Minerali glina u jezerskim sedimentima istočno jadranske obale kao pokazatelji promjena okoliša tijekom kasnog pleistocena i holocena

Ilijanić, Nikolina

Doctoral thesis / Disertacija

2014

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:217:448403

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Nikolina Ilijanić

MINERALI GLINA U JEZERSKIM SEDIMENTIMA ISTOČNO JADRANSKE OBALE KAO POKAZATELJI PROMJENA OKOLIŠA TIJEKOM KASNOG PLEISTOCENA I HOLOCENA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2014.

University of Zagreb
FACULTY OF SCIENCE

Nikolina Ilijanić

CLAY MINERALS IN LAKE SEDIMENTS ALONG THE EASTERN ADRIATIC COAST AS PROXIES OF ENVIRONMENTAL CHANGES DURING LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2014

Sveučilište u Zagrebu
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Nikolina Ilijanić

MINERALI GLINA U JEZERSKIM SEDIMENTIMA ISTOČNO JADRANSKE OBALE KAO POKAZATELJI PROMJENA OKOLIŠA TIJEKOM KASNOG PLEISTOCENA I HOLOCENA

DOKTORSKI RAD

Mentori:
Dr. sc. Slobodan Miko, znanstveni savjetnik
Prof. dr. sc. Darko Tibljaš

Zagreb, 2014.

University of Zagreb
FACULTY OF SCIENCE

Nikolina Ilijanić

CLAY MINERALS IN LAKE SEDIMENTS ALONG THE EASTERN ADRIATIC COAST AS PROXIES OF ENVIRONMENTAL CHANGES DURING LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE

DOCTORAL THESIS

Supervisors:
Ph.D. Slobodan Miko, senior research scientist
Ph.D. Darko Tibljaš, full professor

Zagreb, 2014

Ovaj doktorski rad izrađen je u Hrvatskom geološkom institutu u Zagrebu, pod vodstvom dr. sc. Slobodana Mike, znanstvenog savjetnika u Hrvatskom geološkom institutu u Zagrebu i prof. dr. sc. Darka Tibljaša Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (PMF-a) u Zagrebu, u sklopu Doktorskog studija geologije Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvale

Iskreno se zahvaljujem šefu i mentoru, dr. sc. Slobodanu Miki, na velikom trudu koji je uložio u ovu disertaciju. Uspostavljanjem istraživačke grupe „Q2“ unutar HGI-a, s neophodnom terenskom i laboratorijskom opremom, omogućio je izradu ove disertacije. Predložio je temu i bio predani voditelj u svim stadijima izrade ove disertacije, od terena, laboratorijskih analiza do beskrajnih diskusija o procesima koji utječu na jezerske sedimente. Hvala ne nesebičnoj pomoći pri interpretaciji velikog broja rezultata u kojima se sama često nisam snalazila, a zajednički razgovori izbrusili su sve zaključke ovog rada. Hvala za financijsku potporu za izradu ove disertacije kao predstojniku Zavoda za mineralne sirovine HGI-a, preko više različitih projekata.

Zahvaljujem dr. sc. Darku Tibljašu, drugom mentoru, koji je detaljno i studiozno ispravljao sve moje greške i znatno doprinio kvaliteti i jasnoći ovog rada.

Veliko hvala ocjenjivačima disertacije, prof. dr. sc. Mladenu Juračiću, prof. dr. sc. Esadu Prohiću i prof. dr. sc. Goranu Durnu, koji su korisnim ispravcima i konstruktivnim komentarima pridonijeli tome da disertacija bude bolja.

Iz srca se zahvaljujem mr. sc. Ozrenu Hasanu, mom velikom prijatelju i kolegi, na bezuvjetnoj pomoći koji mi je pružio u svakom dijelu izrade ove disertacije, kao neumoljiv terenski radnih i kapetan „Q2“ platforme, do mnogobrojnih zajedničkih sati u laboratorijima za pripremu i analizu uzoraka. Također nijedna karta ne bi ovako izgledala bez njegove nesebične pomoći.

Duboko se zahvaljujem Heleni Ćućuzović, na usitnjavanju uzoraka, granulometrijskim i CN analizama, bez čijeg predanog rada ne bih uspjela napraviti ovu disertaciju, kao i Martini Šparici Miko na CN analizama te Ivani Vincetić i Stanku Jureši na pomoći pri usitnjavanju uzoraka kad god je zatrebalo.

Hvala dr. sc. Koraljki Bakrač na palinološkim analizama. Kao jedinoj preostaloj ženskoj članici terenske ekipe, olakšavala je cjelodnevni boravak na platformi i višednevne naporne ekspedicije. Bilo je zadovoljstvo surađivati s njom, rezultatima svojih analiza unaprijedila je dešifriranje paleookoliša te se nadam uspješnom daljnjem zajedničkom radu.

Hvala Ivanu Razumu iz Hrvatskog prirodoslovnog muzeja na pregledavanju preparata ovih jezerskih sedimenata i traženju tefre.

Hvala terenskoj ekipi na „ekspedicijama“: Slobodan Miko, Ozren Hasan, Hrvoje Burić, Edin Badnjaković, Koraljka Bakrač, Domagoj Živković, Filip Presečki, Nedeljko Stanić, Hana Fajković. Bili ste neustrašivi radnici u svim vremenskim uvjetima, paklenim vrućinama i olujnim nevremenima. Bez njihove ogromne želje za dobro obavljenim poslom na svakoj ekspediciji, ne bi imali ni upola izvađenih jezgri koje su mi bile na raspolaganju.

Zahvaljujem se svim kolegama iz Zavoda za mineralne sirovine koji su me podupirali i učinili rad u Institutu ljepšim i ugodnijim. Posebno bih istaknula srdačnosti i ljubav s kojom sam dočekana unutar Zavoda za mineralne sirovine za što je zaslužna i pokojna Jarmila Banović, koja nažalost više nije s nama. Hvala svim ostalim djelatnicima HGI-a s kojima sa surađivala, posebno Tamari, te s drugih fakulteta i institucija, s čijom sam suradnjom mnogo naučila, posebno Branku i Ivanu.

Hvala svim mojim prijateljima, koji su bili uz mene, na razumijevanju i podršci, što su me uvijek znali nasmijati i odvući od svakodnevnih briga, bilo na košarkaškom terenu, trčanju, biciklu ili jednostavnim druženjima i zabavama. Hvala „Nakupini“, mojim najdražim curama na prelijepim trenucima provedenim zajedno i na onima koji tek slijede.

Posebno se zahvaljujem svojim sestrama, Marini i Martini, što su uvijek uz mene, na pruženoj ljubavi i potpori. Na kraju se beskonačno zahvaljujem svojim roditeljima, Barici i Stjepanu, bez čije bezuvjetne ljubavi i podrške ništa od toga ne bi bilo moguće te im u cijelosti posvećujem ovu disertaciju.

Sadržaj

1. Uvod 1
1.1. Cilj i svrha rada 1
1.2. Paleolimnologija 4
1.3. Minerali glina kao indikatori okoliša 7
1.4. Obilježja kasnog pleistocena i holocena istočno jadranske obale 11
2. Područje istraživanja 18
2.1. Vransko jezero na Cresu 22
2.1.1. Geografski smještaj, klima i vegetacija 22
2.1.2. Geologija 27
2.1.3. Hidrološka obilježja 30
2.2. Bokanjačko blato 32
2.1.1. Geografski smještaj, klima i vegetacija 32
2.1.2. Geologija 33
2.1.3. Hidrološka obilježja 36
2.2. Vransko jezero kod Biograda 39
2.2.1. Geografski smještaj, klima i vegetacija 39
2.2.2. Geologija 44
2.2.3. Hidrološka obilježja 46
2.3. Baćinska jezera 51
2.3.1. Geografski smještaj, klima i vegetacija 51
2.3.2. Geologija 54
2.3.3. Hidrološka obilježja 56
3. Metode istraživanja 60
3.1. Terenske metode 60
3.1.1. Vransko jezero na Cresu i njegovo slivno područje 63
3.1.2. Bokanjačko blato i njegovo slivno područje 65
3.1.3. Vransko jezero kod Biograda i njegovo slivno područje 66
3.1.4. Baćinska jezera (Crniševo) i njegovo slivno područje 68
3.2. Laboratorijske metode 71
3.2.1. Spektralna analiza boje i određivanje boje prema Munsellu 73
3.2.2. Analiza magnetskog susceptibiliteta 73
3.2.3. Mikrofiziografija rastresitih sedimenata 74
3.2.4. Datiranje radioaktivnim ugljikom ^{14}C AMS 75

3.2.4.1. Tefrokronologija 78
3.2.5. Palinološke analize 79
3.2.6. Granulometrijske analize 80
3.2.7. Kemijske analize 81
3.2.7.1. Analiza glavnih elemenata i elemenata u tragovima 81
3.2.7.2. Analize dušika i ugljika 82
3.2.8. Mineraloške analize 83
3.2.8.1. Priprema uzoraka i identifikacija minerala glina 86
3.2.8.2. Kvantitativna fazna analiza (BGMNwin Rietveld) 91
3.3. Matematičko-statističke metode 95
4. Rezultati 98
4.1. Rezultati analiza Vranskog jezera na Cresu 98
4.1.1. Opis jezgre i analiza razmazanih preparata 98
4.1.2. Rezultati spektralne analize boje 99
4.1.3. Rezultati analize magnetskog susceptibiliteta 99
4.1.4. Rezultati datiranja radioaktivnim ugljikom ^{14}C 102
4.1.5. Rezultati granulometrijskih analiza 103
4.1.6. Rezultati mineraloških analiza 106
4.1.6.1. Rezultati analize ukupnih uzoraka 106
4.1.6.2. Rezultati analize minerala glina 112
4.1.7. Rezultati kemijskih analiza 116
4.1.7.1. Rezultati analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima 116
4.1.7.2. Rezultati analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika 122
4.2. Rezultati analiza Bokanjačkog blata 124
4.2.1. Opis jezgre i analiza razmazanih preparata 124
4.2.2. Rezultati spektralne analize boje 125
4.2.3. Rezultati analize magnetskog susceptibiliteta 125
4.2.4. Rezultati datiranja radioaktivnim ugljikom ^{14}C 128
4.2.5. Rezultati palinoloških analiza 128
4.2.6. Rezultati granulometrijskih analiza 129
4.2.7.1. Rezultati analize ukupnih uzoraka 132
4.2.7.2. Rezultati analize minerala glina 135
4.2.8. Rezultati kemijskih analiza 138
4.2.8.1. Rezultati analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima 138

4.2.8.2. Rezultati analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika 145
4.3. Rezultati analiza Vranskog jezera kod Biograda 147
4.3.1. Opis jezgre i analiza razmazanih preparata 147
4.3.2. Rezultati spektralne analize boje 148
4.3.3. Rezultati analize magnetskog susceptibiliteta 149
4.3.4. Rezultati datiranja radioaktivnim ugljikom ^{14}C 151
4.3.5. Rezultati palinoloških analiza 152
4.3.6. Rezultati granulometrijskih analiza 155
4.3.7. Rezultati mineraloških analiza 158
4.3.7.1. Rezultati analize ukupnih uzoraka 158
4.3.7.2. Rezultati analize minerala glina 162
4.3.8. Rezultati kemijskih analiza 166
4.3.8.1. Rezultati analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima 166
4.3.8.2. Rezultati analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika 172
4.4. Rezultati analiza Baćinskih jezera (Crniševo) 174
4.4.1. Opis jezgre i analiza razmazanih preparata 174
4.4.2. Rezultati spektralne analize boje 175
4.4.3. Rezultati analize magnetskog susceptibiliteta 176
4.4.4. Rezultati datiranja radioaktivnim ugljikom ^{14}C 178
4.4.5. Rezultati palinoloških analiza 179
4.4.6. Rezultati granulometrijskih analiza 180
4.4.7. Rezultati mineraloških analiza 183
4.4.7.1. Rezultati analize ukupnih uzoraka 183
4.4.7.2. Rezultati analize minerala glina 186
4.4.8. Rezultati kemijskih analiza 189
4.4.8.1. Rezultati analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima 189
4.4.8.2. Rezultati analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika 195
5. Diskusija 197
5.1. Razvoj istraživanih jezera i porijeko sedimenata kroz kasni pleistocen i holocen 197
5.1.1. Vransko jezero (Cres) 197
5.1.2. Bokanjačko blato 223
5.1.3. Vransko jezero (Biograd) 247
5.1.4. Baćinska jezera (Crniševo) 274
5.2. Usporedba paleookolišnih uvjeta u istraživanim jezerima istočno jadranske obale 292

5.3. Usporedba istraživanih jezera s jezerima šireg jadranskog područja 301
6. Zaključak 306
7. Prošireni sažetak 312
8. Summary 314
9. Literatura 316
10. Prilozi 336
11. Životopis 377
Popis objavljenih radova 378

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Doktorska disertacija

MINERALI GLINA U JEZERSKIM SEDIMENTIMA ISTOČNO JADRANSKE OBALE KAO POKAZATELJI PROMJENA OKOLIŠA TIJEKOM KASNOG PLEISTOCENA I HOLOCENA

Nikolina Ilijanić

Rad je izrađen u Hrvatskom geološkom institutu, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

Sažetak: Jezerski sedimenti rezultat su donosa materijala iz sliva i jezerske produktivnosti. Promjene u sedimentaciji mogu biti uzrokovane naglim preokretima u klimatskim uvjetima, kao i ljudskom aktivnošću. Jezerski sedimenti, jednom zakopani na dnu jezera, idealan su medij za očuvanje takvih promjena. Paleolimnološka istraživanja na jezerskim sedimentima istočno jadranske obale (Vransko jezero na Cresu, Bokanjačko blato, Vransko jezero kod Biograda i Baćinska jezera-Crniševo) omogućila su praćenje paleookolišnih uvjeta od kasnog pleistocena do danas. Uzorkovanje jezgri sedimenata rezolucijom od 1 cm, duljine 440, 780, 1101 i 840 cm, te precizno datiranje pomoću AMS ^{14}C pružilo je uvid u procese taloženja, izvor materijala, uvjeta u jezerskoj vodi i produktivnosti jezera, na temelju provedenih mineraloških, geokemijskih, granulometrijskih, palinoloških analiza te analiza magnetskog susceptibiliteta i spektralne analize boje. Analizirana jezera su karbonatna jezera, potopljena krška polja, u kojima prevladava karbonatna sedimentacija, isprekidana sa siliciklastičnim donosom materijala iz sliva. Mineralni sastav jezerskih sedimenata uglavnom je reguliran tim procesima te ovisi o mineralnom sastavu slivnog područja i klimatskim faktorima, koji utječu na vrstu trošenja. Minerali glina rijetko su primarni indikatori klimatskih promjena, te je bilo nužno koristiti multidisciplinaran pristup gdje su minerali glina uspoređeni s rezultatima geokemijskih, granulometrijskih i palinoloških analiza. Rekonstrukcije paleookolišnih uvjeta kroz kasni pleistocen i holocen napravljene su za svako jezero te su se utvrdile promjene povezane s klimatskom dinamikom mediteranskog područja i promjenama razine Jadranskog mora.

Ključne riječi: jezerski sedimenti, minerali glina, geokemija, holocen, istočni Jadran

Rad sadrži: 382 stranice, 209 slika, 64 tablice, 3 priloga, 287 literaturnih navoda
Jezik izvornika: hrvatski
Rad je pohranjen u: knjižnici Hrvatskog geološkog instituta, Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, te Središnjoj knjižnici Geološkog odsjeka PMF-a
Mentori: Dr. sc. Slobodan Miko, znanstveni savjetnik, Hrvatski geološki institut i naslovni docent RGNF-a
Prof. dr. sc. Darko Tibljaš, Geološki odsjek, PMF
Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Mladen Juračić, Geološki odsjek, PMF
Prof. dr. sc. Esad Prohić, Geološki odsjek, PMF
Prof. dr. sc. Goran Durn, Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine, RGNF
Rad prihvaćen: 11. travnja 2014.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Doctoral Thesis

CLAY MINERALS IN LAKE SEDIMENTS ALONG EASTERN ADRIATIC COAST AS PROXIES OF ENVIRONMENTAL CHANGES IN LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE

Nikolina Ilijanić

Thesis completed in: Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

Abstract: Lake sediments are the result of the input material from the catchment and lake productivity. Changes in sedimentation can be caused by abrupt climate changes, as well as human activity. Lacustrine sediments, once buried on the bottom of the lake, are an ideal medium for the preservation of such changes. Paleolimnological recearch on lake sediments on the eastern Adriatic coast (Lake Vrana on the Island Cres, Bokanjačko blato, Lake Vrana near Biograd and Lake Baćina-Crniševo) enabled tracking paleoenvironmental conditions from the late Pleistocene until present. High sediment sampling resolution (1 cm) of the cores 440, 780, 1101 and 840 cm in length, respectively, and precise dating using AMS ^{14}C has provided us insight into the depositional processes, sediment source, water column conditions and lake productivity, based on mineralogical, geochemical, grain size, playnological, magnetic susceptibility and color reflectance analysis. Lakes represent typical karst lakes, polje filled with water, and are dominated by carbonate sedimentation, with periodic siliciclastic input. Mineral composition is mainly determined by these processes and depends on the mineral composition of the catchment and the climatic factors, i.e. physical or chemical weathering. Clay minerals alone rarely provide primary evidence of climate change and the best approach is the multidisciplinary one where evidence from clays is compared with that from the palynological and geochemical data. The dissertation presents four lacustrine palaeoenvironmental reconstructions that show evidence for Holocene climate changes associated with Mediterraenan climayte dynamics and Adriatic Sea level changes.

Keywords: lake sediments, clay minerals, geochemistry, Holocene, eastern Adriatic coast

Thesis contains: 382 pages, 209 figures, 64 tables, 3 appendices, 287 references
Original in: Croatian
Thesis deposited in: library of the Croatian Geological Survey, National and University Library in Zagreb and Central library of Department of Geology, Faculty of Science
Supervisors: Ph.D. Slobodan Miko, senior research scientist, Croatian Geological Survey
Ph.D. Darko Tibljaš, full professor, Department of Geology, Faculty of Science
Referees: Ph.D. Mladen Juračić, full professor, Department of Geology, Faculty of Science
Ph.D. Esad Prohić, full professor, Department of Geology, Faculty of Science
Ph.D. Goran Durn, full professor, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Thesis accepted: April 11, 2014

Popis kratica u tekstu

BP	*Before Present*	godina prije sadašnjosti
BC	*Before Christ*	godina prije Krista
AD	*Anno Domini*	godina poslije Krista
cal BP	*calendar BP*	kalendarske godine prije sadašnjosti, s tim da je sadašnjost 1950. godina (godine dobivene kalibriranjem konvencionalnih ^{14}C starosti)
ka	*kiloanni*	x 10^3 godina
MIS	*Marine Isotope Stage*	MIS periodi
LGM	*Last Glacial Maximum*	posljednji ledeni maksimum (26 000-19 1000 cal BP)
B	*Bølling*	Bølling period (od 14,7 cal BP)
A	*Allerød*	Allerød period (do 12,8 cal BP)
YD	*Younger Dryas*	mlađi drijas (12,6-11,7 cal BP)
MWP-1A	*melt water puls 1A*	prvi „puls“ topljenja ledenjaka (14,2 ka cal BP)
MWP-1B	*melt water puls 1B*	drugi „puls“ topljenja ledenjaka (11,3 ka cal BP)
HO	*Holocene Optimum*	holocenski optimum, centriran na 9 000 BP
MWP	*Medival Warm Period*	srednjovjekovni topli period (900-1 400 AD)
LIA	*Little Ice Age*	malo ledeno doba (1 550-1 850 AD)
d		međumrežni razmak
Å	*Ångstrom*	angstrem, 10^{-10} m
CIE L*a*b*		parametri boje prema međunarodnoj komisiji za osvjetljenje
MS		magnetski susceptibilitet

„Jezera izgledaju, mjereno godinama i u odnosu na dužinu ljudskog života, kao stalni dijelovi pejzaža, ali ona su geološki prolazna i polako ali neminovno nestaju."

(G.E. Hutchinson, 1967, Treatise on Limnology)

1. Uvod

1.1. Cilj i svrha rada

Pojedini ekosustavi mogu se zaštititi jedino ako poznajemo njihovu evoluciju. Jezerski sedimenti su produkt fizičkih, kemijskih i bioloških karakteristika jezerske vode i slivnog područja te oni sadrže zapis prijašnjih okolišnih uvjeta pojedinog jezera (Ohlendorf et al., 2003). Fizički i kemijski procesi u jezeru snažno utječu na distribuciju i kvalitetu sedimentnog zapisa u paleolimnološkim istraživanjima. Većina tih procesa povezana je s klimatskim uvjetima i procesima u slivu. Prema tome, jezerski sedimenti pogodni su za rekonstrukciju procesa i promjena u okolišu nekog područja u prošlosti. Multidisciplinarna istraživanja, koja uključuju mineraloške, sedimentološke, geokemijske i biološke analize jezgri sedimenata koriste se za rekonstrukciju promjena u jezerskom okolišu. Minerali su osnovna komponenta jezerskih sedimenata te je paleolimnolozima poznavanje mineralnog sastava temelj za razumijevanje geneze sedimenata, dešifriranje transportnih mehanizama i izvođenje zaključaka o prijašnjim limnološkim, hidrološkim i klimatskim uvjetima (Last, 2001). Velik broj paleolimnoloških informacija može se dobiti analizom minerala u jezerskim sedimentima, bilo detritičnim ili autigenim (endogenim) mineralima. Minerali koji su doneseni u jezero površinskim tokovima, obalnom erozijom, poplavama i eolskom aktivnošću su detritični minerali, koji su odraz interakcije nekoliko faktora: tektonske aktivnosti, različite provenijencije sedimenata, vrste i intenziteta procesa trošenja u slivu i transportnih procesa koji donose sediment u jezero. Endogeni minerali, koji nastaju unutar vodenog stupca jezera, mogu biti anorganski i biološki inducirani te kao takvi pružaju podatke o neposrednim okolišnim uvjetima u vrijeme formiranja minerala. Karbonati (kalcit, Mg-kalcit, aragonit, dolomit) su najvažniji endogeni mineral u jezerima (Dean & Fouch, 1983). U jezerskim sedimentima mogu se analizirati ukupni mineralni sastav (bulk mineraloške analize), kao i specifične grupe minerala, npr. karbonatni minerali ili minerali glina, koji su glavni predmet ove disertacije.

Mineralni sastav ishodišnih stijena i klimatski uvjeti su glavni faktori koji određuju nastanak pojedinih minerala glina. Vrste i udjeli minerali glina ovise o klimatskim faktorima (temperaturi i padalinama), koji određuju dominaciju fizičkog ili kemijskog trošenja ishodišnog materijala i prema tome, mogu poslužiti kao posredni pokazatelji promjena paleookolišnih uvjeta. Hidroliza i kemijsko trošenje prevladavaju u interglacijalnim periodima tople i vlažne klime (kaolinit i smektit), za razliku od hladnih i suhih perioda karakteriziranih formiranjem illita i klorita (Chamley, 1989; Weaver, 1989). Međutim, kao što su to naglasili Singer (1984), paleoklimatske interpretacije na temelju minerala glina u sedimentima nisu jednoznačne te ih je potrebno uzeti s oprezom, zbog različitih faktora koji utječu na formiranje minerala glina. Utvrđena je različita distribucija minerala glina u glacijalnim i holocenskim sedimentima Egejskog i istočnog Mediteranskog mora (Ehrmann et al., 2007; Hamann et al., 2009). Fagel & Boës (2008) utvrdili su povezanost sastava minerala glina i prijelaza pleistocen/holocen u sedimentima Bajkalskog jezera. Solotchina et al. (2009) usporedili su mineraloške karakteristike Bajkalskog i Hovsgolskog jezera i povezali ih s klimatskim promjenama na prijelazu iz posljednjeg ledenog maksimuma *(Late Glacial Maximum, LGM)* u holocen.

Paleookolišne rekonstrukcije tijekom holocena napravljene su na temelju istraživanja sedimenata na velikom broju talijanskih jezera, zapadnom dijelu Jadranskog mora i u Sredozemnom moru, temeljene na multidisciplinarnim istraživanjima (geokemijskim, sedimentološkim, biološkim, tefrokronološkim analizama) i prezentirane su u radovima sljedećih autora: u jezeru Ledro, sjeverna Italija (Magny et al., 2009; Joannin et al., 2013; Vanniere et al., 2013); jezeru Accesa, sjeverna Italija (Drescher-Schneider et al., 2007; Magny et al., 2007a; Peyron et al., 2011); jezeru Albano, srednja Italija (Lucchini et al., 2003), jezeru Grande di Monticchio, južna Italija (Allen & Huntley, 2009); na Siciliji u jezeru Pergusa (Sadori et al., 2013) i jezeru Preola (Magny et al., 2011); rijeci Piave, SI Italija (Carton et al., 2009); delti Po (Curzi et al., 2006); Tršćanskom zaljevu (Covelli et al., 2006); bazenu rijeke Else, središnja Italija (Costantini et al., 2009); Gargano delti, Jadranski šelf (Cattaneo et al., 2003); pregled jezera u Italiji (Giraudi et al., 2011); jezeru Bled, Slovenija (Lane et al., 2011); jezeru Balaton, Mađarska (Korponai et al., 2011); Jadranskom moru (Oldfield et al., 2003; Trincardi et al., 2004; Piva et al., 2008; Vigliotti et al., 2008; Combourieu-Nebout et al., 2013); središnjem Jadranskom moru, Italija (Parlagreco et al., 2013); južnom Jadranskom moru, Italija (Favaretto et al., 2008; Siani et al., 2013); tefrostratigrafija Sredozemnog mora (Zanchetta et al., 2011); mediteranskim jezerima (Roberts et al., 2008, 2012); istočnom Mediteranu (Jones & Roberts, 2008; Finne et al., 2011; Roberts et al., 2011); središnjem Mediteranu (Dormoy et al., 2009; Antonioli et al., 2007, 2012; Vanniere et al., 2011); Thessaloniki ravnici, Grčka (Ghilardi et al., 2008); obali Albanije (Fouache et al., 2010a); Skadarskom jezeru, Albanija/Crna Gora (Sulpizio et al., 2009; Zanchetta et al., 2012); Ohridskom jezeru, Albanija/Makedonija (Wagner et al., 2009; Belmecheri et al., 2010; Lezine et al., 2010; Vogel et al., 2010); Prespanskom jezeru, Albanija/Makedonija/Grčka (Aufgebauer et al., 2012; Wagner et al., 2012; Panagiotopoulos et al., 2013, Leng et al., 2013); Dojranskom jezeru, Makedonija/Grčka (Francke et al., 2013); jezeru Maliq, Albanija (Bordon et al., 2009; Magny et al., 2009; Fouache et al., 2010b); jezeru Butrint, Albanija (Ariztegui et al., 2010), sjevernom Jonskom moru (Caron et al., 2012). Jezerske i morske jezgre Italije i zapadnog dijela Jadranskog mora i Sredozemnog mora analizirane su unutar projekata PALICLAS (Guilizzoni & Oldfield, 1996) i LAMA (Magny & Combourieu Nebout, 2013).

Doktorski rad predstavlja četiri jezerske paleookolišne rekonstrukcije duž istočne obale Jadranskog mora, pomoću multidisciplinarnog pristupa, koje pokazuju holocenske klimatske promjene u skladu s klimatskom dinamikom mediteranske regije i promjenama razine Jadranskog mora: Vransko jezero na Cresu, Bokanjačko blato, Vransko jezero kod Biograda i Baćinska jezera (Crniševo). Posredni pokazatelji koji su to omogućili su sljedeći: mineraloške analize i analize minerala glina, geokemijske analize, magnetski susceptibilitet, granulometrija, palinološke analize, datiranje sedimenata. Mineraloške i geokemijske karakteristike sedimenata reflektiraju evoluciju bazena, koja je u većini slučajeva kontrolirana klimatskim varijacijama, zapisujući promjene u eroziji, transportu i brzini trošenja. Mineralogija glina povezana je s drugim paleoklimatskim i paleookolišnim indikatorima, kako bi se dobila čim potpunija slika paleookolišnih uvjeta. Korištenjem posrednih pokazatelja željele su se utvrditi promjene u sedimentaciji, uzrokovane klimatskim varijacijama i litologijom u slivnom području, na temelju čega su rekonstruirani paleokolišni uvjeti na prijelazu iz kasnog pleistocena u holocen te utvrdile nagle klimatske promjene tijekom holocena.

Pitanja koja se nameću na temelju opisanih osnovnih postavki su: kakav je odraz jezerskih sedimenata na paleookolišne promjene tijekom kasnog pleistocena i holocena, posebno pomoću posrednih pokazatelja minerala glina, zatim koji su izvori minerala glina te dominantni procesi koji su utjecali na njihov nastanak. Ciljevi istraživanja su utvrditi mineralni i geokemijski sastav jezerskih

sedimenata i odredit procese koji utječu na promjene. Usporedbom sa sedimentima u slivovima pojedinih područja odredit će se izvorišni materijali jezerskih sedimenata. Cilj je također odrediti dominantne procese nastanka minerala glina ovisno o paleoklimatskim uvjetima, odnosno dominaciji fizičkog ili kemijskog trošenja. Međusobnom korelacijom pojedinih jezera, prikazat će se kronološki slijed događaja tijekom navedenog perioda, što će predstavljati preliminarne paleookolišne rekonstrukcije za jezera istočno jadranske obale. Prema tome, cilj disertacije je uspostaviti novi multidisciplinarni pristup pri istraživanju recentnih jezerskih/plitkomorskih sedimenata, kombinirajući sedimentološke, mineraloške, geokemijske, biološke i tefrokronološke indikatore za određivanje paleookolišnih, bilo prirodnih ili antropogenih promjena. Paleokoolišne rekonstrukcije usporedit će se s postojećim regionalnim rekonstrukcijama u jezerima u Italiji i ostalim jezerima u jadranskom području.

Doktorski rad je financiran u sklopu nekoliko projekata:

„Holocenski sedimenti kao zapis promjena u okolišu Jadranskih slivova“ (2007.-2013., MZOŠ projekt broj 181-1953068-0363, voditelj dr. sc. G. Koch)

„Osnovna geokemijska karta Republike Hrvatske“ (2007.-2013., MZOŠ projekt broj 181-1811096-1181, voditelj dr. sc. J. Halamić)

„CC-WaterS: Klimatske promjene i utjecaj na vodoopskrbu“ (2009.-2012., međunarodni projekt, voditelj dr. G. Kuschnik)

„Paleolimnološka istraživanja Vranskog jezera kod Biograda“ (2012.-2014., projekt PP Vransko jezero, voditelj dr. sc. S. Miko).

1.2. Paleolimnologija

Limnologija je znanost o jezerima, uključujući njihov biljni i životinjski svijet, fizičke i kemijske karakteristike vode i sedimenata na dnu jezera i njihov odnos s fizičkim, kemijskim i bioloških svojstvima u slivnom području, dok se paleolimnologija temelji na istraživanjima jezerskog okoliša u prošlosti. Paleolimnologija je znanstvena disciplina koja proučava uvjete i procese koji su se dogodili u jezerskim bazenima u prošlosti i interpretira povijest tih sistema (Last & Smol, 2001). Paleolimnologija koristi fizičke, kemijske i biološke parametre u jezerskim sedimentima, kako bi se utvrdile paleookolišne karakteristike. Takvo multidisciplinarno istraživanje jezera, može dati odgovore na mnoga pitanja, kao što su: da li je bilo i kakve su promjene u jezeru? U kojem obujmu su te promjene utjecale na jezero? Što je uzrokovalo promjene? Jezerski sedimenti sadrže zapis okolišnih uvjeta, uključujući mineraloške i geokemijske markere, paleontološke indikatore, kao što su pelud, ostrakodi i dijatomeje. Jezerski sedimenti su jedni od najboljih medija za arhiviranje paleookolišnih informacija.

Jezerski sedimenti su produkt života jezera (Lundqvist, 1938). Ovaj citat potječe od začetnika jezerske sedimentologije u Švedskoj, G. Lundqvista, koji je proučavao odnose između sedimenata, tipova jezera i okoline jezera. Multidisciplinarni pristup istraživanju jezerske sedimentologije temelj je za utvrđivanje ovih odnosa.

Jezera su privremeni objekti na površini Zemlje, kopnene akumulacije vode, odvojene od mora. Jezera generalno potječu od nekog drastičnog geološkog događaja, kao što je vulkanizam, potres ili otapanje ledenjaka. Reljef drenažnog područja i jezerskog bazena pod konstantnim je utjecajem promjena uslijed procesa trošenja, transporta i taloženja. Håkanson & Jansson (2002) podijelili su jezera prema postanku na 11 tipova: tektonska (Kaspijsko, Bajkalsko jezero, Tanganjika, Mrtvo i Crno more); vulkanska (jezero Snag, jezera na Javi); ledenjačka (jezera sjeverne Europe i Amerike); jezera odrona, koja su nastala odronjavanjem stijena, zadržavanjem vode pomoću muljnih tokova ili kršja, često su prijelazna jezera zbog erozije; jezera nastala otapanjem topivog materijala, kao što su vapnenci (krško područje dalmatinske obale u Hrvatskoj, na Floridi i u Alpama); fluvijalna; eolska; obalna jezera; organska ili koraljna jezera; antropogena; meteoritna jezera.

Jedno od osnovnih obilježja jezera jest njihova bioproduktivnost, tj. njihov stupanj trofije. Ona govori o tome da li je organski materijal prisutan u jezeru donesen iz sliva (alohton) ili nastao u samom jezeru (autohton), te prema tome postoje oligotrofna, eutrofna i distrofna jezera (Håkanson & Jansson, 2002). Oligotrofna jezera karakterizira niska primarna produktivnost, nizak udio algi, niske koncentracije nutritivnih elemenata (P i N) i velika prozirnost. Eutrofna jezera su jezera s visokom bioproduktivnosti i imaju visoke koncentracije dušika i fosfora, visoke vrijednosti klorofila i slabu prozirnost. Moguć je kontinuiran prijelaz iz oligotrofnog u eutrofno jezero, te se u tom slučaju koristi termin mezotrofno jezero. Distrofna jezera primaju velike količine alohtonog organskog materijala i često se zovu „smeđa jezera“. Produktivnost u distrofnim jezerima je niska.

Termalna stratifikacija jezerske vode u tipičnom slučaju jest sljedeća: hladnija, teža voda nalazi se pri dnu jezera i naziva se hipolimnij, tranzicijska zona je metalimnij (termoklina), a toplija, lakša voda je na površini i naziva se epilimnij. Ovaj tip stratifikacije može se poremetiti i promijeniti na različite načine. Na temelju termičke stratificiranosti, razlikuju se različiti tipovi jezera, a za područje Hrvatske karakteristična su monomiktična jezera umjerenog klimatskog pojasa, s ljetnom stratifikacijom i zimskom izotermijom. Monomiktična jezera imaju, dakle, jedan period cirkulacije godišnje (zimi), a u

određenom periodu i konstantnu temperaturu, koja u slučaju hladnog monomiktičnog jezera ne raste iznad +4°C, a u slučaju toplog monomiktičnog ne pada ispod +4°C. Dimiktična jezera cirkuliraju dva puta godišnje (proljeće i jesen), normalno su stratificirana tijekom ljeta, a inverzno tijekom zime. Polimiktična jezera imaju učestalu cirkulaciju, a mogu biti hladna ako im je temperatura blizu +4°C ili topla, ako imaju višu temperaturu (Håkanson & Jansson, 2002). Kod meromiktičnih jezera izmjena vode je slaba i odvija se samo djelomično.

Kemijski sastav jezerske vode određen je geološkom građom slivnog područja i atmosferskom unosu. Glavni ioni u jezerskoj vodi su: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{-}, HCO_3^{-} i CO_3^{2-}. Ako je koncentracija otopljenih iona <0,1 g/L, jezero se naziva oligohalinsko (donos vode samo padalinama), ako je <1 g/L tada je mezohalinsko i karakterizirano je topivom podlogom u slivnom području, koja je izvor iona. Koncentracije topivih soli između 1 i 35 g/l čine polihalinsko jezero. Kada koncentracija otopljenih iona dosegne oceansku srednju vrijednost (~35 g/L), voda je brakična i jezero je eurihalinsko. Ioni Na^{+}, K^{+} i Cl^{-} u vodi uglavnom potječu iz mora, direktnom vezom ili se soli mogu prenositi u atmosferi i taložiti kao aerosol, mogu ući u jezersku vodu trošenjem feldspata koji sadrže K i Na. Sulfatni ion (SO_4^{-}) također primarno potječe iz mora i oceana, no danas jednaku važnost imaju fosilna goriva u kojima ima sumpora, čijim izgaranjem može dospjeti u atmosferu pa u jezero. Ioni Ca^{2+}i Mg^{2+} mogu imati morski izvor i mogu potjecati kemijskim trošenjem karbonatnih stijena vapnenaca i dolomita ili magmatskih stijena (posebno Mg). Ugljični dioksid dolazi iz atmosfere, ioni HCO_3^{-} i CO_3^{2-} uglavnom nastaju trošenjem karbonata (Cohen, 2003).

Jezerski sedimenti su sedimenti koji se talože u jezeru, a mogu biti doneseni iz okoline (alogeni sedimenti) ili nastati u samom jezeru (endogeni ili autigeni sedimenti) (Jones & Bowser, 1978; Last, 2001). Raznolikost minerala u jezerskim sedimentima posljedica je različitog sastava jezerske vode i utjecaja lokalne geološke građe sliva i sastava tla. Alogeni i autigeni minerali također ne moraju nužno biti u termodinamičkoj ravnoteži, što doprinosi raznolikosti minerala. Alogeni minerali su doneseni iz sliva, rijekama, obalnom erozijom ili vjetrom, te se nazivaju detritični minerali. To mogu biti kvarc, feldspati, tinjci, amfiboli, pirokseni, Fe-Mn oksidi, karbonati, minerali glina. Silikatni minerali generalno se mogu smatrati alogenim mineralima u jezerskim sedimentima, iako neki mogu biti autigeni, npr. zeoliti ili neki minerali glina (uglavnom Mg-minerali glina, većinom u hipersalinskim jezerima). Ne mijenjaju se u vodenim okolišima i talože se kao čestice različitih veličina, ali većinom kao silt i pijesak (kvarc i feldspati). U sitnijoj frakciji manjoj od 2 μm, javljaju se minerali glina. Minerali glina nastaju iz drugih silikata hidrotermalnim procesima ili procesima trošenja. Minerali glina i ostali silikatni minerali reflektiraju mineralni sastav u slivu jezera. Erozija i trošenje stijena su procesi koji im omogućuju da budu transportirani u jezerske sedimente. Endogeni minerali mogu nastati direktnim taloženjem iz vodenog stupca (hidrogeni) ili djelovanjem organizama (biogeni), unutar vodene mase i na dnu jezera. Tipični endogeni minerali su kvarc, nastao djelovanjem dijatomeja, koje izlučuju biogeni silicijev oksid, te karbonati, koji se talože iz vode koja je saturirana s kalcijevim karbonatom otapanjem vapnenaca u slivu. Fosfati (apatit), sulfidi (pirit) i Fe-Mn oksidi (nodule) spadaju u autigene minerale, koji nastaju unutar sedimenata kao rezultat specifičnih kemijskih i fizičkih uvjeta – dijagenetskih promjena minerala koji su već istaloženi ili kristalizacijom iz pornih fluida (Håkanson & Jansson, 2002). Većina je minerala u sedimentima alogena ili endogena, a neki minerali, kao što je kalcit, može biti alogen i autigen. U krškim područjima, karbonati su najvažnije komponente sedimenta i čine dominantnu frakciju. Glavi dio karbonatnih vrsta potječe od erozije stijena u slivu. Najčešći alogeni karbonatni minerali su kalcit i dolomit. U krškim područjima, karbonati mogu nastati u jezeru endogenim procesima - primarni karbonati. Većina endogenog

karbonata se taloži u obliku karbonatnog mulja. Jezerski karbonat je porozni, sitnozrnati karbonatni sediment (većinom kalcit ili aragonit), koji sadrži barem 60% karbonatnih minerala (ostatak čine drugi minerali). Površinski tokovi, voda u tlu i podzemna voda u područjima s karbonatnom podlogom, sadrže visoke koncentracije Ca^{2+}, HCO_3^- ili CO_3^{2-} kao rezultat interakcije između vode, ugljičnog dioksida i karbonatnih minerala:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \leftrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

Jezerska voda postaje saturirana s kalcijem pa promjene kemijskih i fizičkih uvjeta mogu uzrokovati taloženje kalcita i drugih karbonatnih minerala (Flügel, 2004). Reakcija je reverzibilna i smjer u kojem će ona ići ovisi o dostupnosti CO_2. Procesi koji rezultiraju time da je CO_2 dostupan, uzrokuju otapanje $CaCO_3$ dok se ponovno ne uspostavi ravnoteža, a uklanjanje CO_2 ima suprotan efekt i uzrokuje taloženje $CaCO_3$. Dva glavna mehanizma za uklanjanje CO_2 i taloženje $CaCO_3$ su fotosinteza i CO_2 otplinjavanje *(degassing)*, npr. vodotoci ili sige. Fizički parametri, CO_2 i temperatura, temelj su za topljivost kalcita. Ako više nema CO_2, karbonatni sistem će nadoknaditi taj gubitak s taloženjem kalcita dok se ne uspostavi nova ravnoteža. Jezerski pH reguliran je fotosintezom, respiracijom i organskom materijom. Alge i makrofiti (vodeno bilje) mogu potrošiti sav ugljični dioksid, pri čemu raste pH. Visoka temperatura vode potiče taj proces, jer se topljivost kalcita smanjuje s porastom temperature. Nasuprot tome, respiracija i raspad organske tvari dovode do produkcije CO_2 i suprotne reakcije i otapanja $CaCO_3$. Otapanje kalcita smanjuje se porastom pH, koji raste u jako produktivnim jezerima i pri intenzivnoj fotosintezi. Karbonati nastali tim procesima ne talože se nužno u sediment i na dnu jezera. U dubljim jezerima, kalcit koji prolazi kroz termoklinu dolazi u kontakt s hladnijom vodom s većim koncentracijama CO_2 i može biti ponovno otopljen (Flügel, 2004). Optimalni uvjeti za ugradnju endogenih minerala u sedimente postoje u plitkim jezerima. Što je jezero produktivnije, to se taloži više karbonata. To se uravnotežuje s povećanom sposobnosti sedimenata da otapaju karbonate povećanim donosom organske tvari koja se taloži na dnu jezera i stvara CO_2. Organske komponente također mogu spriječiti otapanje karbonata. Mnoge organske vrste, kao što su amino kiseline i humusne tvari, imaju veliku tendenciju da budu adsorbirane na površinu kristala kalcita. Takvi organski ovoji smanjuju topljivost karbonata i doprinose očuvanju tih minerala u sedimentima. Fauna beskralježaka, kao što su ostrakodi, gastropodi i školjke, zelene alge, foraminifere talože karbonate u jezeru. Ti organizmi žive u ili na supstratu kao i u vodenom stupcu, uzimajući materijal za skelet, bilo kalcit, Mg-kalcit ili aragonit od kojeg su izgrađene iz jezerske vode. Od kojeg će od tih triju minerala biti izgrađen skelet ili ljuštura, izravno ovisi o načinu života i sklonosti organizma prema određenom mineralu u određenim ekološkim uvjetima. Aragonit općenito nastaje pri većem omjeru Mg/Ca u vodama, pri višim temperaturama i evaporacijom (Cohen, 2003; Håkanson & Jansson, 2002).

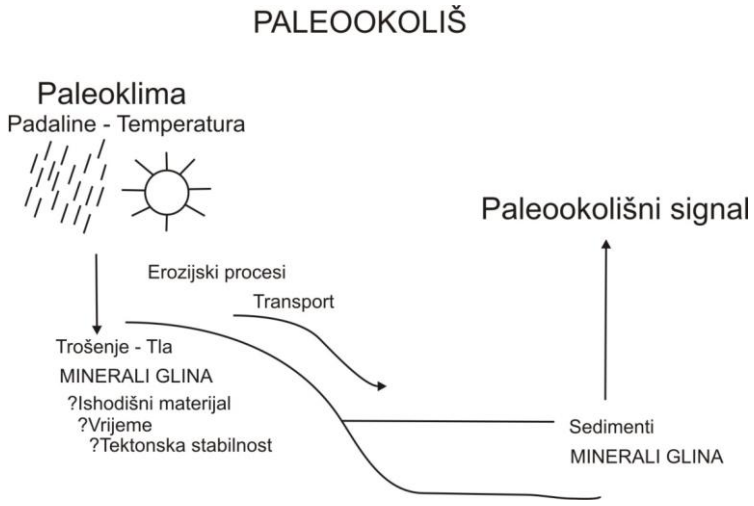
Sedimente možemo podijeliti koristeći geokemijski pristup i tada govorimo o oksičnom i anoksičnom okolišu u kojem se talože. Za oksični okoliš ($C_{O_2} \geq 10^{-6}$) karakteristična je prisutnost faza kao što su hematit, goethit i nedostatak organske materije. Anoksični okoliš ($C_{O_2} \leq 10^{-6}$) se dijeli na sulfidni i nesulfidni, ovisno o količini otopljenog sulfida. Karakteristične faze u sulfidnom okolišu su pirit, markazit, rodokrozit, a uz njih prisutna je i organska tvar. Nesulfidni okoliš dijeli se na post-oksični, koji je rezultat uklanjanja kisika bez redukcije sulfata (sadrži glaukonit i druge Fe^{2+}-Fe^{3+} silikatne minerale, siderit, vivijanit, rodokrozit, a nema sulfidnih minerala i manjak je organske tvari), te metanski okoliš, koji nastaje kompletnom redukcijom sulfata i stvaranjem plina metana (i on sadrži siderit, vivijanit, rodokrozit, te ranije formirane sulfide te organsku tvar) (Håkanson & Jansson, 2002).

Jezersku sedimentaciju kontroliraju tri glavna faktora: hidrologija (uključujući donos i odnos površinske vode, padaline i podzemne vode, evaporacija), donos sedimenata i temperaturne promjene, a klima i tektonika utječu na sva tri faktora istovremeno (Tucker & Wright, 1990). Klima i tektonika (topografija i podloga jezerskog bazena) kontroliraju donos vode, a voda može ući u jezero preko padalina, površinskog toka ili podzemnih voda. Jezerski sedimenti su velikim dijelom produkti erozije u slivnom području (površinskih i potpovršinskih stijena) (Hinderer & Einsele, 2001). Rasprostranjene karbonatne stijene u slivnom području, omogućit će taloženje karbonata u jezerskom bazenu, neovisno o klimi. Ohridsko jezero na granici Albanije i Makedonije odlikuje se prvenstveno karbonatnim sedimentima, čija je provenijencija u paleozojskim i mezozojskim karbonatnim stijenama u slivu (Wagner et al., 2009). Nasuprot tome, u sedimentima Bajkalskog jezera (Sibir) nema karbonata (Fagel et al., 2007), jer njegovo slivno područje sadrži manje od 20% karbonatnih stijena, i hladna voda u jezeru sprečava akumulaciju. Klima očito utječe na temperaturu vode u jezeru na površini i u dubini te utječe na vrijeme taloženja karbonata tijekom ljetne produktivnosti organizama, ali nije primarni razlog pojave jezerskih karbonata. Klima utječe na donos vode i sedimenata u jezero, preko temperature i padalina. Promjene u sedimentaciji povezane su s klimom i sezonskim varijacijama, koje su posljedica regionalnih do hemisfernih atmosferskih oscilacija, kao što je Milankovićeva cikličnost. Prepoznavanje takvih oscilacija iziskuje razumijevanje procesa taloženja i pažljivo određivanje starosti, te utvrđivanje dijagenetskih alteracija koje mogu zamaskirati događaje.

1.3. Minerali glina kao indikatori okoliša

Velik dio paleookolišnih informacija može se dobiti proučavanjem mineralnog sastava jezerskih sedimenata. Detritični minerali odraz su interakcije nekoliko faktora: tektonike bazena, izvora sedimenata, intenziteta trošenja u slivu i procesa koji transportiraju sediment u jezero. Prema tome, iz alogenih komponenti u jezerskim sedimentima, može se često kvantitativno govoriti o promjenama u veličini i morfologiji jezera, te fluktuacijama u klimatskom režimu u slivu (Last, 2001). Dominantni alogeni minerali u jezerskim sedimentima su detritični minerali glina. Sve interpretacije okoliša pomoću minerala glina temelje se na određivanju porijekla prisutnih minerala glina. To je težak i zahtjevan zadatak, jer je porijeklo minerala glina vrlo različito i minerali glina različitog porijekla mogu biti izmiješani i postojati u istom okolišu. Ipak, minerali glina sadrže informacije o svom porijeklu, tj. izvorima, rasprostranjenosti, okolišu taloženja i klimi (Chamley, 1989; Weaver, 1989).

Minerali glina nastaju tijekom procesa trošenja i pedogeneze na površini Zemlje. Mineralni sastav ishodišne stijene i klimatski uvjeti su glavni faktori koji određuju sastav minerala glina. Minerali glina prema tome izražavaju vrstu i intenzitet trošenja, koji je kontroliran litologijom, morfologijom i klimatskim faktorima (Meunier, 2005) (slika 1).



Slika 1 Procesi i faktori koji se moraju uzeti u obzir pri interpretaciji paleookolišnih informacija na temelju minerala glina (modificirano prema Velde, 2010).

Istraživanjem morskih sedimenata u svjetskim morima, utvrđeno je da nastanak glina u morskim okolišima pokazuje određenu zonalnost (Chamley, 1989; Weaver, 1989). Terigeni unos minerala ima velik utjecaj na sedimentaciju glina te postoji zonalna raspodjela minerala glina u recentnim morskim sedimentima. Pojedine grupe minerala glina imaju različiti nastanak, ovisno o vrsti i intenzitetu trošenja, te se općenito smatra da su illit i klorit rezultat fizičkog trošenja i najveća im je rasprostranjenost u tlima i sedimentima visokih geografskih širina (Chamley, 1989). Nasuprot tome, kemijsko trošenje prevladava u tropskim i subtropskim okolišima, s povećanom količinom padalina i višom temperaturom, gdje nastaju kaoliniti i smektiti. Udio kaolinita/klorita u morskim sedimentima pouzdan je indikator odnosa između kemijskog i fizičkog trošenja (Chamley, 1989).

Općenito, klimatska ovisnost nastanka pojedinih minerala glina služi kao indikator klime u prošlosti. Mineraloške varijacije uzrokovane klimatskim promjenama tijekom perioda od 1000 do 100 000 godina često ne prelaze 10 do 20% relativne zastupljenosti neke grupe minerala glina. Hidroliza i kemijsko trošenje prevladava u interglacijalnim periodima tople i vlažne klime (kaolinit i smektit), za razliku od hladnih i suhih perioda karakteriziranih formiranjem illita i klorita. Paleoklimatski podaci dobiveni na temelju minerala glina u morskim okolišima, reflektiraju stupanj hidrolize na površini kontinenata. Upotreba minerala glina za rekonstrukciju prijašnjih klima jest dodatak drugim indikatorima, kao što su geokemijske analize, analiza magnetskog susceptibiliteta, palinološke analize.

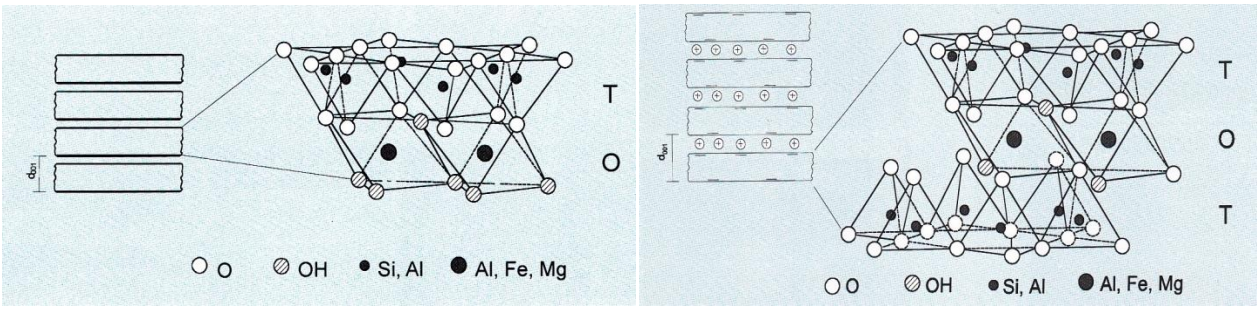
Kemijsko trošenje kontinentskih masa pojačano je tijekom interglacijalnih perioda, i rezultira povećanom relativnom zastupljenošću smektita i kaolinita. Glacijalni sedimenti sadrže relativno više illita i klorita, kao posljedicu dominantnog fizičkog trošenja tijekom hladnijih perioda. Ovakav trend pokazuju sedimenti iz jezgri u istočnom Indijskom oceanu, te je također takva interpretacija pretpostavljena u Mediteranu (Chamley, 1989). Utvrđena je različita distribucija minerala glina u glacijalnim i holocenskim sedimentima Egejskog i istočnog Sredozemnog mora (Ehrmann et al., 2007; Hamann et al., 2009). Fagel & Boës (2008) utvrdili su povezanost tipova minerala glina i prijelaza pleistocen/holocen u sedimentima Bajkalskog jezera. Sedimenti iz hladnijih razdoblja sadrže više dobro kristaliziranih illita, klorita i smektita te feldspate, dok sedimenti iz toplih perioda sadrže povećane količine kaolinita i slabo kristaliziranih bubrećih minerala (smektita, miješanoslojnih minerala) i illita. Solotchina et al. (2009) usporedili su mineraloške karakteristike Bajkalskog i

Hovsgolskog jezera i povezali ih s klimatskim promjenama na prijelazu iz posljednjeg ledenog maksimuma *(Last Glacial Maximum, LGM)* u holocen. Koristili su kvantitativne procjene zastupljenosti minerala glina, razlikovali su tipične "glacijalne" i "interglacijalne" asocijacije, te utvrdili transformaciju illit-smektita u illit tijekom toplijih perioda. Varijacije u karbonatnom sastavu (promjenjivi sadržaj Mg u kalcitu) također su im poslužile kao indikator prijelaza iz hladnijeg u toplije razdoblje. Opis kvalitativnih i kvantitativnih metoda za istraživanje procesa trošenja i pedogeneze u paleotlima te za rekonstrukciju paleookolišnih i paleoklimatskih uvjeta na temelju paleotala (fosilnih tala) dali su Sheldon & Tabor (2009), koji su naglašavali važnost korištenja više različiitih indikatora u takvim istraživanjima. Oni se posebno osvrću na minerale glina, geokemijske i izotopne analize. Ističu korelaciju minerala glina u tlima s klimatskim faktorima, kao što su temperatura i dostupnost vode u tlu, jer ti procesi utječu na intenzitet kemijskog trošenja i formiranje minerala glina, pri čemu je slijed minerala glina, idući od vruće i vlažne klime prema hladnoj i suhoj, kaolinit → smektit → vermikulit → klorit i miješanoslojni minerali glina → illit i tinjci. Pregled paleoklimatske interpretacije minerala glina u morskim sedimentima, kao materijala kontinentskog porijekla, iznio je Thiry (2000), kao i probleme koji se pritom javljaju. On ističe važnost istraživanja razvoja tala, procesa erozije i intenziteta trošenja. Zaključuje da distribucija minerala glina pruža općeniti klimatski utjecaj, a tek u kombinaciji s drugim metodama, kao što su izotopne ili analize mikrofosila, može se dobiti klimatski zapis veće rezolucije.

Paleoklimatske rekonstrukcije provode se na temelju promjena relativnih zastupljenosti različitih minerala glina, a ne proučavanjem apsolutnih vrijednosti. U nekim područjima, procesi trošenja mogu biti preslabi ili prejaki te onemogućuju diferencijaciju klimatskih perioda na temelju udjela pojedinih minerala glina. Za upotrebu minerala glina za klimatsku rekonstrukciju, potrebno je pretpostaviti da su tla težila uspostavi ravnotežnog stanja s meteorskim uvjetima, tako da erodirani i taloženi mineral unutar bazena izražava uvjete trošenja. Takva ravnoteža moguća je ako postoji slaba tektonska aktivnost i stabilna kontinentska morfologija. Rekonstrukcija klime na temelju minerala glina moguća je na različitim kvartarnim sedimentima, kao što su spilje, jezerski sedimenti, fluivioglacijalni sedimenti, pri čemu oni predstavljaju specifične pedogenetske uvjete.

Minerali glina, za razliku od drugih silikata koji su više ili manje inertne komponente jezerskih sedimenata, imaju specifične karakteristike zbog kojih imaju utjecaj na otopljene komponente u sedimentima i prema tome na izmjenu tvari između sedimenata i jezerske vode. Karakterizira ih velika specifična površina *(SSA, specific surface area)*, negativno nabijena površina, veliki kapacitet kationske zamjene *(CEC, cation exchange capacity)*, veliki kapacitet unosa vode, kapacitet bubrenja *(swelling)*. Ta su svojstva povezana s njihovom strukturom. Minerali glina su hidratizirani aluminijski silikati i klasificiraju se najčešće kao filosilikati (od grč. „phyllon": list; i od lat. „silic": kremen), no unutar te grupe minerala postoje značajne varijacije u kemijskim i fizičkim svojstvima (Moore & Reynolds, 1997; Brindley & Brown, 1980). Većina njih ima pločastu morfologiju i savršenu (001) kalavost, kao posljedicu slojevite atomske strukture. Minerali glina imaju strukturu naslaganih slojeva *(stacked layer structure)*, pri čemu je svaki sloj sastavljen od tetraedarskog i oktaedarskog lista (TO) ili 2 tetraedarska i jednog oktaedarskog lista (TOT). Tetraedarski list čine tetraedri izgrađeni od kisikovih atoma u vrhovima i silicijem (ili aluminijem) u centru (SiO_4^{4-} ili AlO_4^{5-}), koji su međusobno povezani preko 3 od 4 vrha kako bi tvorili list (3 bazalna kisika i 1 apikalni). Oktaedarski list čine oktaedri, u čijem je središtu kation (Al^{3+}, Fe^{3+}, Fe^{2+} ili Mg^{2+}), koji su međusobno povezani preko 6 vrhova (O^{2-} ili OH^-). Ako su anioni povezani s 3 dvovalentna kationa, list se naziva trioktaedarski (brucitni tip strukture, $Mg^{2+}(OH)_2$). Kada su 2 od 3 oktaedarska mjesta popunjena s trovalentnim kationom, list se

naziva dioktaedarski (gibbsitni tip strukture, $Al^{3+}(OH)_3$). Minerali glina s jednim tetraedarskim i jednim oktaedarskim listom zovu se 1:1 minerali glina (TO sloj) (slika 2). Tetraedarski list povezan je s oktaedarskim listom preko apikalnih kisika u slobodnim vrhovima tetraedra, između kojih se nalazi jedna hidroksilna skupina. Sljedeći TO sloj povezan je preko hidroksilnih grupa oktaedarskog lista s kisikovim atomima tetraedarskog lista tvoreći vodikove veze. Minerali glina s dva tetraedarska lista i jednim oktaedarskim nazivaju se 2:1 minerali glina i slažu se na način da se između dva tetraedarska lista nalazi jedan oktaedarski list (TOT sloj), te više TOT slojeva čine 2:1 minerale glina. TOT slojevi povezani su preko tetraedarskih listova, koji su povezani slabim van der Waalsovim silama. Zbog različitih kationa unutar tetraedarskog lista (zamjene Si^{4+} s Al^{3+}) i oktaedarskog lista (Al^{3+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mg^{2+}) slojevi minerali glina su u prirodi često negativno nabijeni, te se naboj kompenzira s međuslojnim kationima. Taj kation može ući u međuslojni prostor između 2 tetraedarska lista. Osim izmjenjivih kationa i hidratiziranih kationa (smektit), u međuslojnom prostoru mogu se nalaziti cijeli oktaedarski list (klorit, koji između TOT slojeva ima još jedan oktaedarski sloj brucitnog tipa) ili kationsko-hidroksilni kompleksi koji nisu razvijeni u potpune listove već predstavljaju Al-polimere („otoke“ gibbsitnog tipa, *Al-islands)*, a takvi minerali su hidroksil interstratificirani minerali (HIM), koji mogu biti ekspandirajući *(„bubreći“)* ili ne, ovisno o stupnju polimerizacije (hidroksil interstratificirani smektit *HIS, hydroxy interlayered smectite;* i hidroksil interstratificirani vermikulit, *HIV, hydroxy interlayered vermiculite*, koji se zovu i sekundarni kloriti jer im je struktura slična kloritima (Velde, 1995; Moore & Reynolds, 1997; Velde & Meunier, 2008).



Slika 2 Struktura 1:1 i 2:1 minerala glina, izgrađenih od tetraedarskih i oktaedarskih listova međusobno povezanih u TO slojeve (1:1 minerali) i TOT slojeve između kojih se nalaze međuslojni hidratizirani kationi, oktaedarski list ili kationsko-hidroksilni kompleksi (2:1 minerali) (preuzeto iz Jasmund & Lagaly, 1992).

Minerali glina klasificiraju se prema strukturi i naboju sloja (stalnom naboju), tj. tipu sloja. Unutar tih grupa, podgrupe su podijeljene ovisno o tome da li su trioktaedarski ili dioktaedarski (tablica 1) (Brindley & Brown, 1980; Moore & Reynolds, 1997). Minerali tipa sloja 1:1 uglavnom nemaju naboj i njima pripadaju serpentin (trioktaedarski) i kaolinit (dioktaedarski). U minerale tipa sloja 2:1 pripadaju talk, tinjci (biotit, flogopit, muskovit, paragonit) te skupina minerala glina s nabojem manjim od 1: illit, glaukonit, smektit, vermikulit i klorit. Miješanoslojni (interstratificirani) minerali glina *(MLM, mixed layer minerals)* nisu uključeni u tablicu, već samo komponentne koje ih sačinjavaju. Najčešći pravilno interstratificirani *(regularly stacked)* minerali glina su corrensit (tri klorit/nisko nabijeni tri smektit; tri klorit/visoko nabijeni tri vermikulit) i rectorit (di tinjac/di smektit). Najviše se u prirodi javljaju nasumično interstratificirani *(random)* minerali glina, koji se identificiraju određivanjem komponenti koje ih sačinjavaju, njihovim omjerima i stupnju uređenosti naslaganih slojeva duž Z osi *(R, Reichweite)*. Česti su illit/smektit (I-S), kaolinit/klorit, kaolinit/smektit (K-S), tinjac/vermikulit, tinjac/klorit (Moore & Reynolds, 1997).

Tablica 1 Klasifikacija minerala glina prema naboju sloja (Tr – trioktaedarski, Di – dioktaedarski, z – naboj po formulskoj jedinici) (Moore & Reynolds, 1997).

Tip sloja	Grupa (naboj), međuslojni kation	Podgrupa	Mineral glina
1:1	Serpentin-kaolinit (z~0); -	Serpentin (Tr)	Krizotil, antigorit, lizardit
		Kaolinit (Di)	Kaolinit, dikit, nakrit, haloizit
2:1	Talk-pirofilit (z~0); -	Talk Tr)	
		Pirofilit (Di)	
	Smektit (z~0,2-0,6); Na, Ca, Mg, H_2O	Tr smektit	Saponit, hektorit, stevensit
		Di smektit	Montmorillonit, nontronit, beidelit
	Vermikulit (z~0,6-0,9); Mg, Ca, kationsko-hidroksilni kompleks	Di, Tr vermikulit	Vermikulit
			HIV (hidroksil interstratificirani vermikulit)
	Illit (0,6> z <0,9); K, Na, Ca	Tr illit	
		Di illit	Illit, glaukonit
	Tinjci (z~1); K	Tr tinjci	Biotit, flogopit, lepidolit
		Di tinjci	Muskovit, paragonit
	Klorit (z varijabilan); $Mg(OH)_2$; Sekundarni klorit (Al-klorit)	Tr klorit	Klinoklor, chamozit, nimit
		Di klorit	Donbassit, kukeit
		Di-tri klorit	Sudoit
2:1	Sepiolit-paligorskit; z varijabilan; vlaknasti, trakaste strukture		

Pojam „minerali glina“ se često zamjenjuje s pojmom „glina“. Prema AIPEA-i *(Association internationale pour l'etude des argyles - International Association for the study of clays)*, gline se definiraju kao prirodni materijali koji su izgrađeni od sitnozrnatih minerala, koji su plastični ako ih se dovoljno navlaži i koji se stvrdnu sušenjem ili žarenjem (Guggenheim & Martin, 1995). One mogu sadržavati i faze koje nisu plastične i organsku materiju i te tvari se nazivaju asociranim mineralima. Plastičnost se odnosi na sposobnost materijala da se oblikuje i ne mora se kvantificirati da se primijeni termin „glina“ za materijal. Jedini dosad poznati minerali koji imaju svojstvo plastičnosti su filosilikati (primarni minerali), ali bilo koji materijali koji imaju svojstvo plastičnosti i očvršćuju se nakon sušenja i žarenja mogu sadržavati gline. Asocirane faze u glinama mogu biti kvarc, kalcit, dolomit, feldspati, oksidi, hidroksidi. Pošto se minerali ne definiraju prema veličini zrna, filosilikati bilo koje veličine čestica mogu se smatrati mineralima glina. Minerali glina odnose se na filosilikatne minerale i ostale minerale koji imaju svojstvo plastičnosti i stvrdnjuju se nakon sušenja ili žarenja.

1.4. Obilježja kasnog pleistocena i holocena istočno jadranske obale

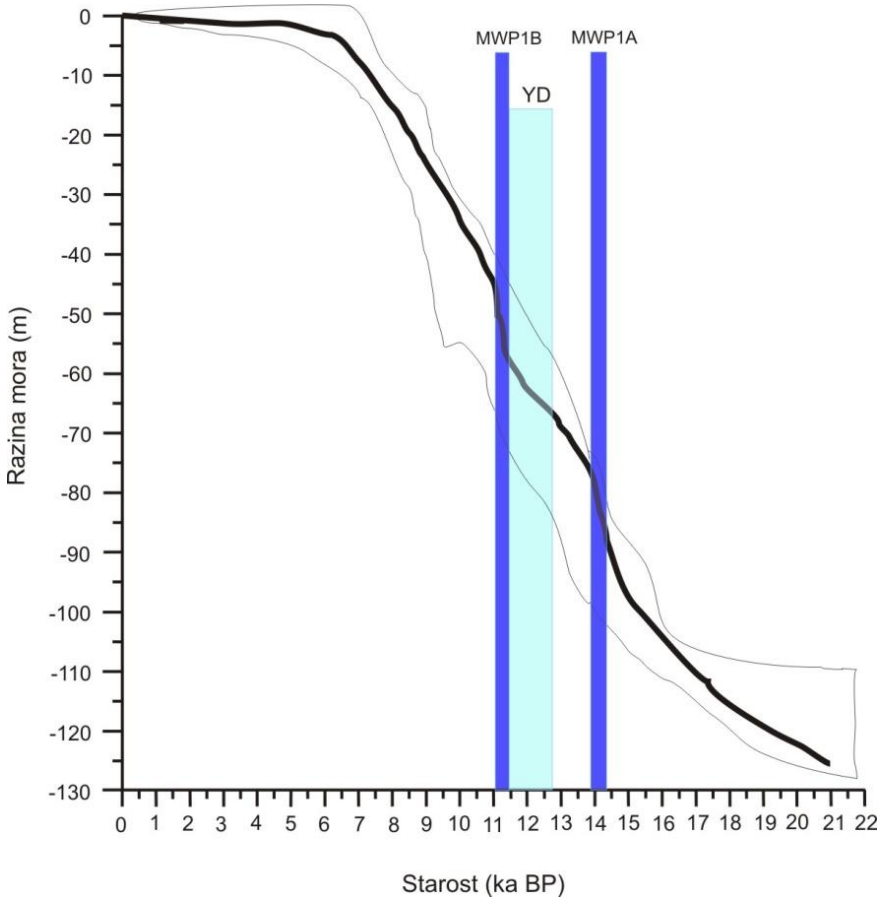
Holocen i pleistocen epohe pripadaju geološkom periodu kvartaru. Kvartar je započeo prije 2,588 milijuna godina, s početkom pleistocena. Do 2009. godine početak pleistocena bio je utvrđen na 1,8 milijuna godina, kada ga je IUGS *(„International Union of Geological Science“)* na prijedlog međunarodne komisije za stratigrafiju pomaknuo na 2,588 milijuna godina. Opće je prihvaćeno da bi kvartar trebao početi s prvim indikacijama zahlađenja u Mediteranskoj regiji, te je prema današnjem modelu određivanja kronostratigrafije (*GSSP- Global Stratotype Section and Point*), na Siciliji utvrđena granica na 2,588 milijuna godina. Izmjena ledenih i međuledenih doba (glacijala i interglacijala) tijekom pleistocena povezana je s promjenama u orbitalnim elementima Zemlje koje utječu na količinu primljene insolacije *(Milankovićevi ciklusi,* Milanković, 1920). Milankovićeva teorija opisuje

periodične klimatske promjene koje su se dogodile u prošlosti. Tri su važna orbitalna ciklusa koji određuju distribuciju solarne topline koja dolazi na Zemlju: ekscentričnost Zemljine orbite oko Sunca, nagib osi rotacije Zemlje i precesija. Promjena ekscentričnosti Zemljine orbite od skoro pravilnog kruga do elipse uzrokuje periodičnost od 100 000 do 400 000 godina. Nagib osi rotacije Zemlje oscilira s periodom od oko 41 000 godina i ima snažniji utjecaj na višim geografskim širinama nego na ekvatoru. Što je manji nagib, manji je i sezonski kontrast, što znači blage zime i hladna ljeta tijekom malog nagiba, dok kod maksimalnog nagiba imamo hladne zime i vruća ljeta. Precesija opisuje promjenu smjera Zemljine rotacione osi u odnosu na Sunce i za puni ciklus joj je potrebno oko 21 700 godina. Promjena smjera osi ima utjecaj na položaj Zemlje u ekvinociju (vremena kad se Sunce nalazi direktno iznad ekvatora). To znači da će u nekom trenutku precesijskog ciklusa, za vrijeme ljetnog solsticija sjeverna hemisfera biti najbliže Suncu, a u istom trenutku će južna hemisfera biti najdalje od Sunca. Takva je situacija bila prije 11 000 godina. Danas je obrnuto, na sjevernoj hemisferi, postoje blage zime i hladna ljeta. Kombinacijom sva tri ciklusa, može se izračunati krivulja insolacije koja daje količinu energije koju Zemlja prima od Sunca na bilo kojoj geografskoj širini. Ledeno doba se vjerojatno dogodilo u situaciji u kojoj je nagib osi bio minimalan, ekscentričnost na maksimumu i Zemlja je bila najdalje od Sunca tijekom ljetnog solsticija. Iako smo danas u toplom, međuledenom periodu (holocenu), današnji trend orbitalnih ciklusa ukazuje da se približavamo novom ledenom dobu na sjevernoj hemisferi (Gibbard, 2007). Na temelju opisane cikličnosti definirane Milankovićevom teorijom, u pleistocenu se izmjenjuju topli i hladni periodi odnosno ledena i međuledena doba. Ona su utvrđena na temelju kisikovih izotopa u sedimentima s dna oceana i nazivaju se MIS periodi (*Marine Isotope Stages)*. Skala izotopnog sastava kisika u morskim sedimentima bazira se na činjenici da led koji nastaje u hladnijim razdobljima sadrži manje ^{18}O nego u morskoj vodi, što rezultira time da voda sadrži više ^{18}O. Sastav kisikovih izotopa u ljušturama foraminifera i ostalih organizama iz dubokih morskih jezgri variraju proporcionalno u odnosu na sastav u vodi i reflektiraju promjene u temperaturi (Gibbard, 2007). Počevši od danas, skala počinje s MIS 1, koji odgovara holocenskom interglacijalu, MIS 2 od 12-24 ka BP, MIS-3 od 24-60 ka BP, MIS 4 od 60-74 ka BP, MIS 5 od 74-130 ka BP, i tako dalje (Martinson et al., 1987). Parni brojevi označavaju hladne periode, dok su neparni brojevi oznake za tople periode, te isto vrijedi i za izmjene hladnih i toplih perioda unutar svakog MIS-a.

Posljednje ledeno doba u pleistocenu bilo je LGM (*Last Glacial Maximum*), koji je trajao od 26 000-19 000 cal BP (cal-kalendarske godine, BP-prije sadašnjosti, *Before Present)* (Clark & Mix, 2002). Nakon posljednjeg ledenog maksimuma, od 19 000 god. započelo je povećanje ljetne insolacije na sjevernoj hemisferi što je uzrokovalo povlačenje ledenog pokrova tj. topljenje ledenjaka, te se razina mora izdigla za 10-15 m djelomičnim topljenjem ledenih površina (Clark et al., 2004). Globalna morska razina je u doba LGM-a bila oko 120 m niža nego danas (Fairbanks, 1989). Porast morske razine od LGM-a nije bio kontinuiran i monoton proces, već je karakteriziran s 2 intervala naglog porasta morske razine *(„melt water pulses", MWP)*. Prvi snažan „puls" (MWP-1A) nakon topljenja ledenjaka, započeo je prije 14,2 ka cal BP (*kiloanni*= $x10^3$ godina), a drugi (MWP-1B) prije 11,3 ka cal BP (Fairbanks, 1989). *Bølling-Allerød* je period vrlo nestabilnih klimatskih uvjeta, koji je trajao između oko 14,7-12,8 ka cal BP (Cohen, 2003). Početak *Bøllinga* karakterizira naglo zatopljenje i vlažnije klimatske uvjete u odnosu na prijašnji najstariji drijas *(Oldest Dryas)*. Na prijelazu između *Bølling-Allerød* interstadijala, slijedi MWP-1A, te kratki hladni interval stariji drijas (*Older Dryas*). *Allerød* je i dalje period toplih klimatskih uvjeta, a odmah nakon *Allerød* interstadijala, započeo je interval ekstremno hladnih klimatskih uvjeta i pada količine padalina, od 12,6-11,7 ka cal BP, koji se naziva

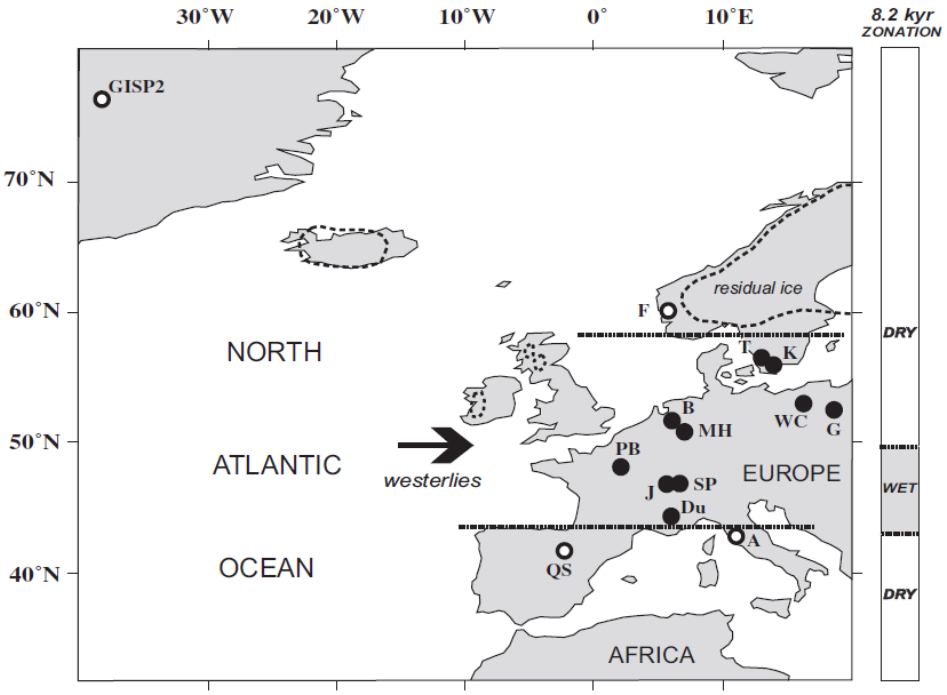
mlađi drijas (YD-*Younger Dryas*) (Alley, 2000) i smatra se hladnim i suhim periodom (Renssen et al., 2001). Kraj mlađeg drijasa karakterizira oko 200 godina nestabilnih klimatskih uvjeta, s jakim godišnjim olujama. Mlađi drijas evidentiran je u Mediteranskom području u Alboranskom i Egejskom moru (Dormoy et al., 2009), gdje su utvrđene temperature najhladnijeg mjeseca od -5°C do 0°C, a generalno su zime bile suše i hladnije, dok su ljeta bila vlažnija. To su slične vrijednosti onima određenim u središnjoj Italiji (Huntley et al., 1999) i južnoj Albaniji (Bordon et al., 2009). Mlađi drijas nalazi se između MWP-1A i B. Drugi značajni donos slatke vode, „puls" MWP-1B, dogodio se nakon mlađeg drijasa. Tijekom tih perioda (MWP-1A i B), morska se razina izdigla za oko 20 m svaki put u manje od 500 godina (Clark et al, 2002).

Prema Correggiari et al. (2006), koji su prikupili dostupne podatke za Jadransko more od posljednjeg ledenog maksimuma (LGM) prije ~21 000 god. (slika 3), razina Jadranskog mora dobro se poklapa s globalnom krivuljom dizanja razine mora (Fairbanks, 1989). Morska razina se od posljednjeg ledenog maksimuma (LGM-a) izdigla za oko 120 m. U doba LGM-a, sjeverni dio i dio srednjeg Jadrana je bilo potpuno suho, do srednjo jadranske depresije (~272 m). Dolina rijeke Po protezala se cijelim tim dijelom. Prije oko 10 000 godina razina Jadranskog mora bilo je oko 50-40 m niža nego danas, te je današnju razinu doseglo prije oko 5 000 godina (Asioli et al., 2001; Lambeck et al., 2004; Correggiari et al., 2006). To znači da se od 19 000-5 000 godina razina mora izdigla za 120 m. Današnji rast globalne razine mora očituje se i u Jadranskom moru, te iznosi 2-3,4 mm/god, mjereno na različitim stanicama, s greškom od 1 mm/god. (Tsimplis et al., 2012).



Slika 3 Krivulja razina Jadranskog mora od posljednjeg ledenog maksimuma (LGM-a) do danas (modificirano prema Correggiari et al., 2006). Starost je označena u tisuću godina prije sadašnosti (ka BP), YD označava mlađi drijas, MWP1A i B razdoblja naglog porasta morske razine i donosa slatke vode otapanjem ledenjaka (*„meltwater pulse")*.

Granica između pleistocena i holocena utvrđena je na temelju ledene jezgre izvađene u okviru projekta NGRIP *(North Greenland Ice Core Project)*, u kojoj niz fizičkih i kemijskih parametara (smanjenje suviška deuterija, postepene promjene u $\delta^{18}O$, smanjenje koncentracije prašine, značajne kemijske promjene-smanjenje natrija, povećanje debljine godišnjih slojeva) reflektira prve znakove klimatskog zatopljenja, pri kraju posljednjeg hladnog perioda mlađeg drijasa (Walker et al., 2009). S velikom preciznošću određeno je da je holocen započeo prije 11 700 godina (Walker et al, 2009) i traje sve do danas (holocenski interglacijal). Generalno se smatra da je holocen epoha klimatske stabilnosti, no istraživanja u posljednjih desetak godina pokazala su postojanje klimatske varijabilnosti (Mayewski et al., 2004). Početak holocena karakteriziraju više temperature, te je taj period prozvan holocenski klimatski optimum (HO, *Holocene Optimum,* centriran na 9 000 BP), vrijeme tople i vlažne klime i većih količina padalina (Lionello, 2012). Vlažni uvjeti tijekom ranog do srednjeg holocena dokazani su u središnjoj Italiji (Zanchetta et al., 2007), te u morskim i jezerskim sedimentima u Italiji (Ariztegui et al., 2000). Pluvijalni (poplavni) period na početku holocena identificirali su Wunsam et al. (1999) na dalmatinskoj obali, istražujući Malo i Veliko jezero na otoku Mljetu. Početak pluvijalnog razdoblja oni datiraju na oko 8 800 cal BP u Malom jezeru i 8 400 cal BP u Velikom jezeru. Taj period odgovara sapropelnoj formaciji S1 na Jadranu, koja se može podijeliti na 2 faze taloženja, prekinutim hladnijim i sušim periodom, odnosno 8,2 događajem. Taloženje saproprela je trajalo: S1a 10 800-8 800 cal BP i S1b 7 800-6 100 cal BP (Rohling et al., 1997; Ariztegui et al., 2000). Njegovo formiranje povezano je s globalnim promjenama u klimi (topliji i vlažniji klimatski uvjeti) i cirkulaciji vode koja potječe od snažnog dotoka slatke vode s nutrijentima, što je rezultiralo povećanom stratifikacijom vodenog stupca i povećanom produktivnosti. Wunsam et al. (1999) su na Mljetu u Malom jezeru utvrdili suši period između 7 200-7 100 cal BP. Na sjevernoj hemisferi, u sjevernom Atlantiku, identificiran je hladan period centriran na 8,2 tisuća godina BP („8,2 događaj“, Alley & Agustsdottir, 2005; Dormoy et al., 2009). Vrijeme prekida taloženja sapropela S1 dobro korelira s tim događajem i sušim uvjetima. No, hladni događaj na početku holocena (preborealna oscilacija) evidentirana je u zapadnoj i centralnoj Europi te sjeverozapadnom Mediteranu (Björck et al., 1997). U južnom dijelu Jadranskog mora preboreal su utvrdili Favaretto et al. (2008) na temelju analize polena i foraminifera. Tijekom PBO nisu vladali isti klimatski uvjeti u cijeloj Europi, te se razlikuju vlažniji uvjeti u srednjoj Europi (između 58° i 43° sjeverne geografske širine), dok u sjevernoj i južnoj Europi prevladavaju suši uvjeti (Magny et al., 2007b) (slika 4). Sličan trend suših klimatskih uvjeta u južnoj Europi karakterističan je i za događaj prije 8 200 godina.

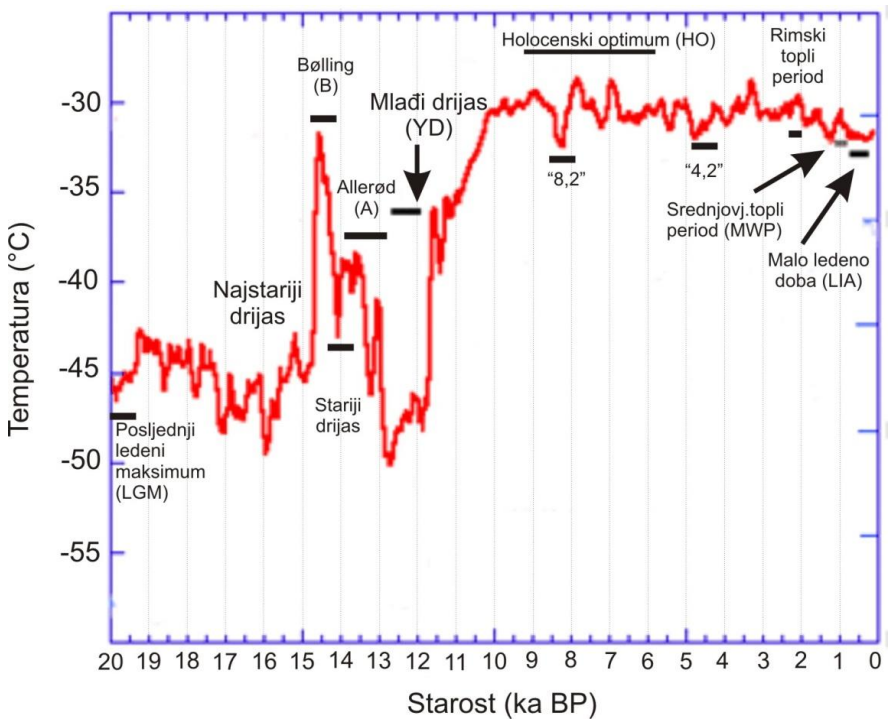


Slika 4 Usporedba paleoklimatskih uvjeta tijekom preboreala (PBO) u Europi. Crne točke: vlažno; otvoreni krugovi: suho; isprekidane podebljane linije: sjeverne i južne granice umjerenih širina karakteriziranih vlažnijim klimatskih uvjetima; isprekidane linije-pružanje ostataka ledenog pokrova u ranom holocenu. Na desnoj strani prikazana je usporedba s paleoklimatskim uvjetima za „8,2 događaj". A-jezero Accesa; B-De Borchert; Du-Middle Durance dolina; F-Folgefonna; G-jezero Gosciaz; J-jurska jezera; Sp-Švicarski plato; K-Krageholmsjon; MH-jezera Meerfelder i Holzmaar; PB-Pariški bazen; Qs-Quintanar de la Sierra; T-jezero Torreberga; WC-jezero Wielkie Gacno. Preuzeto iz Magny et al. (2007b).

Srednji holocen karakteriziran je malim padom temperature i padalina, dakle hladnijim i sušim uvjetima, od 8 000-4 500 godina (neoglacijal) (Lionello, 2012). Globalno je poznat period suše prije 4 200 godina, kada je došlo do naglog pada temperature i suše u mediteranskom i afričkom području (Eastwood et al., 2007). Poznat je rimski period zatopljenja, kao i srednjovjekovna klimatska anomalija (*Medivel Climate Anomaly,* MCA) ili topli period (*Medivel Warm Period,* MWP). MCA odnosi se na period od 10 do 14. stoljeća (900-1 400 AD), tijekom kojeg je zabilježeno zatopljenje u Europi, Grenlandu i Aziji (Lionello, 2012). Hladnije razdoblje, u periodu od 16. do 19. stoljeća (1 550-1 850 AD), naziva se malo ledeno doba (*Little Ice Age,* LIA). LIA se definira kao hladni period karakteriziran širenjem ledenjaka u alpskoj regiji. Takve klimatske promjene imale su za posljedicu promjene razina pojedinih jezera, koje su istraživane u Italiji, u jezeru Accesa (Magny et al., 2007a), Ledro (Magny et al., 2009), Preola (Magny et al., 2011). Dosadašnja istraživanja jezerskih sedimenata u Mediteranskom području na temelju izotopnih analiza saželi su Roberts et al. (2008), a u Italiji na temelju jezerskih sedimenata Giraudi et al. (2011).

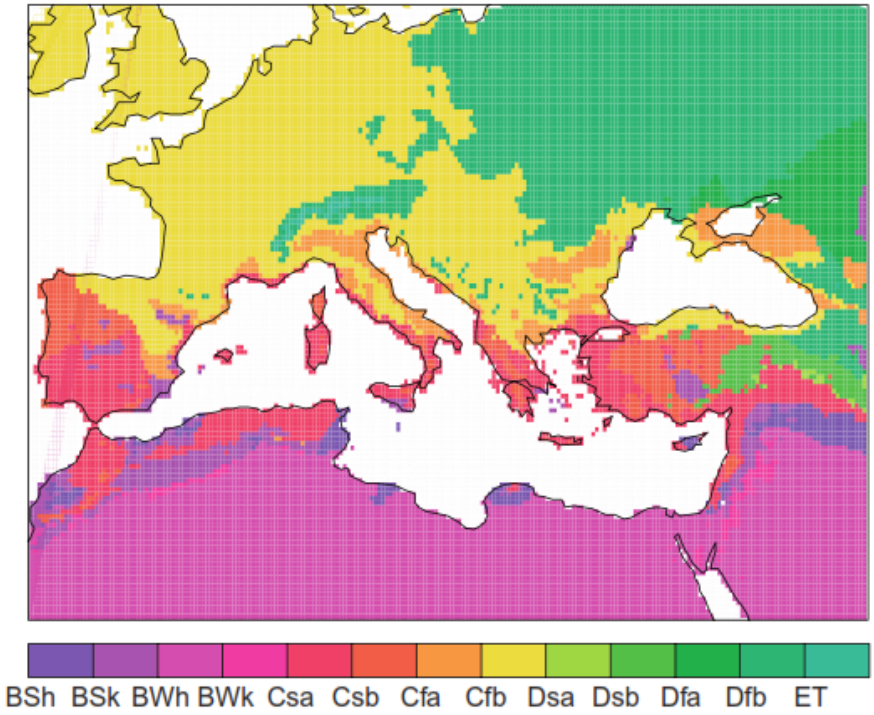
Holocen se prema posljednjim podacima na temelju spomenutih promjena dijeli na rani (11,7-8,2 ka BP), srednji (8,2-4,2 ka BP) i kasni holocen/neoglacijal (4,2 do danas), a postupno se uvodi i termin antropocen, za period povećanog utjecaja čovjeka na okoliš, posebno poslije industrijske revolucije (Walker et al., 2012).

Rekonstrukcija temperature kasnog pleistocena, od posljednjeg lednog doba prije 20 000 godina i kroz holocen prikazana je na slici 5, prema Alley (2000), na temelju ledene jezgre GISP2 u središnjem Grenlandu (projekt NGRIP).



Slika 5 Rekonstrukcija temperature od 20 ka BP do danas, prema grenlandskoj ledenoj jezgri GISP2 (Alley, 2000).

Područje istraživanja koje je obuhvaćeno ovim istraživanjem usko je povezano sa Sredozemnim morem, regijom koja nema jedinstvenu klimu. Köppenova klasifikacija klime temelji se na vrijednostima temperature i padalina, te njihovom odnosu prema vegetaciji, koji se u krškim područjima mora promatrati s oprezom, s obzirom na karbonatnu propusnu podlogu i nemogućnošću zadržavanja oborinskih voda, što ne pogoduje biljnom pokrovu. Prema Köppenovoj klasifikaciji (Köppen, 1990) (slika 6), mediteranska klima definirana je kao umjerena klima srednjih širina sa suhim ljetima, koja mogu biti topla (Csa) ili vruća (Csb). Veliko područje sjevernog dijela Mediterana pripada umjerenoj klimi srednjih širina bez suhih ljeta (Cfa i Cfb). Razlika između *s* i *f* klimatskih podtipova jest u količini padalina, *s* označava područja sa suhim razdobljima ljeti, dok *f* nema suhog razdoblja. Podtipovi *a* i *b* označavaju godišnji hod temperature. Prema tome, tip Cs predstavlja tipičnu sredozemnu klimu, dok je Cf umjereno topla vlažna klima. U Mediteranskoj regiji postoje i ekstremi – od ledenjaka u alpskom području sjeverno od Sredozemnog mora, do suptropskih pustinjskih područja na afričkoj obali.

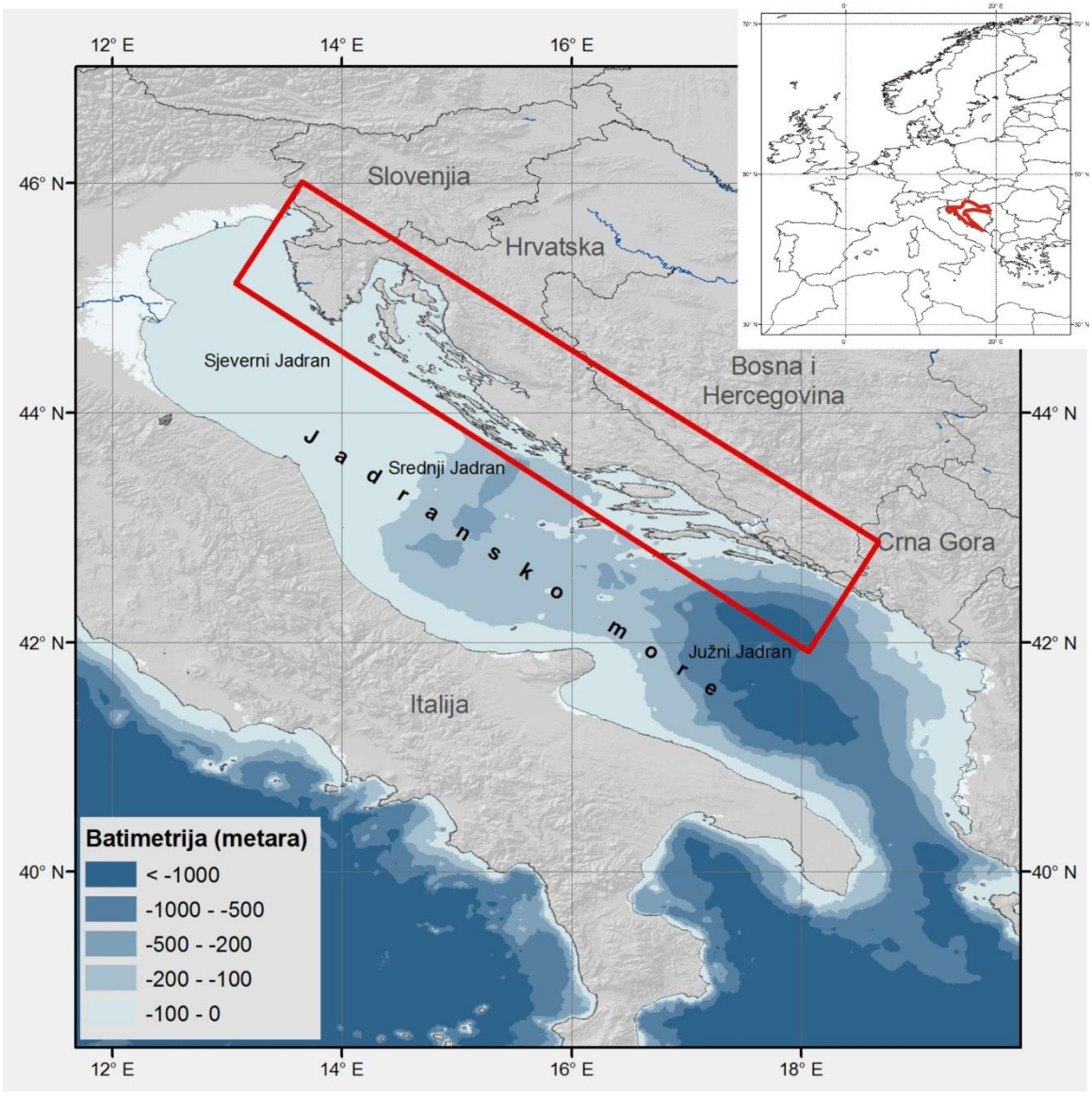


Slika 6 Köppen-ova klimatska klasifikacija u Mediteranskoj regiji: suptropska stepska klima (Bsh), stepska klima umjerenih širina (BSk), suptropska pustinjska klima (BWh), pustinjska klima umjerenih širina (BWk), mediteranska klima s vrućim/toplim ljetima (Csa/b), vlažna suptropska klima bez suhog ljeta (Cfa), umjerena morska klima (Cfb), vlažna kontinentalna klima s vrućim/toplim ljetima (Dfa/b), kontinentalna klima sa suhim vrućim/toplim ljetima (Dsa/b) i klima tundre (ET). Preuzeto iz Lionello (2012).

Prikupljeni paleoklimatski zapisi upućuju da je klima varirala tijekom geološke prošlosti, kako u dužem vremenskom razdoblju, tako i s godišnjim ili sezonskim varijacijama. Rekonstrukcija klimatske varijabilnosti temelji se na zapisu klimatskih parametara (temperatura, padaline i vjetar) što omogućuje poznavanje klime puno dalje u prošlost nego što se može dobiti mjernim instrumentima (oko 150 godina) te za oko 4,5 milijuna godina povijesnog zapisa. Neki klimatski zapisi, kao što su sedimentne sekvencije na površini kontinenata ili plitkih oceanskih područja, omogućuju dobivanje informacija starih milijune godina. Drugi klimatski zapisi, kao što su godovi drveta, jezgre leda, koralji, sige, jezerski sedimenti i dubokomorski sedimenti, omogućuju dobivanje informacija o klimi u razdoblju od prije nekoliko desetaka godina pa do stotina tisuća i milijune godina (Lionello, 2012). Rekonstrukcije parametara kao što su temperatura, padaline, vjetar, salinitet mogu se načiniti za bilo koje razdoblje u prošlosti upotrebom posrednih pokazatelja, tzv „proksija“ *(proxies)*. Posredni pokazatelj je bilo koja komponenta klimatskog zapisa čije je porijeklo vezano za klimatsku varijabilnost ili proces i odnosi se na određene paleookoliše. Posredni pokazatelj mogu biti mikroorganizmi, pelud, geokemijske karakteristike, mineralni sastav i drugo. Nesigurnost pri takvoj interpretaciji paleookoliša prevladava se korištenjem kombinacije više posrednih pokazatelja *(„multiproxy“* pristup).

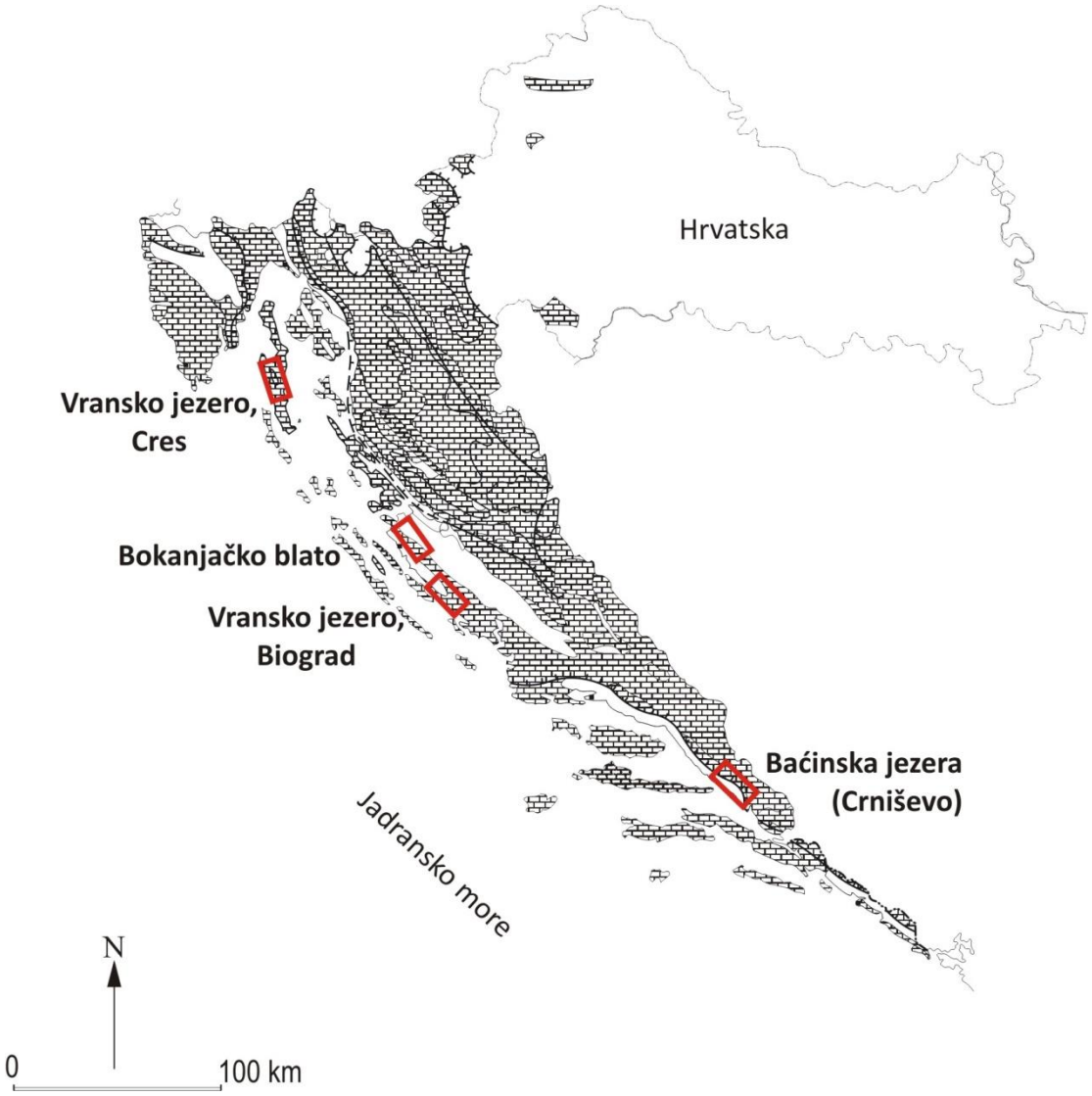
2. Područje istraživanja

U ovoj disertaciji istraženi su sedimenti iz sljedećih jezera: Vransko jezero na Cresu, Bokanjačko blato, Vransko jezero kod Biograda i Baćinska jezera (Crniševo). Nalaze se u Hrvatskoj, duž istočne obale Jadranskog mora (slika 7). Jadransko more je epikontinentalno, poluzatvoreno more u istočnom Mediteranu. Pruža se od SZ prema JI više od 800 km, a prosječno je široko oko 200 km. Može se podijeliti na 3 dijela: sjeverni blago nagnuti šelf, maksimalne dubine do 80 m (Sjeverni Jadran); srednji dio (Srednji Jadran), koji je širi i strmiji šelf, s dubinama do 272 m (Jabučka kotlina, *Middle Adriatic depression MAD*); te južni dio s najvećom dubinom oko 1200 m u južno jadranskoj kotlini (Južni Jadran). Zbog svoje morfologije, Jadransko more izgledalo je u LGM-u, prije 21 000 godina, bitno drugačije nego danas. Razina Jadranskog mora bila je za 120 m niža nego danas, te se dolina rijeke Po protezala do srednjeg Jadrana. Prije oko 10 000 godina Jadransko more bilo je oko 50-40 m niže nego danas, te je današnju razinu doseglo prije oko 5 000 godina (Lambeck et al., 2004; Correggiari et al., 2006). Može se pretpostaviti da su promjene razine Jadranskog mora imale veliki utjecaj na istraživana jezera.



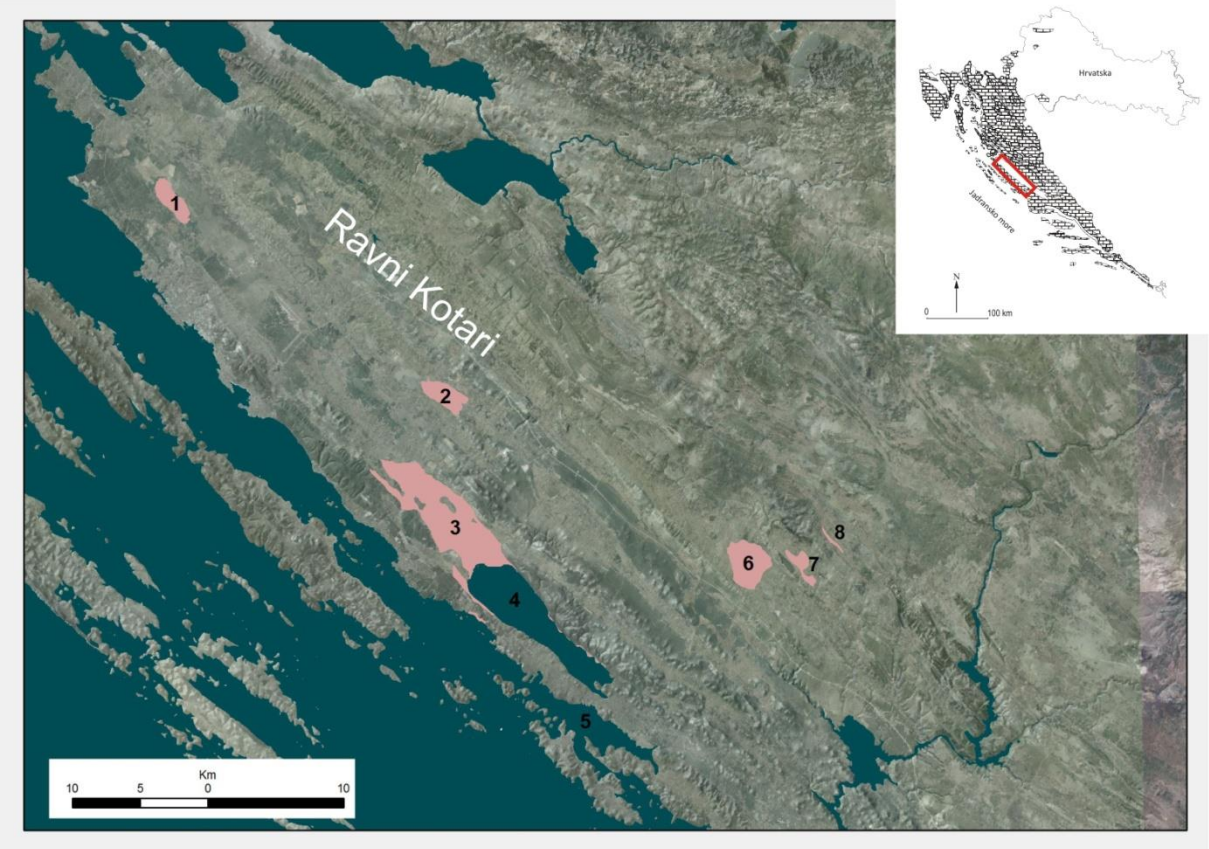
Slika 7 Jadransko more i područje istraživanja na istočnoj obali.

Područje Hrvatske može se podijeliti na dvije paleogeografske jedinice, Jadransku karbonatnu platformu i hrvatski dio Panonskog bazena (Vlahović et al., 2005). Istočna obala Jadranskog mora pripada Jadranskoj karbonatnoj platformi (AdCP), jednoj od najvećih mezozojskih karbonatnih platformi perimediteranskog područja. AdCP izgrađuju do 8000 m debele karbonatne stijene, od permske do eocenske starosti (Vlahović et al., 2005; Korbar, 2009). Dezintegracija Jadranske karbonatne platforme započela je krajem krede kao rezultat sve jače kompresije u pravcu SI-JZ, čije je djelovanje kulminiralo tijekom neogena (oligocen-miocen) izdizanjem Dinarida. Područje AdCP naziva se i područjem dinarskog krša u Hrvatskoj, te ono prekriva više od 50% teritorija Hrvatske. Krš (slo. *kras*, eng. *karst*) je tip reljefa koji se razvija na topljivim karbonatnim stijenama, vapnencima i dolomitima. Krš karakteriziraju specifična geološka, geomorfološka i hidrološka obilježja, koja se očituju u pojavi različitih površinskih i podzemnih oblika, kao što su ponikve, škrape, ponori, doline, uvale, polja, špilje, jame, krški izvori i rijeke ponornice. Svi ti oblici nastaju otapanjem vapnenaca te se taj proces naziva okršavanje. Hrvatska se stoga smatra tipičnom zemljom krša (dinarski krš). Dinarski krš karakterizira velika količina padalina, prosječna količina padalina iznosi oko 1500 mm/god. Jezera i jezerski sedimenti koji su istraživani u ovom radu pripadaju krškim jezerima. Idući od sjevera prema jugu istočno jadranske obale, istražena su sljedeća jezera: Vransko jezero na Cresu, Bokanjačko blato, Vransko jezero kod Biograda i Baćinska jezera (Crniševo) (slika 8).



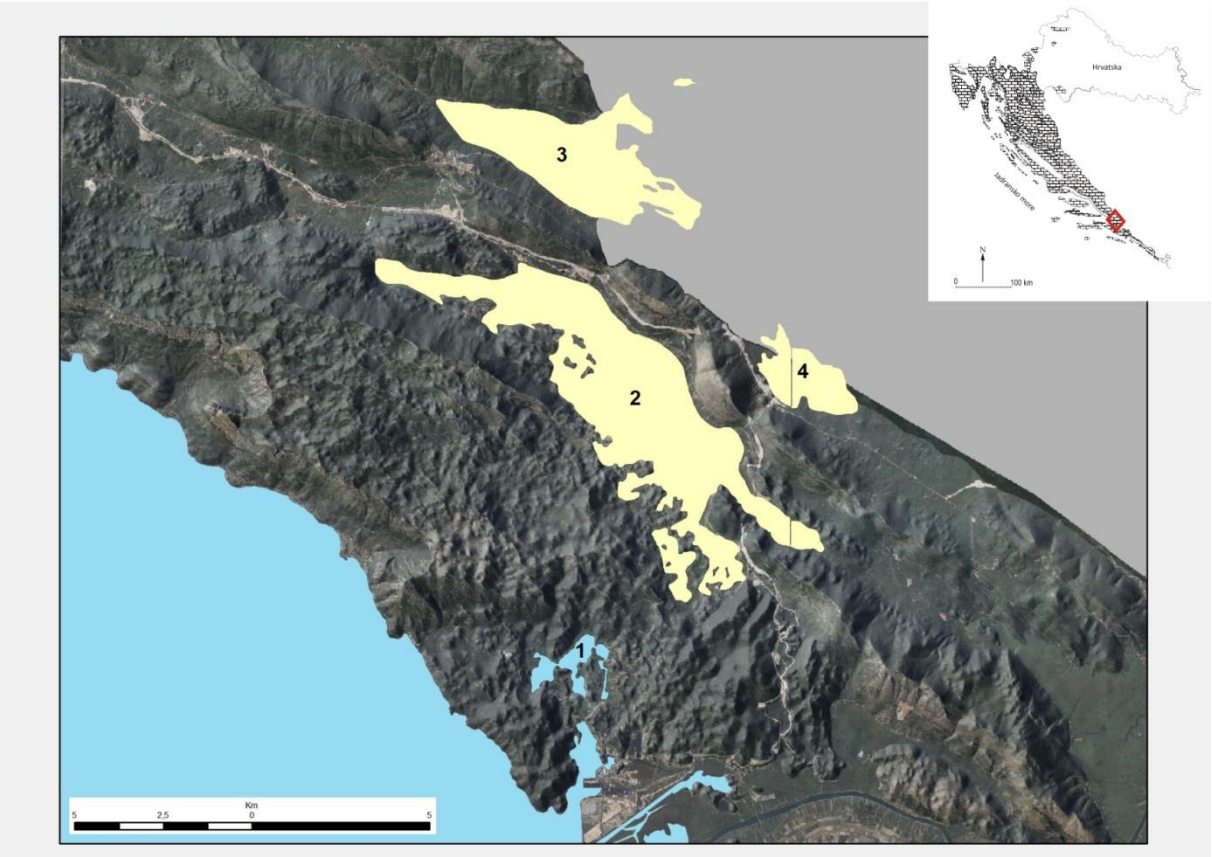
Slika 8 Lokacije istraživanja i njihov smještaj unutar Hrvatske i dinarskog krša.

Glavna karakteristika krša je postojanje i razvoj zatvorenih depresija (ponikvi, polja) koje porastom morske razine mogu postati jezera. U dinarskom kršu na istočnoj obali Jadranskog mora nalaze se depresije ispunjene jezerskim sedimentima. Očito su u jednom trenutku u prošlosti te depresije egzistirale kao jezera, povremeno plavljena jezera ili močvare. Takav je primjer Bokanjačkog blata u Ravnim Kotarima, koje je dio ovog istraživanja. No, u području Ravnih Kotara pojavljuje se više takvih polja – Nadinsko polje, Vransko polje, Trlokva, Zablaće, Bara (slika 9). Razvedenost naše obale omogućila je također postojanje privremenih jezera, prije nego se razina mora izdigla tijekom holocena na današnju razinu. To se može pratiti duž cijele obale, zbog postojanja mnoštva otoka i poluotoka koji su omogućili formiranje zaljeva. Slabi tektonski pokreti u holocenu, omogućuju kontinuirano praćenje razine Jadranskog mora na našoj obali, npr. pomoću siga (Surić et al., 2005; Surić & Juračić, 2010), potopljenih arheoloških nalazišta (Faivre et al., 2010) ili geomorfološko-bioloških indikatora (Faivre et al., 2013). Istražen primjer potopljenog jezera jest Pirovački zaljev, koji je u direktnoj vezi s Vranskim jezerom preko vapnenačkog grebena koji ih dijeli, ali i povezuje preko estavela. U Pirovačkom zaljevu su ispod morskih sedimenata koji sežu do 2,5/3 m, utvrđeni jezerski sedimenti s tipičnom slatkovodnom ostrakodnom faunom, koja je određena u uzorku na dubini 528 cm. Pirovački zaljev ima oblik depresije, najveća je dubina mora u sredini zaljeva gdje je uzorkovana jezgra dužine 765 cm (25 m). Najniži prag nalazi se u SZ dijelu zaljeva, u području Arte (6 m) što je omogućilo postojanje jezera prije nego se izdigla razina mora (Ilijanić et al., 2013).



Slika 9 Područje Ravnih Kotara s karakterističnim pojavama jezerskih sedimenata u poljima i recentnim jezerima i zaljevima, 1) Bokanjačko blato, 2) Nadinsko polje, 3) Vransko polje, 4) Vransko jezero, 5) Pirovački zaljev, 6) Trolokva, 7) Zablaće, 8) Bara.

Primjer pojave jezerskih sedimenata u kršu je područje sjeverno od grada Ploče u južnoj Dalmaciji, gdje se nalazi recentno jezero - Baćinska jezera (skup 6 spojenih i 1 odvojenog jezera), zatim Vrgoračko polje, polje Rastoka i polje Jezerce koji su ispunjeni jezerskim sedimentima (slika 10). Taj slijed se nastavlja i na polja u široj okolici - Imotsko polje, Rastok polje te polja u Bosni i Hercegovini (Posuško, Livanjsko i Duvanjsko polje). Hidrogeološkim istraživanjima je dokazana veza podzemnih voda tih polja. U Vrgoračkom polju izgrađena je mreža kanala za navodnjavanje i kontrolu viška vode, koja se odvodi iz polja tunelom prema Baćinskim jezerima. To omogućuje poljoprivrednu aktivnost u Vrgoračkom polju. Sedimenti Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja analizirani su u ovom istraživanju.



Slika 10 Područje sjeverno od Ploča, s Baćinskim jezerima i poljima ispunjenim jezerskim sedimentom, 1) Baćinska jezera, 2) Vrgoračko polje, 3) polje Rastoka, 4) polje Jezerce.

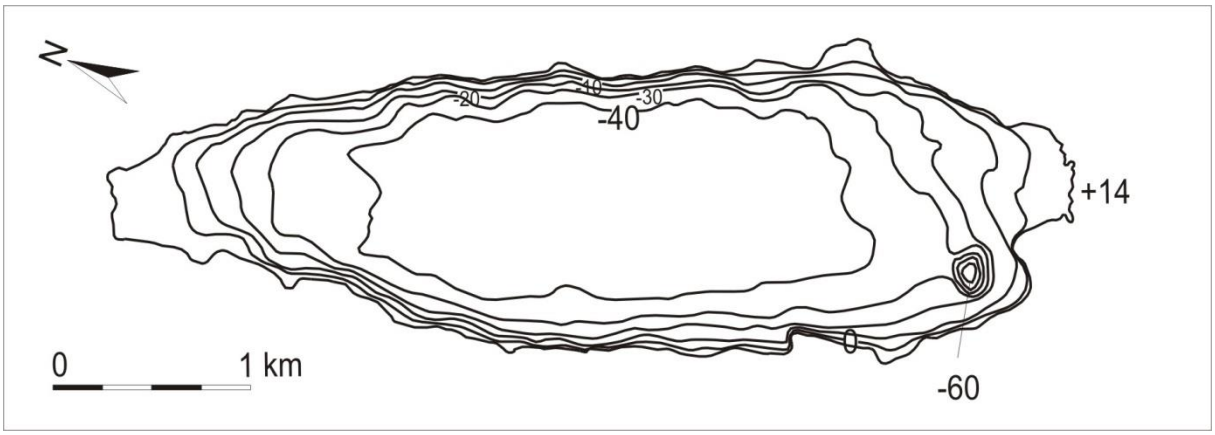
2.1. Vransko jezero na Cresu

2.1.1. Geografski smještaj, klima i vegetacija

Vransko jezero je krško jezero na otoku Cresu, koji se nalazi u Kvarnerskom zaljevu na sjevernom dijelu Jadranskog mora. Otok Cres je jedan od većih i viših otoka na hrvatskoj obali, s površinom od 404,3 km^2, dužine 65,5 km i najvišeg vrha na 648 m (Stražičić, 1981). Vransko jezero nalazi se u sredini otoka, oko 4 km udaljeno od mora sa svake strane, te je izduženog oblika u smjeru SSZ-JJI (slika 11). Površina jezera iznosi 5,75 km^2, dugačko je 5,5 km i široko 1,5 km, a maksimalna dubina vode pri srednjoj razini jezera je 74,5 m. Površina sliva iznosi 38 km^2. Jezero je kriptodepresija te je srednja razina vode u jezeru 13,13 m n.m., maksimalno izmjerena dubina je 61,3 m ispod razine mora (depresija u JZ dijelu jezera). Dno jezera je većim dijelom ravno, oko 40 m ispod razine mora, što znači da je prosječna dubina vode oko 50 m. Vransko jezero je oligotrofno jezero, niske produktivnosti i velike prozirnosti. Također je monomiktično jezero, karakterizirano termalnim stratifikacijskim događajem u proljeće, nakon zimskih izotermalnih uvjeta. Tijekom ljeta, termalna stratifikacija je stabilizirana. Srednja temperatura ljetnog epilimnija (od površine do 10 m vodenog stupca) je 23°C, termoklina je uspostavljena na dubini od 10 do 20 m, hipolimnij na dubini od 20 do 70 m iznosi 10°C, dok u jesen i zimi hladni vjetar uzrokuje potpuno miješanje i izotermalne temperature vode ispod 7°C (Koeck, 2012).

Slika 11 Geografski položaj Vranskog jezera na otoku Cresu i pogled na Vransko jezero s južne strane.

Smatra se da je Vransko jezero formirano u ranom pleistocenu, za vrijeme kad je razina mora bila oko 100 m niža od današnje, a prostor sjevernog dijela Jadranskog mora kopno, odnosno široka delta rijeke Po (Šegota & Filipčić, 2001). Za razliku od njih, Schmidt et al. (2000), smatraju da je jezero poprimilo sadašnji oblik i dubinu tijekom ranog holocena, a prolazilo je kroz faze oplićavanja i isušivanja tijekom cijelog pleistocena. Batimetrijska karta dna Vranskog jezera (Stajić, 1991) pokazuje kako je dno sjevernog i južnog dijela jezera blažeg nagiba, dok su istočna i zapadna obala strme (slika 12).

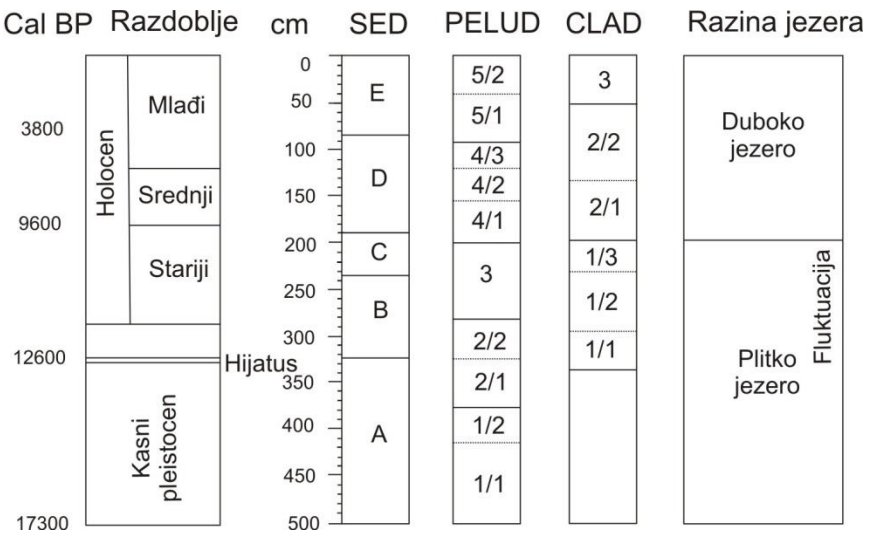


Slika 12 Batimetrijska karta Vranskog jezera na Cresu (Stajić, 1991). Depresija od 61,3 m ispod razine mora, odnosno na 74,5 m dubine vodenog stupca, nalazi se u krajnjem JZ dijelu jezera, dok je dno većim dijelom na -40, odnosno ukupno oko 50 m dubine. Istočna i zapadna obala jezera su strme, dok su južna i sjeverna puno blaže.

Multidisciplinarnim istraživanjima sedimenata Vranskog jezera na Cresu, Schmidt et al. (2000) utvrdili su da su na 5 m sedimenti stari 17 300 cal BP, te se nakon toga mogu pratiti značajne promjene razine jezera, vezane za paleookolišne promjene i dizanje morske razine nakon mlađeg drijasa (YD). Geofizičko istraživanje sedimenata pokazalo je debljinu sedimenata vi

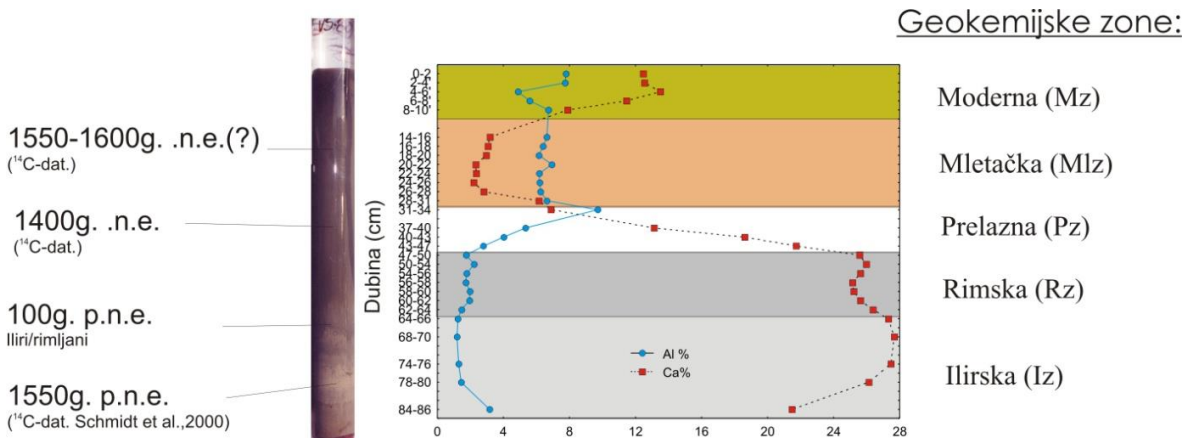
šu od 25 m. Plitka faza jezera trajala je od 17 300 cal BP do ranog holocena i pluvijalnog perioda. Prije Allerød perioda, interglacijalni sedimenti su pretaloženi, što se očituje u povišenoj razini mora, količini padalina i promjeni razine jezera. Nisu utvrđeni sedimenti Allerøda te oni to pripisuju hijatusu, što je evidentirano ehosondiranjem i pojavom diskordancije. Nakon mlađeg drijasa digla se razina podzemne vode, te se formirala močvarna vegetacija i konačno plitko jezero. Pluvijalni period započeo je 9 600 cal BP i time je započela današnja faza dubokog jezera. U razdoblju dubokog jezera veće promjene okoliša u slivu nisu ustanovljene sve do neolitičkog ili brončanog doba. Interval od 6 000 do 4 000 cal BP karakterizira tranzicijska faza i širenje mediteranskog elementa prema sjeveru. Povećanje suše u ljetnom periodu, zajedno s krčenjem šuma tijekom ilirskog perioda, odgovorni su za promjenu prema današnjoj vegetaciji. Glavne karakteristike današnje vegetacije u slivu formirale su se tijekom ilirskog i rimskog doba. Tijekom rimskog doba trofičnost jezera se povećava, a kulminacija je tijekom mlađe faze krčenja šuma. S promjenom uporabe zemljišta težište ljudskog interesa se okrenulo od jezera i došlo je do reoligotrofikacije (Schmidt et al., 2000). Izdvojene su peludne zone (PZ), od 1 do 5, koje se dijele u podzone: PZ 1/1 dominacija bora *(Pinus),* PZ 1/2 prijelazna zona prema brezi *(Betula)*, PZ 2/1 dominacija breze, PZ 2/2 ponovno povećanje bora, PZ 3 dominacija bora i hrasta *(Quercus),* PZ 4/1 *Chenopodiaceae,* PZ 4/2 *Pistacia, Phillyrea, Oleaceae, Ostria,* PZ 4/3 borovnica *(Juniperus),* PZ 5/1 hrast, PZ 5/2 *Junipereus, Pinus, Olea.* Promjene u jezeru kroz kasni pleistocen i holocen Schmidt et al. (2000) utvrđene su i pomoću promjena u mineralnom sastavu sedimenata te razlikuju pet sedimentoloških jedinica: A (500-325 cm): stalan odnos kalcita, dolomita i kvarca+gline, nizak % C_{org} ; B (325-235 cm): viši udio kalcita, visok C_{org}; C (235-190 cm): viši udio kalcita i dolomita, a smanjenje kvarca i gline; D (190-85 cm): dominacija kvarca i gline, nizak C_{org}; E (85-0 cm): nagli porast udjela kalcita, te smanjenje pri samom vrhu jezgre (slika 13).

Schmidt et al. (2001) istražili su Valunski zaljev (8 m duga jezgra) i usporedili s paleoklimatskim i vegetacijskim obilježjima u Vranskom jezeru, na temelju analiza polena, ostrakoda, foraminifera, geokemijskih i mineraloških analiza.



Slika 13 Prikaz razvoja jezera i promjena razina tijekom kasnog pleistocena i holocena, na temelju ^{14}C datiranja, sedimentoloških jedinica (A-E), peluda (1-5) i Cladocera (1-3). Modificirano prema Schmidt et al., 2000.

Recentni antropogeni utjecaji istraživani su u sklopu geokemijskih istraživanja sliva Vranskog jezera (Biondić et al., 1998; Mesić, 1999) i otoka Cresa (Miko et al., 2003). Oni daju pregled raspodjele glavnih i elemenata u tragovima u površinskim sedimentima Vranskog jezera i tlima na otoku Cresu. Antropogen utjecaj tijekom mlađeg holocena u jezgrama Vranskog jezera do oko 90 cm i geokemijski zapis okolnih tala u slivnom području istraživali su Mesić (2004) i Mesić et al. (2005). Uočeni su geokemijski trendovi distribucije udjela pojedinih elemenata, pomoću kojih je bio moguće definirati pet geokemijskih zona (Ilirska, Rimska, Prelazna, Mletačka i Moderna zona) u posljednjih 3 500 godina (slika 14). Povišene koncentracije olova u jezerskih sedimentima od 0 do 30 cm tumače kao posljedicu atmosferskog taloženja iz udaljenijih industrijskih izvora, a u tlima upućuju na mogućnost lokalnog utjecaja automobilskog prometa (Miko et al., 2008).



Slika 14 Geokemijske zone u sedimentu Vranskog jezera, na temelju distribucije elemenata Al i Ca (preuzeto iz Mesić, 2004).

Rekonstrukcije razine jezera vršili su Mesić et al. (2007), na temelju granulometrijskih, geokemijskih i palinoloških analiza u aluvijalnim lepezama na južnoj strani jezera, te se s obzirom na razinu jezera mogu razlikovati četiri sukcesivna razdoblja:

- razdoblje od 7 700-6 700 cal BP kada se taloženje odvija u relativno plitkim uvjetima s dubinom vode od 2-3 m i ujednačenom sedimentacijom siliciklastičnog materijala;

- razdoblje od 6 500-4 400 cal BP ukazuje na veću dubinu vode, s razvijenom anoksijom (dubina vode veća od 5 m);
- razdoblje od 4 200-3 000 cal BP ukazuje na oplićavanje (dubina vode manja od 1 m);
- razdoblje od 2 000 cal BP do početka 20. st. ukazuje na povećanje vode (dubina vode veća od 3 m).

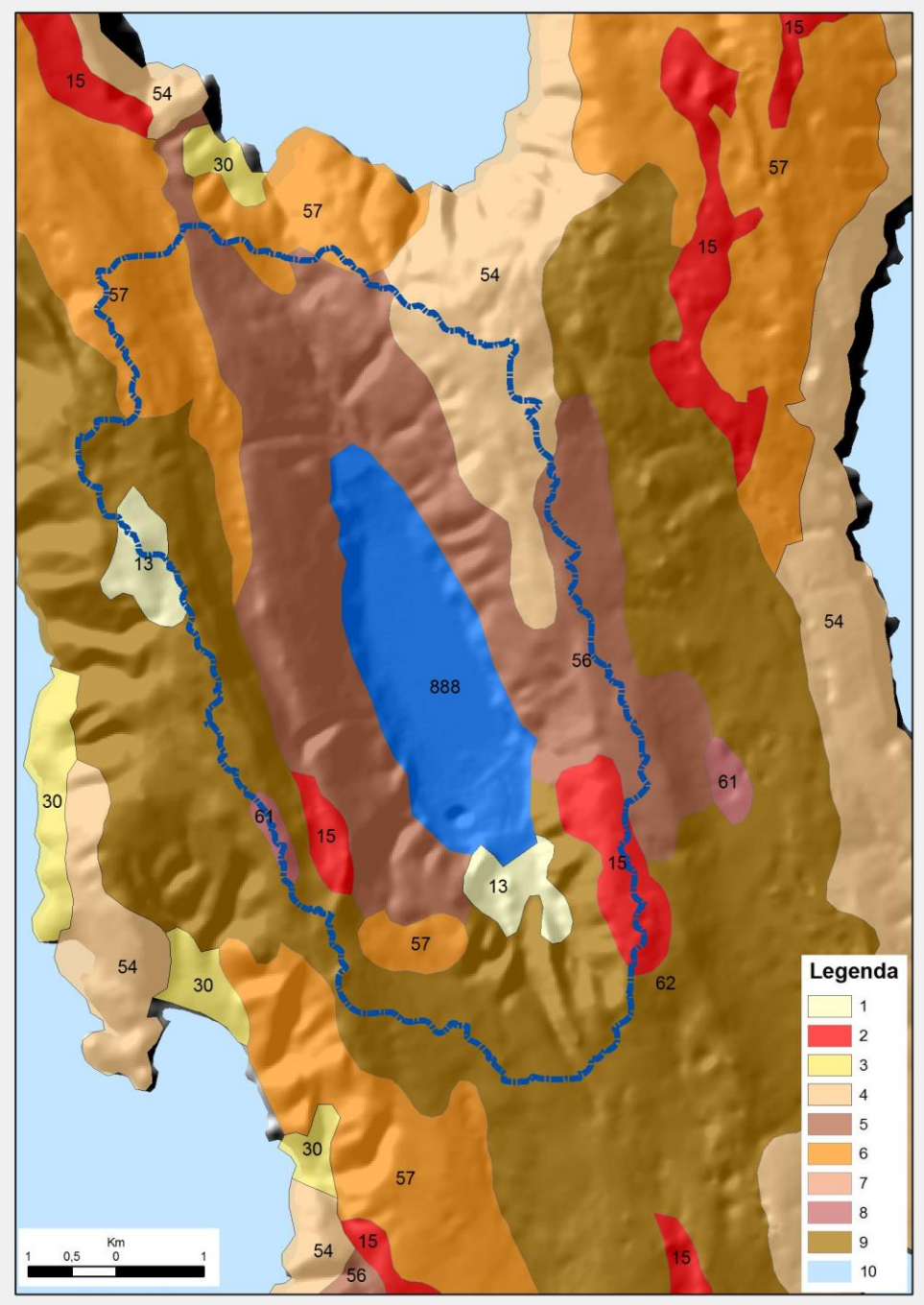
Klimatske značajke otoka Cresa uvjetovane su njegovim položajem u Jadranskom moru, te njegovim pružanjem i reljefom. Kvarnerski zaljev uvukao se kao klin duboko u susjedno kopno između grebena Učke, goranskih brda i velebitskog masiva, a njegov položaj na dodiru sjevernog Jadrana i susjednog visokog kopnenog zaleđa odražava se u križanju mediteranskih i kontinentalnih klimatskih utjecaja. Posljedica toga su česti prodori hladnih zračnih masa u zimskoj polovici godine i pojava konvekcijskih kiša tijekom ljeta, zbog čega nema izrazitog sušnog razdoblja karakterističnog za mediteransko podneblje (Šegota, 1975). Do danas nije zabilježen slučaj zaleđivanja Vranskog jezera, prema dostupnoj literaturi. Prema Köppenovoj klimatskoj klasifikaciji, područje Vranskog jezera na središnjem dijelu Cresa, pripada Csa tipu – sredozemna klima s blagim zimama i suhim, vrućim ljetima (Filipčić, 2001). Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 14,3 °C, dok srednja godišnja količina padalina varira između 1000 i 1250 mm. Najviše oborina padne u listopadu i studenom, a najmanje u kolovozu. Posebno važan klimatski čimbenik predstavlja i vjetar. Na razmatranom području nekoliko je važnih vjetrova, jugoistočni vjetar jugo donosi oborinske oblake i kišu, dok sjeverni-sjeveroistočni hladan i suh vjetar bura „razbija“ oblake i donosi vedro vrijeme. Bura je izrazito jak vjetar te na izloženim padinama uzrokuje smanjenje vegetacije, a na padinama koje su najizloženije najjačim udarima s Velebita i potpuni nedostatak vegetacije i raslinja. Vjetar je važan čimbenik u prijenosu peluda na veće udaljenosti.

Vegetacijski pokrov otoka Cresa uvjetovan je nizom činitelja: relativno velikom izduženošću i pružanjem u pravcu sjever-jug, izrazitom razlikom između visokog sjevernog i niskog južnog dijela, položajem otoka u odnosu na susjedno kopno i različitom izloženošću otočnih obala buri, te tisućljetnim ljudskim utjecajima, pri čemu je, uz sječu šume, od posebnog značenja bila stočarska tradicija, koja je dovela do degradacije prvobitnog šumskog pokrova i gotovo potpune devastacije središnjeg dijela otoka. Na osnovi sadašnjeg stanja vegetacijskog pokrova, razlikuju se tri bitno različita dijela: šumoviti sjeverni dio, sa submediteranskim obilježjima, koji je reljefno i klimatski, pa i po sastavu vegetacije, produžetak Učke; pretežno zaravnjeni i najvećim dijelom ogoljeli središnji dio s prostranim pašnjačkim kamenjarima i tek mjestimično očuvanim šumskim pokrovom u kojemu se miješaju submediteranski i eumediteranski elementi; niski, šumoviti južni dio s pretežno eumediteranskim značajkama. Sjevernim submediteranskim dijelom otoka Cresa prevladavaju mješovite šume medunca i bijelog graba *(Querco-Carpinetum orientalis)*, s listopadnim vrstama hrast medunac *(Quercus pubescens),* bijeli grab *(Carpinus orientalis),* hrast cer *(Quercus cerris),* crni grab *(Ostrya carpinifolia)* i pitomi kesten *(Castanea sativa)*. Vransko jezero leži na prijelazu u eumediteransku zonu, bogatu mješovitim šumama crnike i crnog jasena *(Orno-Quercetum ilicis)*, predstavljene vazdazelenim vrstama hrastom crnikom *(Quercus ilex)* i crnim jasenom *(Fraxinus ornus).* Pojava šume crnike i crnog jasena pokazuje da se nalazimo u pravom Sredozemlju (eumediteranu). U južnom dijelu otoka dominira hrast crnika. Središnji dio otoka od davnina je najgušće naseljen i mjesto je gdje stočarstvo dominira, te je šumski pokrov potisnut i zamijenjen prostranim pašnjačkim površinama, niskim šumama, šikarama i kamenjarima, uz značajan utjecaj bure (Stražičić, 1981). Poljoprivredne površine su vrlo male u sljevu Vranskog jezera i nemaju utjecaj na njega.

U južnom dijelu jezera, gdje je obala niža nalaze se aluvijalne lepeze, koje povremeno poplavljuju, te se u tom dijelu mogu vidjeti helofitske zajednice trščaka i šaševa. Takva vegetacija prisutna je i u sjevernim blažim dijelovima dna jezera. Obale istočne i zapadne strane jezera su strmije i dominiraju spomenute šume i makije. U fitoplanktonu Vranskog jezera dominiraju alge *Dinophyta* (svijetleći bičaši), a po broju vrsta dijatomeje i zelene alge *(Chlorophyta)* (Tomec et al., 2009). U bentosu Vranskog jezera prisutni su rakovi roda *Cladocera,* te se na temelju promjenjivosti pojavljivanja njegovih vrsta, mogu razlikovati tri zone razvoja Vranskog jezera u posljednjih 16 000 godina (Schmidt et al., 2000). Te *Cladocera* zone dobro se koreliraju s pet (A-E) sedimentnih jedinica i s pet (1-5) zona peluda. Promjena raznolikosti vrsta *Cladocera* može biti rezultat kemijskih promjena u jezeru i ukazuje na promjene stanja trofičnosti u jezeru.

Gradine, razmještene po cijelom otoku, dokaz su prisutnosti ljudi i njihove aktivnosti na ovom području. Najvećim dijelom se nalaze u njegovom središnjem dijelu iznad Vranskog jezera, koji je pružao za to najpovoljnije uvjete. Iliri (Liburni) su prvi povijesno identificirani narod na prostoru otoka Cresa Liburni, kojima vjerojatno pripadaju pretpovijesne gradine. Na otoku Cresu pronađeni su i ostaci iz neolitičkog ili brončanog doba (keramike). Utvrđeno je širenje mediteranskog elementa na ovom području, prema sjeveru, i to nestajanjem hrastovih šuma, u periodu od 6 000 do 4 000 god. BP. Tijekom ilirskog perioda, povećalo se krčenje šuma, te se zajedno s povećanjem suše u ljetnom periodu, vegetacija promijenila prema današnjoj šumi vazdazelenog hrasta crnike *(Quercus ilex).* Glavne karakteristike današnje eumediteranske vegetacije u slivu formirale su se tijekom ilirskog i rimskog doba. Tijekom tog perioda, trofičnost jezera se povećala, a kulminirala je tijekom mlađe faze krčenja šuma radi intenzivnije kultivacije divlje masline *(Olea)*. S promjenom uporabe zemljišta, težište ljudskog interesa se okrenulo od jezera te je došlo je do njegove reoligotrofikacije (Schmidt et al, 2000).

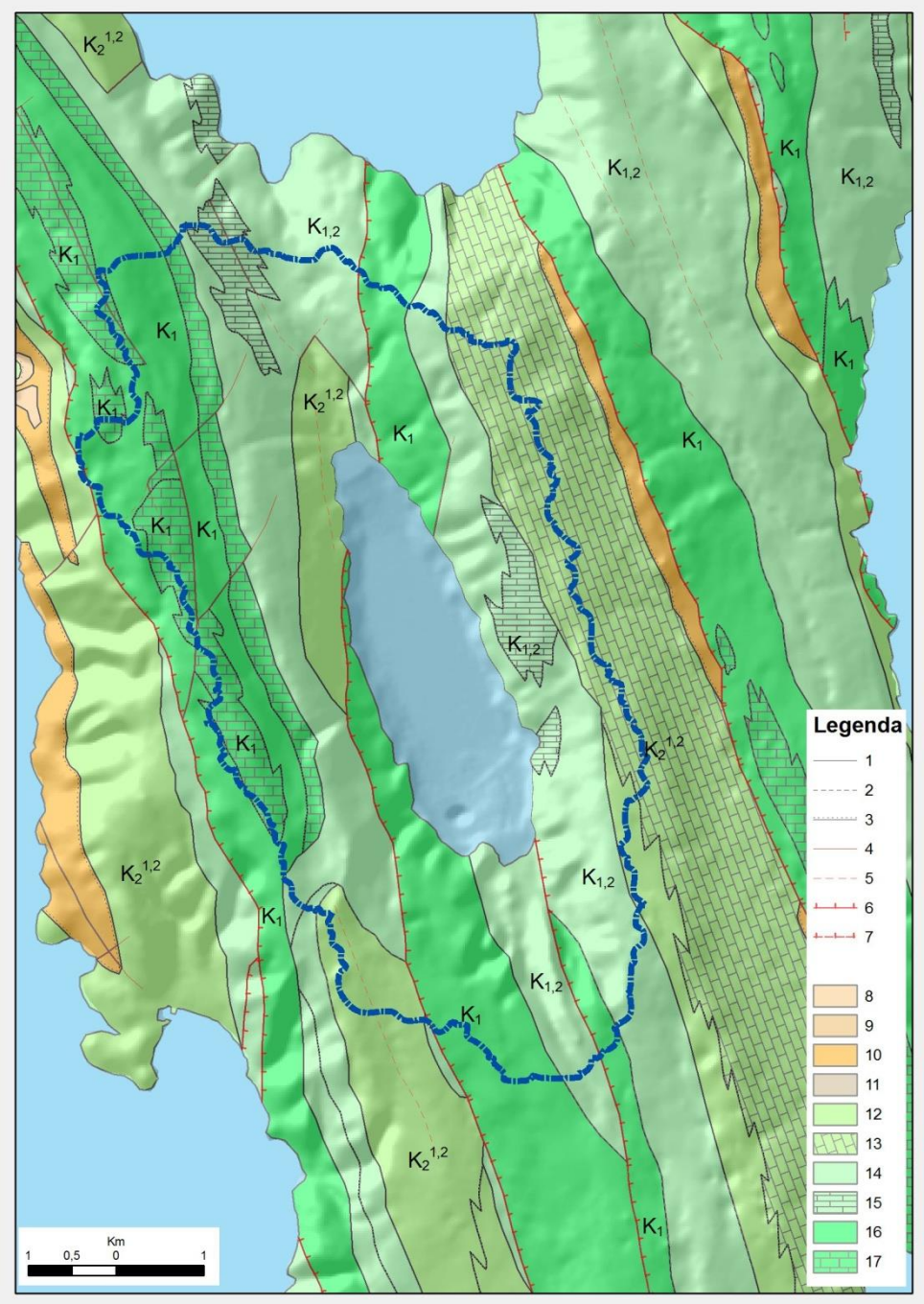
U slivu su razvijena tla na karbonatnom supstratu (slika 15). Dominantna su smeđa tla na vapnencima (kalkokambisol), vapnenačko dolomitna crnica (kalkomelanosol) i rendzine na vapnencima i dolomitima. Prisutne su još terre rosse, les te koluvijalno tlo s klastima na južnoj obali jezera (Bogunović et al, 1996).



Slika 15 Pedološka karta u slivnom području Vranskog jezera (Bogunović et al, 1996). Površinski sliv određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009) i označen je tamno plavom linijom. Legenda: 13) Koluvij s klastima; 15) Les, terra rossa, kalkokambisol; 30) Antropogena tla na kršu, kalkokambisol, crvenice, kalkomelanosol, koluvij; 54) Kamenjar, kalkomelanosol, rendzina; 56) Smeđe tlo na vapnencu, kalkomelanosol; 57) Kalkokmabisol, terra rossa, kalkomelanosol; 61) Kalkomelanosol, kalkokambisol; 62) Rendzina na dolomitu i vapnencu, kalkokambisol; 888) Vodene površine.

2.1.2. Geologija

Geološku građu otoka Cresa karakteriziraju okršene karbonatne stijene, uglavnom kredne starosti (Magaš 1968, 1973). Od krednih naslaga prisutni su donjokredni vapnenci, dolomiti i gornjokredni vapnenci, a tercijar je zastupljen paleogenskim foraminiferskim vapnencima i flišom (slika 16). U neposrednom slivu Vranskog jezera prevladavaju dolomiti nad vapnencima.



Slika 16 Geološka karta slivnog područja Vranskog jezera (prema Magaš 1968, 1973). Površinski sliv određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009) i označen je tamno plavom linijom. Legenda: 1) Geološka granica; 2) Pretpostavljena geološka granica; 3) Erozijsko-diskordantna granica; 4) Rasjed; 5) Pretpostavljeni rasjed; 6) Reversni rasjed; 7) Pretpostavljeni reversni rasjed; 8) $E_{2,3}$ Fliš; 9) E_2 Prijelazne naslage; 10) $E_{1,2}$ Foraminiferski vapnenci; 11) Pc, E Liburnijske naslage; 12) $K_2^{1,2}$ Vapnenci; 13) $K_2^{1,2}$ Uslojeni do pločasti vapnenci; 14) $K_{1,2}$ Dolomiti; 15) $K_{1,2}$ Leće vapnenca u dolomitu; 16) K_1 Vapnenci i dolomiti; 17) K_1 Pločasti vapnenci i dolomiti.

Donjokredni vapnenci (K_1) su vapnenci sive boje, dobro uslojeni, s generalnim nagibom slojeva prema sjeveroistoku i istoku. Mjestimično su pločasti, što je osobito karakteristično za dio naslaga uz kontakt s dolomitima. Ovakvi pločasti vapnenci nalaze se u pojasu zapadno od Vranskog jezera. Mjestimično sadrže leće dolomita koje najbolji razvoj imaju zapadno od Vranskog jezera.

Dolomiti ($K_{1,2}$) donje i gornje krede dinarskog su smjera pružanja, interpolirani između donjokrednih i gornjokrednih vapnenaca. Sive, sivo-smeđe do smeđe su boje. Uslojenost im je dobro izražena. Uslijed trošenja veliki dio terena prekriven je dolomitnim pijescima. Nisu rijetke leće vapnenaca, koje se morfološki ističu na terenu kao rezistentniji dijelovi naslaga.

Gornjokredni vapnenci (K_2^{1-2}) nalaze se uzduž cijelog otoka Cresa. To su bijeli vapnenci u intenzivnoj ili slabijoj izmijeni sa sivim uslojenim vapnencima.

Boksit se akumulirao u hipsometrijski nižim područjima otkrivenog krednog paleoreljefa, sva ležišta imaju bunarski izgled i nalaze se u vapnencima gornjokredne starosti. Nastali su tijekom faze emerzije, koja je uslijedila nakon završetka taloženja gornjokrednih vapnenaca i trajala je sve do početka taloženja naslaga starijeg paleogena.

Paleogenski vapnenci (E_{1-2}) i fliš ($E_{2,3}$) nalaze se u nekoliko izoliranih zona. Pružaju se uzduž rasjeda. Nemaju većeg značaja za genezu depresije Vranskog jezera. Foraminiferski paleogenski vapnenci i prijelazne naslage uglavnom nalazimo kao erozijske ostatke transgresivnog pokrova na vapnencima gornje krede, često povrh depresija u reljefu koje su zapunjene boksitom.

Od naslaga kvartarne starosti, na otočju Cres-Lošinj dominantne su pojave kvartarnih breča, obronačkih nanosa, sipara i eolskih sedimenata. Tijekom istraživanja jezerskog dna (Biondić et al., 1998), utvrđeni su sitnozrnati jezerski sedimenti pliocensko-pleistocenske starosti u najdubljem dijelu jezera, dok ostatak jezerskog dna čine bujični nanosi i recentni jezerski sedimenti.

U tektonskom smislu, otok Cres ima izrazito razvijene izoklinalne bore i ljuskavu građu, koja je osobito značajna za područje Kvarnerskih otoka. Općenito je za otok Cres karakteristična zonalna građa. Područje Cresa može se podijeliti u tri tektonska područja: a) tektonsko područje mirnih struktura, koje odgovara autohtonoj građi zapadne Istre; b) tektonsko područje navlaka i c) tektonsko područje izoklinalnih bora. Pružanje naslaga je SSZ-JJI s lokalnim odstupanjima koja su uvjetovana manjim poprečnim lomovima. Sve naslage uglavnom padaju prema sjeveroistoku. Superpozicijski slijed poremećen je jakim uzdužnim rasjedima, pri čemu su uvijek u bazi donjokredni vapnenci, koji su na zapadnoj strani gotovo u pravilu u tektonskom kontaktu s mlađim naslagama krede i paleogena. Prema tome, na otoku Cresu razvijena je tipična ljuskava strukturna građa sa stalnim ponavljanjem redoslijeda naslaga. Tektonska građa u području lista Cres po svojim karakteristikama uklapa se u geotektonske okvire sjeverno jadranskog područja (Magaš, 1973).

Geološke značajke depresije Vranskog jezera opisao je Magaš (1965). Osnovnu strukturu označava kao izoklinalne bore koje su nastale nakon taloženja fliša. Depresiju jezera pripisuje tektonskim pokretima i jakom procesu erozije u tjemenu antiklinale, a današnji položaj kriptodepresije kao rezultat epirogenetskih pokreta. Detaljna istraživanja u području Vranskog jezera (Fuček et al., 1997) pokazala su da se jezero nalazi u fronti reverzno izdignute i naknadno tektonski poremećene antiklinale dinarske orijentacije. Ona je duž strmog reversnog rasjeda izdignuta u smjeru zapad-jugozapad, a intenzivno poremećena neotektonskim pokretima. Ti pokreti su izazvani promjenom pravca po kojem djeluje kompresija (stres po pravcu S-J). Posljedica njihova djelovanja je formiranje neotektonskih struktura s pravcem pružanja I-Z i reaktivacija naslijeđenih struktura. Tako su naslijeđeni strmi reversni rasjedi poprimili dominantnu horizontalnu komponentu kretanja, što je svakako dodatno utjecalo na otvaranje depresije Vranskog jezera.

2.1.3. Hidrološka obilježja

Vransko jezero je jedinstveni hidrogeološki fenomen, rezervoar pitke vode, koji opskrbljuje pitkom vodom otoke Cres i Lošinj. Vodoopskrbna stanica nalazi se na istočnoj strani jezera. Jezero sadrži približno 220 milijuna m^3 slatke vode pri srednjoj razini vode u jezeru (13,13 m n.m.). U razdoblju od 1929. do 1995. zabilježena minimalna razina jezerske vode bila je 9,11 m n.m. (1991. g.), a maksimalna razina 16,86 m n.m. (1938. g.), a u razdoblju od 1985. do 1990. godine došlo je do naglog pada razine jezera (Rubinić & Ožanić, 1992; Ožanić, 1996). Slivno područje Vranskog jezera prikazano je na Digitalnoj ortofoto karti 1:5000 (DOF5), Države geodetske uprave (slika 17). Vransko jezero nema površinskih vodotoka, koji bi donosili vodu u jezero, osim povremenih bujičnih tokova, za vrijeme kišnih razdoblja. To je posebno izraženo u južnom dijelu jezera, gdje se nalaze aluvijalne jezerske lepeze. Prema tome, hidrološki režim Vranskog jezera ovisi o otočkim oborinskim vodama (Petrik, 1957).

Slika 17 Površinski sliv Vranskog jezera označen tamno plavom linijom (prikazan u DOF5, Državna geodetska uprava). Određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009). Točke V-1 i V-2 označavaju točke mjerenja svojstava vode Koeck, 2012).

U počecima istraživanja Vranskog jezera početkom 19.stoljeća, pojavile su se dvije teorije o postanku i održavanju Vranskog jezera, Lorenz (1859) je smatrao da se jezero opskrbljuje vodom podmorskim putem iz višeg kopnenog zaleđa (Učka, Gorski kotar, Velebit), dok je Mayer (1873) pretpostavljao da se jezero prihranjuje samo iz lokalnog sliva. Mogućnosti povezanosti jezera s kopnenim dijelom Istre pretpostavio je Poljak (1947), a povezanosti podzemne vode jezera s morem Petrik (1958).

Pretpostavlja se da je istjecanje iz jezera u vezi s podmorskim krškim izvorima (vrulje), npr. u uvali Valun, Cres i u Lubenicama (Bonacci, 1993). Bonacci (1993) smatra da voda potječe samo od lokalnog sliva, pri čemu je vodna bilanca izravno proporcionalna s oborinama u regiji. Reducirane razine jezera uzrokovane su ljetnim isparenjima i, vjerojatno, nekim krškim infiltracijama (prodiranjem vode). Razine podzemnih voda istraživali su znanstvenici Instituta za geološka istraživanja i zaključili su da podzemne vode prate promjenu razine vode jezera s vrlo malim gradijentom prema jezeru u vrijeme obilnijih padalina, a tijekom sušnih razdoblja podzemne vode i razina vode jezera su ujednačeni. Također pretpostavljaju da većina podzemne vode potječe iz precipitacija i lokalnih drenaža, iako bi "jedan manji dio mogao potjecati iz krškog podzemlja" (Biondić et al., 1998). Kapelj (1997) je istraživala porijeklo jezerske vode, hidrogeokemijski facijes jezera i njegova odnosa s morem, užim slivom i širim regionalnim prostorom, a rezultati upućuju na veći doprinos obnavljanju jezerske vode padalinama, te manji doprinos iz krškog podzemlja. Otvorenost sustava prema drugim sredinama, moru ili dubokom okršenom podzemlju nije upitna, jer bi u suprotnom, uz ustanovljenu evaporaciju, jezero davno zaslanilo. Jezero se prema tome nalazi u hidrauličkoj ravnoteži s morem i dubokim krškim podzemljem, a njihov utjecaj je zbog toga teško razlikovati.

Kemijski sastav vode istraživan je za potrebe projekta „CC-Waters“ (Koeck, 2012), mjerena su dva profila kroz vodeni stupac, profil V-1 u južnom dijelu, te profil V-2 u sjevernom dijelu jezera (tablica 2). Kvaliteta vode Vranskog jezera je generalno visoka. Koncentracija nitrata u jezerskoj vodi je niska, dok je koncentracija klorida nešto viša, vjerojatno zbog utjecaja mora, kojeg vjetar raspršuje do Vranskog jezera.

Tablica 2 Kemijska analiza vode Vranskog jezera na 2 profila, V-1 južni dio jezera i V-2 sjeverni dio jezera (preuzeto iz projekta „CC Waters“; Koeck, 2012). Oznake: EC-provodljivost, TDS-ukupno otopljene soli.

PROFIL V-1	**T**	**EC**	**TDS**	**pH**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**HCO_3^{-}**	**NO_3^{-}**	**PO_4^{3-}-P**
Dubina	**°C**	**µS/cm**	**mg/l**		**mg/l**	**mg/l**	**mg/l**	**mg/l**	**mg/l**	**mg/l**	**mg/l**	**mg/l**	**mg/l**
1m	24,7	428	287	7,77	54	9,4	20	0,7	39,2	18	180	0,8	0,02
5m	21,9	427	286	7,87	54	9	26	0,8	30	18,2	180	0,8	0,01
10m	18,8	423	284	7,97	54	9,8	28	0,6	42	17,6	184	1	0,03
15m	12,9	426	285	8,12	54	9,8	30	1,1	44	17,5	184	0,6	0,01
20m	10,1	430	288	8,16	52	9,4	32	0,8	46	17,2	180	0,1	<0,01
25m	9,1	432	289	6,34	56	9,8	30	0,6	48	17,9	196	0,8	<0,01
30m	8,5	433	291	6,27	54	9,8	30	0,9	50	17,4	184	0,7	<0,01
35m	8,1	435	291	6,27	54	9,4	30	0,7	52	16,7	180	0,1	<0,01
40m	7,9	435	293	6,28	54	9,4	30	0,7	60	17,1	180	0,1	<0,01
45m	7,7	438	294	7,28	54	9,8	30	0,8	56	16,8	184	<0,1	<0,01
50m	7,8	439	295	7,35	54	9,8	30	1	62	16,6	184	<0,1	<0,01

PROFIL V-2	T	EC	TDS	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}	NO_3^{-}	PO_4^{3-}-P
Dubina	°C	µS/cm	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1m	25	430	288	7,81	54	9,8	30	0,9	42	16	184	0,4	0,02
5m	23,3	427	287	7,9	54	9,8	32	1,1	44	16	184	0,4	0,03
10m	17,5	428	286	7,9	54	9,8	32	0,9	44	16	184	0,4	0,01
15m	12,8	427	288	7,28	54	9,8	32	0,8	44	18	184	0,2	0,01
20m	10,2	430	290	7,22	54	9,8	32	0,9	44	18	184	0,2	0,01
25m	9,2	433	290	6,27	54	9,8	32	1	46	18	184	0,2	<0,01
30m	8,7	433	290	6,27	54	10,2	32	0,8	42	15,9	188	0,8	<0,01
35m	8,3	435	291	6,28	56	9,6	32	1	45	16,3	182	0,7	<0,01
40m	7,9	436	292	6,28	54	10,4	34	1	30	16,8	188	0,8	<0,01
45m	7,8	437	292	6,46	54	10,2	32	0,9	32	17,4	188	0,9	<0,01
50m	7,7	438	293	6,28	54	10	32	0,8	34	18	188	1,5	<0,01

2.2. Bokanjačko blato

2.1.1.Geografski smještaj, klima i vegetacija

Bokanjačko blato je tipična krška depresija u području Ravnih Kotara, u sjevernoj Dalmaciji. Smješteno je SI od Zadra, te je oko 3,5-4 km udaljeno od mora (slika 18). Područje Ravnih Kotara predstavlja krški teren blagog reljefa, pružanja SZ-JI (tz. dinarski smjer). Najveći dio terena niži je od 100 m n.m, najviši vrhovi su Brežine i Kašić Banjevački s 208 m n.m. Površina sliva Bokanjačkog blata iznosi 182,6 km^{22}, a samog blata 4 km^2, široko je oko 1,3 km, a dugačko oko 3,7 km. Nadmorska visina Bokanjačkog blata iznosi od 17 do 20 m n.m. Prekriveno je jezerskim sedimentima i crvenicom, koja je u kontaktu s vapnenačkom podlogom. Bokanjačko blato je do 1963. godine postojalo kao jezero. Izgradnjom odvodnog tunela i kanala Bokanjačko blato pretvoreno je u obradivo tlo, te je danas poljoprivredno područje.

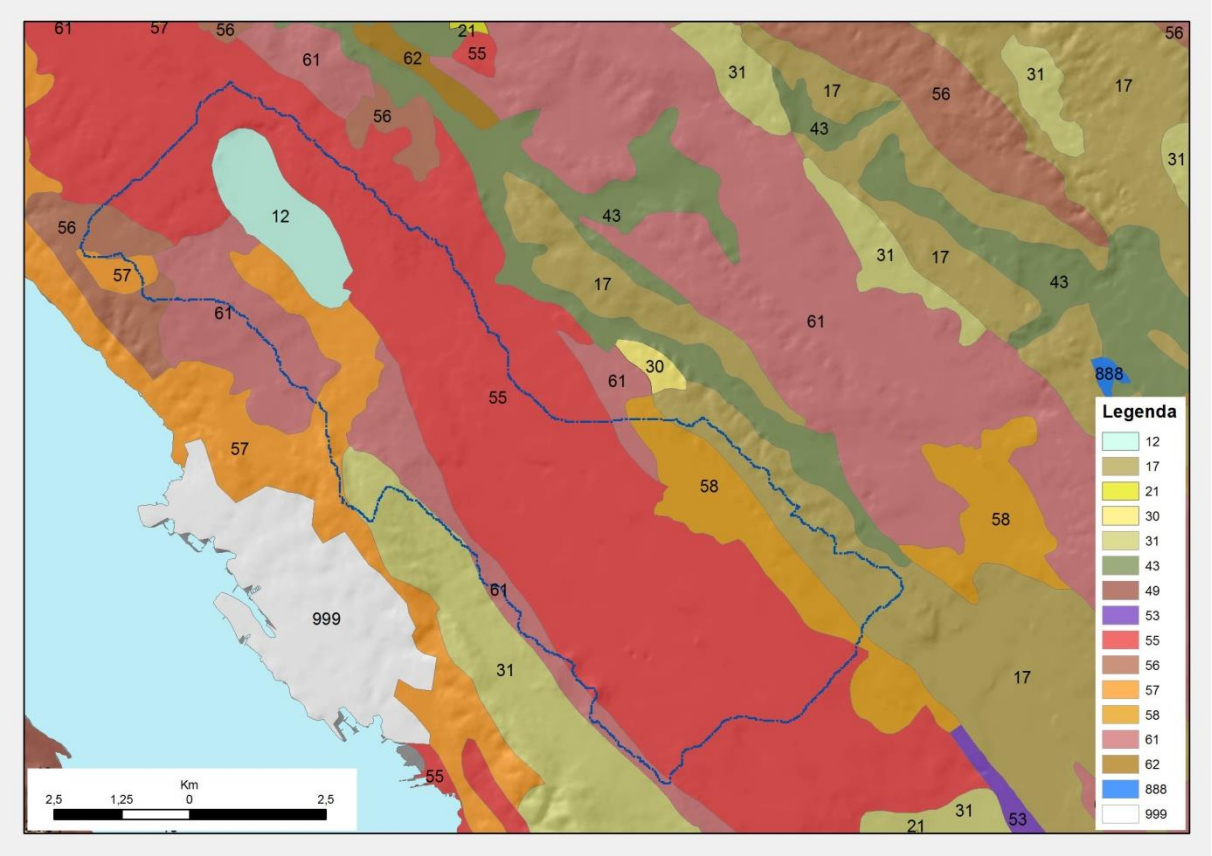
Slika 18 Geografski smještaj Bokanjačkog blata u Ravnim Kotarima i tipičan krajolik Bokanjačkog blata.

Klimatske značajke Bokanjačkog polja određene su njegovim položajem (geografskom širinom), Jadranskim morem i planinom Velebit, te manjim dijelom Ravnim Kotarima i otocima u Zadarskom arhipelagu. Klima je tipična mediteranska. Prema Köppenovoj klasifikaciji područje Bokanjačkog blata pripada tipu Csa – sredozemna klima blage zime i suhog i vrućeg ljeta (Filipčić, 2001). Tijekom ljeta osjeća se utjecaj mora i njegov osvježavajući učinak, a zimi donosi hladnoću. Prosječna godišnja temperatura je 14,7 °C, dok godišnje padne prosječno 980 mm padalina, padaline variraju između 610,5 i 1433,9 mm (Koeck, 2012). Utjecaj Velebita očituje se u pojavi vjetrova na ovom području, kao važnog klimatskog čimbenika. Vjetar je važan čimbenik u prijenosu polena. Bura je hladan i suh vjetar koji puše sa sjevera-sjeveroistoka i donosi vedro vrijeme, dok jugo donosi topao, vlažan zrak i kišu. Jaka bura uzrokuje na izloženim padinama smanjenje i potpuni nedostatak vegetacije (npr. sjeverna strana Paga).

Vegetacija Ravnih Kotara vezana je uz klimatske čimbenike, padaline i temperaturu, te utjecaj stanovništva. Područje sljeva Bokanjačkog blata pripada submediteranskoj vegetacijskoj zoni listopadnih šuma, u kojoj dominiraju mješovite šume medunca i bijelog graba *(Querco-Carpinetum orientalis)*. Najzastupljenije vrste u tim šumama su hrast medunac *(Quercus pubescens)* i bijeli grab *(Carpinus orientalis).* Nakon intenzivne sječe šuma i razvoja stočarstva, šume su degradirane u makiju, garig, pašnjake te kamenjar s niskim raslinjem – makijom, grmovitim biljkama i tek

mjestimično šumom. Obradive površine najčešće su vezane uz veća krška polja i udoline (Bokanjačko Blato, Vransko polje). Od poljoprivrednih vrsta uzgajaju se voće, krmno bilje i žitarice, zatim masline i vinova loza. Postglacijalnu vegetaciju Bokanjačkog blata istraživao je Grüger (1996), a usporedbu njegove vegetacije s onom na ostalim jezerima na hrvatskoj obali (Veliko i Malo jezero na Mljetu) i napredovanje mediteranske klime dala je Šoštarić (2005).

Vegetacija raste na vapnenačko dolomitnoj crnici (kalkomelanosolima), pseudoglejevima, smeđim tlima i lesu na vapnencima (Bogunović et al., 1996) (slika 19).



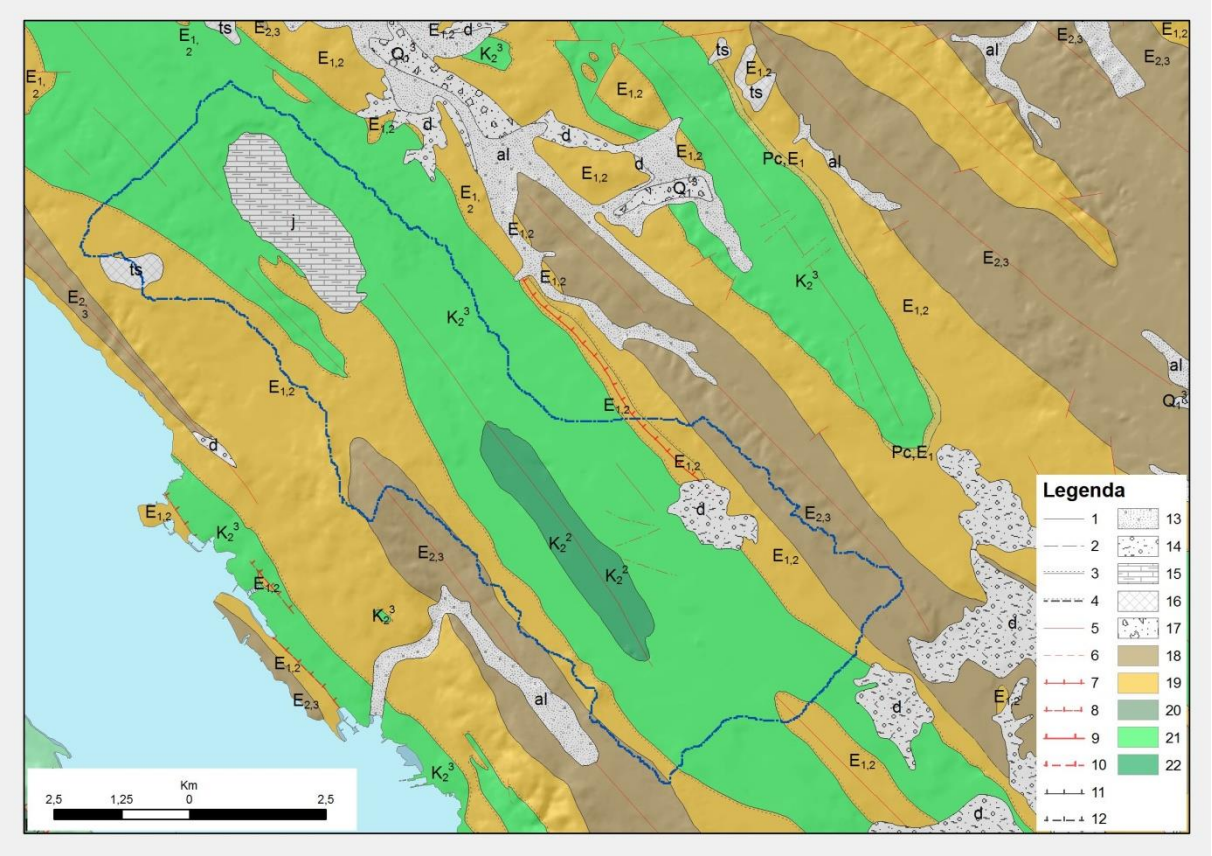
Slika 19 Pedološka karta u slivnom području Bokanjačkog blata (Bogunović et al, 1996). Površinski sliv određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009) i označen je tamno plavom linijom. Legenda: 12) Hidromeliorirano tlo, fluvisol; 17) Rendzina na flišu; 21) Eutrično tlo na flišu ili vapnencu, rendzina na laporu, silikatno karbonatni regosol ili sirozem; 30) Antropogena tla na kršu, smeđa tla na vapnencu i dolomitu, terra rossa, koluvij; 31) Antropogena tla na flišu i kršu, rendzina na flišu; 43) Hidromeliorirano tlo, koluvij s klastima; 49) Rendzina na trošnom vapnencu, kalkokambisol, kalkomelanosol, terra rossa, kamenjar; 53) Eutrično smeđe tlo na eruptivima, kiselo smeđe tlo, lesivirano, rendzina; 55) Terra rossa, smeđe tlo na vapnencu, vapneno dolomitna crnica; 56) Kalkokambisol, kalkomelanosol, rendzina, lesivirano na vapnencu; 57) Kalkokambisol, terra rossa, kalkomelanosol; 58) Smeđe i lesivirano tlo na vapnencu, kalkomelanosol, rendzina; 61) Kalkomelanosol, smeđe tlo na vapnencu i dolomitu; 62) Rendzina na dolomitu i vapnencu, kalkokambisol; 888) Vodene površine; 999) Veća naselja.

2.1.2.Geologija

Područje Ravnih Kotara izgrađuju karbonatne stijene kredne, paleogenske i eocenske starosti, čije je prostiranje isprekidano eocenskim flišem (Majcen et al., 1970; Majcen & Korolija, 1973) (slika 20).

Gornjoj kredi pripadaju najstarije dolomitno vapnenačke naslage cenomana (K_2^1) u jezgrama antiklinala. Tu prevladavaju dolomiti, a učestalost vapnenca raste prema mlađim slojevima. Naslage

su dobro uslojene. Debljina otkrivenog dijela naslaga iznosi oko 550 m. Naslage turona (K_2^2) su izdvojene na nekoliko mjesta. Slijede kontinuirano u krilima antiklinala s cenomanskim jezgrama ili čine jezgre antiklinala. Postoji određena razlika u litološkom sastavu ovih naslaga, no prevladavaju vertikalne i bočne izmjene vapnenaca i dolomita. Debljina turonskih naslaga je oko 470 m. Senon (K_2^3) je najmlađi dio krednih naslaga i čine ga vapnenci s rudistima (debljine 370 m).



Slika 20 Geološka karta slivnog područja Bokanjačkog blata (prema Majcen et al., 1970; Majcen & Korolija, 1973). Površinski sliv određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009) i označen je tamno plavom linijom. Legenda: 1) Geološka granica; 2) Pretpostavljena geološka granica; 3) Erozijsko-diskordantna granica; 4) Pretpostavljena erozijsko-diskordantna granica; 5) Rasjed; 6) Pretpostavljeni rasjed; 7) Reveresni rasjed; 8) Pretpostavljeni reversni rasjed; 9) Navlaka; 10) Pretpostavljena navlaka; 11) Transgresija; 12) Pretpostavljena transgresija; 13) al Aluvijalni sed.; 14) d Deluvijalni sed.; 15) j Jezerski sed.; 16) ts Terra rossa; 17) Q_1^3 Pjeskovite gline; 18) $E_{2,3}$ Fliš; 19) $E_{1,2}$ Foraminiferski vapnenci; 20) Pc, E_1 Vapnenci tanko uslojeni; 21) K_2^2 Vapnenci dobro uslojeni; 22) K_2^3 Vapnenci debelo uslojeni.

Tercijaru pripadaju stijene paleogenske starosti koje izgrađuju najveći dio terena i leže transgresivno na krednom vapnencu. Paleogenske naslage čine karbonatne i klastične stijene koje su prema litostratigrafskim značajkama odvojene u sljedeće serije: liburnijske naslage, foraminiferski vapnenci, klastične naslage srednjeg i gornjeg eocena, detritični vapnenac, pločasti vapnenac i konglomerat, te klastične naslage mlađeg paleogena. Liburnijske naslage (Pc, E_1) su najstarije paleogenske naslage, a rasprostiru se u području Poličnika i zapadnom dijelu Ravnih Kotara. Foraminiferski vapnenci ($E_{1,2}$) je zajedničko ime pod kojim su obuhvaćeni miliolidni, alveolinski i numulitni vapnenci te prijelazne naslage u klastite srednjeg eocena. Naslage s miliolidama su najniži horizont na kojem slijede slojevi s alveolinama pa slojevi s numulitima. Foraminiferske naslage završavaju tzv. prijelaznim slojevima. To su detritični vapnenci koji su uglavnom tanko uslojeni, a na površini često prekriveni produktima trošenja. Debljina naslaga je oko 330 m. Pješčenjak, lapor i konglomerat srednjeg i gornjeg eocena

($E_{2,3}$) je kompleks naslaga koje kontinuirano slijede na foraminiferskim vapnencima, a sastoje se od lapora i pješčenjaka u izmjeni, a u mlađim dijelovima i konglomerata. Naslage su rasprostranjene i tvore sinklinalne dijelove bora. U najstarijim dijelovima ovih naslaga dominantni su lapori sa zonama ili lećama neuslojenih pješčenjaka ili zonama i lećama u kojima se izmjenjuju pješčenjaci i lapori. U središnjem dijelu lapori su uglavnom bez pješčenjaka, a u vršnom dijelu se ponovno izmjenjuju lapori i pješčenjaci. Na kraju dominiraju konglomerati s uloščima lapora i pješčenjaka. Debljina ovih naslaga iznosi oko 900 m. Slabo uslojeni vapnenci ($^1E_3$) slijede transgresivno na krednim i starijim naslagama paleogena, a u bazi im dolaze transgresivni konglomerati i breče. Otkriveni su u području Posedarja i Vinjerca. Pločasti vapnenci i konglomerati ($^2E_3$) slijede kontinuirano na detritičnom vapnencu u području Posedarje-Vinjerac, a zastupljeni su kompleksom „sitnozrnatih“ vapnenaca u kojima je prisutna paralelna laminacija, te valovita i kosa slojevitost. Slojevi su debljine 2-20 cm. Ukupna debljina ovih naslaga iznosi oko 650 m.

Kvartarne naslage su rasprostranjene u cijelom terenu kao rezultat trošenja stijena i nagomilavanja materijala u depresijama. Prema starosti izdvojene naslage pripadaju pleistocenu i holocenu, a prema sastavu i genezi utvrđene su: koštane breče, pijesci, pjeskovite gline, sedra, crvenica (terra rossa), jezerski i barski sedimenti. U gornjem pleistocenu sačuvano je više genetskih tipova naslaga koje su nastale tijekom Riss-Wurmskog interglacijala i Wurmskog glacijala. To su pijesci (Q_1^3), pjeskovite gline (Q_1^3), sedra i crvenica (terra rossa). Crvenica (terra rossa) (ts) je rasprostranjena na cijelom području i uglavnom je male debljine.

Najmlađi kvartar (holocen) je zastupljen jezerskim i barskim sedimentima, male su debljine, osim u krškim poljima i morfološkim depresijama gdje mogu biti značajnije debljine i rasprostranjenosti, te tako mjestimično predstavljaju velike obradive površine u području Ravnih Kotara. Specifičan reljef Ravnih Kotara uvjetovao je tokom kvartara nagomilavanje rastrošenog materijala u morfološkim depresijama, koje se vrši i danas. Jezerski i barski sedimenti (j) su razvijeni na području isušenog jezera Bokanjačkog blata, a djelomično u dubljem dijelu serije zalaze u pleistocen. Debljina holocenskih jezerskih sedimenata u području Bokanjačkog blata prema podacima iz vodoistražnih bušotina je 18 m (Fritz, 1976).

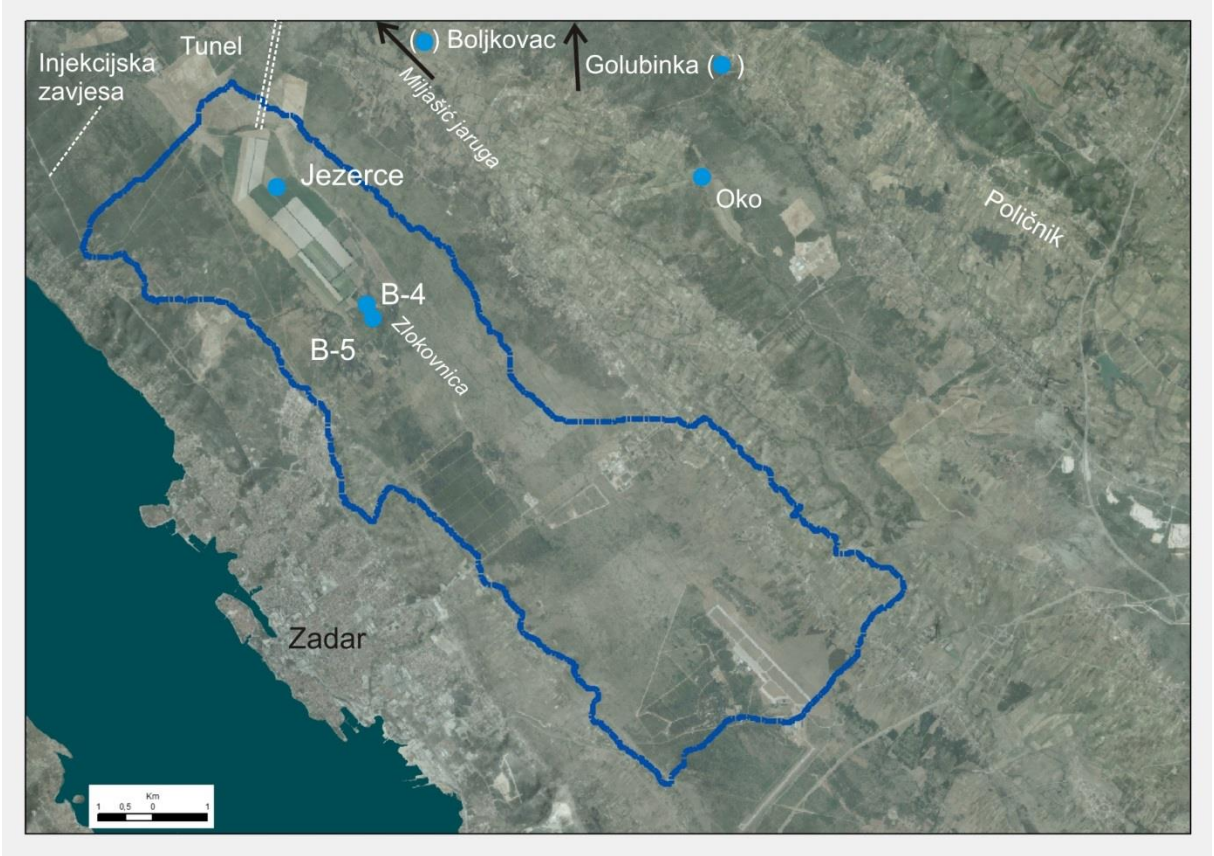
U tektonskom smislu, osnovno obilježje područja je tzv. „dinarski“ smjer pružanja osnovnih strukturnih elemenata, koji su izraženi u nizu uspravnih i uglavnom nesimetričnih antiklinala i sinklinala u području Ravnih Kotara. U Ravnim Kotarima slijed naslaga je normalan i samo rjeđe neznatno poremećen. Osnovna tektonska građa je predstavljena nizom antiklinala i sinklinala s različitim kutovima nagiba slojeva, te sekundarnim boranjem s blago nagnutim krilima uz česta tonjenja osi bora. U jezgrama velikih antiklinalnih struktura dolaze najstarije naslage, što je ovdje turonsko-senonska izmjena dolomita i vapnenaca ili senonski vapnenci, dok jezgre sinklinala izgrađuju paleogenske – pretežito klastične naslage. Neotektonski stres (Prelogović et al., 2003) je uzrokovao brojna reverzna rasjedanja, a strukturne su jedinice izduženog oblika i pretežito orijentirane u smjeru SZ-JI. U terenu se posebno ističu uzdužni reverzni rasjed Zadar-Sukošan-Tijesno uz obalu i reverzni rasjed kod Murvice. Dokazan je reverzni rasjed uz jugozapadni rub dolomitnih jezgri antiklinalnih struktura koji se može pratiti na istok sve do Vranskog jezera, te dalje prema jugoistoku (Fritz & Pavičić, 1975).

U ovom dijelu Ravnih Kotara, reljef je „inverzan“ geološkim strukturama, što znači da brdoviti lanci prate osi sinklinala, a udoline i krška polja vezuju se uz tjemena antiklinala. Kao primjer ove inverzije

ističu se Nadinsko polje i Bokanjačko Blato, te donji tokovi Guduče i Baštice. Takva građa terena također doprinosi visokoj infiltraciji padalina jer su naslage u tjemenima antiklinala često tektonski jako razlomljene zbog vlačnih naprezanja. Zanimljivo je da su ponikve vrlo rijetka pojava u ovom dijelu terena. Tipični krški oblici ovdje nisu posebno razvijeni, te praktički nema čak niti značajnijih ponikava. Relativno male dubine krških objekata rezultat su niske i zaravnjene morfologije terena i niskog „nadsloja“ okršenih stijena iznad razine podzemne vode (Terzić & Lukač Reberski, 2013).

2.1.3.Hidrološka obilježja

Hidrološka mreža Ravnih Kotara je dosta oskudna, budući da veći dio terena izgrađuju propusne karbonatne naslage. Vodotoci su vezani uz nepropusne naslage eocenskog fliša i uz naslage kvartara. No, nema površinskih voda od većeg značaja, ističe se tek povremeni tok Miljašić jaruge koji prolazi kroz Ravne Kotare od izvorišne zone u blizini izvora Oko, pa sve do Nina, ali nije povezana s Bokanjačkim blatom. Sve površinske vode u slivnom području Bokanjačkog blata ubrzo poniru i otječu podzemljem, osim u vrijeme dugotrajnih i intenzivnih kiša kada poteče površinski vodotok Zlokovnica (Terzić & Lukač Reberski, 2013). Površinske vode otječu kanalima kroz Bokanjačko blato i kroz tunel u sjevernom dijelu se dovode u Miljašić jarugu. Površinski sliv Bokanjačkog blata prikazan je na Digitalnoj ortofoto karti 1:5000 (DOF5), Državne geodetske uprave (slika 21), dok je hidrološki sliv mnogo veći i uključuje hidrogeološki sustav Bokanjac-Poličnik.



Slika 21 Površinski sliv Bokanjačkog blata označen tamno plavom linijom (prikazan u DOF5, Državna geodetska uprava). Određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009). Plave točke su vodoopskrbni zdenci (Jezerce, B-4 i B-5) u Bokanjačkom blatu te Oko, Boljkovac i Golubinka izvan sliva Bokanjačkog blata. Dvostruka isprekidana linija označava odvodni tunel u sjevernom dijleu kojim se drenira voda iz Bokanjačkog blata, dok puna linija označava injekcijsku zavjesu.

Depresija Bokanjačkog blata je najniži dio terena, kojeg izgrađuju slabopropusne i nepropusne eocenske naslage i povremeno je poplavljivan. Poplavne vode Bokanjačkog blata prolaze dnom blata i ne utječu znatno na vodonosnost podzemlja, te je iskopan kanal za odvodnju voda iz Bokanjačkog blata u sjevernom dijelu, gdje se nalaze i prirodni ponori. Bokanjačko blato je prije prokopavanja tunela i izgradnje drenažnog sustava mrežom kanala povremeno bilo poplavljivano, te se praznilo ponorima u sjevernom nizvodonom dijelu blata, a funkciju ponora dijelom je preuzimala i estavela Jezerce, danas zahvaćena kao jedan od izvora javne vodoopskrbe. Visoke vode u okolici izviru na izvoru Oko, gdje se stvara glavni ogranak toka Miljašić jaruge. No, područje je karakterizirano stalnim podzemnim tokovima i početkom 20. stoljeća (1902.) izgrađen je vodovod u jugoistočnom dijelu Bokanjačkog blata, koji se još i danas koristi za vodoopskrbu grada Zadra. To su vodoopskrbni zdenci B-4 i B-5 u jugoistočnom dijelu te Jezerce u sredini polja. Prosječne količine vode koje se crpe su 100 L/s na Bokanjačkim izvorima 4 i 5, te 140 L/s u Jezercu (Terzić & Lukač Reberski, 2013). Istjecanje podzemnih voda iz zaleđa ovoga sustava najvećim se dijelom događa paralelno geološkim strukturama, dalje prema SZ obali, no po istome pravcu u obratnom smjeru događa se prodor morske vode u unutrašnjost. Morska se voda zbog veće gustoće proteže poput klina ispod slatke vode duboko u unutrašnjost. Kako je riječ o vodoopskrbnim objektima, zaslanjenje nije samo rezultat prirodnog „klina“ prodora mora u unutrašnjost, nego i konusnog uzdizanja (tzv. „upconing“ u engl. literaturi) vode uzrokovanog crpljenjem. Injekcijska zavjesa izgrađena je na zapadnoj strani, kako bi se spriječila intruzija morske vode u polje (1970.-ih godina). Estavela Jezerce najviše funkcionira kao povremeni izvor, a tek je rijetko u vrijeme prije drenaže polja tunelom funkcionirala i kao ponor. U Bokanjcu su se minimalne razine podzemne vode kretale oko 10-11 m n.m. (u prirodnim uvjetima, veća se sniženja postižu crpljenjem). Dakle, usprkos blagom i niskom reljefu u Ravnim Kotarima postoji gradijent i strujanje iz središnjeg dijela prema obali, uglavnom paralelno geološkim strukturama. Međusobna povezanost i isprepletenost podzemnih voda u području Bokanjačkog blata i zaleđa (područje Polilčnika) dodatno je poremećena ljudskim intervencijama (tunel koji drenira Bokanjačko blato, injekcijska zavjesa koja sprječava zaslanjenje Bokanjačkog blata, uređeni sustavi kanala i vodotokova, u rubnim zonama i retencijski zahvati). Dakle, važno je naglasiti kako dio podzemnih voda iz područja izvora Oko, osim paralelno geološkim strukturama prema izvoru Boljkovac i donekle izvoru Golubinka, struji dijagonalno na geološku strukturu prema području Bokanjačkog blata. Izgradnjom odvodnih tunela i sustava kanala Bokanjačko blato pretvoreno je u obradivo tlo (1963. godine), te je danas poljoprivredno područje. Upravo je za potrebe melioracije i utvrđivanje utjecaja odvodnje na izdašnost bunara izvršeno najviše istraživačkih radova. Fritz et al. (1994) dali su značajan doprinos istraživanju ovog područja, posebno u smislu utvrđivanja zona sanitarne zaštite.

Hidrogeološki odnosi usko su povezani uz osjetljiv odnos slatke i slane vode u podzemlju, pa tako dolazi do zaslanjenja izvora od priobalnih (npr. Golubinka), pa do onih nekoliko kilometara u unutrašnjosti terena (npr. Boljkovac, Vrbica, čak i pojave povišenih klorida na estaveli Jezerce 2007. godine – Terzić & Lukač Reberski, 2013). Općenito, u području Ravnih Kotara moguće je razlučiti podjednako zastupljeno strujanje podzemne vode (1) kroz pukotinske prostore stijenske mase djelomično podložno Darcyevom zakonu, ali i (2) prave krške privilegirane tokove velikih prividnih brzina strujanja podzemne vode (Golubinka). Razvoj tih dubokih krških kanala i sifona posljedica je promjena razine mora u kvartaru. Relativno niske nadmorske visine terena i prisutnost fliških naslaga predstavlja glavni uzrok visokoj zastupljenosti strujanja podzemne vode paralelno geološkim strukturama. Posebno nepovoljnu hidrogeološku okolnost predstavlja raspored padalina unutar

hidrološke godine. U ljetnim mjesecima, kada su potrebe za vodom najveće zbog turizma i poljodjelstva, padaline su vrlo niske i doprinos zalihama podzemne vode često izostaje i po nekoliko mjeseci. Takve pojave ponekad uzrokuju zaslanjenja, prodore „klina“ morske vode duboko u krške vodonosnike.

Kakvoća i kvaliteta vode mjerena je u sklopu projekta „CC Waters“ (Koeck, 2012), u estaveli Jezerce i ostalim zdencima u Bokanjačkom blatu, te su podaci prikazani u tablici 3. Pomoću mjerenih kemijskih indikatora (klorida, elektrovodljivost EC, temperatura, nitrati) utvrđen je utjecaj klimatskih promjena na kvalitetu vode promatranih izvora i zdenaca. Koncentracija klorida, EC vrijednosti, nitrati i temperatura povećane su u estaveli Jezercu. Koncentracije nitrata, magnezija i klorida ukazuju na utjecaj mora. Sadržaj koncentracije nitrata bitan je pokazatelj kakvoće vode. Najveće količine nitrata ispiru se iz poljoprivrednih tala. Jezerce povremeno zaslanjuje te su u prosincu 2009. i 2010. izmjerene povišene koncentracije klorida. U Bokanjačkim zdencima B-4 i B-5 temperatura vode je konstantna. Kretanje osnovnog ionskog i anionskog sastava na promatranim zdencima i izvorima pokazuje utjecaj mora.

Tablica 3 Kemijski sastav vode u zdencima B-5 i Jezercu kod Bokanjačkog blata (preuzeto iz Koeck, 2012).

Zdenac	**Datum uzorkovanja**	**pH**	**T**	**EC**	**O_2**	**O_2**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Na^{+}**	**K^{+}**	**Cl^{-}**	**SO_4^{2-}**	**HCO_3^{-}**	**NO_3^{-}**
			^{o}C	µS/cm	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
B-5	srpanj 2009.	7,15	15,1	793	47	4,6	95,4	22,9	23,5	3,8	48,5	20,5	345	6,4
B-5	rujan 2009.	7,15	16,2	889	62	6,2	97	30,4	18,4	1,6	41,4	44,3	346	5,9
B-5	prosinac 2009.	6,85	14,8	788	67	6,7	87	7,9	28,1	1,2	52	27,5	278	7,1
B-5	ožujak 2010.	6,95	14,2	689	62	6,4	93,6	1,6	15,7	0,6	26,1	9,9	288	1
B-5	lipanj 2010.	6,86	14,8	741	47	4,6	95	11	10	4	32,1	20,5	288	4,8
B-5	rujan 2010.	6,88	15,4	876	50	4,9	96,1	8,1	11,9	1,8	28,2	53,8	278	10,4
B-5	prosinac 2010.	6,99	14,5	732	67	6,7	92,3	4,5	10	2	16,8	15,1	268	1,5
B-5	lipanj 2012.	7,6	14,8	784		8,5	121,3	9,3	17,2	2,2	43,1	39,8	288	15,7
Jezerce	srpanj 2009.	7	15	1035	62	6,1	118,9	33,3	24,9	4,2	45	107,4	339	4,6
Jezerce	rujan 2009.	7,05	16,3	1059	64	6,3	120	35,9	30,2	2,2	56,5	106,3	394	5,1
Jezerce	prosinac 2009.	6,85	15,9	999	51	5	91	13,1	33,8	1,9	131	67,9	286	8,2
Jezerce	ožujak 2010.	6,87	14,5	851	61	6,3	130,5	3,2	25,8	0,7	44,1	20,4	358	5,7
Jezerce	lipanj 2010.	7,25	16,7	989	62	6,1	120	11	25	4,3	62,1	87,5	288	4,9
Jezerce	rujan 2010.	6,83	15,8	1049	62	6,2	96,3	9,9	16,2	1,8	50,6	89,8	278	7,4
Jezerce	prosinac 2010.	7,04	15,1	1071	51	5	93,7	10,6	44,3	4,1	125,1	33,6	268	8,9
Jezerce	lipanj 2012.	6,8	15,6	1400		3,9	150,4	16,3	53,7	3,5	108	73	473	25,8

2.2. Vransko jezero kod Biograda

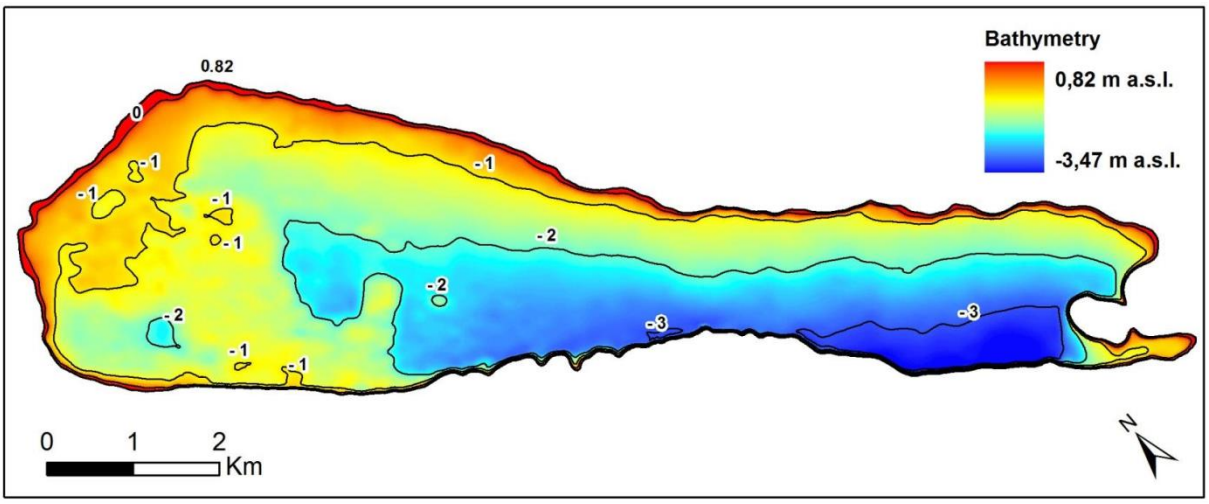
2.2.1.Geografski smještaj, klima i vegetacija

Vransko jezero kod Biograda najveće je prirodno jezero u Hrvatskoj. Zbog svojih prirodnih karakteristika i ekoloških vrijednosti proglašeno je Parkom prirode 1999. godine, u čijem se sjeverozapadnom dijelu nalazi i Ornitološki rezervat (proglašen 1983). Vransko jezero pripada središnjem dijelu Ravnih Kotara, slivno područje zauzima područje od 490 km^2 (slika 22). Ravni Kotari su valovito područje grebena i dolina dinarskog smjera pružanja SZ-JI. Grebeni ne prelaze visinu od 200 m, a doline su široke i zaravnjene. Smjer pružanja jezera je SZ-JI, paralelno s morskom obalom. Od mora je odijeljeno vapnenačkim grebenom, širokim 800-2500 m i visokim do oko 100 m, a direktno je povezano s morem preko kanala Prosika u krajnjem jugoistočnom dijelu. Vransko jezero zauzima površinu 30,5 km^2, dugo je 13,6 km i široko 1,4-3,4 km (slika 23). Relativno je plitko, s maksimalnom dubinom 3,47 m (u prosjeku 1,5-2 m) i čini kriptodepresiju.

Slika 22 Geografski položaj Vranskog jezera i polja, te kanala Prosika.

Slika 23 Vransko jezero kod Biograda – pogled sa istočne strane.

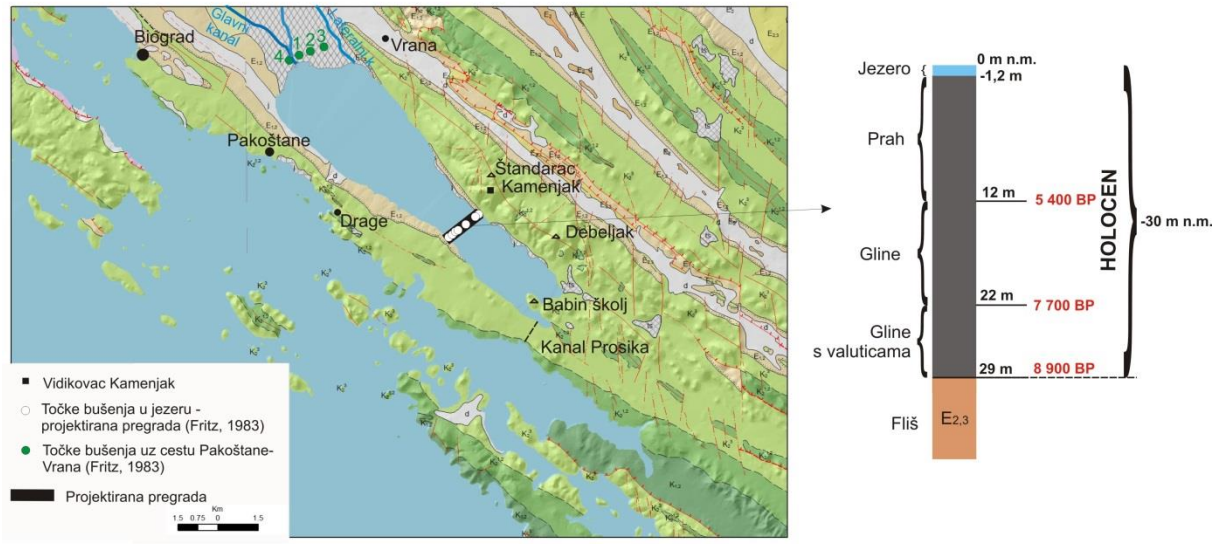
Valovi za vjetrovita vremena mogu biti veliki i do 1 m, pri čemu zbog male dubine jezera dolazi do miješanja cijelog stupca vode i nema temperaturne stratifikacije te prema tome jezero pripada polimiktičnom tipu jezera. Jezero je iz oligotrofnog prešlo u mezotrofno jezero zbog ispiranja materijala s poljoprivrednih zemljišta, što je doprinijelo povećanoj produkciji jezera i njegovoj eutrofikaciji. Zbog male dubine, a relativno velike površine i otvorenosti prema strujanju zraka, temperatura vode je podložna naglim promjenama temperature ovisno o temperaturi zraka. Temperatura vode najviša je u srpnju, kada naraste do 25,2°C, a najniža u veljači, kada padne na 2,9°C. Povremeno, zbog prodora polarnih zračnih masa, dolazi do smrzavanja površinskih slojeva vode i obale, dok se rubni pojas oko ušća kanala i izvora nikad ne zaledi jer se temperatura u izvorima kreće između 9,2°C i 17°C (Mrakovčić et al., 2004). Sjeveroistočna obala jezera je nerazvedena s rijetkim plitkim i širokim uvalama, s tipičnim krškim krajolikom kamenjara, goleti i degradiranog raslinja. Na ovom dijelu nalazi se i najviši vrh Ravnih Kotara, Štandarac s 303 m nadmorske visine. Sjeverozapadna strana je niska i zaravnjena, te se tu nalazi močvarna zona ornitološkog rezervata. Jugozapadni dio jezera se diferencira u dvije zone: zaravnjeni i neraščlanjen dio i dio koji je nešto strmiji i raščlanjen s nekoliko duboko usječenih uvala. Na krajnjem jugoistoku poluotok Babun školj čini morfološki izuzetak i zadire 750 m u jezero s uzvisinom od 53 m n.m. Dno je uglavnom ravno, a prema jugoistoku blago pada do maksimalne dubine od 3,5 m (slika 24). Dosadašnja istraživanja ukazuju na to da na dnu vladaju aerobni uvjeti. Jezero spada u blago bočata jezera, jer je salinitet nizak i iznosi 0,7-1,2 ‰, najviši je kod Prosike, a onda pada prema sjeverozapadnom dijelu jezera. U pojedinim dijelovima jezera, poglavito na kontaktu s morem u predjelu Prosike i za vrijeme sušnih razdoblja može doseći i 11 ‰ (Mrakovčić et al., 2004).



Slika 24 Batimetrijska karta Vranskog jezera (Šiljeg et al., 2013).

Vransko jezero je plitka potopljeno polje i reljefno je najniža točka Ravnih kotara. Na temelju debljine i sastava kvartarnih sedimenata u Vranskom jezeru i u Vranskom polju može se zaključiti o načinu postanka Vranskog jezera. Prema prijašnjim istraživanjima koje je napravio Fritz (1983, 1984), smatra se da se taloženje sedimenta u Vranskom jezeru odvijalo bez prekida, s malim transportom materijala, osim u klimatski promjenjivim uvjetima kada su nadolazile veće količine vode donoseći valutice i šljunak u jezero. S obzirom na uvjete taloženja za očekivati je da su kvartarni talozi podjednakog sastava ispod cijelog jezera, a detaljno im je određen sastav u sredini jezera na najužem dijelu jezera (u području projektirane pregrade, prikazane na slici 25). Najveća im je ustanovljena debljina 29 m, kada dolaze u kontakt s podlogom – eocenskim flišom. Jezerski sediment na sredini

jezera opisuje se kao visoko plastični prah (gornji sloj, debeo 12 m), potom slijedi čvršća glina (srednji sloj, debela 10 m), te kompaktnija glina s valuticama (donji sloj, debela 7 m). Dno jezera je na apsolutnoj visini od -1,2 m, što znači da se kvartarni talozi nalaze danas do dubine oko 30 m ispod razine mora. Uzvodnije, zapadno od jezera uzduž obrambenog nasipa (lijevi nasip) uz cestu Pakoštane-Vrana, 180 m sjeverno od glavnog kanala, debljina je 15,4 m (bušotina 1 na 3,27 m n.m.), dok je na 400 m sjeverno od glavnog kanala debljina kvartarnih naslaga 12 m (u podlozi je lapor do 16,2 m, nakon čega dolazi vapnenac; bušotina 2 na 3,14 m n.m.), a oko 1100 m sjeverno od glavnog kanala debljina je 7,2 m (u podlozi također lapor-fliš; bušotina 3 na 3,55 m n.m.) (Fritz, 1983). Bušotina oko 80 m južno od glavnog kanala, pokazala je da su kvartarni sedimenti debeli 4 m (bušotina 4 na 3,12 m n.m.). U središnjem dijelu Vranskog polja, stjenovita podloga izbija na površinu terena, što znači da debljina jezerskog sedimenta raste proporcionalno nagibu terena te da je smjer tečenja površinskih voda u kvartaru isti kao i današnji. Na temelju položaja razine mora povezanog s tektonikom, istovremenim tonjenjem kopna i dizanjem razine mora Fritz (1984), odredio je da te naslage pripadaju holocenu. Postojanje Vranskog jezera vezano je za današnju razinu mora i zadržavanja vode da potpuno istječe u more preko okršenog karbonatnog grebena oko Prosike.



Slika 25 Karta s označenim točkama bušenja uz cestu Pakoštane-Vrana (zelene točke) i u Vranskom jezeru u području gdje se planirala izgraditi pregrada (Fritz, 1983) te sedimentološki stup s naznačenom starosti sedimenata iz bušotine u sredini jezera.

Klima na području sliva Vranskog jezera je tipična sredozemna - Csa, s blagim zimama i suhim i vrućim ljetima (Filipčić, 2001). Prosječna godišnja količina padalina iznosi 814 mm, najmanje padalina bilo je 1998. godine (524 mm), dok je najviše padalina zabilježeno 1984. godine (1130 mm). Prosječna temperatura zraka iznosi 14,0°C. Temperature zraka su najviše u srpnju (prosječno 24°C), a najniže u siječnju (prosječno 5,6°C) (Mrakovčić et al., 2004). U slivnom području dominantan je sjeveroistočni vjetar bura, hladan i suh koji puše iz kopnenog dijela prema moru i može uzrokovati eolsku eroziju. Vjetar je također, važan čimbenik u prijenosu polena. Prisutni su još maestral iz sjeverozapada i jugo s jugoistoka. Tijekom jakih sjevernih i sjeveroistočnih vjetrova, valovi na jugozapadnoj obali jezera dosežu 1 m, dok tijekom jugoistočnih vjetrova valovi na sjeverozapadnoj obali dosežu visinu od 0,6 m.

Vegetacija pripada eumediteranskoj vegetacijskoj zoni vazdazelenih-listopadnih šuma, u kojoj dominiraju mješovite šume crnike i crnog graba *(Ostryo-Quercetum ilicis)*, te submediteranskoj zoni listopadnih šuma, u kojoj dominiraju mješovite šume medunca i bijelog graba *(Querco-Carpinetum*

orientalis). Hrast crnika *(Quercus ilex)* je tipična eumediteranska vazdazelena vrstama, dok je crni grab *(Ostrya carpinifolia)* predstavnik submediteranske listopadne vegetacije. Eumediteranske vazdazelene šume dobro su razvijene na sjevernom dijelu Vranskog jezera i većim su dijelom degradirane u guste šikare, tzv. makiju – makiju crnike i daljnjom degradacijom u niske, prorijeđene šikare, tzv. garig. Šume vazdazelenog alepskog bora (*Pinus halepensis*) nalaze se na južnoj strani jezera i umjetno su formirane. U submediteranskoj zoni listopadnih šuma značajna je šumska vegetacija hrasta medunca *(Quercus pubescens)* i bijelog graba *(Carpinus orientalis).* Ona je u ovom području razvijena samo u obliku gušćih ili rjeđih, nižih ili viših šikara, dok se pod utjecajem sječe i intenzivne paše razvila ekstremno degradirana vegetacija submediteranskih travnjaka (*Festuco-Brometea*), kamenjara kadulje (*Stipo-Salvietum officinalis*) i kamenjarskih pašnjaka i livada, maslinika i drugih ratarskih kultura, posebno duž jugozapadne obale jezera (Mrakovčić et al, 2004).

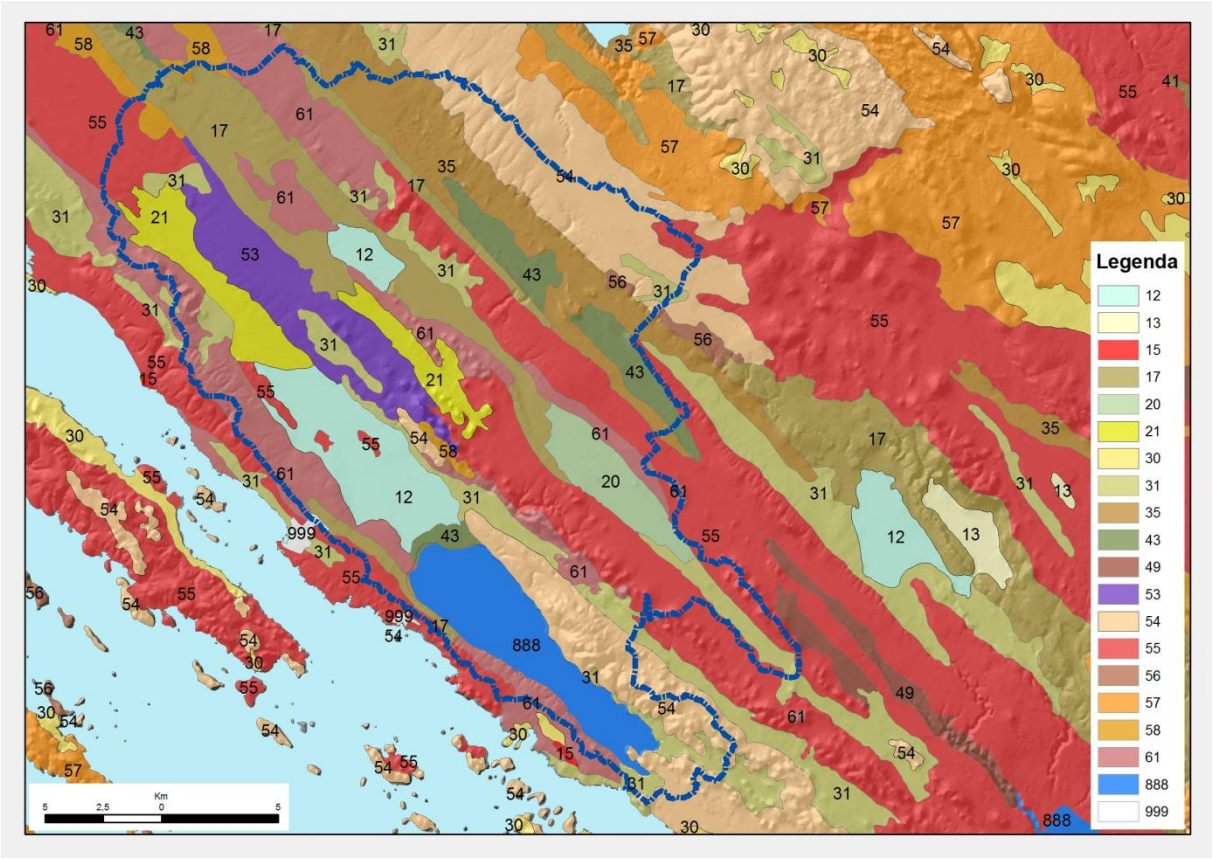
Prijelaz između vodenih i kopnenih staništa čini močvarna helofitska vegetacija, u kojoj dominira vegetacija trščaka, koju čine biljne zajednice trske *(Phragmites australis)*, šaša *(Carex)*, rogoza *(Typha)*, oblića *(Scirpus)*, preslica *(Equisetum)* itd. Takvo je stanište posebo razvijeno na ravnoj obali sjeveroistočnih i istočnih dijelova jezera, a posebno u Ornitološkom rezervatu, zatim u bolje zaklonjenoj vodi u zaljevima. Njihova je uloga mnogostruka, od hidrološke regulacije do akumulacije sedimenata i nutrijenata. Vodene biljke predstavljene su s mrijesnjacima *(Potameto-Najadetum)* i krocnjem *(Myriophyll)*, vrlo raširenima u svim dijelovima jezera. U fitoplanktonu prevladavaju dijatomeje, zelene alge *(Chlorophyta)* i modrozelene alge *(Cyanobacteria)*, dok su predstavnici zooplanktona skupine kolnjaka *(Rotatoria),* rakovi *Cladocera* i rakovi *Copepoda*. Bentička fauna predstavlja važnu komponentu hranidbenog lanca i ciklusa nutrijenata, jer povezuje vodenu vegetaciju, alge i detritus sa ribama. Zabilježeni su predstavnici skupina *Oligochaeta, Diptera-Chironomidae* i *Ceratopogonidae, Trichoptera, Coleoptera, Odonata i Ostracoda* (Mrakovčić et al, 2004).

Močvarno stanište Vranskog jezera zbog svoje raznolikosti ubraja se među najvrednije prirodne močvare u Hrvatskoj. Bioraznolikost Vranskog jezera pod stalnim je antropogenim utjecajem, još od prapovijesti (mezolitičkog i neolitičkog doba) pa do antičkog doba pa je i samo ime Vransko jezero vezano uz povijesno ime Vrana. U području Tinja pronađeni su ostaci keramike koji pripadaju neolitičkom dobu i Kardijskoj kulturi ukrašavanja keramike, te je ona datirana na 6 980 ±160 BP (Chapman et al., 1990). Na Babinom školju nalaze se povijesni slojevi od početka boravka čovjeka na ovim prostorima do suvremenog razdoblja. Vidljivi su ostaci neolitskog grobnog humka i liburnijskih obrambenih fortifikacija, prati se i cijeli obzid kasnoantičkog refugija s nalazima ulomaka keramike, te dobro očuvana mletačka pogranična stražarnica iz vremena mletačko-turskih ratova. Arheološki ostaci na lokalitetu Crkvine, izvoru Pećina, te na drugim mjestima rubnog područja Vranskog polja upućuju na rimska poljoprivredna imanja. Fragmenti rimskih natpisa pronađeni na trasi rimskog akvadukta potvrđuju veliku gospodarsku aktivnost Rimskog Carstva na ovom području. Uz sjeverozapadnu obalu jezera nalaze se ostaci kasnoantičke i mletačke vojne stražarnice. Iznad polja u uvali Njivice nalaze se ostaci povećeg starohrvatskog naselja koje je potpuno napušteno dolaskom turaka početkom 16. stoljeća. Uz samu morsku obalu u uvali Prosika, nalazi se mletačka pogranična carinarnica iz tog vremena. Uz cestu Vrana-Pakoštane u neposrednoj blizini autokampa nalaze se ostaci srednjovjekovne crkve sv. Marije, koja je župna crkva starohrvatskog sela Zablaće, a nastala je na mjestu kasnoantičke vile rustike. Na ovom lokalitetu provode se sistematska arheološka istraživanja. Na području Modrava među zapuštenim maslinicima, nalaze se nekoliko dobro očuvanih poljskih kamenih kućica, koje se nazivaju „bunje“, koje su služile kao skloništa od nevremena, ostave

za alat ili prenoćišta na udaljenim posjedima. Glavna turistička točka Parka prirode je vidikovac Kamenjak (255 m n.m.), na vanjskim kružnim rutama oko Vranskog jezera i s pogledom na cijeli Park i morski arhipelag (Mrakovčić et al, 2004).

U posljednjih par stoljeća intenzivirala se poljoprivredna proizvodnja, kao jedna od posljedica ljudskih utjecaja na širem području oko Vranskog jezera. Najvažniji razlozi tome su bilo prokopavanje kanala Prosika 1770. godine za odvodnju vode iz Vranskog polja i sprečavanje poplava. Poljoprivredna aktivnost uključuje ratarske i krmne kulture, povrće, maslinike i vinograde. Melioracije su izvršene u prošlom stoljeću pri čemu su isušene prirodne močvare sjeverozapadno od Ornitološkog rezervata, čime je uništeno najvažnije hranilište ptica močvarica te mrijestilište riba. Značajne su i druge intervencije, kao što su unos alohtonih vrsta riba (soma, šarana, štuka), čime se Vranskim jezerom upravljalo kao ribarskim privrednim objektom. U blizini granice Parka prirode smješten je deponij smeća za više naselja šireg područja. Opasnost čine i požari.

Pedološka karta sliva Vranskog jezera (slika 26) prikazuje dominaciju kambičnih tala u Vranskom polju: crvenica, crnica na vapnencu i dolomitu, smeđe tlo na vapnencu i dolomitu (kalkokambisol), rendzina na laporu i vapnencima, koluvijalna, aluvijalna i močvarna tla te kamenjar (Bogunović et al., 1996). Smeđa tla na vapnencima i dolomitima (kalkokambisoli) su dominantna.

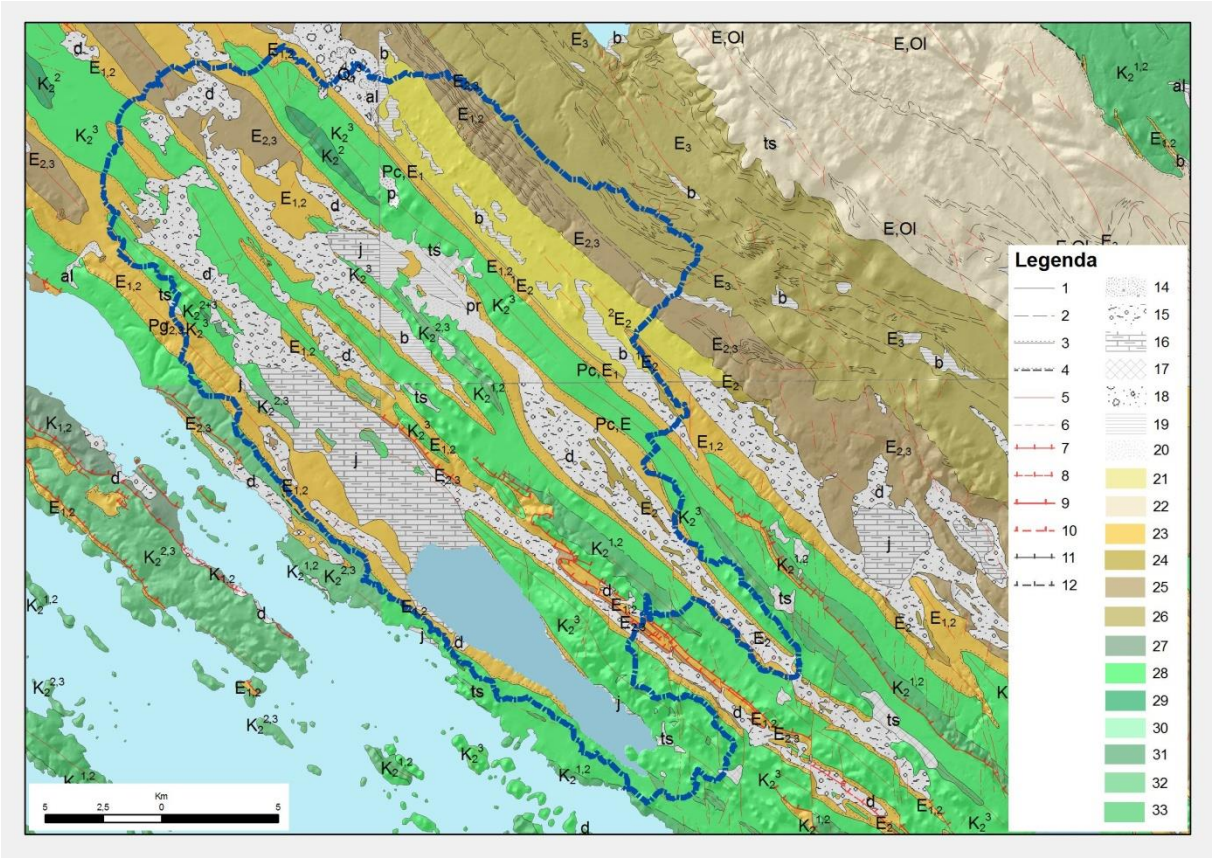


Slika 26 Pedološka karta u slivnom području Vranskog jezera kod Biograda (Bogunović et al, 1996). Površinski sliv određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009) i označen je tamno plavom linijom. Legenda: 12) Hidromeliorirano tlo, fluvisol; 13) Koluvij s klastima; 15) Les, terra rossa, kalkokambisol; 17) Rendzina na flišu; 20) Vertisol, antropogena tla, rendzina na flišu; 21) Eutrično tlo na flišu ili vapnencu, rendzina na laporu, silikatno karbonatni regosol ili sirozem; 30) Antropogena tla na kršu, smeđa tla na vapnencu i dolomitu, terra rossa, koluvij; 31) Antropogena tla na fliši i kršu, rendzina na flišu; 35) Rendzina na šljunku, kambična tla, antropogena tla, kamenjar, koluvij; 43) Hidromeliorirano tlo, koluvij s klastima; 49) Rendzina na trošnom vapnencu, kalkokambisol, kalkomelanosol, terra rossa, kamenjar; 53) Eutrično smeđe tlo na

eruptivima, kiselo smeđe tlo, lesivirano, rendzina; 54) Kamenjar, kalkomelanosol, rendzina; 55) Terra rossa, kalkokambisol, kalkomelanosol; 56) Kalkokambisol, kalkomelanosol, rendzina, lesivirano na vapnencu; 57) Kalkokambisol, terra rossa, kalkomelanosol; 58) Smeđe i lesivirano tlo na vapnencu, kalkomelanosol, rendzina; 61) Kalkomelanosol, smeđe tlo na vapnencu i dolomitu; 888) Vodene površine; 999) Veća naselja.

2.2.2.Geologija

Vransko jezero i polje geološki je istraživano u sklopu izrade listova OGK Biograd (Mamužić & Nedela-Devide, 1971), Šibenik (Mamužić, 1966) i Zadar (Majcen et al., 1970), i pripadajućih tumača (Mamužić & Nedela-Devide, 1973; Mamužić, 1975; Majcen & Korolija, 1973). Šire područje Vranskog jezera i polja izgrađeno je od krednih (rudistnih) i eocenskih (foraminiferskih) vapnenaca, krednih dolomita i eocenskog fliša, uglavnom lapora (slika 27). Stijene krede i paleogena (eocena) prekrivene su kvartarnim pretežno jezerskim sedimentima na većem dijelu polja i ispod jezera.



Slika 27 Geološka karta Vranskog jezera i slivnog područja, prema (Mamužić & Nedela-Devide, 1971; Mamužić & Nedela-Devide, 1973; Mamužić, 1966; Mamužić, 1975; Majcen et al., 1970; Majcen & Korolija, 1973). Površinski sliv određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009) i označen je tamno plavom linijom. Legenda: 1) Geološka granica; 2) Pretpostavljena geološka granica; 3) Erozijsko-diskordantna granica; 4) Pretpostavljena erozijsko-diskordantna granica; 5) Rasjed; 6) Pretpostavljeni rasjed; 7) Reveresni rasjed, 8) Pretpostavljeni reversni rasjed, 9) Navlaka; 10) Pretpostavljena navlaka; 11) Transgresija; 12) Pretpostavljena transgresija; 14) al Aluvijalni sed.; 15) d Deluvijalni sed 16) j Jezerski sed.; 17) ts Terra rossa; 18) Q_1^3.Pjeskovite gline; 19) pr Proluvijalni sed.; 20) Barski sed.; 21) $^2E_2$ Vapnenci, lapori i klastiti; 22) E, Ol Pločasti vapnenci; 23) $E_{1,2}$ Foraminiferski vapnenci; 24) E_2 Fliš; 25) $E_{2,3}$ Fliš i konglomerati; 26) E_3 Konglomerati i vapnenci; 27) $K_{1,2}$ Dolomiti; 28) K_2^3 Rudistni vapnenci; 29) K_2^2 Vapnenac dobro uslojen; 30) K_2^1 Dolomit i vapnenac; 31) K_2^{2+3} Vapnenac i dolomit; 32) $K_2^{2,3}$ Dolomit i dolomitični vapnenci; 33) $K_2^{1,2}$ Vapnenci i dolomiti s hondrodontima.

Gornjoj kredi (K_2^3) pripadaju rudistni vapnenci senona, koji lokalno mogu sadržavati proslojke tanje uslojenih do pločastih vapnenaca ili dolomita. Ove stijene izgrađuju morfološki uzdignute dijelove terena, tj. antiklinale Galovac-Gorica u sjeveroistočnom dijelu, te dijelom reduciranu antiklinalu Raštane u jugozapadnom dijelu terena, kao i dijelove podloge kvartarnih naslaga u Vranskom polju.

Rudistni vapnenci su sivosmeđe boje, imaju dobro izraženu slojevitost, a debljina slojeva je 20-60 cm. Tektonski su dosta izlomljeni, a u površinskom dijelu i znatno okršeni. Debljina tih vapnenaca iznosi oko 370 m. Vapnenci i dolomiti turonskog kata $K_2^{1,2}$ nalaze se na obali istočno od Biograda gdje su prekriveni kvartarnim naslagama, a zbog njihovog litološkog sastava, kao i strukturnog položaja u sklopu terena, mogu značajno utjecati na tečenje podzemnih voda (Kapelj et al, 2002).

Karbonatne i klastične stijene paleogenske starosti su transgresivno taložene na vapnence gornjokredne starosti. U cjelovitom razvoju mogu se izdvojiti eocenski vapnenci i fliš. Eocenskom transgresijom bili su obnovljeni plitkomorski okoliši s karbonatnom sedimentacijom tijekom koje su taložene prvo liburnijske naslage, a zatim foraminiferski vapnenci ($E_{1,2}$), dok na njima, također bez prekida u sedimentaciji, slijede naslage srednjoeocenskog fliša. Liburnijske naslage talože se na transgresivnom kontaktu na paleoreljefu razvijenom u podinskim rudistnim vapnencima. Liburnijske naslage taložene su u pretežno slatkovodnim uvjetima u početnim fazama transgresije, a odlikuju se bogatom fosilnom faunom gastropoda, školjkaša, foraminifera, ostrakoda i ostataka bilja. Napredovanjem transgresije tijekom donjeg eocena počinju prevladavati plitki marinski uvjeti taloženja, te se na liburnijskim naslagama kontinuirano talože foraminiferski vapnenci. Ovi vapnenci sadrže fosilne ostatke foraminifera (idući od starijih prema mlađima) rodova milioida, alveolina i numulita, po kojima su pojedini nivoi dobili ime. Uz njih se još nalaze i ostaci ježinaca i školjkaša, a u najmlađim dijelovima i globigerinsko-globorotalijska fauna koja ukazuje na taloženje u uvjetima dubljeg otvorenog mora. Ove su naslage dobro uslojene, a debljina slojeva iznosi od 3-40 cm. Zapaženi su na više izdanaka u jugozapadnom dijelu Vranskog polja, gdje zajedno s krednim vapnencima djelomično izgrađuju podlogu kvartarnih naslaga. Sredinom eocena na foraminiferskim vapnencima prvo se taloži razmjerno tanji kompleks prijelaznih naslaga, a nakon njih započinje taloženje pretežito klastičnih flišnih naslaga ($E_{2,3}$). Fliš je taložen u uvjetima karakterističnog mehanizma kretanja pijeska i mulja niz padine korita prema njihovim dubljim dijelovima (karakteristični turbiditni tokovi). Flišni kompleks stijena čine izmjene lapora, laporovitih vapnenaca, vapnenačkih lapora i pješčenjaka. Ove naslage u širem području izgrađuju jezgre sinklinala. Na svježe otvorenim profilima i zasjecima boja im je sivoplava, dok su žute do svjetlosmeđe u zoni oksidacije i površinskog trošenja. Nalaze se u sjeveroistočnom rubu Vranskog polja, u podnožju brda Debeljaka uz jugozapadni rub polja. Ove su naslage izrazito podložne površinskom trošenju, pa na površini najčešće prelaze u neuslojeni materijal prašinasto glinovitog sastava. Ukupna debljina ovih naslaga iznosi oko 900 m, no erozijskim procesima i tektonskom aktivnošću najčešće je znatno reducirana. Velikim dijelom fliš je prekriven kvartarnim sedimentima, posebno u području Vranskog polja i jezera, Vrane, Pristega i Zemunika.

Prominske naslage (E, Ol) taložene su kontinuirano na flišnim naslagama u uvjetima postupnog oplićavanja taložnih okoliša. Tako se ove naslage talože u različitim okolišima, od šelfa i obalnog područja do delta, močvara, aluvijalnih zaravni i lepeza. Ove naslage nalazimo na sjeveroistočnom dijelu istraživanog područja, gdje prevladavaju uslojeni vapnenci i laporoviti vapnenci te leće grebenskih vapnenaca. Za prominske naslage karakteristični konglomerati javljaju se sjeverno i istočno od istraživanog područja.

Na ovom području nisu utvrđene naslage neogenske starosti, već su prisutni samo najmlađi, uglavnom nekonsolidirani kvartarni sedimenti (Q). U razdobljima visokih razina mora, krške depresije u unutrašnjosti bile su ispunjene vodom, te su se u njima taložili jezerski i barski sediment (j), dok je u razdobljima niskih razina mora vjerojatno dolazilo do njihovog djelomičnog ili potpunog isušivanja. Napredovanje procesa okršavanja također je, u terenu izgrađenom pretežito do karbonatnih stijena,

rezultiralo postupnim snižavanjem razine vode tijekom geološke prošlosti. U zadnjih 300 godina velike promjene prirodnog režima taložnih okoliša izazvao je antropogeni utjecaj uslijed izvedbe melioracijskih zahvata, te probijanja odvodnih kanala (kanal Prosika) i tunela (Nadinsko blato), što je značajno smanjilo prostiranje poplavnih područja. Pjeskovitu glinu karakterizira izmjena siltne i pješčane komponente, a sortiranost i granulometrijski sastav upućuje na zaključak o eolskom donosu materijala, ali ne na kopneno područje, nego u bazene koji su stalno ili povremeno bili poplavljeni. Najveći dio ishodišnog materijala za kvartarne sedimente dalo je trošenje flišnih naslaga. Lesne naslage pleistocenske starosti (l) prostiru se istočno od samog mjesta Pakoštane i čine takozvani pakoštanski lesni ravnjak (Marković-Marjanović, 1975).

Područje Ravnih Kotara, prema geotektonskim karakteristikama, čine strukture dinarskog pružanja (SZ–JI) i omeđeno značajnim reversnim rasjedima jugozapadne vergencije. Strukturno-tektonsko obilježje područja Ravnih Kotara je relativno visoki stupanj tektonske destrukcije s dominantno prisutno izduženim strukturama omeđenim rasjedima s vergencijom u smjeru jugozapada. Pravac pružanja struktura unutar strukturne jedinice Ravni Kotari je SZ-JI. Zbog kompresije kojoj je prostor istraživanja stalno izložen, s dominantnim pravcem neotektonskog stresa generalno S – J, borane strukture dinarskog pružanja su deformirane i razlomljene poprečnim i dijagonalnim rasjedima na strukturne blokove. U području istraživanja zapažaju se horizontalni pomaci duž rasjeda SI - JZ s izrazitom desnom komponentom pomaka u prostoru, uslijed čega je došlo do zaokretanja (retrogradne rotacije) pojedinih dijelova struktura (strukturnih blokova) iz pravca SZ–JI u pravac I–Z. U širem području (Vranskom polju) ističu se dvije rasjedne zone. Prva zona rasjeda (Nin – Bak – Šibenik) može se pratiti od Nina preko Galovca, sjeveroistočnim rubom Vranskog polja, zatim podnožjem Baka preko Zatona i Šibenika. To je reversni rasjed u području Vranskog polja s pravcem pružanja SZ-JI. Druga zona rasjeda je predstavljena Zadarskim rasjedom. Ona ima dominantno reversni karakter, međutim, u području istraživanja uočeni su rasjedi s normalnim tektonskim pomakom rasjednih krila, ali i s kosom (dijagonalnom) komponentom pomaka rasjednih krila u prostoru. Šire područje u strukturnoj tektonskoj raščlambi strukturne jedinice Ravni Kotari predstavlja manju strukturnu jedinicu Bokanjac – Vransko jezero – Šibenik. Ova strukturna jedinica je ispresijecana rasjedima poprečnog do dijagonalnog pružanja na strukturu u strukturne blokove (Kapelj, 2002).

2.2.3.Hidrološka obilježja

Voda dotječe u Vransko jezero površinskim i podzemnim putem (izvori u jezeru), a otječe iz jezera okršenim podzemljem i kanalom Prosika, a gubi se i isparavanjem. Vransko jezero najniža je točka Ravnih Kotara i ono prikuplja površinske vode gotovo polovine Ravnih Kotara. Slivno područje Vranskog jezera površine 490 km^2 prikazano je na Digitalnoj ortofoto karti 1:5000 (DOF5), Državne geodetske uprave (slika 28). Određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009).

Hidrografska meža na Vranskom polju rezultat je melioracijskih zahvata izvedenih u cilju odvodnje voda prema Vranskom jezeru i moru. Površinski vodotoci su Kotarka, Kličevica, Mirošnica i Škorobić. Najveći pritok Vranskog jezera je periodični vodotok Kotarka, uređen i kanaliziran, koji teče od izvora/zdenca Turanjsko jezero i prikuplja vode područja južno od Donjeg Zemunika, te Vranskog polja JZ od flišne zone uz istočni rub polja, te ih uvodi u Vransko jezero. Kotarka predstavlja dio uređene mreže kanala koja je postavljena u Vranskom polju radi navodnjavanja, ali većom mjerom i radi drenaže terena. Kotarka je uređena i kanalizirana te mijenja ime u Glavni odvodni kanal u Vranskom polju i prikuplja vode glavnih sabirnih kanala. Lateralni kanal prikuplja oborinske i izvorske

vode na sjeveroistočnom rubu Vranskog jezera, s Nadina, Polače i izvora Kakma. Vodotok Škorobić prikuplja vode u sjeveroistočnom dijelu sliva, formira se južno od mjesta Radošinovci te se ulijeva u Lateralni kanal. Vodotok Kličevica protječe Kulsko-Korlatskim poljem, prikuplja vode Mirošnice i sudjeluje u odvodnji Nadinskog blata i Polačkog polja, koji se nalaze na višoj nadmorskoj visini. Kroz Polačko polje izveden je odvodni kanal, probijen tunel Tinj koji je spojen kanalom s izvorištem Kakma, s kojeg se vode odvode Lateralnim kanalom do Vranskog jezera. Kako se Vransko jezero ne snabdijeva jačim stalnim dotocima, vodni režim je direktno ovisan o količini i rasporedu oborina u slivu (Mrakovčić et al, 2004).

Slika 28 Površinski sliv Vranskog jezera kod Biograda označen tamno plavom linijom (prikazan u DOF5, Državna geodetska uprava). Određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009). Označeni su izvori u okolici Vranskog jezera (plavi krugovi) i mjerne postaje (bijeli krugovi).

Dominantni je pravac tečenja podzemnih voda paralelno strukturama. Prirodni krški izvori slatke vode u slivu Vranskog jezera su: Kakma (SI rub polja), izvor s najvećom izdašnosti na području Vranskog polja; Tinj (povremeni izvor 1,5 km SZ od Kakme); Veliki i Mali Stabanj (istočni rub Vranskog polja), u Malom Stabnju registrirani su blago povišeni kloridi; grupa izvora u Vranskom polju nedaleko od Malog Stabnja (Ošac, Modro jezero i Kotlić), koji uz Kakmu čine najizdašnije prirodno izvorište i koje se nalazi pod najizravnijim utjecajem mora; Pećina (sjeverno od mjesta Vrana), povremeni izvor; Biba (u naselju Vrana), zahvaćen za javnu vodoopskrbu; Subiba (slabiji izvor u blizini Bibe); Turanjsko jezero (u Vranskom polju oko 10 km SZ od jezera), zahvaćen za javnu vodoopskrbu; Kutijin stan (bušeni zdenac JI od Turanjskog jezera), crpi se za potrebe vodoopskrbe, u kojem su povremeno blago povišeni kloridi; Vrbica (povremeni izvor uz JZ rub Vranskog polja), u kojem su blago povišeni kloridi; Begovača (južno od naselja Vrana), povremeni izvor kraj kojeg je izveden bušeni zdenac i koristi se za vodoopskrbu, blago povišeni kloridi; Jasen (uz sjeverni rub jezera), povremeni izvor;

Jugovir (uz južni rub jezera, u blizini kanala Prosika), značajan zbog potvrde izravne veze mora i jezera podzemnim krškim kanalima na području Prosike. U samom jezeru nalaze izvori Živača i niz manjih (SI obala jezera), koje prihranjuju podzemne vode s područja južno od Benkovca, Pristega i Stankovaca. Najveći dio tih izvora uz sjeveroistočni rub Vranskog polja vezani su za kontakt vapnenaca i flišne zone, koja se proteže do JI od naselja Vrana. Osim toga, izvori su formirani u jezerskim sedimentima i u vapnencima. Vode iz tih izvora crpe se uglavnom za poljoprivredu i navodnjavanje, a dio je kaptiran i za javnu vodoopskrbu. Područje izvora Jasen uz sjeverni rub jezera, najjužniji je dio polja i nalazi se ispod razine jezera. U svrhu obrane od voda jezera, uz cestu Pakoštane-Vrana izgrađeni su zemljani obrambeni nasipi (Stroj, 2012).

Povremeno blago povećani kloridi na izvorima Kutijin stan, Vrbica, Mali Stabanj i Begovača vjerojatno su posljedica zasićenosti sedimenata koji okružuju njihove dovodne kanale boćatom vodom, a ne izravnog prodora mora u kanalske sustave. Najizraženiji utjecaj morske vode pokazuje grupa stalnih izvora Ošac-Modro jezero, koji imaju dublje kanale iz kojih se prihranjuju u odnosu na ostale izvore Vranskog polja, zbog čega je moguć prodor morske vode u kanale i vjerojatno su izravno povezani s morem. Ovo ukazuje na mogućnost njihovog prihranjivanja s područja uzvodno od zone fliša sjeveristočnog ruba polja, putem kanala razvijenih ispod fliša. Vjerojatni smjer prodora mora prema Modrom jezeru i okolnih izvorima je područje prekida druge zone fliša, koja se nalazi u zaleđu Biograda. U današnjim uvjetima visoke razine mora, bivši izvori funkcioniraju kao mjesta koncentriranog prodora mora u krške kanalske sustave duboko ispod morske razine (Stroj, 2012).

U zadnjih desetak godina, nakon proglašenja PP Vransko jezero, prepoznat je problem jakog zaslanjivanja jezerske vode tijekom sušnih mjeseci, na temelju povišenih klorida u jezerskoj vodi. Zaslanjivanje je dijelom potencirano antropogenim zahvatima, te ugrožava ekološku ravnotežu jezera. Mogućnost akumuliranja slatke vode u sjeverozapadnom dijelu jezera izradom pregrade razmatrao je Fritz (1976). Nakon osnivanja Parka prirode odustalo se od ideje uspostave akumulacije pregrađivanjem jezera. Zaslanjenje jezera u manjoj je mjeri posljedica pritjecanja boćate vode iz izvora na području Vranskog polja koji su pod utjecajem mora, a u većoj izravnog prodora mora u jezero, na temelju mjerenja klorda u izvorima i u jezeru u području oko kanala Prosike. Morska voda prodire kroz okršeni karbonatni greben koji razdvaja jezero od mora. Značajke izvora Jugovira potvrđuje povezanost jezera s morem krškim kanalima na području Prosike. Na ovom izvoru, u razdobljima kad razina jezera padne ispod razine mora, morska voda istječe u jezero. Propusni vapnenački greben vjerojatno omogućuje prodor mora po gotovo cijelom svom pružanju, uz izuzetak područja sjeverozapadnog dijela jezera gdje se javljaju flišne i kvartarne naslage unutar sinklinalne strukture. Umjetno prokopan kanal Prosika (1770. godine) u krajnjem jugoistočnom dijelu jezera, spaja Vransko jezero s morem. Do izgradnje tog zahvata, Vranska močvara pokrivala je cijelo područje sjeverozapadno od Vranskog jezera do izvora Kakma i Kutijin stan (slika 29). Močvara je bila premrežena prirodnim vodotocima koji su slobodno tekli od izvora prema Vranskom jezeru. Odlukom Senata Republike Venecije conte Francesco Borelli dobiva u posjed Vranski feud i odmah započinje za ono vrijeme revolucionarni projekt isušivanja Vranske močvare (JU PP Vransko jezero, 2010). Melioracija započinje prokopom kanala Prosika 1770. godine, širokog 4 m i pragom znatno višim od današnjeg. Ovaj hidrotehnički zahvat rezultirao je sniženjem razine jezera za 3 m, nakon čega se isušuje veliko poplavno područje Vranskog polja. Produbljivan je i proširivan (1895., 1954. godine) radi što bržeg odvodnjavanja poljoprivrednih površina u Vranskom polju, te je također započela izgradnja odvodnih kanala kroz cijelo Vransko polje. Danas je dug 800 m, širok 4 m, a dubok je 8 m. Na ušću kanala je 2009. godine napravljen betonski prag čime je dno kanala podignuto na 0,8 m (bio

je 0,35 m). Uz cestu Vrana - Pakoštane podignut je obrambeni nasip (1976.). Kad je razina vode u Vranskom jezeru visoka (u zimskom periodu dosegne više od 2 m iznad morske razine), voda iz njega istječe u more i sprječava se akumulacija slatke vode u jezeru iznad razine mora. Za vrijeme dugotrajnih sušnih razdoblja, vodostaj u jezeru je niži i morska voda ulazi u jezero (Stroj, 2012).

Slika 29 Vranska močvara oko 1760. godine (arhiva Francesco Borelli, Venecija; preuzeto iz JU PP Vransko jezero, 2010).

Stalni monitoring vodostaja na području Vranskog jezera i njegovog sliva provodi se od 1926. god. na vodomjernoj postaji Pakoštanski most, s prekidima za vrijeme drugog svjetskog rata, te na postaji Prosika-jezero od 1948. god. Na slivnom području i na samom jezeru 80-tih i 90-tih godina prošlog stoljeća instalirano je 20 automatskih vodomjernih postaja. Stalno promatranje i arhiviranje podataka o vodostajima provodi se samo na vodomjerima Pakoštanski most , Prosika jezero i Prosika more. Na vodostaje, osim glavnih čimbenika (dotoka, otjecanja i isparavanja), bitno utječe odnos razine mora i jezera te morskih mijena i kolebanja morske razine. Kolebanje vodostaja Vranskog jezera iznosi 200 cm. Za promatrano razdoblje najniži vodostaj bio je 12 cm (0,03 m n.m.) 1990. i 2008. godine, najviši 241 cm (2,24 m n.m.) 1974. i 1994. godine, a srednji iznosi 0,81 m n.m. (JU PP Vransko jezero, 2010).

Zaslanjenost izvora na području Vranskog polja koji su pod utjecajem mora, prodor mora kroz izvor Jugovir kod Prosike i duž cijelog karbonatnog grebena, koincidira s vremenom vrlo niskih vodostaja u Vranskom jezeru za vrijeme dugotrajnih sušnih razdoblja. Za vrijeme niskog vodostaja u jezeru dolazi do prodora mora, povećanja saliniteta te očevidnih brzih stradanja riba pa čak i do privremenog formiranja morskih životnih zajednica u zaslanjenom dijelu jezera (Mrakovčić et al., 2004). Pitanje je koliki je antropogen utjecaj kroz prokopavanje kanala Prosike u zaslanjivanju jezera te da li je on uzrokovao ovakve poremećaje ili je to prirodan proces do kojeg bi svejedno dolazilo zbog direktne veze Vranskog jezera i mora preko okršenog karbonatnog grebena.

Kakvoća vode Vranskog jezera (tablica 4) ispitivana je tijekom kategorizacije i inventarizacije flore i faune Vranskog jezera (Mrakovčić et al., 2004), izrade studije o navodnjavanju područja Zadarske županije (Romić et al., 2006), te hidrogeološkom istraživanju Vranskog jezera (Stroj, 2012).

Tablica 4 Kemijske karakteristike voda Vranskog jezera, preuzeto iz prijašnjih istraživanja (Romić et al., 2006; Mrakovčič et al., 2004; Stroj, 2012). Oznake: EC-provodljivost.

	pH	T	Salinitet	EC	O_2	O_2	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	NH_4^+
		°C	‰	µS/cm	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Romić et al., 2006												
Vransko jezero, površina	8,0	16,5		2265			99,3	51,1	153	736	1,4	0,1
Kotarka, ušće u Vransko j.	7,7	16,1		2518			171	50	186	676	3,5	0,1
Vransko j., Prosika	8,2	15,9		2320			88,8	53	158	700	0,9	0,1
Mrakovčić et al., 2004												
Postaja 1 (S dio Vranskog j.)	8,20	16	0,80	1956	111,7	10,68				35,0	1,32	0,17
Postaja 2 (S dio Vranskog j.)	8,34	17	0,80	1916	121,6	11,23				35,5	2,99	0,06
Postaja 3 (S dio Vranskog j.)	8,28	16	0,80	1905	104,2	10,62				42,4	1,98	0,05
Postaja 4 (srednji dio Vranskog j.)	8,21	15	1,00	1909	100,8	10,37				33,10	2,81	0,05
Postaja 5 (J dio Vranskog j., Prosika)	8,18	15	0,80	2010	99,9	10,88				48,70	2,03	0,06
Postaja 6 (J dio Vranskog j.)	8,20	15	0,80	2030	102,7	10,73				44,30	1,72	0,14
Postaja 7 (J dio Vranskog j.)	8,16	16	0,80	2001	98,5	10,69				33,80	2,95	0,10
Stroj, 2012												
Vransko jezero (prosinac 2011., sušni uvjeti)				1200-1400								

2.3. Baćinska jezera

2.3.1.Geografski smještaj, klima i vegetacija

Baćinska jezera su skup jezera kod mjesta Baćina, sjeverno od grada Ploče u južnoj Dalmaciji. Sastoje se od šest međusobno povezanih (Oćuša, Crniševo, Podgora, Sladinac, Šipak i Plitko jezero) i jednog odvojenog jezera (Vrbnik), ukupne površine 1,4 km^2 (slika 30). Jezera su kriptodepresije. Nepravilnih su i različitih oblika te predstavljaju zanimljivu pojavu u kršu (slika 31). Najveće je jezero Oćuša (Voćuša) površine oko 0,55 km^2 i dužine preko 1,2 km i dubine 19,6 m. Jezero Sladinac ima maksimalnu dubinu od 16,4 m, Podgora 10,1 m, dok je Plitko jezero (Podkušinac) duboko do 5,5 m. Najdublje jezero je Crniševo, s dubinom od 34 m, koje je smješteno najzapadnije i drugo je po veličini s površinom od 0,43 km^2 i dužinom od 1,1 km. Crniševo pripada dubokim krškim jezerima, slatkovodno je do slabo brakično, zaslanjuje se podvodnim slanim izvorom Mindel. Po produktivnosti pripada mezotrofnom tipu jezera, a po termalnoj stratifikaciji, ono je polimikitično jezero. Sedimenti jezera Crniševo korišteni su u ovom istraživanju za karakterizaciju jezerskih sedimenata u Baćinskim jezerima.

Slika 30 Baćinska jezera i položaj tunela koji ih spajaju s morem i Vrgoračkim poljem.

Baćinska jezera povezana su s morem preko tunela koji se nalazi u jezeru Sladinac (dug oko 100 m, ulazi u kanal koji je spojen s morem), a postoji i drugi tunel koje spaja Baćinska jezera (Podgoru) s Vrgoračkim poljem dug oko 2 km. Taj sustav tunela napravljen je radi odvodnje viška vode iz Vrgoračkog polja (JI dio) i kako bi se spriječile poplave.

Slika 31 Pogled na Plitko jezero s južne strane.

Smatra se da su se Baćinska jezera formirala krajem pleistocena, zajedno s depresijom Vrgoračkog polja (Ivičić & Pavičić, 1996). Vrgoračko polje je tipično krško polje, dinarskog smjera pružanja, dužine 15 km i širine između 0,8 i 3 km. Površine je oko 30 km^2. Nadmorska visina polja je od 24 do 26 m, a nagnuto je prema jugoistoku i okruženo brdima koja se izdižu do visine od preko 700 m (masiv Rilić s južne strane, 918 m). Vrgoračko polje prekriveno je kvartarnim naslagama. To su jezerski sedimenti (naslage jezerske krede) čije je taloženje počelo u pleistocenu, a trajalo je kroz cijeli holocen. Po sastavu pripadaju bijelom do sivom prahu s visokim sadržajem kalcijeva karbonata (Ivičić & Buljan, 2002). Područje polja najvećim dijelom pripada porječju rijeke Neretve, podzemnim otjecanjem vode. Delta Neretve, koja se nalazi južno od grada Ploča, smatra se da je nastala u doba usporavanja porasta morske razine, otprilike između 8 000 i 6 000 godina (Juračić, 1998).

Klima ovog područja tipična je mediteranska: ljeta su topla i suha, zime su blage i kišovite. Prema Köppenovoj klasifikaciji pripada sredozemnoj klimi tipa Csa (Filipčić, 2001). Prosječna temperatura zraka je 15,4°C, a količina padalina 1297 mm (podaci mjerne stanice kraj Opuzena, 1970-1990, Državni hidrometeorološki zavod DHMZ) (Jasprica et al., 2003). Karakteristični su vjetrovi koji pušu na ovom području, već prije spominjani bura, jugo i maestral, koji utječu na eolski transport materijala i peluda.

Krško područje koje okružuje Baćinska jezera pripada eumediteranskoj vegetacijskoj zoni vazdazelenih šuma, u kojoj dominiraju mješovite šume crnike i crnog jasena *(Orno-Quercetum ilicis)*. Ta je šumska zajednica značajna za prijelazno područje između tipično vazdazelene i prave listopadne vegetacije, a razvija se obično u humidnom dijelu Sredozemlja. Zastupljene su još šumske zajednice

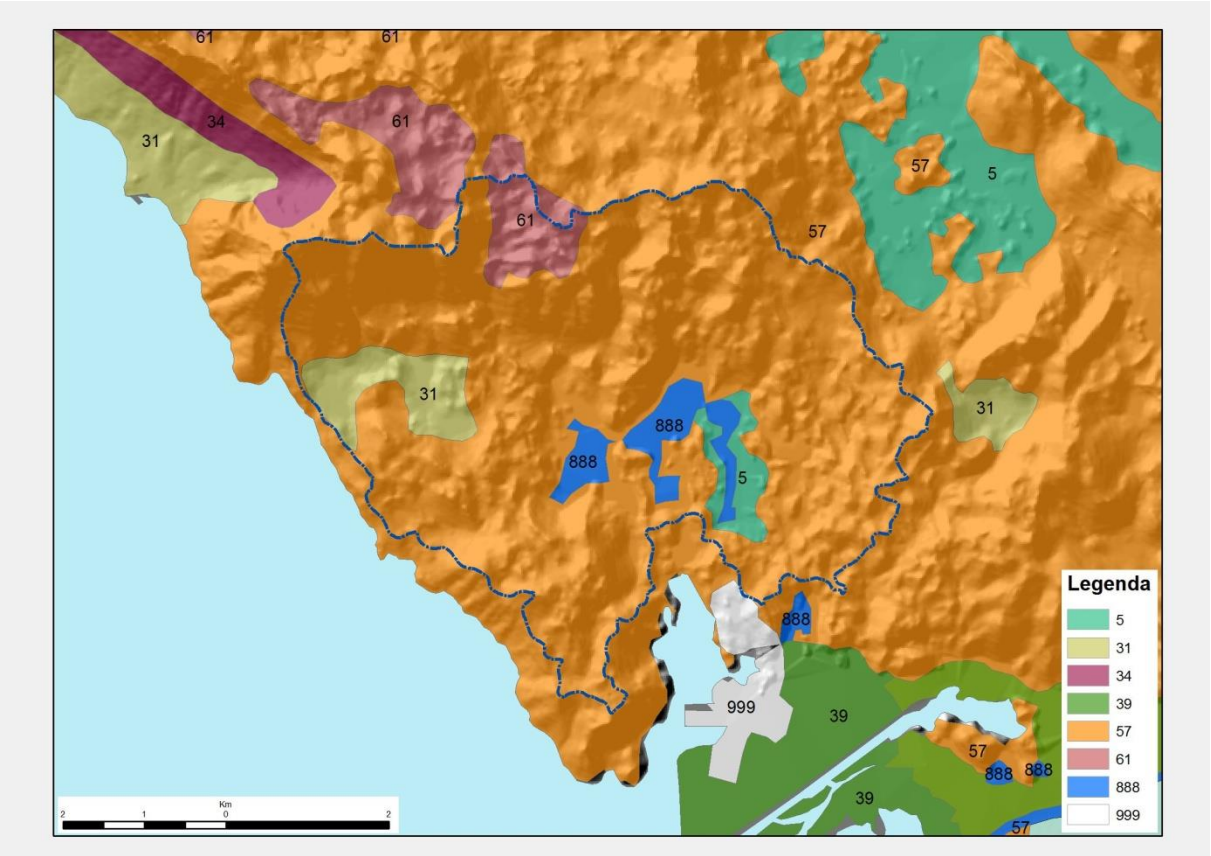
mješovite šume crnike i duba *(Quercetum ilicis-virgilianae)*, čiste šume crnike s mirtom *(Myrto-Quercetum ilicis)*, mješovite šume crnike i crnog graba *(Ostryo-Quercetum ilicis)* koja je karakteristična za mediteransko-brdski pojas (Trinajstić, 1995). U sastavu ovih mješovitih vazdazeleno-listopadnih šuma, pojavljuju se vrste: hrast crnika *(Quercus ilex)*, crni jasen *(Fraxinus ornus)*, dub *(Quercus virgiliana)*, mirta *(Myrtus communis),* crni grab *(Ostrya carpinifolia)*. Vazdazelena vegetacija prodire sve do Vrgorca. Dalje prema unutrašnjosti šire se samo pojedine vazdazelene biljne vrste koje s listopadnim izgrađuju mješovite šume, najčešće kao degradacijske stadije. Degradacijom šuma nastaju značajne šikare (pseudomakije), u čijem sastavu se ističu planika *(Arbutus unedo)* i bijeli grab *(Carpinus orientalis)*, uz niz manje osjetljivih vazdazelenih vrsta (Trinajstić 2000). Prvobitna šumska vegetacija je stoljećima u eumediteranskoj vegetacijskoj zoni, pod snažnim antropogenim utjecajem najvećim dijelom uništena, odnosno degradirana u garige i šikare, a tlo je erodirano.

Dominantnu biljnu zajednicu uz jezera čini močvarna helofitska vegetacija (Jasprica, 2007). Helofiti su vrste kod kojih se veći ili manji dio biljke uzdiže iznad vode, a neke se mogu razvijati i izvan vode dok je njihov korijen u tlu ispod vode. Zajednica trščaca *(Phragmitetum australis)* je dominantna helofitska zajednica koja zauzima prvi vegetacijski pojas uz vodene površine prema močvari. Ta je zajednica obilno prisutna oko Baćinskih jezera. Od svih močvarnih zajednica, zajednica jezerskog oblića *(Scirpetum lacustris)* zauzima najdublje vode. Zajednice uskolisnog rogoza *(Typhetum angustifoliae)* su česte u plićim kanalima, a prisutne su i zajednica ljepuška *(Hydrocotyle vulgaris)*, busenastog šaša *(Carex elata)*, dugog oštrika *(Cyperus longus)* i razgranjenog ježinca *(Sparganium erectum).*

Najčešća biljna zajednica vodene vegetacije (vodenjare) jest zajednica lopoča i krocnja *(Myriophyllo-Nupharetum)*, koja raste u najdubljim vodama, predstavljene s biljnim vrstama lopoč *(Nymphaea alba)* i lokvanj *(Nuphar lutea)*. Pojavljuju se i zajednice plutajućih jastuka žabogriza *(Hydrocharietum morsus-ranae)*, plutajućih cvjetnica *(Lemnetea)* i plivajućeg mrijesnjaka *(Potamogetum natantis)* (Jasprica, 2007).

Uz jezera je razvijena poljoprivredna aktivnost. Uglavnom se uzgajaju žitarice, masline i vinova loza, ali pretežno su to manje obiteljske poljoprivredne površine. U Vrgoračkom polju poljoprivreda se intenzivno razvija u posljednjih 50-ak godina, izgradnjom melioracijskih kanala i djelomičnom regulacijom poplavnih režima. Vrgoračko polje prepoznatljivo je po uzgoju agruma te jagoda. U području polja također je prisutno vinogradarstvo (Vukosavljević, 2006).

U tlu slivnog područja Baćinskih jezera prevladavaju kalkokambisoli i terra rosse (Bogunović et al., 1996) (slika 32).

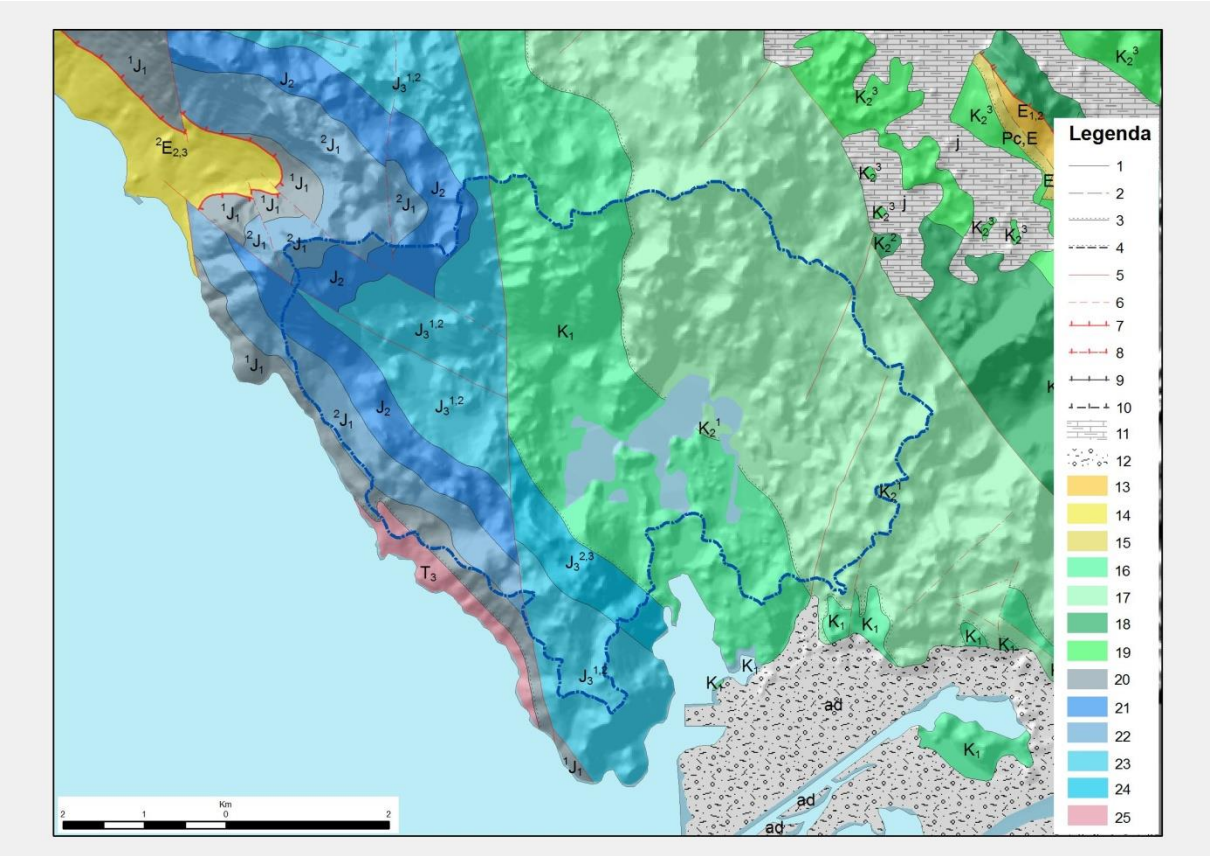


Slika 32 Pedološka karta slivnog područja Baćinskih jezera (Bogunović et al., 1996). Površinski sliv određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009) i označen je tamno plavom linijom. Legenda: 5) Aluvijalno tlo (fluvisol), aluvijalno livadno i plavljeno tlo; 31) Antropogena tla na flišu i kršu, rendzina na flišu; 34) Koluvij s klastima, kamenjar, rendzina, kalkokambisol, kalkomelanosol; 39) Halomorfna tla, pseudoglej, ritska crnica, močvarno glejno tlo; 57) Kalkokambisol, terra rossa, kalkomelanosol; 61) Kalkomelanosol, kalkokambisol; 888) Vodene površine; 999) Veća naselja.

2.3.2.Geologija

Šire slivno područje Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja izgrađuju stijene jurske, kredne, paleogenske i neogenske starosti (slika 33). Ovo područje obuhvaćeno je listovima i odgovarajućim tumačima Osnovne geološke karte: Ploče (Marinčić et al., 1978; Magaš et al., 1979), Imotski (Raić et al., 1977; Raić & Papeš, 1978) i Metković (Raić et al., 1976; Raić & Papeš, 1977).

Najstarije naslage su gornjotrijaske starosti, zapadno od Ploča. Najveći dio istraživanog prostora izgrađuju karbonatne naslage kredne starosti. Naslage donje krede (vapnenci i breče K_1) izgrađuju prostor sjeverozapadno od Baćinskih jezera. Dolaze superpozicijski i transgresivno na jurskim naslagama i izgrađuju sjeverno krilo Biokovske antiklinale. Daleko najveći prostor izgrađuju gornjokredne naslage. Prema Tumaču OGK-a list Ploče, cenomanske naslage (K_2^1) izgrađuju područje Vrgoračkog jezera, dijelom područje Pline (sjeverno i sjeveroistočno od Ploča), gdje ih prema jugu prekrivaju kvartarne naslage doline Neretve. U litološkom smislu to su pretežno uslojeni vapnenci, ali često dolaze i leće sedimentnih breča i tanko uslojenih dolomita. Tercijarne naslage zastupljene su miliolidnim vapnencima i vapnenačkim brečama (Pc, E), zatim foraminiferskim vapnencima ($E_{1,2}$). Te se naslage pružaju se u uskim zonama u području Velikog i Malog Prologa.



Slika 33 Geološka karta Baćinskih jezera i južnog dijela Vrgoračkog polja (Marinčić et al., 1978; Magaš et al., 1979). Površinski sliv određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009) i označen je tamno plavom linijom. Legenda: 1) Geološka granica; 2) Pretpostavljena geološka granica; 3) Erozijsko-diskordantna granica; 4) Pretpostavljena erozijsko-diskordantna granica; 5) Rasjed; 6) Pretpostavljeni rasjed; 7) Reveresni rasjed, 8) Pretpostavljeni reversni rasjed, 9) Transgresija; 10) Pretpostavljena transgresija; 11) j Jezerski sed.; 12) ad Sedimenti delte; 13) $E_{1,2}$ Foraminiferski vapnenci; 14) $^{2}E_{2,3}$ Klastične naslage fliša; 15) Pc, E Liburnijske naslage; 16) K_1 Vapnenci i breče; 17) K_2^{1} Vapnenci s lećama breča; 18) K_2^{2} 19) K_2^{3} Vapnenci; 20) $^{1}J_1$ Dolomiti; 21) J_2 Vapnenci s lećama breča; 22) $^{2}J_1$ Vapnenci i breče; 23) $J_3^{1,2}$ Vapnenci s lećama breča; 24) $J_3^{2,3}$ Vapnenci s lećama dolomita i breča; 25) T_3 Dolomiti.

Klastične naslage fliša ($E_{2,3}$) razvijene su u uskoj zoni uz reversni rasjed kod Vrgorca i Velikog i Malog Prologa. U litološkom smislu to je heterogeni kompleks s relativno pravilnom izmjenom litoloških članova. Najčešće su u donjem dijelu istaložene foraminiferske breče, zatim dolaze pješčenjaci i siltiti i kao najmlađi članovi u tom slijedu nalaze se vapnenci, šejlovi i lapori.

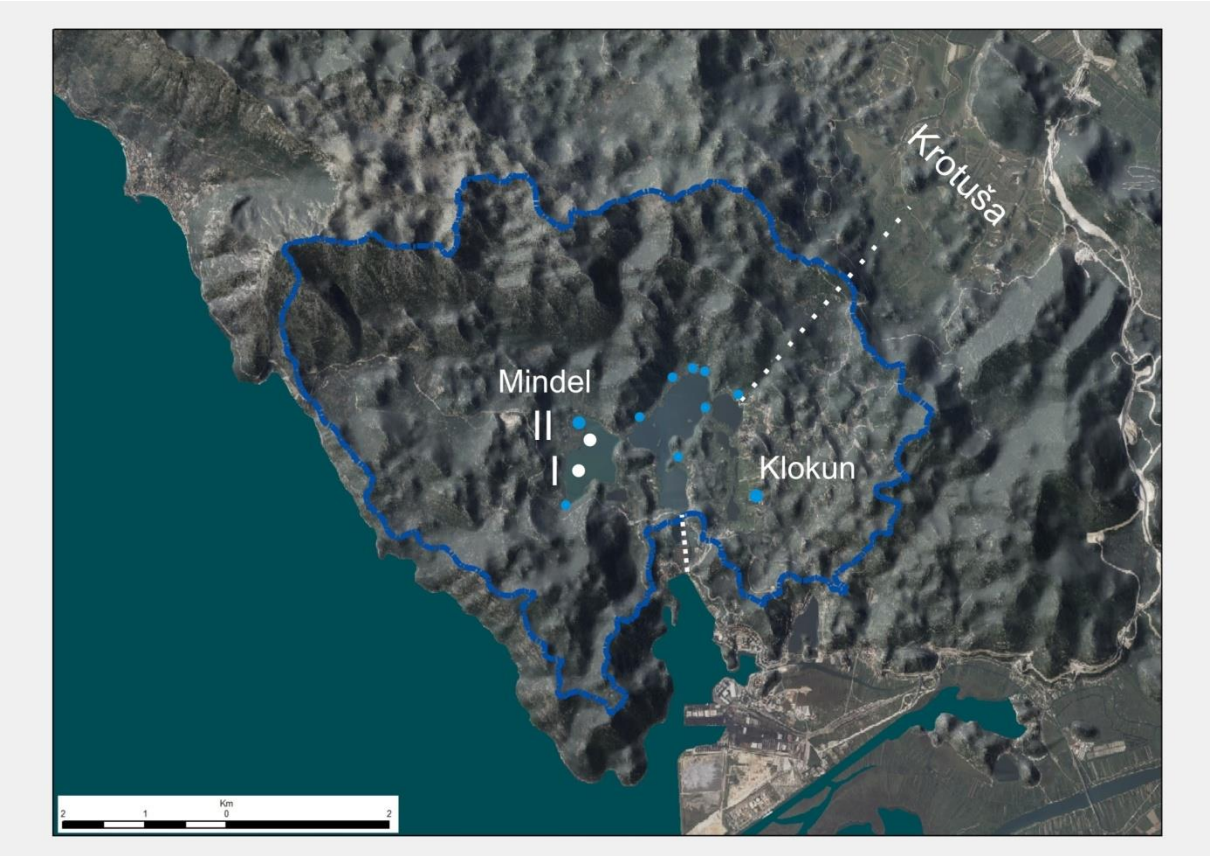
Kvartarni sedimenti nalaze se u morfološki najnižim dijelovima terena, izgrađuju Rastok polje, Vrgoračko polje i dolinu Neretve.

Jezerski sedimenti (j) istaloženi su u Rastok polju, Velikom i Malom Vrgoračkom polju, oko Baćinskih jezera i oko jezera Vlaška u dolini Neretve. Sastoje se od jezerske krede, zatim "masnih" i pjeskovitih glina koje se čestu lateralno izmjenjuju. Na površini su uglavnom prekrivene humusnim slojem. Po sastavu jezerska je kreda muljeviti, a nakon povlačenja vode rastresiti bijeli do sivi prah sa visokim udjelom kalcijeva karbonata. Pretpostavlja se da je taloženje jezerskih sedimenata započelo već u pleistocenu i traje kroz cijeli holocen. Jezerski sedimenti imaju različitu debljinu ovisno o paleoreljefu, ali pretpostavlja se da je maksimalna debljina 10-15 m.

U regionalno-strukturno-tektonskom smislu, istraživani prostor Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja karakterizira deformiranost naslaga, što je posljedica tektonskih pokreta. Ti su pokreti krajem mezozoika deformirali intaktni sedimentni kompleks u blago borane strukture koje su tangencijalnim pokretima sredinom paleogena dodatno deformirane u polegle i prebačene bore, fleksure ili ljuskavu strukturnu građu. Mlađi pokreti kroz oligocen i neogen nisu bitnije promijenili strukturni sklop, ali su njihovi radijalni pokreti utjecali na izdizanje kopna i formiranje reljefa. Istraživani prostor pripada tektonskim jedinicama Biokovo i Biokovska zagora, koje predstavljaju cjelovit strukturni sklop. Tektonska jedinica Biokovo predstavlja brdovito područje Biokova i Zabiokovlja. Ona obuhvaća prostor Rilić planine i južni dio masiva Biokova, a sa sjeveroistoka je omeđeno linijom Kokorići-Vrgoračko polje-dolina Neretve. Jugozapadnu granicu čini kontakt biokovske navlake s eocenskim flišem priobalja. U strukturnom pogledu, strukturna jedinica Biokovo predstavlja antiklinalu reduciranu na jugozapadnom dijelu, izgrađenu pretežno od vapnenaca, a manje od dolomita jurske i kredne starosti. Tektonsku jedinicu Biokovska zagora karakterizira visok stupanj tektonske destrukcije. To je sedimentni kompleks koji je tangencijalnim pokretima deformiran u prebačene bore i ljuskavu strukturnu građu koja je najuočljivija u području Vrgorca, Prologa i dalje do doline Neretve. Tektonska aktivnost važna je zbog povezanosti strukturnih i hidrogeoloških odnosa. Strukture obuhvaćenog područja su dominantno reversne-navlačne. Rasjedi pripadaju sustavu dominantnog pružanja SZ-JI, SI-JZ, te SSZ-JJI do S-J. Predstavljaju najčešće strme rasjede promjenjivog nagiba, tako da su pojedine dionice reversne. Uočena je ovisnost djelovanja regionalnog i lokalnog stresa na deformacije strukturnog sklopa ili pojedinih struktura. Na promjene stresa (starije orijentacije SI-JZ) ukazuju svijanja i često promjene pružanja rasjeda. Povoljna orijentacija rasjeda sustava SZ-JI u odnosu na stres dovodi do izraženih transkurentnih desnih pomaka duž najvažnijih rasjeda sklopa. Dolazi do pomaka dijelova struktura i „otvaranja“ doline Neretve. Izraziti pomaci struktura prema JI uvjetuju pucanja, razmicanja strukturnih blokova duž postojećih rasjeda nastalih u starijem tektonski aktivnom razdoblju. To su rasjedi sustava SI-JZ i SSZ-JJI koji oblikuju otvorene zone. Dionice povoljno orijentirane prema stresu pokazuju i lijevi i desni tektonski transport (Ivičić & Pavičić, 1996).

2.3.3.Hidrološka obilježja

U širem području Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja karakteristični su različiti površinski krški oblici te podzemne vode i izvori (Ivičić & Pavičić, 1996; Ivičić & Buljan, 2002). Slivno područje Baćinskih jezera iznosi 30,5 km^2, određeno je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009), prikazano na Digitalnoj ortofoto karti 1:5000 (DOF5), Državne geodetske uprave (slika 34). Površina Baćinskih jezera je 1,4 km^2. Morfološki slijed krških polja proteže se od Livanjskog i Duvanjskog polja, preko Posuškog, Imotskog i Rastok polja prema Vrgoračkom polju, koji predstavlja pretposljednju stepenicu u „kaskadnom“ tečenju podzemne vode prije delte Neretve. Svako od tih polja ima dinarski smjer pružanja (SZ-JI) i u pravilu ima sa sjeverne i sjeveroistočne strane zonu izviranja, a s jugozapadne i južne strane zone poniranja.



Slika 34 Površinski sliv Baćinskih jezera označen tamno plavom linijom (prikazan u DOF5, Državna geodetska uprava). Određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009). Točke I i II su točke mjerenja sastava vode u jezeru Crniševo, dok je Mindel podvodni izvor, a Klokun izvor čija se voda ulijeva u Plitko jezero. Isprekidane linije označavaju tunel (iz Vrgoračkog polja i prema moru).

Međutim, ovako pojednostavljen model podzemne cirkulacije vrijedi samo djelomično. Bojenjem je dokazano i podzemno tečenje okomito na pružanje struktura, kao i tečenje i povezanost voda ispod krških polja koja najčešće predstavljaju viseće barijere. Prema tome, za vrijeme niskih voda podzemne vode teku kroz karbonatnu podlogu ispod polja ispunjenih kvartarnim (klastičnim i glinovitim) naslagama, često bez istjecanja vode na površinu ili vode istječu samo na rijetkim velikim krškim izvorima (npr. Butina). U razdoblju visokih voda karbonatno podzemlje nije dovoljno okršeno da propusti sve vode prema najnižoj erozijskoj bazi, a kvartarni sedimenti nisu dovoljno propusni da kroz njih otječu vode prema ponornim zonama pa se javljaju uz stalne izvore i brojni povremeni izvori velike izdašnosti, što uzrokuje i poplavljivanje. Vrgoračko polje dobiva vodu u sjeverozapadnom dijelu preko nekoliko stalnih ili povremenih izvora iz krške uvale Kokorića i dalje iz karbonatnog dijela područja Župe Vrgoračke. Jedini površinski tok koji donosi vodu u Vrgoračko polje je rijeka Matica, koja se formira u krajnjem sjeverozapadnom dijelu polja od voda stalnih i povremenih izvora (Butina, Stinjevac, Lukavac i Vir) i otječe meandrirajućim koritom. Najznačajniji i najizdašniji izvor Butina kaptiran je za potrebe vrgoračkog vodovoda. Za vrijeme izrazito vlažnog razdoblja, vode iz tih izvora onemogućuju otjecanje iz uzvodnog dijela polja i izaziva plavljenje gornjeg dijela polja. Na zapadnoj strani središnjeg dijela polja značajni su ponori uz korito rijeke (Staševica, Spilice, Pod Spilom) i čitav niz ponora u predjelu Krotuše. Trasiranjem podzemne vode iz područja Krotuše, dokazana je veza s izvorom Modro Oko (s desne strane Neretve) i okolnim manjim izvorima, ali

ne i s izvorom Klokun uz Baćinska jezera. U kišnom razdoblju godine dotoci vode su znatno veći od kapaciteta ponora pa nastaju pretponorske retencije, koje se šire i poplavljuju veći dio polja te je na taj način donji dio Vrgoračkog polja poplavljen i preko 30 dana godišnje. Prokopanim kanalom iz Krotuše voda se dovodi u tunel betoniranog dna, dugačak 2 120 m, kojim otječe u Baćinska jezera. Djelomičnom izgradnjom melioracijskih kanala, brana i regulacijom donjeg dijela vodotoka, kao i izgradnjom odvodnih tunela nije riješen problem poplavnih voda u Vrgoračkom polju. Dotjecanje u kišno doba godine znatno je veće od propusne moći i prirodnih ponora i odvodnog tunela od Krotuše do Baćinskih jezera.

U priobalju jezera Oćuša nalaze se 3 stalna i 2 povremena izvora. U Plitko jezero ulazi voda iz izvora Klokun. Izvor Klokun smješten je cca 220 m istočno od Baćinskih jezera na nadmorskoj visini od oko 1,5 m. Izvor je kaptiran za vodoopskrbu Ploča. Hidrogeološki odnosi u zaleđu Baćinskih jezera i izvora Klokun vrlo su složeni. Najdublje recentno okršavanje se zbilo krajem pleistocena kada su se formirale depresije i Vrgoračko polje i Baćinska jezera. Najveća današnja dubina jezera iznosi 34 m (Crniševo) pa je i dubina okršavanja morala biti sigurno do te dubine i dublje s obzirom na tadašnju razinu mora. Uzdizanjem razine mora u kvartaru promijenili su se i hidrološki uvjeti. Dolazi do „zagušenja“ najdubljih „kanala“, a u depresijama se talože sitnozrnati (pelitični) slabopropusni sedimenti. Lokalno su se zadržale veze kroz okršenu karbonatnu podlogu. lako nije dokazana direktna veza vode Klokuna i Baćinskih jezera, ona sigurno postoji. Za pretpostaviti je da je izvor Klokun jedan od „odušaka“ u povezanosti podzemne vode s morem. Prekid je uvjetovan jezerskim glinovitim naslagama.

Uz zapadnu obalu Crniševa, nalazi se izvor Mindel, koji zaslanjuje jezero. U tom je jezeru izmjerena povećana koncentracija klorida. Za potrebe projekta „CC Waters“ (Koeck, 2012), analizirane su vode Baćinskih jezera (tablice 5 i 6), te je utvrđen ujednačen pH u svim jezerima, te izvorima Klokun, Modro Oko, Mindel, Butina.

Tablica 5 Kemijske karakteristike vode u jezeru Crniševo, izmjerene na dva profila stupca vode (preuzeto iz Koeck, 2012).

PROFIL I	**T**	**EC**	**Salinitet**	**TDS**	**pH**
Dubina	**°C**	**µS/cm**	**‰**	**mg/l**	
1 m	9,9	529	0,26	354	10,47
5 m	9,9	554	0,27	370	8,87
10 m	8,2	779	0,38	523	8,24
15 m	7,5	854	0,41	572	8,59
18 m	7,5	873	0,42	585	4,83
20 m	7,6	910	0,44	608	4,87
25 m	7,8	961	0,46	644	4,88
dno na 25,89 m					

PROFIL II	**T**	**EC**	**Salinitet**	**TDS**	**pH**
Dubina	**°C**	**µS/cm**	**‰**	**mg/l**	
1 m	9,9	553	0,27	370	6,15
5 m	9,9	555	0,27	372	5,79
10 m	8	755	0,36	504	4,78
15 m	7,5	835	0,4	560	4,86
20 m	7,6	899	0,43	603	4,96
26 m	7,7	955	0,46	640	4,97
dno na 26,18 m					

Tablica 6 Kemijske karakteristike vode Baćinskih jezera i susjednih izvora (preuzeto iz Koeck, 2012).

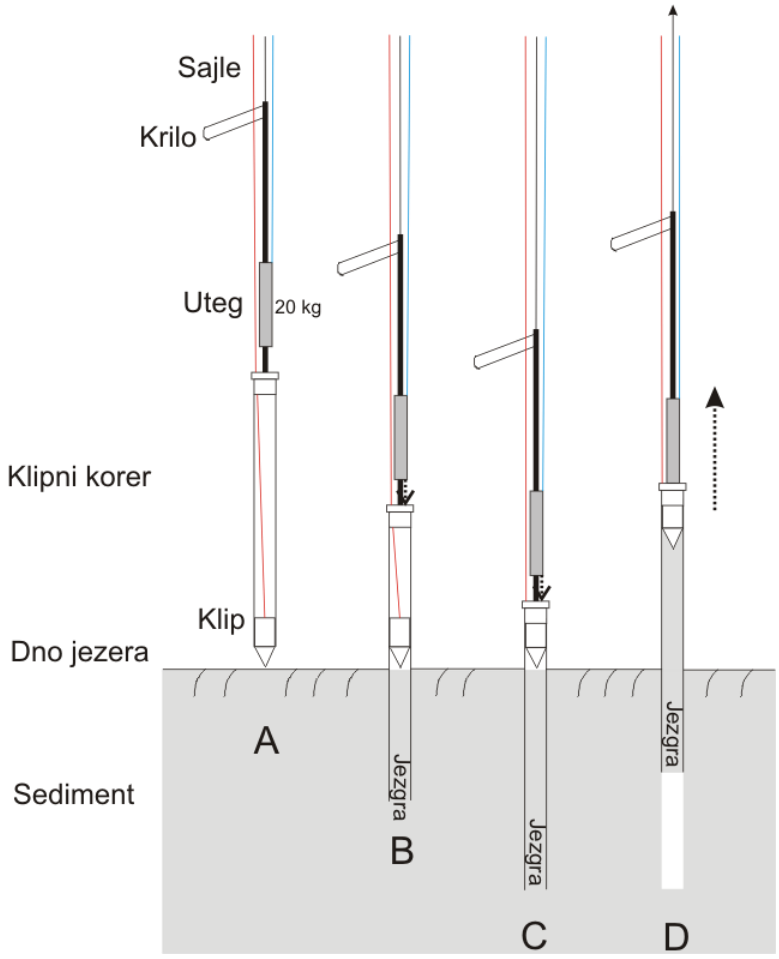
Mjesto i datum uzorkovanja (mjesec-godina)	EC µS/cm	TDS mg/l	T °C	pH	O_2 %	O_2 mg/l	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	Na^+ mg/l	K^+ mg/l	HCO_3^- mg/l	Cl^- mg/l	SO_4^{2-} mg/l	NO_3^- mg/l	NH_4^+ mg/l	PO_4^{3-} mg/l
Crniševo-1m (03-10)	553	370	9,9	7,15			71,8	6,7	38	1,9	188	76,2	34	0,5	0,06	0,04
Crniševo-5m (03-10)	555	372	9,9	5,79			54,8	4,5	43,2	2,1	150	81,4	28	0,5	0,07	0,06
Crniševo-10m (03-10)	755	504	8	4,78			72,6	9,7	66,6	2,8	188	144	42	0,9	0,09	0,08
Crniševo-15m (03-10)	835	560	7,5	4,86			80,8	22,8	91,6	3,3	256	192	50	0,8	0,04	0,03
Crniševo-20m (03-10)	899	603	7,6	4,96			77,4	15,9	79,4	3,2	252	134	44	1,1	0,1	0,03
Vrnik (03-10)	874	612	8,1	7,93	74	8,5	68,6	26,9	83,6	4,9	248	166	48	1,1	0,01	0,06
Mindel (03-10)	500	335	10,1	7,39			66,4	4,5	28	1,6	170	44	30	0,8	0,05	0,08
Očuša (03-10)	301	201	11,6	7,98			62	1,4	0,7	0,6	188	2,4	8,8	0,7	<0,01	0,02
Podgora (03-10)	306	205	11,8	7,54			60	1,3	0,7	0,6	188	2,2	9,7	0,7	<0,01	0,02
Plitko (03-10)	329	221	11,9	7,95			60	1	0,7	0,6	188	2,7	7,3	0,7	0,02	0,08
Sladinac (03-10)	298	200	11,5	8,1			57,8	1,2	0,7	0,5	164	2,7	8,3	0,7	<0,01	0,02
Klokun (03-10)	324	227	12,1	7,68	68	7,2	55,4	1	0,8	0,6	164	2,8	8,1	0,8	<0,01	<0,01
Modro Oko (03-10)	335	235	11,6	7,64	77	8,4	69	1,6	1,4	0,6	184	3,6	11,9	0,8	<0,01	<0,01
Dolazni tunel (03-10)	304	213	11,5	8,01	82	8,8	52	1,2	1	0,5	164	2,8	10,7	0,6	<0,01	0,01
Izlazni tunel (03-10)	300	210	11,3	8	85	9,3	60	1,3	1,5	0,5	170	3	8,6	0,6	<0,01	0,02
Mandina mlinica (03-10)	294	206	12,8	7,71	104	10,9	50,8	1	2	0,5	160	4,2	4,2	0,6	<0,01	<0,01
Klokun (10-10)	454	318	14,2	7,63	69	6,9	51,8	4,8	3	0,7	140	3	37,2	2	0,07	<0,01
Modro Oko (10-10)	473	331	14,2	7,51	67	6,8	51,8	5,8	3,4	0,8	140	3,5	42	2,3	0,08	<0,01
Butina (10-10)	473	331	13,7	7,37	57	5,8	55,6	4,8	4,3	1,5	144	11,2	42,2	2,1	0,07	<0,01
Mandina mlinica (10-10)	436	305	13,8	7,54	63	6,5	49,5	4,4	13,6	1,6	140	23,4	20,1	1,3	0,08	0,01
Mindel (10-10)	2294	1538	14,3	8,07	84	7,8	87,4	40	244	21,1	254	485	87,8	1,8	0,09	<0,01
Crniševo-1m (10-10)	2530	1697	14,5	7,98	79	7,2	83,8	46,9	272	23,9	256	554	82,2	0,5	0,21	0,06
Crniševo-5m (10-10)	2519	1687	14,5	8,04	79	7,3	83,9	50,8	254	30,9	260	549	71,3	0,5	0,13	<0,01
Crniševo-10m (10-10)	2523	1689	14,3	8,06	80	7,4	81,8	48,2	240	25,5	260	513	102	3,6	0,09	<0,01
Crniševo-15m (10-10)	3057	2048	13,7	7,52	33	3,1	84,7	52,9	284	25,7	268	560	94,4	2,5	0,04	<0,01
Crniševo-20m (10-10)	3313	2221	13,3	7,45	4	0,5	89	49,4	384	27,7	278	754	108	0,2	0,1	0,01
Crniševo-25m (10-10)	11160	7816	11,6	7,12	0,7	0,07	94,4	53,6	1178	34,4	290	1973	96,4	0,1	0,11	<0,01
Očuša-1m (10-10)	482	310	13,2	7,93	90	8,6	53,8	6,2	9,6	1,1	148	18,7	44,6	2,2	0,08	<0,01
Očuša-10m (10-10)	462	301	12,8	7,88	88	8,5	43,2	5,4	8,9	1,1	138	17,3	42,6	2,1	0,08	0,01
Podgora-1m (10-10)	404	271	12,1	7,73	87	8,5	52,4	3,4	4,8	0,9	146	5,6	40,6	2,2	0,06	<0,01
Podgora-5m (10-10)	403	270	12,1	7,72	87	8,5	50,8	3,4	4,3	0,9	140	5,6	40,1	2,2	0,06	<0,01
Plitko1 (10-10)	432	289	13,7	7,49	79	7,5	56	3,2	4,8	0,8	150	5,9	38,6	1,7	0,07	<0,01
Plitko2 (10-10)	434	291	13,5	7,45	75	7,1	56	4	4,5	0,9	150	5,6	49,3	2,1	0,07	0,14
Sladinac-1m (10-10)	592	354	13,3	8,03	89	8,5	56,4	7,6	12,6	1,2	150	24,6	59	2,3	0,06	<0,01
Sladinac-10m (10-10)	524	351	13,1	8	83	7,9	56,4	7	12,9	1,2	150	23,4	58,8	2,2	0,07	<0,01

3. Metode istraživanja

3.1. Terenske metode

Terenska istraživanja u jezerima i slivnim područjima prilagođena su vrsti sedimenata koji se uzorkuje. Jezgre sedimenata u jezerima uzorkovane su pomoću istraživačke platforme HGI-a „Q2“ (slika 35, 36), na koju je postavljen klipni korer *(Piston Corer „Niederreiter“, UWITEC).* Cijev ima promjer 60 mm. Bokanjačko blato uzorkovano je pomoću udarne bušilice *(Eijkelkamp)* i odgovarajućeg pribora za prikupljanje neporemećenih uzoraka tla. Promjer cijevi je 100 mm.

Klipni korer je 3 m duga, teška cijev, koja je preko sajli i vitla povezana s tronožnim tornjem, koji se nalazi na aluminijskoj pontonskoj platformi (3x4 m). Ovaj tip klipnog korera *(Livingstone)* omogućuje vađenje dugačkih jezgri sedimenata, koji ostaje neporemećen (Glew et al., 2001). Klipni korer spušta se pomoću sajli do dna jezera kako bi se izvukao muljeviti jezerski sediment (slika 35). Klipni korer sastoji se od klipnog mehanizma. Način na koji klip funkcionira može se usporediti sa slamkom u vodi – ako stavimo prst na vrh slamke, a zatim izvučemo slamku, voda ostaje zarobljena unutar slamke. Slično tome, kad je korer utisnut u sediment, klip zakočen, udaranjem utegom na korer, utiskuje se u sediment i on u njega ulazi, a klip na dnu korera ostaje na mjestu gdje je zakočen i daljnjim bušenjem djeluje kao „čep“, odnosno stvara se podtlak i na taj način se zadržava sediment u koreru.



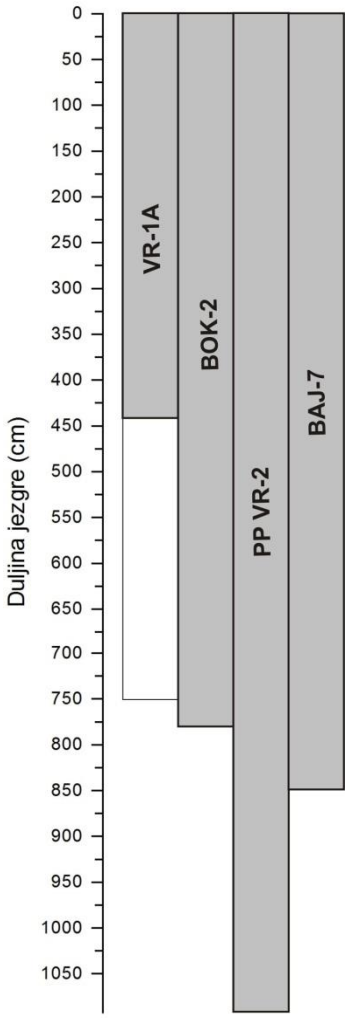
Slika 35 Funkcioniranje klipnog korera: A) spuštanje klipnog korera do dna jezera, krilo na šipki s utegom služi za stabilizaciju; B) bušenje sedimenata nakon što se klip zakoči, stvara se podtlak i korer sa cijevi se puni sedimentom, C) bušenje traje dok se cijev potpuno ne ispuni sedimentom, D) izvlačenje klipng korera na površinu pomoću sajle klipnog korera. Modificirano prema Glew et al. (2001).

U klipni korer je umetnuta plastična cijev u koju ulazi neporemećeni sediment. Dugačka je 3 m kao i korer,. Sustav je opremljen sajlama (3 sajle) s kojima se klipni korer može spustiti do oko 80 m dubine. Na jednu sajlu pričvršćen je klipni korer preko šipke na kojoj se nalazi uteg (crne boje na slici), na drugoj sajli privezan je uteg (1 uteg ima 20 kg, može se dodati i drugi pa je opterećenje 40 kg), s kojim se naizmjeničnim udarcima buši sediment (plava boja), dok je trećom sajlom pričvršćen klip (crvene boje). Klipni korer može se spojiti sa šipkama, s kojima se može izvaditi do 20 m neporemećenih jezgara sedimenta. Jezgre se prenose i pohranjuju u laboratorij u cijevima dužine do 3 m. Na taj su način uzorkovani sedimenti iz Vranskog jezera na Cresu, Vranskog jezera kod Biograda i Baćinska jezera (Crniševo). Uzorkovanje jezerskih sedimenata i slivnih područja jezera obavljeno je tijekom 2010. i 2011. godine (tablica 7, slika 37).

Slika 36 Istraživačka platforma HGI-a „Q2“.

Tablica 7 Popis jezgri sedimenata korištenih u istraživanju.

Lokacija	Naziv jezgre	Dubina vode (m)	Nadmorska visina (m)	Duljina jezgre (cm)	Način uzorkovanja	Datum	Gauss Krügerove koordinate (GK)	
							X	Y
Vransko jezero, Cres	VR-1A	54	13	0-164 164-457 457-750	Klipni korer	17.06.2010.	5452001	4967524
Bokanjačko blato	BOK-2	-	19	780	Udarna bušilica	15.07.2010.	5519983	4892709
	BOK-S015-10-3	-	18,65	2300	Rotaciona bušilica	30.03.2010.	5519982	4892706
Vransko jezero, Biograd	PP VR-2	3,3	0	0-294 294-594 594-860 860-1101	Klipni korer	14.06.2011.	5548708	4859135
Baćinska jezera, Crniševo	BAJ-7	26	0	0-292 292-589 589-850	Klipni korer	26.10.2010.	6452256	4770212



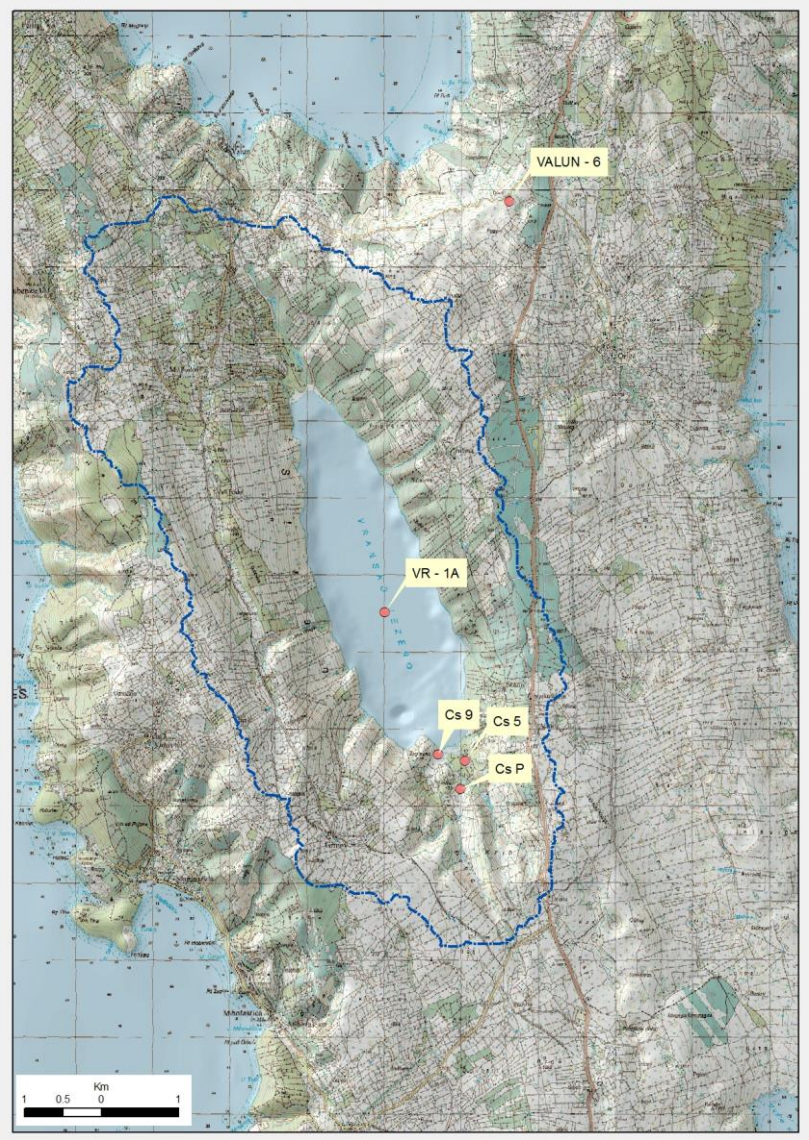
Slika 37 Usporedba duljina uzorkovanih jezgri sedimenata: VR-1A 0-750 cm, od čega je do 440 cm korišteno u ovom istraživanju; BOK-2 0-780 cm, PP VR-2 0-1101 cm; BAJ-7 0-850 cm.

3.1.1. Vransko jezero na Cresu i njegovo slivno područje

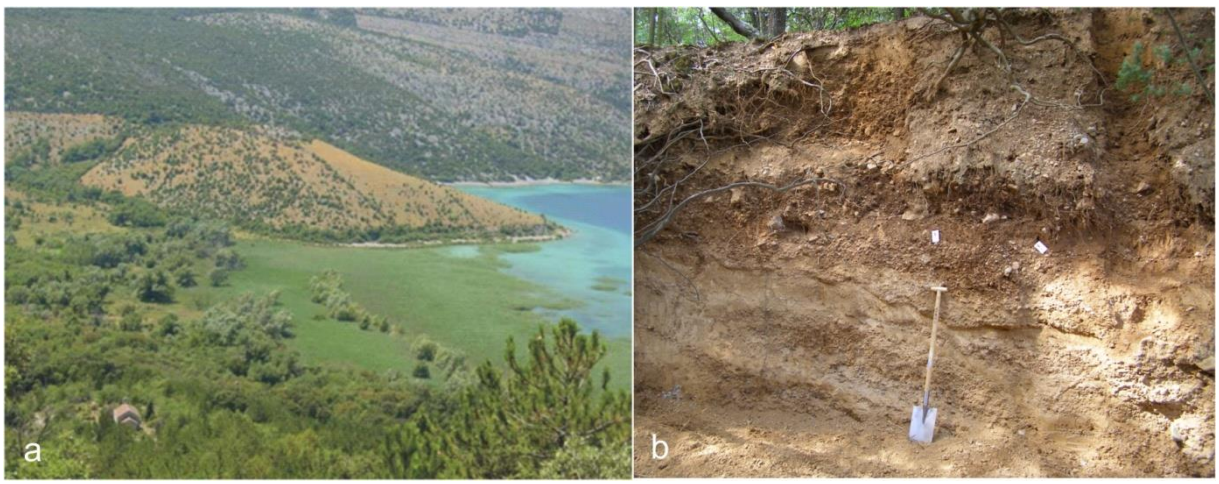
Sedimenti Vranskog jezera na Cresu uzeti su s dubine vode od 54 m. Ukupno je izvađeno 750 cm jezgre sedimenata. Lokacija bušenja prikazana je na slici 38, zajedno s mjestima uzorkovanja u slivu (Topografska karta 1:25000, TK25; Državna geodetska uprava, DGU). Slivno područje uzorkovano je tako da se prikupe uzorci karakterističnih tala, koja bi mogla biti izvor sedimenata u jezeru (tablica 8). Na južnom dijelu jezera karakteristična je pojava aluvijalnih lepeza koje prelaze u deltu, gdje se taloži materijal koji nose bujični tokovi s ogoljelog dolomitično vapnenačkog prostora i gdje su se razvili jarci kanjonskog tipa. U bujičnom koritu povremenog potoka, na oko 25 m n.n, uzorkovan je profil tla Cs-P (slika 39), koji predstavlja koluvij (sediment koji nastaje ispiranjem s viših terena bujičnim vodotocima). Uzorkovalo se u intervalu od 2 cm, a profil se može podijeliti na gornje smeđe dolomitizirano tlo do oko 40 cm (CsP 4-6 cm), zatim slijedi sloj tla s komadićima keramike od 170-188 cm (Cs-P 174-176 cm), ispod kojeg ponovno slijedi smeđe tlo te u donjem dijelu profila ispod 228 cm žućkasti sitnozrnati sediment sličan lesu (lesoliki sediment). Lesoliki sediment se prostire do kraja profila, odnosno 340 cm. Uz samo jezero, u južnom dijelu, uzorkovani su bušenjem u prethodnim istraživanjima profili Cs-5 i Cs-9 (Mesić et al., 2007), od kojih su po 2 uzorka iz svake jezgre napravljene pojedine analize, dok su rezultati kemijske analize cijele jezgre korišteni u ovom istraživanju. Jezgra Cs-9 nalazi se u vršnom dijelu aluvijalne lepeze, čini poplavni nanos uz sam rub jezera, nalazi se na oko 12 m n.m. Jezgra Cs-5 nalazi se u aluvijalnoj lepezi, na oko 15 m n.m. i nastavak je povremenog potoka, iz kojeg je uzorkovan profil Cs-P. Profil Cs-5 izgrađen je od crvenice, dok se profil Cs-9 sastoji od erodirane stijene dolomita u gornjem dijelu i erodiranog tla u donjem dijelu jezgre. Na sjeverozapadnom dijelu jezera u velikoj paleodepresiji uz prometnicu Valun-Cres, ranije je uzeto desetak uzoraka tla do dubine 930 cm (Mesić et al., 2007). U ovom istraživanju korišten je jedan reprezentativan uzorak (VALUN-6). Iako je položaj uzorka VALUN-6 izvan granica površinskog sliva, uključen je u istraživanje zbog toga jer takav materijal također mogao biti izvor sedimenata u jezeru.

Tablica 8 Popis uzoraka iz slivnog područja Vranskog jezera na Cresu.

Uzorci	Gauss Krügerove koordinate (GK)		Opis uzoraka
	X	Y	
Cs-P 4-6 cm	5452987	4965230	Koluvij, smeđe tlo
Cs-P 42-44 cm			Koluvij, smeđe tlo
Cs-P 120-130 cm			Koluvij, smeđe tlo s klastima
Cs-P 174-176 cm			Koluvij, smeđe tlo, sloj s keramikom
Cs-P 218-220 cm			Koluvij, smeđe tlo
Cs-P 228-230 cm			Koluvij, smeđe tlo, prijelaz u les na 228 cm
Cs-P 230-232 cm			Lesoliki sediment
Cs-P 236-238 cm			Lesoliki sediment
Cs-P 246-248 cm			Lesoliki sediment
Cs-P 278-280 cm			Lesoliki sediment s klastima
Cs-P 304-306 cm			Lesoliki sediment
Cs-P 312-314 cm			Lesoliki sediment s klastima
Cs-P 330-340 cm			Lesoliki sediment s klastima
Cs-5 108-110	5453049	4965598	Crvenica
Cs-5 506-514			Crvenica
Cs-9 265-270	5452701	4965684	Erodirana stijena dolomita
Cs-9 433-438			Erodirano tlo
VALUN-6	5453619	4972861	Crvenica paleotlo



Slika 38 Topografska karta Vranskog jezera na Cresu (TK25, DGU), s naznačenim granicama sliva, te lokacijama bušenja u jezeru i uzorkovanja u slivnom području.



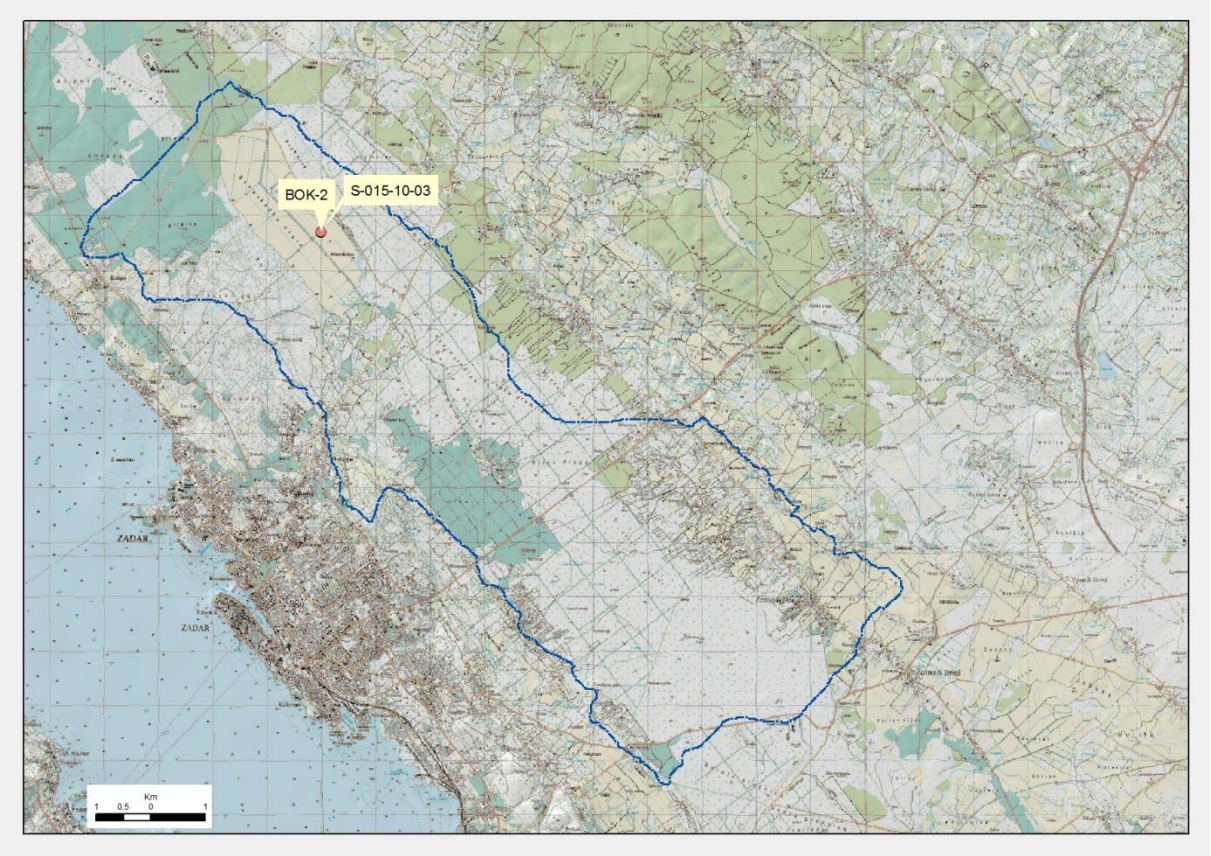
Slika 39 a) Aluvijalna lepeza na južnom dijelu Vranskog jezera, gdje se nalaze bušotine Cs-5 i Cs-9, b) profil Cs-P u koritu povremenog potoka na južnom dijelu Vranskog jezera.

3.1.2. Bokanjačko blato i njegovo slivno područje

Bokanjačko blato danas je meliorirano polje, kanalizirano za poljoprivrednu proizvodnju. Bokanjačko blato nalazi se na nadmorskoj visini od 17 do 20 m. Bušenje je provedeno udarnom bušilicom u jugoistočnom dijelu terena, na 19 m n.m. (slika 40). Ukupno je izvađeno 780 cm jezgre (jezgra BOK-2).

U istraživanju je korištena jedna jezgra Bokanjačkog blata (BOK-S015-10-3) koju je bušila tvrtka Geokon iz Zadra. Bušenje je izvršeno pomoću rotacione bušilice s isplakom. Dubina te jezgre iznosi 23 m, a analizirana je od 8 do 23 m, kao nastavak jezgre BOK-2.

Jezgre sedimenata BOK-2 i BOK-S015-10-3 nalaze se jedna pored druge.

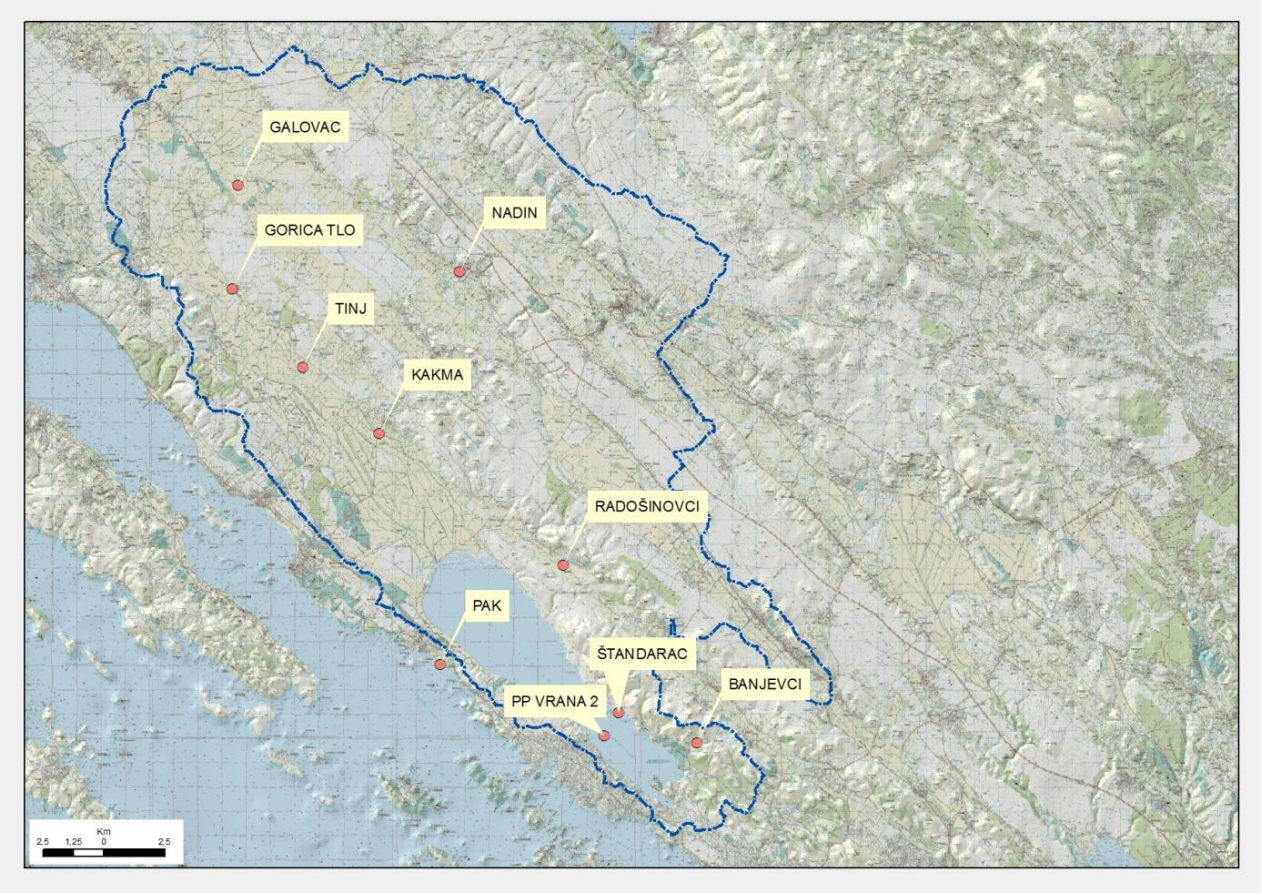


Slika 40 Topografska karta Bokanjačkog blata (TK25, DGU), s granicom sliva i lokacijom bušenja u polju.

3.1.3. Vransko jezero kod Biograda i njegovo slivno područje

U Vranskom jezeru kod Biograda izvađeno je 1101 cm sedimenta, s dubine vode od 3,3 m (slika 41).

U slivnom području uzorkovana su karakteristična tla, na području Galovca, Gorice, Nadina, Tinja, Kakme, Radošinovaca, Štandarca, Banjevca i Pakoštana (PAK) (tablica 9). Uzorci Gorica, Banjevci i Štandarac su crvenice. Uzorak Gorica je uzet uz sam rub ceste, na otvorenom profilu u Vranskom polju. Uzorak Banjevci je tlo uzeto u siparišnom dijelu, istočno od jezera, a kod Štandarca se uz sam rub jezera uočava recentna erozija, tj. ispiranje i transport tih sedimenata u jezero (slika 42). Kod Galovca (S dio polja) i Tinja (srednji dio polja) su flišni profili u Vranskom polju, dok se fliš Radošinovci nalazi SI od jezera. Na profilu Kakma u srednjem dijelu Vranskog polja (nadmorska visina 18 m) uzorkovan je sediment kraj bunara kojeg lokalno stanovništvo koristi za navodnjavanje poljoprivrednih površina. Profil sedimenata je dubok 320 cm. Prvih 30 cm čini humus, a nakon toga se nalazi tamni jezerski sediment do 110 cm, kad dolazi do kontakta sa sedrom. Sedra se nalazi u sloju debelom 16 cm, od 110 do 126 cm, te je djelomično očuvana, mogu se primijetiti cijevčice različite veličine i debljine, te je sedra šupljikava. Ispod sedre pojavljuje se sloj s povećanim udjelom ljuštura školjaka i puževa te organskog materijala (127-145 cm). Od 145 cm do dna profila nalazi se svijetli jezerski sediment. Lesne naslage u Pakoštanima nalaze se na samoj obali i uzdižu se gotovo vertikalno (uz more) do visine oko 8 m. U donjem dijelu naslaga nalazi se crvenica, koja prelazi u lesne naslage prema vrhu profila.



Slika 41 Topografska karta Vranskog jezera kod Biograda (TK25, DGU) s granicama slivnog područja i lokacijama bušenja u jezeru te uzorkovanja.

Tablica 9 Popis prikupljenih uzoraka iz slivnog područja Vranskog jezera, Biograd.

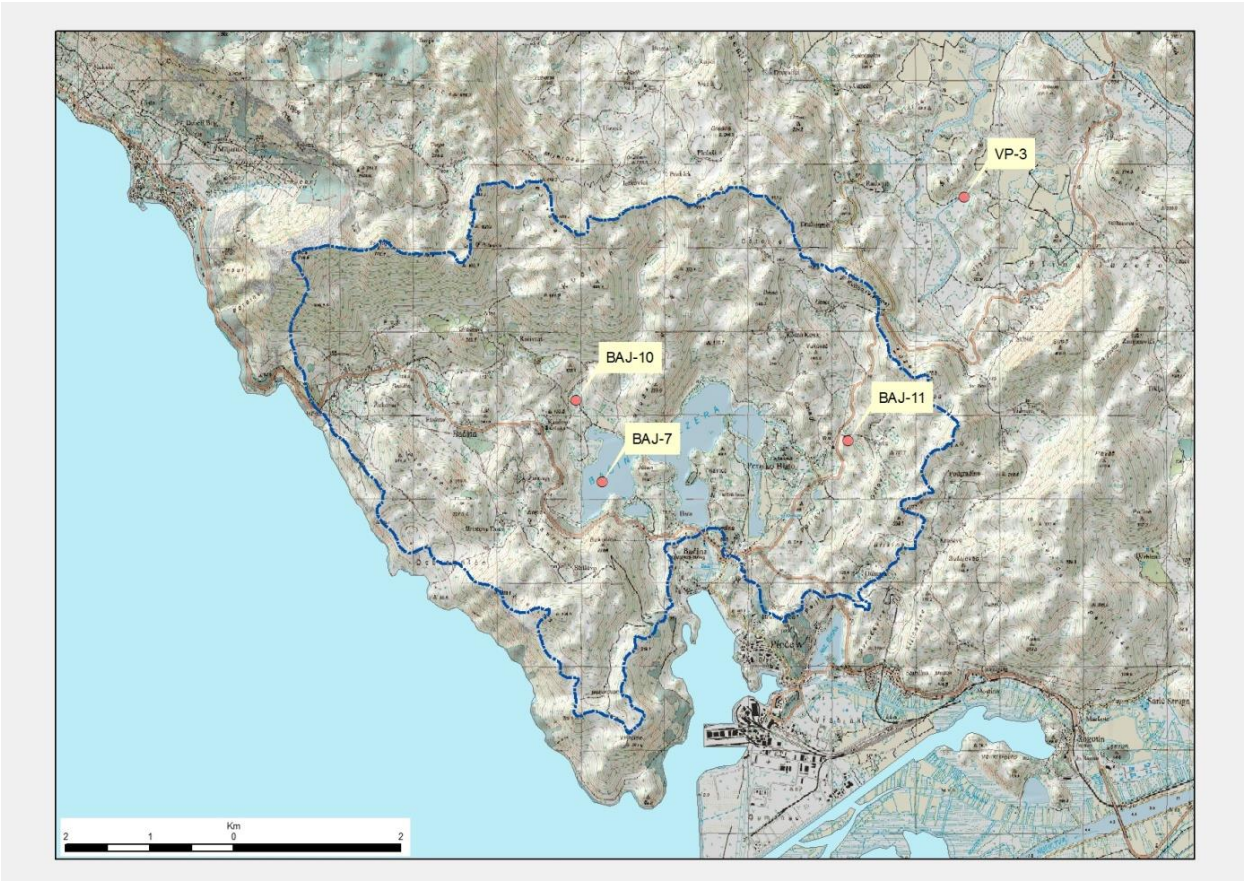
Uzorci	Gauss Krügerove koordinate (GK)		Opis uzorka
	X	Y	
NADIN 0-10	5542743	4878255	Jezerski sediment, fluvisol
TINJ TLO 0-25	5536298	4874303	Smeđe tlo
TINJ LAPOR			Lapor
GORICA TLO	5533394	4877531	Crvenica
GALOVAC LAPOR	5533620	4881797	Lapor
GALOVAC TLO			Smeđe tlo na flišu
GALOVAC PJESC.			Pješčenjak
BANJEVCI	5552525	4858843	Crvenica
STANDARAC 1	5549312	4860095	Crvenica
STANDARAC 3			Crvenica
STANDARAC 4			Crvenica
RADOSINOVCI LAPOR	5547006	4866161	Lapor
RADOSINOVCI 50-70			Crvenica
RADOSINOVCI 250-270			Crvenica
KAKMA 30-60	5539437	4871578	Jezerski sediment, fluvisol
KAKMA 135-145			Jezerski sediment, fluvisol
KAKMA 200-220			Jezerski sediment, fluvisol
PAK 0-15	5541964	4862069	Crvenica
PAK 500-520			Lesne naslage
PAK 620-640			Lesne naslage

Slika 42 Mjesta uzorkovanja u okolici Vranskog jezera kod Biograda, a) Gorica, b) Nadin, c) Kakma, d) Štandarac, e) Pakoštane.

3.1.4. Baćinska jezera (Crniševo) i njegovo slivno područje

Baćinska jezera čine skup od 6 spojenih i 1 odvojenog jezera, a u ovom istraživanju korištena je jezgra iz najdubljeg jezera Crniševo, u kojem je izbušeno 850 cm sedimenata (slika 43). Jezgra je izvađena s dna gdje je dubina vode 26 m.

U svrhu utvrđivanja porijekla jezerskih sedimenata uzorkovana je jezgra uz jezero Crniševo (BAJ-10), tlo dalje od jezera (BAJ-11), te sedimenti iz Vrgoračkog polja. Kraj jezera Crniševo uzorkovana je pomoću udarne bušilice jezgra BAJ-10 (slika 44), u kojoj se vidi slijed naslaga od smeđeg tla prema starijim, pedogenetski jače izmijenjenim crvenicama u dubljim dijelovima profila. Duljina jezgre je 205 cm. Uzorak tla BAJ-11 uzet je iz pukotine u vapnencima, uz cestu istočno od Baćinskih jezera. U Vrgoračkom polju uzorkovani su sedimenti iz predjela Krotuše (JI dio polja), u kojem se nalaze ponori (slika 45). Uzorkovano je na profilu tla VP-3, do dubine 550 cm. Gornji dio tog profila je jezerski sediment (fluvisol), dok se u dubljim dijelovima nalazi tlo i crvenica. Crvenice ispod jezerskog sedimenta čine najjdublji dio Vrgoračkog polja. Karakteristike sedimenata Vrgoračkog polja su važne, ako promatramo ovo područje kao morfološki slijed krških polja u tom području (Rastok i Vrgoračko polje), koji su međusobno povezani podzemnom vodom i tunelom s Baćinskim jezerima, te je moguće da sedimenti Baćinskih jezera imaju sličan sastav sedimentima iz tih polja. Popis uzorkovanih uzoraka prikazan je u tablici 10.



Slika 43 Topografska karta Baćinskih jezera (TK25, DGU), s granicama sliva i lokacija bušenja u jezeru Crniševo te uzorkovanja u okolici.

Tablica 10 Popis prikupljenih uzoraka iz slivnog područja Baćinskih jezera i iz Vrgoračkog polja.

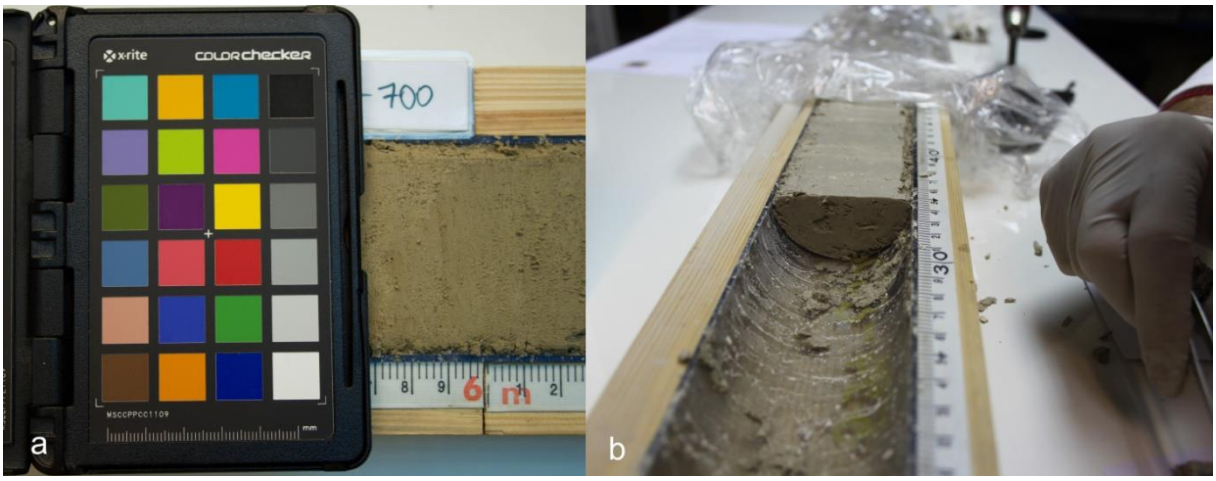
Uzorci	Gauss Krügerove koordinate (GK)		Opis uzorka
	X	Y	
BAJ-10 10-20	6451943	4771182	Smeđe tlo
BAJ-10 40-50			Smeđe tlo
BAJ-10 90-100			Crvenica
BAJ-10 140-150			Crvenica
BAJ-10 195-205			Crvenica
BAJ-11 PERKA	6455197	4770705	Crvenica
VP-3 0-30	6456582	4773615	Jezerski sediment, fluvisol
VP-3 50-100			Jezerski sediment, fluvisol
VP-3 150-200			Jezerski sediment, fluvisol
VP-3 250-275			Jezerski sediment, fluvisol
VP-3 350-370			Smeđe tlo
VP-3 500-550			Crvenica

Slika 44 Uzorkovanje uz jezero Crniševo (Baćinska jezera) pomoću udarne bušilice i prikaz dijela profila (BAJ-10), dublji dio s crvenicom.

Slika 45 Uzorkovani JI dio Vrgoračkog polja, a) ponorna zona i detaljniji prikaz, b) profil VP-3: jezerski sediment do 3 m i crvenica u dubljem dijelu.

3.2. Laboratorijske metode

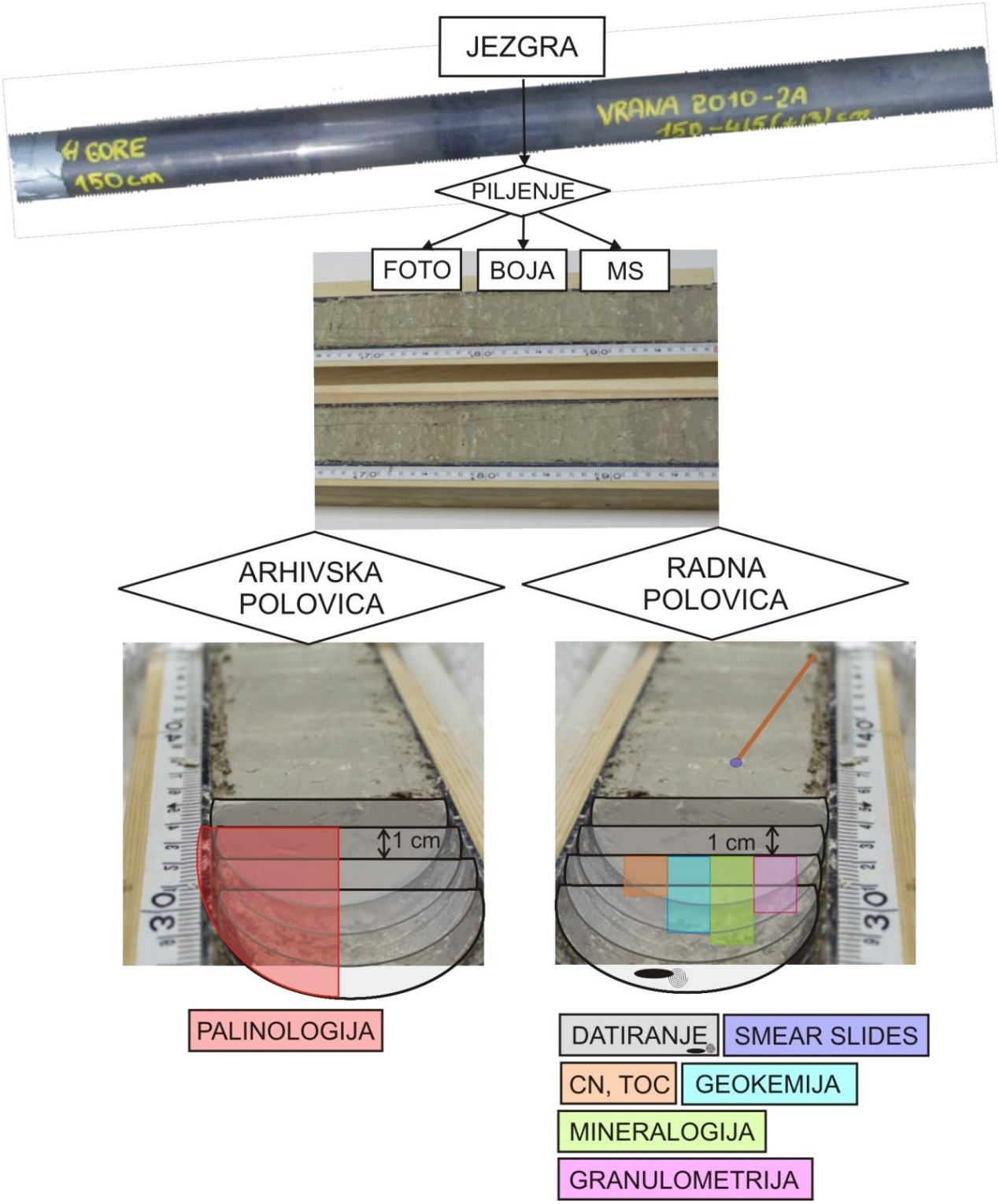
Priprema uzoraka za analizu napravljena je prema standardiziranom postupku pripreme jezgri sedimenata dobivenih u cijevima za bušenje. Cijevi se prvo moraju uzdužno prepiliti na 2 dijela, sediment se odvoji pomoću plastične niti (flaksa) debljine oko 0,3 mm, te se potom polovice stavljaju u metarske kalupe. Prvi korak pri istraživanju jezgri sedimenata jest vizualni opis jezgre, koji obuhvaća fotodokumetiranje prerezane jezgre (slika 46). Fotografiralo se pomoću fotoaparata Canon EOS 500D sa stalkom i uključenim reflektorom za osvjetljavanje. Istovremeno je uz svaku odrezanu jezgru fotografirana paleta za kalibraciju *X-Rite ColorChecker Passport* (X-Rite, Incorporated, 2009), pomoću koje se su se dobivene fotografije (u RAW formatu) kalibrirale u programu *Lightroom* (Adobe Photoshop Lightroom 3.3). Koristeći paletu boja *X-Rite ColorChecker Passport,* Lightroom kalibrira fotografije na način da stvara kalibracijski spektar koji se primijenjuje za odabrane fotografije.



Slika 46 a) Fotografirana jezgra s paletom za kalibraciju *X-Rite ColorChecker Passport*; b) Uzorkovanje polovice jezgre.

Nakon toga se jedna polovica jezgre prekriva tankom plastičnom folijom te se mjeri spektralna analiza boje i magnetski susceptibilitet. Potom slijedi uzorkovanje rezolucijom od 1 cm (slika 46), pri čemu se jedna polovica arhivira, dok se druga koristi za detaljan opis jezgre. Opis jezgre uključuje utvrđivanje intervala s promjenama boje i određivanje boje prema Munsellu. Jezgra se pregledava i za odabiranje materijala pogodnog za datiranje radioaktivnim ugljikom, te su izdvajani odlomci ili cijele ljušture puževa ili školjaka, biljaka, korijena, sjemenki, ugljena. Također se uzima dio uzorka, vrlo mala količina pomoću vrha čačkalice, za izradu „smear slideova“, razmazanih preparata nekonsolidiranih sedimenata za mikroskopiranje. Uzorci se potom suše na temperaturi od 40°C u sušioniku, te se usitnjavaju u ahatnom tarioniku. Nakon toga su uzorci spremni za daljnje analize: za granulometrijske analize (za koje se koristio neusitnjen uzorak), kemijske analize (1,5 + 1 g), te mineraloške analize ukupnih (bulk) uzoraka, netopivih ostataka i detaljne analize minerala glina (po 1 g iz svakog uzorka, a za potrebe veće količine uzoraka centimetri su se spajali). Uzorci za palinološke analize uzimaju se iz arhivirane polovice (polovica unutar 1 cm). Sve analize učinjene su u Hrvatskom geološkom institutu, osim onih kod kojih je posebno istaknuto gdje su napravljene.

Shema pripreme uzoraka i metodologije sedimenata u jezgrama prikazana je na slici 47.



Slika 47 Shema pripreme jezgre za analize, detalji su opisani u tekstu.

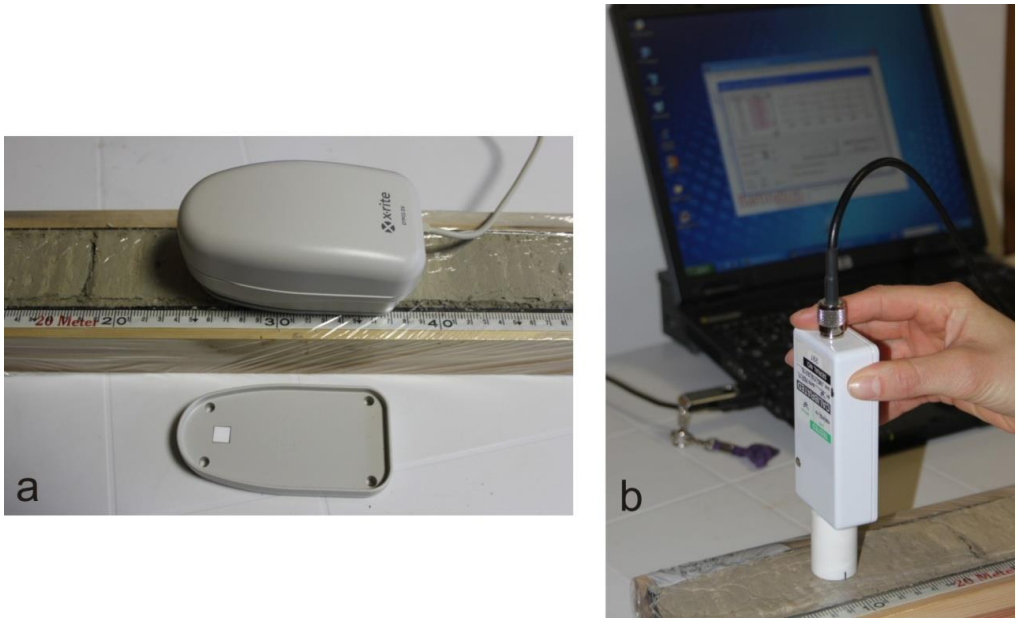
3.2.1. Spektralna analiza boje i određivanje boje prema Munsellu

Boja je jedan od parametara koji se određuje na jezgrama odmah nakon dijeljenja na dvije polovice, kako ne bi došlo do promjene boje prilikom izloženosti zraku. Boja je mjerena u centimetarskom intervalu pomoću ručnog spektrofotometra, *X-Rite DTP22/Digital Swatchbook* (slika 48), s promjerom otvora 6 mm, Spektrofotometar mjeri reflektiranu svjetlost s površine sedimenta, s rasponom valnih duljina od 400 do 700 nm (vidljivi spektar). Uređaj se kalibrira pomoću standarda bijelog opala *(„white opal")*, koji se koristi zbog činjenice da je reflektirana svjetlost bijelog standarda kombinacija svih valnih duljina. Reflektirani spektar opisuje boju uzorka koji se skenirao te se ti spektralni podaci konvertiraju u prostor boje *(„space color")* CIE *L*a*b.* Model CIE *L*a*b* (CIELAB) je najkompletniji prostor boje određen prema međunarodnoj komisiji za osvjetljenje („*Commission Internationale de l'Eclairage")* i opisuje sve boje vidljive ljudskom oku kao trodimenzionalan model. Parametar L* definira svjetlinu i ima raspon od 0 (crno) do 100 (bijelo). Parametar a* odnosi se na varijaciju u crvenoj i zelenoj boji i ima raspon od +60 (crveno) do -60 (zeleno). Parametar boje b* definira varijaciju žute i plave boje i također ima raspon od +60 (žuto) i -60 (plavo). U teoriji ove analize stoji činjenica da uzorak ne može biti u isto vrijeme zelen i crven, niti plav i žut. Kao rezultat toga, pojedinačne vrijednosti mogu se koristiti za opis odnosa crveno/zeleno i žuto/plavo. Parametar L* može poslužiti kao indikator udjela organskog ugljika (niže vrijednosti – tamnija boja i povećana koncentracija organskog ugljika) i karbonata (više vrijednosti – svjetlija boja i više karbonata) (Balsam et al., 1999), parametar a* na povećanu koncentraciju Fe-minerala, crvenih kao što je hematit (St-Onge et al., 2007), dok parametar b* može ukazivati na reduktivne i anoksične uvjete, te prema tome varijaciju u udjelu dijatomeja i organske tvari (Debret et al., 2006). Varijacije boje kroz jezgru mogu se koristiti za stratigrafiju i korelaciju promjena u okolišu jezera. Boja je određivana i prema Munsellovom atlasu boja (*Munsell Color,* 1994), prilikom pripreme uzoraka za sušenje, na mokrim uzorcima, pri danjem svjetlu. Na taj način određuju se vrijednosti nijanse boje – crveno, žuto, plavo, itd. *(„hue"),* svjetline *(„value")* i saturacije bojom *(chroma).* Ova konvencionalna metoda korištena je kao rezervna metoda za spektralnu analizu boje, s kojom je boja kvantitativno izražena u CIE L*a*b* vrijednostima, te da bi se omogućila usporedba boje jezerskih sedimenata s tlima i sedimentima iz slivnog područja.

3.2.2. Analiza magnetskog susceptibiliteta

Magnetski susceptibilitet jest mjera magnetičnosti materijala, koje je inducirano slabim magnetskim poljem (Evan &Heller, 2003). Najveći magnetski susceptibilitet imaju magnetični minerali, kao što je magnetit (ferimagnetičan), dok malo niže vrijednosti ima hematit (antiferomagnetičan). Slab magnetski susceptibilitet imaju paramagnetični minerali (npr. minerali glina, biotit i pirit). Negativne vrijednost imaju minerali koji su dijamagnetični i ne sadrže željezo, poput karbonata i kvarca, kao i organske tvari. Većina magnetičnih minerala u jezerskim sedimentima potječe iz sliva, a mogu biti uneseni u jezero rijekama i vjetrom. Atmosferski izvori magnetičnih minerala uključuju vulkanski materijal (tefru) i prašinu nastalu antropogenim aktivnostima (Last & Smol, 2001), te povišen magnetski susceptibilitet može biti indikator tefre i vulkanske aktivnosti u bližem području. Magnetski susceptibilitet u pleistocenskim/holocenskim jezerskim sedimentima varira kako se mijenjaju paleookolišni uvjeti u jezeru i slivu, odnosno karbonatna sedimentacija (nizak MS) ili erozija siliciklastičnog materijala (viši MS), te upućuje na klimatske promjene i ljudske aktivnosti (Dearing et al., 1999; Maher, 2011).

Magnetometrijska analiza uključivala je mjerenje magnetskog susceptibiliteta (MS) pomoću Bartingtonovog MS2 sistema, koristeći više različitih senzora. Svaki od tih senzora stvara slabo magnetsko polje i detektira magnetičnost materijala unutar senzora u odnosu na zrak. Bartingtonov MS2 sistem sastoji se od uređaja na kojeg se može spojiti više senzora, a uređajem upravlja program *Mulitisus2*. U ovom istraživanju korišteni su sljedeći senzori: MS2C *(„Core Scanning sensor")*, koji mjeri volumni magnetski susceptibilitet *(„volume, κ, magnetic susceptibility")* na jezgri u pvc cijevi kako je izvađena, promjer senzora je 100 mm; zatim MS2E ravni površinski senzor (slika 48) koji mjeri volumni MS na prepiljenoj polovici jezgre sedimenata, pri čemu je bitno da se mjeri kad su senzor i površina jezgre približno iste temperature; te MS2G koji mjeri volumni MS suhih i usitnjenih uzoraka u 1 cm^3 plastičnim posudama, ispunjenim do vrha te se primjenjuje odgovarajući korekcijski faktor. Uzorci jezgri sedimenata mjereni su s MS2C senzorom svaka 3 cm (jezgre Vranskog jezera na Cresu i Baćinskih jezera), dok su s površinskim senzorom MS2E mjereni s centimetarskim intervalima, na jezgri prekrivenoj tankom prozirnom plastičnom folijom (jezgre Vranskog jezera na Cresu i kod Biograda, Baćinska jezera). Jezgra Bokanjačkog blata izmjerena je pomoću MS2G senzora, s usitnjenim uzorcima u 1 cm^3 posudama (100 uzoraka). MS2G senzorom izmjeren je magnetski susceptibilitet uzoraka iz pojedinih slivnih područja. Uzorci su mjereni pri sobnoj temperaturi u niskom magnetskom polju *(„low magnetic field")* - 0,1 mT (mili Tesla) , a trajanje jednog mjerenja je 9 s za MS2C senzor, 12 s za MS2E senzor i 7 s za MS2G senzor. Rezultati su bezdimenzionalni, izraženi u CGS (centimetar, gram, sekunda) jedinicama za volumni MS (10^{-6}).



Slika 48 a) Xrite uređaj za spektralno određivanje boje i kalibracijski standard bijeli opal; b) Bartingtonov uređaj za mjerenje magnetskog susceptibiliteta, s detektorom za površinska mjerenja (MS2E).

3.2.3. Mikrofiziografija rastresitih sedimenata

Mikrofiziografska istraživanja rastresitih sedimenata metodom pripreme brisova tj. preparata dobivenih razmazivanjem *(„smear slide")* je jedan od najvažnijih izvora informacija o taloženju materijala u limnologiji. Priprema razmazanih preparata korištenjem malih količina nekonsolidiranog sedimenta je jeftina, brza i *„low tech"* metoda, čija analiza zahtijeva samo petrografski mikroskop. Nažalost, zasad ne postoje reference za jezerske sedimente (postoje samo za marinske sedimente, ali

i one su malobrojne). Vodeći svjetski paleolimnološki istraživački centar *LacCore* iz Minnesote, SAD, razvio je online bazu podataka o jezerskim sedimentima, TMI (*Tool for Microscopic Identification; http://tmi.laccore.umn.edu).*

Analiza razmazanih preparata koristi se za određivanje mineralnog sastava, veličine čestica, njihovog sortiranja i zaobljenost, te prisutnosti organske materije (drvo, ugljen, palinomorfe), mikrofosila (dijatomeja, foraminifera) i vulkanskog stakla (tefre) te drugih važnih karakteristika za interpretaciju geokemijskih, bioloških i kronoloških podataka. Tom metodom mogu se odrediti autigene, biogene komponente (ljušture, foraminifere), klastične ili terigene komponente u jezerskim sedimentima. Metoda predstavlja inicijalni opis jezgre i prema tome može dati preliminarnu paleookolišnu interpretaciju prije prvih analitičkih podataka ili služi kao potvrda utvrđenih uvjeta u okolišu u prošlosti. U ovom su istraživanju *smear slide* preparati korišteni za utvrđivanje kriptotefre mogućih erupcija i pomoći pri interpretaciji kronoloških događaja u pojedinim jezerskim sedimentima.

Na predmetno staklo nakapa se destilirana voda i doda se vrlo malo uzorka uzetog direktno iz jezgre pomoću vrha čačkalice (ili metalnog štapića) i dispergira se u vodi. Potom se staklo s uzorkom stavi sušiti na grijač na nisku temperaturu (oko 60°C) 2-5 minuta. Kad je uzorak osušen, prekrije se pokrovnim stakalcem na koje se kapne 2-3 kapi optičkog vezivnog sredstva „Norland 61“. Norland optičko vezivo ima indeks loma RI=1,55-1,56. Stvrdnjuje se pod zračenjem UV lampe (moguće je koristiti i sunčevu svjetlost u nedostatku lampe) oko 2-3 minute (slika 49). U uzorcima je česta pojava mjehurića, uzrokovana optičkim sredstvom, koje se iz tog razloga mora čuvati okrenuto naopako (vrh bočice prema dolje), ali u prvim uzrocima mjehurići su neizbježna pojava. Uzorci su potom spremni za mikroskopsku analizu - korišten je Meiji Techno mikroskop i Moticam 2500 kamera. Iz svake jezgre napravljeno je oko 20-ak preparata kroz profil.

Slika 49 Izrada „smear slide“ preparata za mikroskopsku analizu nekonsolidiranih uzoraka, pomoću UV lampe i interpretacija podataka uz pomoć TMI baze.

3.2.4. Datiranje radioaktivnim ugljikom ^{14}C AMS

Datiranje metodom radioaktivnog ugljika ^{14}C akceleratorskom masenom spektrometrijom (AMS) učinjeno je u centru *Beta Analytic Radiocarbon Dating*, Miami, SAD. Dio uzoraka mjeren je u *Gadam* centru, laboratoriju za datiranje radioaktivnim ugljikom u Gliwicama u Poljskoj. Za mjerenje vrlo slabih signala ugljika ^{14}C od drugih izotopa ugljika i dobivanje relativnog broja ^{14}C atoma u uzorku, potrebno je ubrzati čestice, te se zbog toga koristi AMS metoda. Za analizu se može koristiti više

različitih materijala: materijal organskog porijekla (drvo, ugljen, treset, biljke, organski sediment, kosti, kosa, koža), tekstil, kao i anorganski uzorci karbonata (ljušture puževa, školjaka i foraminifera, koralji, sige, sedra). Za mjerenja pomoću AMS-a potrebna je vrlo mala količina uzorka, dovoljno je tek 10-50 miligrama. Metoda se temelji na činjenici da je sav organski materijal u biosferi „obilježen" radioaktivnim izotopom ^{14}C. Radioaktivni ugljik ^{14}C jedan je od tri prirodna izotopa ugljika, najzastupljeniji je stabilni izotop ^{12}C koji čini oko 98,9% ukupnog ugljika, zatim stabilni izotop ^{13}C čini 1,1%, dok se ^{14}C pojavljuje u tragovima – 1 dio na 10^{10}% (Walker, 2005). Radioaktivni izotop ^{14}C raspada se na dušik, ^{14}N, emisijom beta (β) čestica, jedna β čestica se oslobađa iz svakog atoma ^{14}C. Radioaktivni izotop ^{14}C kontinuirano nastaje u gornjoj atmosferi, interakcijom kozmičkog zračenja (neutrona) i dušika. Dušikov atom (^{14}N) prihvaća neutron, pri čemu gubi proton i prelaze u ^{14}C. Nakon što je nastao ^{14}C, oksidira u $^{14}CO_2$ koji uzimaju biljke procesima fotosinteze, životinje hranjenjem tim biljkama ili ulazi u sastav vode gdje mogu nastati karbonatni minerali. Na taj način, ^{14}C postaje dijelom globalnog kruženja ugljika. Koncentracija ^{14}C u živom organizmu je stalna jer je stalnom izmjenom tvari uspostavljena izotopna ravnoteža između gubitka uslijed radioaktivnog raspada i nadoknađivanja ^{14}C atoma iz atmosfere. Nakon smrti organizama prestaje i izmjena tvari, organizmi ne prihvaćaju nove izotope ^{14}C, pa se koncentracija ^{14}C konstantno smanjuje radioaktivnim raspadom. Mjerenjem količine ^{14}C koji je ostao u uzorku fosilnog materijala (rezidualni sadržaj ^{14}C) i usporedbom s modernim ^{14}C u standardnom materijalu, moguće je odrediti koliko je vremena proteklo od smrti organizma. Da bi to mogli odrediti, mora se znati vrijeme raspada ^{14}C. Točna vrijednost poluraspada izotopa ^{14}C prema najnovijim mjerenjima iznosi 5730 godina (*Cambridge* vrijednost), no međunarodnom konvencijom je dogovoreno da se koristi starija vrijednost, tzv. *Libby* vrijednost, 5568 godina (zaokruženo na 5570 godina) (Bradley, 1999). Prema tome, gornja granica starosti koja se može odrediti ovom metodom ^{14}C iznosi oko 45000 godina, a s poboljšanjem u tehnici pripreme uzoraka i drugim inovacijama, čak i na maloj količini uzorka moguće je mjeriti starost do 50 000-60 000 godina (Walker, 2005). Važno je naglasiti da se ovom metodom ne dobivaju apsolutne vrijednosti broja ^{14}C atoma koji se mjere, jer je zastupljenost ^{14}C atoma premala i iznimno je teško mjeriti ukupne količine. AMS određuje izotopni udio ^{14}C relativan prema stabilnim izotopima (^{13}C ili ^{12}C) te se starost određuje usporedbom ovog udjela sa standardom poznatog sadržaja ^{14}C.

Kako bi mjerenu ^{14}C aktivnost u uzorku pretvorili u kalendarsku starost sa što većom preciznošću, moraju biti zadovoljene sljedeće pretpostavke: 1) jednolika i konstantna raspodjela izotopa ^{14}C i prema tome udjela ^{14}C /^{12}C u globalnim spremnicima ugljika (atmosfera, biosfera, slatka i slana voda), 2) brza i potpuna izmjena ^{14}C između tih spremnika, 3) poznati udio različitih stabilnih ugljikovih izotopa (npr. ^{13}C/^{12}) i aktivnost ^{14}C u uzorku u trenutku prestanka izmjene tvari s okolinom odnosno smrti organizma („početna aktivnost"), te izostanak naknadne kemijske ili izotopne izmjene s ugljikom iz okoline nakon smrti organizma, 4) točno poznato vrijeme poluraspada izotopa ^{14}C, 5) stalna i jednolika prirodna produkcija ^{14}C u atmosferi. Precizno je određeno vrijeme poluraspada izotopa ^{14}C i prirodne razine ^{14}C u atmosferi, dok su ostale 3 pretpostavke upitne i vode do grešaka u datiranju metodom radioaktivnog ugljika (Walker, 2005).

Problem nepoznavanja početne aktivnosti ^{14}C u uzorku značajan je za datiranje karbonatnih materijala biogenog porijekla, u kojima je barem jedan dio ugljika, pa time i ^{14}C, porijeklom iz atmosfere (ljušture, sige, sedre). Na takvim uzorcima potrebno je neovisnim metodama odrediti ili teorijski pretpostaviti, kakva je bila koncentracija ^{14}C u nekoj školjki ili sigi u trenutku taloženja. Sljedeći problem jest mogućnost taloženja sekundarnog karbonata i rekristalizacije na vanjskim ljušturama organizama, što rezultira dobivanjem nelogično mlađih starosti. Rutinska laboratorijska

priprema ljuštura za ^{14}C analizu uključuje uklanjanje 20% vanjske strane ljušture (po težini) pomoću kiseline kako bi se dobio unutarnji materijal za datiranje (Walker, 2005).

S obzirom da se u prirodi nalaze 3 izotopa ugljika, dolazi do izotopne frakcionacije pri prelasku ugljika iz jednog spremnika u drugi. Naime, biljke u procesima fotosinteze preferiraju lakše izotope ^{12}C, pa i ^{13}C, te će stoga imati veće koncentracije tog izotopa, a manjak ^{14}C. To znači da će biljka imati nižu ^{14}C aktivnost nego istodobna atmosfera, a datiranjem fosilnih biljaka dobit će se veća starost. Kako frakcionacija ovisi i o vrstama, različiti dijelovi biosfere imati će različite ^{14}C starosti. Datiranjem morskih organizama dobiju se obrnute vrijednosti, jer morska voda preferira apsorpciju težeg izotopa ^{14}C i ima manjak ^{12}C, što se prenosi na morske organizme (školjke, koralje) i oni će imati veću ^{14}C aktivnost (koja vodi mlađoj ^{14}C starosti). Izotopna frakcionacija se u laboratorijima korigira na temelju činjenice da je teži izotop ^{14}C dva puta veći u odnosu na ^{13}C. Izotopi ^{12}C i ^{13}C su stabilni i mogu se direktno mjeriti u uzorcima fosilnog materijala pomoću AMS-a i taj se odnos $^{13}C/^{12}C$ uspoređuje s odnosom standardnog PDB vapnenca (belemnitni karbonat iz kredne Pee Dee formacije), čime se dobije $\delta^{13}C$. Vrijednost $\delta^{13}C$ izražavaju se u ‰ i omogućuju točno mjerenje izotopne frakcionacije, koja se reflektirala u fosilnom uzorku. Većina materijala ima negativne vrijednosti $\delta^{13}C$ (Walker, 2005).

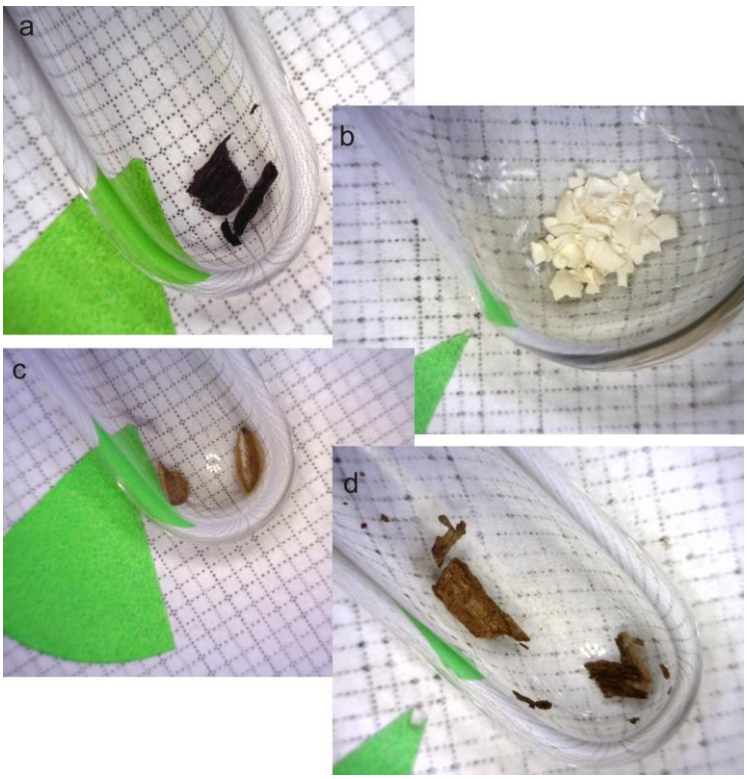
Prema međunarodnoj konvenciji, rezultati se izražavaju kao mjerena ^{14}C starost u godinama prije sadašnjosti, BP *(Measured Radiocarbon Age)*, pri čemu je „sadašnjost“ = 1950. godina. Mjerena ^{14}C starost dobivena je ponavljanjem mjerenja, te se distribucija rezultata opisuje kao normalna (ili Gaussova) funkcija vjerojatnosti. Dobivena starost znači da se 68% vrijednosti nalazi u intervalu od plus-minus (±) jedne standardne devijacije (1σ) od aritmetičke sredine. Prema tome, postoji jedna trećina šanse da godina leži izvan tog raspona. Mjerena ^{14}C starost korigira se na izotopnu frakcionaciju, korištenjem $\delta^{13}C$, te se dobije konvencionalna ^{14}C starost u BP *(Conventional Radiocarbon Age)*. Konvencionalna ^{14}C starost je nekalibrirana i također se prikazuje kao 1σ standardna devijacija (sa 68%-tnom vjerojatnošću). Konvencionalna starost ^{14}C mora se korigirati zbog varijacije u prirodnoj produkciji ^{14}C u atmosferi tijekom prošlosti, uzrokovanog fluktuacijama magnetskog polja Sunca i prema tome kozmičkog zračenja. Najčešća metoda koja se koristi za kalibraciju jest dendrokronologija, datiranje pomoću godova drveta. Danas su dostupne knjižnice s godovima drveta različitih kalendarskih godina koji mogu omogućiti vrlo precizno datiranje unatrag oko 12 000 godina. Drveće koje se najčešće koristi kao referentno su bor i hrast. Kalibracija pomoću godova drveta nije jednoznačna zbog više faktora, najvažniji razlog je ograničena preciznost individualnog mjerenja godova drveta i uzorka. Rezultati kalibracije su prema tome u rasponima godina, a ne apsolutne vrijednosti. Rasponi godina dobiveni su računanjem pomoću metode sjecišta, za što je potrebna kalibracijska krivulja (kalendarske godine dobivene godovima drveta na x osi i konvencionalna ^{14}C starost na y osi). Konačni rezultat izražava se u kalendarskim godinama – kal BP (cal BP) ili prema godinama prije i poslije Krista - kal BC (cal BC) ili kal AD (cal AD). Kalendarske godine izražavaju se s 95% vjerojatnošću (± 2σ), te za dobiveni rezultat možemo reći da se oko 95% vrijednosti godine nalazi u intervalu od plus-minus dvije standardne devijacije, s 5% mogućnošću da prava starost leži izvan tog raspona.

Beta laboratorij koristi kalibracijsku proceduru *Pretoria* (Talma & Vogel, 1993), te su uzorci u ovom istraživanu kalibrirani pomoću kalibracijskih krivulja sjeverne hemisfere IntCal.09 (Heaton et al., 2009; Reimer et al., 2009; Stuiver & Braziunas, 1993), s kojima su dobiveni rasponi kalendarskih godina s ± 1 σ i ± 2σ kalibriranim rezultatima. Gadam centar kalibrira mjerene ^{14}C datume pomoću

programa OxCal, verzija 4.2.3 (Bronk Ramsey et al., 2010) u kojem su korištene IntCal.13 kalibracijske krivulje (Reimer et al., 2013).

Modeli dubine-starosti *(age-depth models)* konstruirani su za svako jezero pomoću programa CLAM 2.2 (Blaauw, 2010), kako bi se podaci prezentirali u kronološkom slijedu i izračunale brzine sedimentacije (više o programu u poglavlju o matematičko-statističkim metodama).

Metodom su datirana 3 uzorka iz Bokanjačkog blata, 6 uzorka iz jezgre Vranskog jezera (Biograd), 5 uzorka iz jezgre Crniševo iz Baćinskih jezera (u Beta laboratoriju) (slika 50). Dio uzoraka (3 uzorka iz Vranskog jezera na Cresu, 1 iz njegovog sliva te 1 uzorak iz sliva Vranskog jezera kod Biograda) mjeren je u Gadam centru.



Slika 50 Materijali korišteni za datiranje metodom radioaktivnog ugljika ^{14}C AMS: a) ugljen, b) ljuštura, c) biljni materijal, c) drvo.

3.2.4.1. Tefrokronologija

Eksplozivne vulkanske erupcije mogu uz pomoć vjetra raspršiti vulkanski materijal (tefru) na velike udaljenosti i kada se on identificira u sedimentima, može poslužiti kao dobar korelacijski alat, bez korištenja skupog radiometrijskog datiranja. Identificirane tefre u sedimentu na različitim lokacijama, mogu se korelirati s teframa određenih erupcija. Jezera koja leže u ili blizu vulkanski aktivnih područja često mogu sadržavati horizonte tefre u sedimentima i prema tome su pogodna za tefrokronologiju. Tefrokronologija se temelji na mjerenju, usporedbi i datiranju slojeva tefre (Cohen, 2003).

Korelacija tefre zahtijeva fizičke i kemijske analize istraživane i izvorne tefre, kako bi se utvrdio pravi izvor tefre. To uključuje karakterizaciju boje tefre, oblik i veličinu čestica vulkanskog stakla, stupanj alteracije tefre i kemijske analize. Istočna obala Jadranskog mora relativno je blizu talijanskim vulkanima na Apeninskom poluotoku, pa se nalazi unutar područja rasprostiranja njihovih erupcija. U

sedimentima Jadranskog mora pronađene su tefre Kampanske provincije: Vezuv *(SV)*, erupcije Mercato (8 010±35 god.BP), Avellino (3 548±129 god.BP) i Pompeji (79 AD); Flegrejska polja, erupcije NYT Napolitanski žuti tuf *(Neapolitan Yellow Tuff)* (12 100±170 god.BP) (De Vito et al., 1999), APP *Agnano Pomici Principali* (10 320±50 god.BP) i AMS *Agnano Monte Spina (*4 100±400 god.BP) (Calanchy & Dinelli, 2008). Na Mljetu su Jahns & van den Bogaard (1998) utvrdili tefre Mercato erupcije na 8 550-7 750 cal god.BP. Prema posljednjim istraživanjima, Zanchetta et al. (2011) utvrdili su na jezgrama u Jadranskom moru starost Mercato erupcije na 7 770±40 BP (8 540±50 cal god.BP), dobivenu pomoću ^{14}C metode na ugljenu. Oni također ističu povezanost erupcije APP *Agnano Pomici Principali* s početkom mlađeg drijasa. Tefre talijanskih vulkana su pronađene u srednjem i južnom Jadranskom moru - Bourne et al. (2010), Calanchi & Dinelli (2008), Calanchi et al. (1998), Lowe et al., 2007; Siani et al. (2004), Sulpizio et al. (2008); u jezeru Accesa (Magny et al., 2007); u Lago Grande di Montichhio (Wulf et al., 2008); u Prespanskom jezeru, Albanija/Makedonija/Grčka (Aufgebauer et al., 2012; Wagner et al., 2012); u Ohridskom jezeru, Albanija/Makedonija (Caron et al., 2010; Vogel et al., 2010; Wagner et al., 2009), jezeru Bled u Sloveniji (Lane et al., 2012).

Istraživanja tefre u jezerskim sedimentima istočne obale Jadranskog mora, limitirana su jer se radi o kriptoteframa koje su identificirane u slojevima s povišenim magnetskim susceptibilitetom. U istraživanim sedimentima tefre su preliminarno utvrđene pomoću mikroskopa te su prema modelu dubina-starost pripisane određenim erupcijama, no nisu rađene detaljne kemijske analize, koje bi sa sigurnošću mogle govoriti o određenoj erupciji.

3.2.5. Palinološke analize

Palinologija je znanost o peludu, sporama i ostalim mikroskopskim palinomorfama. Palinomorfe su mikrofosili s organskom stijenkom veličine 5-500 µm, npr. ciste dinoflagelata, fikome prazinoficea, spore, pelud, ostaci foraminifera i člankonožaca. Peludno zrno je struktura koja sadrži muške spolne stanice (gamete) i presudno je za razmnožavanje biljnih vrsta (vjetrom ili kukcima prenosi se na ženski dio cvijeta). Pelud je obavijen vrlo čvrstom stijenkom (sporopoleninom). Peludna zrna su mikroskopske veličine, obično oko 15 do 100 µm već i mala količina peludnog praha sadrži tisuće i tisuće zrna. Pelud različitih jedinki je jedinstven po obliku, veličini i površinskim oznakama, a pod određenim uvjetima može preživjeti tisućama godina. Na taj način palinolozi mogu identificirati različite vrste i rekonstruirati vegetaciju nekog područja u prošlosti.

Palinološka analiza podrazumijeva mikroskopsku analizu ukupne palinološke organske komponente različitim optičkim metodama (prolazna svjetlost, interferencijski kontrast, fluorescencija), a uključuje palinostratigrafsku, palinofacijesnu i analizu palinološkog organskog facijesa. Najjednostavnija analiza peluda je palinostratigrafska analiza, dok je nešto kompleksnija palinofacijesna analiza, koja osim peluda, uključuje analizu ukupnog organskog mikrofacijesa u sedimentu koji sadrži ostatke vodenog i kopnenog bilja kao i ostatke životinja te na temelju kvalitativno/kvantitativnih odnosa i omjera palinološke organske komponente definira i interpretira sredine taloženja. Važan aspekt palinofacijesne analize je definiranje klimatskih uvjeta koji su vladali tijekom taloženja naslaga, te je ta analiza korištena u ovom istraživanju. Iz palinološke analize je moguće dobiti informacije o paleookolišnim i paleoklimatskim uvjetima.

U jezerskim sedimentima, istraživanje peluda temelji se na činjenici da je bio unesen u jezero vodom ili vjetrom i istaložio se u sedimentima. Jezerski sediment je odličan medij za očuvanje peluda jer

osim što je kemijski pogodan, sediment se taloži tijekom vremena što omogućuje rekonstruiranje kronoloških promjena vegetacijskog pokrova u istraživanom prostoru. No, moraju se uzeti u obzir bioturbacije u sedimentu, koje mogu poremetiti istaloženi pelud. U sedimentu je također moguće pretaložavanje starijih sedimenata.

Nakon što se izvadi iz jezera, bitno je jezerski sediment držati dobro zatvoren, na niskim temperaturama (<4 °C), kako bi se spriječila biogena degradacija. Jezgre sedimenata su uzorkovane u centimetarskom intervalu, no zbog male količine addekvatnog materijala u 1 centimetru polovice jezgre za arhivu, uzorci za analize peluda su uzimani spajanjem 2 cm. Za pripremu palinoloških analiza korištena je standardizirana tehnika za izdvajanje organske tvari (Moore et al., 1991). Uzorak se mora tretirati s natrijevim pirofosfatom ($Na_4P_2O_7$) za dispergiranje glinenih čestica, klorovodičnom (10% HCl) i fluorovodičnom (40% HF) kiselinom za uklanjanje karbonatnih i siliciklastičnih (kvarca i minerala glina) minerala, te se potom separira organski ostatak sa cinkovim kloridom gustoće >2 g/cm^3. Ostatak se prosijava preko najlonske mreže promjera 10 µm, miješa s glicerin želatinom i slaže na mikroskopske preparate. Uzorci su pregledavani i brojani koristeći Olympus BH-2 svjetlosni mikroskop pod različitim povećanjima (x400, x600 i x1000) i kameru Moticam 2300. Identifikacija peluda provodi se na minimalno 300 nabrojanih jedinki. Na temelju distribucije palinološke analize, pokušala se odrediti taložna sredina. Palinološki je analizirano: 5 uzoraka iz jezgre Bokanjačkog blata, 40 uzoraka iz jezgre Vranskog jezera kod Biograda, 13 uzoraka iz jezgre jezera Crniševo u Baćinskim jezerima. Palinološke analize učinila je dr. sc. Koraljka Bakrač, palinolog u Hrvatskom geološkom institutu. Za interpretaciju i diskusiju Vranskog jezera na Cresu, korištena je palinološka analiza koju su učinili Schmidt et al. (2000).

3.2.6. Granulometrijske analize

Određivanje i interpretacija veličine čestica jedna je od osnovnih metoda pri opisu jezerskih sedimenata. Granulometrijski sastav je primarni indikator stupnja energije vode u jezerskim sedimentima. Pomoću granulometrijske analize ukupne (karbonatne) i nekarbonatne frakcije moguće je razlikovati bioinducirani (autigeni) i detritični karbonat u jezerskim sedimentima s tvrdom vodom (Arnaud, 2005). Granulometrijske analize učinjene su na laserskom difraktometru, *Shimadzu Laser Diffraction Particle Size Analyzer SALD-2300* (program *WingSALD II-2300)* raspona mjerenja od 17 nm do 2500 µm. Laserski difraktometar temelji se na difrakciji svjetlosti na česticama u suspenziji. Kao izvor svjetlosti, uređaj koristi poluvodički crveni laser, valne duljine 680 nm. Kada se svjetlost sudari s uzorkom, dolazi do apsorpcije i difrakcije svjetlosti i stvara se mreža refleksa, koja je kontrolirana sastavom materijala i medijem (relativni indeks refrakcije ili loma za vodu je 1,33). Veličina čestica određuje kako će se raspršiti svjetlost. Ako je čestica velika, kut raspršenja je manji, a ako je čestica manja tada je kut raspršenja obrnuto proporcionalan njegovoj veličini (veći), ali intenzitet je proporcionalan njegovoj veličini. Difrakcijska slika je slabija i šira za manje čestice, intenzivnija i uska za velike čestice. Prema širini se određuje veličina čestica, dok magnituda označava koncentraciju. Uređaj određuje veličinu čestica mjerenjem raspršenja na 32 kuta. Dobivene difrakcijske slike se potom obrađuju računskim putem.

Priprema uzorka uključuje odvagu 0,1 g uzorka, kojem se doda 2 ml vodikovog peroksida (H_2O_2) za uklanjanje organske tvari (ostavljeno preko noći). Za granulometrijske analize netopivog ostatka odnosno nekarbonatne frakcije, u uzorcima se otopio karbonat (s 10% HCl). Prije mjerenja se uzorci dispergiraju dodavanjem 2 ml otopine natrijevog heksametafosfata i ostave oko pola sata na tresilici.

Potom se uzorak prenosi u suspenziji (oko 20 ml, ovisno o uzorku) u ćeliju za mjerenje ispunjenu destiliranom vodom *(flow cell)*, u kojoj se nalazi pumpa za miješanje uzoraka, kojoj se može podešavati brzina. Nakon što se snizi maksimalni intenzitet svjetlosti i ustabili između 35 i 75%, moguće je mjeriti uzorak. Trajanje analize jednog uzorka je oko 5 s. Ćelija za mjerenje uzoraka mora se ispirati destiliranom vodom između svakog mjerenja. Ukupno je analizirano 97 uzoraka iz jezgre Vranskog jezera na Cresu i 15 uzoraka iz njegovog sliva, 99 uzoraka iz jezgre Bokanjačkog blata BOK-2, 108 uzoraka iz jezgre Vranskog jezera kod Biograda i 18 iz njegovog sliva, te 119 uzoraka iz jezgre jezera Crniševo u Baćinskim jezerima i 12 uzoraka iz njegovog slivnog područja. Također je analizirano 15 uzoraka nekarbonatne frakcije iz jezgre Vranskog jezera kod Biograda.

3.2.7. Kemijske analize

Kemijske analize jezerskih sedimenata mogu biti dobri indikatori promjena u razvoju jezera. Kemijski sastav jezerskih sedimenata ovisi o donosu materijala iz sliva i biogeokemijskih procesa unutar samog jezera. Donos materijala ovisi o tektonici, geološko-litološkoj podlozi, eroziji i načinu trošenja, površinskim i podzemnim vodama i vegetaciji. Vanjske i unutarnje utjecaje na kemijski sastav sedimenta u velikoj mjeri kontroliraju klimatski faktori, temperatura i padaline, a u posljednjih nekoliko tisuća godina značajan utjecaj ima i čovjek svojim aktivnostima, krčenjem šuma i razvojem poljoprivrede. Promjene u slivnom području reflektiraju se u jezerskim sedimentima. Kemijski elementi prisutni u jezeru kao indikatori pojedinih procesa u jezerskim sedimentima su sljedeći (Last & Smol, 2001):

- glavni litogeni elementi (Si, Al, Ti, K, Na, Mg, Fe, Zr, La), koji su indikatori terigenog donosa materijala iz sliva;
- Ca, Mg, Sr su indikatori taloženja karbonatnih minerala;
- mobilni elementi (Mo, Mn, Fe, V i S), koji su indikatori redoks uvjeta;
- alkalijski elementi (Na, K) i Mo, koji su indikatori utjecaja morske vode u sedimentima;
- elementi u tragovima (As, Co, Cu, Cr, Ag, V, Hg, Cd, Pb, Zn, Ni, Sb, Sn) su metali i teški metali koji su indikatori antropogenog onečišćenja;
- nutritivni elementi (C, N, P), koji su indikatori produktivnosti i stanja trofije jezera.

3.2.7.1. Analiza glavnih elemenata i elemenata u tragovima

Analiza ukupne koncentracije glavnih elemenata i elemenata u tragovima ukazuje na promjene paleookolišnih uvjeta u slivu, na povijest taloženja i erozije, kao što je istaknuto u prethodnom poglavlju. Distribucija teških metala i njihove povećane vrijednosti mogu govoriti o onećišćenju sedimenata.

Kemijske analize uzorkovanih sedimenata obavljene su masenom spektrometrijom s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS) u ACME Analytical Laboratories Ltd., Vancouver, Kanada. ICP-MS temelji se na induktivno združenoj plazmi, u kojoj se atomi većine kemijskih elemenata ioniziraju te izlaze iz plazme u maseni spektrometar, gdje se razdvajaju na temelju njihovih omjera mase i naboja. Uzorci su usitnjeni u ahatnom tarioniku (oko 1,5 g) u laboratoriju Hrvatskog geološkog instituta te su poslani na analizu u ACME laboratorij. Uzorci za analizu otopljeni su pomoću smjese koncentriranih kiselina HCl-HNO_3-$HClO_4$-HF, pri 200°C. Tom metodom može se simultano analizirati ukupno 46 elementa. Analizirani su sljedeći elementi: Ag, Al, As, Au, Ba, Bi, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, La, K, Na,

Nb, Ni, Mg, Mn, Mo, P, Pb, Sc, Sb, Sn, Sr, Ti, Th, U, V, W, Y, Zn, Zr. Točnost i preciznost analize provjeravana je ponavljanjem mjerenja pojedinih uzoraka i mjerenjem referentnih standardnih uzoraka (OREAS 24P, OREAS 45E; *Ore Research & Exploration Pty Ltd Assay Standards*).

Ukupno je analizirano 96 uzoraka iz jezgre Vranskog jezera na Cresu, 124 uzorka iz dvije jezgre Bokanjačkog blata, 108 uzoraka iz jezgre Vranskog jezera kod Biograda i 18 iz njegovog sliva, te 117 uzoraka iz jezgre jezera Crniševo u Baćinskim jezerima i 12 uzoraka iz njegovog slivnog područja. Za slivno područje Vranskog jezera na Cresu korištene su kemijske analize iz prijašnjih istraživanja (Mesić et al., 2007). Također su za usporedbu s materijalom iz pojedinih slivnih područja korišteni rezultati kemijskih analiza površinskih uzoraka tala (0-20 cm), analiziranih za potrebe izrade Osnovne geokemijske karte RH.

3.2.7.2. Analize dušika i ugljika

Analiza udjela organskog ugljika i ukupnog dušika, važna je u paleolimnološkim istraživanjima jer može ukazivati na promjene u jezeru, tj. produktivnosti jezera i porijekla organske tvari. Važno je pri tome znati koji su izvori tih nutrijenata i njihovo ponašanje u vodi i sedimentima. Povećani udjeli organskog ugljika i ukupnog dušika u sedimentima ukazuju na povećan donos nutrijenata u jezero i produktivnosti jezera, te su povezani s toplijim klimatskim uvjetima. Koncentracije dušika variraju ovisno o terestičkim ili jezerskim biljkama odnosno fitoplanktonu u jezeru, koji su dva glavna izvora dušika u jezerskim sedimentima. Terestičke biljke imaju nizak udio dušika, dok su koncentracije N u fitoplanktonu mnogo više. Te se varijacije mogu pratiti pomoću odnosa organskog ugljika i ukupnog dušika, C/N. Visok omjer C/N ukazuje na organsku tvar sadržanu u terestičkim biljkama koje mogu biti donesene u jezero erozijom, dok niski omjer C/N pokazuje da dominira organska tvar porijeklom iz fitoplanktona (Meyers & Teranes, 2001).

Analize dušika i ugljika napravljene su na CN analizatoru za tla i sedimente, *Thermo Fischer Scientific, Flash 2000 NC Analyzer* (program *Eager Xperience*.) CN analizator radi na principu spaljivanja uzoraka na visokim temperaturama, uz nastanak CO_2, H_2O i N_2. Odvaže se 30 mg usitnjenog uzorka i pakira u kositrenu zdjelicu, koja se potom savije u kapsulu, te se tako pripremljen uzorak stavlja u automatski nosač uzorka. Uzorak se zajedno s kapsulom spaljuje u prvom reaktoru u čistom kisiku (99,996%) na 900°C, pri čemu se sav ugljik u uzorku oksidira u CO_2 i oslobađa. Također dolazi do oksidacije dušika u uzorku i nastaju dušikovi oksidi (NO_x) i molekularni dušik (N_2). Plin nosilac je helij (He), koji vodi nastale produkte do drugog reaktora, gdje bakar (Cu) reducira nastale dušikove okside do molekularnog dušika, na 680°C. Nastali plinovi (CO_2 i N_2) i voda potom prolaze kroz tzv. adsorpcijski filter, gdje se uklanja zaostala voda pomoću magnezijevog perklorata, prije nego plinovi odu na plinsko-kromatografsku (GC) kolonu pri sobnoj temperaturi. Prvi kroz kolonu prolazi dušik, a zatim ugljikov dioksid, te se pomoću detektora toplinske provodljivosti *(TCD-thermal conductivity detector)* dobiju udjeli dušika i ugljika. Preciznost i točnost analize kontrolirana je ponavljanjem mjerenja pojedinih uzoraka i mjerenjem referentnog materijala – tlo koje sadrži poznate udjele dušika i ugljika *(Soil NC Reference Material;* %N=0,21 i %C=2,29).

Za određivanje ukupnog organskog ugljika, TOC *(Total Organic Carbon)* korištene su 2 metode: direktna i indirektna. U direktnoj metodi, anorganski ugljik se otapa prije mjerenja na CN analizatoru. To je učinjeno tako da se uzorak tretirao s klorovodičnom kiselinom (1 g uzorka + 8 ml 4,2M HCl) (modificirano prema Tanner & Wai Ting Tung, 2001), čime su otopljeni karbonatni minerali (kalcit, aragonit, dolomit), te se nakon toga izmjerio postotak organskog ugljika u netopivom ostatku. Da

bismo dobili organski ugljik u uzorku, korišten je korekcijski faktor, kf=početna/konačna masa uzorka. Indirektna metoda dobivanja TOC-a jest izračunavanje anorganskog ugljika (TIC, *Total Inorganic Carbon)* u uzorku i oduzimanje te vrijednosti od ukupnog ugljika. Anorganski C se preračunao iz udjela karbonata u uzorcima prema formuli: % anorganskog C = % karbonata x 0,12, gdje je 0,12 stehiometrijski faktor. Kalcit se odredio iz koncentracije kalcija (Ca) pomnožene sa stehiometrijskim faktorom 2,5 koji se dobije dijeljenjem molekularnih masa $CaCO_3$ i Ca (100,09/40,08 = 2,5). Omjer C/N predstavlja omjer između organskog ugljika (TOC) i ukupnog dušika (N). Tom metodom se zbog vrlo visoke koncentracije Ca, a niske organske tvari, u pojedinim uzorcima dobila negativna vrijednost organske tvari, što predstavlja limit ove metode. Omjer C/N predstavlja omjer između organskog ugljika (TOC) i ukupnog dušika (N), te je u nekim uzorcima i on negativan, kao posljedica negativnog TOC.

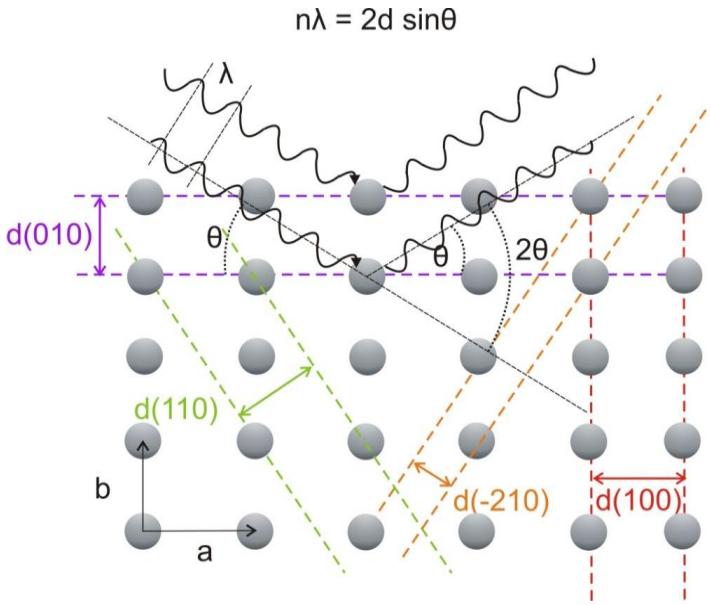
U svim su uzorcima izmjereni ukupni dušik i ugljik. Ukupno je analizirano 97 uzoraka iz jezgre Vranskog jezera na Cresu i 20 uzoraka iz njegovog sliva, 100 uzorka iz jezgre Bokanjačkog blata BOK-2 i 25 uzoraka iz duboke jezgre BOK-S015-10-3, 108 uzoraka iz jezgre Vranskog jezera kod Biograda i 20 iz njegovog sliva, te 118 uzoraka iz jezgre jezera Crniševo u Baćinskim jezerima i 12 uzoraka iz njegovog slivnog područja. Direktna metoda određivanja TOC-a napravljena je u uzorcima iz jezgri Vranskog jezera na Cresu i jezera Crniševo u Baćinskim jezerima, dok je u jezgrama Bokanjačkog blata i Vranskog jezera kod Biograda TOC dobiven indirektnom metodom, preračunavanjem iz karbonata.

3.2.8. Mineraloške analize

Mineraloške analize uključivale su kvalitativne fazne analize praha ukupnih (bulk) uzoraka, netopivih ostataka i orijentiranih uzoraka minerala glina na rendgenskom difraktometru (XRD). Također je na dijelu uzoraka, gdje je to bilo moguće, napravljena kvantitativna mineraloška analiza, koja je neovisna o faznoj analizi (identifikacija faza mora biti učinjena prije).

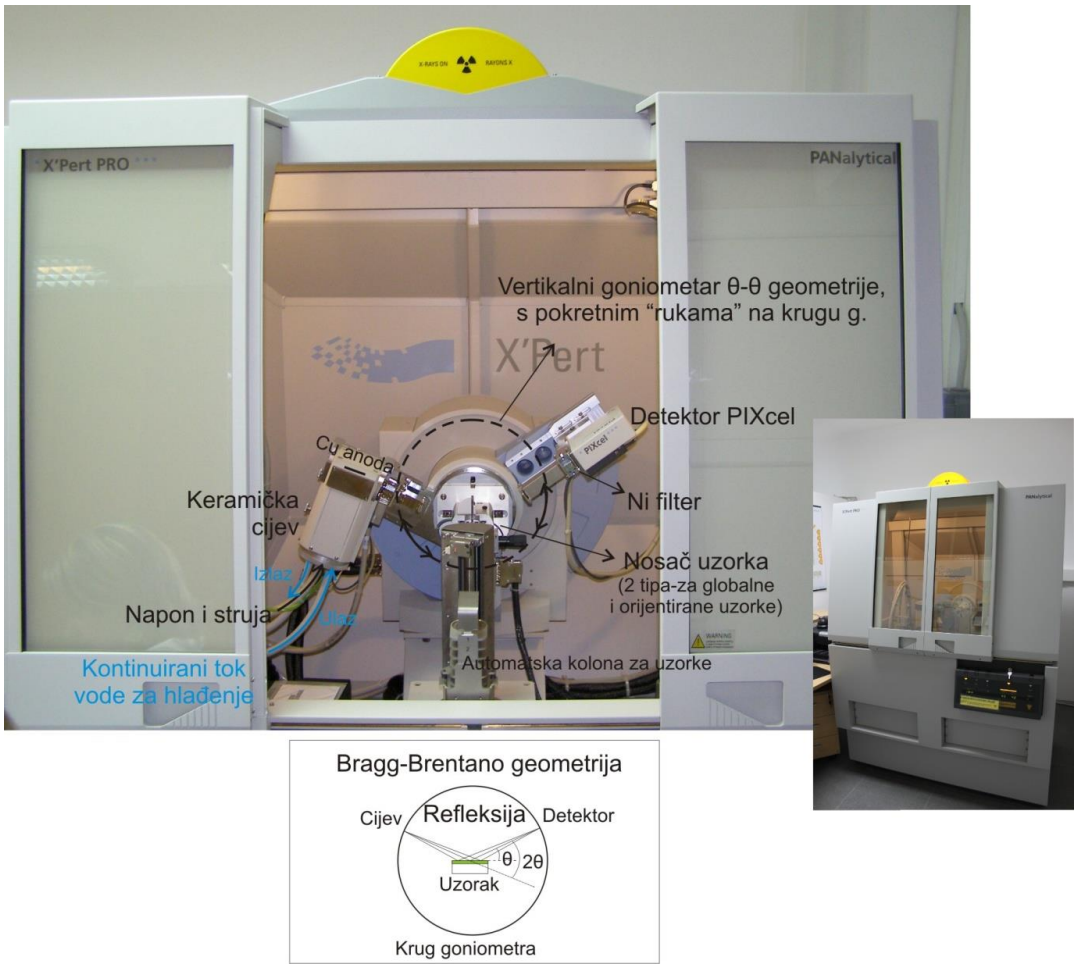
Mineraloške analize (XRD analize) učinjene su na rendgenskom difraktometru, *PANalytical X'Pert Powder*, opremljenim keramičkom rendgenskom cijevi Cu anode (CuKα1 zračenje valne duljine λ=1,5405 Å) za stvaranje rendgenskog zračenja, vertikalnim goniometrom θ-θ geometrije i PIXcel detektorom.

Rendgenska difrakcija na prahu temelji se na difrakciji rendgenskih zraka na mrežnim ravninama kristala (Moore & Reynolds, 1997). Rendgenske zrake su dio elektromagnetskog zračenja, s valnim duljinama između 0,01 i 10 nm, koje su slične veličini atoma, te se prema tome koriste pri istraživanju minerala. Stvaraju se u rendgenskoj cijevi naglim usporavanjem brzih elektrona nakon što se sudare s Cu anodom (Klug & Alexander, 1974). Svaka mrežna ravnina daje difrakcijski maksimum *(peak="pik")* (slika 51). Za različite mrežne ravnine, različit je i međumrežni razmak, o kojem ovisi kut 2θ, te se uzorak ili rendgenska cijev moraju zakretati.



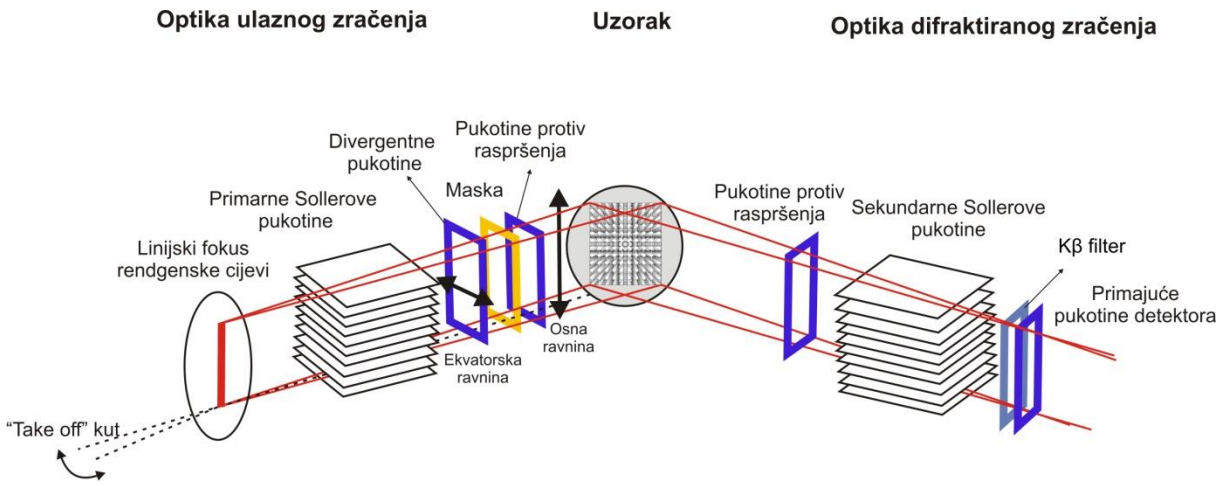
Slika 51 Braggov zakon, koji opisuje nastanak difraktiranog rendgenskog zračenja na mrežnim ravninama kristala, te prikaz različitih mrežnih ravnina i njihovih razmaka, prema kojim se mijenja i kut između upadnog i difraktiranog zračenja (2θ). Iz Braggovog zakona proizlazi da će do difrakcije doći samo ako je razlika u hodu između zraka raspršenih na susjednim mrežnim ravninama jednaka cijelom broju valnih duljina (Klug & Alexander, 1974) (*n* = cijeli broj reda difrakcije, λ = valna duljina rendgenskog zračenja, d = međumrežni razmak za određeni tip mrežnih ravnina, izražava se u Å=10^{-10} m, θ=kut difrakcije-kut između upadne rendgenske zrake i mrežne ravnine). Modificirano prema Döbelin (2013b).

Na vertikalnom goniometru θ-θ geometrije, kao što je slučaj na difraktometru HGI-a (slika 52), uzorak miruje u horizontalnom položaju, a rendgenska cijev i detektor se zakreću istim brzinama, na pokretnim „rukama“ kruga goniometra, određenog radijusa (Cullity & Stock, 2001). Skeniranjem uzorka kroz raspon 2θ kutova, uz idealan praškasti uzorak, dosegnuti su svi mogući difrakcijski smjerovi kristalne rešetke. Idealan prah je nasumično orijentiran uzorak, kod kojeg je moguće snimiti sve moguće orijentacije kristala. Nosači uzoraka su fiksni, koristimo dva tipa nosača – rotirajući nosač za uzorke praha i fiksni nosač za orijentirane uzorke. Ovisno o potrebama, moguće je zamijeniti te nosače i rekonfigurirati sistem iz jedne aplikacije u drugu u vrlo kratkom vremenu. Koristi se Bragg-Brentano geometrija ili refleksija, u kojoj ulazno rendgensko zračenje iz linijskog fokusa rendgenske cijevi divergira u difrakcijskoj ravnini i prolazi kroz optičke module dok ne dođe do uzorka (ne stvaraju se paralelne zrake) i reflektira se, prolazi kroz sekundarne optičke module i dolazi do detektora. Tako uređena geometrija ulaznog i difraktiranog zračenja te uzorka nalazi se u tzv. fokusnom krugu. Rendgenska cijev i detektor nalaze se pak na tzv. mjernom krugu (krugu goniometra), a uzorak je u sredini. Zbog toga što je uzorak ravan, zračenje je parafokusno (slike 6 i 10). U stvarnoj fokusnoj geometriji, uzorak bi trebao biti lagano zakrivljen kako bi se potpuno podudarao s fokusnim krugom. Velik broj optičkih dodataka i opreme za rukovanje uzorcima dizajnirani su prema *PreFIX* konceptu modularne zamjene funkcionalnih komponenti (modularni dizajn) i jednostavno ih je dodavati ili mijenjati. Difraktometar je opremljen drugom generacijom poluvodičkog detektora, PANanalyticalovim *PIXcelom*. PIXcel sadrži odlične karakteristike koje su važne za XRD mjerenja, a uključuju veliku učinkovitost, linearnost, osjetljivost, te sposobnost detektora da proizvede puls čija je visina proporcionalna energiji detektiranog fotona. Kao i ostali dijelovi difraktometra, montiran je na pokretnu 2θ ruku goniometra.



Slika 52 Rendgenski difraktometar HGI-a, opremljen s keramičkom rendgenskom Cu-cijevi, odgovarajućim nosačima i PIXcell detektorom, koji su montirani na pokretnu ruku vertikalnog goniometra θ-θ geometrije (modularni dizajn), koristeći Bragg-Brentano parafokusnu refleksiju.

U Bragg-Brentano parafokusnoj geometriji (slika 53), koja je konfigurirana na rendgenski difraktometar HGI-a, potrebno je koristiti više optičkih modula za kontrolu ulaznog zračenja do uzorka i difraktiranog zračenja koje dolazi na detektor: divergentne pukotine ili slitovi, koji kontroliraju vertikalnu (ekvatorsku) divergenciju i prema tome dužinu uzorka koji je izložen rendgenskom zračenju; Sollerove pukotine, koje se sastoje od paralelnih pločica koje limitiraju horizontalnu (osnu) divergenciju; pukotine protiv raspršenja, koje reduciraju intenzitet neželjenog pozadinskog zračenja (zračenja raspršenog zrakom, dijelovima difraktometra ili nosača za uzorke); maske, koje limitiraju širinu zrake i kontroliraju širinu uzorka koji je izložen rendgenskom zračenju. Ti moduli moraju biti međusobno usklađeni te se vrlo lako mogu mijenjati prema potrebama mjerenja.



Slika 53 Optika Bragg-Brentano parafokusne geometrije PANalyticalovog vertikalnog θ-θ difraktometra X'Pert Powder. Modificirano prema Klug & Alexander (1974).

Rendgenogram ili difraktogram je grafički prikaz ovisnosti intenziteta difraktiranog zračenja o difrakcijskom kutu (Braggov kut). Difrakciju na određenoj mrežnoj ravnini instrument bilježi kao difrakcijski maksimum i bilježi na kojem je stupnju θ došlo do difrakcije prema kutu zakretanja detektora, °2θ, te koji je intenzitet difraktiranog rendgenskog zračenja. Stupanj 2θ ovisi o međumrežnom razmaku na kojem je došlo do difrakcije, te kompjuter automatski pretvara 2θ kutove u međumrežne udaljenosti d, čime je određen položaj difrakcijskih maksimuma (pikova). Intenzitet difraktiranog zračenja ovisi o položaju atoma u strukturi. Konverzijom 2θ kutova difrakcijskih maksimuma na d-udaljenosti omogućena je identifikacija minerala, jer svaki mineral ima jedinstvenu difrakcijsku sliku (princip „otiska prsta"). To je temelj identifikacije mineralnih faza pomoću XRD analize. Njihova identifikacije moguća je usporedbom rendgenograma standardnih podataka koji se nalaze prikupljeni u međunarodnim bazama podataka.

Rendgenski difraktometar je kontroliran pomoću programa *X'Pert Quantify,* dok se difrakcijske slike očitavaju i identificiraju pomoću *X'Pert HighScore Plus,* koji koristi bazu podataka *PDF-4/Minerals (ICDD International Centre for Diffraction Data, Powder Diffraction File, www.icdd.com)* te ona sadrži 97 % od svih poznatih minerala (39 410 minerala i materijala).

Uzorci su usitnjeni u ahatnom tarioniku i pakirani na aluminijske nosače sa stražnje strane *(back loading)*. Snimani su pri sljedećim uvjetima: napon i struja za generiranje zračenja bili su U=45 kV i I=40 mA, veličina koraka iznosila je 0,02°2θ, a vrijeme mjerenja po koraku 4 s. Korišteni su 0,04 rad Sollerovi slitovi, pukotina za regulaciju divergencije primarnog snopa ¼° i ½° primarna i sekundarna pukotina za sprječavanje raspršenja, brzina rotacije uzorka 1 okr/s. Snimalo se u području od 4-66°2θ. Na taj su način snimani ukupni uzorci i uzorci netopivih ostataka.

3.2.8.1. Priprema uzoraka i identifikacija minerala glina

Za određivanje minerala glina pomoću XRD-a, potrebno je na odgovarajući način pripremiti uzorke. Minerali glina imaju specifičnu strukturu, izgrađenu od međusobno spojenih tetraedarskih ili oktaedarskih listova u TO i TOT slojeve, povezanih s međuslojnim kationima, hidroksidima ili vodom. Ta im struktura daje pločastu morfologiju i kalavost te prema tome jasno izražene bazalne mrežne ravnine, čiji su Millerovi indeksi 00l, a najjači refleksi s njih se nalaze na niskim 2θ kutevima rendgenske difrakcije. To je osjetljivo područje zbog instrumentalnih ograničenja snimanja na tako

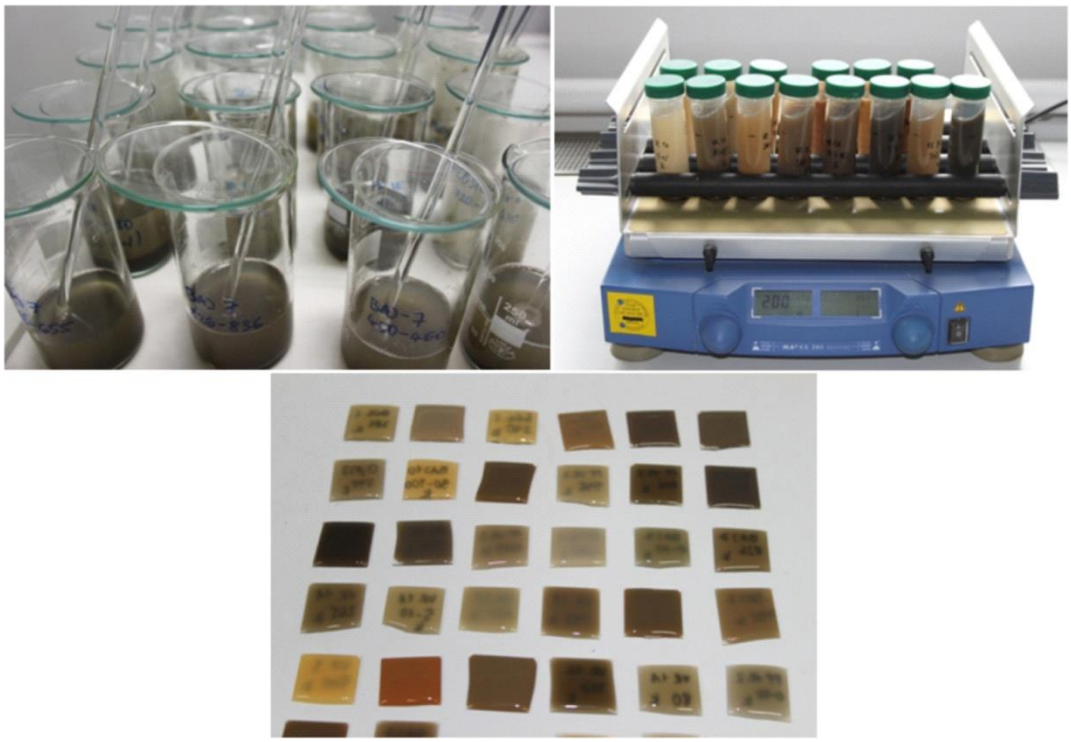
niskim kutevima, a ostali (hkl) refleksi su im često preklopljeni ili međusobno ili s drugim mineralnim fazama (kvarc i feldspati). Da bi se točno utvrdilo kojem mineralu glina pripadaju određeni difrakcijski maksimumi, potrebno je napraviti orijentirane uzorke, čime se naglašavaju bazalni maksimumi minerala glina, a potrebno je napraviti dodatne testove prema kojima se pojedini minerali razlikuju. U svakom drugom slučaju, preferirana orijentacija je nepoželjna pojava i teži se nasumičnoj orijentaciji uzoraka, pogotovo u kvantitativnoj rendgenskoj analizi. Za izradu orijentiranih uzoraka, potrebno je eliminirati mineralne faze koje smetaju pri identifikaciji minerala glina, kao što su karbonati, zatim izdvojiti frakciju u kojoj se minerali glina dominantno pojavljaju, a to je glinena frakcija (<2 μm). Postupci prema kojima se različiti minerali glina mogu identificirati, a to su saturacija različitim kationima (K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Li^+), interkalacija s polialkoholima (etilen glikol EG i glicerol), polarnim molekulama (voda, dimetil sulfoksid DMSO, hidrazin, formamid), organskim kationima (guanidin) te žarenje, temelje se na varijabilnim d(00l) međumrežnim razmacima, koji su rezultat različitih svojstava odnosno struktura (Brindley & Brown, 1980; Moore & Reynolds, 1997). Uslijed tih postupaka mijenja se položaj, intenzitet i oblik difrakcijskih maksimuma minerala glina. U nasumično orijentiranim uzorcima, minerali glina imaju karakteristični maksimum s mrežne ravnine (060), koja može imati međumrežni razmak između 1,49-1,55 Å. Refleksi (060) omogućuju razlikovanje dioktaedarskih od trioktaedarskih minerala glina, jer duljina parametra *b* ovisi o veličini kationa koji se nalaze u oktaedarskom listu. Dioktaedarski minerali glina imaju niže vrijednosti d(060), zbog trovalentnih kationa u strukturama (npr. Al^{3+}). Trioktaedarski minerali glina imaju veće vrijednosti refleksa 060 zbog većih dvovalentnih kationa u strukturama (npr. Mg^{2+}).

Za uklanjanje karbonata odnosno kalcita, koristila se puferirana otopina octene kiseline i natrijevog acetata (NaOAc) prema metodi Jackson (1956), koja je dugotrajna ali najmanje destruktivna za minerale glina. U 250 ml laboratorijske čaše dodalo se 10 g uzorka i 100 ml 1N puferirane otopine NaOAc (Buhrke et al., 1998). Povišen pH u jako kalcitičnim uzorcima snižava se na pH=5 pomoću klorovodične kiseline. Kod uzoraka s visokim udjelom kalcita, dodano je još 50 ml puferirane otopine NaOAc. Nakon što se otopio sav kalcit, uzorci su preneseni u 50 ml kivete za centrifugu i ispirani destiliranom vodom pomoću centrifuge *(mrc)* barem 5 puta. Na manjem broju uzorka se nakon otapanja karbonata uklonila organska tvar upotrebom 10% vodikovog peroksida (5 ml 10% H_2O_2). Uzorci su dispergirani pomoću ultrazvučne kupke *(EMAG)* uz dodavanje 3-5 mg natrijevog pirofosfata ($Na_4P_2O_7$ x $10H_2O$). Nakon toga se izdvajala glinovita frakcija pomoću centrifuge. Prema parametrima centrifuge, vrijeme i brzina centrifugiranja određena je na 3 minute i 14 sekundi na 1000 okr/s za glinovitu frakciju (pomoću programa *Centrifuge;* Krumm, 1994). Glinovita frakcija ostaje u suspenziji koja se dekantira. Suspenzija se potom nanosi na staklene pločice, veličine 2,5 x 2,5 mm, pomoću kapaljke. Na taj se način pripremaju orijentirani preparati minerala glina (slika 54).

Identifikacija minerala glina utvrdila se snimanjem orijentiranih preparata na rendgenskom difraktometru, nakon provedenih tretmana: 1) prirodni, osušeni na zraku *(air dried, AD)*; 2) tretirani s etilen glikolom (EG); 3) žareni na 400°C; 4) žareni na 550°C; 5) tretirani s DMSO (dimetil sulfoksid); 6) saturirani s K i sušeni na zraku (K-AD); 7) saturirani s K i žareni na 350°C (K-350°C); saturirani s Mg i tretirani s glicerolom (Mg-G). Orijentirani uzorci snimani su u području od 4 do 20 ili 30°2θ .

Nakon što se se orijentirani preparati osušili na zraku, snimali su se na rendgenskom difraktometru. Potom su se tretirali s etilen glikolom tako da su ostavljeni preko noći u eksikatoru s otopinom etilen glikola (minimalno 12 h na 60°C), nakon čega su uzorci opet snimani na XRD-u. Slijedilo je žarenje u peći *(INKO lab)* na 400°C oko pola sata i snimanje na XRD-u nakon što su se ohladili. Nakon toga,

snimljeni su i nakon žarenja na 550°C oko pola sata. Uzorci su nakon tih postupaka, ponovno nakapani na stakalca i ostavljeni da se osuše na zraku i stavljeni u eksikator s 99 % otopinom DMSO (dimetil sulfoksid) 2 dana na 50°C, nakon čega su snimani na XRD-u. Slijedio je postupak saturiranja uzoraka u suspenziji s kalijem (K). Za tu svrhu odvojilo se pola uzorka u suspenziji u drugu kivetu od 50 ml u koju je dodano 10 ml 4N otopine kalijevog klorida (KCl). Uzorci su ostavljeni na tresilici 24h te su nakon toga 3 puta ispirani s destiliranom vodom i centriguirani da bi se odstranila preostala sol. Nakon toga su napravljeni orijentirani preparati nakapavanjem na stakalca. Ostavljeni su da se suše preko noći i potom snimani. K-saturirani uzorci potom su žareni u peći na 350°C oko sat vremena i, nakon što su se ohladili, snimani na XRD-u. Saturiranje uzoraka magnezijem (Mg) učinjeno je na odabranim uzorcima, na način da se kivetu s dijelom suspendiranog uzorka u koju je dodano 10 ml 2N otopine magnezijevog klorida ($Mg(Cl)_2$), ostavlilo na tresilici preko noći, te su se izradili orijentirani preparati na stakalcu. Nakon što se orijentirani preparat osušio, ostavljen je preko noći na filter papiru namočenom u glicerol. Sljedeći dan je uzorak snimljen na XRD-u.



Slika 54 Otapanje kalcita u uzorcima, saturiranje s kationima u kivetama za centrifugu i orijentirani uzorci minerala glina.

Kriteriji za određivanje minerala glina na temelju ovih snimanja prikazani su u tablici 11. Navedene promjene posljedica su strukturnih svojstava minerala glina. Tako su minerali glina tipa 1:1 sastavljeni od slojeva kojeg čine 1 tetraedarski i oktaedarski list, ti slojevi nemaju naboj (ili je jako nizak) i ne sadrže međuslojne katione ili vodu nego su povezani vodikovim vezama, a bazalni međumrežni razmak je d(001)=7,16 Å. Tom tipu pripada mineral kaolinit. Karakterističan je i pik d(002)=3,58 Å. Kaolinit se identificira žarenjem na 550°C, nakon čega mu maksimumi nestaju tj. postaje amorfan za XRD analizu, iako se djelomično sačuva struktura. Dehidroksilacija kaolinita rezultat je interakcije dvije susjedne hidroksilne skupine pri čemu nastaje voda, a kisik ostaje vezan u strukturi ($2OH^- \rightarrow O^{2-} + H_2O$). Kaolinit normalno dehidroksilira između 400 i 600°C. Kaolinit može pokazivati visok stupanj nepravilnosti u slaganju slojeva u strukturi (nereda), koji je rezultat nasumičnog premještanja Al vakancije u oktaedarskom listu (kaolinit je dioktaedarski mineral, s 2 zauzeta mjesta trioktaedarskim

kationom, Al^{3+}, a treće slobodno mjesto može biti na različitim položajima). Bazalni refleksi kaolinita (001 i 002) postaju manje oštri i manjeg intenziteta s povećanjem nepravilnosti ili nereda. U nasumično orijentiranim uzorcima, slabo kristalizirani kaolinit pokazuje grupu spojenih refleksa odnosno spojenih pikova u području između 20-25°2θ i 35-40 °2θ. U orijentiranim uzorcima, dimetil sulfoksid (DMSO) se koristi za određivanje uređenog, dobro kristaliziranog kaolinita u odnosu na neuređeni, slabo kristalizirani. DMSO raskida vodikove veze između slojeva dobro kristaliziranog kaolinita i ulazi u strukturu te uzrokuje širenje kaolinita - promjenu difrakcijskog maksimuma sa 7 Å (točnije 7,15 Å) na 11,2 Å. Kod slabo kristaliziranog kaolinita pik ostaje na 7 Å (točnije 7,20 Å).

Tablica 11 Identifikacija minerala glina pomoću XRD analize, na temelju promjena d001 nakon dijagnostičkih postupaka na orijentiranim uzorcima (sušen na zraku AD, interkalacije s etilen glikolom EG, glicerolom G i dimetil sulfoksidom DMSO, K-saturirani, Mg-saturirani, žareni na 400, 550 i 350 °C); te d060 očitanog na nasumično orijentiranim preparatima. MLM miješanoslojni minerali I-S (illit-smektit).

	d_{001} (Å) (XRD orijentiranih preparata)								d_{060} (Å) (nasumični)
	AD	EG	400°C	550°C	DMSO	K-AD	K-350°C	Mg-G	
Kaolinit, neuređen	7	7	7	-	7		7	7	1,49
Kaolinit, uređen	7	7	7	-	11,2		7	7	1,49
Illit	10	10	10	10		10	10	10	1,50
Klorit	14	14	14	14		14	14	14	1,54-1,55
Vermikulit	14	14	13-10	12-10		10-11		14,5	di 1,50 tri 1,52-1,54
HIV	14	14	13-10	12-10		14	10		
Smektit	14	17	10	10		12-13		18	di: 1,49-1,52; tri: 1,52-1,55
MLM neuređeni I-S	10-15	10-17	10	10					varijabilan

U minerale tipa sloja 2:1 pripadaju tinjci (naboj oko 1), te skupina minerala glina s nabojem manjim od 1: illit, glaukonit, smektit, vermikulit i HIV. Klorit ima varijabilan naboj i ne klasificira se prema naboju sloja, već se razikuje prema hidroksidu koji popunjava međuslojni prostor. 2:1 minerali glina sastoje se od 2 tetraedarska i 1 oktaedarskog lista koji čine TOT slojeve koji su međusobno povezani kationima, hidratiziranim kationima, hidroksidima ili kationsko-hidroksilnim kompleksom.

U većini tinjaca (muskovit i biotit) 2:1 slojevi su međusobno povezani tako da je međumrežni razmak d(001)=10 Å. Negativni naboj kompenzira se međuslojnim kationom K^+. Illiti se smatraju tinjcima veličine glina, u kojima može biti dio K^+ zamijenjen s drugim kationima, kao što je Ca^{2+}. Razlike između tinjaca i illita nema, oba minerala imaju pik na 10 Å. Naziv minerala illit se sve manje upotrebljava u literaturi (Meunier & Velde, 2010) i govori se o njemu kao tinjcu s manjkom međuslojnih kationa *(interlayer-deficient mica)*. Illiti se identificiraju prema međumrežnom razmaku d(001)=10 Å, d(002)=5 Å, koji ostaju nepromijenjeni nakon tretmana s etilen glikolom i žarenjem.

Vermikuliti su 2:1 minerali glina sa strukturom sličnom tinjcima, u kojima je Fe^{2+} oksidirao u Fe^{3+} i time snizio naboj, pa u međuslojnom prostoru se ne nalazi K^+ nego najčešće Mg^{2+} ili Ca^{2+} koji su hidratizirani. Naboj im iznosi između 0,6-0,9. Kao posljedica toga, međumrežni razmak veći je od 10 Å

i njegova vrijednost uvelike ovisi o međuslojnom kationu. Ako je međuslojni kation Mg^{2+}, tada vermikulit ima karakterističnu pik na 14 Å. Žarenjem vermikulita dolazi do smanjenja d na 12-13 Å, a nakon saturacije s K^{+}, sušen na zraku smanjenje d na 10-11 Å.

Vermikuliti kojima d ostaje na 14 Å nakon saturacije s K^{+}, a smanjuje se na 10 Å nakon žarenja K-saturiranog uzorka nazivaju se hidroksil interstratificirani vermikuliti (HIV, *hydroxy interlayered vermiculites)*, koji imaju unutar međuslojnog prostora kationsko hidroksilni kompleks, npr. hidroksi-Al kompleks (Barnhisel, 1977). Ti hidroksilni kompleksi nisu potpuno razvijeni u hidroksidne listove, kao što je to slučaj kod klorita (Mg-hidroksid).

Smektiti su 2:1 minerali glina sa zamjenama u tetraedarskim i oktaedarskim listovima tako da imaju negativni naboj sloja manji od tinjaca ili vermikulita (0,2-0,6). Međuslojne veze su prema tome puno slabije nego kod vermikulita i njegovi međuslojni kationi (Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}) imaju sposobnost zadržavanja polarnih molekula (npr. etilen glikola, glicerola). Međumrežni razmak smektita sa 14 Å povećava se na oko 17 Å. Kalijem saturirani smektiti smanjuju razmak na 12-13 Å.

Smektiti i vermikuliti su minerali koji „bubre“, jer njihovi međuslojni kationi imaju sposobnost zadržavanja polarnih molekula unutar međuslojnog prostora. Ovo svojstvo ne postoji ako je naboj previsok (tinjci) ili jednak nuli (talk, pirofilit). Polarne molekule se organiziraju u slojeve čiji broj varira obrnuto s nabojem: minerali glina s nabojem između 0,8-0,6 imat će 1 sloj polarne molekule (vermikuliti), oni s nabojem 0,6-0,3 2 do 3 sloja polarnih molekula (smektiti). Katione u međuslojnom prostoru okružuju molekule etilen glikola, koje su slabo vezane za površinu tetraedarskih listova (vodikove veze) (Meunier, 2005).

Kloriti imaju sličnu strukturu vermikulitima, ali im je međuslojni prostor potpuno okupiran s Mg-hidroksidom (brucitnim slojem), te se stoga može reći da su oni zapravo 2:1:1 minerali glina. Kloriti imaju međumrežni razmak d(001)=14 Å, koji se ne smanjuje nakon žarenja. Međumrežni razmaci klorita d(002)=7,10 i d(004)=3,55 Å slični su d(001) i (002) kaolinita. Kaolinit se razlikuje od klorita jer žarenjem na 550°C nestaje pa tako i nestaje maksimum na 7 Å, a ako je prisutan klorit, maksimumi ostaju. Dobro uređeni kaoliniti su u interkalaciji s DMSO i maksimum raste na 11,2 Å, dok maksimum klorita ako je prisutan ostaje na 7 Å (treba biti pažljiv jer je moguće da su prisutni neuređeni, slabo kristalizirani kaoliniti, kojima ostaje maksimum na 7 Å). Klorit osim navedenih ima i slabi maksimum d(003)=4,72-4,74 Å. Sekundarni kloriti (pedogenetski ili Al-kloriti) su kloriti u kojima je više od 60 % brucitnog sloja zamijenjeno s gibsitnim slojem (aluminijskim polimerom u međuslojnom prostoru) (Velde & Meunier, 2008). U njima je intenzitet maksimuma na 7 Å veći od onog na 14 Å, te se žarenjem K saturiranog uzorka maksimum na 14 Å pomiče na 10 Å.

Miješanoslojnim mineralima glina (MLM- *mixed layer minerals)* nazivaju se oni minerali koji se sastoje od dvije vrste minerala glina - spojenih 10 i 14 Å slojeva u 1 mineral duž osi z*, a razlikuju se prema slaganju slojeva. Mogu biti pravilno interstratificirani, koji se prepoznaju po maksimumima koji su rezultat sume međumrežnih razmaka od kojih se sastoje, npr. 28 Å corrensit (2 vrste: tri klorit/nisko nabijeni tri smektit ili tri klorit/ visoko nabijeni tri vermikulit), 24 Å rektorit (di tinjac/di smektit). Ako su nepravilno interstratificirani, prepoznaju se po maksimumima u području od 10-15 Å i različitim tretmanima (illit-smektit I-S), zatim česti su još klorit/smektit (C/S), kaolinit/smektit (K/S), tinjac/vermikulit, tinjac/klorit (Moore & Reynolds, 1997). Ponekad se smatraju prijelaznim fazama između minerala koji im tvore listove, no predstavljaju prave mineralne faze. Vrlo ih je teško

identificirati, često uz pomoć programa za modeliranje bazalnih maksimuma (00l), npr. SYBILLA i NEWMOOD).

3.2.8.2. Kvantitativna fazna analiza (BGMNwin Rietveld)

Kvantitativna fazna analiza (QXRD) temelji se na činjenici da je intenzitet difraktiranog zračenja neke faze u smjesi ovisan o koncentraciji te faze u smjesi (Klug & Alexander, 1974; Cullity & Stock, 2001). Odnos između intenziteta i koncentracije generalno nije linearan, jer intezitet difraktiranog zračenja ovisi o apsorpcijskom koeficijentu smjese koji varira ovisno o koncentraciji svih komponenti u smjesi. Interakcija rendgenskog zračenja i materije uzrokuje smanjenje intenziteta difraktiranog zračenja koje je proporcionalno debljini materijala, što se može izraziti jednadžbom:

$$I=I_0\, e^{-\mu x}$$

gdje je I – intenzitet difraktiranog zračenja, I_0 – intenzitet upadnog zračenja, μ - linearni apsorpcijski koeficijent, x – debljina. Linearni apsorpcijski koeficijent ovisi o kemijskom sastavu tvari, njegovoj gustoći i valnoj duljini rendgenskog zračenja. Zbog ovisnosti o gustoći, korisniji je maseni apsorpcijski koeficijent ($\mu_m = \mu/\rho$), koji je neovisan o fizičkom i kemijskom stanju materijala.

Intenzitet difraktiranog rendgenskog zračenja ovisan je o instrumentalnim, geometrijskim i kristalografskim parametrima i može se prikazati sljedećim izrazom (Moore & Reynolds, 1997):

$$I = K\, W_f\, (1/V^2)\, (1/\rho)\, |F|^2\, PL\Psi\, (1/\mu)$$

gdje je: I – integrirani intenzitet, K – konstanta velikog broja fizičkih jedinica kao što su naboj i masa elektrona, brzina svjetlosti i valna duljina ulaznog zračenja, te karakteristika instrumenta (rendgenske cijevi, filtera i pukotina), W_f – težinski udio promatranog minerala, V –volumen jedinične ćelije, F – strukturni faktor, P – polarizacijski faktor, L –Lorentzov faktor, Ψ – distribucijski faktor, μ - apsorpcijski koeficijent. Tom se jednadžbom izračunava relativni integrirani intenzitet, tj. površina maksimuma iznad šuma, a ne visina pika. Prema jednadžbi, relativni intenzitet rendgenske difrakcije na prahu ovisi o više faktora, vezanih za karakteristike instrumenta i uzorka. Većina ih se može kontrolirati i precizno odrediti, no nekoliko njih stvaraju probleme pri kvantitativnoj mineraloškoj analizi. Strukturni faktor je jedan od njih, a ovisan o kemijskom sastavu minerala i položaju atoma u jediničnoj ćeliji i opisuje raspršenje rendgenskih zraka na nekoj mrežnoj ravnini u kojoj sudjeluju svi atomi u kristalu:

$$F_{hkl} = \Sigma f_n\, e^{i2\pi\,(hxn+kyn+lzn)}$$

pri čemu je f_n – faktor raspršenja atoma n; x_n, y_n, z_n – koordinate atoma u jediničnoj ćeliji, hkl – Millerovi indeksi. Za minerale glina koji se preferirano orijentiraju, važan je i faktor distribucije, koji opisuje preferiranu orijentaciju.

Oblik i širina pikova ovisi o faktorima koji se mogu svrstati u dvije kategorije: faktori koji su vezani za instrument (geometrija i optičke komponente), te faktori vezani za uzorak (kristaliničnost i mikronapetost koji nastaju defektima u kristalnoj rešetki).

Najčešće korištena metoda za kvantitativnu analizu uključuje usklađivanje cijele difrakcijske slike *(whole-pattern fitting ili full-pattern analysis)*, ne samo određenih maksimuma, te postoje različiti

programi koji koriste orijentirane i nasumično orijentirane uzorke. Nasumične uzorke koriste RockJock (metoda linearnog sumiranja difrakcijskih slika referentnih uzoraka) i Rietveld metoda, koju koriste mnogi programi (BGMN, GSAS, Fullprof, Siroquant, TOPAS, MAUD, itd.; pregled programa može se naći na http://www.ccp14.ac.uk). Rietveldova metoda zahtijeva kompletne stukturne modele za računanje intenziteta i temelji se na utočnjavanju i usklađivanju *(refinement)* struktura minerala koji su predmet istraživanja. Udio minerala dobije se na temelju usklađivanja eksperimentalne difrakcijske slike sa difrakcijskom slikom dobivenom računanjem iz utočnjene strukture minerala. Ovu metodu utvrdio je Rietveld (1969), te je originalno razvijena za istraživanje kristalnih struktura neutronskom difrakcijom na prahu, a danas se koristi u rendgenskoj difrakciji. Zbog postojanja različitih defekata u strukturi minerala, a posebno minerala glina, čije je strukture zbog defekata nemoguće točno odrediti, primjena Rietveld metode je ograničena. Nepravilnosti odnosno stupanj neuređenosti u strukturi minerala glina (disorder) može nastati zbog više razloga (Moore & Reynolds, 1997):

- zamjena kationa u tetraedarskom ili oktaedarskom listu, što uzrokuje mikronaprezanje i posljedično široki difrakcijski maksimumi, koji mogu nastati i zbog male veličine kristalita;
- najčešći tip nepravilnosti kod minerala glina su nepravilnosti u slaganju slojeva *(layer stacking disorder)*, što znači da se slojevi slažu nasumično u odnosu na pravilne sekvence (npr. udio nepravilnosti u slaganju slojeva u kaolinitu) ili se slažu različiti slojevi međusobno (npr. ekspandirajući sloj s ne-ekspandirajućim) i pri tome nastaju različiti tipovi miješano-slojnih minerala glina. Ako nasumično slaganje slojeva uključuje i rotaciju, tada se nepravilnosti nazivaju turbostratske nepravilnosti *(turbostratic disorder)*, koje se uglavnom javljaju u smektitima, koji sadrže slabo vezane međuslojne katione i omogućuju takve defekte (kod tinjaca i klorita takva struktura nije moguća jer međuslojni kation drži slojeve na ponovljivim i fiksnim pozicijama). Nepravilno ponavljanje u tom slučaju je jedino duž osi *z*, jer su slojevi savršeno paralelni, te se zbog toga javljaju samo 00l difrakcijski pikovi koji mogu biti preklopljeni, dok hkl refleksa nema;
- sljedeći korak u nepravilnosti u slaganju slojeva naziva se amorfna struktura, bez ikakve pravilnosti. Amorfnu tvar nije moguće modelirati Rietveldovom metodom, već ju je moguće odrediti upotrebom internog standarda, kad predstavlja razliku do 100%.

Strukturne varijacije utočnjavaju se odgovarajućim parametrima. Moguće je modelirati veličinu kristalita i mikronaprezanje, dok je miješano-slojne minerale glina i turbostratske nepravilnosti vrlo teško modelirati zbog širokih, asimetričnih pikova, no moguće je koristiti samo jednodimenzionalno utočnjavanje, koristeći samo 00l reflekse čime se vrši korekcija nepravilnosti u Rietveldu. Kod uređenih minerala glina, utočnjava se pravilna trodimenzionalna ili dvodimenzionalna difrakcijska slika (svi hkl refleksi). Upotreba bilo koje difrakcijske metode za neuređene minerale je iznimno teška. Greške u preferiranoj orijentaciji mogu se eliminirati pomoću korekcijskih modela. BGMN je program za QXRD analizu korišten u ovom istraživanju (Bergmann et al., 1998), te se temelji na Rietveldevoj metodi.

Kvantitativna analiza minerala zahtijeva pažljivu pripremu uzoraka. Difrakcijski signal odnosno intenzitet ovisi o volumenu uzorka koji difraktira (ograničeno karakteristikama instrumenta – sistemom pukotina, nosača uzorka i apsorpcije), te o broju čestica po jedinici volumena (ograničeno veličinom čestica). Pravilnom pripremom uzoraka može se kontrolirati jedino veličina čestica. Statistika čestica nije problem za glinenu frakciju, no da bismo točno izmjerili intenzitete drugih

minerala, potrebno je usitniti uzorke na <5 µm. Mikroapsorpcija je sljedeći problem koji uzrokuje gubitak intenziteta. Događa se unutar čestica i problem je kada je taj gubitak različit za 2 faze u uzorku (npr. kvarc i pirit). Ovisi o promjeru čestica i linearnom atenuacijskom (apsorpcijskom) koeficijentu, te u BGMN-u postoji korekcija u strukturnoj datoteci. Usitnjavanje uzorka na veličinu <5 µm također pomaže pri uklanjanju tog problema. Za točnu kvantitativnu analizu potrebno je imati potpuno nasumično orijentirane uzorke (slika 55). To je vrlo teško postići jer se u uzorcima uvijek javljaju minerali koji se orijentiraju, npr. feldspati i tinjci, dok se sferične čestice ne orijentiraju. Preferirana orijentacija je rezultat oblika minerala, veličine, pritiska pri punjenju nosača te naravno, vrsti minerala. Kod analize minerala glina ona uzorkuje stvaranje intenzivnih 00l difrakcijskih maksimuma. U XRD analizi, preferirana orijentacija (PO) rezultat je načina punjenja nosača uzorka. PO je nemoguće ukloniti, te ju je potrebno minimizirati koliko god je to moguće i preostale devijacije korigirati. Matematičke korekcije su moguće sve dok je poznata simetrija minerala.

Slika 55 Slikoviti prikaz nasumične i preferirane orijentacije minerala u praškastim uzorcima. Preuzeto od Döbelin (2013c).

Osnovna pravila za pripremu uzoraka za QXRD su: upotreba minimalne energije za usitnjavanje (npr. ahatni tarionik), kako se ne bi uništile osjetljive mineralne faze; minimalno korištenje kemikalija koje bi ih mogle otopiti ili alterirati ih; izbjegavanje izlaganja uzoraka visokim temperaturama. Preporuča se veličina čestica <5 µm, optimalno između 1-3 µm. McCroneov mikronizirajući mlin *(McCrone micronizing mill)* omogućuje dobivanje takvih veličina čestica (slika 56). Najbolji rezultati dobivaju se mokrim usitnjavanjem (u vodi ili alkoholu). Prije stavljanja u mlin čestice se moraju usitniti na < 0,4 mm. Postoji opasnost od kontaminiranja uzoraka s elementima za usitnjavanje (od ahata i korunda), te otapanja nekih faza korištenom tekućinom za usitnjavanje (voda, etanol, metanol). Postupak se sastojao od dodavanja 2 g uzorka i 10 ml etanola, te usitnjavanja 10 minuta. Suspenzija se zatim sušila u sušioniku na 60°C.

Slika 56 McCroneov mikronizirajući mlin s odgovarajućim priborom za usitnjavanje uzoraka.

BGMN se koristi za utočnjavanje struktura, te kvantitativnu faznu analizu. BGMN minimizira razlike između izračunate i mjerene difrakcijske slike, metodom najmanjih kvadrata. Izračunata teoretska difrakcijska slika temelji se na poznatoj strukturi minerala, koja se utočnjava da bismo dobili odgovarajuću strukturu mjerenog uzorka i što veće preklapanje difrakcijskih slika. Optimalni strukturni model i usklađene difrakcijske slike dobiju se višestrukim računanjem. Prije početka utočnjavanja potrebno je točno identificirati mineralne faze. Razlike postoje u širini pikova, intenzitetima, a i položaji pikova mogu biti lagano pomaknuti. Za modeliranje pikova u BGMN-u koristi se pristup „osnovnih parametara“ *(Fundamental Parameters Approach)*, koji obuhvaća distribuciju valnih duljina (konvolucija), geometrijska odstupanja vezana uz instrument i svojstva uzorka odgovorna za širine pikova. Tim pristupom profil maksimuma računa se iz konfiguracije instrumenta. Upotreba ovog pristupa osnovnih parametara prema tome zahtijeva detaljno poznavanje instrumenta. Optika Bragg-Brentano difraktometra θ-θ geometrije opisana je u prethodnom poglavlju, a za BGMN potrebno je definirati radijus goniometra, točne vrijednosti veličine linijskog fokusa rendgenske cijevi, dimenzije i udaljenosti Sollerovih, divergentnih i primajućih pukotina od uzorka, veličinu maske i ostalo.

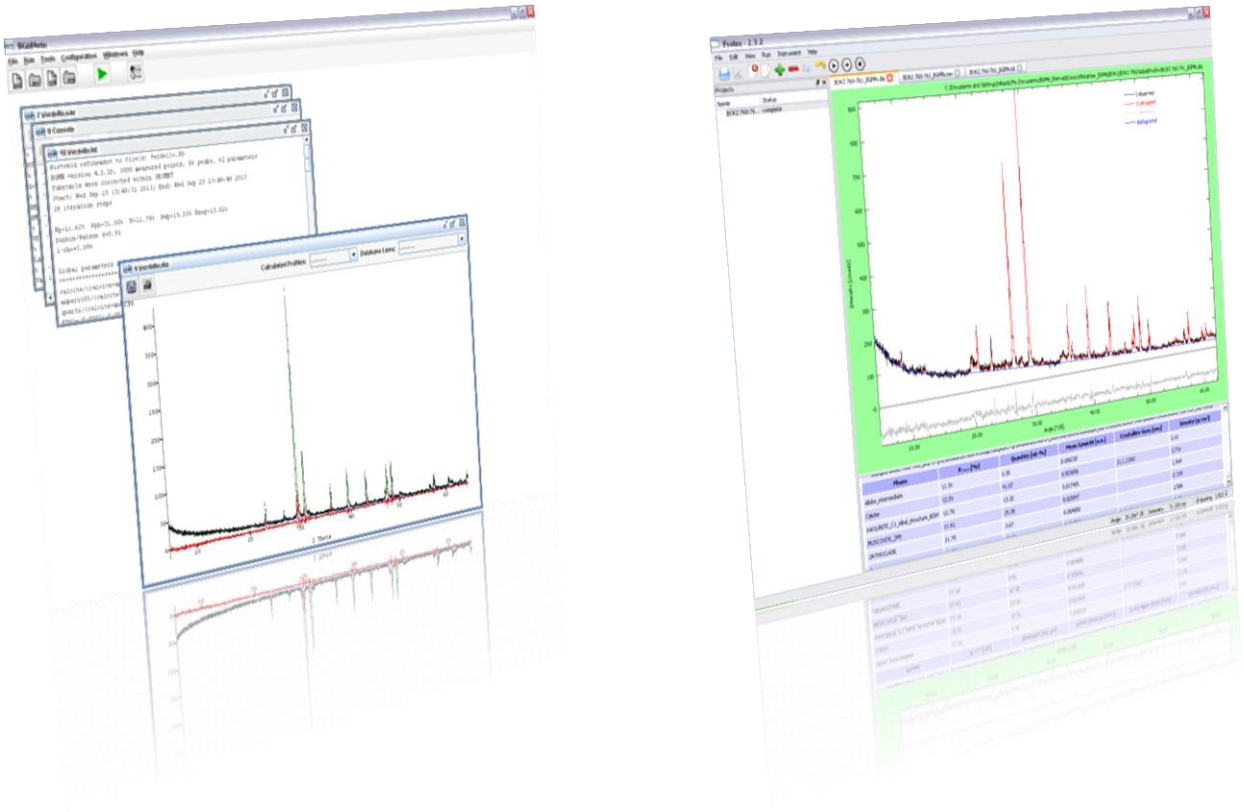
Nakon utočnjavanja, točan rezultat jest onda kada se dobije ravna krivulja koja ne pokazuje razlike između kalkulirane i mjerene difrakcijske slike (samo šum). Ako je sve dobro utvrđeno, dobije se vrlo dobro podudaranje i opis profila pika. BGMN sadrži kolekciju strukturnih datoteka, koje sadrže jedne od ulaznih podataka potrebnih za QXRD. Uz strukturne (*.str), potrebno je napraviti i kontrolne datoteke (*.sav), koje sadrže podatke o mjerenom uzorku (difrakcijskoj slici uzorka, *.rd), kao i o geometrijskim postavkama instrumenta (*.geq, *.ger). Strategija utočnjavanja sastoji se u definiranju grešaka (razlika između računske i mjerene difrakcijske slike) koje se javljaju, a koje su posljedica određenih faktora (tablica 12):

- pogrešni položaji pikova, za što su odgovorne dimenzije jedinične ćelije, pomak visine uzorka i loša podešenost instrumenta *(zero shift)*;
- pogrešni apsolutni inteziteti, koji ovisi o težinskim udjelima;
- pogrešni relativni intenziteti, za što su odgovorni preferirana orijentacija, veličina čestica, vrste i koordinate atoma, popunjenost određenih mjesta u strukturi, termičke vibracije;
- pogrešna širina pika, koja ovisi o veličina kristalita i naprezanju u kristalnoj strukturi.

Tablica 12 Strategija utočnjavanja BGMN-a.

Efekt u difrakcijskoj slici	**Uzrok u kristalnom strukturnom modelu, instrumentu ili uzorku**
Pogrešni položaji pikova	Dimenzije jedinične ćelije Pomaknuti uzorak Nepravilnost instrumenta *(zero shift)*
Pogrešni aposlutni intenziteti	Težinski udio
Pogrešni relativni intenziteti	Preferirana orijentacija Atomske vrste/zamjene Atomske koordinate Popunjenost određenih mjesta u strukturi Termalne nepravilnosti
Pogrešne širine pikova	Veličina kristalita Naprezanje rešetke

Postoji program koji koristi BGMN algoritam, a sastoji se od nešto jednostavnijeg sučelja, lakše se njime koristiti i pristupačniji je - Profex (Döbelin, 2013) (slika 57). Ulazni podaci za Profex vezani za mjerenu difrakcijsku sliku su oni koje direktno mjeri PANalytical-ov X'Pert Powder (*.xrdml), te prema tome nije potrebno konvertirati difrakcijske slike kao u BGMN-u, koji koristi *rd difrakcijske slike za ovaj tip difraktometra. Temelji se također na ulaznim kontrolnim podacima, kopiranju struktura svih prisutnih mineralnih faza i kopiranju konfiguracije instrumenta, te potom može krenuti BGMN usklađivanje struktura i kvantitativno određivanje minerala.



Slika 57 BGMN i Profex sučelja – programi za QXRD.

3.3. Matematičko-statističke metode

Rezultati pojedinih analiza zahtijevali su obradu podataka pomoću specijaliziranih programa za te vrste analiza, kao što je prikazano u nastavku. Potom su svi ti podaci, obrađeni ili ne ovisno o metodi, modelirani u C2 programu za analizu i vizualizaciju paleookolišnih podataka (Juggins, 2011), specijaliziranim za obradu limnoloških podataka (Birks et al., 2012), kako bi bili što pregledniji s obzirom da se radilo o velikom broju uzoraka. Time je omogućena i jednostavnija usporedba dobivenih rezultata među jezgrama.

Rezultati granulometrijske analize su statistički obrađeni pomoću programa GRADISTAT8 (Blott, 2010), koji se koristi unutar *MS Excel*. U program se unose podaci dobiveni mjerenjem na laserskm difraktometru, tj. postotak sedimenta (količina zrna, tj. njihov maseni udio) u svakoj frakciji. Program računa sljedeće statističke parametre: srednju veličinu zrna ili medijan (D_{50}), prosječnu veličina zrna (*Mean* M_z), mod (M_O), sortiranje (So), asimetričnost raspodjele *(skewness Sk),* zaoštrenost krivulje ili kurtozis *(K)*. Srednja veličina zrna ili medijan je centralni rezultat koji dijeli distribuciju rezultata na

dva jednaka dijela. Mod je najčešća veličina čestica (najveće frekvencije ili učestalosti), on je jednostavno vrh krivulje učestalosti. Sortiranje pokazuje jednoličnost distribucije. Asimetričnost raspodjele pokazuje devijacije u raspodjeli čestica, pozitivne vrijednosti pokazuju da sitne frakcije ima u suvišku *(fine skewed)* odnosno da je krivulja iskošena prema sitnijim sedimentima, negativna da krupne frakcije ima u suvišku *(coarse skewed)*, odnosno da je krivulja iskošena prema krupnijim sedimentima (Blott & Pye, 2001). Zaoštrenost krivulje se odnosi na raspršenost raspodjele, ako je krivulja zaoštrena *(leptokurtic)*, materijal je raspoređen oko jedne veličine zrna, a ako je zaravnjena *(platykurtic)*, prisutno je više frakcija. Parametri granulometrijske analize izračunati su aritmetički i geometrijski (u μm) te logaritamski (phi-skala, ϕ) metodom momenata *(method of moments).* Linearnom interpolacijom su također izračunati statistički parametri prema Folk i Ward metodi (1957), koja uključuje i fizički opis uzoraka. Program također daje fizički opis teksturnih grupa kojima uzorci pripadaju prema Folk-u (1954) te postotke zrna u pojedinim frakcijama modificirano prema Wenthworthu (1922). Grafički su distribucije veličine zrna prikazane u ternarnim dijagramima, a kumulativne distribucije podataka u metričkim i fi jedinicama. U GRADISTATu se koriti sljedeća skala veličine zrna: vrlo krupni pijesak (2-1 mm), krupni pijesak (1000-500 μm), srednji pijesak (500-250 μm), sitni pijesak (250-125 μm), vrlo sitni pijesak (125-63 μm), vrlo krupni silt (63-31 μm), krupni silt (31-16 μm), srednji silt (16-8 μm), sitni silt (8-4 μm), vrlo sitni silt (4-2 μm) i glina (<2 μm) (Blott & Pye, 2001). Uzorci iz pojedinih jezgri (oko 100 po jezgri) izračunati su simultano (program dozvoljava istovremeno računanje do 250 uzoraka).

Rezultati dobiveni datiranjem pomoću AMS ^{14}C obrađeni su u programu CLAM (Blaauw, 2010) za dobivanje modela dubina-starost. CLAM se sastoji se od 1200 R kodiranih linija, što znači da radi na temelju statističkog programa R (R Core Team, 2013). U program se unose nekalibrirani rezultati starosti, koji se kalibriraju unutar programa pomoću kalibracijskih krivulja za sjevernu hemisferu IntCal13.14C (Reimer et al., 2013). Nekoliko različitih modela mogu se odabrati za procjenu starosti nedatiranih intervala: linearna interpolacija, linearna/polinomna regresija, kubna krivulja *(cubic spline)*, glatke *(smooth spline)* i lokalno ponderirane krivulje *(locally weighted spline* ili *loess*). Može se odabrati i koristiti onaj model koji najbolje odgovara određenoj jezgri prema obliku krivulje.

Za analizu rezultata kemijskih analiza upotrijebljene su matematičko-statističke metode pomoću standardnog statističkog programa STATISTICA7 (StatSoft, 2006). Načinjena je deskriptivna statistika za svaku jezgru, grupiranih na temelju koncentracije aluminija (minimum i maksimum vrijednosti, prosječna vrijednost ili *mean*, srednja vrijednost ili medijan, standardna devijacija). Minimum i maksimum označavaju najniži i najvišu vrijednost varijable unutar skupa uzoraka. Srednja vrijednost ili medijan dijeli distribuciju rezultata na dva jednaka dijela. Aritmetička sredina je mjera centralne tendencije, koja se izračunava dijeljenjem sume svih rezultata s brojem rezultata, te ona predstavlja najčešću i najpoznatiju mjeru „prosjeka“. Varijanca je aritmetička sredina kvadrata odstupanja vrijednosti, tj. veličina koja karakterizira rasipanje vrijednosti oko aritmetičke sredine. Standardna devijacija je standardna mjera varijabilnosti rezultata koja predstavlja drugi korijen iz varijance, odnosno ona je prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine.

Multivarijantna statistika

Svi dobiveni parametri (L*, a* i b*, MS, granulometrija, kemijske analize) međusobno su korelirani pomoću korelacijske matrice (Pearsonov koeficijent korealcije, r). Korelacija je povezanost ili asocijacija između dviju varijabli, pozitivna nastaje kada linearnom porastu rezultata na prvoj varijabli odgovara linearni porast rezultata na drugoj varijabli, negativna korelacija nastaje kada linearnom

porastu rezultata na prvoj varijabli odgovara linearni pad rezultata na drugoj varijabli; a jednaka je nuli ako promjena rezultata na prvoj varijabli ne odgovara niti porastu niti padu rezultata na drugoj varijabli. Koeficijent korelacije koristi se kao mjera za određivanje visine (intenziteta) korelacije, najčešće se koristi Perasonov ili r koeficijent korelacije (kad su obje varijable normalno distribuirane) i kreće se u rasponu između +1 i -1, gdje vrijednost +1 odnosno -1 znači da postoji savršena linearna povezanost (bilo pozitivna ili negativna), dok 0 ukazuje na odsutnost bilo kakve povezanosti, korelacija između tih varijabli ne postoji.

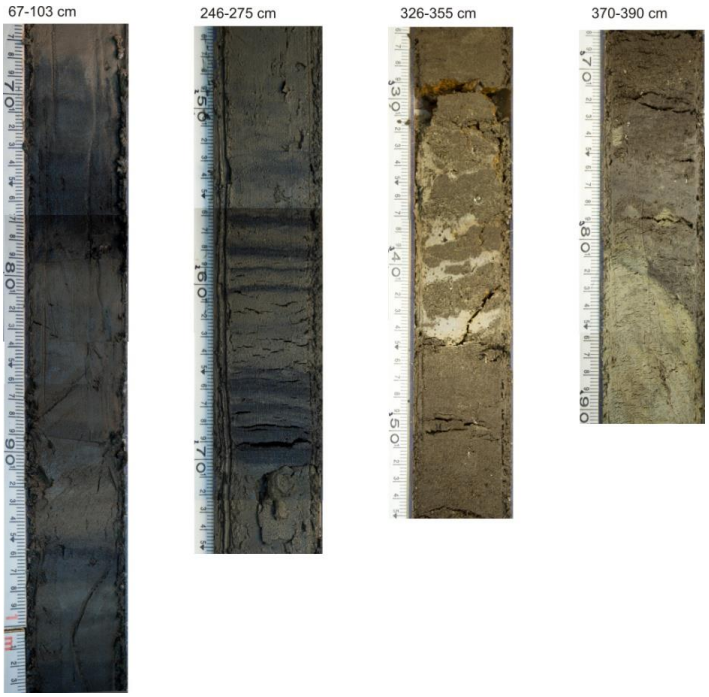
Potom su parametri analizirani pomoću klaster analize. Cilj klaster analize jest utvrđivanje homogenih grupa ili klastera, a grupna pripadnost parametara nije poznata, kao ni konačni broj grupa. Korištena je Ward-ova metoda hijerarhijskog grupiranja (*Joining tree clustering*) i Pearsonov koeficijent korelacije između dva parametra kao mjera sličnosti. Klaster analiza svrstava slične objekte u klastere te se određuju mjere sličnosti za sve parove objekata. Na taj se način omogućuje međusobna usporedba svih analiziranih objekata. Rezultati grupiranja pojedinih objekata prikazuju su u obliku dendograma, kod kojeg je svaki hijerarhijski nivo odraz stupnja homogenosti unutar grupe. Restrikcija postoji u smislu da uzorak/varijabla može pripadati samo jednoj grupi, dakle grupe su međusobno isključive.

4. Rezultati

4.1. Rezultati analiza Vranskog jezera na Cresu

4.1.1. Opis jezgre i analiza razmazanih preparata

Jezgra VR-1A je dosta nehomogena i odlikuje se naglim ili čestim promjenama na dijelovima jezgre (slika 58). Gornji dio jezgre je smeđe boje (5Y4/2 po Munsellu), a od 24 do 55 cm sediment je taman, gotovo crn u sredini jezgre (5Y4/1), ali zbog brze oksidacije, na rubovima je boja svjetlija (2,5Y6/2 i 5Y5/2). Od 67 do 80 cm i od 95 do 100 cm su izrazito tamni sedimenti na površini polovice jezgre (GLEY 2,5/N, GLEY2,5/5GY). U tom sedimentu pronađeni su ostaci biljaka, listovi, sjemenke i čestice ugljena. Nakon toga slijede smeđi sedimenti 5Y3/2, do oko 175 cm, kada se pojavljuju crvenkasti sedimenti, tj. polovica je crvena (10YR3/3, 2,5Y3/3), a drugi dio sivi (5Y3/2), do 185 cm. Nakon toga slijede tamniji, homogeni sedimenti (5Y3/1, 2,5Y3/1). U ponekim uzorcima pronađen je ugljen. Od 256 cm dolazi do promjene, ponovno se pojavljuju tamni, crni sedimenti (GLEY2,5/N), javljaju se u debljim, tamnijim laminama, od 256-257 cm i 258-259 cm, a kao tanke lamine na 259,5 cm i 260,5 cm, te u intervalu od 265-270 cm. Nakon toga sediment je tamnije smeđi (2,5Y2,5/1), homogen. U uzorku 296-297 cm pronađena je mala školjka, na 302 i 307 cm ostrakodi i korjenčići, a na 329-330 cm puževi. U intervalu od 331 do 345 cm mijenja se izgled jezgre, pojavljuju se nepravilne lećaste pojave svjetlijeg pjeskovitijeg sedimenta. Unutar tog dijela, na 332, 337, 339 cm ima jako puno ljuštura. Boja je određena na tamnijem i svjetlijem sedimentu (5Y3/2 i 5Y5/2), te su i uzorkovani odvojeno na uzorku 343-344 cm. Od 345 cm sediment je tamniji (2,5Y3/1), homogen, glinovit, pronađeni su puževi, sjemenke i korjenčići (posebno na 358 cm). Na 347 cm javlja se puno sitnih ljuštura, a na 348. cm sediment djeluje kao treset, s puno korjenčića. Na 382. cm dolazi do sljedeće promjene, prijelaz u svjetliji sivi sediment (GLEY5/10Y, GLEY6/5GY, GLEY7/10Y), te je do kraja jezgre do 440 cm sediment uglavnom homogen, s malo biljaka, a uočen je klast na 389 cm (0,5-1 cm). Uočeno je da su krajevi jezgara crvenkasti, što upućuje na to da su vjerojatno oksidirali.



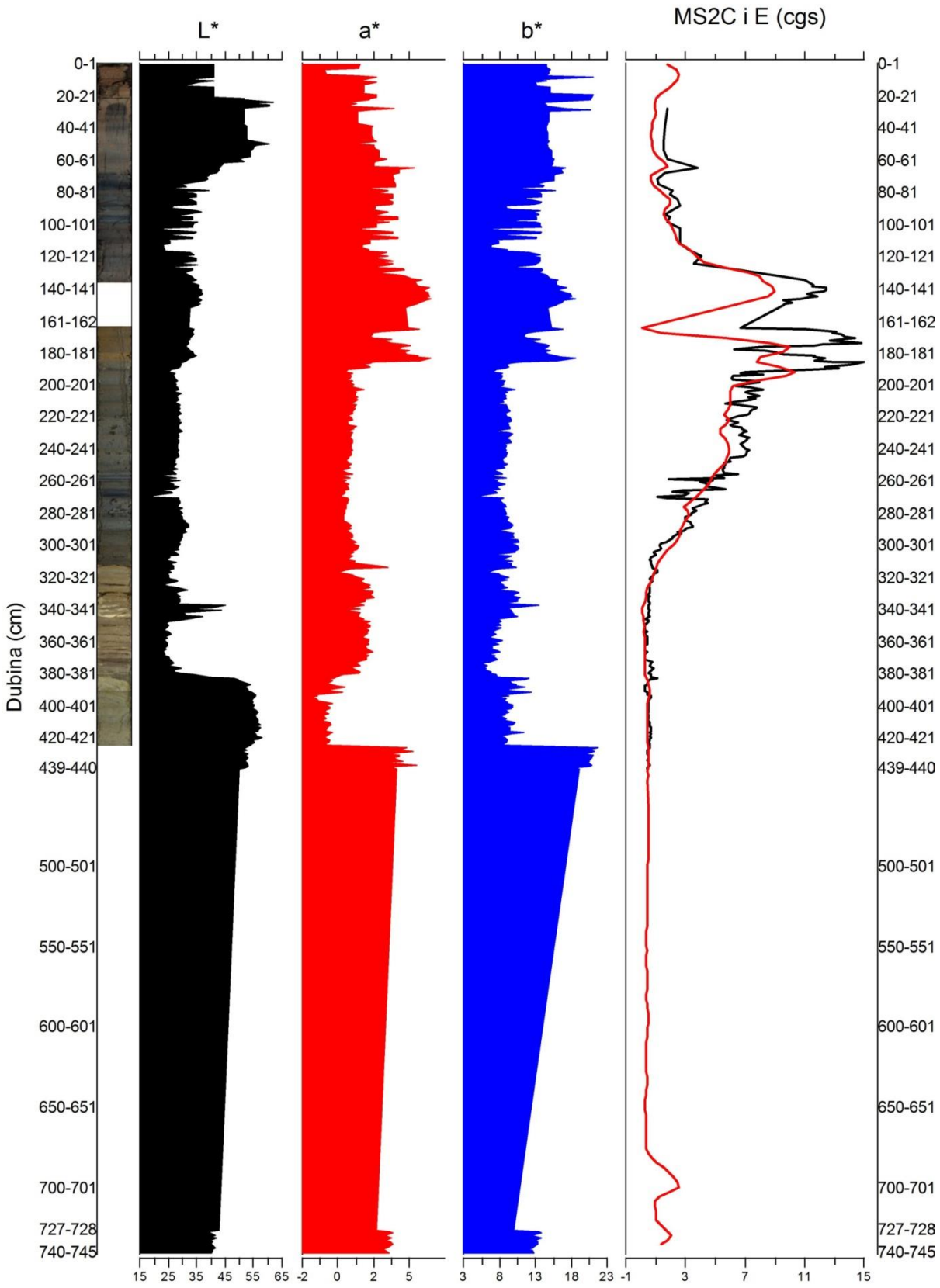
Slika 58 Fotodokumentirani dijelovi jezgre VR-1A: 67-103 cm – tamniji intervali; 246-275 cm – tamnije lamine; 326-355 cm – ispremiješani svjetliji i tamniji sediment, s ljušturama i korijenima od 340-345 cm; 370-390 cm – prijelaz iz glinovitog siliciklastičnog u karbonatni sediment.

4.1.2. Rezultati spektralne analize boje

Boja jezgre VR-1A na Vranskom jezeru na Cresu, dobivena spektralnom analizom boje u obliku CIE *L*a*b** , pokazala je varijabilnost s dubinom (slika 59). Vrijednost L* posebno varira u prvih 100 cm. Od 0 do 20 cm vrijednosti su niže, oko 41, osim na 9. cm (30,77) i od 11 do 12 cm (32 i 35,7). Od 21 do 60 cm sedimenti su svjetliji (50,01-54,03), s većim vrijednostima na 25 cm (60,70), 26 cm (60,68) i 49 cm (60,61). Od 61 do 77 cm se L* snižava do 24,01, a nakon toga do 116 cm je interval izmjene tamnijih i svjetlijih sedimenata (22,09-39,49). Od 117 do 189 cm L* je relativno konstantan s vrijednostima od 28,33 do 36,91, te od 190 do 269 cm s vrijednostima od 25,17 do 29,89, s nižim vrijednostima na 256 cm (21,06), 258 cm (21,94), 265 (20,52), 268 i 269 cm (19,60). Od 270 do 332 L* iznosi između 24,16-32,42. Od 332 do 345 cm je interval nepravilno ispremiješanog sedimenta sa svjetlijim pjeskovitim proslojcima (23,51-44,87). Na 382. cm je promjena sedimenta u svjetliju boju (48,23-57,99) i tako je do 440. cm, dok je na dnu jezgre od 726 do 740 cm L* je 39,5-42,88. Vrijednost a* je viša u gornjem dijelu jezgre do 189 cm, s najvišim vrijednostima između 127 i 151 cm (najviše 6,17) te 164 i 184 cm (najviše 6,23). Niže su vrijednosti od 190 do 319 cm (0,27-1,44), s iznimkom na dubini 312 i 313 cm (2,88 i 3,36). Od 320 do 379 cm L* je viši (1,37-2,44), s iznimkom na dubinama 338 i 340 cm (0,69 i 0,41). Od 380 cm do 424 cm vrijednosti b* prelaze u negativne u rasponu od -1,82 do 0,53, a zadnjih 25 cm (425-440 cm) i 726-740 cm su visoke što je vjerojatno posljedica mjerenja nakon određenog vremena i oksidacije uzoraka, jer je kraj odrezan prije nego ostatak jezgre, a izmjeren kasnije. Vrijednost b*iznosi oko 14 do 63 cm, s izrazito višim vrijednostima na 8 cm (29,50), između 19 i 22 cm (20,20-20,50) te 28 cm (20,21). Nakon nešto više vrijednosti na 64-66 cm (16,01-16,72), dolazi do smanjenja i veće varijacije od 73 do 108 cm (6,31-13,69). Najniže su vrijednosti između 109 i 116 cm (6,24-8,59), nakon čega su opet više vrijednosti od 117 do 185 cm (10,48-18,10). Od 186 do 381 cm su vrijednosti dosta niske (5,02-9,89), s iznimkom u intervalu 296 do 302 cm (8,88-10,25), 328 do 344 cm (8,15-12,99). Od 382 do 440 cm vrijednosti su više, s maksimumima na 382-383 cm (11,07-11,57), 388 cm (11,08), 391 cm (11,99).

4.1.3. Rezultati analize magnetskog susceptibiliteta

Magnetski susceptibilitet (MS) jezgre Vranskog jezera (VR-1A) izmjeren je pomoću MS2C senzora za jezgru sedimenata u cijevi u trocentimetarskom intervalu na cijelom rasponu jezgre. Nakon što je jezgra prepiljena na 2 polovice, magnetski susceptibilitet izmjeren je u jednocentimetarskom intervalu pomoću MS2E površinskog senzora, do 440 i od 726 do 745 cm. Nedostaju pravilni 1 cm intervali u prvoj izrezanoj cijevi, od 0-137 cm, zbog nepostojanja standardizirane metodologije u vrijeme mjerenja (naknadno su izmjereni arhivirani uzorci u nepravilnim intervalima), te su zbog toga prikazani rezultati mjerenja MS2C i MS2E senzorima. Upravo je na 137. cm kraj prve cijevi, a početak sljedeće je na 164 cm, te je zbog toga u tom intervalu došlo do prekida i nižeg magnetskog suspetibiliteta, zbog manje sedimenta u cijevi. Magnetski susceptibiliteti dobiveni pomoću MS2C i MS2E senzora se generalno dobro preklapaju (slika 59). Uočljiv je niži MS u 100 cm jezgre, s višim vrijednostima na 64 cm (MS2E=3,8 x 10^{-6} cgs) koji zatim raste i viši je između 130 i 290 cm te je nizak nakon toga (0,1-0,6 x 10^{-6} cgs). Viši MS2E imaju sljedeći intervali: 134-150 cm (9,6-12,5 x 10^{-6} cgs), 165-175 cm (11,1-14,4 x 10^{-6} cgs), 181-190 cm (11,5-15,1 x 10^{-6} cgs). MS2C pokazao je viši MS pri kraju jezgre na 687-702 cm (1,5-1,2 x 10^{-6} cgs) i 726-732 cm (1,7-2,1 x 10^{-6} cgs).

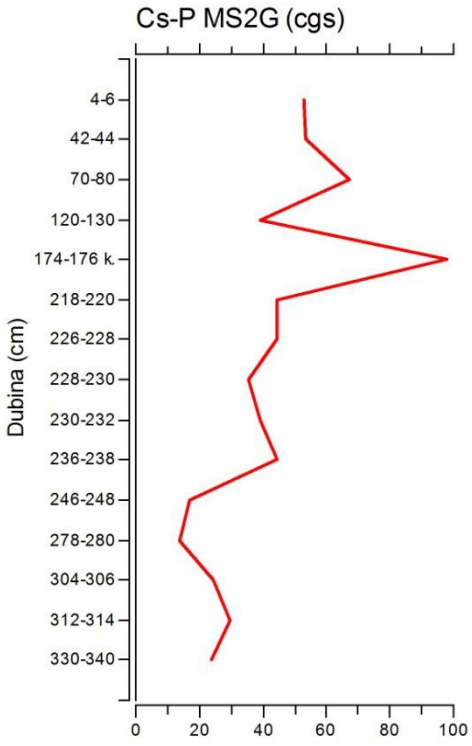


Slika 59 Spektralna analiza boje (CIE L*a*b*) i magnetski susceptibilitet MS2E (crna linija) i MS2C (crvena linija) jezgre VR-1A iz Vranskog jezera na Cresu.

U uzorcima iz sliva Vranskog jezera na Cresu izmjeren je magnetski susceptibilitet MS2G u 15 uzoraka iz profila tla Cs-P, te 2 uzorka iz jezgre Cs-5, 6 uzorka iz jezgre Cs-9 i 1 uzorak iz Valuna. Rezultati su prikazani na slici 60 za profil tla Cs-P, a ostali u tablici 13.

U profilu tla Cs-P može se uočiti viši magnetski susceptibilitet u prvih 100 cm (52,9-67,4 x 10^{-6} cgs), zatim od 174 do 176 cm, u sloju u kojem se nalaze komadići keramike, slijedi najviši magnetski susceptibilitet (97,7 x 10^{-6} cgs). Nakon toga dolazi do postepenog smanjenja MS prema kraju profila, u kojem prevladavaju lesolike naslage.

U jezgri crvenice Cs-5, magnetski susceptibilitet je visok i iznosi 120,3-204 x 10^{-6} cgs. Slično je visok i u uzorku Valun-6 (199,9 x 10^{-6} cgs). U jezgri Cs-9, magnetski susceptibilitet je puno niži u gornjem dijelu jezgre (6,5-7,4 x 10^{-6} cgs) te se postepeno povećava s dubinom i na 433 cm iznosi 98,4 x 10^{-6} cgs.



Slika 60 Magnetski susceptibilitet (MS2G) profila tla Cs-P.

Tablica 13 MS2G uzoraka Cs-5, Cs-9 i Valun.

Cs-5	**MS2G (cgs)**
108-110	204,0
506-514	120,3
Cs-9	
4-6	7,4
42-44	6,5
288-293	15,6
333-338	20,4
433-438	98,4
525-535	69,6
VALUN	
VALUN-6 750-780	199,9

4.1.4. Rezultati datiranja radioaktivnim ugljikom ^{14}C

Za kronologiju Vranskog jezera na Cresu, datirani su uzorci na dubinama 77, 189, 317, 521 i 733 cm (tablica 14). U njima je pronađen pogodan materijal za datiranje-ugljen, ostaci biljaka i ljušture. Datiranje dubljih dijelova jezgre napravljeno je na 2 uzorka, s dubina 521 i 733 cm. Do uzorka s tih dubina došlo se rezanjem jezgre od krajeva cijevi, uzorkovano je po 25 cm od kraja cijevi kako bi se pronašao materijal za datiranje. Aktivnost ^{14}C u ta 2 uzorka je iznimno niska, identična s pozadinskim šumom, te nije bilo moguće odrediti točna starost i smatra se da su stariji od 43 500 godina (tablica 15). Tri su datuma iz ovog rada nadopunjena s dva datuma iz prijašnjeg istraživanja Vranskog jezera plitkim jezgrama: 18 cm – 290±40 BP (Cal BP 460 do 290) i 37 cm – 500±25 BP (Cal BP 544-507) (Mesić, 2004).

Tablica 14 Rezultati datiranja metodom AMS ^{14}C *(Gadam Centre)* uzoraka iz jezgre VR-1A. Mjereni ^{14}C datumi su kalibrirani pomoću OxCal programa (Bronk Ramsey, 2010) koji koristi IntCal13 kalibracijske krivulje (Reimer et al., 2013).

Uzorak VR-1A	Lab. br.	Materijal	Mjereni ^{14}C datum	Kalendarski datum (2σ kalibracija)
77-78	GdA-3300	ugljen, biljka	1870 ± 25 BP	Cal BP 1874 do 1729
189-190	GdA-3301	ugljen, biljka	7155 ± 30 BP	Cal BP 8018 do 7937
317-318	GdA-3302	ugljen, biljka	10400 ± 35 BP	Cal BP 12420 do 12078

Tablica 15 Rezultati datiranja metodom AMS ^{14}C *(Beta Analytics)* dubljih uzoraka iz jezgre VR-1A. Oznake: Lab. br.-laboratorijski broj, NA-*not available.*

Uzorak VR-1A	Lab. br.	Materijal	Mjereni ^{14}C datum	$^{13}C/^{12}C$	Konvencionalni ^{14}C datum
521-523	Beta-328265	ljuštura	NA	-2,5‰	> 43500 BP
733-735	Beta-328266	ljuštura	NA	-1,2‰	> 43500 BP

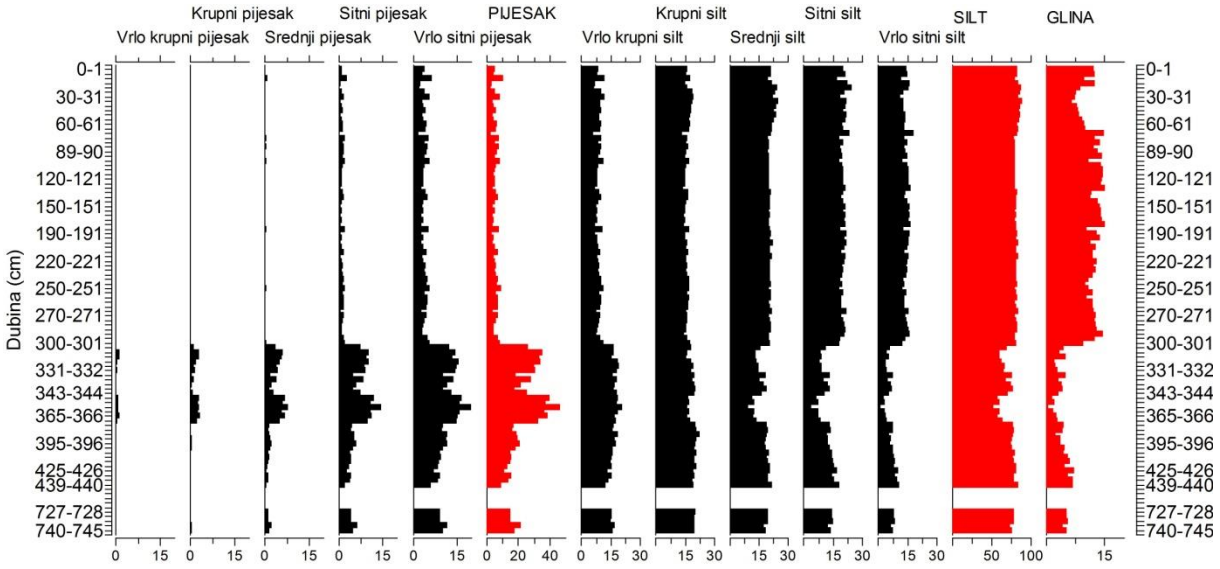
Također je analiziran jedan uzorak iz profila tla u slivu, Cs-P (tablica 16), s dubine 231 cm, koji se nalazio u lesu, odmah ispod koluvijalnih naslaga (granica je na 228 cm). Datiran je na Cal BP 18 798 do 18 523 .U prijašnjim istraživanjima datiran je uzorak keramike, koji se nalazi u sloju 170-188 cm, te je pokazao starost od 3580 ±40 BP (Mesić et al., 2005), kalibriran iznosi: Cal BP 3908 do 3820. Lesne naslage u profilu Cs-P datirane su na 24 260 ± 120 BP (Mesić et al., 2007), kalibriran na Cal BP 28 630 do 27 965, pomoću OxCal programa (Bronk Ramsey, 2010).

Tablica 16 Rezultati datiranja metodom AMS ^{14}C *(Gadam Centre)* uzorka iz profila tla Cs-P. Mjereni ^{14}C datumi su kalibrirani pomoću OxCal programa (Bronk Ramsey, 2010) koji koristi IntCal13 kalibracijske krivulje (Reimer et al., 2013). Oznaka: Lab. br.-laboratorijski broj.

Uzorak Cs-P	Lab. br.	Materijal	Mjereni ^{14}C datum	Kalendarski datum (2σ kalibracija)
231 cm	GdA-3303	ugljen, biljka	15390 ± 60 BP	Cal BP 18798 do 18523

4.1.5. Rezultati granulometrijskih analiza

Granulometrijska analiza jezgre sedimenata VR-1A učinjena je na 97 uzoraka. Udjeli pojedinih frakcija grafički su prikazani na slici 61, dok su tablično prikazani u prilogu 1.1. U jezgri VR-1A prevladava frakcija silta i ne pokazuje veću varijabilnost. Najviše ima srednjeg i sitnog silta, nešto manje krupnog i vrlo sitnog silta. Kroz cijelu jezgru, silta ima između 79,32 i 84,54 %, s nižim udjelom u intervalu 305-370 cm (52,56-69,20 %), koji razdvaja na 2 dijela viši udio silta od 335 do 343 (68,33-77,86 %). Nešto viši udio silta je između 15 do 65 cm (83,51-88,94 %). Udio pjeskovite frakcije nizak je od 0 do 300 cm (2,41-10,41 %), a najviši od 305 do 370 cm (26,05-46,85 %), s nižim intervalom od 335 do 343 cm (17,89-25,46 %). U prvih 300 cm u pjeskovitoj frakciji prevladava vrlo sitni pijesak s udjelom od 2,83 do 5,76 %, a od 305 do 370 cm se taj udio povećava i iznosi između 11,74 do 20,14 %. Od 375 do 439 cm vrlo sitnog pijeska je manje (6,11-11,80 %). U posljednja 24 cm jezgre udio vrlo sitnog pijeska je stalan, oko 9 %, osim u posljednjem uzorku gdje iznosi 11,79 %. Od 305 cm do kraja jezgre povećava se i udio krupnog, srednjeg i sitnog pijeska, s najvećim udjelom u intervalu od 305 do 370 cm. Udio glinene frakcije je niži u intervalu od 20 do 60 cm (5,79-9,90 %), najviši je od 65 do 295 cm (10,04-15,32 cm), te se nakon toga snižava i najniži je od 320 cm do 360 cm (0,43-2,19 %), s malo većim udjelom na 335 cm (5,16 %), 340 (4,04 %) i 343S-svjetliji (4,24 %).

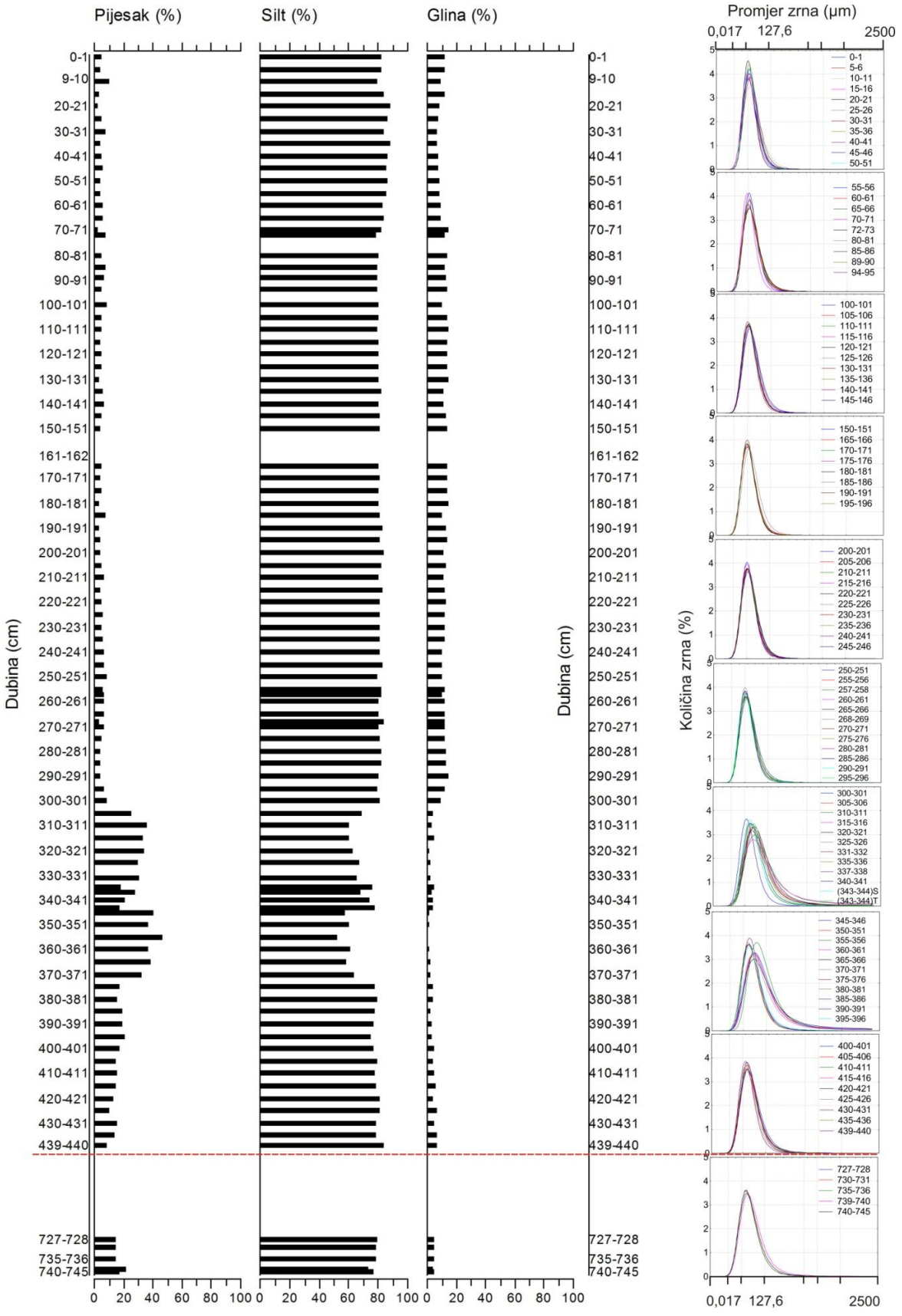


Slika 61 Rezultati granulometrijske analize i udio analiziranih frakcija u sedimentima jezgre VR-1A.

Udio pijeska, silta i glina po dubini jezgre VR-1A prikazani su na slici 62, zajedno s krivuljama učestalosti pojedinih veličina zrna. Svi analizirani uzorci pokazuju unimodalnu raspodjelu zrna. Uzorci od 0 do 300 cm imaju prosječnu veličinu zrna između 7,36 i 10,66 µm. Manju prosječnu veličinu zrna imaju uzorci 70-71 cm (6,44 µm), 130-131 cm (6,95 µm) i 180-181 cm (6,99 µm), dok višu imaju 10-11 (11,25 µm) i 30-31 cm (11,40 µm). Od 305 cm do 370 cm prosječna veličina zrna je puno veća i ima veliku varijaciju između 18,14 i 56,72 µm. Od 375 do 400 je prosječna veličina zrna između 17,61 i 21,79 µm, da bi nakon 405 cm iznosila između 11,97 i 16,79 µm. Pri dnu jezgre od 726 do 740 cm prosječna veličina zrna je opet malo viša (15,93-21,34 µm).

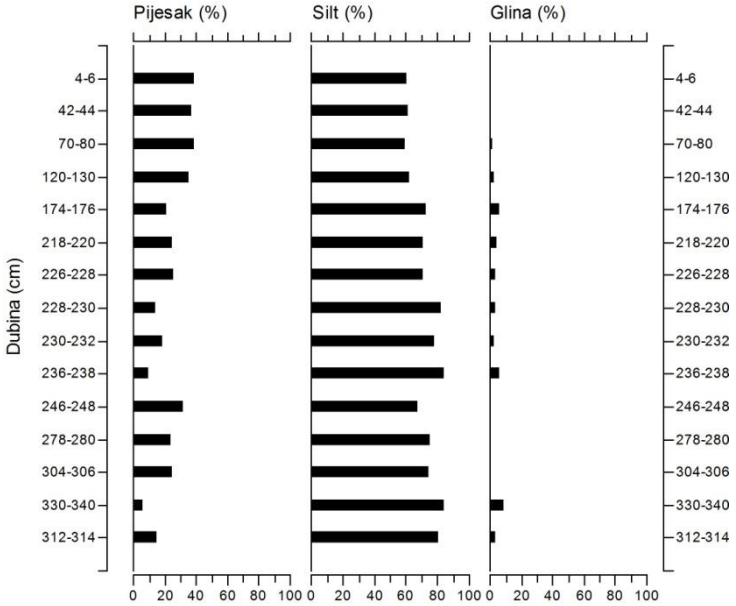
Uzorci su slabo sortirani, osim u intervalu od 305 do 370 cm, kad se izmjenjuju vrlo slabo i slabo sortirani uzorci. Analize asimetričnosti raspodjele zrna (Sk) i zaoštrenosti krivulja (kurtozisa, K) u

uzorcima jezgre VR-1A pokazale su da su svi uzorci simetrični te srednje zaoštrenih krivulja (mezokurtični).



Slika 62 Udio ukupnog pijeska, silta i gline po dubini jezgre VR-1A, s krivuljama učestalosti pojedinih veličina zrna u analiziranim uzorcima, grupiranim u polametarskim intervalima.

U uzorcima profila tla Cs-P (slika 63) također prevladava silt (59,54 do 84,63 %), te se može uočiti postepeno povećanje udjela silta s dubinom. Pijesak je prisutan u većem udjelu u gornjem dijelu profila (13,97-38,71 %), da bi u uzorcima 236-238 i 320-322 cm njegov udio pao na 10,05 odnosno 6,52 %. Udio gline je vrlo nizak kroz profil (0,72-3,94 %), veći je na 174-176 (5,97 %), 218-220 (4,07 %), 236-238 (6,13 %) i 330-332 cm (8,84 %).



Slika 63 Rezultati granulometrijske analize tla na profilu Cs-P.

4.1.6. Rezultati mineraloških analiza

4.1.6.1. Rezultati analize ukupnih uzoraka

U jezgri VR-1A analiziran je mineralni sastav 57 uzoraka (tablica 17, slika 64). Mineralni sastav se značajno razlikuje kroz jezgru u udjelu kvarca, kalcita i dolomita. U uzorcima su još prisutni kalijski feldspat i plagioklas, te muskovit/illit i minerali glina. U nekim uzorcima utvrđeni su amfibol i aragonit. Minerali glina detaljnije su opisani u sljedećem poglavlju.

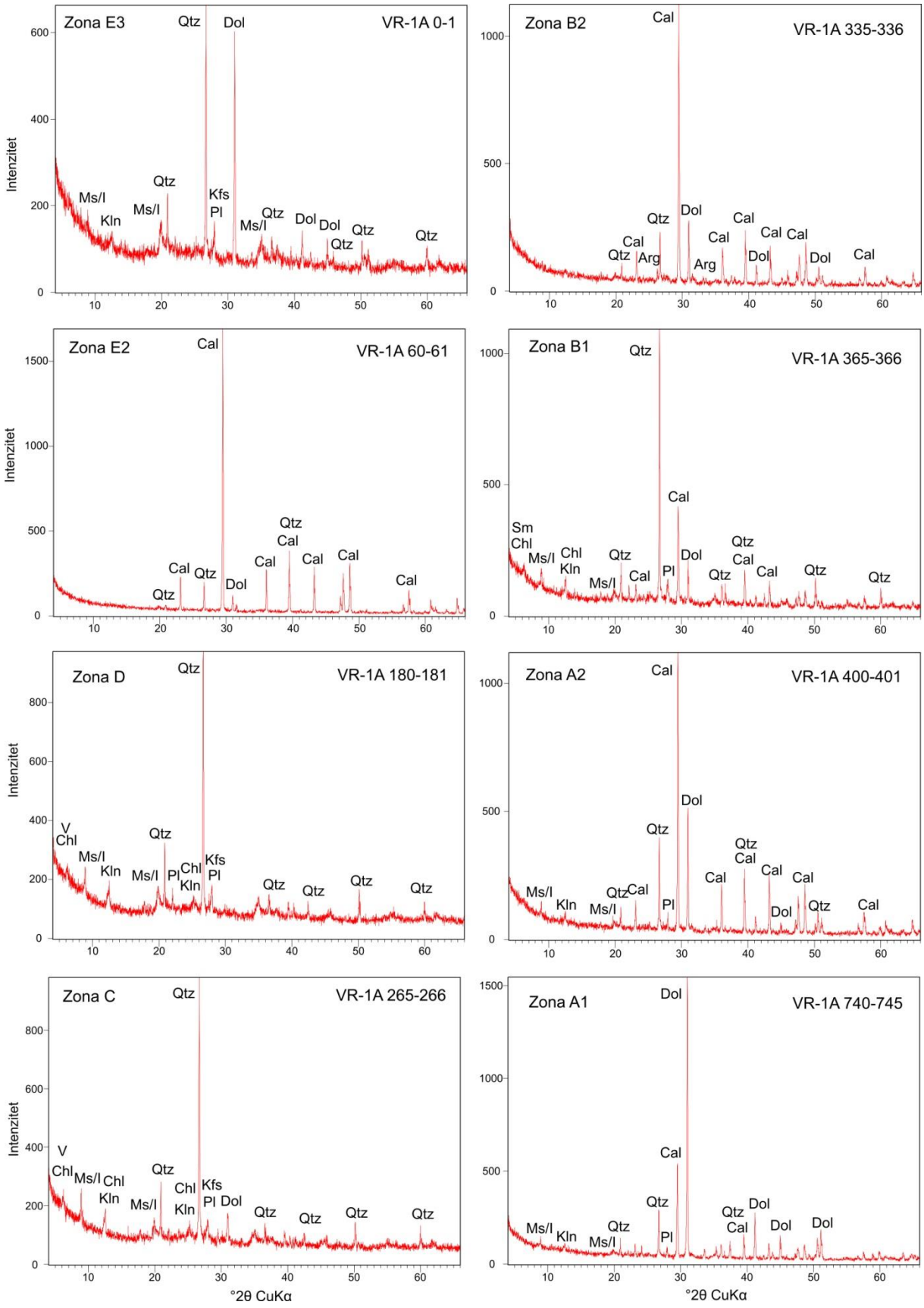
Prema mineralnom sastavu određeno je nekoliko zona po dubini jezgre, prema dominantnom mineralu u uzorcima. Izdvojeno je ukupno 5 zona, idući od vrha jezgre prema dnu: MIN-E, MIN-D, MIN-C, MIN-B i MIN-A, unutar kojih postoje podzone E1, E2 i E3, B1, B2 i B3, A1 i A2. Zona E dijeli se na 3 podzone; u zoni E3 (15-0 cm) dominiraju kvarc i dolomit, u E2 (80-20 cm) dominira kalcit, dok u E1 (120-100 cm) dominira kvarc, uz dolomit, plagioklas, te vrlo malo kalcita. U zoni D (255-130 cm) nema kalcita, nego dominira kvarc, uz kojeg su prisutni plagioklas i minerali glina, a povremeno i dolomit i amfibol. Od 280 do 257 cm (zona C) dominira kvarc, uz prisutnost dolomita, plagioklasa, kalijskog feldspata i minerala glina muskovit/illit, kaolinit, klorit i vermikulit. Zatim slijedi zona B, koja se dijeli na B1 (385-350 cm) s kvarcom, kalcitom i dolomitom kao glavnim sastojcima, B2 (345-331 cm) s dominantnim kalcitom te B3 (320-290 cm) u kojoj dominiraju kvarc i kalcit. Determinirani su i plagioklas, povremeno kalijski feldspat, aragonit u zoni B2, te minerali glina muskovit/illit, kaolinit, klorit i smektit. Od 385 cm do kraja jezgre na 745 cm dominiraju karbonatni minerali, te je ta zona podijeljena na A1 i A2 zbog toga što u A2 (440-385 cm) u uzorcima dominira kalcit, a u najdubljim dijelovima jezgre A1 (745-726 cm) dolomit. U A2 je dolomit također bitan sastojak, dok se udio kvarca smanjuje s dubinom. Prisutno je vrlo malo minerala glina muskovit/illit i kaolinit.

U odabranim uzorcima (13 uzoraka) karakterističnim za pojedine zone, napravljena je kvantitativna mineraloška analiza (slika 65).

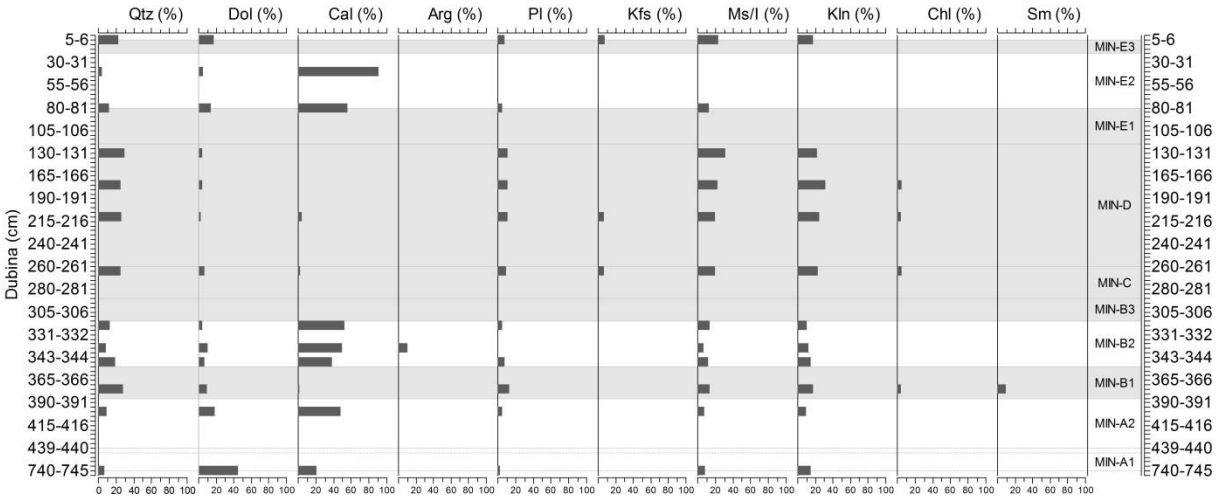
Tablica 17 Mineralni sastav sedimenata iz jezgre VR-1A i izdvojene zone (A-E)-podzone (1-3). Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, A-amfibol, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit, Chl-klorit, V-vermikulit, Sm-smektit.

VR-1A	Mineralne faze - glavne	Mineralne faze - sporedne	Zone
0-1	Qtz, Dol	Kfs, Pl, Ms/I, Kln	MIN-E3
5-6	Qtz, Dol	Kfs, Pl, Ms/I, Kln	
10-11	Qtz, Dol	Kfs, Pl, Ms/I, Kln	
15-16	Cal, Qtz, Dol	Pl, Ms/I, Kln	
20-21	Cal	Qtz, Dol	MIN-E2
40-41	Cal	Qtz, Dol	
60-61	Cal	Qtz, Dol	
80-81	Cal	Qtz, Dol, Pl, Ms/I	
100-101	Qtz, Cal	Dol, Pl, Ms/I, Kln	MIN-E1
105-106	Qtz	Dol, Pl, Ms/I, Kln, Cal	
115-116	Qtz	Dol, Pl, Ms/I, Kln, Cal	
120-121	Qtz	Dol, Pl, Ms/I, Kln, Cal	
130-131	Qtz	Pl, Ms/I, Kln, Dol	MIN-D
150-151	Qtz	Pl, Ms/I, Kln, Chl, V, Dol	
165-166	Qtz	Pl, Ms/I, Kln	
170-171	Qtz	Pl, Ms/I, Kln, Chl, V	

175-176	Qtz	Pl, Ms/I, Kln, Chl, V	
180-181	Qtz	Pl, Ms/I, Kln, Chl, V	
190-191	Qtz	Pl, Ms/I, Kln, Chl, V	
195-196	Qtz	Pl, Ms/I, Kln, Chl, V	
200-201	Qtz	Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V, A	
205-206	Qtz	Pl, Ms/I, Kln, Chl, V, A	
210-211	Qtz	Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V	
220-221	Qtz	Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V, Dol	
230-231	Qtz	Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V, Dol	
240-241	Qtz	Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V, A	
245-246	Qtz	Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V, A, Dol	
250-251	Qtz	Dol, Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V, A	
255-256	Qtz	Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V, Dol	
257-258	Qtz	Dol, Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V	MIN-C
265-266	Qtz	Dol, Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V	
280-281	Qtz	Dol, Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V	
290-291	Qtz	Cal, Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V, A, Dol	MIN-B3
295-296	Qtz, Cal	Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, V, Dol	
300-301	Qtz, Cal	Pl, Ms/I, Kln	
315-316	Cal, Qtz	Pl, Ms/I, Kln	
320-321	Cal, Qtz	Dol, Pl, Ms/I, Kln	
331-332	Cal	Qtz, Arg, Pl	MIN-B2
335-336	Cal	Dol, Qtz, Arg	
337-338	Cal	Dol, Qtz, Arg	
340-341	Cal	Dol, Qtz, Arg, Ms/I, Kln	
343-344 S	Cal, Dol	Qtz, Ms/I, Kln, Pl	
343-344 T	Cal	Dol, Qtz, Arg, Ms/I, Kln, Plg	
345-346	Cal, Qtz	Dol, Pl, Ms/I, Kln	
350-351	Qtz, Cal	Pl, Ms/I, Kln, Chl, Sm	MIN-B1
355-356	Qtz, Cal, Dol	Pl, Ms/I, Kln	
360-361	Qtz, Cal, Dol	Pl, Ms/I, Kln	
365-366	Qtz, Cal	Dol, Pl, Ms/I, Kln, Chl, Sm	
370-371	Qtz, Dol	Cal, Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Chl, Sm	
375-376	Qtz	Dol, Pl, Ms/I, Kln, Chl, Sm, Cal	
380-381	Qtz	Dol, Pl, Ms/I, Kln, Chl, Sm, Cal	
385-386	Cal, Dol, Qtz	Pl, Ms/I, Kln	MIN-A2
400-401	Cal, Dol, Qtz	Pl, Ms/I, Kln	
420-421	Cal, Dol	Qtz, Ms/I	
439-440	Cal, Dol	Qtz, Ms/I, Kln	
730-731	Dol	Cal, Qtz, Pl, Ms/I, Kln	MIN-A1
740-745	Dol	Cal, Qtz, Pl, Ms/I, Kln	



Slika 64 Rendgenogrami odabranih uzoraka iz jezgre VR-1A, reprezentativnih za izdvojene zone-podzone. Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit, Chl-klorit, V-vermikulit, Sm-smektit.



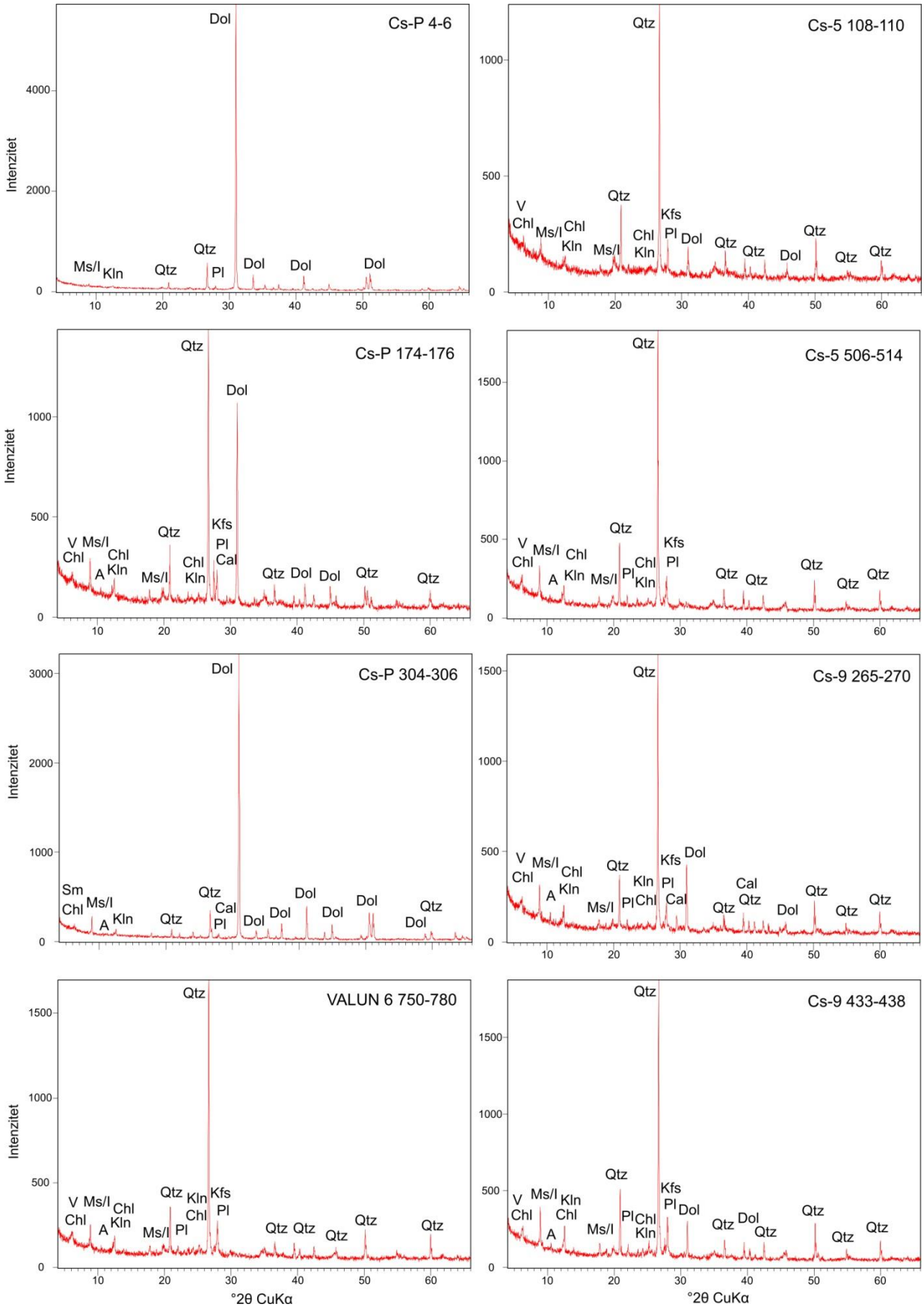
Slika 65 Kvantitativni mineralni sastav na odabranim uzorcima iz jezgre VR-1A.

Mineralni sastav uzoraka iz sliva Vranskog jezera na Cresu uključivao je analizu 15 uzoraka s profila tla Cs-P, 4 uzorka iz profila jezgre Cs-5 i 7 uzoraka iz jezgre Cs-9, te 2 uzorka tla/paleotla Valun-5 i 6 (tablica 18, slika 66). U profilu tla Cs-P dominira dolomit, posebno u gornjem i donjem dijelu profila, dok se u sredini (120-240 cm) pojavljuje više kvarca, kalcita i minerala glina (muskovit/illit, kaolinit, klorit, vermikulit). U uzorcima u donjem dijelu profila pojavljuje se više smektitične komponente (sljedeće poglavlje). Još su prisutni kalijski feldspat, plagioklas i amfibol. U uzorcima Cs-5 dominantan je kvarc, te su još prisutni kalijski feldspati i plagioklas te minerali glina (Ms/I, Kln, Chl, V), a u gornjim uzorcima jezgre ima dolomita, dok u dubljim dijelovima nema, nego je prisutan amfibol. U jezgri Cs-9 također dominira kvarc, ali uz značajnije količine dolomita i kalcita, koje se smanjuju s dubinom, te u dubljim dijelovima preostaju samo kvarc, kalijski feldspat, plagioklas, te minerali glina (Ms/I, Kln, Chl, V) i amfibol. U uzorcima VALUN 5 i 6 pojavljuju se kvarc, kalijski feldspat, plagioklas, amfibol i minerali glina (Ms/I, Kln, Chl, V).

Tablica 18 Mineralni sastav uzoraka iz sliva Vranskog jezera na Cresu. Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Dol-dolomit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Chl-klorit, Kln-kaolinit, V-vermikulit, Sm-smektit.

Cres sliv – oznaka uzorka	Mineralne faze - glavne	Mineralne faze - sporedne
Cs-P		
4-6	Dol	Qtz, Pl, Ms/I, Kln
42-44	Dol	Qtz, Cal, Kfs, Pl,Ms/I, Kln
70-80	Dol	Qtz, Cal, Kfs, Pl, Ms/I, Kln
120-130	Dol, Cal	Qtz, Pl, Ms/I, Kln
174-176	Qtz, Dol	Ms/I, Kfs, Pl, Kln, Chl, V, Cal, A
218-220	Dol, Qtz, Cal	Pl, Ms/I, Kln
226-228	Dol, Cal	Qtz, Ms,I, Kln, Pl
228-230	Dol, Qtz	Cal, Ms/I, Kln, Chl, I/S, Pl, Kfs
230-232	Dol, Qtz	Cal, Ms/I, Kln, Chl, I/S, Pl, Kfs
236-238	Dol, Qtz	Cal, Ms/I, Kln, Chl, I/S, Kfs, Pl, A
246-248	Dol	Qtz, Cal, Ms/I, Kln, Chl, I/S, Pl, A
278-280	Dol	Qtz, Cal, Ms/I, Kln, Chl, I/S, Pl, A
304-306	Dol	Qtz, Ms/I, Kln, Chl, I/S, Pl, A, Cal

312-314	Dol	Qtz, Cal, Ms/I, Kln, Chl, Sm, Kfs, Pl
330-340	Dol	Cal, Qtz, Ms/I, Pl, Kfs
Cs-5		
0-2	Dol	Qtz, Pl, Ms/I, Chl, V, Kln
18-20	Dol	Qtz, Pl, Ms/I, Chl, V, Kln
40-42	Dol	Qtz, Pl, Ms/I, Chl, V, Kln
62-64	Qtz	Dol, Pl, Ms/I, Chl, V, Kln
78-80	Qtz	Dol, Pl, Ms/I, Chl, V, Kln
108-110	Qtz	Dol, Ms/I, Chl, V, Kln, Kfs, Pl
176-178	Qtz	Dol, Ms/I, Chl, V, Kln, Kfs, Pl
350-360	Qtz	Ms/I, Kln, Chl, V, Kfs, Pl, A
506-514	Qtz	Ms/I, Kln, Chl, V, Kfs, Pl, A
Cs-9		
4-6	Dol, Cal, Qtz	Ms/I, Kln, Kfs, Pl
42-44	Dol	Cal, Qtz, Ms/I, Kln, Kfs, Pl
265-270	Qtz	Dol, Cal, Ms/I, Kln, Chl, V, Kfs, Pl, A
288-293	Qtz	Dol, Ms/I, Kln, Chl, V, Kfs, Pl, Cal
333-338	Qtz	Dol, Ms/I, Kln, Chl, V, Kfs, Pl, Cal, A
433-438	Qtz	Dol, Ms/I, Kln, Chl, V, Kfs, Pl, A
525-535	Qtz	Ms/I, Kln, Chl, V, Kfs, Pl, A, Dol
VALUN		
VALUN-5 650-670	Qtz	Ms/I, Kln, Chl, V, Kfs, Pl, A
VALUN-6 750-780	Qtz	Ms/I, Kln, Chl, V, Kfs, Pl, A



Slika 66 Rendgenogrami odabranih uzoraka iz sliva Vranskog jezera na Cresu. Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Dol-dolomit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Chl-klorit, Kln-kaolinit, V-vermukulit, Sm-smektit.

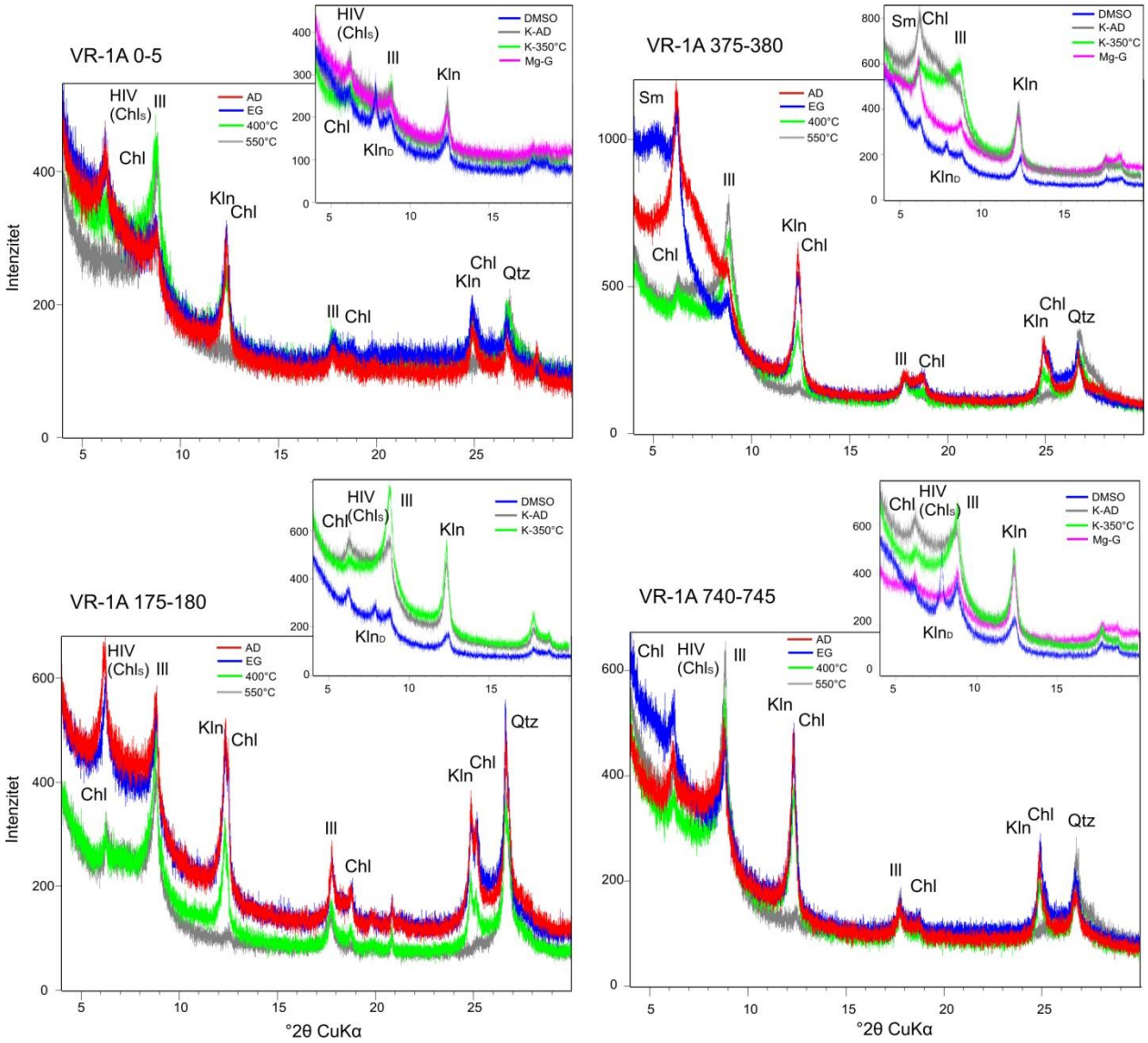
4.1.6.2. Rezultati analize minerala glina

Detaljna analiza minerala glina učinjena je na 13 uzoraka iz jezgre VR-1A. U tablici 19 prikazani su tretmani primijenjeni na pojedinim uzorcima i koji su minerali glina identificirani. Kroz jezgru je dosta jednoličan sastav minerala glina (slika 67). U najdubljem uzorku na 740 cm utvrđeni su klorit, hidroksil interstratificirani vermikulit ili sekundarni klorit, illit, uređen i neuređen kaolinit. Klorit je određen maksimumom na 14 Å, koji ostaje na tom mjestu nakon tretmana s etilen glikolom i žarenja, kao i nakon saturiranja s kalijem i žarenjem na 350°C. No, nakon žarenja kalijem saturiranog uzorka, došlo je do povećanja intenziteta maksimuma na 10 Å, što znači da je u uzorku prisutan i hidroksil interstratificirani vermikulit ili sekundarni klorit. Jasno su uočljivi i ostali maksimumi klorita na 7,1 i 3,53 Å, koji se poklapaju s maksimumima kaolinita, te su gotovo nestali nakon žarenja na 550°C. Kaolinit je tretmanom s DMSO određen kao uređen i neuređen, s vrlo jasnim maksimumima na 7 (neuređen) i 11,2 Å (uređen). Illit je utvrđen pomoću maksimuma na 10 i 5 Å, koji ostaju nepromijenjeni nakon svih dijagnostičkih postupaka.

Sljedeći je uzorak 400-405 cm, u kojem se nalazi smektit, klorit, illit, uređen i neuređen kaolinit. Smektit je određen maksimumom na 14 Å, koji nakon tretmana s etilen glikolom prelazi na oko 17 Å, te se nakon žarenja povećava intenzitet maksimuma na 10 Å. No, dio maksimuma na 14 Å je ostao nakon etilen glikola i nakon žarenja, te je saturiranjem s kalijem ostao na 14 Å, kao i nakon žarenja na 350°C. Kalijem saturiran uzorak je također pokazivao viši intenzitet od 10-13 Å, te nakon žarenja puno viši intenzitet na 10 Å, što znači da u uzorku ima smektita. Napravljena je i saturacija s magnezijem i glicerolom te je takav uzorak pokazao maksimum na 14 (klorit) i 17 Å (smektit). Illit i kaolinit su određeni prije spomenutim maksimumima. Slično ponašanje maksimuma imaju i uzorci 320-325, 340-345, 345-350, 375-380 cm, koji također sadrže smektit, klorit, illit i neuređen i uređen kaolinit. Maksimum uređenog kaolinita je u uzorku 375-380 cm puno nižeg intenziteta. U uzorcima iznad 380 cm više nema smektita, nego se pojavljuju klorit i hidroksil interstratificirani vermikulit ili sekundarni klorit, uz illit i uređen i neuređen kaolinit, s tim da uzorci 130-135 i 210-215 cm imaju vrlo slabe 11,2 Å maksimume uređenog kaolinita.

Tablica 19 Analizirani uzorci kroz jezgru VR-1A i dijagnostički postupci kojim su podvrgnuti, te utvrđeni minerali glina. Oznake: AD-sušen na zraku, EG-tretiran s etilen glikolom, G-tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, Chl-klorit, Sm-smektit, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl_S-sekundarni klorit.

VR-1A (cm)	AD	EG	400°C	550°C	DMSO	K AD	K-350°C	Mg-G	Minerali glina
5-10	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
40-45	x	x	x	x					Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln
80-85	x	x	x	x	x	x	x		Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
130-135	x	x	x	x	x	x	x		Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
175-180	x	x	x	x	x	x	x		Chl, HIV ili Chl_S,Ill, Kln, Kln_D
210-215	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
265-270	x	x	x	x	x	x	x		Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
320-325	x	x	x	x	x	x	x	x	Sm, Chl, Ill, Kln, Kln_D
340-345	x	x	x	x	x			x	Sm, Chl, Ill, Kln, Kln_D
345-350	x	x	x	x	x	x	x		Sm, Chl, Ill, Kln, Kln_D
375-380	x	x	x	x	x	x	x	x	Sm, Chl, Ill, Kln, Kln_D
400-405	x	x	x	x	x	x	x	x	Sm, Chl, Ill, Kln, Kln_D
740-745	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D



Slika 67 Rendgenogrami orijentiranih preparata uzoraka iz jezgre VR-1A. Oznake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln$_D$-uređen kaolinit, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl$_S$-sekundarni klorit, Chl-klorit, Sm-smektit.

U uzorcima iz profila tla Cs-P u slivu Vranskog jezera uočena je promjena s dubinom (tablica 20, slika 68). U gornjem uzorku 4-6 cm, u koluviju, dolomitiziranom smeđem tlu, prisutni su klorit, illit i neuređen i uređen kaolinit. Uređen kaolinit određen je jasnim i izraženim maksimumom na 11,2 Å, dok se za neuređeni kaolinit ne može sa sigurnošću tvrditi da je prisutan, jer zaostali maksimum nakon tretmana s DMSObi mogao pripadati, osim neuređenom kaolinitu, i kloritu. Klorit je definiran maksimumom na 14 Å koji ostaje nakon tretmana s etilen glikolom i žarenja, te nakon saturacije s kalijem i nakon žarenja takvog uzorka. Illit ima nepromijenjene maksimume na 10 i 5 Å, a kaolinit na 7,1 i 3,56 Å, koji nestaju nakon žarenja na 550°C. U uzorku 174-176 cm osim klorita, illita i neuređenog kaolinita, uočava se i hidroksil interstratificirani vermikulit ili sekundarni klorit, maksimumom na 10 Å nakon saturacije s kalijem i žarenja na 350°C.

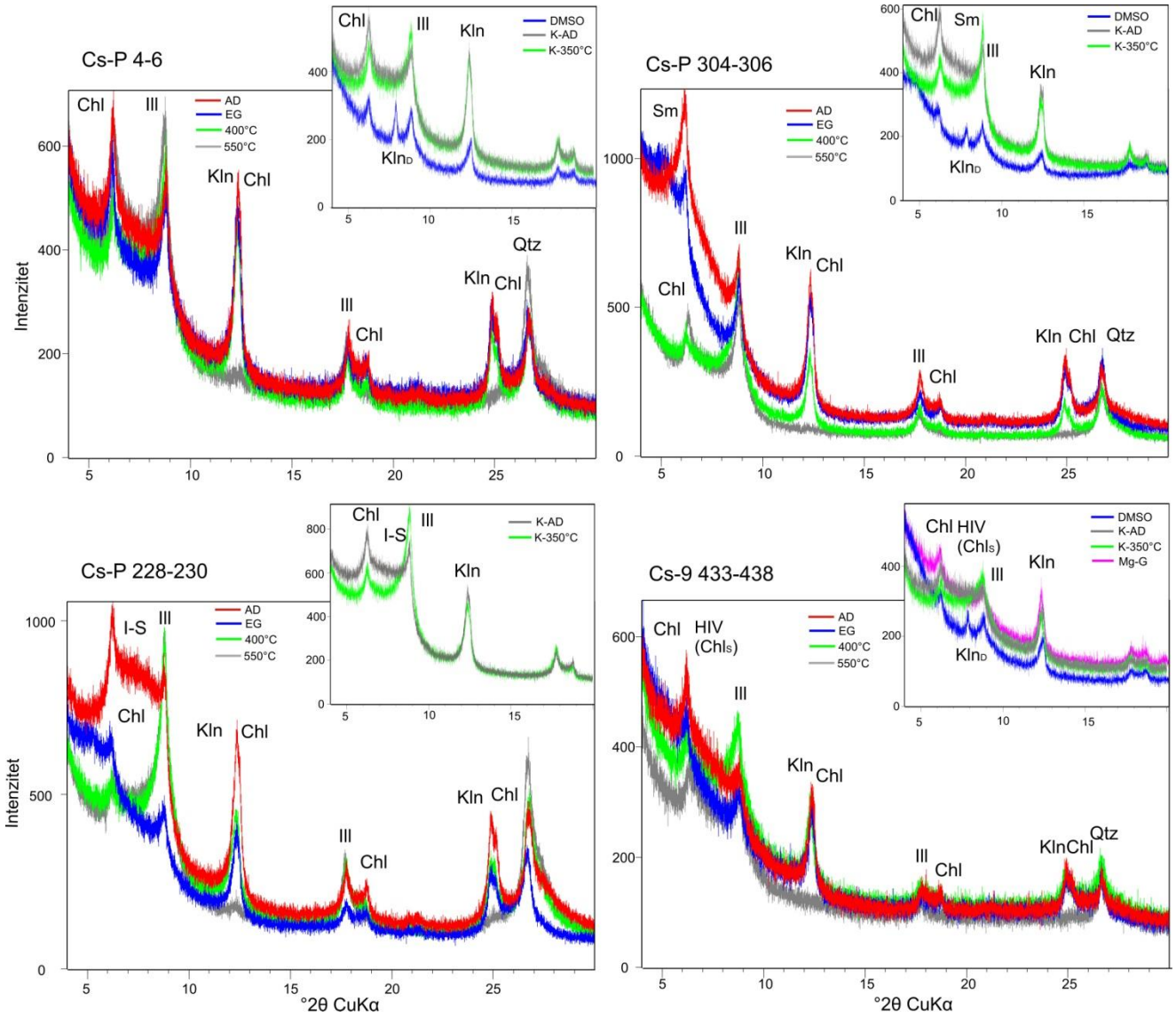
U lesolikom sedimentu, od 228 cm naniže, pojavljuje se, osim klorita, illita i kaolinita, i smektitna komponenta u uzorcima, čiji se maksimum pomiče s 14 na 17 Å nakon tretmana s etilen glikolom. U

uzorcima 228-230, 236-238 i 246-248 cm to je miješanoslojni mineral illit-smektit (I-S), dok se u uzorku 304-306 cm pojavljuje smektit. Illit-smektit ima karakteristične položaje maksimuma, uzorka sušenog na zraku, između 10 i 14 Å.

U uzorcima iz jezgre Cs-5, Cs-9 i Valun-6 pojavljuju se klorit, hidroksil interstratificirani vermikulit, illit, uređen i neuređen kaolinit. Maksimumi klorita ne pokazuju promjene, ostaju na 14 Å nakon etilen glikola, saturiranja s kalijem i žarenjem, ali se povećao maksimum na 10 Å žarenjem kalijem saturiranog uzorka, što je dokaz prisutnosti HIV-a ili sekundarnog klorita. Ostali minerali glina identificirani su prethodno spomenutim postupcima.

Tablica 20 Popis analiziranih uzoraka iz sliva Vranskog jezera i dijagnostički postupci kojima su podvrgnuti, te utvrđeni minerali glina. Oznake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, Chl-klorit, Sm-smektit, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl_S-sekundarni klorit.

VR sliv (cm)	AD	EG	400°C	550°C	DMSO	K AD	K-350°C	Mg-G	Minerali glina
Cs-P 4-6	x	x	x	x	x	x	x		Chl, Ill, Kln, Kln_D
Cs-P 174-176	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln
Cs-P 228-230	x	x	x	x		x	x		Chl, I-S, Ill, Kln
Cs-P 236-238	x	x	x	x		x	x		Chl, I-S, Ill, Kln
Cs-P 246-248	x	x	x	x		x	x		Chl, I-S, Ill, Kln
Cs-P 304-306	x	x	x	x	x	x	x		Sm, Chl, Ill, Kln, Kln_D
Cs-5 108-110	x	x	x	x					Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln
Cs-5 506-514	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
VALUN-6 750-780	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
Cs-9 265-270	x	x	x	x					Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln
Cs-9 433-438	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D



Slika 68 Orijentirani uzorci iz sliva Vranskog jezera na Cresu. Oznake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G-tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl_S-sekundarni klorit, Chl-klorit, Sm-smektit, I-S-illit-smektit.

4.1.7. Rezultati kemijskih analiza

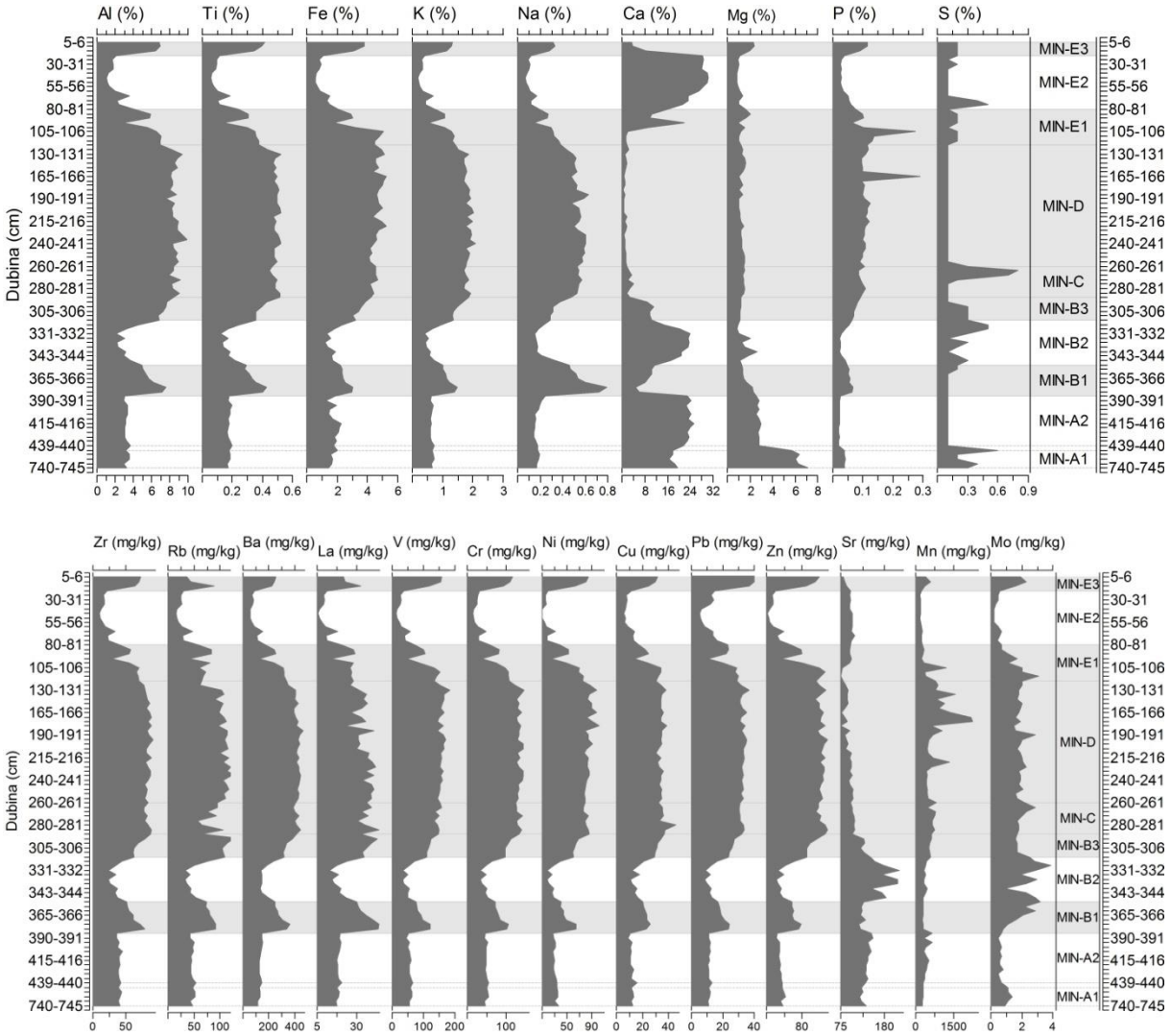
4.1.7.1. Rezultati analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima

Kemijska analiza učinjena je na 96 uzoraka iz jezgre VR-1A. Rezultati su prikazani kao distribucija određenih elemenata po dubini (slika 69), odvojenih kao makro (%) i mikro elementi (mg/kg). Prema prethodno utvrđenom mineralnom sastavu, izdvojeno je 10 zona, idući od dna jezgre prema vrhu: A1, A2, B1, B2, B3, C, D, E1, E2 i E3. Mineraloške zone su umetnute u prikaz raspodjele elemenata po dubini, pri čemu se vidi da su promjene u mineralnim fazama kroz jezgru vezane za promjene u kemijskom sastavu. Na temelju udjela Al analizirani sedimenti su podijeljeni u dvije grupe, s niskim koncentracijama Al (grupa 1) i visokim koncentracijama Al (grupa 2), prikazane na slici 69 bijelom (grupa 1) i sivom (grupa 2) pozadinom, a za svaku od tih grupa provedena je deskriptivna statistička analiza (tablice 21 i 22). Zlato ima koncentracije ispod granice detekcije (<0,1 mg/kg), te je isključeno iz statističke analize. Tablični prikaz rezultata kemijskih analiza prikazan je u prilogu 2.1.

Udjeli makro elemenata Al, Ti, Fe, K, Na i P imaju međusobno sličnu raspodjelu po dubini jezgre i koncentracije su im više u prvim centimetrima jezgre (0-15 cm), te se nakon toga snižavaju do 100 cm. Potom rastu u intervalu od 100 do 315 cm. Zatim su ponovno niske koncentracije do 350 cm, a povećavaju se od 350 do 385 cm. Od 385 cm do kraja jezgre su opet niže koncentracije spomenutih makro elemenata. Ove promjene su u skladu s izdvojenim mineralnim zonama. Kemijski su izdvojene 2 grupe, na temelju visokih i niskih koncentracija aluminija. Aluminij ima niske koncentracije u grupi 1 (1,08-4,98 %), a visoke 5,08 i 9,87 % u grupi 2. Titan ima niske koncentracije u rasponu 0,057-0,292 % (grupa 1), a visoke 0,283-0,525 % (grupa 2). Željezo unutar grupe 1 varira između 0,54 i 2,32 %, dok unutar grupe 2 iznosi 2,31-5,27 %. Kalij ima niske koncentracije (grupa 1) u iznosu 0,2-1,02 %, a visoke (grupa 2) između 1,02-2,09 %. Natrij varira unutar grupe 1 između 0,07 i 0,456 %, a unutar grupe 2 između 0,263 i 0,791 %. Fosfor ima niske koncentracije unutar grupe 1 i iznose 0,018-0,077 %, a visoke koncentracje u grupi 2 (0,052-0,291 %). Kalcij ima koncentracije koje su obrnute ponašanju prethodnih makro elemenata, odnosno viši su u gornjem dijelu jezgre (0-10 cm), zatim se povećava do 100 cm, nizak je od 100 do 315 cm, potom je visok do 350 cm, nešto niži do 385 cm, a nakon toga ponovno viši do kraja jezgre. Prema utvrđenim grupama, niske koncentracije su mu unutar grupe 2 i kreću se u rasponu 0,45-11,18 %, a visoke unutar grupe 1 i iznose 11,36-30,15 %. Magnezij ima relativno konstantan udio kroz jezgru od 0 do 370 cm (0,81-1,99 %), osim od 0-10 cm (2,28-2,41 %) te na 335 cm (2,03 %) i 343 S (svjetlije) (2,66 %). Od 375 cm do 440 cm su koncentracije više (2,2-2,94 %), a najveće su od 726-745 cm (5,7-7,12 %). Udio sumpora je uravnotežen kroz jezgru (0,1-0,3 %), uz nekoliko karakterističnih viših udjela na 70 cm (0,4 %), 72 cm (0,5 %), 265 cm (0,8 %), 268 cm (0,7 %), 320-325 cm (0,5 %) te 727 cm (0,6 %) i 739 cm (0,4 %).

Raspodjela mikro elemenata Zr, Rb, Ba, La, V, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn i Mn kroz dubinu ima međusobno sličan trend, dok se Sr i Mo ponašaju obrnuto u odnosu na ostale elemente. Većina elemenata ima više koncentracije u prvim centimetrima jezgre (0-15 cm), te se nakon toga snižavaju do 100 cm. Potom su viši u intervalu od 100 do 315 cm. Zatim su ponovno niske koncentracije do 350 cm, a povećavaju od 350 do 385 cm. Od 385 cm do kraja jezgre su opet niže koncentracije. Cirkonij ima niske koncentracije unutar 1. grupe u rasponu 10,7-51,8 mg/kg, a visoke unutar 2. grupe 52,6-96,3 mg/kg. Rubidij unutar 1. grupe varira između 15-76,5 mg/kg, a unutar 2. grupe između 35,8-125,7 mg/kg. Barij ima niske koncentracijei (1. grupa) između 56-252 mg/kg, a visoke (2. grupa) između

224-464 mg/kg. Lantan ima nizak udio unutar 1. grupe (5,5-30,1 mg/kg), a viši unutar 2. grupe (21,9-44,6 mg/kg). Koncentracija vanadija unutar 1. grupe je od 13-75 mg/kg, unutar 2. grupe 80-184 mg/kg. Krom unutar grupe 1 ima vrijednosti 15-73 mg/kg, a unutar grupe 2 iznosi 73-147 mg/kg. Nikal iznosi unutar 1. grupe 10-41 mg/kg, a unutar 2. grupe 39,4-101,5 mg/kg. Bakar ima niske koncentracije unutar 1. grupe (5,8-20,8 mg/kg), a visoke unutar 2. grupe (21-45,6 mg/kg). Udio olova je nizak unutar 1. grupe (5,4-23,2 mg/kg), a visok unutar 2. grupe (17,7-41,9 mg/kg). Cink unutar grupe 1 varira između 14-66 mg/kg, a unutar grupe 2 između 61-131 mg/kg. Mangan iznosi unutar 1. grupe 177-672 mg/kg, a unutar 2. grupe 270-2267 mg/kg. Stroncij, s druge strane, ima visoke koncentracije unutar 1. grupe (96-216 mg/kg), a niske unutar 2. grupe (75-146 mg/kg). Molibden također ima visoke koncentracije unutar 1. grupe (0,2-3,9 mg/kg), a niže unutar 2. grupe (0,7-3,1 mg/kg).



Slika 69 Rezultati kemijskih analiza kroz jezgru VR-1A. Prikazana je distribucija makro elemenata (%) i mikro elemenata (mg/kg) po dubini, s utvrđenim mineralnim zonama (MIN-A1, A2, B1, B2, B3, C, D, E1, E2, E3) te bijelom i sivom pozadinom koje označavaju 1. i 2. kemijsku grupu (prema aluminiju).

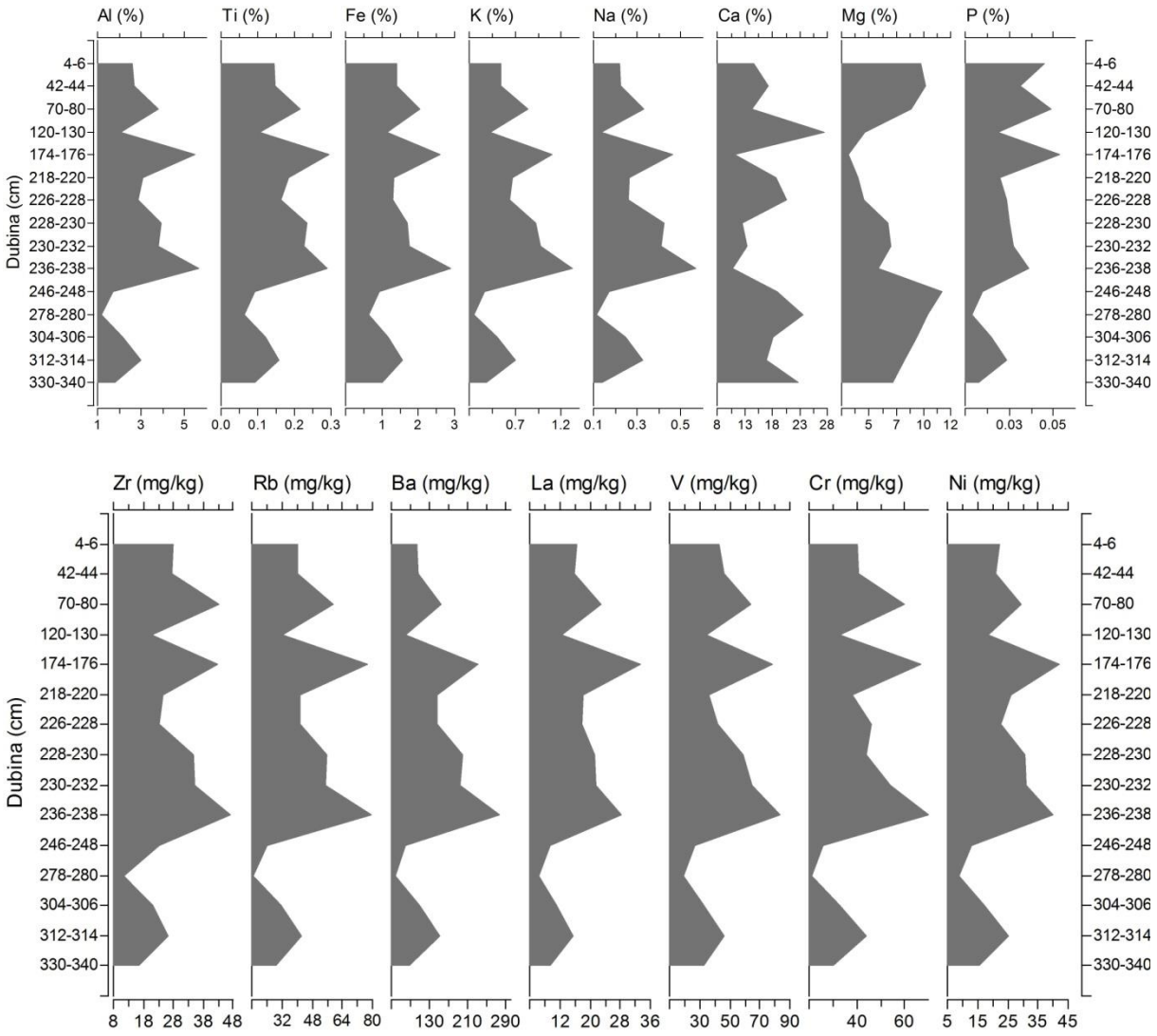
Tablica 21 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata unutar grupe 1 (prema Al) za jezgru VR-1A.

Element	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	41	0,05	0,2	0,06	0,05	0,04
Al (%)	41	1,08	4,98	2,86	3,06	0,88
As (mg/kg)	41	1	21	5,54	4	4,30
Ba (mg/kg)	41	56	252	130,78	132	42,03
Be (mg/kg)	41	0,5	2	0,99	1	0,55
Bi (mg/kg)	41	0,1	0,6	0,20	0,2	0,08
Ca (%)	41	11,36	30,15	22,77	23,21	4,29
Cd (mg/kg)	41	0,05	0,6	0,28	0,3	0,15
Ce (mg/kg)	41	11	62	32,12	35	10,55
Co (mg/kg)	41	2,1	11	6,72	7	2,17
Cr (mg/kg)	41	15	73	42,63	46	13,18
Cu (mg/kg)	41	5,8	20,8	12,15	11,8	3,49
Fe (%)	41	0,54	2,32	1,52	1,6	0,49
Hf (mg/kg)	41	0,3	1,2	0,88	1	0,29
In (mg/kg)	41	0,025	0,1	0,03	0,025	0,02
K (%)	41	0,2	1,02	0,56	0,6	0,18
La (mg/kg)	41	5,5	30,1	16,23	18	5,22
Li (mg/kg)	41	9,7	39,6	26,42	27,6	8,25
Mg (%)	41	0,81	7,12	2,29	1,65	1,69
Mn (mg/kg)	41	177	672	324,10	310	114,69
Mo (mg/kg)	41	0,2	3,9	1,14	0,7	0,97
Na (%)	41	0,07	0,456	0,17	0,161	0,07
Nb (mg/kg)	41	1,9	9,8	5,37	5,9	1,70
Ni (mg/kg)	41	10	41	25,9	28,5	8,31
P (%)	41	0,018	0,077	0,03	0,028	0,01
Pb (mg/kg)	41	5,4	23,2	11,75	11,6	3,12
Rb (mg/kg)	41	15	76,5	41,26	43,6	13,43
Re (mg/kg)	41	0,0025	0,008	0,00	0,0025	0,00
S (%)	41	0,1	0,6	0,20	0,1	0,14
Sb (mg/kg)	41	0,1	0,7	0,40	0,4	0,14
Sc (mg/kg)	41	1	9	4,54	5	1,55
Se (mg/kg)	41	0,5	2	0,62	0,5	0,29
Sn (mg/kg)	41	0,4	68,2	3,23	1,3	10,43
Sr (mg/kg)	41	96	216	134,49	135	32,95
Ta (mg/kg)	41	0,1	0,7	0,37	0,4	0,13
Te (mg/kg)	41	0,25	7,5	1,94	1,2	2,06
Th (mg/kg)	41	1,7	10,1	5,57	6,2	1,89
Ti (%)	41	0,057	0,292	0,16	0,173	0,05
Tl (mg/kg)	41	0,25	0,8	0,49	0,5	0,17
U (mg/kg)	41	0,7	2,7	1,76	1,7	0,49
V (mg/kg)	41	13	75	47,29	53	15,54
W (mg/kg)	41	0,2	1,2	0,70	0,8	0,25
Y (mg/kg)	41	4	16,9	9,56	10,3	2,73
Zn (mg/kg)	41	14	66	37,02	38	11,26
Zr (mg/kg)	41	10,7	51,8	32,36	36,2	10,79

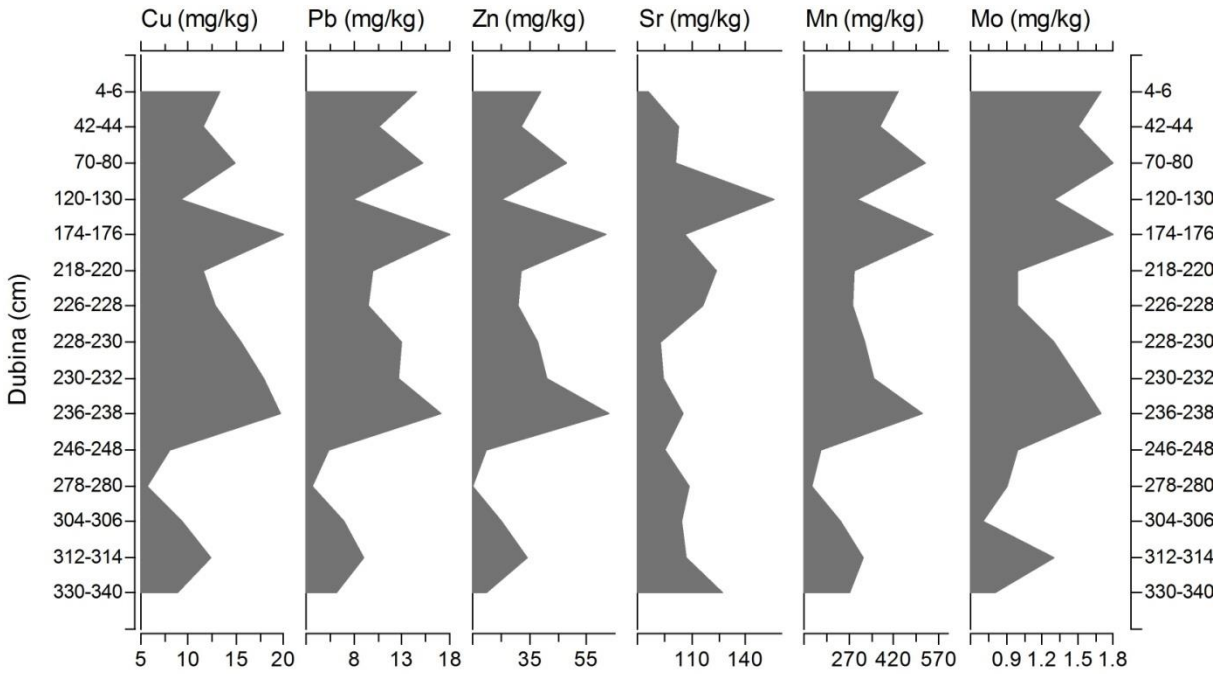
Tablica 22 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata unutar grupe 2 (prema Al), za jezgru VR-1A.

Element	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	55	0,05	0,1	0,07	0,05	0,02
Al (%)	55	5,08	9,87	7,81	8,26	1,13
As (mg/kg)	55	6	46	13,73	12	6,40
Ba (mg/kg)	55	224	464	373,84	406	67,97
Be (mg/kg)	55	1	4	3,05	3	0,84
Bi (mg/kg)	55	0,4	1,2	0,61	0,6	0,13
Ca (%)	55	0,45	11,18	3,61	1,81	3,53
Cd (mg/kg)	55	0,2	0,9	0,6	0,6	0,15
Ce (mg/kg)	55	47	93	71,96	73	10,34
Co (mg/kg)	55	11,3	24,6	18,86	19,2	3,03
Cr (mg/kg)	55	73	147	119,93	129	20,93
Cu (mg/kg)	55	21	45,6	32,03	33,8	4,80
Fe (%)	55	2,31	5,27	4,15	4,43	0,80
Hf (mg/kg)	55	1,5	2,8	2,18	2,3	0,32
In (mg/kg)	55	0,025	0,14	0,06	0,07	0,03
K (%)	55	1,02	2,09	1,62	1,74	0,30
La (mg/kg)	55	21,9	44,6	34,49	34,7	5,74
Li (mg/kg)	55	38,7	100,2	74,59	80,3	15,08
Mg (%)	55	0,99	2,41	1,40	1,34	0,34
Mn (mg/kg)	55	270	2267	679,51	567	423,97
Mo (mg/kg)	55	0,7	3,1	1,88	1,9	0,45
Na (%)	55	0,263	0,791	0,49	0,519	0,12
Nb (mg/kg)	55	9,4	17,8	14,69	15,6	2,29
Ni (mg/kg)	55	39,4	101,5	75,88	79,8	14,27
P (%)	55	0,052	0,291	0,10	0,099	0,04
Pb (mg/kg)	55	17,7	41,9	30,22	31,8	5,18
Rb (mg/kg)	55	35,8	125,7	94,09	100,2	20,73
Re (mg/kg)	55	0,0025	0,007	0,00	0,0025	0,00
S (%)	55	0,1	0,8	0,16	0,1	0,13
Sb (mg/kg)	55	0,4	1,6	1,14	1,2	0,29
Sc (mg/kg)	55	8	15	12,76	13	1,94
Se (mg/kg)	55	0,5	3	0,9	1	0,54
Sn (mg/kg)	55	2,6	76,6	13,49	5,6	14,74
Sr (mg/kg)	55	75	146	100,33	97	16,69
Ta (mg/kg)	55	0,6	1,3	1,02	1,1	0,18
Te (mg/kg)	55	0,25	2,2	0,42	0,25	0,42
Th (mg/kg)	55	9,7	15,8	13,47	13,4	1,60
Ti (%)	55	0,283	0,525	0,44	0,475	0,07
Tl (mg/kg)	55	0,8	1,9	1,42	1,5	0,25
U (mg/kg)	55	2,2	6,6	3,58	3,4	0,87
V (mg/kg)	55	80	184	140,69	150	24,59
W (mg/kg)	55	1,2	2,5	1,98	2,1	0,37
Y (mg/kg)	55	16,9	27,1	22,31	22,8	2,75
Zn (mg/kg)	55	61	131	108,13	115	18,87
Zr (mg/kg)	55	52,8	96,3	77,40	80,8	10,99

Kemijska analiza uzoraka iz sliva Vranskog jezera na Cresu napravljena je na 15 uzoraka iz profila tla Cs-P. Kemijski sastav uzoraka iz profila Cs-P prikazana je pomoću distribucije odabranih makro i mikro elemenata (slike 70 i 71). Uočavaju se povišene koncentracije Al, Ti, Fe, K i Na u gornjem dijelu profila, do 246 cm, a nakon toga one padaju. Udio kalcija je nešto viši u uzorcima 120-130 cm i u donjem dijelu od 278 cm naniže. Udio magnezija je niži u srednjem dijelu profila, posebno u uzorku 174-176 cm. Koncentracija fosfora je viša u gornjem dijelu profila, a niža prema dubljim dijelovima profila. Udjeli mikro elemenata Zr, Rb, Ba, La, V, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, Mn i Mo pokazuju sličnu distribuciju kroz profil tla, generalno su viši u gornjem dijelu do 246 cm, s iznimkom u uzorku 120-130 cm, a od 246 cm se snižavaju. Udio stroncija ne pokazuje takvu distribuciju, relativno je konstantan kroz profil, osim najviše koncentracije u uzorku 120-130 cm. Napravljena je deskriptivna statistika za analizirane uzorke, te su osnovni statistički parametri prikazani u tablici 23. Zlato (Au <0,1 mg/kg) i selen (Se <1 mg/kg) imaju koncentracije ispod granica detekcije te su isključeni iz statističke analize.



Slika 70 Distribucija odabranih makro i mikro elemenata kroz profil tla Cs-P.



Slika 71 Distribucija odabranih mikro elemenata kroz profil tla Cs-P.

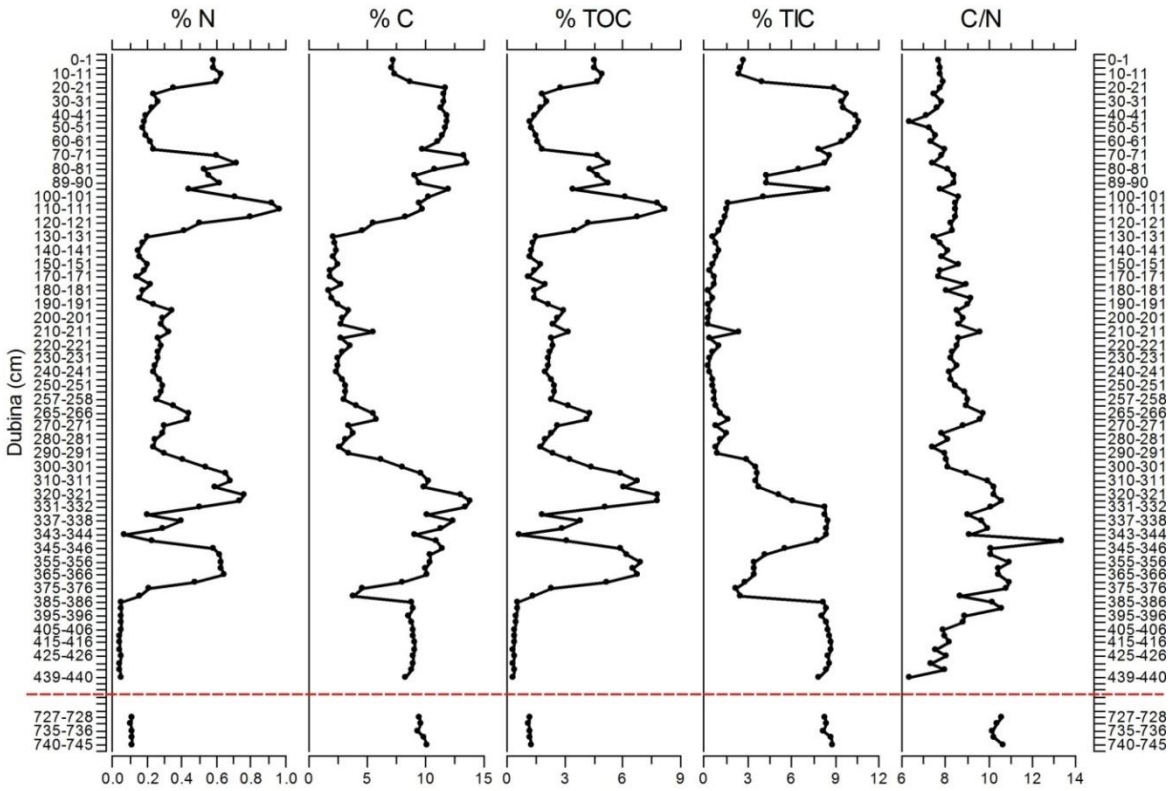
Tablica 23 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata u profilu tla Cs-P.

Element	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	15	0,05	0,2	0,08	0,05	0,05
Al (%)	15	1,19	5,63	3,04	2,86	1,25
As (mg/kg)	15	2	13	7	6	3,50
Ba (mg/kg)	15	59	276	141,2	146	59,88
Be (mg/kg)	15	0,5	2	0,87	0,5	0,50
Bi (mg/kg)	15	0,05	0,3	0,14	0,1	0,09
Ca (%)	15	10,89	27,5	17,44	17,33	4,64
Cd (mg/kg)	15	0,05	0,4	0,17	0,2	0,10
Ce (mg/kg)	15	14	63	35,53	34	13,55
Co (mg/kg)	15	2,7	12,6	7,17	6,3	2,86
Cr (mg/kg)	15	21	70	43,13	41	13,92
Cu (mg/kg)	15	5,2	19,5	12,2	11,8	4,14
Fe (%)	15	0,63	2,89	1,53	1,4	0,59
Hf (mg/kg)	15	0,3	1,4	0,83	0,8	0,29
In (mg/kg)	15	0,025	0,08	0,04	0,025	0,02
K (%)	15	0,29	1,37	0,72	0,68	0,29
La (mg/kg)	15	6,5	33,3	17,27	16,4	7,08
Li (mg/kg)	15	12,3	43,1	25,55	25,3	8,76
Mg (%)	15	3	11,26	7,15	6,93	2,43
Mn (mg/kg)	15	145	549	339,53	318	116,49
Mo (mg/kg)	15	0,7	1,8	1,29	1,3	0,36
Na (%)	15	0,113	0,569	0,29	0,26	0,13
Nb (mg/kg)	15	2	10	5,59	5,3	2,21
Ni (mg/kg)	15	8,9	42,2	24,23	22,8	9,03
P (%)	15	0,013	0,053	0,03	0,029	0,01
Pb (mg/kg)	15	3,7	18	10,63	10	4,18
Rb (mg/kg)	15	16,9	79,4	44,41	41,5	17,47
Re (mg/kg)	15	0,0025	0,006	0,00	0,0025	0,00

S (%)	15	0,1	0,5	0,42	0,5	0,16
Sb (mg/kg)	15	0,2	0,8	0,4	0,3	0,16
Sc (mg/kg)	15	2	9	4,67	4	1,85
Sn (mg/kg)	15	0,4	2,4	1,35	1,3	0,55
Sr (mg/kg)	15	86	156	108,4	105	16,66
Ta (mg/kg)	15	0,2	0,7	0,4	0,4	0,16
Te (mg/kg)	15	0,6	6,3	2,94	3,1	1,64
Th (mg/kg)	15	1,9	10,7	5,55	5,2	2,33
Ti (%)	15	0,064	0,296	0,17	0,159	0,07
Tl (mg/kg)	15	0,25	0,9	0,40	0,25	0,21
U (mg/kg)	15	2,2	2,8	2,37	2,4	0,17
V (mg/kg)	15	19	83	47,2	43	18,12
W (mg/kg)	15	0,3	1,3	0,72	0,7	0,30
Y (mg/kg)	15	4	16,6	9,69	9,7	3,59
Zn (mg/kg)	15	15	63	35	32	13,73
Zr (mg/kg)	15	11,5	47,1	28,4	26,2	9,87

4.1.7.2. Rezultati analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika

U jezgri sedimenata VR-1A izmjereni su udjeli ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika (TOC) direktnom metodom, na 97 uzorka (slika 72). Također je utvrđen omjer između dušika i organskog ugljika (C/N). Tablični prikaz rezultata CN analiza prikazan je u prilogu 3.1. Udio dušika je viši u prvih 15 cm jezgre (0,59-0,63 %), potom se snižava i nizak je od 25 do 65 cm (0,18-0,27 %). Od 70 do 125 cm je povišen i iznosi najviše na 70 cm (0,60 %), 72 cm (0,71 %), 89 cm (0,62 %) i 100-115 cm (0,71-0,96 %). Nakon toga se ponovno snižava i od 130 do 290 cm je niži (0,14-0,30 %), s višim udjelima na 195 cm (0,35 %), 210 cm (0,33 %) te od 260 do 268 cm (0,36-0,45 %). Od 295 cm udio dušika raste, najviši je od 300 do 331 cm (0,50-0,76 %). Ispod toga se snižava i na 335 cm iznosi 0,20 i na 343cm iznosi 0,07 %. Potom ponovno raste i viši je od 345 do 365 cm (0,58-0,65 %), a nakon toga se snižava i od 385 cm je jako nizak, 0,05 %. Od 726 do 740 cm je malo viši i iznosi 0,11 i 0,12 %. Udio ukupnog ugljika je također niži u prvih 15 cm (7,26-8,72 %), ali ispod toga se povećava i visok je od 20 do 115 cm, od 20 do 60 iznosi oko 11 %, nakon toga ima najviši udio na 70 i 72 cm (13,35 i 13,57), te 94 i 100 cm (11,97 i 10,22 %). Potom se udio ugljika snižava i od 130 do 290 cm varira između 1,73 i 3,39 %, s višim udjelima na 210 cm (5,59 %) i 260-268 cm (4,08-5,84 %). Ispod toga je ponovno viši udio ugljika, od 300 do 370 cm, s najvišim udjelima od 320 do 331 cm (12,98-13,87 %). Na 375 i 380 cm je vrlo nizak i iznosi 4,57 i 3,87 %, a nakon toga na 385 cm raste do 8,77 % i relativno je konstantan do kraja jezgre na 740 cm (8,27-10,13 %). Udio organskog ugljika je viši u prvih 15 cm (4,51-4,91), potom se snižava i nizak je od 20 do 65 cm (1,19-2,76 %). Od 70 cm do 125 cm je viši, s najvišim udjelima od 105 do 115 cm (6,78-8,18 %). Ispod toga se snižava i od 130 do 290 cm iznosi između 1,10 i 2,98 %, s najvišim udjelima u intervalu od 260 do 268 cm (3,20-4,33 %). Ispod toga ponovno raste i od 295 do 370 cm mogu se uočiti 2 veća intervala 300-331 cm (4,40-7,78 %) i 345-370 cm (5,20-6,90 %), koje dijeli interval s nižim udjelima od 335 do 343 cm (0,66 do 3,85 %). Ispod toga od 385 do 440 cm je vrlo nizak TOC (0,35-0,57 %). Od 726 do 740 cm iznosi od 1,14-1,35 %. Udio anorganskog ugljika (TIC) prati promjene udjela ukupnog ugljika. Omjer C/N pokazuje kroz cijelu jezgru vrijednosti od 6,36 do 10,66, koje se povećavaju s dubinom, te na 343 cm u tamnijem uzorku iznosi 13,37.



Slika 72 Udio ukupnog dušika i ugljika, organskog (TOC) i anorganskog ugljika (TIC) te omjer organskog ugljika i dušika (C/N) jezgre VR-1A.

Rezultati analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika uzoraka sedimenata i tala iz sliva Vranskog jezera na Cresu prikazani su u tablici 24. Analizirano je 5 uzoraka iz profila tla Cs-P i 5 iz jezgri Cs-5 i Cs-9, te 1 uzorak Valun 6. Najviši udjeli dušika su u gornjem dijelu profila Cs-P (4-6 i 174-176 cm), dok je udio ugljika konstantan (oko 10 %) kroz cijeli profil, osim u uzorku 174-176 cm (4,05 %). Udio organskog ugljika je, kao i dušika, povišen u prva dva uzorka profila Cs-P. Omjer C/N je oko 10 u uzorcima Cs-5 i Cs-9 i u uzorku Cs-P 174-176 cm, dok u ostalima iznosi oko 7.

Tablica 24 Udio ukupnog dušika i ugljika, organskog (TOC) i anorganskog ugljika (TIC) te omjer organskog ugljika i dušika (C/N) uzoraka iz sliva Vranskog jezera na Cresu.

Cres Sliv	**% N**	**% C**	**% TOC**	**% TIC**	**C/N**
Cs-P 4-6	0,29	10,98	2,29	8,86	7,62
Cs-P 174-176	0,12	4,05	1,01	4,81	10,14
Cs-P 228-230	0,02	7,25	0,19	7,13	7,75
Cs-P 246-248	0,02	10,38	0,17	10,40	7,66
Cs-P 304-306	0,02	9,89	0,16	9,78	7,23
Cs-5 108-110	0,09	1,41	0,78	0,63	9,17
Cs-5 506-514	0,05	0,49	0,49	0,00	10,78
Cs-9 265-270	0,03	2,11	0,37	1,74	11,01
Cs-9 433-438	0,04	0,93	0,42	0,51	10,48
VALUN 6 750-780	0,06	0,68	0,68	0,00	11,53

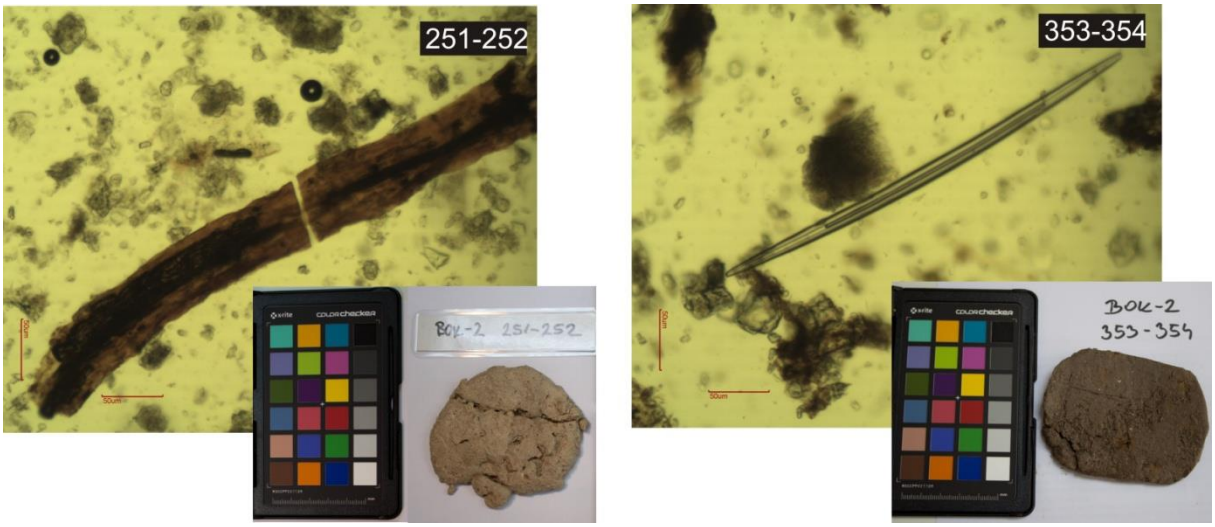
4.2. Rezultati analiza Bokanjačkog blata

4.2.1. Opis jezgre i analiza razmazanih preparata

Prvih pola metra jezgre je poremećeno zbog poljoprivredne aktivnosti u polju (oranja), te je uzorkovano svakih 10 cm, a nakon 60 cm svaki cm. Sedimenti Bokanjačkog blata su karbonatni duž cijele jezgre, pjeskoviti su do oko 300 cm, nakon čega prevladava mulj (silt), a nakon 425 cm su glinovitiji. Uočava se nagla promjena boje u svjetliju na 200 cm, koja traje do 325 cm, nakon čega prelazi u tamniju boju. U uzorcima su pronađeni ostaci ljuštura puževa, koje su rijetko cijele, a gdje god je bila dovoljna količina ljuštura, izdvajani su u odvojene vrećice. U nekim uzorcima uočeni su komadi ugljena. Korjenčići biljaka pojavljuju se kroz jezgru, te su mjestimično oksidirani (u prisutnosti Fe-oksida). Od 305-320 cm u uzorcima se pojavljuju Fe-oksidi, što je vidljivo po crvenijoj boji. Još intenzivnije crvena se pojavljuje u intervalu od 505-525 cm i u kojem, kao i prethodnom, nema ostataka biljaka ili ljuštura, ali su bogati Fe oksidima i piritom. Pojava Fe-oksida nastavlja se i dalje, skroz do 720 cm. U uzorcima se od 570-605 cm, uz Fe-okside i pirite, pojavljuju i gipsne korice. Gips je vjerojatno sekundaran, nastao oksidacijom pirita i reakcijom s kalcitom. Ostrakodi su makroskopskim pregledavanjem jezgre primijećeni u gotovo svim uzorcima od 550-730 cm. Na 732 cm uočena je velika promjena, s pojavom puno ljuštura, zatim biljaka i ugljena, bez ostrakoda.

U razmazanim preparatima uočen je u uzorku 251-252 cm komadić biljke (slika 77), nepravilna zrna kalcita. U uzorku 353-354 cm pronađena je spikula spužve i dijatomeja.

U dubokoj jezgri BOK-S015-10-3 uočeni su Fe klasti unutar sedimenta od 885-1030 cm, te Mn nodule na 975 cm. Od 1040 cm sediment je pjeskovitiji i razlomljen, slojevit, laminiran, te su vidljive pukotine isušivanja unutar intervala 1060-1070 cm. Do oko 1250 cm sediment je žućkast, a nakon toga sediment je crveniji i glinovitiji do kraja jezgre na 23 m, sa svjetlijim i žućim intervalom od 1950 do 2050 cm. Na kraju jezgre crvena glina dolazi u kontakta s vapnencem.



Slika 73 Razmazani preparati i fotografija pojedinačnog uzorka iz jezgre BOK-2: 251-252 cm – komadić biljke, 353-354 cm – spikula spužve i dijatomeja.

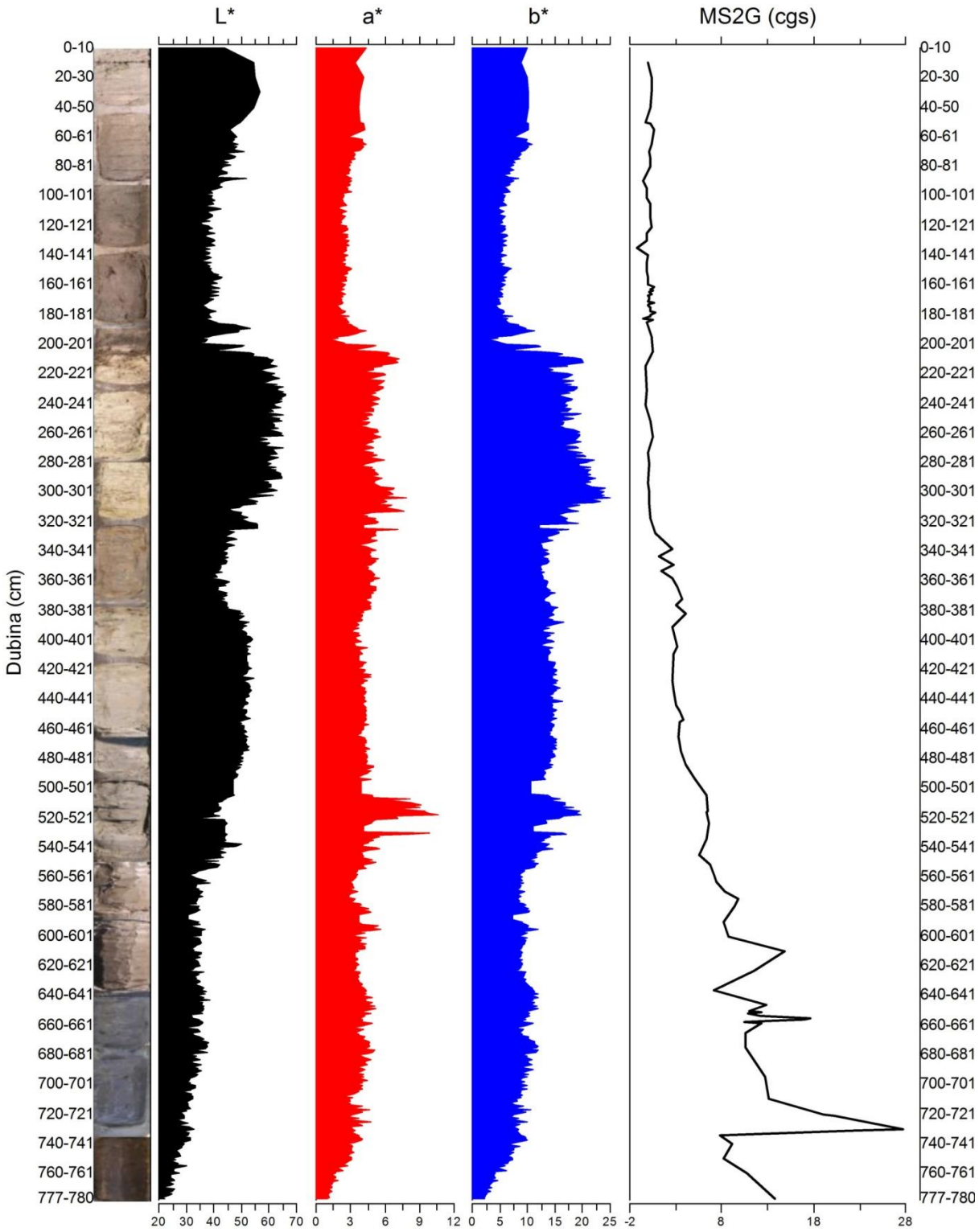
4.2.2. Rezultati spektralne analize boje

Spektralnom analizom boje duž cijele jezgre u centimetarskom intervalu dobiven je pregled boje kroz jezgru Bokanjačkog blata (BOK-2), u obliku CIE *L*a*b** (slika 74). Jezgra je jako svjetla u u površinskom dijelu od 0 do 60 cm, zatim u intervalu od 200 do 325 cm (L* prelazi 60), te u intervalu od 375 do 475 s L* preko 50. Tamniji sedimenti prisutni su u intervalu od 100 do 200 cm, te od 550 cm do kraja jezgre. Što se tiče *a** i *b** vrijednosti, one su pozitivne, što znači da je boja crvenkasta i žućkasta. Ističe se crvenija boja u intervalu od 500-530 cm, koju prati i žućkastija boja. Svjetlija boja u intervalu od 200 do 300 cm također je intenzivnije crvena i žuta. Vrijednosti su najbliže 0, tj. minusu pri dnu jezgre, što znači da boja prelazi u plavkastu. Promjena boje izmjerene pomoću spektrofotometra vidljiva je i varijacijom Munsell boje. Oko 150 cm boja je 2,5Y4/2, svjetlija boja sedimenata oko 270 cm je 2,5Y7/3, malo tamnija je boja 2,5Y6/2 na oko 430 cm, te prelazi u tamniju boju 2,5Y3/1 pri dnu jezgre.

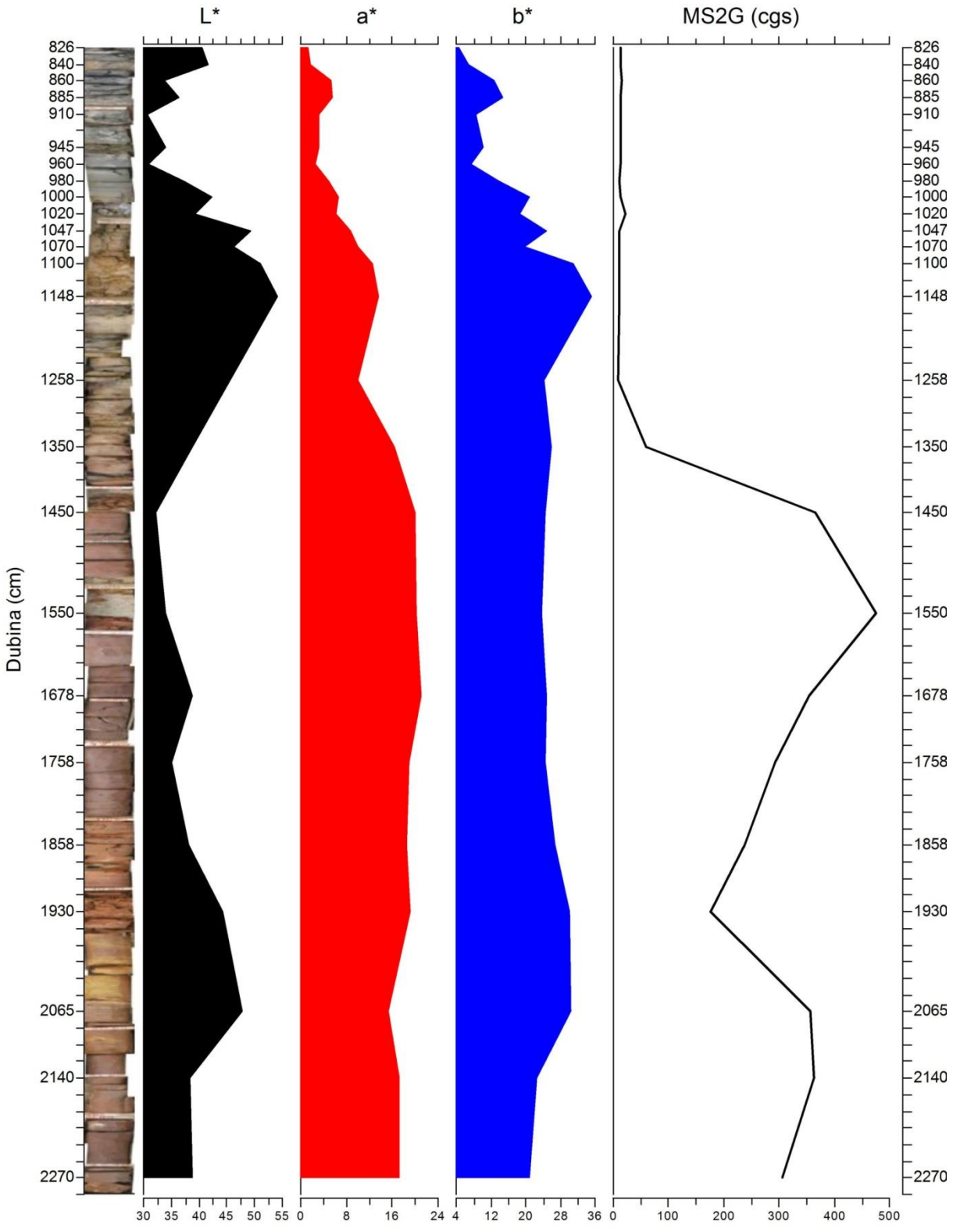
Duboka jezgra Bokanjačkog blata, BOK-S015-10-3, analizirana je manjom rezolucijom, do 11 m svakih 30-ak cm, a do kraja jezgre svaki metar (slika 75). Jezgra je u gornjem dijelu, od 826 cm do 1050 cm, tamnija (2,5Y4/1 po Munsellu), boja zatim prelazi u svjetliju žućkastu (10YR4/2 i 10YR 5/8) do 1350 cm, a poslije toga prelazi u intenzivnije crvenu (5YR4/6 i 2,5YR4/6) koja se proteže do kraja jezgre na 23 m, sa svjetlijim i žućim intervalom od 1950 do 2050 cm.

4.2.3. Rezultati analize magnetskog susceptibiliteta

Magnetski susceptibilitet (MS) jezgre Bokanjačkog blata BOK-2 izmjeren je pomoću MS2G senzora za usitnjene uzorke u 1 cm^3 posudama, te je zbog toga manja rezolucija: svakih 5 cm prvih 200 cm, te od 200 cm do kraja jezgre svakih 10 cm (slika 74). MS je nizak u gornjem dijelu jezgre do oko 300 cm i kreće se oko 0, te se postepeno povećava s dubinom i najveći susceptibilitet je na sljedećim dubinama: 610 cm s oko 15 x 10^{-6} cgs; 655 cm s oko 17 x 10^{-6} cgs; te 720 cm s oko 20 x 10^{-6} cgs i 730 i 732 cm s 23 i 28 x 10^{-6} cgs, što je ujedno i najveći magnetski susceptibilitet izmjeren u jezgri BOK-2. Duboka jezgra Bokanjačkog blata BOK-S015-10-3 nastavlja se na kraj prve jezgre BOK-2 i u tom početnom dijelu ima niži magnetski susceptibilitet, koji naglo raste na 1350-1352 cm (60 x 10^{-6} cgs), a najviši je na 1550 cm s 475 x 10^{-6} cgs (slika 75).



Slika 74 Spektralna analiza boje (CIE L*a*b*) i magnetski susceptibilitet MS2G jezgre BOK-2 iz Bokanjačkog blata.



Slika 75 Spektralna analiza boje (CIE L*a*b*) i magnetski susceptibilitet MS2G sedimenata iz jezgre BOK-S015-10-3 iz Bokanjačkog blata.

4.2.4. Rezultati datiranja radioaktivnim ugljikom ^{14}C

Detaljnim pregledavanjem jezgre odabrana su 2 uzorka ljušture, te 1 uzorak ugljena za datiranje. Dobiveni rezultati, koji uključuju mjerene i konvencionalne datume, omjere izotopa $^{13}C/^{12}C$ i kalendarski kalibrirane datume, prikazani su u tablici 25. Najveća starost od 8 990 ± 40 BP dobivena je na ugljenu s 761. cm jezgre.

Tablica 25 Rezultati datiranja metodom AMS ^{14}C 3 uzorka iz jezgre BOK-2. Prikazani su mjereni ^{14}C datumi, omjeri izotopa $^{13}C/^{12}C$, konvencionalni ^{14}C datumi i kalendarski kalibrirana starost (2σ kalibracija). Lab. br.-laboratorijski broj.

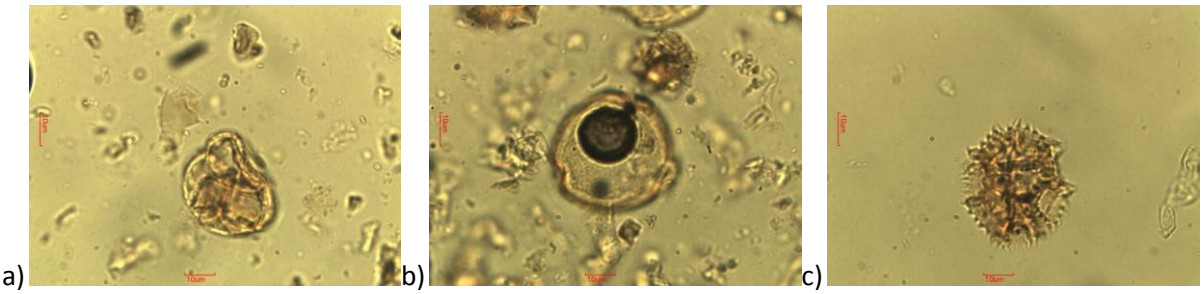
Uzorak BOK-2	Lab. br.	Materijal	Mjereni ^{14}C datum	$^{13}C/^{12}C$	Konvencionalni ^{14}C datum	Kalendarski datum (2σ kalibracija)
181-182	Beta-343637	Ljuštura	3360 ± 30 BP	-8,0‰	3640 ± 30 BP	Cal BC 2130 do 2090 (Cal BP 4080 do 4040), Cal BC 2050 do 1930 (Cal BP 4000 do 3880)
458-459	Beta-343638	Ljuštura	5400 ± 30 BP	-11,2‰	5630 ± 30 BP	Cal BC 4500 do 4440 (Cal BP 6470 do 6390), Cal BC 4420 do 4370 (Cal BP 6370 do 6320)
761-762	Beta-328258	Ugljen	9010 ± 30 BP	-26,1‰	8990 ± 40 BP	Cal BC 8280 do 8200 (Cal BP 10230 do 10160), Cal BC 8030 do 8020 (Cal BP 9980 do 9970)

4.2.5. Rezultati palinoloških analiza

Na temelju palinoloških analiza rekonstruirane su promjene u okolišu, klimi i vegetaciji 5 uzoraka iz jezgre BOK-2 (tablica 26, slika 76). Palinofacijes i pelud u gornjim dijelovima jezgre (85-196 cm) ukazuju na okoliš poplavne ravnice ili bare. Razvijena je mediteranska vegetacija i sredozemna klima. U uzorku 458-460 utvrđen je pelud listopadne šume (grab *Carpinus*) te palinofacijes koji ukazuje na dublje jezero, a prevladava umjereno topla vlažna klima. U uzorku 580-584 cm prisutan je pelud listopadne šume (bukva *Fagus,* hrast *Quercus*), a ukupni palinofacijes ukazuje na pojačani donos terigenog materijala te da je sediment taložen u proksimalnijem dijelu jezera (plićem). U uzorku 760-764 cm nalazi se pelud listopadne šume (lipe *Tillia* i glavočike Cichoriaceae), koji ukazuju na umjereno toplu klimu, a palinofacijes na poplavnu ravnicu i baru s pojačanim donosom terigenog materijala.

Tablica 26 Rezultati palinoloških analiza 5 uzoraka iz jezgre BOK-2 (analizirala i interpretirala dr. sc. K. Bakrač).

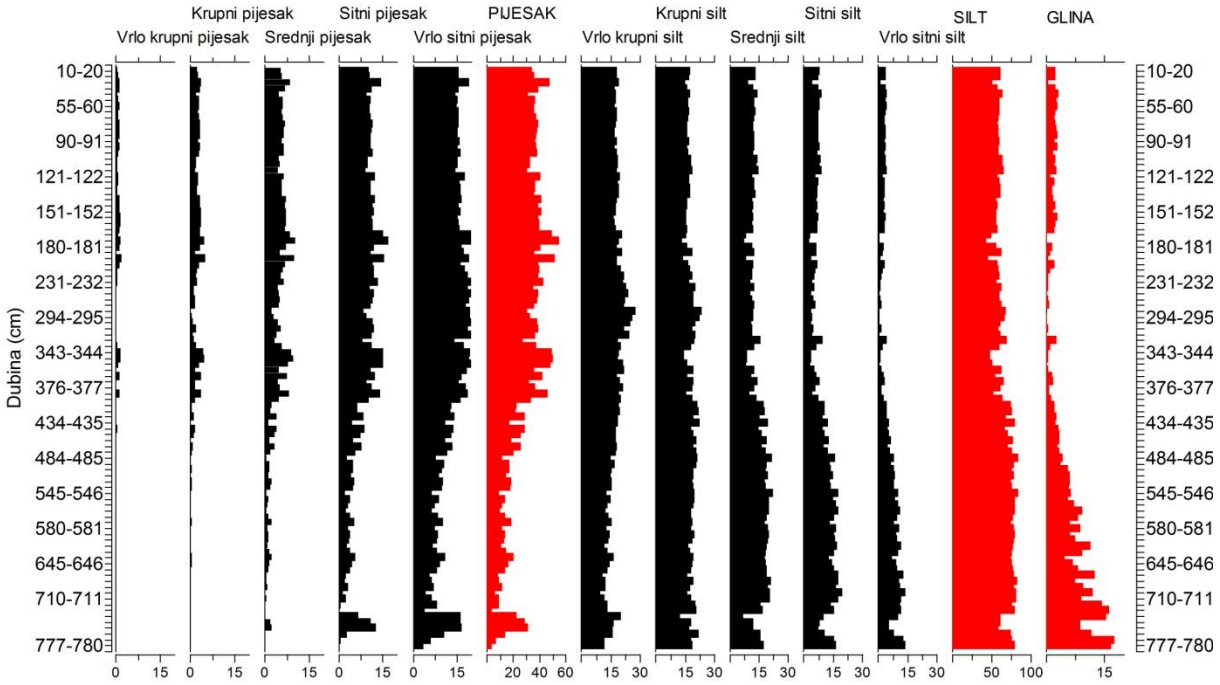
Uzorak BOK-2	Pelud	Okoliš	Glavni biom	Klima
85-87 cm	*Tilletia*, Cichoriaceae	poplavna ravnica, bara	Mediteranska veget.	Cs - Sredozemna klima
196-200 cm	*Pinus,* Graminae*, Erica*	proksimalniji dio jezera	Mediteranska veget.	Cs - Sredozemna klima
458-460 cm	*Carpinus*	distalniji dio jezera	Listopadna šuma	Cf - umjereno topla vlažna klima
580-584 cm	*Fagus, Quercus*	proksimalniji dio jezera	Listopadna šuma	Cf - umjereno topla vlažna klima
760-764 cm	Cichoriaceae, *Tilia*	poplavna ravnica, bara	Listopadna šuma	Cf - umjereno topla vlažna klima



Slika 76 Pelud u odabranim uzorcima iz jezgre BOK-2: a) 196-200 vrijes *Erica*, b) 580-584 bukva *Fagus*, c) 760-764 glavočika Cichoriaceae.

4.2.6. Rezultati granulometrijskih analiza

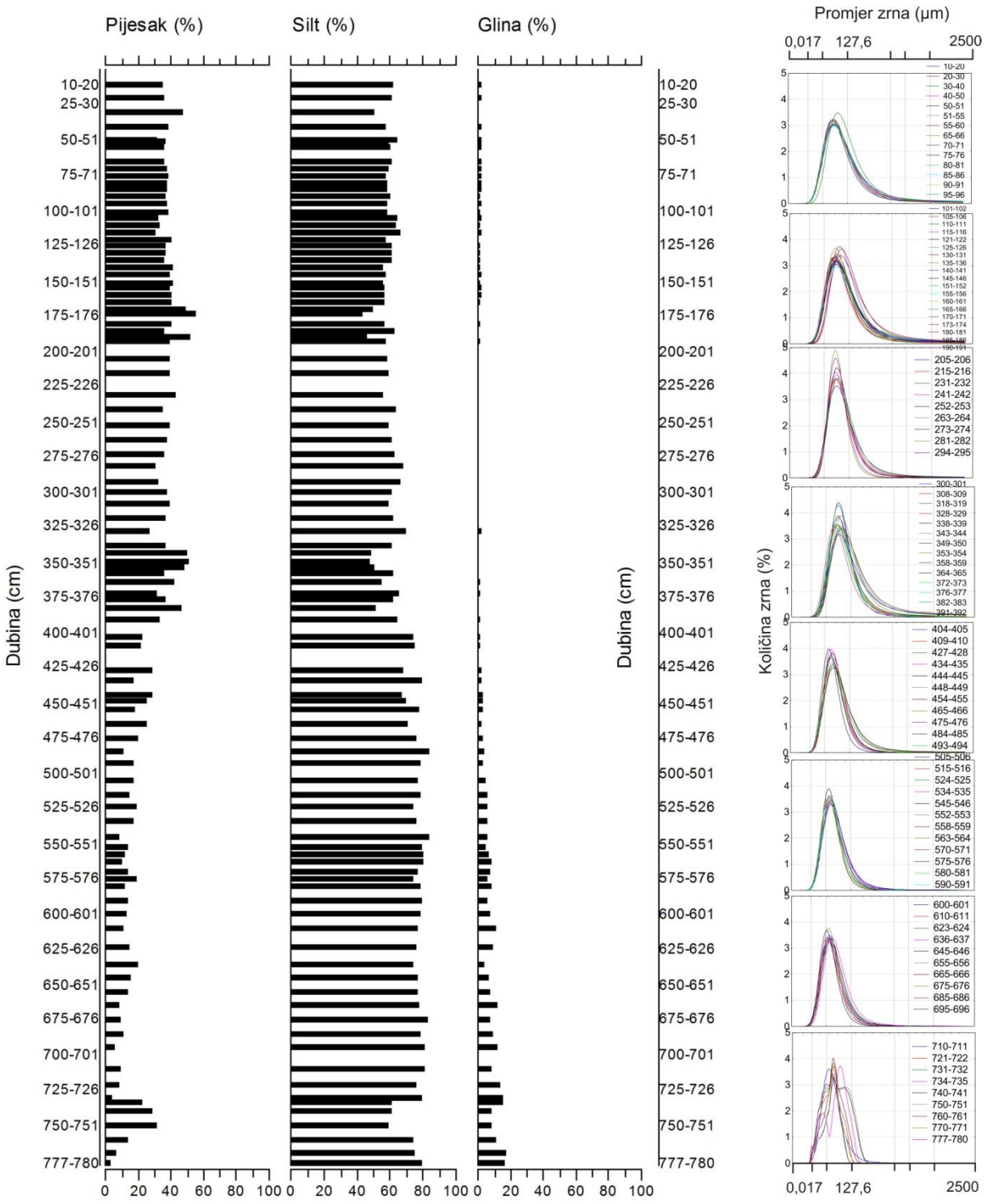
Granulometrijske analize učinjene su na 99 uzoraka u jezgri sedimenata BOK-2. Udjeli pojedinih frakcija grafički su prikazani na slici 77, dok su tablično prikazani u prilogu 1.2. U gornjem dijelu jezgre od 0 do 391 cm u frakciji pijeska ima krupnog i srednjeg pijeska u manjim udjelima (do 5 i 10,6 %), a prevladavaju sitni (do 17,1 %) i vrlo sitni pijesak (do 20,9 %). Od 404. do 731. cm udio pjeskovite frakcije postepeno se smanjuje s dubinom, s 22,9 % na 4 %, pijeska ima opet nešto više 734. cm do 760. cm (do 31,9 %), a nakon toga u zadnjem uzorku na 777 cm njegov udio pada na 3,6 %. U frakciji silta kroz cijelu jezgru prevladavaju vrlo krupni (9,9-27,7 %), krupni (13,6-23,7 %) i srednji silt (7-22,3 %), dok u donjem dijelu jezgre, od 404 cm, ima uz spomenute frakcija, više sitnog (8,1-19,8 %) i vrlo sitnog silta (4,8-14,2 %). Udio gline je 1,1-3,1 % u uzorcima od 0 do 165 cm, a od 170 do 391 cm udjeli su još niže (0,1-1,8 %), s malo višim (2,0 i 2,5 %) u uzorcima 193 i 328 cm. Zatim se udio gline postepeno povećava od 404 do 493 (2,0-4,4 %), da bi do 780 cm postotak gline iznosio između 4,8 i 17,5%, s najvišim udjelima u posljednja 2 uzorka (17,5 i 16,7 % u uzorcima 770 i 777 cm).



Slika 77 Rezultati granulometrijske analize i raspodjele analiziranih frakcija u sedimentima jezgre BOK-2.

Udio pijeska, silta i glina kroz dubinu jezgre BOK-2 prikazani su na slici 78, zajedno s krivuljama učestalosti pojedinih veličina zrna. Krivulje u uzorcima do 710 cm ukazuju na unimodalnu raspodjelu. U uzorcima do 391 cm prevladavaju zrna prosječne veličine između 27,80 i 75,24 μm, od 404 do 780 cm prevladavaju zrna velika između 7,876 i 28,85 μm. Od 721 cm do kraja jezgre krivulje su bimodalne (osim uzorka 760 cm u kojem je unimodalna), a u uzorcima 731-732 i 734-735 cm krivulja je trimodalna.

Uzorci su vrlo slabo ili slabo sortirani duž cijele jezgre. Analiza asimetričnosti raspodjele zrna (Sk) u uzorcima jezgre BOK-2 pokazuje da su uzorci od 0 do 710 cm simetrični (gotovo simetrična krivulja), a od 721 do 760 su pozitivno *(fine skewed)* ili vrlo pozitivno zakošeni *(very fine skewed)* (krivulja iskošena prema sitnijim sedimentima), što znači da sitnije frakcije ima u suvišku. U posljednja 2 uzorka (770 i 777 cm), ponovno je krivulja simetrična. Sedimenti jezgre BOK-2 imaju srednje zaoštrene krivulje (mezokurtični), osim posljednja 2 uzorka koji imaju zaravnjene krivulje *(platykurtic).*



Slika 78 Udio ukupnog pijeska, silta i gline po dubini jezgre BOK-2, s krivuljama učestalosti pojedinih veličina zrna u analiziranim uzorcima, grupiranim u metarskim intervalima.

4.2.7. Rezultati mineraloških analiza

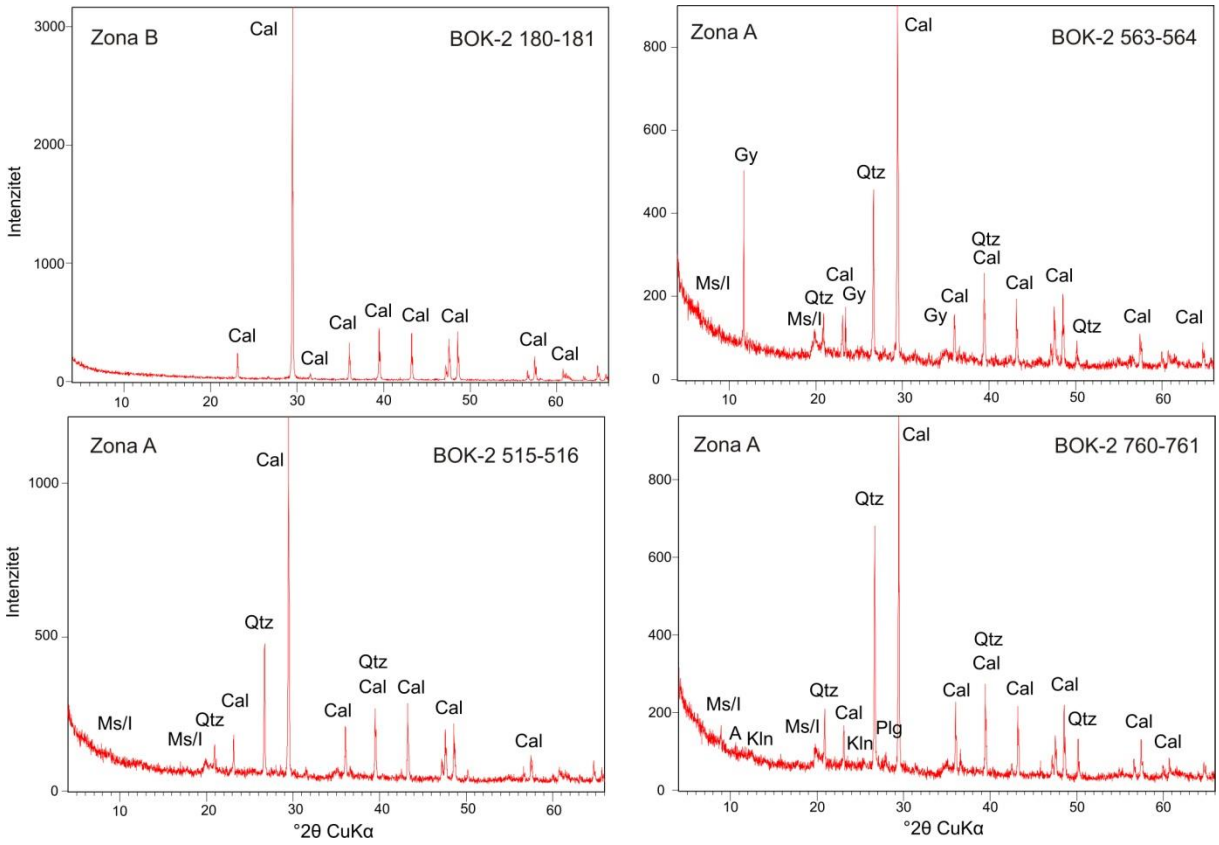
4.2.7.1. Rezultati analize ukupnih uzoraka

Mineralni sastav sedimenata jezgre BOK-2 analiziran je u 20 uzoraka (tablica 27 i slika 79). U svim se uzorcima pojavljuje kalcit kao dominantna ili glavna mineralna faza. U dubljim dijelovima jezgre, od 454 cm do kraja jezgre, u uzorcima se pojavljuje, uz kalcit, i kvarc i muskovit/illit. Gips je određen u uzorku 563-564 cm. Od 655 cm u uzorcima ima i plagioklasa i kaolinita, dok je amfibol određen u uzorcma 760-761 i 777-780 cm.

Prema mineralnom sastavu izdvojene su 2 zone, MIN-A i B. Od 391 do 0 cm je zona MIN-B, u kojem nema kvarca, nego se javlja samo kalcit. U zoni MIN-A od 780 do 454 cm dominiraju kalcit i kvarc, a uz njih je još prisutan muskovit/illit, te u najdubljim uzorcima kaolinit, plagioklas i amfibol.

Tablica 27 Mineralni sastav jezgre BOK-2, glavne i sporedne mineralne faze, te izdvojene zone (MIN-A i B). Oznake minerala (Kretz, 1983): Cal-klacit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Gy-gips, Kln-kaolinit, A-amfibol, Pl-plagioklas.

BOK-2 (cm)	Mineralne faze - glavne	Mineralne faze – sporedne	Zone
10-20	Cal		MIN-B
55-60	Cal		
101-102	Cal		
151-152	Cal		
180-181	Cal		
231-232	Cal		
273-274	Cal		
308-309	Cal		
349-350	Cal		
391-392	Cal		
454-455	Cal	Qtz, Ms/I	MIN-A
493-494	Cal	Qtz, Ms/I	
515-516	Cal	Qtz, Ms/I	
534-535	Cal, Qtz	Ms/I	
563-564	Cal, Qty	Ms/I, Gy	
600-601	Cal, Qtz	Ms/I	
655-656	Qtz, Cal	Ms/I, Kln, Pl	
695-696	Cal, Qtz	Ms/I, Kln, Pl	
760-761	Cal, Qtz	Ms/I, Kln, Pl, A	
777-780	Cal, Qtz	Ms/I, Kln, Pl, A	

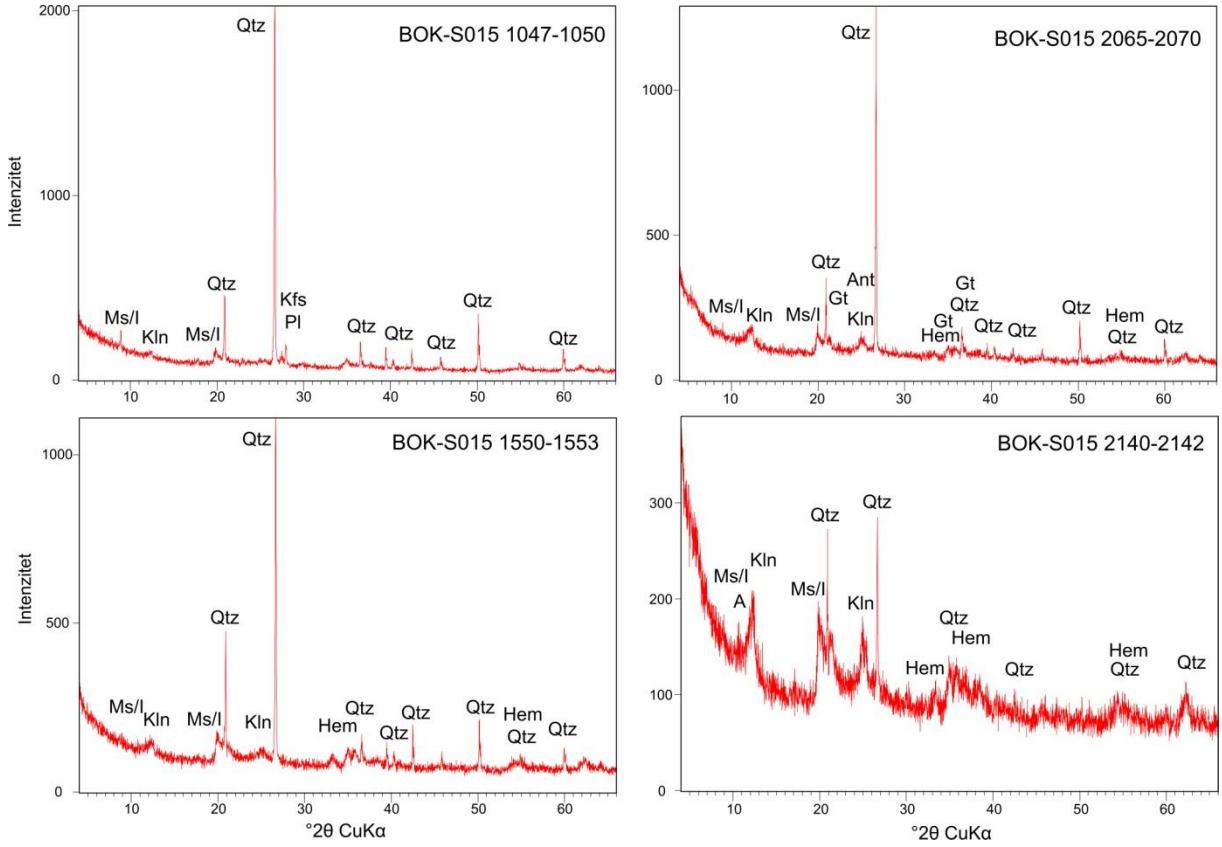


Slika 79 Rendgenogrami karakterističnih uzoraka iz jezgre BOK-2, reprezentativnih za izdvojene zone. Oznake minerala (Kretz, 1983): Cal-klacit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Gy-gips, Kln-kaolinit, A-amfibol, Pl-plagioklas.

U uzorcima duboke jezgre BOK-S015-10-3, smanjuje se udio kalcita, ima ga još samo u uzorku 826-830, te u posljednjem uzorku, koji se nalazi na kontakti s vapnenačkom podlogom, a dominantna mineralna faza je kvarc (tablica 28, slika 80). U svim uzorcima se još pojavljuju muskovit/illit i kaolinit, čiji se udio povećava u zadnja dva uzorka 2140-2142 i 2270-2273 cm. Plagioklas je prisutan u intervalu od 826 do 1450 cm, osim od 1258-1350 cm. Kalijski feldspat pojavljuje se u uzorcima 1047-1050 cm i od 1258 do 1450 cm. Od uzorka 1258-1260 cm u uzorcima se nalaze željezoviti oksidi i oksihidroksidi, hematit i goethit. Hematita ima u svim uzorcima do kraja jezgre. Goethit je prisutan u svim uzorcima od 1258 cm do kraja jezgre, osim u uzorcima 1550-1553 cm i 1678-1680 cm.

Tablica 28 Mineralni sastav jezgre BOK-S015-10-3, glavne i sporedne mineralne faze. Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Hem-hematit, Gt-goethit.

BOK-S015-10-3 (cm)	Mineralne faze - glavne	Mineralne faze – sporedne
826-830	Qtz, Cal	Ms/I, Pl, Kln
860-864	Qtz	Ms/I, Pl, Kln
960-964	Qtz	Ms/I, Pl, Kln
1047-1050	Qtz	Ms/I, Pl, Kfs, Kln
1148-1150	Qtz	Ms/I, Pl, Kln
1258-1260	Qtz	Ms/I, Kfs, Kln, Hem, Gt
1350-1352	Qtz	Ms/I, Kfs, Kln, Hem, Gt
1450-1452	Qtz	Ms/I, Kfs, Pl Kln, Hem, Gt
1550-1553	Qtz	Ms/I, Kln, Hem
1678-1680	Qtz	Ms/I, Kln, Hem
1758-1760	Qtz	Ms/I, Kln, Hem, Gt
1858-1860	Qtz	Ms/I, Kln, Hem, Gt
1930-1932	Qtz	Ms/I, Kln, Hem, Gt
2065-2070	Qtz	Ms/I, Kln, Hem, Gt
2140-2142	Qtz, Kln	Ms/I, Hem, Gt
2270-2273	Qtz, Kln, Cal	Ms/I, Hem, Gt



Slika 80 Rendgenogrami odabranih uzoraka duboke jezgre BOK-S015-10-3. Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Hem-hematit, Gt-goethit.

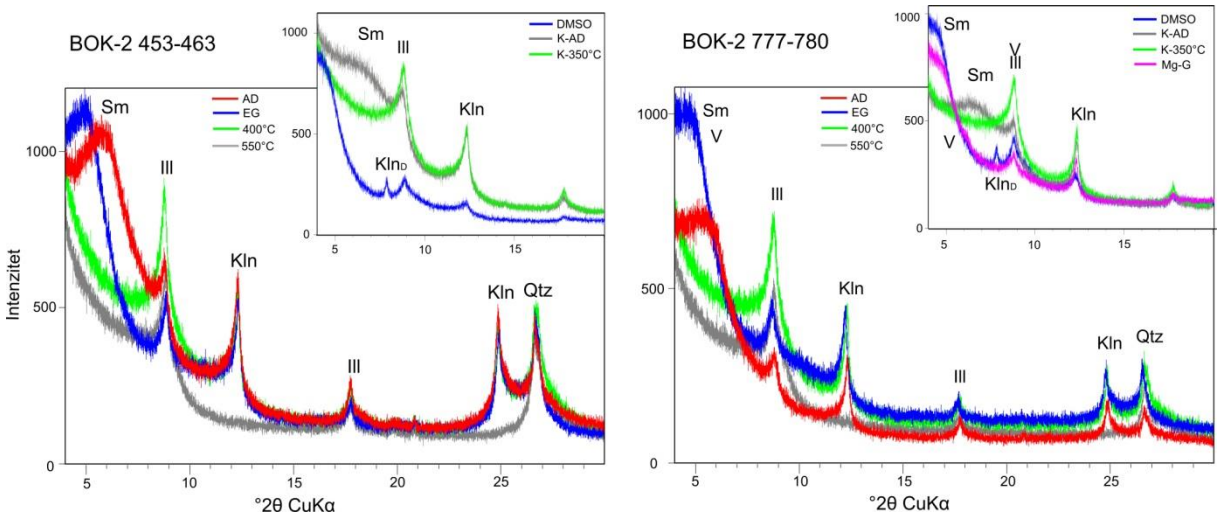
4.2.7.2. Rezultati analize minerala glina

Detaljna analiza minerala glina uključivala je nekoliko dijagnostičkih postupaka, te je u tablici 29 prikazano što je napravljeno na pojedinim uzorcima te koji su minerali glina utvrđeni (slika 81). Prva dva uzorka 55-60 i 176-186 cm nije bilo moguće detaljnije analizirati zbog vrlo male količine uzorka preostale nakon otapanja karbonata.

Tablica 29 Analizirani uzorci kroz jezgru BOK-2 i dijagnostički postupci kojim su podvrgnuti, te utvrđeni minerali glina. Oznake: AD-sušen na zraku, EG-tretiran s etilen glikolom, G-tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, Sm-smektit, V-vermikulit.

BOK-2 (cm)	AD	EG	400°C	550°C	DMSO	K-AD	K-350°C	Mg-G	Minerali glina
55-60	x	x							-
176-186	x	x							-
270-280	x	x	x	x					V, Ill, Kln
385-395	x	x	x	x	x	x	x		Sm, Ill, Kln, Kln_D
453-463	x	x	x	x	x	x	x		Sm, Ill, Kln, Kln_D
510-520	x	x	x	x	x	x	x	x	Sm, V, Ill, Kln, Kln_D
650-660	x	x	x	x	x	x	x	x	Sm, V, Ill, Kln,
756-766	x	x	x	x	x	x	x		Sm, V, Ill, Kln
777-780	x	x	x	x	x	x	x	x	Sm, V, Ill, Kln, Kln_D

U donjem dijelu jezgre, u uzorcima od 510 cm do kraja jezgre pojavljuju se smektit i vermikulit, illit, uređen i neuređen kaolinit. Smektit je određen nakon tretmana s etilen glikolom, kad mu se maksimum s 15 Å, pomaknuo na 18 Å, a nakon žarenja na 10 Å. Smektit je dodatno potvrđen saturiranjem uzoraka s kalijem, kad se maksimum s 15 Å pomaknuo na 13 Å, te maksimumom na 18 Å saturiranjem s Mg i glicerolom. Vermikulit je određen nakon saturiranja s kalijem, kada se maksimumi vermikulita s 15 Å pomiču na 10 Å i pojačavaju taj maksimum. Vermikulit je u uzorku 777-780 cm pokazao nakon saturiranja s Mg i glicerolom, pomak maksimuma na 14,5 Å. U uzorcima 650-660 i 756-766 cm prisutan je samo neuređeni kaolinit, dok u 510-520 i 777-780 cm ima i uređenog kaolinita, koji stvara kompleks s DMSO i ima maksimum na 11,2 Å. Neuređeni kaolinit ima maksimum na 7,1 Å. Maksimumi illita su ostali nepromijenjeni na 10 i 4,98 Å, dok su maksimumi kaolinita na 7,1 i 3,5 Å nestali nakon žarenja na 550°C. Potom se u uzorcima 385-395 i 453-463 cm javljaju smektit, illit, neuređen i uređen kaolinit. Smektit je, osim pomicanjem maksimuma na 18 Å nakon tretiranja s etilen glikolom, određen i kalijem saturiranim uzorkom, kada se maksimum pomakne na oko 13 Å. U uzorku 270-280 cm prisutni su vermikulit, illit i kaolinit, s tim da je difrakcijski maksimum vermikulita na 14,7 Å vrlo slab i jedva uočljiv, no povećanje maksimuma na 10 Å nakon žarenja, govori da je u uzorku ipak prisutan vermikulit. Nije napravljen tretman s DMSO u tom uzorku, pa se ne može sa sigurnošću reći da li je kaolinit uređen ili ne.



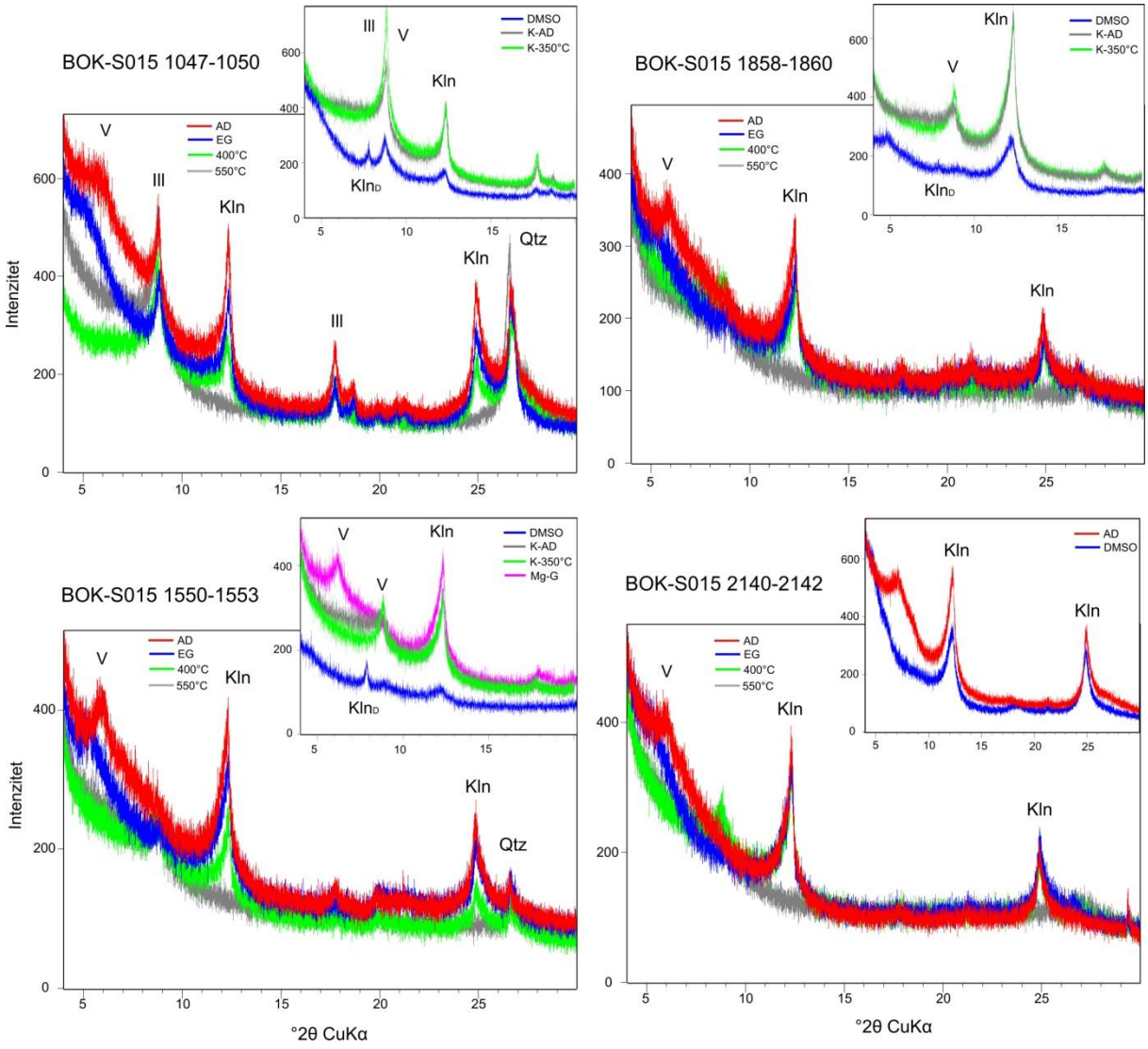
Slika 81 Rendgenogrami orijentiranih preparata uzoraka iz jezgre BOK-2. Oznake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, Sm-smektit, V-vermikulit, Qtz-kvarc.

Analiza minerala glina duboke jezgre BOK-S015-10-3 (tablica 30, slika 82) pokazala je da su u uzorcima od 860 cm do 1258 cm prisutni vermikulit, illit, te uređen i neuređen kaolinit. Vermikulit je identificiran pomoću maksimuma na 14,5-15 Å, koji ostaje nepromijenjen ili se malo poveća (17 Å) nakon tretmana s etilen glikolom, a pomiče se na oko 10 Å nakon žarenja. Vermikulit je potvrđen nakon saturiranja s kalijem, kada se maksimum vermikulita pomaknuo s 15 Å na 10 Å i pojačao taj maksimum, te saturiranjem s Mg i glicerolom, kad se pojavljuje maksimum na 14,5 Å. Illit je utvrđen maksimumima na 9,9 i 4,96 Å, koji ostaju nepromijenjeni nakon različitih postupaka.

Tablica 30 Analizirani uzorci kroz jezgru BOK-S015-10-3 i dijagnostički postupci kojim su podvrgnuti, te utvrđeni minerali glina. Oznake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, V-vermikulit.

BOK-S015-10-3 (cm)	AD	EG	400°C	550°C	DMSO	K-AD	K-350°C	Mg-G	Minerali glina
860-864	x	x	x	x	x	x	x		V, Ill, Kln, Kln_D
960-964	x	x	x	x	x				V, Ill, Kln, Kln_D
1047-1050	x	x	x	x	x	x	x	x	V, Ill, Kln, Kln_D
1148-1150	x	x	x	x	x				V, Ill, Kln, Kln_D
1258-1260	x	x	x	x	x	x	x		V, Ill, Kln, Kln_D
1350-1352	x	x	x	x	x				V, Kln, Kln_D
1450-1452	x	x	x	x	x				V, Kln, Kln_D
1550-1553	x	x	x	x	x	x	x	x	V, Kln, Kln_D
1678-1680	x	x	x	x	x				V, Ill, Kln, Kln_D
1758-1760	x	x	x	x	x				V, Ill, Kln, Kln_D
1858-1860	x	x	x	x	x	x	x		V, Kln, Kln_D
1930-1932	x	x	x	x	x				V, Kln
2065-2070	x	x	x	x	x	x	x	x	V, Kln, Kln_D
2140-2142	x	x	x	x	x				V, Kln
2270-2273	x	x	x	x	x	x	x	x	V, Ill, Kln, Kln_D

Illita nema u uzorcima poslije 1258 cm, osim u 2 uzorka na dubinama 1678 i 1758 cm, te se ponovno pojavljuje u najdubljem uzorku 2270-2273 cm. Kaolinit je određen maksimumima na 7,1 i 3,56 Å, koji nestaju žarenjem na 550°C. Uređen i neuređen kaolinit pojavljuju se u svim uzorcima osim 1930-1932 i 2140-2142 cm, gdje je prisutan samo kaolinit koji ne stvara kompleks s DMSO, odnosno neuređen kaolinit.



Slika 82 Rendgenogrami orijentiranih preparata uzoraka iz jezgre BOK-S015-10-3. Oznake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksidi, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, V-vermikulit, Qtz-kvarc.

4.2.8. Rezultati kemijskih analiza

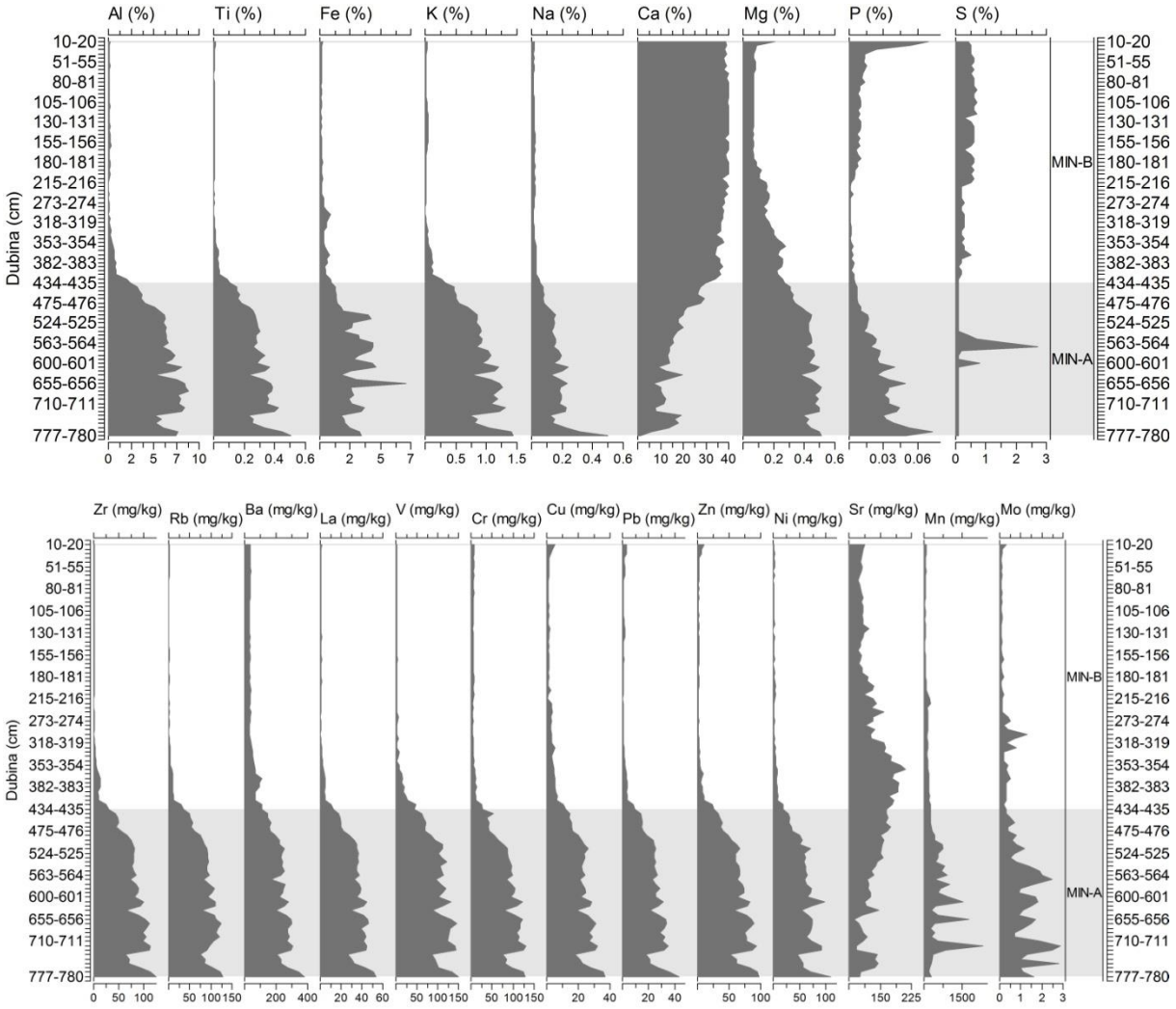
4.2.8.1. Rezultati analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima

Rezultati kemijske analize 99 uzoraka iz jezgre BOK-2 prikazani su kao distribucija pojedinih makro (%) i mikro elemenata (mg/kg) po dubini (slika 83), dok su u tabličnom obliku prikazani u prilogu 2.2. Označene su dvije mineraloški utvrđene zone (MIN-A i B), koje su u skladu s promjenama u kemijskom sastavu sedimenata. Na temelju udjela Al analizirani sedimenti su podijeljeni u dvije grupe, s niskim koncentracijama Al (grupa 1) i visokim koncentracijama Al (grupa 2), prikazane na slici 83 bijelom (grupa 1) i sivom (grupa 2) pozadinom, te je za svaku od tig grupa napravljena deskriptivna statistika (tablice 31, 32). Zlato ima udjele ispod granice detekcije (<0,1 mg/kg), te je isključeno iz statističke analize.

Udjeli makro elemenata Al, Ti, Fe, K, Na i Mg pokazuju sličnu raspodjelu po dubini, niži su u gornjem dijelu do 434 cm, a nakon toga imaju više koncentracije do kraja jezgre (780 cm). Tako su podijeljene i 2 mineraloške zone, te 2 kemijske grupe na temelju aluminija. Koncentracije aluminija su niske u 1. grupi u rasponu od 0,04-1,92 %, a visoke u 2. grupi u rasponu od 2,32-8,47 %. Titan je nizak unutar 1. grupe s udjelima između 0,002-0,089%, te visok unutar 2. grupe (0,105-0,506 %). Željezo ima niže koncentracije u 1. grupi (0,1-0,84 %), a visoke unutar 2. grupe (0,95-6,79 %). Kalijeve niske koncentracije u 1. grupi kreću se između 0,005-0,27 %, a visoke između 0,33-1,44 % (2. grupa). Natrij unutar 1. grupe ima raspon od 0,013-0,05 %, a unutar 2. grupe 0,055-0,501. Magnezij ima koncentracije u 1. grupi u rasponu od 0,06-0,28 %, a u 2. grupi između 0,27-0,51 %. Kalcij ima drugačiju raspodjelu koncentracija po dubini – viši je u gornjem dijelu jezgre do 434 cm i kreće se unutar 1. grupe u rasponu od 33,88-40 % (40 % je maksimalna vrijednost Ca, >40 % znači da je udio kalcita 100 % u sedimentu), a unutar 2. grupe udio Ca postepeno raste od dna jezgre na 780 cm (1,43 %) prema gore i na 434 cm iznosi 29,82 %, na granici u 1. grupu s višim udjelom Ca. Udio fosfora je nizak u prvom dijelu jezgre do oko 434 cm, s tim da je viši u prvih 30 centimetara jezgre (0,024-0,07 %), a ispod toga varira između 0,0005-0,015 %, a ispod 434. cm unutar 2. grupe iznosi između 0,005-0,073 %. Koncentracije sumpora su više u gornjem dijelu jezgre i iznose unutar 1. grupe između 0,1 i 0,7 %, dok unutar 2. grupe iznosi 0,1 %, osim u uzorcima 563-564, 570-571 i 600-601 cm gdje iznosi 1,7, 2,7 i 0,8 %.

Sadržaj svih mikro elemenata (Zr, Rb, Ba, La, V, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, Mn, Mo), osim Sr, također varira kao i većina makro elemenata (slika x), imaju niže koncentracije do 434 cm, a nakon toga su one više, što je u skladu s mineralnim zonama i kemijskim grupama prema aluminiju. Udio cirkonija varira unutar 1. grupe u rasponu od 0,5-25,5 mg/kg, a unutar 2. grupe u rasponu od 30,5-124,5 mg/kg. Rubidij ima niske vrijednosti u grupi 1 između 0,3-30,5 %, a niske unutar grupe 2 (36-128,5 mg/kg). Udio barija varira unutar 1. grupe između 30-112 mg/kg, a unutar 2. grupe 112-378 mg/kg. Udjela lantana ima manje unutar 1. grupe (0,3-10,6 mg/kg), a više unutar 2. grupe (13,1-53,9 mg/kg. Udjela vanadija ima manje u 1. grupi (1-48 mg/kg), a više u 2. grupi (43-150 mg/kg). Udio kroma unutar 1. grupe varira između 3-26 mg/kg, a unutar 2. grupe od 28-130 mg/kg. Udio bakra u 1. grupi varira između 0,6-10,5 mg/kg, a u 2. grupi između 12,3-36,9 mg/kg. Udio olova je niži unutar 1. grupe (0,2-8,6 mg/kg), a visok unutar 2. grupe (9,6-43,2 mg/kg). Udjela cinka ima manje u 1. grupi (0,5-24 mg/kg), a više u 2. grupi (26-98 mg/kg). Udio nikla se kreće u rasponu od 0,1-19,2 mg/kg u 1. grupi, a od 19,6-108,9 mg/kg u 2. grupi. Udio mangana varira između 43-267 mg/kg unutar 1. grupe, a

između 192-2340 mg/kg unutar 2. grupe. Molibden ima koncentracije unutar 1. grupe od 0,05-1,3 mg/kg, a više vrijednosti unutar 2. grupe (0,3-2,9 mg/kg). Stroncij se ponaša drugačije i on ima više koncentracije u sredini jezgre. Relativno je konstantan u gornjem dijelu jezgre do 173 cm (97-112 mg/kg), nakon čega raste i visok je od 173 do kraja jezgre, s najvišim intervalom od 318 do 475 cm (158-211 mg/kg).



Slika 83 Distribucija makro elemenata (%) i mikro elemenata (mg/kg) po dubini BOK-2 jezgre, uz označene dvije mineraloške zone MIN-A i B, te 1. i 2. kemijsku grupu prema aluminiju, označene bijelom i sivom pozadinom.

Tablica 31 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata unutar grupe 1 (prema Al) za jezgru BOK-2.

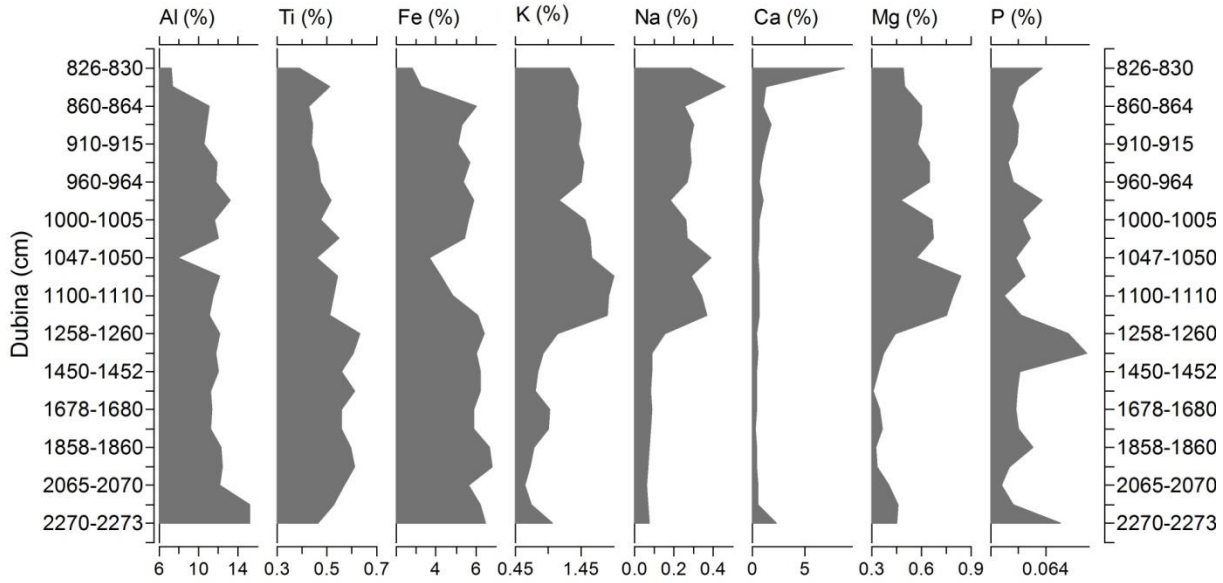
Element	Grupa	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	1	60	0,05	0,5	0,06	0,05	0,06
Al (%)	1	60	0,04	1,92	0,25	0,15	0,29
As (mg/kg)	1	60	0,05	5	1,55	1	1,51
Ba (mg/kg)	1	60	30	112	44,27	37	19,02
Be (mg/kg)	1	60	0,5	0,5	0,50	0,5	0,00
Bi (mg/kg)	1	60	0,05	0,4	0,06	0,05	0,06
Ca (%)	1	60	33,88	40	38,37	38,915	1,75
Cd (mg/kg)	1	60	0,05	0,3	0,08	0,05	0,06
Ce (mg/kg)	1	60	0,5	21	2,58	1	3,48
Co (mg/kg)	1	60	0,2	4,6	0,86	0,4	0,96
Cr (mg/kg)	1	60	3	26	6,87	6	3,23
Cu (mg/kg)	1	60	0,6	10,5	2,72	1,75	1,87
Fe (%)	1	60	0,1	0,84	0,27	0,17	0,19
Hf (mg/kg)	1	60	0,05	0,8	0,10	0,05	0,12
In (mg/kg)	1	60	0,025	0,025	0,03	0,025	0,00
K (%)	1	60	0,005	0,27	0,04	0,025	0,04
La (mg/kg)	1	60	0,3	10,6	1,47	0,8	1,72
Li (mg/kg)	1	60	0,1	18,7	1,67	0,5	3,06
Mg (%)	1	60	0,06	0,28	0,13	0,09	0,07
Mn (mg/kg)	1	60	43	267	115,20	88	63,09
Mo (mg/kg)	1	60	0,05	1,3	0,20	0,1	0,22
Na (%)	1	60	0,013	0,05	0,02	0,02	0,01
Nb (mg/kg)	1	60	0,1	4,1	0,57	0,3	0,65
Ni (mg/kg)	1	60	0,1	19,2	3,20	2,25	3,10
P (%)	1	60	0,0005	0,07	0,01	0,007	0,01
Pb (mg/kg)	1	60	0,2	8,6	1,50	0,9	1,41
Rb (mg/kg)	1	60	0,3	30,5	2,92	1	4,77
Re (mg/kg)	1	60	0,0025	0,009	0,00	0,0025	0,00
S (%)	1	60	0,1	0,7	0,43	0,5	0,18
Sb (mg/kg)	1	60	0,05	0,3	0,08	0,05	0,06
Sc (mg/kg)	1	60	0,5	3	0,55	0,5	0,33
Se (mg/kg)	1	60	0,5	2	0,89	0,5	0,54
Sn (mg/kg)	1	60	0,05	0,6	0,09	0,05	0,09
Sr (mg/kg)	1	60	97	211	130,43	113,5	32,20
Ta (mg/kg)	1	60	0,05	0,4	0,08	0,05	0,08
Te (mg/kg)	1	60	0,25	4,4	1,93	1,85	1,00
Th (mg/kg)	1	60	0,1	3,8	0,45	0,2	0,59
Ti (%)	1	60	0,002	0,089	0,01	0,006	0,01
Tl (mg/kg)	1	60	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
U (mg/kg)	1	60	0,4	3,2	1,01	0,8	0,57
V (mg/kg)	1	60	1	48	4,58	1	8,15
W (mg/kg)	1	60	0,05	0,7	0,10	0,05	0,11
Y (mg/kg)	1	60	0,2	6	0,90	0,5	0,99
Zn (mg/kg)	1	60	0,5	24	3,25	2	3,74
Zr (mg/kg)	1	60	0,5	25,5	3,31	1,6	4,38

Tablica 32 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata unutar grupe 2 (prema Al) za jezgru BOK-2.

Element	Grupa	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	2	39	0,05	0,2	0,11	0,1	0,06
Al (%)	2	39	2,32	8,47	6,05	6,08	1,53
As (mg/kg)	2	39	0,05	15	7,87	8	3,85
Ba (mg/kg)	2	39	112	378	238,15	240	54,42
Be (mg/kg)	2	39	1	4	2,69	3	0,82
Bi (mg/kg)	2	39	0,05	0,6	0,43	0,5	0,16
Ca (%)	2	39	1,43	29,82	16,00	15,12	6,69
Cd (mg/kg)	2	39	0,2	1,3	0,70	0,7	0,23
Ce (mg/kg)	2	39	26	107	71,56	74	18,69
Co (mg/kg)	2	39	4,8	41,9	15,98	15,4	6,06
Cr (mg/kg)	2	39	28	130	90,13	95	27,05
Cu (mg/kg)	2	39	12,3	36,9	23,90	23,9	5,62
Fe (%)	2	39	0,95	6,79	2,72	2,53	1,16
Hf (mg/kg)	2	39	0,9	3	2,18	2,1	0,56
In (mg/kg)	2	39	0,025	0,11	0,06	0,06	0,03
K (%)	2	39	0,33	1,44	0,93	0,92	0,27
La (mg/kg)	2	39	13,1	53,9	35,58	36,8	9,27
Li (mg/kg)	2	39	20,3	69,8	49,05	51	11,20
Mg (%)	2	39	0,27	0,51	0,43	0,44	0,06
Mn (mg/kg)	2	39	192	2340	594,03	444	441,88
Mo (mg/kg)	2	39	0,3	2,9	1,23	1,1	0,68
Na (%)	2	39	0,055	0,501	0,17	0,158	0,08
Nb (mg/kg)	2	39	4,9	21	12,80	12,5	3,61
Ni (mg/kg)	2	39	19,6	108,9	61,49	62,3	18,55
P (%)	2	39	0,005	0,073	0,03	0,026	0,02
Pb (mg/kg)	2	39	9,6	43,2	25,38	25,6	6,93
Rb (mg/kg)	2	39	36	128,5	91,73	93,3	21,82
Re (mg/kg)	2	39	0,0025	0,008	0,00	0,0025	0,00
S (%)	2	39	0,1	2,7	0,25	0,1	0,49
Sb (mg/kg)	2	39	0,3	1,7	1,03	1	0,33
Sc (mg/kg)	2	39	3	12	9,03	9	2,41
Se (mg/kg)	2	39	0,5	3	0,67	0,5	0,47
Sn (mg/kg)	2	39	0,8	3,5	2,40	2,4	0,66
Sr (mg/kg)	2	39	87	174	131,87	135	24,08
Ta (mg/kg)	2	39	0,3	1,4	0,81	0,8	0,25
Te (mg/kg)	2	39	0,25	2,2	0,70	0,6	0,51
Th (mg/kg)	2	39	4,8	21,3	13,56	13,7	3,76
Ti (%)	2	39	0,105	0,506	0,29	0,286	0,09
Tl (mg/kg)	2	39	0,25	1,6	1,08	1,1	0,29
U (mg/kg)	2	39	0,9	3,2	1,89	1,9	0,52
V (mg/kg)	2	39	43	150	106,31	109	24,63
W (mg/kg)	2	39	0,6	2,8	1,89	1,9	0,53
Y (mg/kg)	2	39	7,9	31,9	20,29	20,3	5,55
Zn (mg/kg)	2	39	26	98	66,33	67	17,77
Zr (mg/kg)	2	39	30,5	124,5	82,23	81,4	21,42

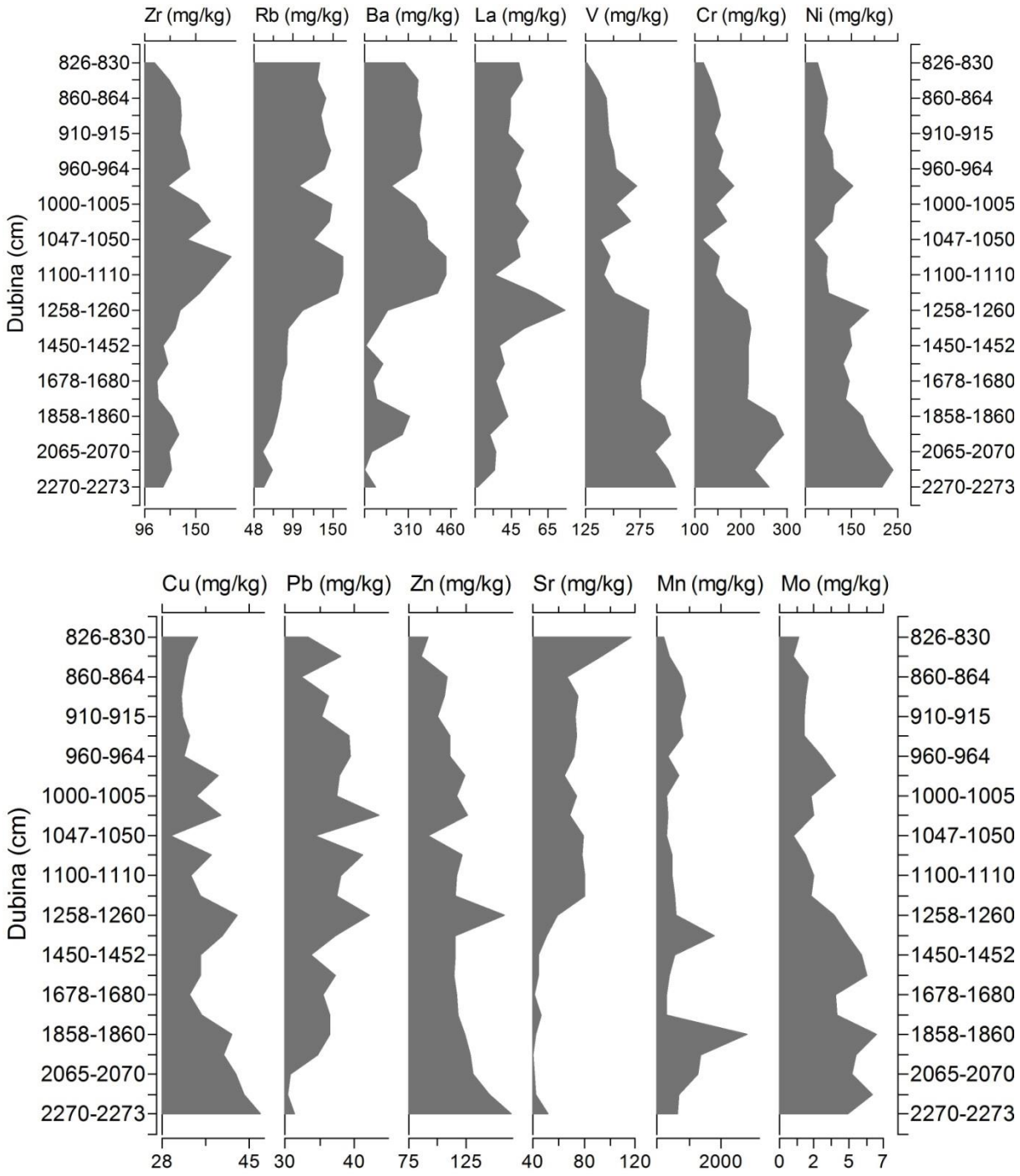
Rezultati kemijske analize 25 uzoraka iz nastavka duboke jezgre BOK-S015-10-3 prikazani su kao distribucija pojedinih makro (%) i mikro (mg/kg) elemenata po dubini (slike 84, 85). Napravljena je deskriptivna statistička analiza svih elemenata (tablica 33), osim telura i zlata, čije su koncentracije ispod granice detekcije (Te <0,5 mg/kg, Au <0,1 mg/kg).

Udjeli aluminija kreću se u rasponu od 7,25-15,23 %, najniži je u uzorku 1047-1050 cm, dok je u ostalim dijelovima jezgre relativno konstantan, osim u posljednja 2 uzorka kad je nešto viši. Titan je u koncentracijama od 0,389-0,629 %. Koncentracija željeza varira od 2,79-6,8 %, s nešto nižim koncentracijama u uzorku 1047-1050 cm. Udio kalija je viši od 826 do 1258 cm (1,08-1,94 %), nakon čega se snižava (0,59-1,01 %). Udio natrija također ima sličnu raspodjelu kao i udio kalija, te do 1250 cm iznosi 0,15-0,368 %, a nakon toga 0,058-0,086 %. Udio magnezija prati udjele kalija i natrija, te je visok do 1250 cm (0,44-0,84 %), a niži nakon toga (0,31-0,46 %). Udio kalcija je visok u uzorku 826-830 cm (8,85 %), zatim se smanjuje i nizak je kroz jezgru (0,31-1,71 %), osim u zadnjem uzorku, gdje je malo viši (2,23 %). Udio fosfora je najviši u uzorku 1350-1352 cm (0,094 %).



Slika 84 Rezultati kemijskih analiza kroz jezgru BOK-S015-10-3. Prikazana je distribucija makro elemenata (%) po dubini jezgre.

Udio mikro elemenata je također varijabilan kroz jezgru. Cirkonij (106,6-186,5 mg/kg), rubidij (106,3-163,7 mg/kg), barij (242-442 mg/kg) i stroncij (59-117 mg/kg) imaju više koncentracije do 1250 cm, a ispod toga su niže (Zr 109-132,1 mg/kg, Rb 60,2-91,9 mg/kg, Ba 162-316 mg/kg, Sr 40-52 mg/kg). Udio lantana je najviši na 1258 cm (74 mg/kg). Udjeli vanadija (129-299 mg/kg), kroma (115-213 mg/kg), nikla (68-153,4 mg/kg) i molibdena (0,9-3,9 mg/kg) su niži do 1258 cm, a potom se povećavaju njihove koncentracije (V 276-370 mg/kg, Cr 212-292 mg/kg, Ni 132,5-239,8 mg/kg, Mo 3,9-6,7 mg/kg). Bakra ima u koncentracijama u rasponu od 29,6-47,3 mg/kg, a olova između 30,3-43,6 mg/kg. Koncentracija cinka je veća na 1258 cm (158 mg/kg) i 2270 cm (164 mg/kg), a mangana na 1350 cm (1808 mg/kg) i 1858 cm (2804 mg/kg).



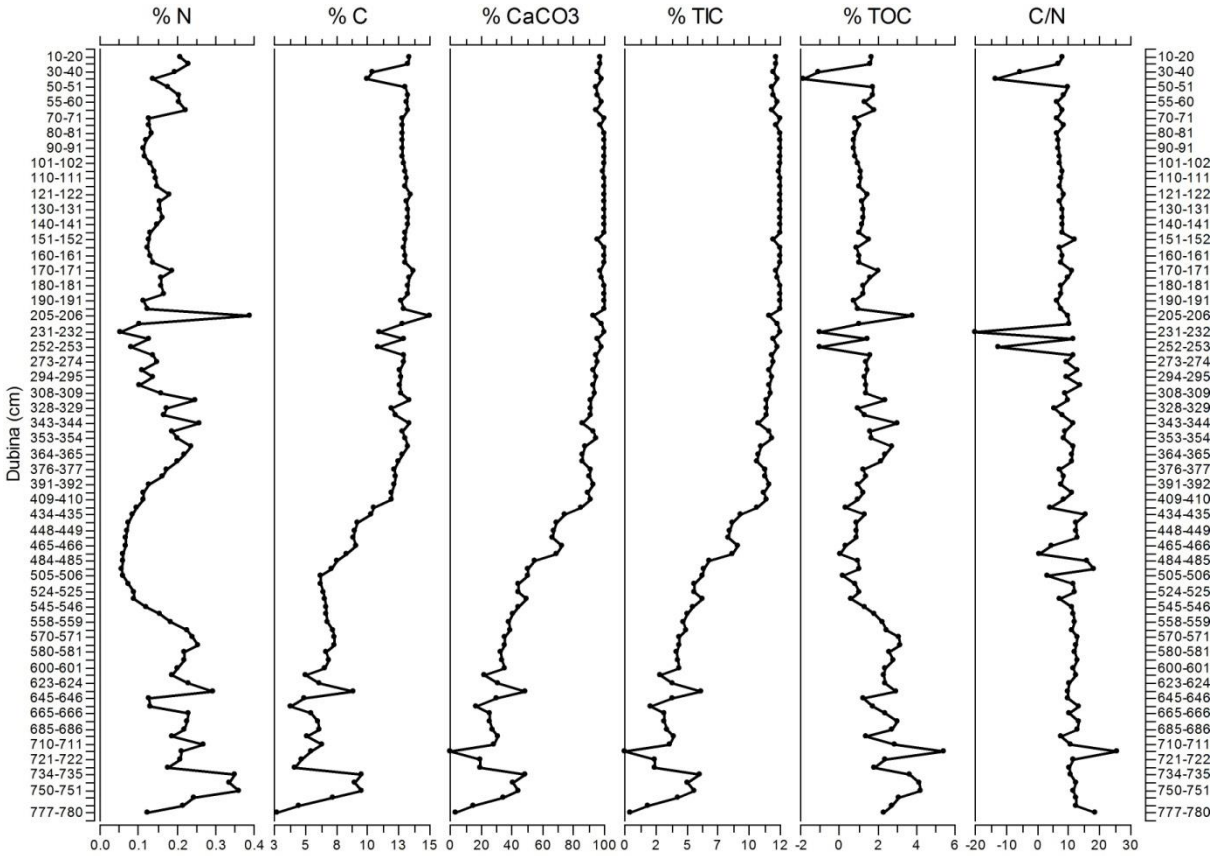
Slika 85 Rezultati kemijskih analiza kroz jezgru BOK-S015-10-3. Prikazana je distribucija mikro elemenata (mg/kg) po dubini jezgre.

Tablica 33 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata za jezgru BOK-S015-10-3.

Element	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	25	0,05	0,5	0,18	0,2	0,10
Al (%)	25	7,25	15,23	11,48	11,74	1,83
As (mg/kg)	25	10	57	24,12	25	9,44
Ba (mg/kg)	25	162	442	296,44	316	85,80
Be (mg/kg)	25	3	6	4,64	5	0,97
Bi (mg/kg)	25	0,4	0,9	0,69	0,7	0,11
Ca (%)	25	0,31	8,85	1,06	0,59	1,66
Cd (mg/kg)	25	0,2	2,4	1,04	1	0,57
Ce (mg/kg)	25	38	150	87,72	89	20,61
Co (mg/kg)	25	12,3	36,6	21,28	19,8	5,28
Cr (mg/kg)	25	115	292	187,48	168	49,36
Cu (mg/kg)	25	29,6	47,3	36,66	35,5	4,41
Fe (%)	25	2,79	6,8	5,51	5,86	1,02
Hf (mg/kg)	25	2,4	4,5	3,476	3,4	0,41
In (mg/kg)	25	0,06	0,21	0,1184	0,11	0,04
K (%)	25	0,59	1,94	1,21	1,26	0,40
La (mg/kg)	25	26,5	74	45,2	44,6	9,38
Li (mg/kg)	25	53,9	170,6	99,98	96	24,56
Mg (%)	25	0,31	0,84	0,52	0,49	0,15
Mn (mg/kg)	25	222	2804	718,56	562	566,35
Mo (mg/kg)	25	0,9	6,7	3,38	2,9	1,77
Na (%)	25	0,058	0,457	0,20	0,252	0,12
Nb (mg/kg)	25	16,6	26,6	20,59	19,9	2,14
Ni (mg/kg)	25	68	239,8	132,92	114	45,87
P (%)	25	0,032	0,094	0,05	0,044	0,01
Pb (mg/kg)	25	30,3	43,6	36,43	36,6	3,31
Rb (mg/kg)	25	59,2	163,8	114,7	125,7	33,19
Re (mg/kg)	25	0,0025	0,007	0,00268	0,0025	0,00
S (%)	25	0,1	0,1	0,1	0,1	0,00
Sb (mg/kg)	25	1,2	3,4	2,13	1,8	0,65
Sc (mg/kg)	25	11	23	16,56	17	2,64
Se (mg/kg)	25	0,5	2	0,78	0,5	0,55
Sn (mg/kg)	25	3	5,3	4,32	4,3	0,47
Sr (mg/kg)	25	40	117	63,92	67	19,13
Ta (mg/kg)	25	1,1	1,5	1,33	1,3	0,12
Th (mg/kg)	25	12,5	26	19,15	19,3	3,66
Ti (%)	25	0,389	0,629	0,52	0,526	0,06
Tl (mg/kg)	25	1,1	2,2	1,488	1,4	0,33
U (mg/kg)	25	2,1	4,4	2,78	2,7	0,60
V (mg/kg)	25	129	370	247,08	247	68,67
W (mg/kg)	25	1,8	3,8	2,64	2,6	0,52
Y (mg/kg)	25	21,5	60,1	32,14	30,1	8,19
Zn (mg/kg)	25	86	164	118	116	17,84
Zr (mg/kg)	25	106,6	186,5	133,34	132,1	19,41

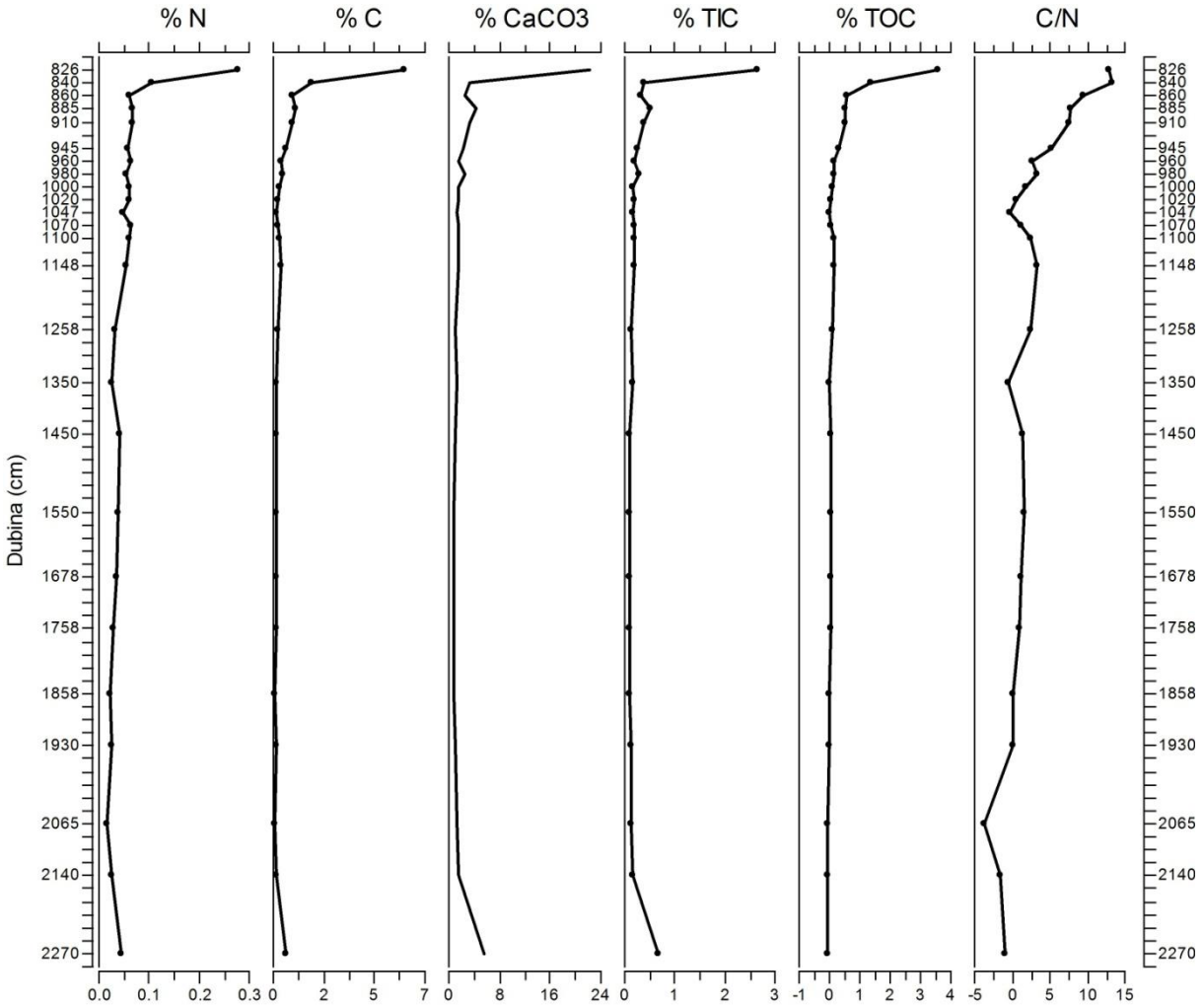
4.2.8.2. Rezultati analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika

Analize ukupnog dušika i ugljika, te organskog ugljika (TOC) indirektnom metodom, pomoću kalcijevog karbonata, učinjena je na 100 uzoraka jezgre BOK-2 (slika 86) i 25 uzoraka duboke jezgre BOK-S015-10-3 (slika 87). Tablični prikaz rezultata CN analiza prikazan je u prilogu 3.2. Udio dušika je vrlo nizak u uzorcima i iznosi od 0,06 do 0,4 %, s najvišim udjelom u uzorku 205-206 cm. Vidljivo je smanjenje udjela dušika na dubini od 390 do 520 cm (najniže koncentracije 0,06 %), te povećanim udjelima od 570 cm do 750 cm, te ispod toga ponovno smanjenje. Uočava se snižen udio dušika u uzorku 40-50 cm, kojeg prati i nizak udio ugljika. Uz izuzetak tog uzorka, udio ugljika je viši u gornjem dijelu jezgre do 410 cm (10-12 %), ispod čega se postepeno smanjuje do oko 6% na 515 cm, dok u donjem dijelu jezgre od 600 do 780 cm udio ugljika varira od 4 do 10 % i smanjuje se na samom kraju jezgre na oko 2 %. U uzorcima je prisutan kalcijev karbonat, kao dominantna mineralna fazi u gornjem dijelu jezgre, te se postepeno smanjuje i pokazuje veću varijabilnost od 600 cm do kraja jezgre. Udio organskog ugljika je relativno konstantan kroz jezgru (0,5-2,5 %), s postepenim povećanjem ispod 550 cm. TOC je viši u uzorcima 205-206 (3,82 %), nešto je viši u intervalu od 338 do 372 cm i pri kraju jezgre, posebno od 740 do 750 cm (>4 %). Omjer organskog ugljika i ukupnog dušika (C/N) također je relativno konstantan od 6-8, s višim vrijednostima na 434 (15), 484 (16) i 715 cm (26).



Slika 86 Udio ukupnog dušika i ugljika, indirektno određenog organskog ugljika (TOC), anorganskog ugljika (TIC) te omjera organskog ugljika i dušika (C/N) po dubini jezgre BOK-2.

Udjeli dušika i ugljika u dubokoj jezgri BOK-S015-10-3 su vrlo niski (dušik oko 0,05 %; ugljik oko 0,5 %), osim u gornjem dijelu jezgre, na dubinama 826 i 840 cm gdje dušika ima oko 0,3 i 0,1 %, a ugljika 6,25 i 1,78 %. Takvu varijaciju pokazuju i parametri TIC (izračunat iz kalcijevog karbonata) i TOC, kojih iznose 0 od 1100 cm do kraja jezgre, osim TIC-a, koji u posljednjem uzorku iznosi 0,67 %. Omjer C/N pokazuje veću varijaciju, visok je u gornjem dijelu jezgre, na dubinama 826 i 840 cm iznosi oko 13, dok je u ostalim dijelovima jezgre niži, posebno na dubinama 1047, 1350 i 2065 cm.

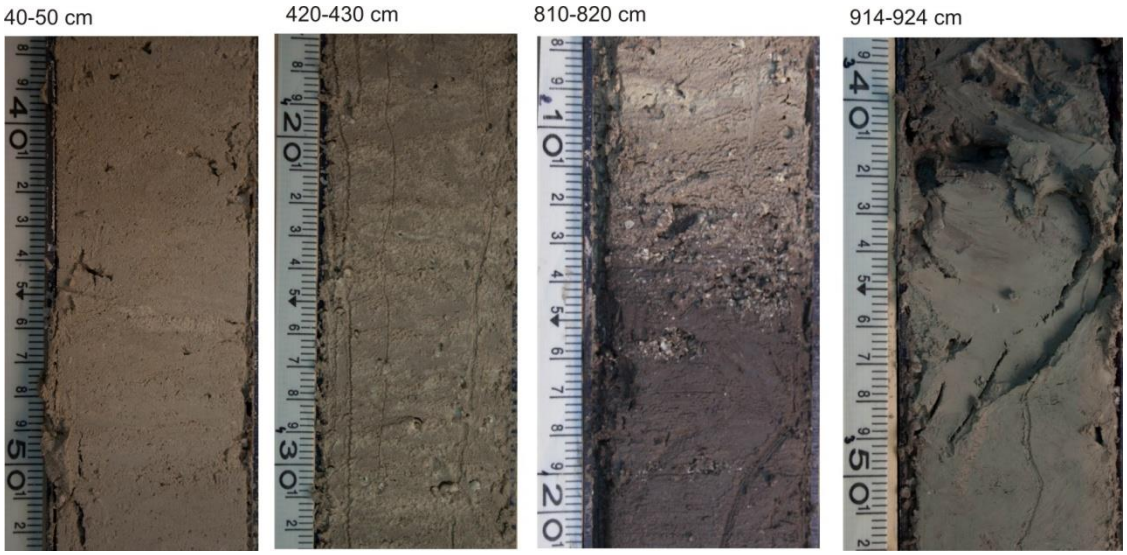


Slika 87 Udio ukupnog dušika i ugljika, indirektno određenog organskog ugljika (TOC), anorganskog ugljika (TIC) te omjera organskog ugljika i dušika (C/N) po dubini jezgre BOK-S015-10-3.

4.3. Rezultati analiza Vranskog jezera kod Biograda

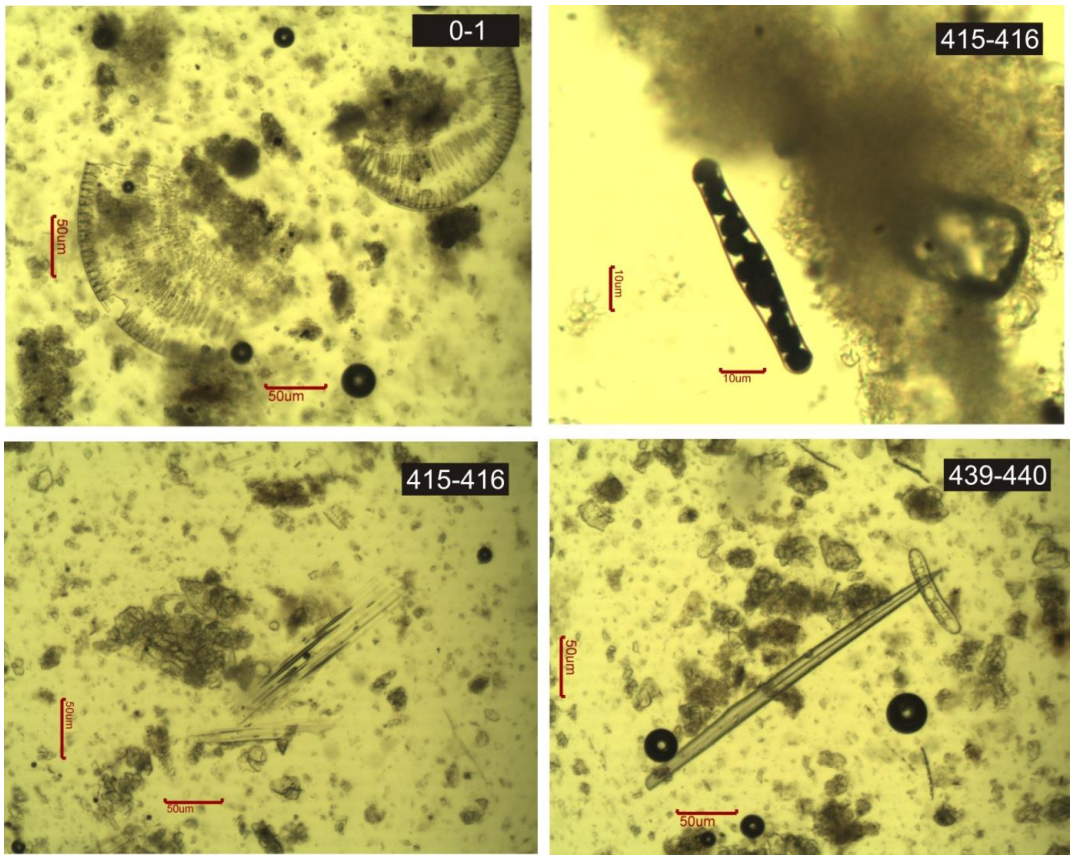
4.3.1. Opis jezgre i analiza razmazanih preparata

Sedimenti jezgre PP VR-2 su vrlo karbonatni. U gornjem dijelu jezgre do oko 110 uzorci su dosta homogeni, no od 110 pa sve 813 cm pojavljuju se nepravilne lećaste izmjene pijeska i gline, povremeno glinovitije s pjeskovitim proslojcima, ponegdje siltnije (slika 88). U uzorcima se pojavljuju ljušture puževa i školjaka (razlomljene ili cijele), ostataka biljaka, sitnih korjenčića, sjemenki i ugljena. Sve to se izdvajalo u odvojene vrećice, za datiranje ili arhivu. Prema Munsellovom atlasu boja, uzorci su u gornjem dijelu jezgre (0-300 cm) uglavnom 5Y7/2, zatim prelazi u 2,5Y7/2 i 2,5Y6/2 (300-813cm), te nakon toga boja na 813 cm naglo prelazi u tamniju boju (2,5Y4/1 do 5Y6/2 i 5Y4/1). U dijelu od 808-816 cm prisutno je puno razlomljenih ljuštura puževa, kršja i lećasto se pojavljuje pijesak, a osim toga sediment je glinovit. Od 875-895 boja sedimenta je svjetla, a od 895-910 cm sedimenti postepeno prelaze u tamniju boju. Na 897 cm pronađena je veća školjka (izdvojena za datiranje). Od 906 do 919 cm pojavljuju se u uzorcima valutice veličine od 1 do 3 cm, a unutar toga je od 912 do 915 cm kontakt s glinovitijim dijelom jezgre, zelenkaste boje GLEY6/5GY do GLEY6/10Y, koji se pruža do 940 cm. Također se u intervalu od 933 do 940 pojavljuju valutice u jezgri, iako su sedimenti glinoviti. Na 940 cm je promjena boje u svjetliju (5Y6/1, 5Y7/2), sediment postaje pjeskovitiji, a u intervalu od 970-975 cm opet su se pojavile valutice i postaje glinovitije. Valutice se pojavljuju na 985, 990, 1000, 999-1012 cm, 1015 cm, 1069-1085 cm. Do kraja jezgre boja je svjetla (5Y6/2).



Slika 88 Fotodokumentirani dijelovi jezgre PP VR-2: 40-50 cm – masivni karbonati; 420-430 cm – sedimenti s nepravilnim lećastim laminama, izmjenama gline i pijeska; 810-820 cm – nagli prijelaz iz svjetlijeg u tamniji sediment; 914-924 cm – glinoviti sediment.

U razmazanim preparatima (slika 89) pronađene su kroz cijelu jezgru dijatomeje i odlomci dijatomeja, spikule spužvi između zrna kalcita. U uzorku 415-416 cm pronađena su zrna koja bi mogla biti vulkanska stakla.



Slika 89 Razmazani preparati odabranih uzoraka iz jezgre PP VR-2: 0-1 cm – 2 razlomljene dijatomeje, 415-416 – piriti u dijatomeji te na sljedećoj slici moguće vulkansko staklo, 439-440 cm – spikula spužve i dijatomeje.

4.3.2. Rezultati spektralne analize boje

Spektralnom analizom boje jezgre Vranskog jezera kod Biograda (PP VR-2) u centimetarskom intervalu prikazana je varijabilnost boje kroz cijelu jezgru (slika 92). Jezgra je dosta ujednačene boje do 812 cm, s visokim L* (oko 60), a na 813 cm dolazi do nagle promjene boje u tamniju boju, što je i vidljivo smanjenjem L* na oko 35-40. Tamnija boja pruža se do 860 cm. Tu je ujedno bio i kraj cijevi jezgre, te sljedeća cijev počinje od 874 cm, čije sedimenti imaju L* 50 i 60, a zatim se smanjuje od 895 do 915 cm na oko 40-45. Nakon toga boja ponovno postaje svjetlija do 1050 cm, kada je ponovno tamnija do kraja jezgre. Vrijednost boje a* je niska i uglavnom pozitivna duž cijele jezgre (1-4), a snižava se i prelazi u minus na 914 cm do 943 cm (-0,85 do 1,02), te je također niska od 972 do 984 cm (0,09-0,96). Viši a* uočljiv je od 1065 do 1077 cm (2,20-3,81). Vrijednost boje b* od 0 do 812 cm varira između 8,72 i 17,74, a nakon 813 cm se snižava i do 874 cm iznosi između 5,55 i 9,35. Niže vrijednosti u iznosu od 3,75 do 8,99 prisutne su u intervalu 896-945 cm.

4.3.3. Rezultati analize magnetskog susceptibiliteta

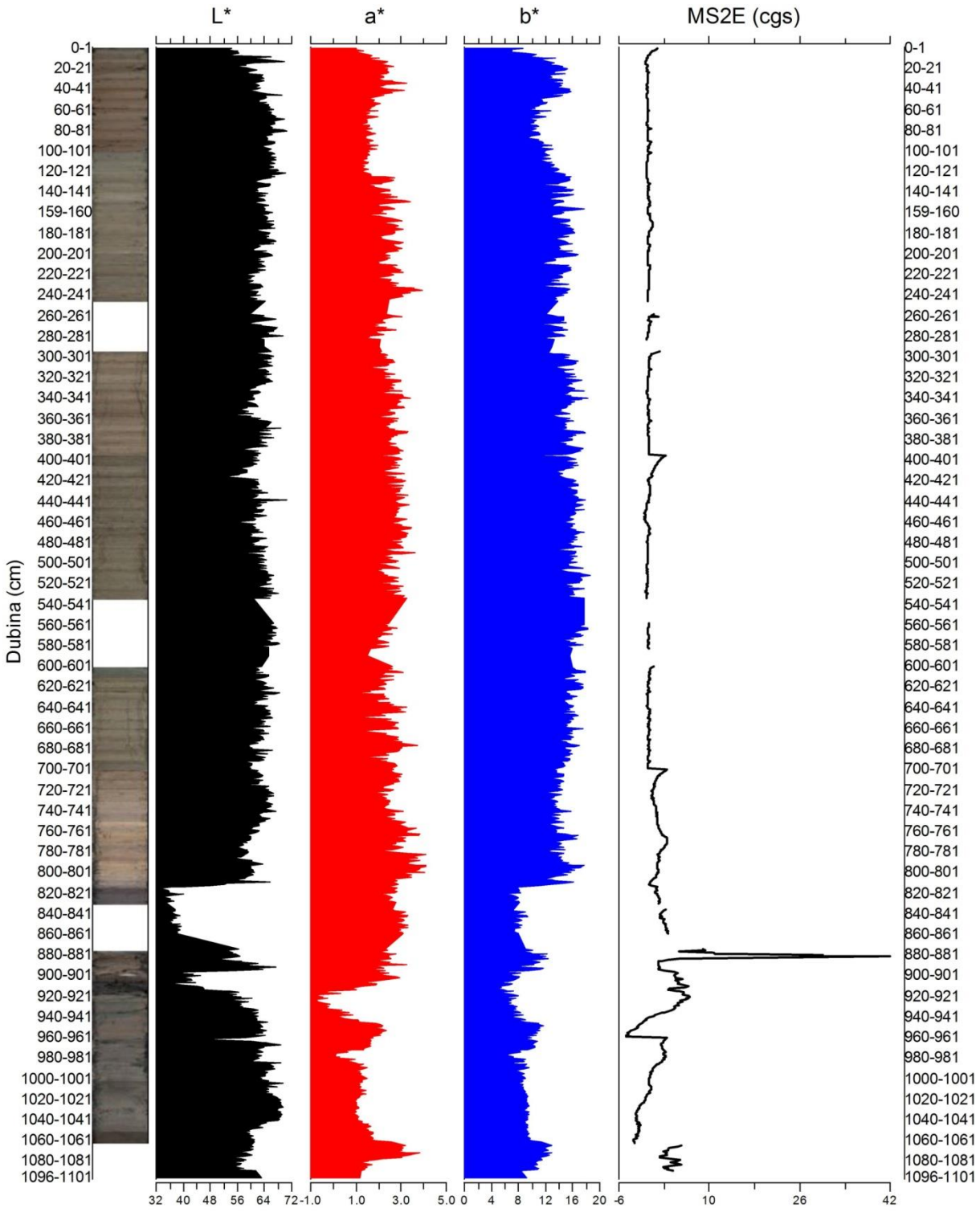
Magnetski susceptibilitet (MS) jezgre Vranskog jezera kod Biograda PP VR-2 izmjeren je pomoću MS2E senzora za površinske uzorke, svaki cm (slika 90). MS je nizak od 0 do 860 cm, iznosi između -1,3 i 1,9 x 10^{-6} cgs, s nešto višim susceptibilitetom na 395 cm (2,2 x 10^{-6} cgs), 700 i 701 cm (2,5 i 2,2 x 10^{-6} cgs), te od 765 do 775 cm (2-2,5 x 10^{-6} cgs). Nakon toga se od 874 do 883 MS povećava na 4,7 i 46,2 x 10^{-6} cgs, s najvišim susceptibilitetom na 880 i 882 cm (30,1 i 46,2 x 10^{-6} cgs). Viši susceptibilitet uočljiv je u intervalu od 895 do 936 cm (2,1 do 6,5 x 10^{-6} cgs) i 1065 do 1096 cm (1,2 do 5,1 x 10^{-6} cgs), a niži se pojavljuje u intervalu od 940 do 959 cm (-4,8 do -0,7 x 10^{-6} cgs) i 1016 do 1061 cm (-3,3 do -1,1 x 10^{-6} cgs).

Magnetski susceptibilitet izmjeren je u uzorcima iz sliva Vranskog jezera kod Biograda (PP Vrana sliv), pomoću MS2G senzora i rezultati su prikazani u tablici 34. Uzorci crvenice i tla imaju puno više susceptibilitete u odnosu na lapore.

Tablica 34 Rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta u uzorcima PP Vrana sliv, pomoću MS2G senzora.

PP VRANA SLIV	**MS2G (10^{-6} cgs)**
NADIN 0-10	9,6
NADIN 375-377	36,6
TINJ TLO 0-25	12,9
TINJ LAPOR	3,1
GORICA TLO	186,3
GALOVAC LAPOR	3,6
GALOVAC TLO	23,6
GALOVAC PJEŠČ.	3
BANJEVCI	270,1
ŠTANDARAC 1	342,1
ŠTANDARAC 3	215,7

PP VRANA SLIV	**MS2G (10^{-6} cgs)**
ŠTANDARAC 4	268,4
RADOŠINOVCI LAPOR	5,1
RADOŠINOVCI 50-70	5,6
RADOŠINOVCI 250-270	12,2
KAKMA 30-60	0,9
KAKMA 135-145	0,1
KAKMA 200-220	0,6
PAK 0-15	144,9
PAK 500-520	34,6
PAK 620-640	30,6



Slika 90. Spektralna analiza boje (CIE L*a*b*) i magnetski susceptibilitet MS2E jezgre PP VR-2 Vranskog jezera kod Biograda.

4.3.4. Rezultati datiranja radioaktivnim ugljikom ^{14}C

Datiranje jezgre sedimenata Vranskog jezera učinjeno je na 6 uzoraka. Najpogodniji materijal za datiranje bile su ljušture. Dobiveni rezultati, koji uključuju mjerene i konvencionalne datume, omjere izotopa $^{13}C/^{12}C$ i kalendarski kalibrirane datume, prikazani su u tablici 35. Rezultati analiziranih uzoraka iz Vranskog jezera pokazali su starost koja se povećava s dubinom jezgre, osim uzorka 897-898, na kojem je utvrđena mlađa starost od pretpostavljene s obzirom na dubinu uzorka. U tom uzorku analizirana je polovica veće školjke, u odnosu na puževe koji su pronađeni unutar jezgre. Kod nje se pojavio problem s analiziranjem karbonatnih ljuštura, problem nepoznavanja početne aktivnosti ^{14}C u uzorku i moguće naknadne izmjene s atmosferskim ^{14}C, te se zbog toga dobila puno mlađa starost. XRD analizom utvrdilo se da je školjka izgrađena od kalcita. Taj se datum nije uzeo u obzir pri daljnjim analizama. Najdublje analizirani uzorak stoga se nalazi na dubini od 810 cm i starost iznosi oko 9 100 cal BP.

Tablica 35 Rezultati datiranja metodom AMS ^{14}C 3 uzorka iz jezgre PP VR-2. Prikazani su mjereni ^{14}C datumi, omjeri izotopa $^{13}C/^{12}C$, konvencionalni ^{14}C datumi i kalendarski kalibrirana starost (2σ kalibracija). Crvenom bojom je istaknut rezultat koji se nije uzeo u obzir pri daljnjim analizama. Lab. br.-laboratorijski broj.

Uzorak PP VR-2	Lab. br.	Materijal	Mjereni ^{14}C datum	$^{13}C/^{12}C$	Konvencionalni ^{14}C datum	Kalendarski datum (2σ kalibracija)
121-122	Beta-343639	Ljuštura	2190 ± 30 BP	+0,9‰	2610 ± 30 BP	Cal BC 810 do 770 (Cal BP 2760 do 2720)
266-267	Beta-343640	Ljuštura	3140 ± 30 BP	-0,9‰	3540 ± 30 BP	Cal BC 1950 do 1860 (Cal BP 3900 do 3810), Cal BC 1850 do 1770 (Cal BP 3800 do 3720)
400-401	Beta-343641	Ljuštura	4460 ± 30 BP	-0,6‰	4860 ± 30 BP	Cal BC 3700 do 3630 (Cal BP 5640 do 5580),
558-559	Beta-328261	Ljuštura	5360 ± 30 BP	-2,6‰	5730 ± 30 BP	Cal BC 4680 do 4630 (Cal BP 6630 do 6580), Cal BC 4620 do 4500 (Cal BP 6570 do 6640),
810-811	Beta-343642	Ljuštura	7770 ± 40 BP	+1,2‰	8200 ± 40 BP	Cal BC 7340 do 7070 (Cal BP 9290 do 9020)
897-898	Beta-343643	Ljuštura	650 ± 30 BP	+2,9‰	1100 ± 30 BP	Cal BC 880 do 990 (Cal BP 1060 do 960)

U Vranskom polju datirana su 2 uzorka unutar profila jezerskog sedimenta u blizini sela Kakma, koji se nalazi u slivu Vranskog jezera kod Biograda. Profil je uzorkovan uz rub bunara koje lokalno stanovništvo koristi za navodnjavanje poljoprivrednih površina, u duljini od 320 cm. Analiziran je ugljen s dubine 135 cm i ljuštura s 200 cm. Dobiveni datumi prikazani su u tablici 36.

Tablica 36 Rezultati datiranja metodom AMS ^{14}C *(Gadam Centre)* uzoraka iz jezgre VR-1A. Mjereni ^{14}C datumi su kalibrirani pomoću OxCal programa (Bronk Ramsey, 2010) koji koristi IntCal13 kalibracijske krivulje (Reimer et al., 2013). Lab. br.- laboratorijski broj.

Uzorak Kakma	Lab. br.	Materijal	Mjereni ^{14}C datum	Kalendarski datum (2σ kalibracija)
135-145	GdA-3304	Ugljen	1300 ± 25 BP	Cal BP 1289 do 1224, Cal BP 1213 do 1182
200-220	GdA-3305	Ljuštura	3330 ± 25 BP	Cal BP 3634 do 3544, Cal BP 3538 do 3480

4.3.5. Rezultati palinoloških analiza

Na temelju palinoloških analiza 40 uzoraka iz jezgre PP VR-2 (tablica 37, slika 91) rekonstruirane su promjene u okolišu, klimi i vegetaciji. Zajednice peluda pokazale su značajne promjene kroz jezgru.

U gornjem dijelu jezgre od 50. do 509. cm utvrđen je pelud koji ukazuje na mediteransku vegetaciju šume hrasta crnike i degradacijskih stadija crnikove šume (makija) te sredozemnu klimu. Prevladava pelud hrasta crnike *Quercus ilex,* pistacija *Pistacia*, masline *Olea*, žitarica *Ceralia,* koji indiciraju mediteransku klimu i sličnost s današnjom vegetacijom. Nešto slabije su zastupljeni pelud graba *Carpinus*, bukve *Fagus*, brijesta *Ulmus*, a različito zeljasto bilje (Poaceae, Asteraceae, Ericaceae, *Plantago*) se povećava idući od 509. cm prema 50. cm jezgre. Ukupni palinofacijes u tim uzorcima ukazuje na mirnu sredinu s povremenim donosom terigenog materijala.

Od 558. do 800. cm prevladava pelud koji ukazuje na listopadnu šumu bukve i umjereno toplu vlažnu klimu. U tom periodu prevladava pelud bukve *Fagus*, a pojavljuju se i pelud listopadnog hrasta *Quercus*, koji su sve više zastupljeni idući od 800. do 558. cm. Taloženje se uglavnom odvijalo u mirnom okolišu s rijetkim donosom materijala.

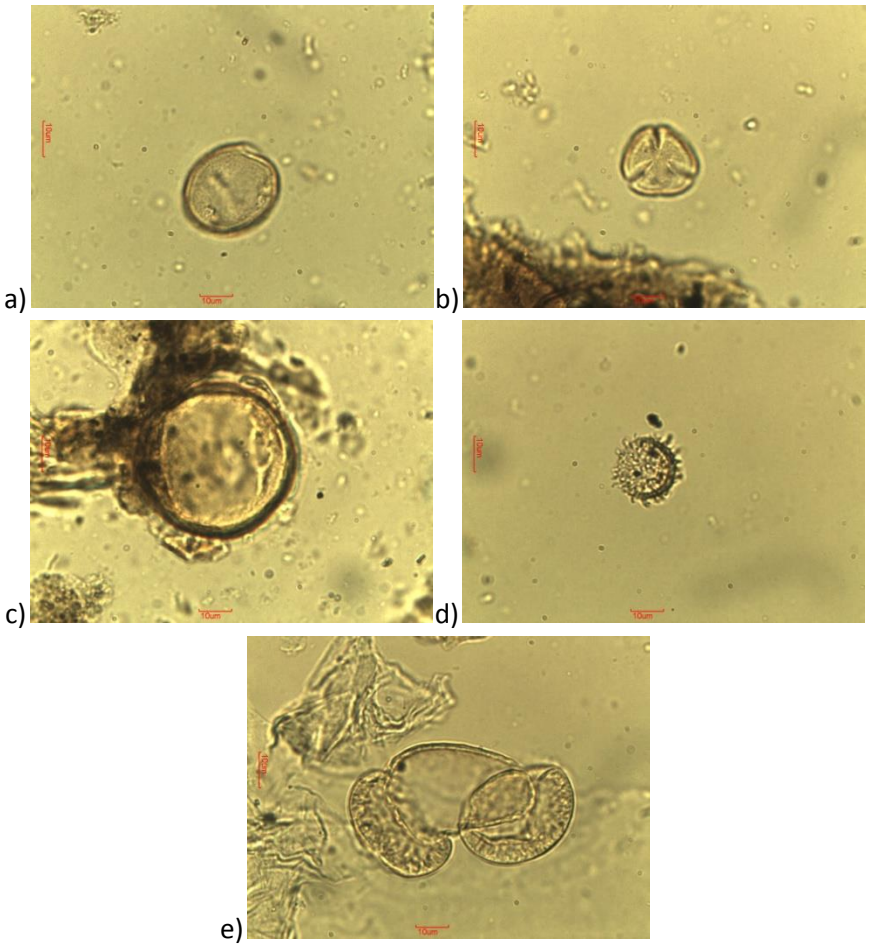
Od 811. do 1036. cm u sedimentu je pronađen pelud koji upućuje na mješovitu listopadnu šumu, s dominantnim peludom bora *Pinus*. U uzorcima 811-812 i 819-821 cm niži je udio peluda bora *Pinus* i peluda listopadnog drveća, postoji pelud zeljastog bilja (Asteraceae, Poaceae) i značajan je udio slatkovodnih algi: zelene alge *Pediastrum* te *Botryococcus braunii,* koja podnaša i boćate uvjete. Veći je udio ogranske tvari te ovi uzorci ukazuju na taloženje sapropela. Pojava slatkovodnog lopoča *Nymphea* u uzorcima 909-911 i 920-922 cm upućuje na porast nivoa vode i formiranje trajnije slatkovodne sredine (bare ili močvare). U uzorcima 970-972 i 980-981 cm utvrđena je bogatija zajednica peluda koja ukazuje na razvoj močvare. U najdubljem uzorku 1052-1054 cm od palinomorfa najviše je peluda bora *Pinus*, u nešto manjoj mjeri zastupljen je pelud listopadnog drveća: hrasta *Quercus* i graba *Carpinus.* Od zeljastog bilja zastupljene su trave Poaceae. Zajednica peluda zajedno s palinofacijesom u zadnjem uzorku upućuje na hladniju i vlažniju klimu s pojačanim donosom

materijala bujičnim tokovima, uslijed čega je moglo doći do formiranja lokvi i bara u poplavnoj ravnici.

Tablica 37 Rezultati palinoloških analiza 40 uzoraka iz jezgre PP VR-2 (analizirala i interpretirala dr. sc. K. Bakrač).

Uzorak PP VR-2 (cm)	**Pelud**	**Okoliš**	**Glavni biom**	**Klima**
50-52	*Olea, Quercus ilex, Quercus robur,Erica*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
68-70	*Quercus ilex, Quercus robur, Ulmus, Olea, Ceralia*	distalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
80-82	*Quercus ilex, Quercus robur, Ostrya, Olea, Ceralia*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
99-101	*Quercus ilex, Quercus robur, Erica, Olea, Ostrya*	distalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
121-123	*Quercus ilex, Quercus robur, Erica, Pistacia, Olea*	proksimalni dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
130-132	*Quercus ilex, Quercus robur, Carpinus*, *Erica, Pistacia, Operculodinium*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
150-152	*Quercus ilex, Quercus robur, Fagus, Ulmus, Olea, Juniperus*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
160-162	*Quercus ilex, Quercus robur, Carpinus, Pistacia, Erica, Olea, Juniperus*	distalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
179-181	*Quercus ilex, Quercus robur, Carpinus, Erica, Olea*	distalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
198-200	*Quercus ilex, Quercus robur, Erica, Olea Ostrya, Operculodinium*	distalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
219-221	*Quercus ilex, Quercus robur,* Poaceae, *Olea, Operculodinium*	distalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
240-242	*Quercus ilex, Quercus robur,* Poaceae, *Erica, Pinus, Operculodinium*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
266-268	*Quercus ilex, Phillyrea,Quercus robur,* Asteraceae, *Erica, Operculodinium*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
308-310	*Quercus, Phillyrea, Carpinus, Erica, Operculodinium*	distalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
330-332	*Fagus*, *Ostrya, Acer, Erica*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
359-361	*Quercus ilex, Quercus robur, Ostrya Phillyrea, Erica*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
400-402	*Quercus ilex, Quercus robur, Ostrya Alnus, Pinus,* Asteraceae	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
448-450	*Quercus ilex, Olea, Fagus, Quercus, Ulmus*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
460-462	*Quercus ilex, Olea, Pistacia, Juniperus, Fagus, Quercus, Carpinus*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
509-511	*Quercus ilex, Pistacia, Fagus, Quercus, Carpinus, Corylus*	proksimalniji dio jezera	mediteranska veget.	Cs - Sredozemna
558-560	*Quercus, Fagus, Carpinus,* Poaceae, Ericaceae, *Artemisia*	distalniji dio jezera	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
619-621	*Quercus, Fagus, Carpinus, Pinus,* Poaceae, Ericaceae, *Juniperus*	proksimalniji dio jezera	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
648-650	*Quercus, Fagus, Carpinus, Pinus,* Poaceae, Ericaceae, *Juniperus*	distalniji dio jezera	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
679-680	*Quercus, Fagus, Carpinus, Pinus,* Poaceae, Ericaceae, *Juniperus*	distalniji dio jezera	lstopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
700-702	*Fagus, Quercus, Ulmus,* Poaceae, *Juniperus*	distalniji dio jezera	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
739-741	*Fagus, Quercus, Carpinus, Ulmus, Alnus,* Poaceae, *Juniperus,*	distalniji dio jezera	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
750-751	*Fagus, Quercus, Ulmus, Alnus,* Poaceae, Ericaceae, *Operculodinium*	distalniji dio jezera	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
780-782	*Fagus, Quercus, Corylus,* Poaceae, Asteraceae, *Botryococcus*	distalniji dio jezera	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
800-802	*Fagus, Quercus, Corylus, Pinus,* Poaceae,	proksimalniji dio	listopadna šuma	Cf- umjereno

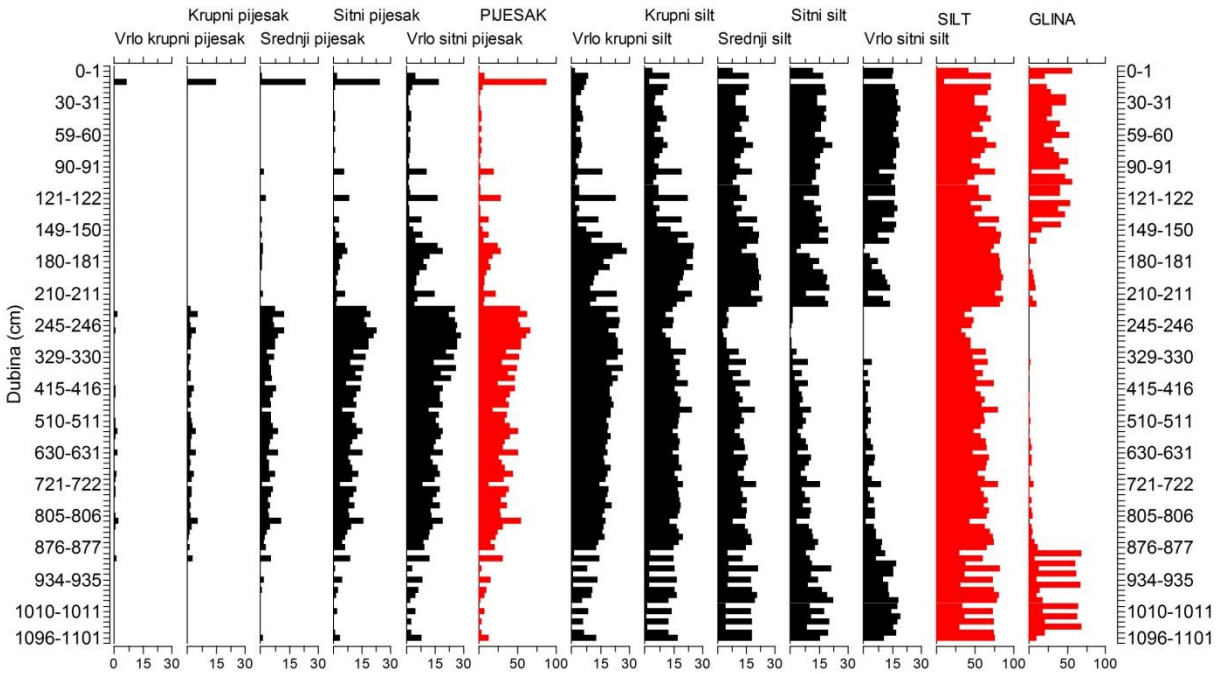
	Artemisia, Botryococcus	jezera		topla vlažna klima
811-812	*Pediastrum, Botryococcus, Quercus, Fagus,* Poaceae	proksimalniji dio jezera	listopadna šuma, travnjaci	Cf- umjereno topla vlažna klima
819-821	*Botryococcus, Pediastrum, Pinus,* Polypodiaceae, Cichoriaceae	proksimalniji dio jezera	listopadna šuma, travnjaci	Cf- umjereno topla vlažna klima
885-887	*Pinus. Quercus, Corylus Carpinus, Ostrya Fagus*	mrtvaja, bara, močvara	mješovita šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
909-911	*Pinus, Nymphea Quercus,* Asteraceae	mrtvaja, bara, močvara	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
920-922	*Pinus, Quercus,* Asteraceae, Ericaceae, *Nymphea*	mrtvaja, bara, močvara	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
962-964	*Pinus, Quercus,* Asteraceae, Ericaceae	poplavna ravnica (lokve, mrtvaje)	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
970-972	*Pinus,* Caryophyllaceae, Asteraceae, Ericaceae	močvara	mješovita šuma	Df = vlažna borealna klima
980-981	*Pinus, Quercus,* Asteraceae*, Artemisia*, Chenopodiaceae	močvara	mješovita šuma	Df = vlažna borealna klima
1022-1024	*Quercus, Corylus Carpinus, Ostrya*	poplavna ravnica (lokve, mrtvaje)	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
1036-1038	*Pinus, Quercus, Carpinus*	poplavna ravnica (lokve, mrtvaje)	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
1052-1054	*Pinus, Quercus,* Graminae, stepska vegetacija	poplavna ravnica (lokve, mrtvaje)	mješovita šuma, stepa	Df - vlažna borealna klima



Slika 91 Pelud u odabranim uzorcima kroz jezgru PP VR-2: a) 121-123 pistacija *Pistacia* pistacija, b) 558-560 hrast *Quercus*, c) 885-887 bukva *Fagus*, d) 920-922 lopoč *Nymphea* lopoč i e) 1052-1054 bor *Pinus*.

4.3.6. Rezultati granulometrijskih analiza

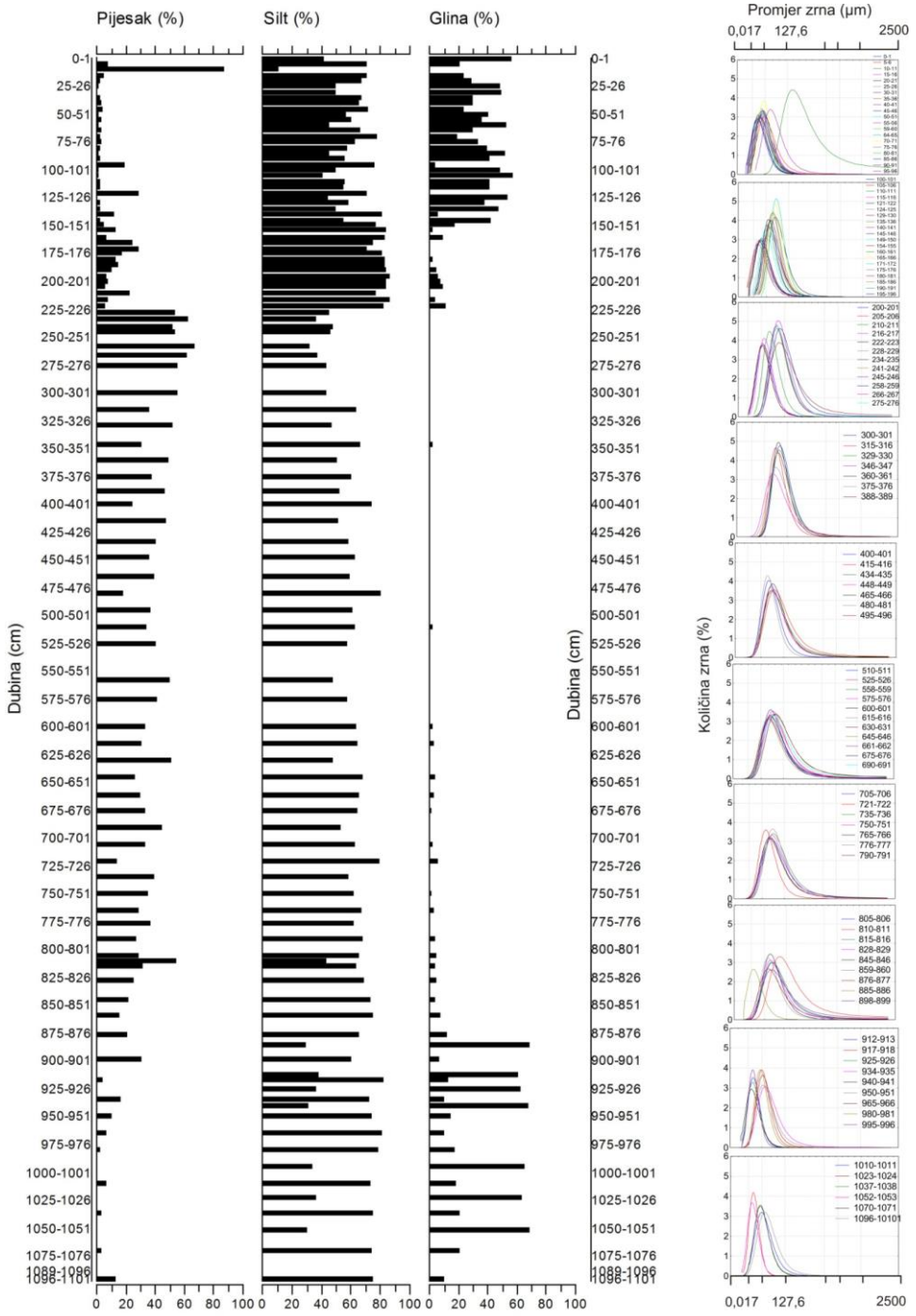
Duž jezgre PP VR-2 učinjeno je 108 granulometrijskih analiza. Udjeli pojedinih frakcija grafički su prikazani na slici 92, dok su tablično prikazani u prilogu 1.3. U frakciji pijeska prevladavaju sitni i vrlo sitni pijesak i najviše ih ima od 228 do 876 cm, u rasponu od 13,7 do 67,6 %, te se postepeno smanjuju s dubinom. U intervalu od 0 do 222 cm udio pijeska je dosta nizak (1,1-8,3 %), osim u uzorcima na 10 cm (87,7 %), 95 cm (19,8 %), 121 (28,8 %), te intervalu 140-222 cm (2,4-28,8 %). Udio pijeska je nizak i u donjem dijelu jezgre od 885 do 1096 cm (0,1-16,4 %), osim u uzorku na 898 cm, gdje iznosi 31,3 %. U frakciji silta vrlo krupni i krupni silt variraju slično pijesku, odnosno ima ih manje u gornjem dijelu jezgre, te se povećavaju u intervalu od 140 do 222 cm, s tim da izrazito variraju pri kraju jezgre od 885 do 1096 cm. Srednji, sitni i vrlo sitni silt ponašaju se obrnuto pijesku i krupnijim siltovima, ima ih više u gornjem dijelu jezgre od 0 do 222 cm (osim uzorka 10-11 cm gdje nema sitnijeg silta), a smanjuju se u intervalu od 140 do 222 cm, a zatim ponovno rastu od 898 do 1096 cm, s velikim varijacijama u tom dijelu jezgre. Glina ima viši udio u gornjem dijelu jezgre od 0 do 160 cm (10,1-57,6 %), osim u uzorcima na dubinama 10 cm (0 %), 100 cm (4,1 %), 121 cm (0,1 %) i 154 cm (3 %). Nakon toga je od 165 do 876 cm vrlo nizak udio gline (0-12,1 %), da bi se od 885 do 1096 cm izmjenjivao visok i nizak udio gline (7,5 do 69,4 %).



Slika 92 Rezultati granulometrijske analize i raspodjele analiziranih frakcija jezgre sedimenata PP VR-2.

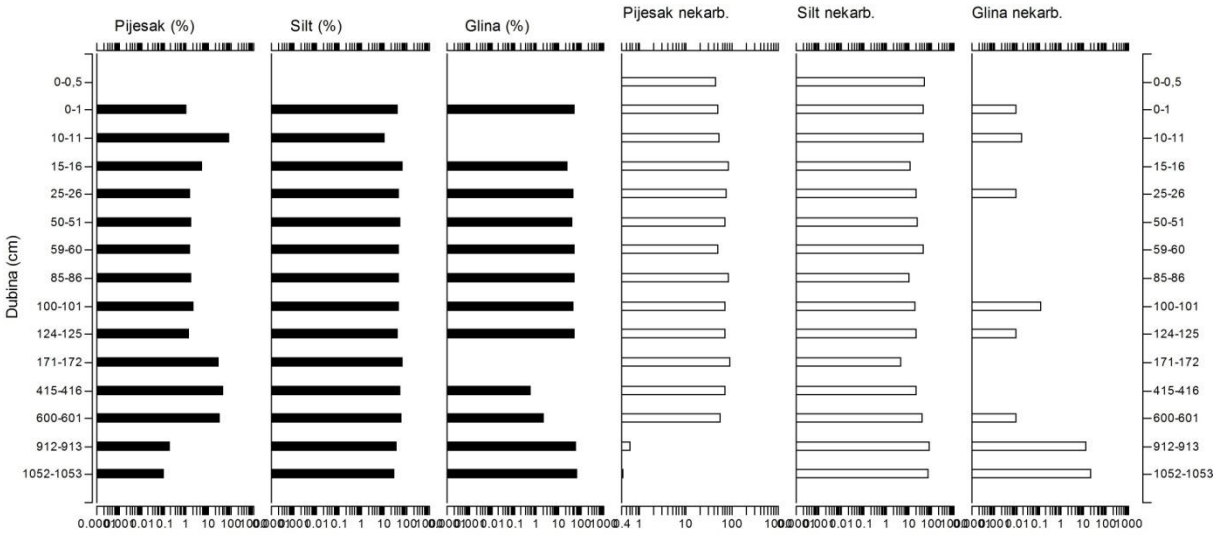
Udio pijeska, silta i glina po dubini jezgre PP VR-2 prikazani su na slici 93, zajedno s krivuljama učestalosti pojedinih veličina zrna. Uzorci su unimodalni, osim uzorka 105-106 cm koji je bimodalan i 885-886 cm koji je polimodalan. Uzorci od 0 do 154 cm imaju prosječnu veličinu zrna između 1,452 i 6,963 µm, osim uzoraka 10-11 cm (229,4 µm), 95-96 cm (19,23 µm), 121-122 (33,23 µm), 140-141 cm (14,09 µm), 154-155 cm (16,58 µm). Od 160 cm do 222 cm prosječna veličina zrna varira između 9,027 i 28,66 µm, s iznimkama u uzorcima na dubinama 165 i 171 cm (32,47 i 37,43 µm). Nakon toga od 228 do 575 cm su zrna najveća i iznose od 39,56 do 99,93 µm, osim uzoraka na dubinama 480 i 510cm (23,12 i 35,20 µm). Od 600 do 876 cm prosječna veličina zrna je opet manja i varira između 21,46 i 36,90 µm, s manjim veličinama zrna na 721, 859 i 876 cm (14,77, 14,85 i 15,61 µm) i većim

prosječnim veličinama zrna na dubinama 630 cm (65,44 µm), 690 cm (52,46 µm), 735 cm (44,31 µm), 776 cm (40,80 µm) i 810 cm (76,25 µm). Od 885 do 1096 cm uzorci se izmjenjuju u prosječnoj veličini čestica između 0,836 do 26,36 µm. Uzorci su uglavnom vrlo slabo sortirani od 0 do 135 cm (osim na dubinama 10, 35, 70, 95, 121 cm, koji su slabo sortirani) te od 140 do 495 cm uzorci su slabo sortirani, osim uzorka 346-347 cm (vrlo slabo sortiran). Od 510 do dna jezgre na 1101 cm uzorci se nepravilno izmjenjuju između vrlo slabo i slabo sortiranih uzoraka. Analize asimetričnosti raspodjele zrna (Sk) i kurtozisa (zaoštrenost krivulje K) u uzorcima jezgre PP VR-2 pokazale su da su svi uzorci simetrični te srednje zaoštrenih krivulja (mezokurtični).

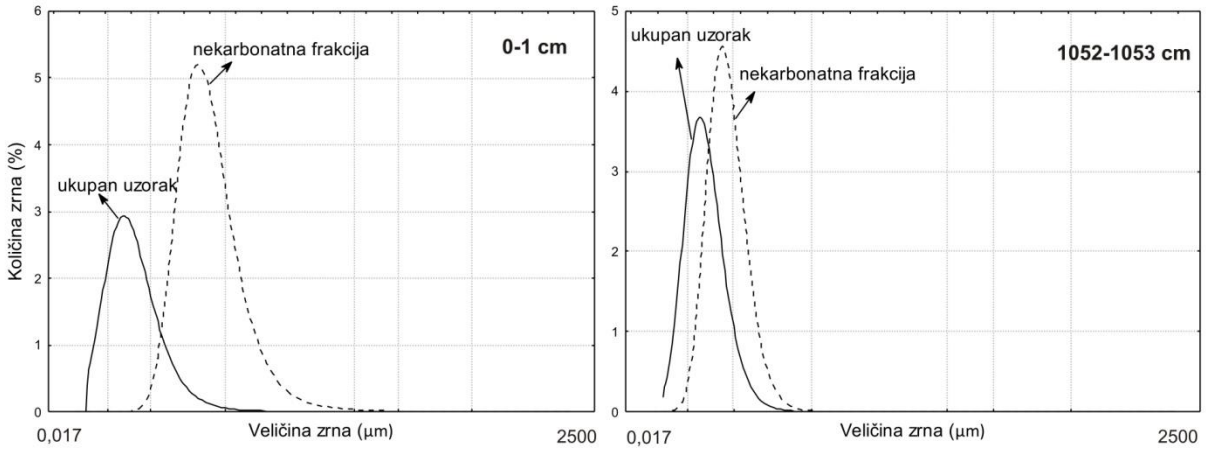


Slika 93 Udio ukupnog pijeska, silta i gline po dubini jezgre PP VR-2, s krivuljama učestalosti pojedinih veličine zrna analiziranih uzoraka, grupiranim u metarskim intervalima.

U dijelu uzoraka PP VR-2 granulometrijski je analizirana nekarbonatna frakcija, tj. netopivi ostatak. Odabrano je 11 uzoraka u gornjem dijelu jezgre, koji su u ukupnom karbonatnom uzorku pokazivali veći udio glinene frakcije (do 171 cm), te još 4 do kraja jezgre, od kojih su posljednja 2 uzorka također pokazivala viši udio gline (slika 94). Rezultati su pokazali da je otapanjem karbonata u uzorcima iz gornjeg dijela jezgre do 600 cm, u netopivom ostatku preostao udio silta i pijeska, dok je udio glinene frakcije vrlo nizak: u uzorcima 0-0,05, 15-16, 50-51, 59-60, 85-86, 171-172, 415-416 cm gline nema, u uzorcima 0-1, 10-11, 25-26, 100-101, 124-125 cm udio gline se smanjio na 0,01-0,02 %, a u uzorku 600-601 cm iznosi 0,14 %. Veći udio gline (13,12 i 23,25 %) preostao je u uzorcima 912-913 i 1052-1053 cm, iako u manjem udjelu nego u ukupnom uzorku (61,36 i 69,35 %). Razlika u prosječnim veličinama zrna između ukupne karbonatne i nekarbonatne frakcije u uzorcima 0-1 cm i 1052-1053 cm prikazana je na slici 95. Prosječna veličina zrna u nekarbonatnoj frakciji (64,87 µm) puno je veća nego u karbonatnoj frakciji (1,518 µm) uzorka 0-1 cm, dok je u uzorku 1052-1053 cm tek neznatno veća (1,020 → 4,176 µm).



Slika 94 Rezultati raspodjele pijeska, silta i gline ukupne (karbonatne) i nekarbonatne frakcije 15 uzoraka jezgre PP VR-2.



Slika 95 Veličina zrna ukupnog uzorka i nekarbonatne frakcije uzoraka 0-1 cm i 1052-1053 cm.

4.3.7. Rezultati mineraloških analiza

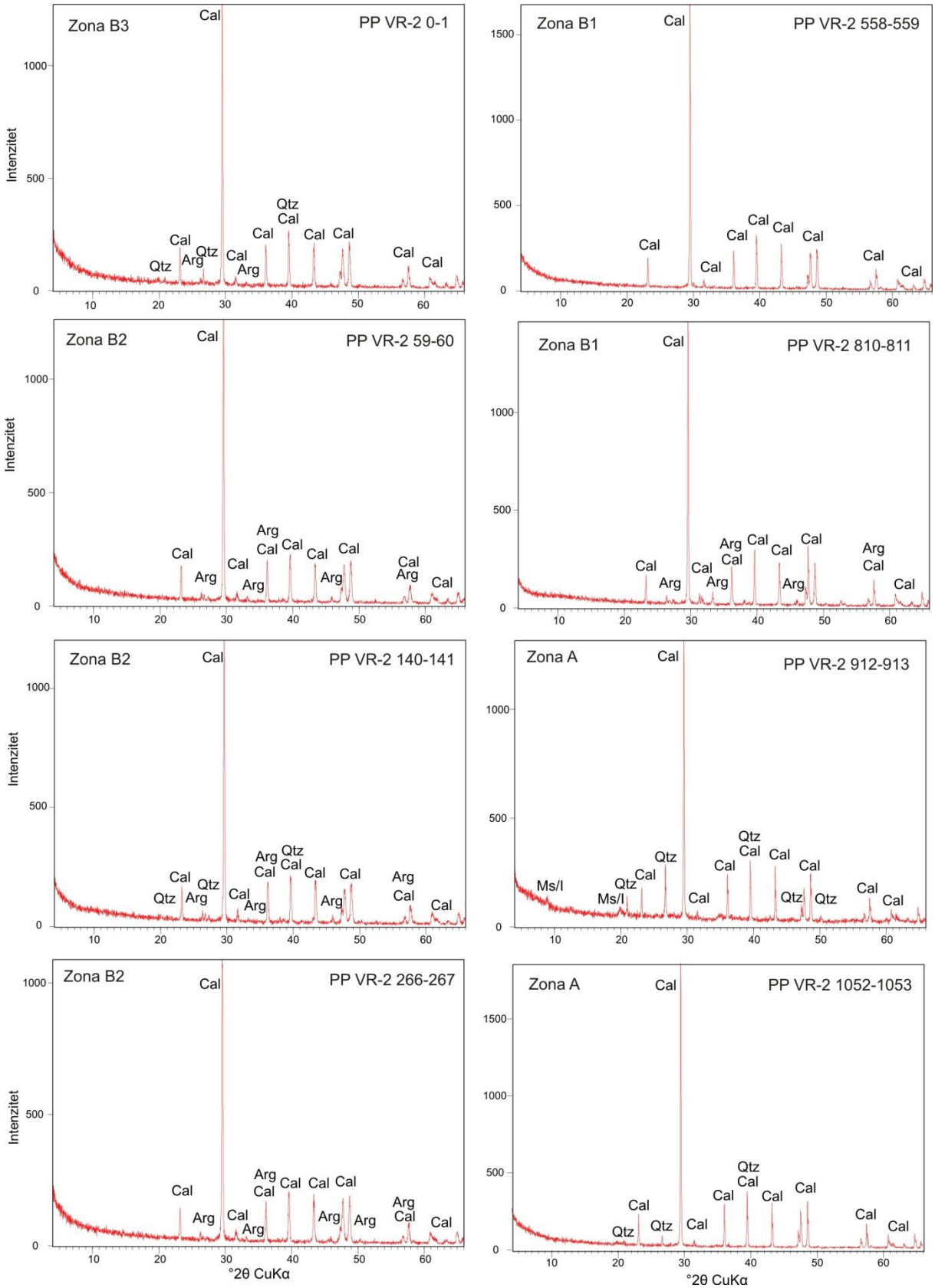
4.3.7.1. Rezultati analize ukupnih uzoraka

Mineralni sastav jezgre PP VR-2 analiziran je u 50 uzoraka (tablica 38, slika 96). U uzorcima dominira kalcit. U uzorcima u gornjem dijelu jezgre do 510 cm se pojavljuje aragonit, sve ga manje ima s dubinom (nema ga u uzorcima 415-416 i 434-436 cm), a pojavljuje se opet u uzorku 810-811 u dubljem dijelu jezgre. Kvarc je također sporedna mineralna faza, pojavljuje se u vrlo malim količinama u uzorku 0-1 cm, 140-141 cm, te intervalu od 828-898 cm, dok ga u većim količinama ima od uzorka 912 cm do kraja jezgre. Muskovit/illit javlja se u uzorcima 912-913 i 925-926 cm. S obzirom na mineralni sastav, izdvojeno je nekoliko zona: MIN-A je najdublji dio jezgre gdje se uz kalcit javljaju i siliciklastični minerali, kvarc i muskovit/illit, do 815 cm. Od 815 cm do 510 cm dominira karbonatna sedimentacija s kalcitom (MIN-B1), a od 510 do 20 cm karbonatna sedimentacija s aragonitom (MIN-B2). Od 20 do 0 cm u uzorcima se pojavljuje, uz kalcit i aragonit, također i kvarc (MIN-B3).

Tablica 38 Mineralni sastav jezgre PP VR-2, glavne i sporedne mineralne faze. Oznake minerala (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit.

PP VRANA 2	Mineralne faze - glavne	Mineralne faze - sporedne	Zone
0-0,05	Cal	Arg, Qtz	
0-1	Cal	Qtz, Arg	MIN-B3
10-11	Cal	Arg, Qtz	
20-21	Cal	Arg	
40-41	Cal	Arg	
59-60	Cal	Arg	
81-82	Cal	Arg	
100-101	Cal	Arg	
121-122	Cal	Arg	
140-141	Cal	Qtz, Arg	
160-161	Cal	Arg	
180-181	Cal	Arg	
200-201	Cal	Arg	
222-223	Cal	Arg	MIN-B2
245-246	Cal	Arg	
266-267	Cal	Arg	
300-301	Cal	Arg	
329-330	Cal	Arg	
360-361	Cal	Arg	
400-401	Cal	Arg	
415-416	Cal		
434-435	Cal		
465-466	Cal	Arg	
480-481	Cal	Arg	
510-511	Cal		MIN-B1

PP VRANA 2	Mineralne faze - glavne	Mineralne faze - sporedne	Zone
525-526	Cal		
558-559	Cal		
575-576	Cal		
600-601	Cal		
630-631	Cal		
645-646	Cal		
661-662	Cal		
690-691	Cal		MIN-B1
705-706	Cal		
721-722	Cal		
750-751	Cal		
776-777	Cal		
810-811	Cal	Arg	
828-829	Cal	Qtz	
859-860	Cal	Qtz	
885-886	Cal	Qtz	
898-899	Cal	Qtz	
912-913	Cal, Qtz	Ms/I	
925-926	Cal, Qtz	Ms/I	
950-951	Cal	Qtz	MIN-A
980-981	Cal	Qtz	
995-996	Cal	Qtz	
1023-1024	Cal	Qtz	
1052-1053	Cal	Qtz	
1096-1101	Cal	Qtz, Ms/I	

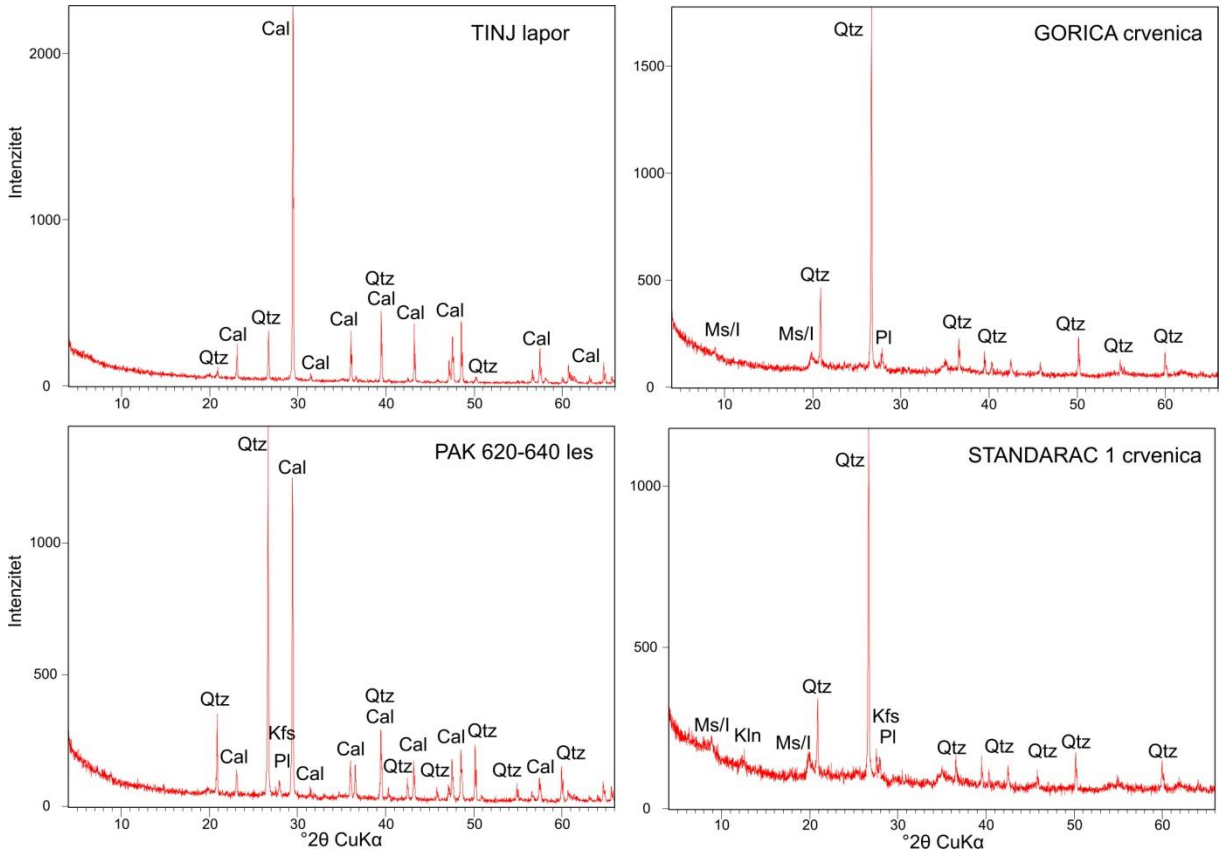


Slika 96 Rendgenogrami odabranih uzoraka iz jezgre PP VR-2. Oznake minerala (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit.

Mineralni sastav sliva Vranskog jezera kod Biograda prikazan je u tablici 39, slika 97. Uzorci uglavnom sadrže sljedeće minerale: kvarc, kalcit, kalijski feldspat, plagioklas i minerale glina muskovit/illit, kaolinit, smektit i klorit, koji su detaljnije obrađeni u sljedećem poglavlju. Lapori, kojima pripadaju uzorci iz Tinja, Galovca i Radošinovca sastoji se od kalcita i manje kvarca, te su u Galovcu i Radošinovcu još prisutni minerali glina u ukupnom uzorku. U jezerskom sedimentu Nadina osim kvarca, kalcita i minerala glina, ima i kalijskog feldspata i plagioklasa, a u Kakmi dominira kalcit, uz malo kvarca. Les iz Pakoštana (620-640 cm) sastoji se od kvarca, kalcita i kalijskog feldspata i plagioklasa, a crvenica u donjem dijelu Pakoštanskog profila (0-15 cm) sastoji se još od minerala glina. Crvenice (Gorica, Galovac, Banjevci i Štandarac 1, 3 i 4) se sastoje od kvarca, kalijskog feldspata, plagioklasa i minerala glina, u uzorku Banjevci prisutni su još i kalcit i dolomit.

Tablica 39 Mineralni sastav uzoraka iz sliva Vranskog jezera kod Biograda. Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit, Sm-smektit, V-vermikulit, Chl-klorit, Dol-dolomit.

PP VRANA SLIV	**Mineralne faze -glavne**	**Mineralne faze - sporedne**
NADIN 0-10	Qtz, Cal	Kfs, Pl, Sm, V, Ms/I, Kln
TINJ TLO 0-25	Qtz	Pl, Sm, Ms/I, Kln
TINJ LAPOR	Cal	Qtz
GORICA TLO	Qtz	Ms/I, Pl
GALOVAC LAPOR	Cal, Qtz	Sm, V, Ms/I, Kln
GALOVAC TLO	Qtz	Cal, Sm, Ms/I, Pl
GALOVAC PJEŠČ.	Qtz, Cal	Sm, Ms/I, Pl
BANJEVCI	Qtz	Cal, Ms/I, Kln, Kfs, Pl, Dol
ŠTANDARAC 1	Qtz	Kfs, Pl, Ms/I, Kln
ŠTANDARAC 3	Qtz, Cal	Kfs, Pl, Ms/I, Kln
ŠTANDARAC 4	Qtz	Pl, Chl, Ms/I, Kln
RADOŠINOVCI LAPOR	Cal, Qtz	Sm, Ms/I, Kln
RADOŠINOVCI 50-70	Cal	Qtz, Kfs, Pl, Ms/I
RADOŠINOVCI 250-270	Qtz	Cal, Ms/I, Kln, Kfs, Pl
KAKMA 30-60	Cal	Qtz
KAKMA 135-145	Cal	Qtz
KAKMA 200-220	Cal	
PAK 0-15	Cal, Qtz	Kfs, Pl, Ms/I
PAK 500-520	Cal, Qtz	Ms/I
PAK 620-640	Qtz, Cal	Kfs, Pl



Slika 97 Rendgenogrami odabranih uzoraka iz sliva Vranskog jezera kod Biograda. Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit.

4.3.7.2. Rezultati analize minerala glina

Detaljnom analizom minerala glina utvrđeni su minerali glina prikazani u tablici 40 i slici 98, zajedno s postupcima koji napravljeni na pojedinim uzorcima. U uzorcima do 806 cm, uglavnom su slabi maksimumi minerala glina, a u uzorku 558-568 cm minerala glina nema, te bi za njihovo određivanje trebalo analizirati veću količinu uzorka, kako bi preostalo dovoljno za analizu nakon otapanja karbonata.

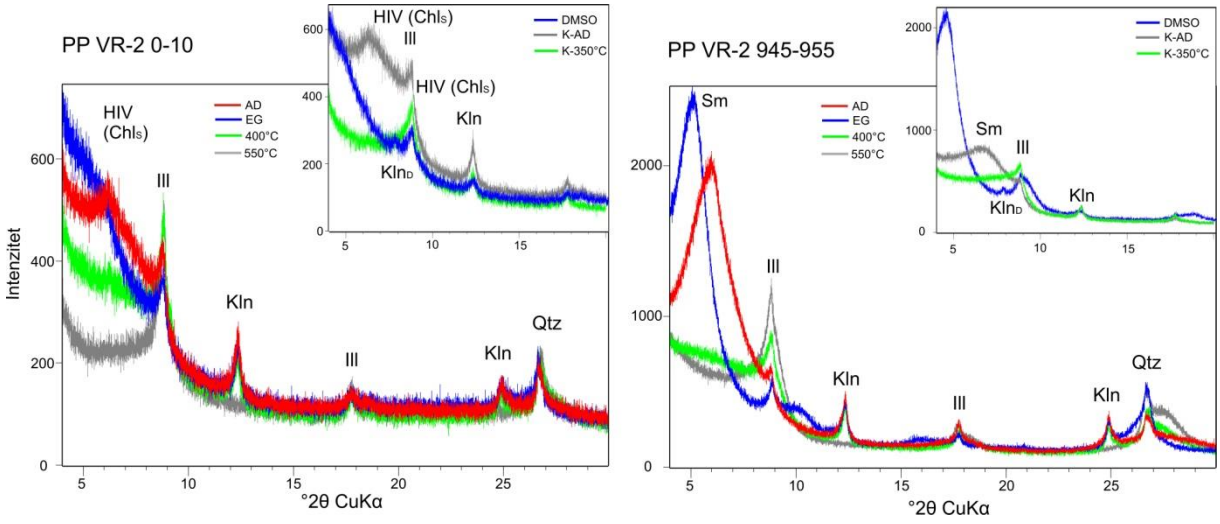
Tablica 40 Analizirani uzorci kroz jezgru PP VR-2 i dijagnostički postupci kojim su podvrgnuti, te utvrđeni minerali glina. Oznake: -sušen na zraku, EG-tretiran s etilen glikolom, G-tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, Sm-smektit HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl_S-sekundarni klorit.

PP VR-2 (cm)	AD	EG	400°C	550°C	DMSO	K-AD	K-350°C	Mg-G	Minerali glina
0-10	x	x	x	x	x	x	x	x	HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
115-125	x	x	x	x	x				HIV ili Chl_S, Ill, Kln
261-271	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln
395-405	x	x	x	x	x	x	x	x	HIV ili Chl_S, Ill, Kln
475-485	x	x	x	x					HIV ili Chl_S, Ill, Kln
558-568	x	x	x	x	x				-
639-649	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln
720-730	x	x	x	x					HIV ili Chl_S, Ill, Kln
806-816	x	x	x	x	x	x	x		Sm,HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
893-903	x	x	x	x	x	x	x		Sm, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
945-955	x	x	x	x	x	x	x		Sm, Ill, Kln, Kln_D
994-1004	x	x	x	x	x	x	x		Sm, Ill, Kln, Kln_D
1049-1059	x	x	x	x	x	x	x		Sm, Ill, Kln, Kln_D
1089-1101	x	x	x	x	x	x	x	x	Sm, V, Ill, Kln

U uzorcima u donjem dijelu jezgre, od 806 cm do kraja, prisutni su smektit, illit, uređen i neuređen kaolinit, osim u posljednjem uzorku, 1089-1101 cm, u kojem se pojavljuje samo neuređen kaolinit. U uzorku 806-816 cm, maksimum na 15 Å se tretiranjem s etilen glikolom pomaknuo na 18 Å, a žarenjem na 400°C, pomaknuo se na 15 Å, a nakon 550°C na 10 Å, te prema tome ne može se sa sigurnošću reći koji je to točno mineral glina. U uzorku 893-903 cm, maksimum se nakon žarenja pomaknuo na 14 Å, ali se također i pojačao na 10 Å. Saturiranjem s kalijem, maksimum na 15 Å uzorka 806-816 i 893-903 cm pomaknuo se na oko 13 i 14 Å, a nestao žarenjem na 10 Å , što je ipak dokaz da je prisutan smektit, s tim da je vjerojatno prisutan i dio HIV-a. U uzorcima od 945 cm do kraja jezgre, maksimum smektita na oko 13 do 14 Å, pomaknuo se tretiranjem s etilen glikolom na 17 Å, te nakon žarenja na 10 Å. Saturiranjem s kalijem, maksimum se pomiče na oko 12 Å, a žarenjem tog uzorka na 10 Å. Saturiranje s Mg i glicerolom učinjeno je jedino u uzorku 1089-1101 cm, maksimum se pomiče na 18 Å, ali također se pojavljuje maksimum na 14 Å, što je dokaz vermikulita. Na temelju toga, pretpostavlja se da su u tom uzorku prisutni i smektit i vermikulit. Općenito, maksimumi na 13 do 14 Å u donjem dijelu jezgre su vrlo jakog intenziteta, posebno od 945 cm do kraja jezgre. Illit ima difrakcijske maksimume na 9,9 i 4,99 Å, koji se ne mijenjaju. Kaolinitu maksimumi na 7,1 i 3,56 Å nestaju nakon žarenja na 550°C, a uređen kaolinit se nakon tretmana s DMSO pomaknuo na 11,2 Å, iako su maksimumi vrlo slabog intenziteta, dok neuređeni ostaje na 7 Å.

Uređenog kaolinita nema u uzorku 1089-1101 cm, a u uzorku 893-903 cm je izrazito slabog intenziteta.

Od 720 cm prema gornjem dijelu jezgre u uzorcima nema više smektita, nego se pojavljuje hidroskil interstratificirani vermikulit (HIV) ili sekundarni klorit, uz illit i kaolinit. HIV ili sekundarni klorit je određen maksimumom na 14 Å, koji ostaje na tom mjestu ili se lagano povisuje nakon tretmana s etilen glikolom, a nakon žarenja pada na 10 Å, a potvrđen time što mu maksimum ostaje na 14 Å nakon saturiranja s kalijem, a žarenjem tog uzorka pada na 10 Å. U intervalu se također pojavljuje illit, te uglavnom neuređeni kaolinit, a uređeni se pojavljuje jedino u uzorku 0-10 cm. U uzorku 115-125 cm pretpostavlja se sastav HIV-a, iako nije napravljeno saturiranje s kalijem, uzorka je vrlo malo preostalo nakon otapanja karbonata. Treba naglasiti da su maksimumi minerala glina u tom intervalu dosta slabi i jedva uočljivi, pogotovo HIV-a ili sek. klorita. Nešto jači maksimumi bili su jedino u prvom uzorku od 0-10 cm.



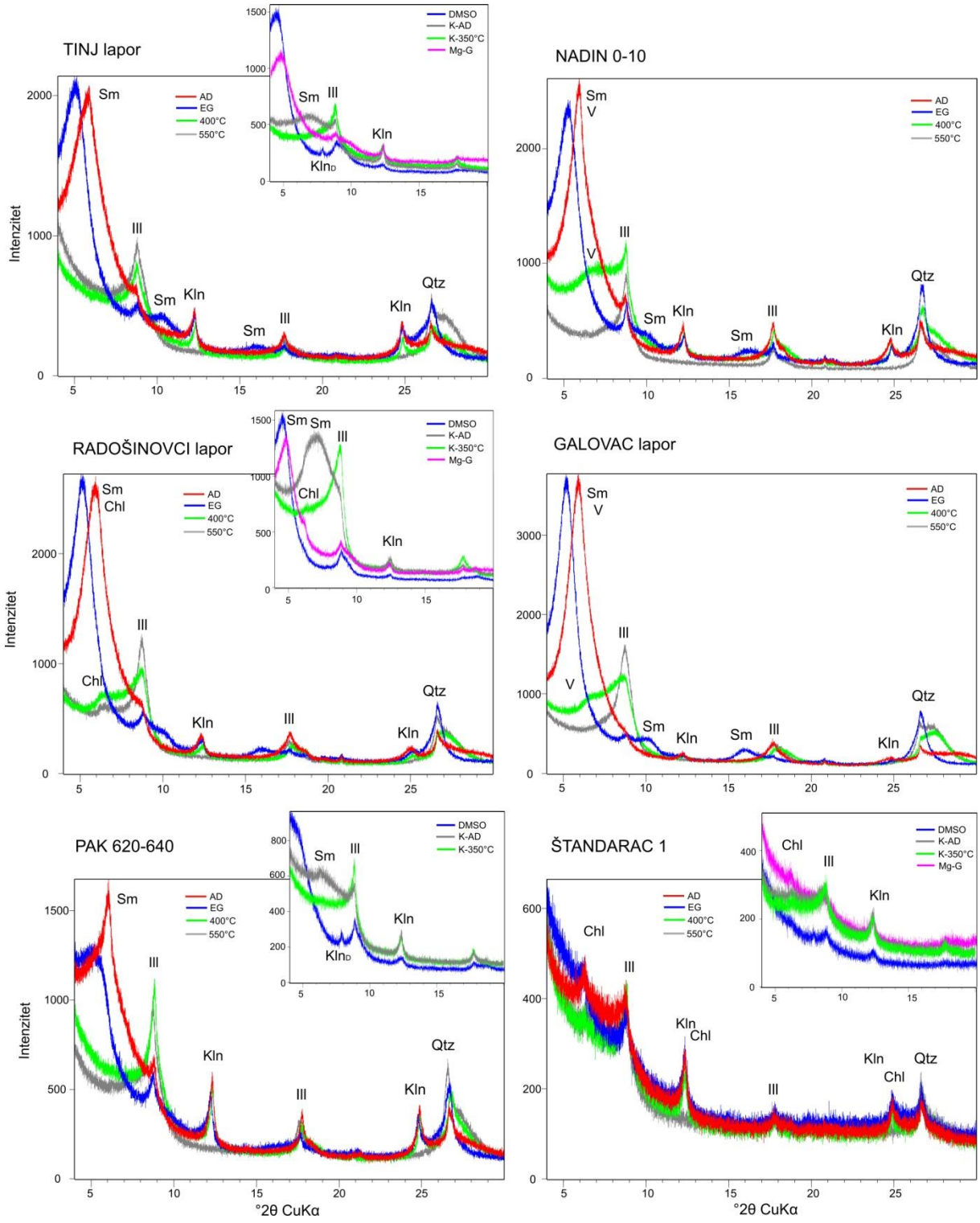
Slika 98 Rendgenogrami orijentiranih preparata uzoraka iz jezgrePP VR-2. Oznake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, Sm-smektit HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl_S-sekundarni klorit.

Uzorci iz sliva Vranskog jezera imaju različit sastav minerala glina (tablica 41, slika 99). U laporu Tinj, sedimentu Kakme, tlu u Galovcu i Radošinovcima 250-270 te u Pakoštanskom lesnom profilu prisutni su smektit, illit i kaolinit. Smektit je određen pomicanjem maksimuma s 14 Å na 18 Å nakon tretiranja s etilen glikolom, te na 10 Å nakon žarenja, u uzorku Tinj lapor nakon saturiranja s magnezijem i glicerolom, maksimumom na 18 Å. Saturiranjem s kalijem, u uzorku Tinj lapor i PAK 620-640 potvrđen je smektit , s pomicanjem maksimuma na 13 Å. No, u uzorcima Galovac lapor i jezerskim sedimentima Nadina, pomiče se maksimum na 14,5 nakon etilen glikola na 18 Å, a nakon žarenja na 400°C spušta se na 13,5 Å, nakon 550°C na 10 Å, što bi mogao biti vermikulit. U uzorku Radošinovci lapor tretmanom s etilen glikolom pomiče se maksimum na 18 Å, a nakon žarenja, ostaje na 14 Å, uz povećanje intenziteta maksimuma na 10 Å od smektita. U tom uzorku pretpostavlja se prisutnost klorita, uz smektit, illit i kaolinit. Klorit je potvrđen saturiranjem s kalijem, kad maksimum 14 Å ostaje nakon žarenja na 350°C, a nakon saturiranja s magnezijem maksimum se pomiče na 18 Å (smektit) i 14 Å (klorit). U crvenicama, minerali glina se također razlikuju. U uzorku Gorica pojavljuju se illit i kaolinit. U Banjevcima i Štandarcu 1 i 4, maksimum na 14 Å ostaje nakon tretmana s etilen glikolom i žarenja, te je u Banjevcima i Štandarcu 1 potvrđen saturiranjem s kalijem i žarenjem na 350 °C, kad

maksimum i dalje bude na 14 Å. Illiti su utvrđeni maksimumom na 10 i 5 Å, koji ostaje nepromijenjen, dok maksimumi kaolinita 7,1 i 3,56 Å nestaju nakon žarenja. U uzorcima Tinj lapor, Radošinovci 250-270 i Pak 620-640 određeni su uređeni i neuređeni kaoliniti, dok se u ostalim uzorcima pojavljuju samo neuređeni kaoliniti.

Tablica 41 Popis analiziranih uzoraka iz sliva Vranskog jezera i dijagnostički postupci kojim su podvrgnuti, te utvrđeni minerali glina. Oznake: Oznake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln- neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, Sm-smektit, V-vermikulit, Chl-klorit.

PP VR SLIV	AD	EG	400°C	550°C	DMSO	K-AD	K-350°C	Mg-G	Minerali glina
NADIN 0-10	x	x	x	x					Sm, V, Ill, Kln
TINJ LAPOR	x	x	x	x	x	x	x	x	Sm, Ill, Kln, Kln_D
RADOŠ.LAPOR	x	x	x	x	x	x	x	x	Sm, Chl, Ill, Kln
GALOVAC LAPOR	x	x	x	x					Sm, V, Ill, Kln
KAKMA 80-97	x	x	x	x					Sm, Ill, Kln
GALOVAC TLO	x	x	x	x					Sm, Ill, Kln
GORICA TLO	x	x	x	x	x	x	x		Ill, Kln
BANJEVCI	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, Ill, Kln
ŠTANDARAC 1	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, Ill, Kln
ŠTANDARAC 4	x	x	x	x					Chl, Ill, Kln
RADOŠ.250-270	x	x	x	x	x	x	x		Sm, Ill, Kln, Kln_D
PAK 0-15	x	x	x	x					Sm, Ill, Kln
PAK 500-520	x	x	x	x					Sm, Ill, Kln
PAK 620-640	x	x	x	x	x	x	x		Sm, Ill, Kln, Kln_D



Slika 99 Orijentirani uzorci odabranih uzoraka iz jezgre BOK-S015-10-3 i dijagnostički postupci prema kojima su identificirani pojedini minerali glina. Oznake: AD-sušen na zraku, EG-etilen glikol, G-glicerol, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, Sm-smektit,V-vermikulit, Chl-klorit.

4.3.8. Rezultati kemijskih analiza

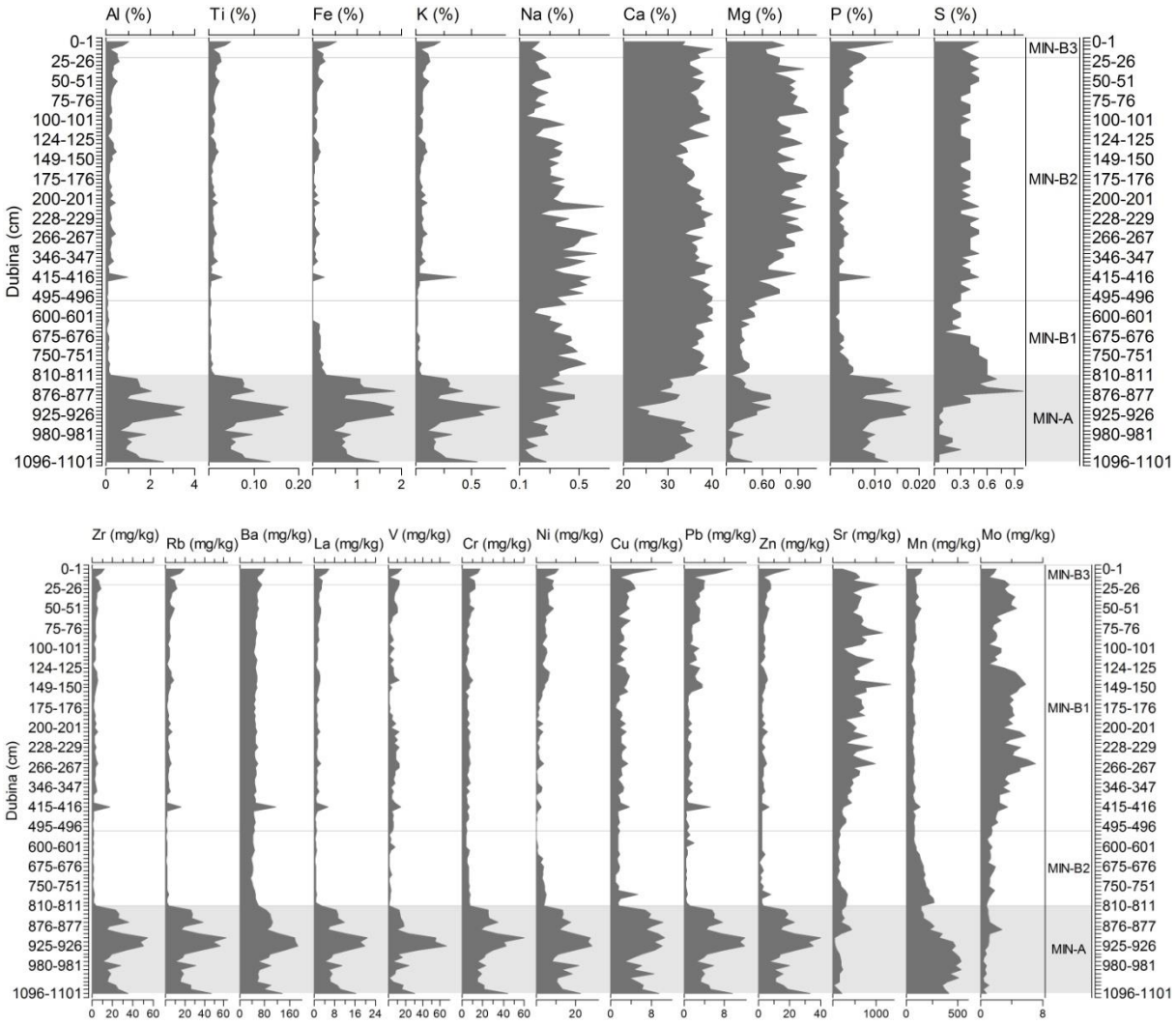
4.3.8.1. Rezultati analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima

Kemijska analiza sedimenata iz jezgre PP VR-2 učinjena je na 108 uzoraka raspoređenih kroz jezgru. Rezultati su prikazani kao distribucija pojedinih elemenata po dubini jezgre, raspoređenih u makro elemente (%) i mikro elemente (mg/kg) (slika 100). Prema mineralnom sastavu, određene su 2 glavne zone, MIN-A, s karbonatnom i siliciklastičnom sedimentacijom (1101-815 cm), zatim B1 s karbonatnom sedimentacijom kalcita (815-510 cm), B2 s karbonatnom sedimentacijom kalcita i aragonita (510-20 cm) i B3 (20-0 cm) gdje se ponovno pojavljuje kvarc. Rezultati kemijske analize poklapaju s tim zonama. Na temelju udjela Al analizirani sedimenti su podijeljeni u dvije grupe, s niskim koncentracijama Al (grupa 1) i visokim koncentracijama Al (grupa 2), prikazane na slici 100 bijelom (grupa 1) i sivom (grupa 2) pozadinom. Za svaku od tih grupa provedena je deskriptivna statistička analiza (tablice 42 i 43). Zlato i indij imaju koncentracije ispod granice detekcije (Au <0,1 mg/kg, In <0,05 mg/kg), te su ta dva elementa isključena iz statističke analize. Tablični prikaz rezultata kemijskih analiza prikazan je u prilogu 2.3.

Raspodjela makro elemenata po dubini pokazala je da su udjeli Al, Ti, Fe i K niski u gornjem i srednjem dijelu jezgre odnosno do 810 cm, a od 815 cm su njihove koncentracije više, s tim da su najviše u intervalu između 898 do 940 cm, te se također uočavaju viši udjeli u uzorcima 0-1 cm i 415-516 cm. Udio aluminija se kreće u rasponu od 0,05 do 0,76 % do 810 cm, s višim koncentracijama u uzorcima 0-1 cm (1,01 %) i 415-415 cm (0,99 %), a od 815 do 1096 cm iznosi između 0,6-3,55 %. Udio titana do 810 cm iznosi 0,002-0,049 %, a od 815 cm 0,032-0,176 %. Udio željeza je do 810 cm 0,005-0,53 %, a od 815 cm se kreće u rasponu 0,44-1,85 %. Udio kalija varira do 810 cm u rasponu od 0,01-0,16 %, s višim udjelom u uzorcima 0-1 cm (0,22 %) i 415-416 cm (0,3%). Od 815 cm do kraja jezgre udio kalija je 0,1-0,75 %. Ostali makro elementi ne pokazuju sličnu varijabilnost s dubinom kao prethodni elementi. Udio natrija niži je u gornjem i donjem dijelu jezgre dok ga nešto više ima u srednjem dijelu, ukupno se kreće u rasponu od 0,134 do 0,659 %. Udio kalcija je visok do 810 cm (31,56-40 %), zatim je nešto niži od 815 do 934 cm (22,52-32,45 %), a od 940 cm do kraja jezgre je ponovno viši (28,65-36,01 %). Udio magnezija je također viši u gornjem dijelu jezgre, do 600 cm (0,47-0,98 %), a od 615 cm do 845 cm je niži udio (0,34-0,49 %), potom opet viši od 859-925 cm (0,49-0,69 %), te se do kraja jezgre opet snižava (0,31-0,51 %). Koncentracija fosfora je viša u prvih 55 cm jezgre (0,003-0,014 %), te je zatim vrlo niska do 810 cm (0,001-0,005 %), s iznimkom na 415 cm (0,009 %). Od 815 cm koncentracija je viša, te maksimum dosežu između 898 i 934 cm (0,011-0,018 %). Udio sumpora je relativno konstantan do 750 cm (0,1-0,5 %), zatim je viši od 765-859 cm (0,6-1 %), a nakon toga pada i do ispod granice detekcije (<0,1 %).

Udio mikro elemenata je vrlo sličan s dubinom (Zr, Rb, Ba, La, V, Cr, Ni, Cu, Pb, Zr), pokazuju niži udio do 810 cm, te se nakon toga njihov udio povećava. Stroncij i molibden se ponašaju obrnuto od ostalih elemenata, njihov udio je viši u gornjem dijelu jezgre (do 360 cm), te im se nakon toga udio snižava. Uočljive su više koncentracije svih elemenata u uzorcima 0-1 i 415-416 cm, te najviše koncentracije u intervalu od 898 do 940 cm. Udio cirkonija se do 810 cm kreće u rasponu od 0,8-9 mg/kg, osim u uzorcima 0-1 i 415-416 cm (12 i 17,7 mg/kg). Od 815 cm do kraja jezgre udio se kreće od 10,3-54,6 mg/kg. Udio rubidija iznosi 0,8-19 mg/kg do 810 cm, a nakon toga 9,7-61,9 mg/kg. Udio barija je do 810 cm u rasponu od 33-80 mg/kg, osim na 415 cm (117 mg/kg), a poslije 815 cm između 58 i 188 mg/kg. Udio lantana je do 810 cm između 0,3-5,8 mg/kg, a nakon toga 4-20,7 mg/kg. Udio vanadija je

do 810 cm od donje granice detekcije u nekim uzorcima (<1 mg/kg) do 14 mg/kg, a od 815 cm iznosi 5-68 mg/kg, osim u uzorku 1023-1024 cm, gdje ga ima ispod donje granice detekcije. Udio kroma do 810 cm iznosi 3-17 mg/kg, a nakon toga 14-60 mg/kg. Udio nikla je do 810 cm između 0,1-11,5 mg/kg, a nakon 815 cm između 7,9-28,7 mg/kg. Udio bakra je viši u uzorku 0-1 cm (8,9 mg/kg), zatim se do 810 cm kreće između 0,9-5,3 mg/kg, a od 815 cm između 2,7-10,5 mg/kg. Olovo ima također viši udio u uzorcima 0-1 i 1-2 cm (9,7 i 6,4 mg/kg), zatim do 810 cm iznosi 0,3-4,1 mg/kg (osim 415-416 cm 5,3 mg/kg), a od 815 cm iznosi 2,4-12,1 mg/kg. Udio cinka u prvom uzorku je 20 mg/kg, nakon toga do 810 cm iznosi od 1 do 10 mg/kg, osim uzorka 661-662 cm u kojem ga ima ispod donje granice detekcije (<1 mg/kg). Poslije 815 cm udio cinka iznosi između 7-40 mg/kg. Koncentracije mangana su relativno konstantne do 600 cm (48-152 mg/kg), zatim se postepeno povećava do 805 cm (do 271 mg/kg), da bi se na 810 cm snizile na 142 mg/kg i nakon toga se opet postepeno povećavaju i najviše koncentracije dosežu u intervalu od 917-1023 cm (433-532 mg/kg). Udio stroncija varira do 360 cm u rasponu od 455-1253 mg/kg u nepravilnim intervalima, nakon toga se postepeno smanjuje do kraja jezgre i iznosi 318-611 mg/kg, s tim da su više koncentracije između 776-885 cm (437-611 mg/kg). Udio molibdena varira također do 360 cm između 1-7,1 mg/kg, s tim da interval između 70 do 121 cm ima niži udio. Nakon 360 cm koncentracija molibdena se postepeno smanjuje do kraja jezgre (0,3-3,5 mg/kg).



Slika 100 Rezultati kemijskih analiza kroz jezgru PP VR-2. Prikazane su distribucije makro elemenata (%) i mikro elemenata (mg/kg) po dubini jezgre.

Tablica 42 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata unutar grupe 1 (prema Al) za jezgru PP VR-2.

Element	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	83	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00
Al (%)	83	0,05	0,58	0,21	0,19	0,12
As (mg/kg)	83	0,5	6	1,51	1	1,30
Ba (mg/kg)	83	33	71	49,88	50	5,98
Be (mg/kg)	83	0,5	0,5	0,5	0,5	0,00
Bi (mg/kg)	83	0,05	0,3	0,06	0,05	0,04
Ca (%)	83	31,56	40	36,87	36,94	1,89
Cd (mg/kg)	83	0,05	0,2	0,06	0,05	0,02
Ce (mg/kg)	83	0,5	6	2,06	2	1,28
Co (mg/kg)	83	0,1	1,5	0,67	0,6	0,28
Cr (mg/kg)	83	3	13	6,27	6	1,93
Cu (mg/kg)	83	0,9	5,3	2,21	2	0,90
Fe (%)	83	0,005	0,3	0,09	0,08	0,07
Hf (mg/kg)	83	0,05	0,2	0,06	0,05	0,03
K (%)	83	0,01	0,13	0,05	0,05	0,03
La (mg/kg)	83	0,3	3,2	1,27	1,2	0,67
Li (mg/kg)	83	0,7	5,1	1,93	1,8	1,02
Mg (%)	83	0,34	0,98	0,72	0,75	0,17
Mn (mg/kg)	83	48	271	96,04	80	45,34
Mo (mg/kg)	83	0,7	7,1	2,90	2,6	1,51
Na (%)	83	0,141	0,659	0,35	0,345	0,11
Nb (mg/kg)	83	0,05	1,2	0,50	0,5	0,23
Ni (mg/kg)	83	0,1	8,9	3,05	3,1	2,34
P (%)	83	0,001	0,008	0,00	0,003	0,00
Pb (mg/kg)	83	0,3	4,1	1,43	1	1,03
Rb (mg/kg)	83	0,8	11,7	3,49	3,1	2,25
Re (mg/kg)	83	0,0025	0,008	0,00	0,0025	0,00
S (%)	83	0,1	0,6	0,38	0,4	0,10
Sb (mg/kg)	83	0,05	0,4	0,06	0,05	0,05
Sc (mg/kg)	83	0,5	0,5	0,5	0,5	0,00
Se (mg/kg)	83	0,5	2	0,55	0,5	0,21
Sn (mg/kg)	83	0,05	40,8	2,21	0,2	5,88
Sr (mg/kg)	83	367	1253	642,42	626	184,12
Ta (mg/kg)	83	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00
Te (mg/kg)	83	0,25	13,5	3,39	3	2,58
Th (mg/kg)	83	0,05	0,9	0,29	0,3	0,18
Ti (%)	83	0,002	0,028	0,01	0,009	0,01
Tl (mg/kg)	83	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
U (mg/kg)	83	0,7	3,6	1,67	1,6	0,59
V (mg/kg)	83	0,5	12	5,03	4	3,71
W (mg/kg)	83	0,05	0,2	0,06	0,05	0,02
Y (mg/kg)	83	0,2	1,8	0,67	0,6	0,36
Zn (mg/kg)	83	0,5	8	3,22	3	1,60
Zr (mg/kg)	83	0,8	9	2,87	2,7	1,55

Tablica 43 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata unutar grupe 2 (prema Al) za jezgru PP VR-2.

Element	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	25	0,05	0,1	0,06	0,05	0,02
Al (%)	25	0,6	3,55	1,58	1,38	0,80
As (mg/kg)	25	0,5	5	1,7	0,5	1,56
Ba (mg/kg)	25	54	188	101,96	98	37,24
Be (mg/kg)	25	0,5	2	0,72	0,5	0,49
Bi (mg/kg)	25	0,05	0,2	0,08	0,05	0,05
Ca (%)	25	22,52	36,01	31,25	31,83	3,27
Cd (mg/kg)	25	0,05	0,4	0,15	0,1	0,11
Ce (mg/kg)	25	7	38	17,68	17	8,65
Co (mg/kg)	25	1,4	8,4	3,82	3	1,90
Cr (mg/kg)	25	7	60	25,12	22	11,66
Cu (mg/kg)	25	2,7	10,5	6,95	6,9	2,23
Fe (%)	25	0,26	1,85	0,98	0,76	0,46
Hf (mg/kg)	25	0,2	1,4	0,63	0,6	0,33
K (%)	25	0,1	0,75	0,31	0,27	0,16
La (mg/kg)	25	4	20,7	9,62	8,6	4,67
Li (mg/kg)	25	4,4	27,5	11,50	9,6	6,19
Mg (%)	25	0,31	0,78	0,48	0,45	0,14
Mn (mg/kg)	25	131	532	344,60	370	137,70
Mo (mg/kg)	25	0,3	3,5	1,06	0,9	0,77
Na (%)	25	0,134	0,575	0,28	0,267	0,11
Nb (mg/kg)	25	1,5	8,5	3,83	3,5	1,93
Ni (mg/kg)	25	2,7	28,7	15,25	13,3	6,36
P (%)	25	0,007	0,018	0,01	0,01	0,00
Pb (mg/kg)	25	2,4	12,1	6,33	5,6	2,72
Rb (mg/kg)	25	9,7	61,9	27,41	25,8	13,70
Re (mg/kg)	25	0,0025	0,011	0,00	0,0025	0,00
S (%)	25	0,05	1	0,27	0,2	0,25
Sb (mg/kg)	25	0,05	0,4	0,15	0,1	0,09
Sc (mg/kg)	25	0,5	5	2,22	2	1,26
Se (mg/kg)	25	0,5	1	0,56	0,5	0,16
Sn (mg/kg)	25	0,3	140,9	7,09	0,8	27,41
Sr (mg/kg)	25	318	673	436,68	432	81,53
Ta (mg/kg)	25	0,05	0,5	0,22	0,2	0,13
Te (mg/kg)	25	0,6	7,2	1,8	1,6	1,33
Th (mg/kg)	25	1,3	7,8	3,42	3,1	1,83
Ti (%)	25	0,029	0,176	0,08	0,073	0,04
Tl (mg/kg)	25	0,25	0,6	0,30	0,25	0,11
U (mg/kg)	25	0,6	2,8	1,14	1	0,59
V (mg/kg)	25	0,5	68	20,18	15	16,50
W (mg/kg)	25	0,2	1,1	0,47	0,4	0,25
Y (mg/kg)	25	2,3	11,2	5,32	4,8	2,60
Zn (mg/kg)	25	7	40	18,68	17	8,53
Zr (mg/kg)	25	9	54,6	24,74	22,9	12,12

Kemijski je analiziran 21 uzorak iz sliva Vranskog jezera kod Biograda (tablica 44). Zlato i sumpor su imali koncentracije ispod granice detekcije (Au <0,1 mg/kg, S <0,1 mg/kg). U uzorcima lapora, lesa i jezerskih sedimenata iz Nadina i Kakme ima više kalcija, dok ga u tlima ima manje. Udjeli litogenih elemenata (Ti, Al, Fe, Zr, La, Rb, Ba) su povišeni u tlima i crvenicama. Udjeli mangana, molibdena, vanadija su također povišeni u crvenicama i tlu.

Tablica 44 Kemijski sastav uzoraka iz sliva Vranskog jezera kod Biograda.

PP VR SLIV	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg
NADIN 0-10	0,4	8,9	8,5	31	<0,1	41,5	7,7	479	1,59	6	1,5
NADIN 375-377	0,3	10,8	8,4	34	<0,1	45,4	7,7	505	1,53	6	1,5
TINJ 0-25	0,5	25,4	31,1	74	0,1	87,5	26,6	1740	3,59	14	1,9
TINJ LAPOR	0,3	5,8	10	20	<0,1	18,7	4,3	375	1,05	6	0,8
GORICA	1,7	34,8	44,8	95	0,1	87,1	23	1449	4,18	20	2,1
GALOVAC LAP.	0,2	12,4	8	47	<0,1	64	7,8	415	1,74	5	1,7
GALOVAC TLO	0,6	27,5	31,2	77	0,2	72,2	16,2	916	3,46	12	1,8
GALOVAC PJ.	0,4	7,9	6,5	24	<0,1	34,1	7,2	640	1,12	6	1,3
BANJEVCI	1,5	34,6	34,9	99	0,1	79,9	19,5	1118	4,25	18	2,5
ŠTANDARAC 1	2,5	31,4	45,3	104	<0,1	77,2	22	1561	4,55	23	2,6
ŠTANDARAC 3	3,1	32,1	46,1	108	0,1	77,5	23,9	1367	4,44	26	2,8
ŠTANDARAC 4	1,9	30,9	44,1	103	0,1	75	20,9	986	4,53	24	3,2
RADOŠ.LAPOR	0,1	19,1	9,9	67	<0,1	93,4	13,5	499	2,2	2	2,3
RADOŠ.50-70	0,3	15,8	13,8	48	0,2	41,9	7	212	2,18	5	1,2
RADOŠ. 250-270	2	34,5	30,1	95	0,2	96,8	23	2647	4,48	21	1,9
KAKMA 30-60	0,3	9,7	9,2	17	<0,1	10,7	2,4	221	0,63	4	0,5
KAKMA 135-145	0,1	4,8	1,8	1	<0,1	6	0,9	151	0,24	2	0,3
KAKMA 200-220	0,2	1,9	0,6	2	<0,1	3,2	0,6	381	0,31	4	0,2
PAK 0-15	1,7	14,6	30,2	36	<0,1	46	12,6	518	2,44	15	1,4
PAK 500-520	0,2	8	9,6	27	<0,1	23,5	7,9	270	1,39	7	1
PAK 620-640	0,3	8,7	9,7	24	<0,1	25,5	6,1	230	1,21	9	0,7

PP VR SLIV	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca	P	Ba	Ti
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	%
NADIN 0-10	<0,1	5,6	374	<0,1	0,4	0,4	32	17,13	0,02	145	0,233
NADIN 375-377	<0,1	6	371	0,1	0,4	0,3	32	18,27	0,022	156	0,232
TINJ 0-25	<0,1	15	79	0,8	0,8	0,5	113	1,21	0,028	410	0,433
TINJ LAPOR	<0,1	8,3	171	0,5	0,4	0,2	24	29,06	0,008	98	0,125
GORICA	<0,1	20,8	65	0,8	1,3	0,8	138	0,79	0,06	380	0,465
GALOVAC LAP.	<0,1	5,5	430	<0,1	0,3	0,1	63	19,85	0,024	156	0,23
GALOVAC TLO	<0,1	13	95	0,9	0,9	0,5	97	2,34	0,042	333	0,424
GALOVAC PJ.	<0,1	3,9	338	0,3	0,3	<0,1	13	19,12	0,02	134	0,18
BANJEVCI	<0,1	16,2	79	0,9	1,2	0,6	127	3,45	0,097	397	0,441
ŠTANDARAC 1	<0,1	19,9	92	1,2	1,4	0,6	149	1,36	0,082	451	0,484
ŠTANDARAC 3	<0,1	18,6	89	1,9	1,5	0,8	159	3,56	0,15	398	0,443
ŠTANDARAC 4	<0,1	19,5	86	2	1,6	0,7	160	1,79	0,112	411	0,464
RADOŠ.LAPOR	<0,1	5,5	598	0,3	0,5	0,2	75	19,94	0,032	140	0,218
RADOŠ. 50-70	<0,1	8,5	83	0,3	0,5	0,2	53	20,09	0,023	204	0,231

RADOŠ. 250-270	<0,1	12,9	94	0,9	0,9	0,4	151	2,24	0,039	497	0,462
KAKMA 30-60	<0,1	1,7	132	0,4	0,3	<0,1	9	34,1	0,046	61	0,051
KAKMA 135-145	<0,1	0,3	148	<0,1	<0,1	<0,1	2	40	0,013	33	0,011
KAKMA 200-220	<0,1	0,2	161	<0,1	<0,1	<0,1	9	39,83	0,004	30	0,007
PAK 0-15	<0,1	16,8	97	0,4	1,2	0,5	99	14,03	0,015	138	0,239
PAK 500-520	<0,1	5,6	150	0,4	0,3	0,2	53	22,57	0,014	165	0,153
PAK 620-640	<0,1	4,7	160	0,2	0,4	0,2	47	18,95	0,014	155	0,149

PP VR SLIV	**Al**	**Na**	**K**	**W**	**Zr**	**Ce**	**Sn**	**Y**	**Nb**	**Ta**	**Be**
	%	**%**	**%**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**
NADIN 0-10	3,02	0,557	0,79	0,7	37,6	37	1,2	10,3	5,6	0,4	<1
NADIN 375-377	3,1	0,662	0,78	0,8	35,1	37	1,1	10	6,3	0,4	<1
TINJ 0-25	6,93	0,528	1,24	1,6	90,9	96	3,2	23	14,8	1	3
TINJ LAPOR	1,83	0,069	0,29	0,9	35,7	39	0,8	11,8	4,4	0,2	<1
GORICA	7,75	0,371	1,55	2,6	126,7	119	3,7	26,3	17,3	1,2	4
GALOVAC LAP.	3,64	0,261	0,94	0,9	40	32	1,3	10,9	5,6	0,4	2
GALOVAC TLO	6,12	0,513	1,37	1,6	85,3	71	3	21,3	13,1	0,9	2
GALOVAC PJ.	2,34	0,633	0,6	0,4	28,9	30	0,6	10,2	3,9	0,3	<1
BANJEVCI	8,27	0,41	1,6	2,1	112	81	4,1	25,3	19,2	1,2	4
ŠTANDARAC 1	8,89	0,463	1,73	2,2	122	133	4,2	32,3	20,3	1,3	4
ŠTANDARAC 3	8,86	0,327	1,41	2,3	120,1	129	3,6	32,9	19,3	1,2	4
ŠTANDARAC 4	9,41	0,373	1,59	2,3	122,3	124	4	33,8	20,1	1,2	5
RADOŠ.LAPOR	4,07	0,12	1,21	0,9	43,6	30	1,5	13,8	6,4	0,4	2
RADOŠ.50-70	4,29	0,197	0,83	1	51,5	47	1,8	14,2	8,3	0,5	2
RADOŠ.250-270	8,44	0,573	1,79	2,1	99,1	77	3,6	22	16,6	1	3
KAKMA 30-60	0,98	0,044	0,21	0,3	12,9	10	0,6	3,3	1,9	0,1	<1
KAKMA 135-145	0,23	0,017	0,03	0,1	3,5	2	<0,1	0,7	0,5	<0,1	<1
KAKMA 200-220	0,16	0,024	0,02	0,1	2,2	1	<0,1	0,4	0,6	<0,1	<1
PAK 0-15	4,46	0,404	0,9	3,2	90,2	82	2	16	11,2	0,7	3
PAK 500-520	2,62	0,284	0,56	0,7	36,1	34	1	9,8	6,2	0,4	<1
PAK 620-640	2,43	0,252	0,63	0,8	34,1	31	1	9,5	5,1	0,3	<1

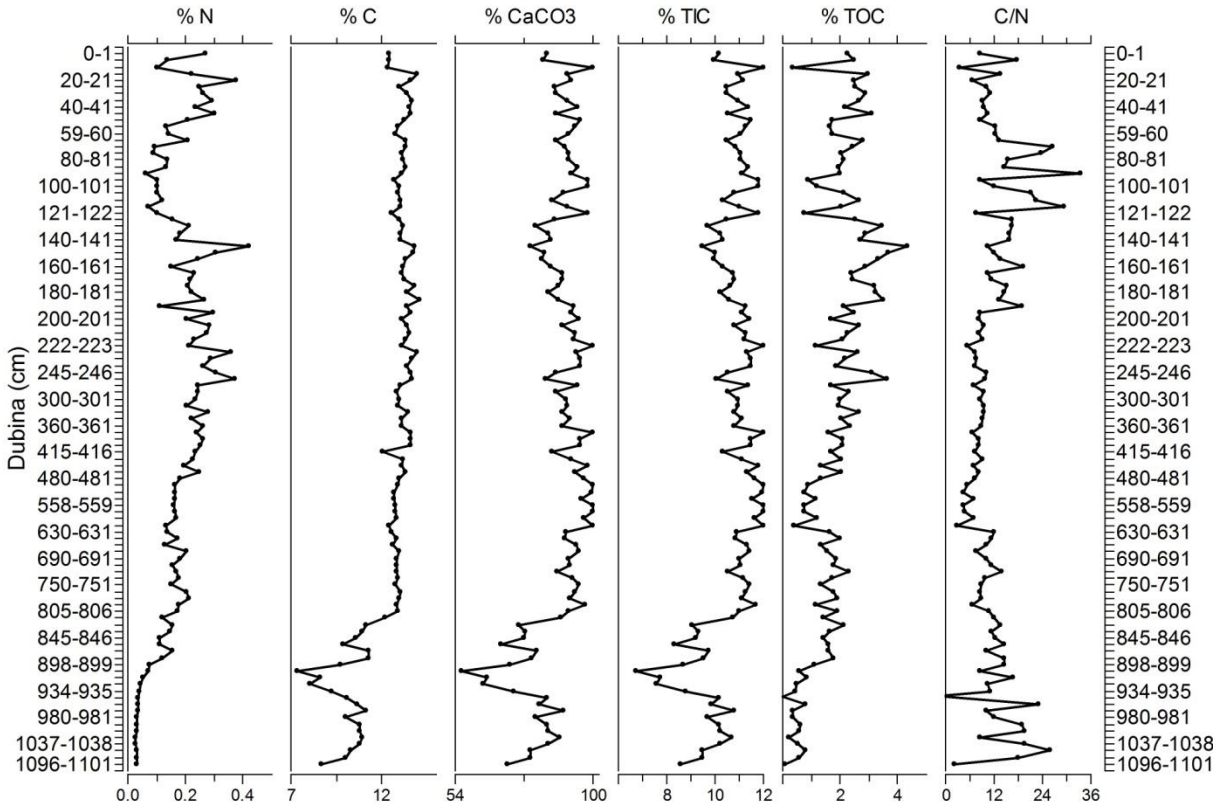
PP VR SLIV	**Sc**	**Li**	**S**	**Rb**	**Hf**	**In**	**Re**	**Se**	**Te**	**Tl**
	mg/kg	**mg/kg**	**%**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**
NADIN 0-10	5	20,3	<0,1	42,8	1,1	<0,05	<0,005	<1	2,1	<0,5
NADIN 375-377	5	18,6	<0,1	41,5	1	<0,05	<0,005	<1	1	<0,5
TINJ 0-25	10	47,4	<0,1	92,3	2,5	0,07	<0,005	<1	<0,5	1
TINJ LAPOR	3	12,9	<0,1	31,5	1	<0,05	<0,005	<1	1,1	<0,5
GORICA	11	65,4	<0,1	117	3,2	0,06	<0,005	<1	<0,5	1,6
GALOVAC LAPOR	7	24,2	<0,1	53,5	1,2	<0,05	<0,005	<1	1,2	<0,5
GALOVAC TLO	10	45,7	<0,1	72,5	2,5	<0,05	<0,005	<1	<0,5	1
GALOVAC PJEŠČ.	3	13,1	<0,1	23,7	0,9	<0,05	<0,005	2	1,2	<0,5
BANJEVCI	12	60	<0,1	76,4	2,9	0,09	<0,005	<1	<0,5	2

ŠTANDARAC 1	14	63,2	<0,1	148,6	3,1	0,07	<0,005	1	<0,5	1,8
ŠTANDARAC 3	14	64,6	<0,1	139,6	3,1	0,07	0,005	2	<0,5	1,9
ŠTANDARAC 4	14	66,4	<0,1	135	3,1	0,11	<0,005	<1	<0,5	1,7
RADOŠINOVCI LAPOR	8	37,7	<0,1	77,3	1	<0,05	<0,005	<1	1,2	<0,5
RADOŠINOVCI 50-70	7	31,2	<0,1	69,5	1,3	0,06	<0,005	1	1,1	0,7
RADOŠINOVCI 250-270	13	62,4	<0,1	85,3	2,5	<0,05	<0,005	<1	<0,5	1,4
KAKMA 30-60	2	6,2	<0,1	16,9	0,4	<0,05	<0,005	<1	1,7	<0,5
KAKMA 135-145	<1	1,2	<0,1	1,6	0,1	<0,05	<0,005	<1	0,9	<0,5
KAKMA 200-220	<1	1,3	<0,1	1,4	<0,1	<0,05	<0,005	<1	1,3	<0,5
PAK 0-15	6	39,8	<0,1	83,9	2,3	<0,05	<0,005	<1	1,2	1
PAK 500-520	4	19,8	<0,1	37,4	1,1	<0,05	<0,005	<1	3,8	<0,5
PAK 620-640	3	18,4	<0,1	36,8	0,7	<0,05	<0,005	<1	1,7	<0,5

4.3.8.2. Rezultati analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika

Ukupni dušik i ugljik te organski ugljik (TOC) indirektnom metodom izmjereni su na 108 uzoraka jezgre PP VR-2 (slika 101). Tablični prikaz rezultata CN analiza prikazan je u prilogu 3.3. Udio dušika je viši u gornjem dijelu jezgre, najviši je 0,37 % i 0,29 % na 20 i 35 cm dubine, dok je na 10 cm vrlo nizak (0,10 %). Zatim je niži udio dušika (0,10 %) do 145 cm, kad naglo raste na 0,42 %. Potom se izmjenjuju više i niže koncentracije (0,11-0,37 %), s kontinuiranim smanjenjem udjela dušika do 898 cm, kad se smanjuje na 0,08 % i nizak je do kraja jezgre na 1101 cm (0,03 %). Udio ugljika je relativno konstantan kroz jezgru do 810 cm (12,91-14,09 %), s nižom koncentracijom na 415 cm (12,02 %). Na dubini od 810 cm iznosi 12,07 % i smanjuje se s dubinom, da bi najniži udio imao na 912 cm (7,35 %). Nakon toga udio ugljika se opet lagano povećava do 11,15 (965 cm) i nakon toga slijedi smanjenje, pri kraju jezgre iznosi 8,66 % (1096 cm). Kalcijev karbonat je u uzorcima do 810 cm visok, oko 95 %, nakon čega se smanjuje do kraja jezgre (od 50-90 %). Udio organskog ugljika pokazuje varijabilnost do 912 cm (1,09 -3,46 %), s 4 niže koncentracije na 10 cm (0,35 %), 95 cm (0,87), 121 cm (0,76 %), te intervala 495-615 cm (0,74-1,18). Ispod toga do kraja jezgre udio TOC-a je vrlo nizak (-0,05-0,86 %). Varijabilnost omjera C/N veća je u vršnom dijelu jezgre od 0 do 30 cm (3,49-17,68), zatim od 70 cm do 190 cm (7,63 i 33,67) i u donjem dijelu jezgre od 940 do 1101 cm (-1,26 do 25,83). U intervalu od 195 do 615 cm omjer je najniži i iznosi od 2,94 do 10,15.

Analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika napravljene su na 20 uzoraka iz sliva Vranskog jezera kod Biograda (tablica 45). Udjeli dušika (0,10-2,50 %) i ugljika (1,90-34,80 %) su viši nego u jezerskim sedimentima iz jezgre PP VR-2. Viši su u uzorcima tla i crvenice, dok su najniži u laporima i jezerskim sedimentima Kakme i lesnih naslaga u Pakoštanima. Udio karbonata je očekivano viši u laporima, Kakmi i Pakoštanima, a najniži je u tlu i crvenicama. Udio organske tvari (TOC) najviši je u uzorcima tla i crvenice.



Slika 101 Udio ukupnog dušika i ugljika, indirektno određenog organskog ugljika (TOC), anorganskog ugljika (TIC) te omjera organskog ugljika i dušika (C/N) po dubini jezgre PP VR-2.

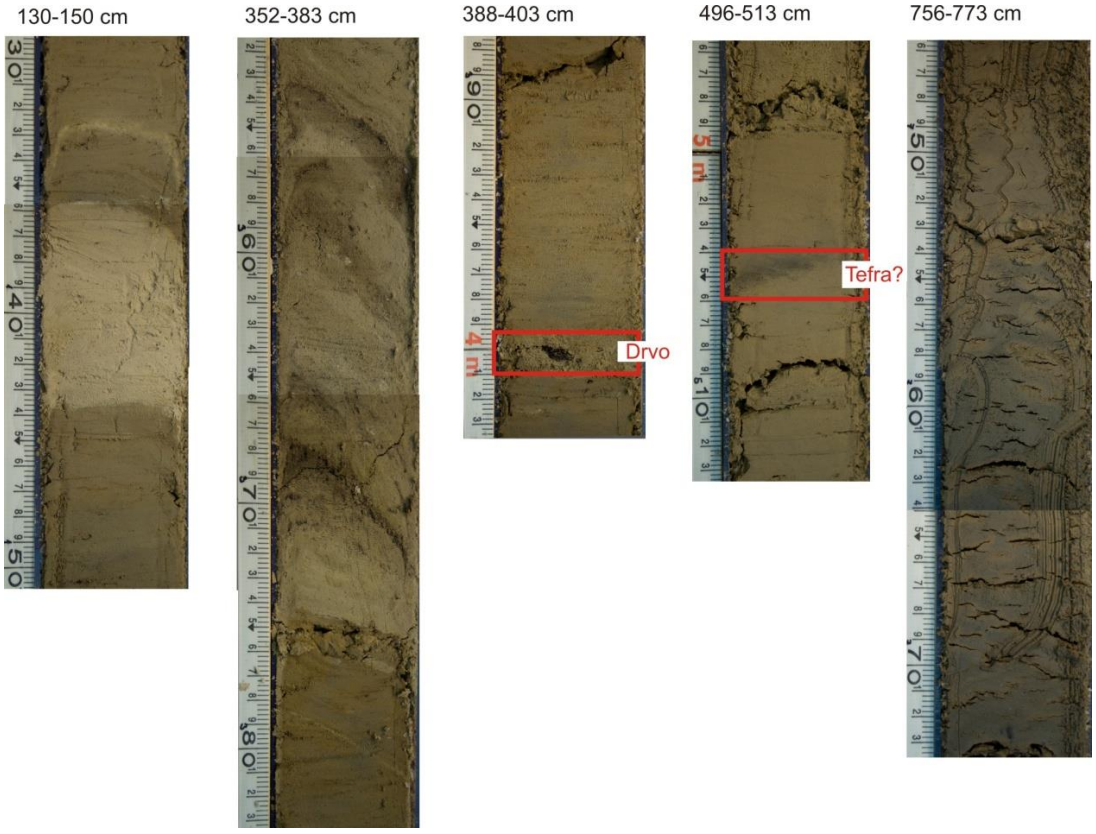
Tablica 45Udio ukupnog dušika i ugljika, indirektno određenog organskog ugljika (TOC), anorganskog ugljika (TIC) te omjera organskog ugljika i dušika (C/N) uzoraka iz sliva Vranskog jezera kod Biograda.

PP VRANA SLIV	**% N**	**% C**	**% $CaCO_3$**	**% TIC**	**% TOC**	**C/N**
NADIN 0-10	0,40	8,90	42,83	5,14	3,76	9,40
TINJ TLO 0-25	0,50	25,40	3,03	0,36	25,04	50,07
TINJ LAPOR	0,30	5,80	72,65	8,72	-2,92	-9,73
GORICA TLO	1,70	34,80	1,98	0,24	34,56	20,33
GALOVAC LAPOR	0,20	12,40	49,63	5,96	6,45	32,23
GALOVAC TLO	0,60	27,50	5,85	0,70	26,80	44,66
GALOVAC PJEŠČ.	0,40	7,90	47,80	5,74	2,16	5,41
BANJEVCI	1,50	34,60	8,63	1,04	33,57	22,38
ŠTANDARAC 1	2,50	31,40	3,40	0,41	30,99	12,40
ŠTANDARAC 3	3,10	32,10	8,90	1,07	31,03	10,01
ŠTANDARAC 4	1,90	30,90	4,48	0,54	30,36	15,98
RADOŠINOVCI LAPOR	0,10	19,10	49,85	5,98	13,12	131,18
RADOŠINOVCI 50-70	0,30	15,80	50,23	6,03	9,77	32,58
RADOŠINOVCI 250-270	2,00	34,50	5,60	0,67	33,83	16,91
KAKMA 30-60	0,30	9,70	85,25	10,23	-0,53	-1,77
KAKMA 135-145	0,10	4,80	100,00	12,00	-7,20	-72,00
KAKMA 200-220	0,20	1,90	99,58	11,95	-10,05	-50,25
PAK 0-15	1,70	14,60	35,08	4,21	10,39	6,11
PAK 500-520	0,20	8,00	56,43	6,77	1,23	6,15
PAK 620-640	0,30	8,70	47,38	5,69	3,02	10,05

4.4. Rezultati analiza Baćinskih jezera (Crniševo)

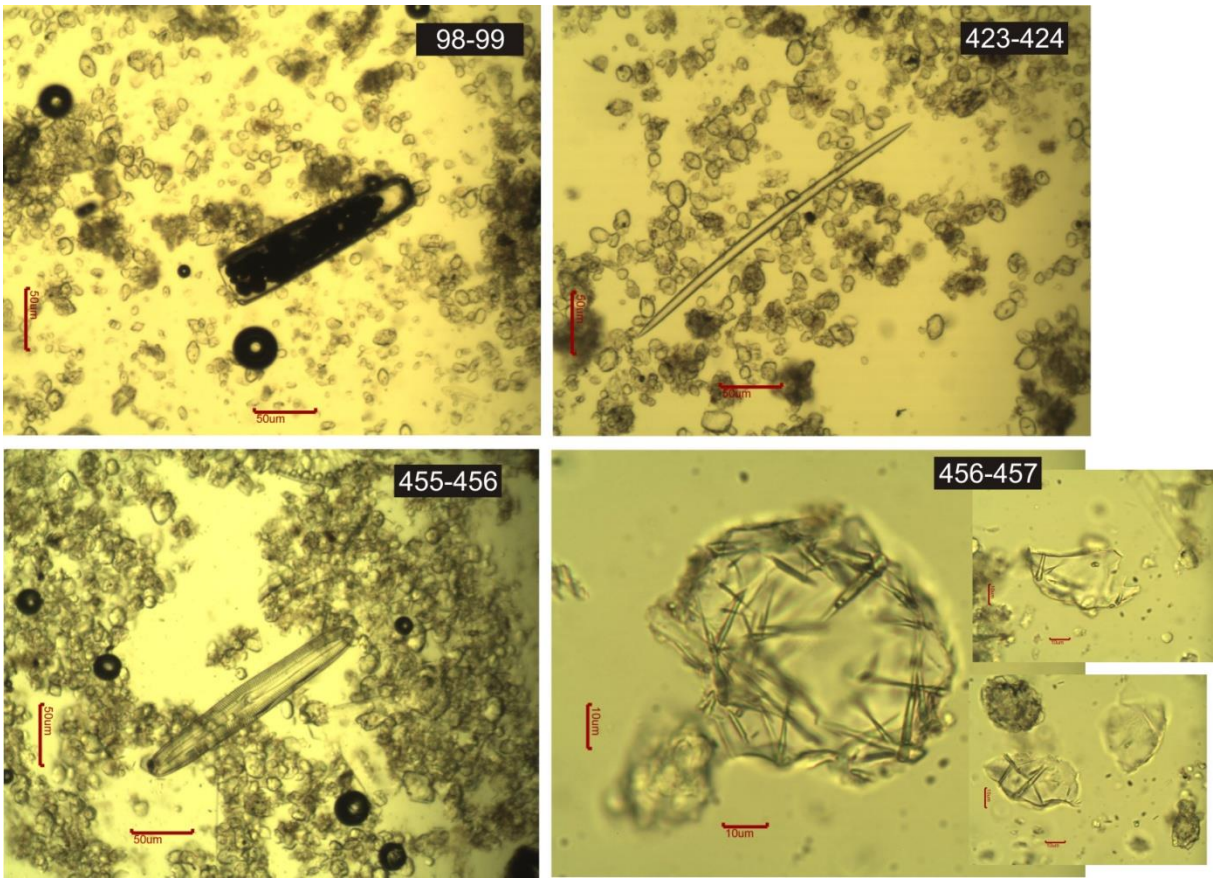
4.4.1. Opis jezgre i analiza razmazanih preparata

U jezgri BAJ-7 sedimenti su karbonatni, dosta homogeni, siltni, te nema pravilnih lamina (slika 102). U pojedinim dijelovima jezgre se javljaju pjeskoviti intervali, pogotovo u gornjem dijelu jezgre (46-47, 71-72, 95-97), te 590-605 cm. Od oko 180 do 500 cm, prevladava pjeskovita frakcija, s izmjenama glinovitih intervala. U uzorcima su pronađeni dijelovi biljaka, korijena, listova, sjemenke, ugljen, ljušture puževa, te su uočeni ostrakodi. Na pojedinim dijelovima jezgre uočeni su golim okom framboidalni piriti (20 cm), te Fe oksidi i nodule (72 cm). Boja je u gornjim dijelovima jezgre prema Munsellu 5Y5/2, a u intervalu od 95 do 97 cm sediment je pjeskovitiji i svjetlije boje (2,5Y6/3). Od 136 do 143 cm nalazi se izrazito pjeskovit i svjetliji sediment boje 2,5Y7/2. Primjer tog pjeskovitog intervala prikazan je na slici 102. Boja se potom izmjenjuje između 2,5Y5/3, 5Y6/3, 5Y6/2. Od 300 do 375 cm sediment se sastoji od nepravilno ispremiješanih glinovitih i pjeskovitih proslojaka, boje 5Y7/2 do 2,5Y7/2 i 2,5Y6/3. Od 352 cm do oko 370 cm uočavaju se valovite svjetlije i tamnije lamine, a unutar sedimenta se nalazi organska tvar. Na 375 cm dolazi do nagle promjene boje u tamnu (2,5Y5/3) i u glinovitiji sediment, te on sadrži puno Fe oksida u obliku crvenih Fe nodula. Potom sediment opet postaje pjeskovitiji od 390-400 cm, a nakon 400 cm postaje glinovitiji, a boja varira između 5Y5/2 i 2,5Y5/3. Uzorci između 420 i 460 su crveniji. Od 504 do 506 cm proteže se tamniji, crni sloj sedimenta (5Y4/1). Slijedi dosta homogen sediment, boje 2,5Y 6/3, 2,5Y4/2, u kojem nema ljuštura ili biljaka, ali glinovitiji je nakon oko 750 cm. Od 705 do 720 cm (5Y5/2), pa od 754 do 780 cm (5Y4/2, 5Y3/1), te od 787 do 810 cm (5Y3/2, 2,5Y4/2) pojavljaju se tamno crni proslojci.



Slika 102 Fotodokumentirani dijelovi jezgre BAJ-7: 130-150 cm – pjeskoviti interval u siltnom sedimentu; 352-383 cm – valovite svjetlije i tamnije lamine, s organskom tvari; 388-403 cm – pjeskoviti sediment do 4 m, ispod čega prelazi u glinovitiji tamniji sediment, na kontaktu je drvo koje je upotrijebljeno za datiranje; 496-513 cm – na 504-506 cm je uočen tamniji sloj, za koji se kemijskim analizama pretpostavlja da je sloj tefre; 756-773 cm – crni proslojci u glinovitom sedimentu.

U razmazanim preparatima pronađene su kroz cijelu jezgru dijatomeje, spikule spužvi (slika 103), u karbonatnom matriksu. Kristali kalcita su većinom alotriomorfni, može se pronaći vrlo malo pravilnih kristala romboedra kalcita. U uzorku 98-99 cm uočeni su framboidalni piriti unutar dijatomeje. U uzorku 456-457 cm vidljiva su nekoliko kristala vulkanskog stakla, unutar koji se nalaze kristaliti.



Slika 103 Razmazani preparati odabranih uzoraka iz BAJ-7: 98-99 cm – piriti u dijatomeji u karbonatnom matriksu., 423-424 cm – spikula spužve, 455-456 cm – dijatomeja, 456-457 cm – vulkanska stakla s kristalitima.

4.4.2. Rezultati spektralne analize boje

Boja jezgre Baćinskih jezera (Crniševo) BAJ-7 dobivena je spektralnom analizom boje u obliku CIE *L*a*b** vrijednosti (slika 103). L* vrijednost u gornjem dijelu jezgre do 193 cm varira između 44,84 i 56,51, s izrazito svjetlom bojom od 136 do 143 cm (62,63-67,07). Od 194 do 214 sedimenti su svijetli (55,72-60,19), nakon toga opet postaju tamniji od 215 do 242 cm (44,06-53,76) i svijetli od 243 do 257, s najsvjetlijom bojom na 249 cm (63,20). Od 292 cm postaje svjetlije do 374 cm (53,42-65,90), s nižom vrijednošću na 354 cm (48,47), nakon čega se L*snižava i od 375 cm do 688 iznosi između 42,79 i 56,74, s iznimkama na 504 cm (38,50) i 592 cm (57,16). Nakon toga od 689 do 763 vrijednost L* je još niža (40,41-46,64), s povišenom vrijednošću na 714 cm (47,97), te od 764 do 812 je nizak L* (35,26-40,52), s najvišom vrijednošću na 809 cm (41,09), te nakon toga raste pri kraju jezgre od 813 do 835 (38,85-48,05). Vrijednost boje a* dosta varira unutar jezgre, u rasponu od 1,50 do 4,89, s niskim vrijednostima na 2 cm (0,96), 504 cm (0,71). Nešto je viša od 216 do 242 cm, od 375 do 460 cm, te od 782 do 835 cm. Vrijednost boje b* je dosta ujednačena kroz cijelu jezgru (10,50-18,96), iako postepeno se smanjuje od 600 cm do kraja jezgre, s izrazito većom vrijednošću na 525 cm (26,76), niža je karakteristična za 504 cm (6,88).

4.4.3. Rezultati analize magnetskog susceptibiliteta

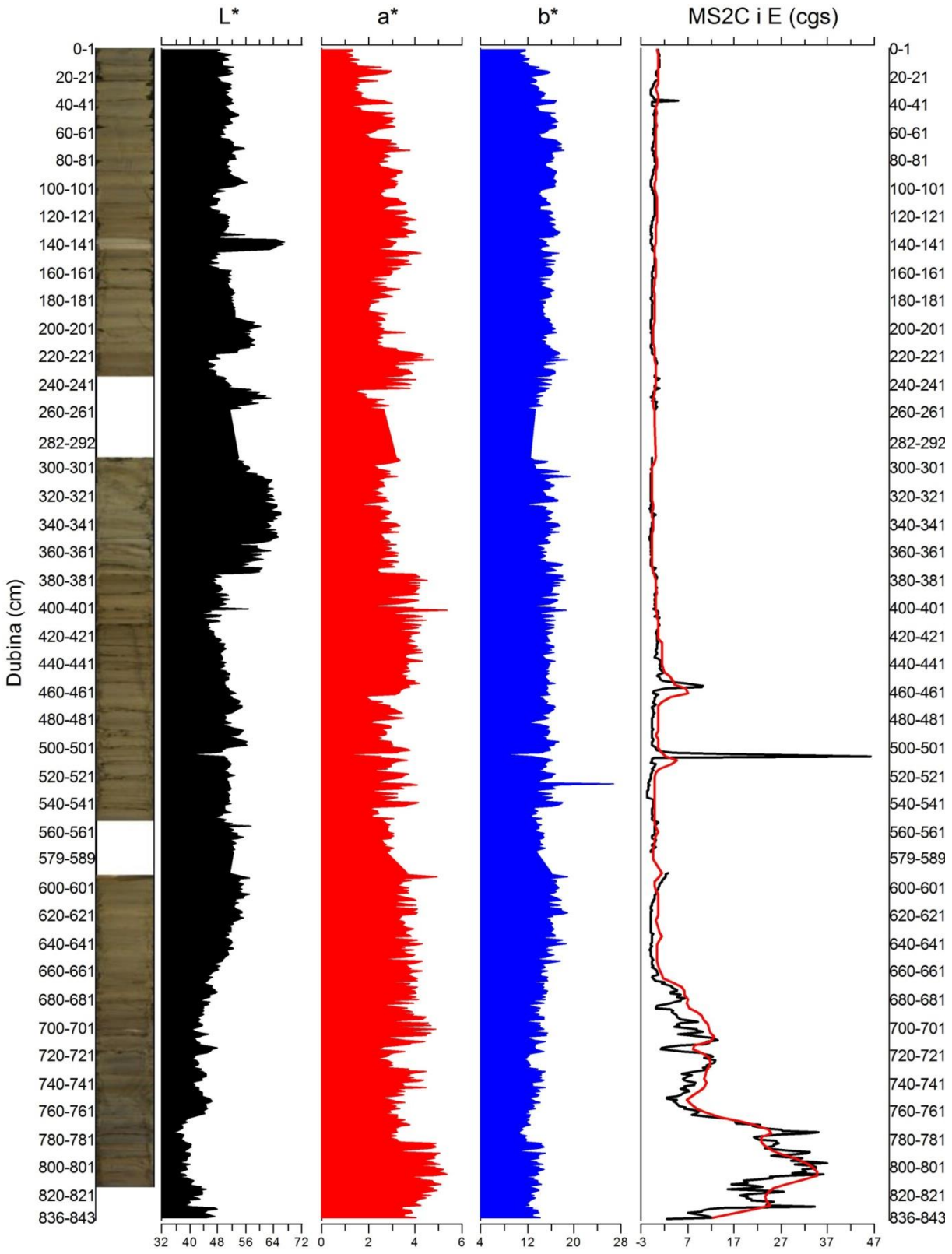
Magnetski susceptibilitet (MS) jezgre Baćinskih jezera (Crniševo, BAJ-7) izmjeren je pomoću MS2C senzora za jezgru sedimenata u cijevi u 3 cm intervalu. Nakon što se pristupilo uzorkovanju jezgre, odmah nakon piljenja jezgre na 2 polovice, izmjeren je magnetski susceptibilitet pomoću MS2E senzora za površinske uzorke. Dobiveni rezultati (slika 104) skoro potpuno se preklapaju i pokazuju generalni trend – niski MS u gornjem dijelu jezgre, zatim 2 visoka MS-a i potom povišenje MS-a u donjem dijelu jezgre od 670 cm. Viši susceptibilitet na 36 cm (5 x 10^{-6} cgs) pojavljuje se samo u rezultatima mjerenja pomoću MS2E senzora. Općenito se može uočiti viši susceptibilitet u sedimentima mjerenim pomoću MS2E senzora, te je on korišten pri daljnjim prikazima rezultata. Magnetski susceptibilitet u intervalu od 452 do 457 cm iznosi između 4-10,4 x 10^{-6} cgs, zatim na 504 i 506 cm iznosi 15,6 i 46,3 x 10^{-6} cgs. Povišenje MS-a od 670 cm prema kraju jezgre može se podijeliti na 2 dijela – od 670 do 750 cm, s maksimalnim MS-om na 708 cm (13,5 x 10^{-6} cgs) i 723 cm (12,9 x 10^{-6} cgs), te od 750 do 836 cm s maksimalnim MS-om na 774 cm (35,1 x 10^{-6} cgs), 796 cm (36,8 x 10^{-6} cgs), 804 cm (36,1 x 10^{-6} cgs) i 827 cm (34,2 x 10^{-6} cgs).

Magnetski suspeptibilitet izmjeren je u uzorcima iz sliva Baćinskih jezera, u koji su uključeni i uzorci iz Vrgoračkog polja, pomoću MS2G senzora (tablica 46). Visoke su vrijednosti u gornjem dijelu jezgre BAJ-10 (iznad 100 x 10^{-6} cgs) i u uzorku BAJ-11, dok je MS nizak jedino u uzorku 195-205 cm (19,4 x 10^{-6} cgs). U profilu iz Vrgoračkog polja magnetski susceptibilitet iznosi između 1,1 i 20,2 x 10^{-6} cgs.

Tablica 46 Rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta u uzorcima PP Vrana sliv, pomoću MS2G senzora.

BAJ-7 SLIV	**MS2G (x 10^{-6} cgs)**
BAJ-10 10-20	160,1
BAJ-10 40-50	179,1
BAJ-10 90-100	289,7
BAJ-10 140-150	106,2
BAJ-10 195-205	19,4
BAJ-11 PERKA	361

	MS2G (x 10^{-6} cgs)
VP-3 0-30	13,7
VP-3 50-100	1,1
VP-3 150-200	4,7
VP-3 250-275	14,4
VP-3 350-370	20,2
VP-3 500-550	14



Slika 104 Spektralna analiza boje (CIE L*a*b*) i magnetski susceptibilitet MS2C (crvena linija) i MS2E (crna linija) jezgre Baćinskih jezera (Crniševo) BAJ-7.

4.4.4. Rezultati datiranja radioaktivnim ugljikom ^{14}C

Pregledavanjem jezgre sedimenata odabrana su 5 uzorka za datiranje. Od toga su 2 uzorka drva, te po 1 uzorak ugljena, ljušture i biljke. Dobiveni rezultati, koji uključuju mjerene i konvencionalne datume, omjere izotopa $^{13}C/^{12}C$ i kalendarski kalibrirane datume, prikazani su u tablici 47. Iz tablice je vidljiva nelogičnost u rezultatu za 251. cm, čija je starost veća od sljedeća 2 uzorka - na 400 i 554 cm, te se stoga taj datum nije koristio u daljnjim analizama. Maksimalna starost koja je dobivena na jezgri BAJ-7 iznosi oko 11 500-12 000 BP, u posljednjim centimetrima jezgre.

Tablica 47 Rezultati datiranja metodom AMS ^{14}C 3 uzorka iz jezgre BAJ-7. Prikazani su mjereni ^{14}C datumi, omjeri izotopa $^{13}C/^{12}C$, konvencionalni ^{14}C datumi i kalendarski kalibrirana starost (2σ kalibracija). Crvenom bojom je istaknut rezultat koji se smatra pogrešnim. Lab. br.-laboratorijski broj.

Uzorak BAJ-7	Lab. br.	Materijal	Mjereni ^{14}C datum	$^{13}C/^{12}C$	Konvencionalni ^{14}C datum	Kalendarski datum (2σ kalibracija)
161-163	Beta-347642	Drvo	2920 ± 30 BP	-26,0‰	2900 ± 30 BP	Cal BC 1210 do 1200 (Cal BP 3160 do 3150), Cal BC 1190 do 1140 (Cal BP 3140 do 3090), Cal BC 1130 do 1000 (Cal BP 3080 do 2950)
251-252	Beta-343636	Ljuštura	4680 ± 30 BP	-9,9‰	4930 ± 30 BP	Cal BC 3770 do 3650 (Cal BP 5720 do 5600)
400-401	Beta-347641	Drvo	3780 ± 30 BP	-26,0‰	3760 ± 30 BP	Cal BC 2280 do 2250 (Cal BP 4230 do 4200), Cal BC 2230 do 2220 (Cal BP 4180 do 4170), Cal BC 2210 do 2130 (Cal BP 4160 do 4080), Cal BC 2090 do 2050 (Cal BP 4040 do 4000)
554-555	Beta-328255	Ugljen	4080 ± 30 BP	-25,50‰	4070 ± 30 BP	Cal BC 2840 do 2810 (Cal BP 4790 do 4760), Cal BC 2670 do 2560 (Cal BP 4620 do 4510), Cal BC 2530 do 2490 (Cal BP 4480 do 4440)
833-836	Beta-328256	Biljka	10110 ±40 BP	-23,7‰	10130 ± 40 BP	Cal BC 10030 do 9660 (Cal BP 11980 do 11610), Cal BC 9570 do 9560 (Cal BP 11520 do 11510)

4.4.5. Rezultati palinoloških analiza

Na temelju palinoloških analiza određen je okoliš za 13 uzoraka iz jezgre BAJ-7 (tablica 48, slika 105). U uzorcima od 98-400 cm prevladavaju zajednice peluda koje ukazuju na mediteransku vegetaciju i sredozemnu klimu.

U srednjem dijelu jezgre od 505. do 579. cm dominiraju zajednice peluda koje ukazuju na to da je u tom intervalu razvijena listopadna šuma i prevladava umjerneno topla vlažna klima.

Mediteranska vegetacija je bila prisutna već u uzorku 648-650cm, no s relativno malim udjelom peluda u odnosu na pelud mješovite šume, vjerojatno zbog blizine planina uz koje se vežu niže temperature i veće količine vlage, kao i donos kopnenog materijala (pa tako i peluda) vodenim tokovima.

Od 610. do 836. cm dominira pelud bora *Pinus* koji ukazuje na mješovitu listopadnu šumu, te umjereno toplu vlažnu klimu. U uzorku 768-770 cm pojavljuju se i alge koje ukazuju na marinski utjecaj na sedimente. Takav utjecaj uočava se u svim uzorcima na nižim dubinama.

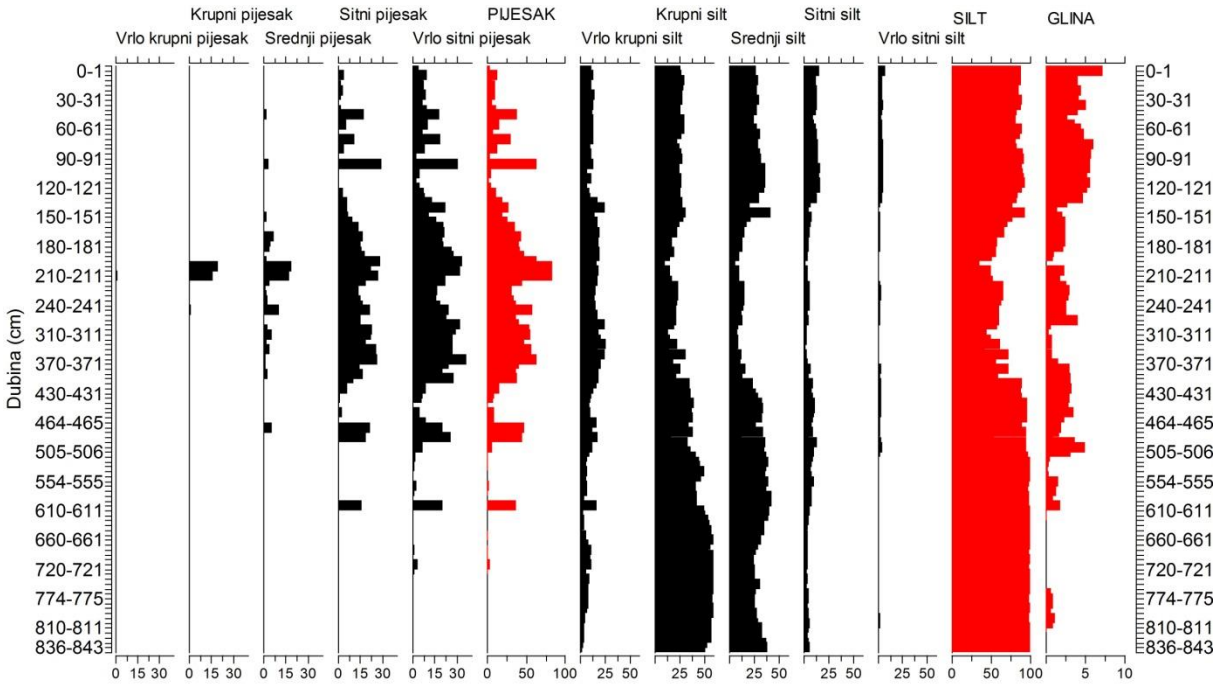
Tablica 48 Rezultati palinoloških analiza 13 uzoraka iz jezgre BAJ-7 (analizirala i interpretirala dr. sc. K. Bakrač).

Uzorak BAJ-7 (cm)	**Pelud**	**Okoliš**	**Glavni biom**	**Klima**
98-100	*Quercus, Pistacia, Olea*	distalniji dio jezera, povremen donos, mirno	mediteranska vegetacija	Cs - Sredozemna klima
161-163	*Quercus, Pinus,* Ericaceae, Asteraceae	proksimalniji dio jezera, povremeno jači donos	mediteranska vegetacija	Cs - Sredozemna klima
251-253	*Quercus,* Asteraceae, *Erica*	proksimalniji dio jezera, povremeno jači donos	mediteranska vegetacija	Cs - Sredozemna klima
282-292	*Quercus, Plantago, Juniperus*	distalniji dio jezera, povremen donos, mirno	mediteranska vegetacija	Cs - Sredozemna klima
400-402	*Quercus ilex, Quercus robur, Pinus*	distalniji dio jezera, povremen donos, mirno	mediteranska vegetacija	Cs - Sredozemna klima
505-507	*Quercus robur, Quercus ilex, Fagus, Pinus*	proksimalniji dio jezera, povremen donos, mirno	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
554-556	*Quercus robur, Quercus ilex, Pinus*	distalniji dio jezera, povremen donos, mirno	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
579-589	*Quercus robur, Quercus ilex, Ostrya,* Poaceae	distalniji dio jezera, povremen donos, mirno	listopadna šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
610-612	*Quercus robur, Quercus ilex, Pinus,* Poaceae	proksimalniji dio jezera, vrlo rijetki donos	mješovita šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
648-650	*Pinus, Fagus, Quercus,* Poaceae	distalniji dio jezera, povremen donos, mirno	mješovita šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
700-702	*Pinus, Quercus,* Poaceae, *Nymphea*	proksimalniji dio jezera, povremen donos	mješovita šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
768-770	*Pinus, Quercus, Picea*	proksimalniji dio jezera, povremeno jači donos	mješovita šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima
836-843	*Pinus, Quercus, Fagus*	distalniji dio jezera, povremen donos, mirno	mješovita šuma	Cf- umjereno topla vlažna klima

Slika 105 Pelud u odabranim uzorcima kroz jezgru PP BAJ-7: a) 98-100 pistacija *Pistacia*, b) 161-163 hrast *Quercus*, c) 836-843 bor *Pinus*.

4.4.6. Rezultati granulometrijskih analiza

Duž jezgre BAJ-7 učinjeno je 119 granulometrijskih analiza. Udjeli pojedinih frakcija grafički su prikazani na slici 106, dok su tablično prikazani u prilogu 1.4. U frakciji pijeska prevladavaju sitni i vrlo sitni pijesak te je njihov najviši udio uočen u intervalu od 120 do 430 cm. Također je nešto viši udio u prvom metru jezgre, gdje uzorak 95-96 cm ima izrazito velik udio pijeska (31 %). U dubljem dijelu jezgre od 500 cm do kraja jezgre pijeska ima vrlo malo ili ga nema, ali u uzorku 600-601 cm se pojavljuje i ima ga 21 %. Silt je dominantna frakcija u jezgri, ima ga i do 100 %, pogotovo u donjem dijelu jezgre od 400 cm. Najviši je udio krupnog i srednjeg silta, pojavljuje se u gornjem dijelu jezgre od 0-150 cm, zatim se udio smanjuje i niži je do 400 cm, a nakon toga se ponovno povećava do kraja jezgre. Udio gline je najviši u gornjem dijelu jezgre, te se postepeno smanjuje s dubinom. Najniži udio je u donjem dijelu jezgre ili glinena frakcija nije prisutna od 600 cm do kraja jezgre.



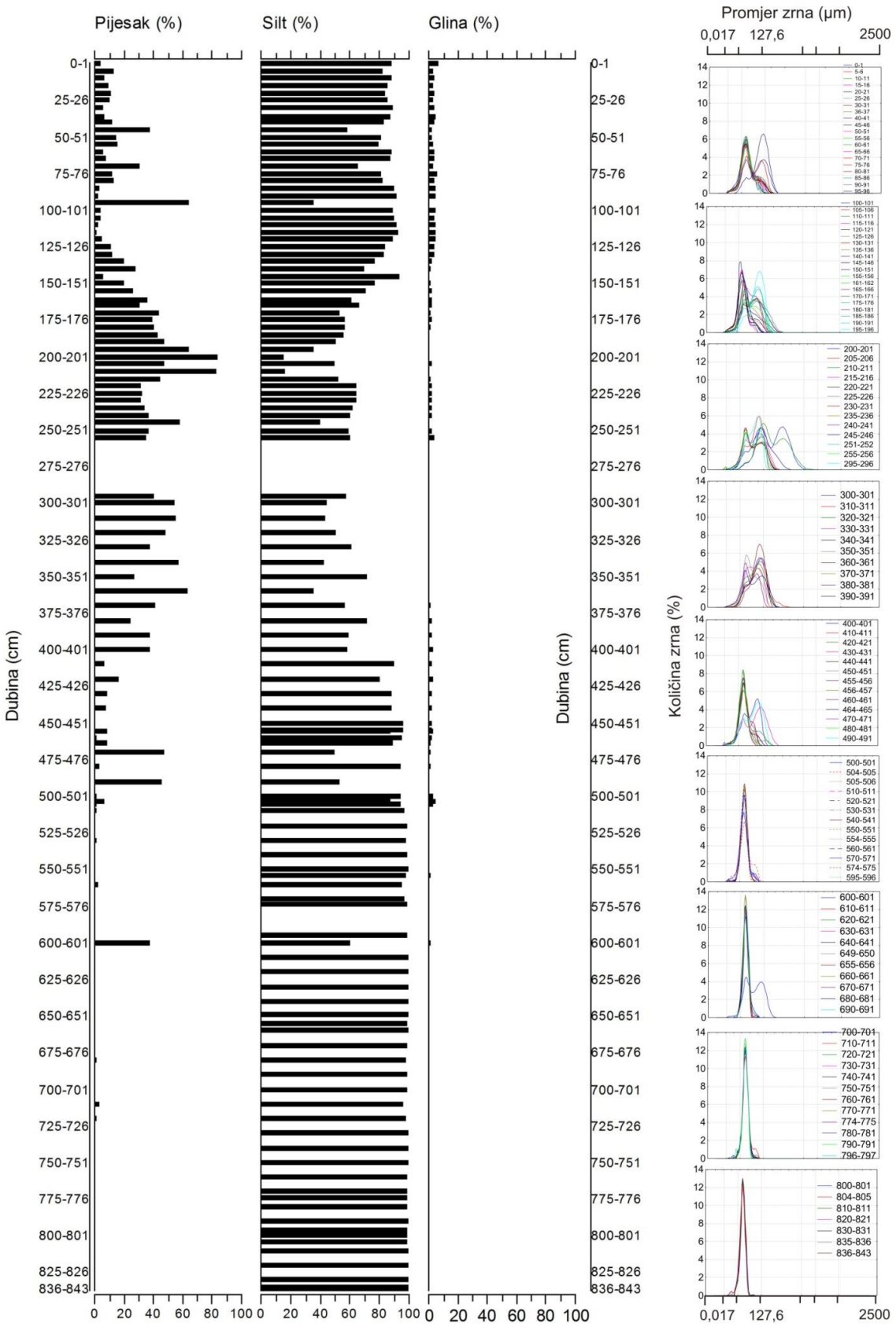
Slika 106 Rezultati granulometrijske analize i raspodjele analiziranih frakcija jezgre sedimenata BAJ-7.

Uzorci su slabo sortirani od 0 do 500 cm, s tim da su pojedini uzorci srednje sortirani (na dubinama 145, 455, 460, 480 cm). Od 510 cm do kraja jezgre uzorci su bolje sortirani – izmjenjuje se srednja i srednje dobra sortiranost, osim uzorka na 600 cm koji je slabo sortiran. Srednje sortirani su uzorci od 510-530 cm, 550-570 cm i na 710 cm, a srednje dobro su sortirani uzorci na 540 cm, 574-595 cm, 610-700 cm i 720-836 cm.

Koeficijent asimetričnosti raspodjele zrna (Sk) u uzorcima jezgre BAJ-7 pokazuje da su uzorci većinom simetrični i pozitivno zakošeni *(fine skewed).* U gornjem dijelu jezgre, od 0-400 cm, uzorci su uglavnom simetrični, a javljaju se i pozitivno zakošeni (0 cm, 85-90 cm, 110-115 cm, 175-190 cm, 215 cm, 245-251 cm, 295-320 cm, 340 i 370 cm), svega nekoliko ima vrlo pozitivno zakošenih *(very fine skewed)*(95, 195, 205 i 360 cm) i nekoliko uzoraka negativno zakošenih *(coarse skewed)* (145-150 cm i 350-351 cm). U donjem dijelu jezgre nepravilno se izmjenjuju pozitivno zakošeni uzorci i simetrični uzorci.

Analiza kurtozisa ili zaoštrenosti krivulje (K) u uzorcima BAJ-7 pokazala je da uzorci imaju zaoštrene krivulje *(leptokurtic)* u gornjem dijelu jezgre (0-130 cm), nakon toga slijedi izmjena zaoštrenih i srednje zaoštrenih *(mezokurtic)* krivulja i od 161 cm pojavljuju se i zaravnjene *(platykurtic)* krivulje, te od 161 cm se izmjenjuju srednje zaoštrene krivulje i zaravnjene krivulje do 400 cm. Nakon toga slijedi izmjena zaoštrenih i zaravnjenih krivulja do 505 cm, pa slijede ponovno izmjene srednje zaoštrenih i zaoštrenih krivulja do kraja jezgre, jedino je uzorak 600 cm zaravnjene krivulje. Zaoštrene krivulje imaju uzorci pri kraju jezgre (820-836 cm).

Udio pijeska, silta i gline po dubini jezgre BAJ-7 prikazani su na slici 107, zajedno s krivuljama učestalosti pojedinih veličina zrna. Unimodalna i bimodalna te i trimodalna distribucija pojavljuju se u nepravilnim razmacima u gornjim dijelovima jezgre od 0 do 500 cm, s prosječnim veličinama zrna od 11,42-68,67 μm, a od 150 do 400 cm zrna su veća, veličine od 25,02 do 182,2 μm. Trimodalna distribucija karakteristična je za uzorke na dubinama 15, 36, 105, 120, 155, 190, 245, 330, 430 i 440 cm. Krivulje su unimodalne u uzorcima od 500 cm do 836 cm (prevladavaju zrna prosječne veličine između 13,37-19,74 μm), s nekoliko uzoraka bimodalne raspodjele, s prosječnim veličinama zrna: 504-506 cm oko 15 μm i 600-601 cm 39,83 μm.



Slika 107 Udio ukupnog pijeska, silta i gline po dubini jezgre BAJ-7, s krivuljama učestalosti pojedinih veličina zrna u analiziranim uzorcima, grupiranim u metarskim intervalima.

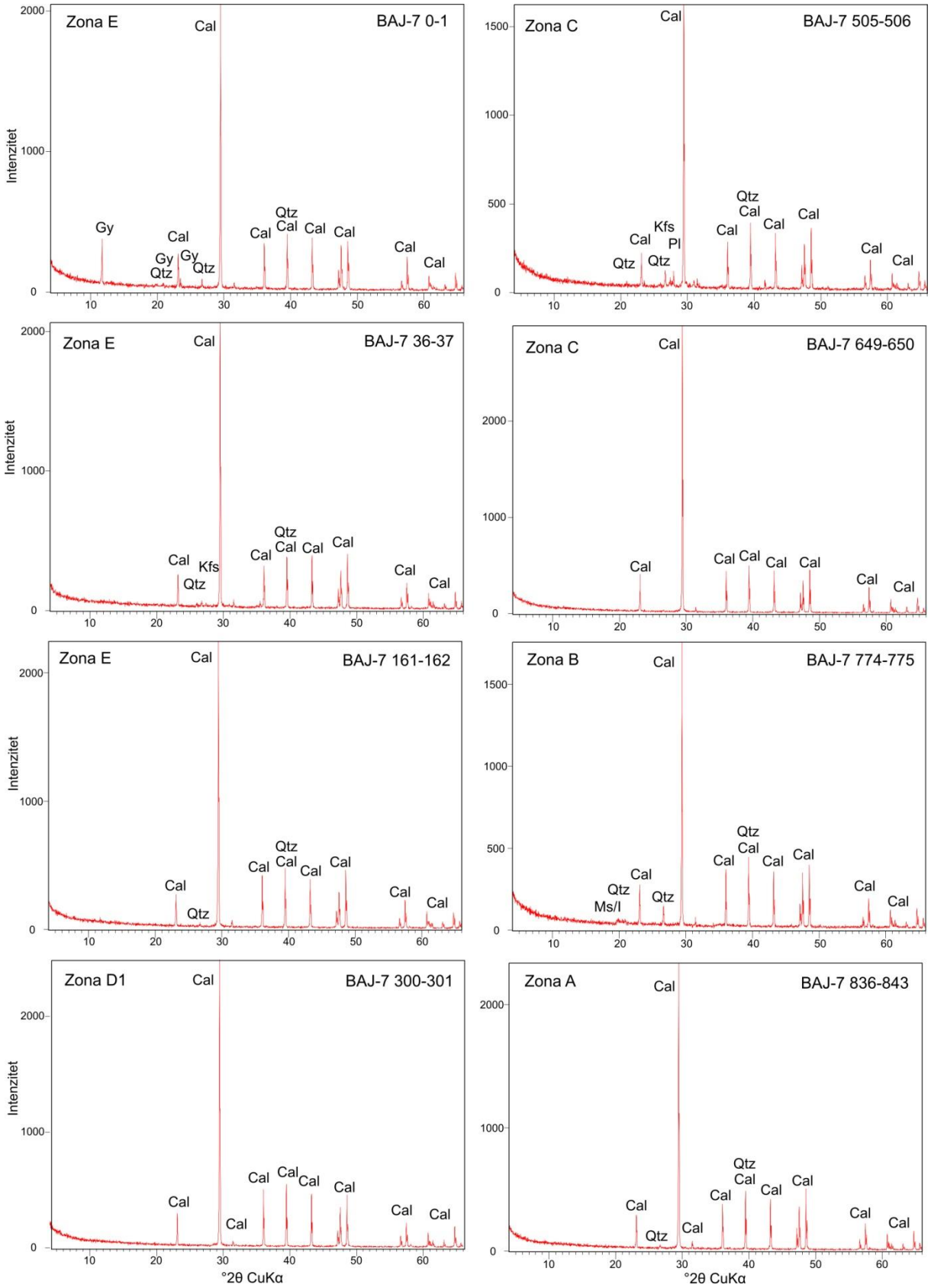
4.4.7. Rezultati mineraloških analiza

4.4.7.1. Rezultati analize ukupnih uzoraka

U jezgri BAJ-7 analiziran je mineralni sastav 31 uzorka (tablica 49, slika 108). Dominantna mineralna faza u svim uzorcima je kalcit. Gips se pojavljuje u uzorcima 0-1, 80-81 i 100-101 cm. Kvarc je sporedna mineralna faza u uzrocima, pojavljuje se u intervalima, te su prema njegovom pojavljivanju izdvojene mineralne zone, idući odozdo prema vrhu jezgre. Zona E čini gornji dio jezgre od 161 do 0 cm, s mineralnim fazama kalcitom i kvarcom. U uzorku 36-37 cm javlja se uz kvarc i kalijski feldspat. Zona MIN-D odvojena je na 3 zone, D1 u kojoj je prisutan samo kalcit, zatim D2 u kojoj se pojavljuje i kvarc, te opet zona D3 samo s kalcitom. Od 774 do 380 cm odvojena je zona MIN-C, u kojoj dominira kalcit, uz prisutnost kvarca. Unutar njega postoje intervali s vrlo malo kvarca, npr. 570-571 cm i 649-650 cm. Karakteristična je pojava veće količine kvarca te kalijskog feldspata i plagioklasa u intervalu 504-506 cm. U uzorcima od 800 do 774 cm prisutan je kvarc i muskovit/illit, koji čine zonu MIN-B. U donjem dijelu jezgre, od 843-835 cm u uzorcima ima vrlo malo kvarca, te je taj interval određen kao zona MIN-A.

Tablica 49 Mineralni sastav sedimenata iz jezgre BAJ-7 i izdvojene zone (A-E)-podzone (1-3). Oznake minerala (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Gy-gips, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas.

BAJ-7 (cm)	Mineralne faze - glavne	Mineralne faze - sporedne	Zone
0-1	Cal	Qtz, Gy	MIN-E
36-37	Cal	Qtz, Kfs	
80-81	Cal	Qtz, Gy	
100-101	Cal	Qtz, Gy	
130-131	Cal	Qtz	
161-162	Cal	Qtz	
200-201	Cal		MIN-D3
225-226	Cal	Qtz	MIN-D2
251-252	Cal	Qtz	
300-301	Cal		MIN-D1
330-331	Cal		
360-361	Cal		
370-371	Cal		
380-381	Cal	Qtz	MIN-C
400-401	Cal	Qtz	
440-441	Cal	Qtz	
455-456	Cal	Qtz	MIN-C
504-505	Cal	Qtz, Kfs, Pl	
505-506	Cal	Qtz, Kfs, Pl	
554-555	Cal	Qtz	
570-571	Cal		
600-601	Cal	Qtz	
649-650	Cal		
670-671	Cal	Qtz	
700-701	Cal	Qtz	
720-721	Cal	Qtz	
750-751	Cal	Qtz	
774-775	Cal	Qtz, Ms/I	MIN-B
800-801	Cal	Qtz, Ms/I	
835-836	Cal	Qtz	MIN-A
836-843	Cal	Qtz	

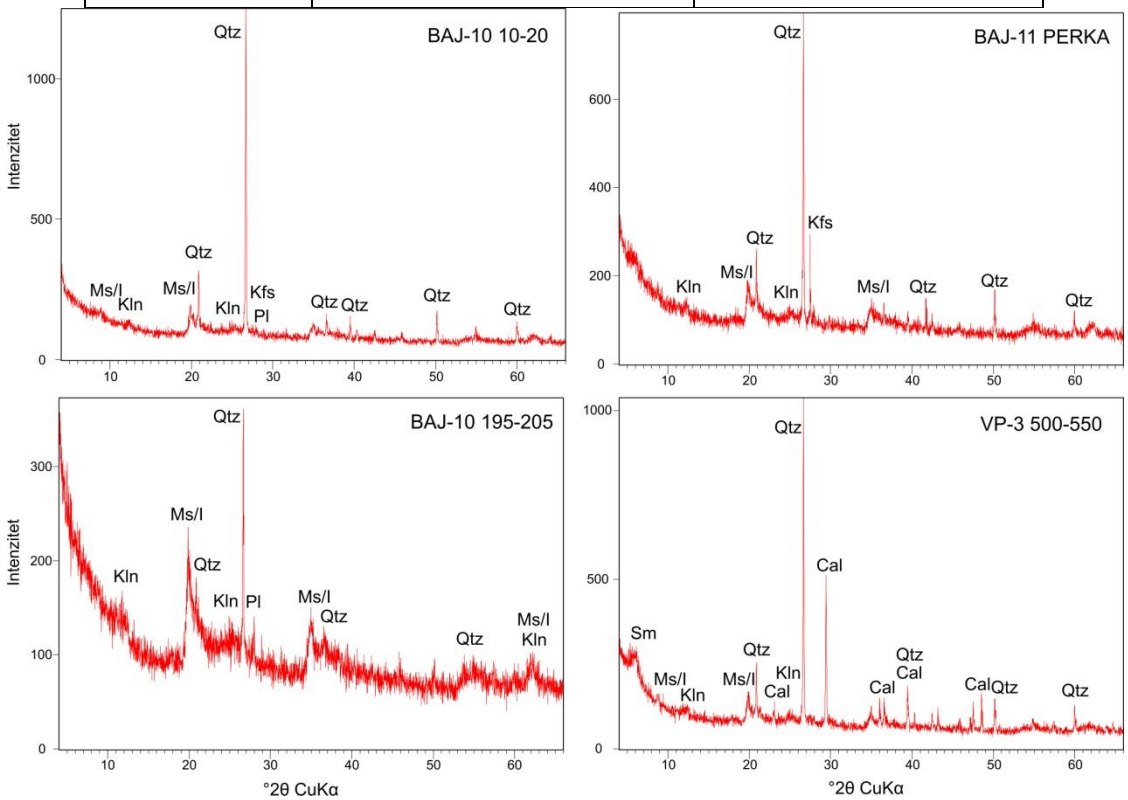


Slika 108 Rendgenogrami odabranih uzoraka iz jezgre BAJ-7, reprezentativnih za izdvojena zone-podzone. Oznake minerala (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Gy-gips, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas.

Mineralni sastav uzoraka iz sliva Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja prikazan je u tablici 50 i na slici 109. Jezgra u neposrednoj blizini jezera Crniševa (BAJ-10) sastoji se u gornjem dijelu od kvarca, te malo muskovit/illita, kaolinita, kalijskog feldspata i plagioklasa. S dubinom se smanjuje se udio kvarca, povećava se udio minerala glina muskovit/illita i kaolinita, te od feldspata preostaje samo plagioklas. Mineralni sastav crvenice BAJ-11 PERKA je sljedeći: kvarc, muskovit/illit, kaolinit i kalijski feldspat. Uzorci iz Vrgoračkog polja su u gornjem dijelu izgrađeni samo od kalcita i kvarca, dok u dubljim dijelovima kad prelazi u crvenicu sadrže manje kalcita, kvarca, muskovit/illita, kaolinita, smektita i vermikulita.

Tablica 50 Mineralni sastav sliva Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja. Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit, Sm-smektit,V-vermikulit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ant-anatas.

BAJ_SLIV	Mineralne faze -glavne	Mineralne faze - sporedne
BAJ-10 10-20	Qtz	Ms/I, Kln, Kfs, Pl
BAJ-10 40-50	Qtz,	Ms/I, Kln
BAJ-10 90-100	Qtz, MS/I, Kln	Ms/I, Kln
BAJ-10 140-150	Qtz, Ms/I, Ant	Ms/I, Kln
BAJ-10 195-205	Qtz, Ms/I	Kln, Pl
BAJ-11 PERKA	Qtz, Ms/I, Kfs	Kln
VP-3 0-30	Cal	Qtz
VP-3 50-100	Cal	Qtz
VP-3 150-200	Cal	Qtz
VP-3 250-275	Cal	Qtz, Ms/I, Sm, V
VP-3 350-370	Qtz, Cal	Ms/I, Sm, V
VP-3 500-550	Qtz, Cal	Ms/I, Kln, Sm, V



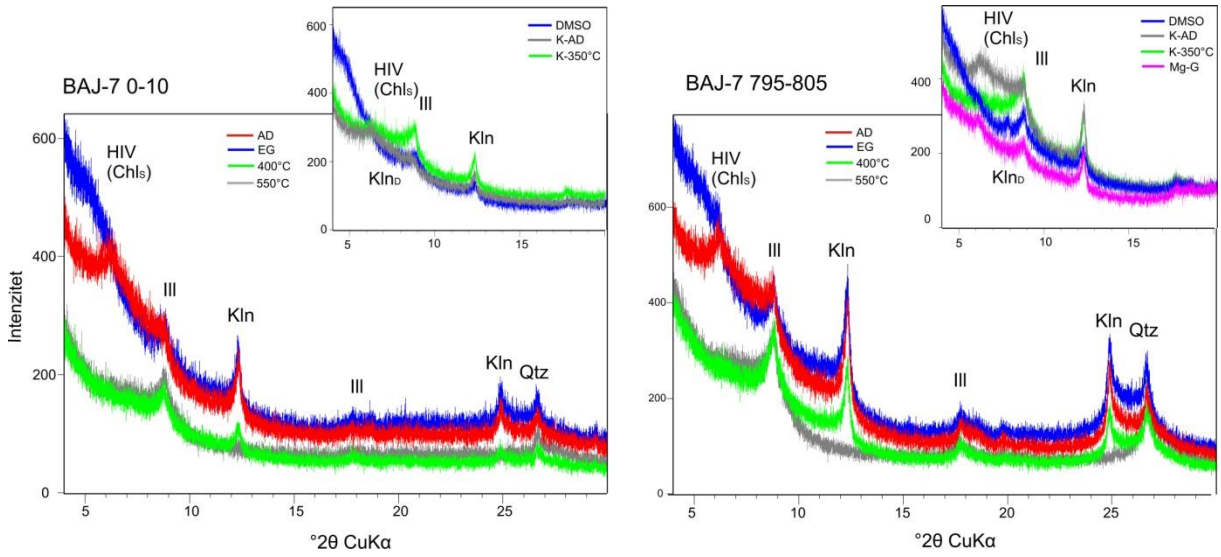
Slika 109 Rendgenogrami uzoraka iz sliva Baćinskih jezera (BAJ-10 i BAJ-11) i Vrgoračkog polja (VP-3). Oznake minerala (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit, Sm-smektit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas.

4.4.7.2. Rezultati analize minerala glina

Minerali glina određeni su u 13 uzoraka kroz jezgru BAJ-7, te je u tablici 51 prikazano koji su postupci korišteni za pojedine uzorke i koji su minerali glina određeni (slika 110). Minerali glina pokazuju homogenost kroz jezgru, sastoje se od hidroksil interstratificiranog vermikulita ili sekundarnog klorita, illita, uređenog i neuređenog kaolinita. Razlika je u količini prisutnih minerala glina, u donjem dijelu jezgre, u uzorku 836-843 cm ima manje gline nego u sljedećim uzorcima na 826, 795, 770 i 695 cm, koji imaju najviše minerala glina, s maksimumima većeg intenziteta. Najmanje minerala glina i jedva uočljive maksimume imaju uzorci 500-510 i 550-560 cm. Hidroksil interstratificirani vermikulit (HIV) ili sekundarni klorit u uzorcima je identificiran time što se maksimum na 14 Å ostaje ili malo pomiče na 17 Å tretmanom s etilen glikolom, a žarenjem na 10 Å. Također, nakon saturiranja s kalijem ostaje maksimum na 14 Å, koji se pomiče na 10 Å nakon žarenja na 350°C takvog uzorka. To je dokaz prisutnosti HIV-a ili sekundarnog klorita, te se pojavljuje duž cijelu jezgru. Illit je određen maksimumima na 10 i 5 Å, koji ostaju nepromijenjeni. Kaolinit ima maksimume na 7,1 i 3,56 Å, koji nestaju nakon žarenja na 550°C. Tretmanom s DMSO, utvrđeni su uređeni kaoliniti (11,2 Å) u svim uzorcima osim 156-166, 500-510, 550-560 i 645-650 cm. Uzorci 0-10, 395-405 i 836-843 cm imaju vrlo slabi maksimum na 11,2 Å.

Tablica 51 Analizirani uzorci kroz jezgru BAJ-7 i dijagnostički postupci kojim su podvrgnuti, te utvrđeni minerali glina. Oznake: AD-sušen na zraku, EG-tretiran s etilen glikolom, G-tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl_S-sekundarni klorit.

BAJ-7 (cm)	AD	EG	400°C	550°C	DMSO	K-AD	K-350°C	Mg-G	Minerali glina
0-10	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
156-166	x	x	x	x					HIV ili Chl_S, Ill, Kln
246-256	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
395-405	x	x	x	x	x			x	HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
450-460	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
500-510	x	x	x	x					HIV ili Chl_S, Ill, Kln
550-560	x	x	x	x					HIV ili Chl_S, Ill, Kln
645-655	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln
695-705	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
770-780	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
795-805	x	x	x	x	x	x	x	x	HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
826-836	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
836-843	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D



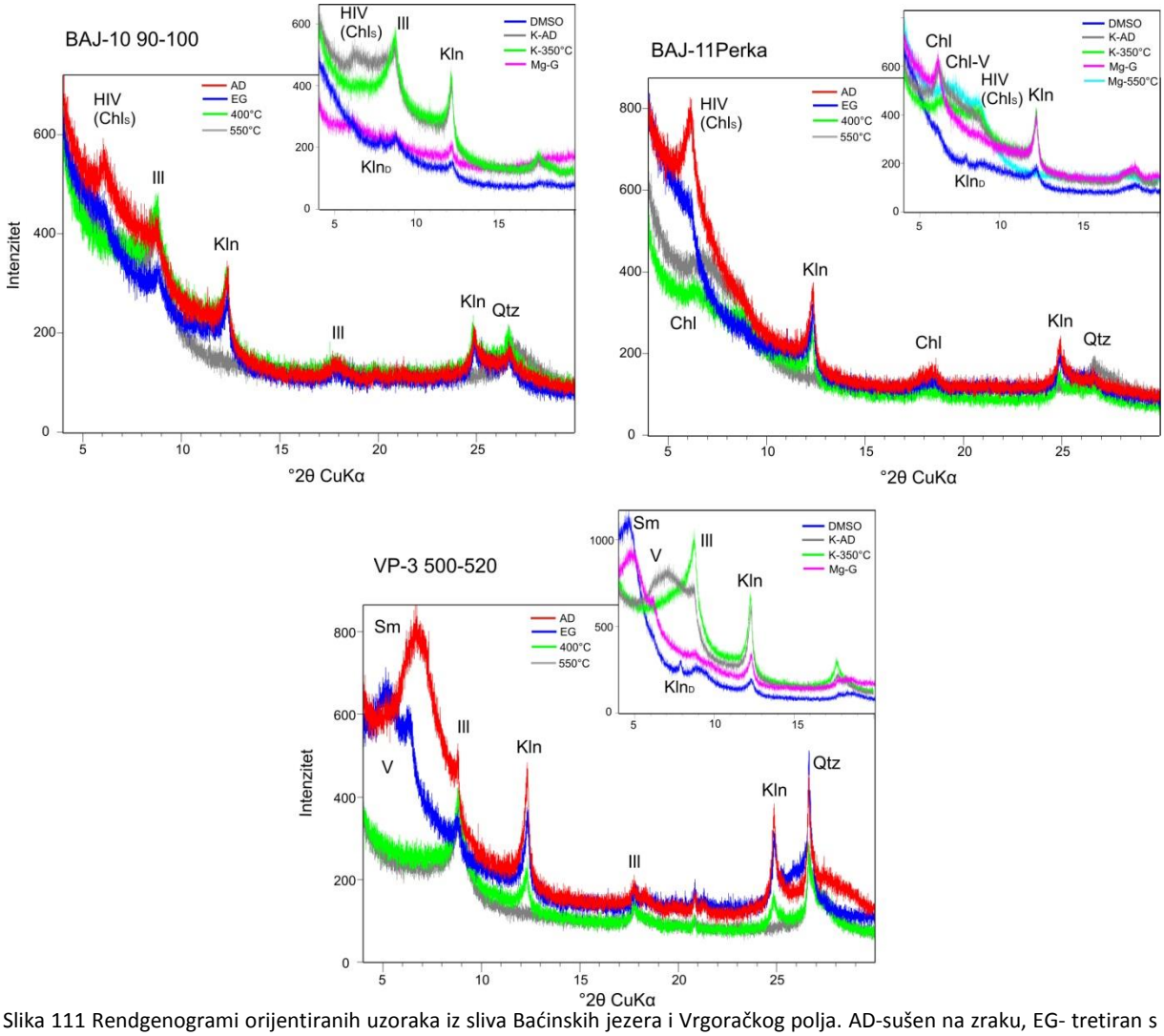
Slika 110 Rendgenogrami orijentiranih preparata iz jezgre BAJ-7, s više minerala glina, 0-10 cm i 795-805 cm. nake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl_S-sekundarni klorit.

Minerali glina u uzorcima iz sliva Baćinskih jezera, pokazali su različit sastav (tablica 52, slika 111) Unutar jezgre BAJ-10 prisutni su sljedeći minerali glina: hidroksil interstratificirani vermikulit (HIV) ili sekundarni klorit, illit i uređeni i neuređeni kaolinit. HIV ili sekundarni klorit je određen maksimumom na 14 Å, koji ostaje na tom mjestu ili se lagano povisuje nakon tretmana s etilen glikolom, a nakon žarenja pada na 10 Å, a potvrđen je time što mu maksimum ostaje na 14 Å nakon saturiranja s kalijem, a žarenjem tog uzorka pada na 10 Å. Illit je ostao nepromijenjen na 10 Å nakon svih dijagnostičkih postupaka, dok su kaolinitu maksimumi na 7,1 i 3,56 Å nestali žarenjem na 550°C. Tretmanom s DMSO u uzorcima se pojavljuje maksimum na 11,2 Å, što znači da su prisutni i uređeni kaoliniti. U uzorku BAJ-11 Perka pronađeni su klorit, HIV ili sekundarni klorit i uređen i neuređen kaolinit. HIV ili sekundarni klorit je utvrđen prethodno spomenutim postupcima, a klorit po tome što mu maksimumi na 14 Å ostaju nakon žarenja na 400 i 550°C, a saturiranjem s kalijem i žarenjem na 350°C također ostaje na 14 Å. No, nakon saturiranja uzorka s magnezijem i žarenja na 550°C, preostali su maksimumi na 12,1 i 10 Å. Maksimum na 12,1 Å dokaz je moguće prisutnosti miješanoslojnog minerala klorit/vermikulit.

Unutar profila VP-3 u Vrgoračkom polju, javljaju se smektit, vermikulit, illit i uređeni i neuređeni kaolinit. U uzorcima se maksimum na 14 Å, nakon tretiranja s etilen glikolom ostaje na 14 Å i pomiče se na 18 Å, a nakon žarenja pomiče na 10 Å. Nakon saturiranja s kalijem, maksimum se pomiče na 13 Å (smektit) i pomiče se na 10 Å (vermikulit). Ti minerali glina su potvrđeni nakon tretiranja s magnezijem i etilen glikolom, kad se također pojavljuje maksimum smektita (18 Å) i vermikulita (14 Å).

Tablica 52 Popis analiziranih uzoraka iz slivnog područja Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja i dijagnostički postupci kojim su podvrgnuti pojedini uzorci, te utvrđeni minerali glina. Oznake: AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-kaolinit, Kln_D-kaolinit koji stvara kompleks s DMSO, V-vermikulit, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl-klorit, Sm-smektit.

BAJ SLIV (cm)	AD	EG	400°C	550°C	DMSO	K-AD	K-350°C	Mg-G	Mg-550°C	Minerali glina
BAJ-10 10-20	x	x	x	x	x					HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
BAJ-10 90-100	x	x	x	x	x	x	x	x		HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
BAJ-10 195-205	x	x	x	x	x					HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
BAJ-11 PERKA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Chl, Chl-V, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D
VP-3 50-100	x	x	x	x						Sm, V, Ill, Kln
VP-3 250-275	x	x	x	x	x					Sm, V, Ill, Kln, Kln_D
VP-3 500-550	x	x	x	x	x	x	x	x		Sm, V, Ill, Kln, Kln_D



Slika 111 Rendgenogrami orijentiranih uzoraka iz sliva Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja. AD-sušen na zraku, EG- tretiran s etilen glikolom, G- tretiran s glicerolom, DMSO-dimetil sulfoksid, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl_S-sekundarni klorit, Sm-smektit, V-vermikulit, Qtz-kvarc.

4.4.8. Rezultati kemijskih analiza

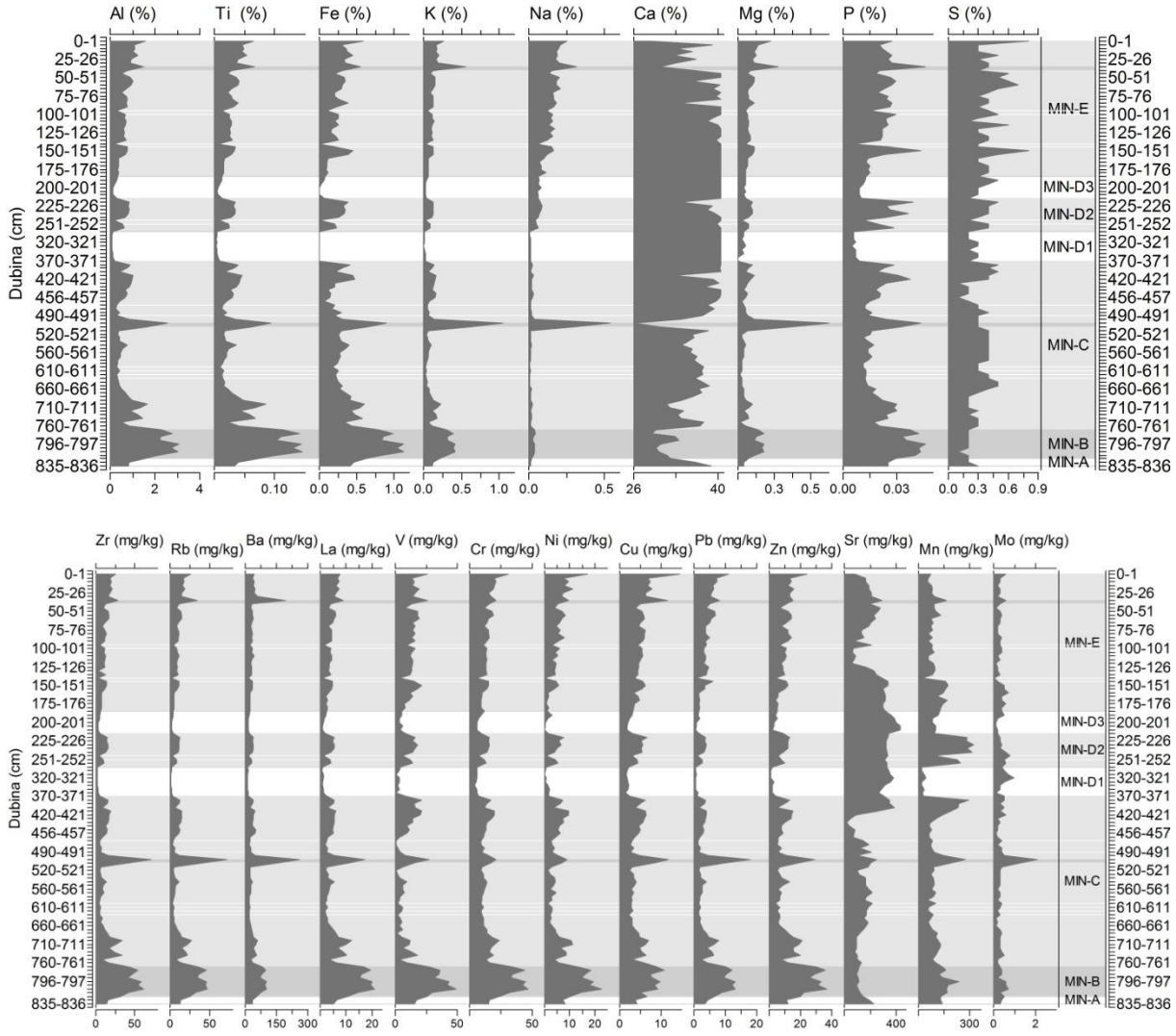
4.4.8.1. Rezultati analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima

Kemijska analiza učinjena je na 117 uzoraka iz jezgre BAJ-7 (slika 112). Rezultati su prikazani kao distribucija određenih makro (%) i mikro elemenata (mg/kg) po dubini jezgre. Izdvojene mineralne zone (MIN-A, B, C, D1, D2, D3, E) su u skladu s promjenama u kemijskom sastavu. Na temelju koncentracije aluminija su uzorci grupirani u 3 grupe, prikazane na slici 112 kao različite pozadine: bijela pozadina - 1. grupa (niže koncentracije Al), siva pozadina - 2. grupa (srednje koncentracije Al), tamnosiva pozadina - 3. grupa (najviše koncentracije Al). Unutar te 3 grupe, pojavljuju se pojedinačni uzorci koji odstupaju od te grupe, odnosno nižu su ili viši, te su pridodani grupi kojoj pripadaju po koncentraciji Al. Prema tome, vidi se velika varijabilnost u kemijskom sastavu kroz jezgru. Deskriptivna statistička analiza napravljena je unutar te 3 grupe (tablice 53, 54 i 55). Zlato i indij imaju koncentracije ispod granica detekcije (Au <0,1 mg/kg, In <0,05 mg/kg), te su isključeni iz statističke analize. Tablični prikaz rezultata kemijskih analiza prikazan je u prilogu 2.4.

Udjeli makro elemenata Al, Ti, Fe, K, Na, Mg, P i S imaju međusobno slično ponašanje s dubinom jezgre. Koncentracije su im više u gornjem dijelu do 185 cm, zatim se smanjuju od 190 do 215 cm, a od 220-255 opet povećavaju, zatim slijedi smanjenje od 255 do 370 cm, te nakon toga do kraja jezgre povećanje koncentracija, s najvećim koncentracijama od 770 do 820 cm, te se pri kraju ponovno lagano snižavaju (830-835 cm). Kalcij se ponaša obrnuto u odnosu na ostale elemente, odnosno ima niže koncentracije gdje su u ostalim elementima više. Ovakva podjela podudara se s mineralnim zonama, a raspon kemijskih elemenata određen je na temelju 3 grupe promjena koncentracija aluminija. Unutar tih grupa, postoji varijabilnost pojedinačnih uzoraka te su oni označeni bijelom (niže koncentracije, 2. grupa) ili tamnosivom bojom (više koncentracije, 3. grupa). Posebno je to uočljivo na uzorcima 36-37 i 504-506 cm, u kojim spomenuti elementi imaju izrazito više koncentracije, te su pridodani 3. grupi. Aluminij ima koncentracije unutar 1. grupe u rasponu od 0,08-0,32 %, 2. grupe 0,33-1,59 %, te 3. grupe 1,47-3,05 %. Udio titana varira u 1. grupi između 0,003-0,014 %, u 2. grupi 0,013-0,074 %, u 3. grupi 0,062-0,146 %. Udio željeza se unutar 1. grupe kreće u rasponu od 0,005-0,23 %, unutar 2. grupe 0,06-0,62 %, te 3. grupe 0,55-1,12 %. Udio kalija ima u 1. grupi raspon od 0,005-0,06 %, u 2. grupi 0,04-0,26 %, 3. grupi 0,23-1,05 %. Udio natrija varira u 1. grupi od 0,006-0,122 %, u 2. grupi 0,008-0,25 %, 3. grupi 0,026-0,536 %. Udio magnezija je u 1. grupi između 0,1-0,15 %, u 2. grupi 0,11-0,28 %, u 3. grupi 0,18-0,6 %. Udio fosfora varira unutar 1. grupe između 0,005-0,015 %, u 2. grupi 0,011-0,043 %, 3. grupi 0,03-0,046 % te pokazuje veću varijabilnost, kao i udio sumpora. Udio sumpora ima raspon u 1. grupi od 0,2-0,5 %, u 2. grupi 0,1-0,8 %, u 3. grupi 0,1-0,4 %. Kalcij se ponaša obrnuto u odnosu na ostale elemente, te su koncentracije najviše u 1. grupi (35,77-40 %), u 2. grupi nešto niže koncentracije (28,1-40 %), a u 3. grupi najniže koncentracije (25,5-32,95 %).

Koncentracije mikro elemenata Zn, Rb, Ba, La, V, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, Mn i Mo imaju istu varijabilnost s dubinom kao i koncentracije većine makro elemenata, osim stroncija koji se ponaša drugačije. Prate promjenu u mineralogiji, te su im također rasponi utvrđeni prema 3 kemijske grupe. Povećanja i smanjenja unutar pojedinih grupa na istim su uzorcima kao i ostalim makro elementima (specifična povišenja na 36 i 504 cm). Koncentracija cirkonija ima raspon unutar grupe 1 između 1,8-6,4 mg/kg, grupe 2 između 3,6-33,7 mg/kg, grupe 3 između 28,9-71,6 mg/kg. Udio rubidija je u 1. grupi između 1,2-5,2 mg/kg, u 2. grupi između 4,2-25,8 mg/kg, u 3. grupi između 27,4-72,8 mg/kg. Udio barija

varira u 1. grupi između 12-26 mg/kg, u 2. grupi između 20-58 mg/kg, u 3. grupi 61-261 mg/kg. Udio lantana ima raspon u 1. grupi od 0,7-2,5 mg/kg, u 2. grupi 2,2-10,6 mg/kg, u 3. grupi 9-21,2 mg/kg. Udio vanadija varira u 1. grupi od 0,5-9 mg/kg, u 2. grupi 0,5-26 mg/kg, u 3. grupi 12-49 mg/kg. Udio kroma je u 1. grupi između 4-11 mg/kg, u 2. grupi 9-31 mg/kg, u 3. grupi 17-47 mg/kg. Udio nikla varira u 1. grupi između 0,05-3,1 mg/kg, u 2. grupi 0,8-17 mg/kg, u 3. grupi 7-22,7 mg/kg. Udio bakra je u 1. grupi 1,4-4,3 mg/kg, u 2. grupi 2,4-14,5 mg/kg, u 3. grupi 4,9-11,7 mg/kg. Udio olova se unutar 1. grupe kreće između 0,4-3,9 mg/kg, unutar 2. grupe između 1,6-11,1 mg/kg, u 3. grupi 7,8-17,8 mg/kg. Udio cinka varira u 1. grupi između 1-9 mg/kg, unutar 2. grupe 4-24 mg/kg, unutar 3. grupe 15-37 mg/kg. Udio mangana je u 1. grupi od 55-141 mg/kg, u 2. grupi od 87-322 mg/kg, u 3. grupi od 140-282 mg/kg. Udio molibdena varira unutar 1. grupe između 0,05-1 mg/kg, unutar 2. grupe 0,1-0,7 mg/kg, unutar 3. grupe 0,2-2,1 mg/kg. Udio stroncija varira unutar jezgre drugačije od ostalih elemenata, ima ga više do 90 cm (202-333 mg/kg), zatim se smanjuje, pa je opet visok od 140 do 410 cm (316-422 mg/kg), te je nakon toga ponovno nizak.



Slika 112 Rezultati kemijskih analiza kroz jezgru BAJ-7. Prikazana je distribucija makro elemenata (%) i mikro elemenata (mg/kg) po dubini, te mineralne zone (MIN-A, B, C, D1, D2, D3 i E) i 3 kemijske grupe (prema aluminiju) kao različite boje u pozadini (bijela - 1. grupa, siva - 2. grupa, tamnosiva – 3. grupa).

Tablica 53 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata unutar grupe 1 (prema Al) za jezgru BAJ-7.

Element	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	24	0,05	0,2	0,06	0,05	0,03
Al (%)	24	0,08	0,32	0,19	0,175	0,09
As (mg/kg)	24	0,5	6	1,42	0,5	1,48
Ba (mg/kg)	24	12	26	16,75	16	3,51
Be (mg/kg)	24	0,5	0,5	0,5	0,5	0,00
Bi (mg/kg)	24	0,05	0,2	0,06	0,05	0,03
Ca (%)	24	35,77	40	39,31	40	1,28
Cd (mg/kg)	24	0,05	0,5	0,14	0,1	0,12
Ce (mg/kg)	24	1	10	2,67	2	1,84
Co (mg/kg)	24	0,1	1,1	0,35	0,1	0,35
Cr (mg/kg)	24	4	11	7,29	6,5	1,81
Cu (mg/kg)	24	1,4	4,3	2,4	2,25	0,67
Fe (%)	24	0,005	0,23	0,06	0,005	0,08
Hf (mg/kg)	24	0,05	0,2	0,07	0,05	0,04
K (%)	24	0,005	0,06	0,03	0,02	0,02
La (mg/kg)	24	0,7	2,5	1,55	1,4	0,53
Li (mg/kg)	24	1,1	3,6	2,19	2,05	0,79
Mg (%)	24	0,1	0,15	0,13	0,13	0,01
Mn (mg/kg)	24	55	141	94,71	108,5	29,25
Mo (mg/kg)	24	0,05	1	0,36	0,3	0,23
Na (%)	24	0,006	0,122	0,03	0,0125	0,03
Nb (mg/kg)	24	0,2	1,1	0,59	0,6	0,25
Ni (mg/kg)	24	0,05	3,1	1,42	1,35	1,06
P (%)	24	0,005	0,015	0,01	0,009	0,00
Pb (mg/kg)	24	0,4	3,9	1,14	1	0,72
Rb (mg/kg)	24	1,2	5,2	2,90	2,65	1,24
Re (mg/kg)	24	0,0025	0,0025	0,003	0,0025	0,00
S (%)	24	0,2	0,5	0,30	0,3	0,08
Sb (mg/kg)	24	0,05	0,1	0,05	0,05	0,01
Sc (mg/kg)	24	0,5	0,5	0,5	0,5	0,00
Se (mg/kg)	24	0,5	0,5	0,5	0,5	0,00
Sn (mg/kg)	24	0,05	4	0,41	0,2	0,83
Sr (mg/kg)	24	242	422	339,13	352	52,74
Ta (mg/kg)	24	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00
Te (mg/kg)	24	0,7	11,1	4,525	3,8	2,69
Th (mg/kg)	24	0,1	1	0,40	0,3	0,23
Ti (%)	24	0,003	0,014	0,01	0,007	0,00
Tl (mg/kg)	24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
U (mg/kg)	24	0,2	0,6	0,46	0,5	0,10
V (mg/kg)	24	0,5	9	3,71	3	2,34
W (mg/kg)	24	0,05	15,7	0,71	0,05	3,13
Y (mg/kg)	24	0,4	1,6	0,90	0,8	0,35
Zn (mg/kg)	24	1	9	3,92	4	2,12
Zr (mg/kg)	24	1,8	6,4	3,89	3,75	1,45

Tablica 54 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata unutar grupe 2 (prema Al) za jezgru BAJ-7.

Element	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	81	0,05	0,2	0,05	0,05	0,02
Al (%)	81	0,33	1,59	0,73	0,73	0,28
As (mg/kg)	81	0,5	8	1,94	1	1,74
Ba (mg/kg)	81	20	58	33,93	34	8,84
Be (mg/kg)	81	0,5	1	0,51	0,5	0,08
Bi (mg/kg)	81	0,05	0,3	0,06	0,05	0,03
Ca (%)	81	28,1	40	37,26	38,11	2,85
Cd (mg/kg)	81	0,1	0,6	0,36	0,4	0,10
Ce (mg/kg)	81	4	21	8,52	8	3,43
Co (mg/kg)	81	0,6	3,3	1,68	1,6	0,64
Cr (mg/kg)	81	9	31	14,42	14	3,66
Cu (mg/kg)	81	2,4	14,5	4,88	4,8	1,65
Fe (%)	81	0,06	0,62	0,30	0,29	0,12
Hf (mg/kg)	81	0,1	0,7	0,31	0,3	0,13
K (%)	81	0,04	0,26	0,11	0,11	0,05
La (mg/kg)	81	2,2	10,6	4,74	4,6	1,78
Li (mg/kg)	81	3,6	19,4	7,75	7,2	3,18
Mg (%)	81	0,11	0,28	0,16	0,15	0,03
Mn (mg/kg)	81	87	322	143,04	121	57,79
Mo (mg/kg)	81	0,1	0,7	0,33	0,3	0,13
Na (%)	81	0,008	0,25	0,08	0,062	0,07
Nb (mg/kg)	81	0,7	3,9	1,92	1,8	0,77
Ni (mg/kg)	81	0,8	17	5,40	5,1	2,72
P (%)	81	0,011	0,043	0,02	0,022	0,01
Pb (mg/kg)	81	1,6	11,1	3,77	3,6	1,71
Rb (mg/kg)	81	4,2	25,8	10,90	10,6	4,65
Re (mg/kg)	81	0,0025	0,009	0,00	0,0025	0,00
S (%)	81	0,1	0,8	0,37	0,4	0,13
Sb (mg/kg)	81	0,05	0,3	0,08	0,05	0,05
Sc (mg/kg)	80	0,5	2	0,88	1	0,46
Se (mg/kg)	81	0,5	2	0,66	0,5	0,33
Sn (mg/kg)	81	0,1	10,7	0,88	0,3	2,02
Sr (mg/kg)	81	163	393	268,38	259	59,06
Ta (mg/kg)	81	0,05	0,3	0,09	0,05	0,06
Te (mg/kg)	80	0,25	12,5	4,47	3,75	2,68
Th (mg/kg)	81	0,3	3,6	1,50	1,4	0,67
Ti (%)	81	0,013	0,074	0,03	0,029	0,01
Tl (mg/kg)	81	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
U (mg/kg)	81	0,4	0,8	0,64	0,6	0,09
V (mg/kg)	81	0,5	26	11,86	13	5,75
W (mg/kg)	81	0,05	0,6	0,17	0,2	0,10
Y (mg/kg)	81	1,3	6,6	2,74	2,5	1,04
Zn (mg/kg)	81	4	24	10,57	10	3,76
Zr (mg/kg)	81	3,6	33,7	13,15	12,6	5,64

Tablica 55 Osnovni statistički parametri analiziranih elemenata unutar grupe 3 (prema Al) za jezgru BAJ-7.

Element	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vr.	Medijan	Standardna devijacija
Ag (mg/kg)	12	0,05	0,1	0,06	0,05	0,02
Al (%)	12	1,47	3,05	2,31	2,29	0,52
As (mg/kg)	12	0,5	7	3,13	3	2,07
Ba (mg/kg)	12	61	261	114,75	96,5	56,78
Be (mg/kg)	12	0,5	3	1,46	1,5	0,78
Bi (mg/kg)	12	0,05	0,3	0,20	0,2	0,07
Ca (%)	12	25,5	32,95	29,92	29,825	1,84
Cd (mg/kg)	12	0,3	1	0,66	0,7	0,21
Ce (mg/kg)	12	17	39	29,67	30	6,90
Co (mg/kg)	12	3,2	6,8	4,7	4,55	1,03
Cr (mg/kg)	12	17	47	32,83	33,5	9,87
Cu (mg/kg)	12	4,9	11,7	8,8	8,7	1,87
Fe (%)	12	0,55	1,12	0,85	0,84	0,18
Hf (mg/kg)	12	0,6	1,6	1,16	1,1	0,30
K (%)	12	0,23	1,05	0,44	0,39	0,21
La (mg/kg)	12	9	21,2	16,11	16,4	3,65
Li (mg/kg)	12	10,1	30,5	20,83	21,35	6,12
Mg (%)	12	0,18	0,6	0,27	0,235	0,12
Mn (mg/kg)	12	140	282	189,58	183,5	38,54
Mo (mg/kg)	12	0,2	2,1	0,65	0,5	0,52
Na (%)	12	0,026	0,536	0,12	0,037	0,16
Nb (mg/kg)	12	4,7	12,2	7,01	6,7	2,02
Ni (mg/kg)	12	7	22,7	14,39	14,65	4,55
P (%)	12	0,03	0,046	0,04	0,041	0,01
Pb (mg/kg)	12	7,8	17,8	11,08	10,25	2,66
Rb (mg/kg)	12	27,4	72,8	41,89	39,75	11,16
Re (mg/kg)	12	0,0025	0,0025	0,00	0,0025	0,00
S (%)	12	0,1	0,4	0,23	0,2	0,07
Sb (mg/kg)	12	0,1	0,4	0,19	0,2	0,10
Sc (mg/kg)	12	2	5	3,25	3	0,83
Se (mg/kg)	12	0,5	2	0,71	0,5	0,43
Sn (mg/kg)	12	0,5	5	1,88	1,25	1,40
Sr (mg/kg)	12	209	333	238,58	220	40,54
Ta (mg/kg)	12	0,2	0,5	0,38	0,4	0,09
Te (mg/kg)	12	0,9	6,7	2,54	2,05	1,73
Th (mg/kg)	12	3,3	9,5	6,27	5,85	1,60
Ti (%)	12	0,062	0,146	0,11	0,1065	0,03
Tl (mg/kg)	12	0,25	0,7	0,45	0,375	0,21
U (mg/kg)	12	0,8	3,5	1,24	0,9	0,78
V (mg/kg)	12	12	49	31,08	30,5	10,43
W (mg/kg)	12	0,5	0,9	0,69	0,7	0,13
Y (mg/kg)	12	4,2	12,6	8,73	9,3	2,82
Zn (mg/kg)	12	15	37	27,33	29	6,57
Zr (mg/kg)	12	28,9	71,6	48,42	45,25	11,54

Kemijska analiza uzoraka iz sliva Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja prikazana je u tablici 56. Kalcij je uglavnom sadržan u kalcitu u jezerskom sedimentu vrgoračkog polja, u gornjem dijelu, dok se smanjuje u donjem dijelu profila kad prelazi u crvenicu. Tlo i crvenica u jezgri BAJ-10 i uzorku BAj-11 sadrže vrlo malo kalcija. Litogeni elementi (Al, Ti, Fe, K, Zr, Rb, La) imaju visoke koncentracije u jezgri Baj-10 i uzorku BAJ 11, te u dubljem dijelu profila VP-3.

Tablica 56 Kemijski sastav uzoraka iz sliva Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja.

BAJ-7 SLIV	**Mo**	**Cu**	**Pb**	**Zn**	**Ag**	**Ni**	**Co**	**Mn**	**Fe**	**As**	**U**	**Au**
	mg/kg	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**%**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**
BAJ-10 10-20	1,3	148,9	55,3	121	0,1	66,8	23,3	1560	5,33	23	3,6	<0,1
BAJ-10 40-50	1,7	40,3	54,6	130	0,1	78,1	21,6	1253	5,75	26	3,9	<0,1
BAJ-10 90-100	1,7	42,3	55,7	133	<0,1	74,5	21	839	5,84	29	4,4	<0,1
BAJ-10 140-150	1,8	27,7	61,4	116	<0,1	58,5	19,6	731	5,73	37	7,3	<0,1
BAJ-10 195-205	1,2	27,4	57,5	136	<0,1	74,4	12,7	216	5,36	25	6	<0,1
BAJ-11 PERKA	0,7	32,7	58,5	104	<0,1	88,4	28	727	5,7	28	2,6	<0,1
VP-3 0-30	0,9	20,6	15,9	48	<0,1	55	8,3	158	1,75	8	1	<0,1
VP-3 50-100	0,2	4,4	3,5	11	<0,1	10	1,9	109	0,41	<1	0,4	<0,1
VP-3 150-200	0,4	7,3	8,8	22	<0,1	23,3	6,5	363	1,24	6	0,8	<0,1
VP-3 250-275	1,8	21,7	25,7	69	<0,1	61,9	16,9	451	3,32	9	1,6	<0,1
VP-3 350-370	2,7	29,8	45,7	116	<0,1	97,8	22,4	1022	5,19	21	2,4	<0,1
VP-3 500-550	2,2	37	33	131	0,2	111,4	20,2	515	4,65	14	1,3	<0,1

BAJ-7 SLIV	**Th**	**Sr**	**Cd**	**Sb**	**Bi**	**V**	**Ca**	**P**	**La**	**Cr**	**Mg**	**Ba**
	mg/kg	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**%**	**%**	**mg/kg**	**mg/kg**	**%**	**mg/kg**
BAJ-10 10-20	24,9	87	1,5	1,1	0,9	163	0,48	0,101	49,3	177	0,54	383
BAJ-10 40-50	27,7	91	1,2	1,4	1	178	0,41	0,105	50,8	150	0,58	399
BAJ-10 90-100	27,5	101	0,5	1,4	1	179	0,45	0,113	46,3	150	0,62	439
BAJ-10 140-150	37,2	116	0,4	2	1,1	188	0,41	0,11	44	116	0,5	491
BAJ-10 195-205	35,1	113	0,2	1,7	1	172	0,5	0,131	119,3	127	0,65	456
BAJ-11 PERKA	27,1	65	2,4	1,2	1,2	191	1	0,077	60,5	185	0,72	264
VP-3 0-30	5,8	284	0,4	0,2	0,3	75	29,59	0,03	16,5	72	0,45	96
VP-3 50-100	1,6	281	0,2	<0,1	<0,1	17	>40,00	0,009	5,3	13	0,18	31
VP-3 150-200	4	284	0,6	0,3	0,2	53	34,3	0,022	12,6	29	0,22	65
VP-3 250-275	13	191	0,8	0,9	0,4	123	15,99	0,051	40,3	88	0,47	171
VP-3 350-370	18,4	132	1,4	1,4	0,8	219	2,03	0,051	49,6	167	0,73	292
VP-3 500-550	16,4	147	1,2	0,9	0,6	201	6,05	0,058	40	154	0,64	237

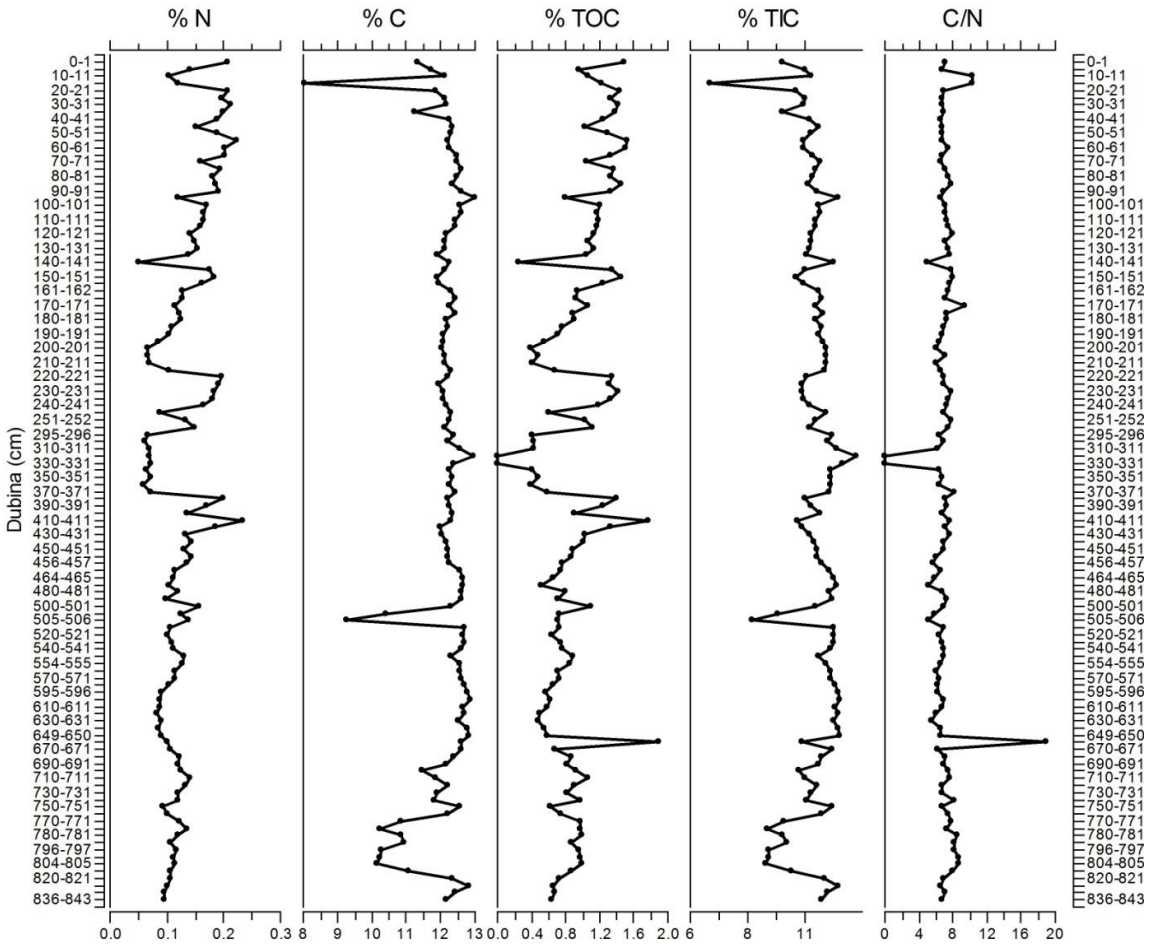
BAJ-7 SLIV	**Ti**	**Al**	**Na**	**K**	**W**	**Zr**	**Ce**	**Sn**	**Y**	**Nb**	**Ta**	**Be**
	%	**%**	**%**	**%**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**	**mg/kg**
BAJ-10 10-20	0,589	10,15	0,2	1,47	4,4	225	128	4,8	27,5	32,7	2,1	6
BAJ-10 40-50	0,581	11,92	0,124	1,41	4,4	250,4	120	4,8	25	34,9	1,9	9
BAJ-10 90-100	0,616	12,28	0,101	1,39	4,9	277,9	130	5,5	26,3	39,7	2	11
BAJ-10 140-150	0,656	12,2	0,111	1,33	7,3	350,2	117	5,1	17,5	47,5	2,6	5
BAJ-10 195-205	0,556	13,35	0,073	1,5	4,7	329,2	136	5,5	49,9	41,7	2,3	10
BAJ-11 PERKA	0,575	11,69	0,124	0,99	4,5	239,2	125	4,3	37,4	32	1,7	8
VP-3 0-30	0,163	3,3	0,047	0,49	0,7	53,5	31	1,3	9,5	7,7	0,4	<1
VP-3 50-100	0,043	0,89	0,011	0,12	0,2	13,8	9	0,3	3	2,2	0,1	<1
VP-3 150-200	0,093	1,65	0,033	0,23	0,5	31,1	25	1	7	4,6	0,3	2
VP-3 250-275	0,308	5,36	0,126	0,71	1,5	99,4	84	2,2	23,2	15	0,9	3
VP-3 350-370	0,508	8,92	0,187	1,16	2,8	152,2	121	4	31	24	1,4	3
VP-3 500-550	0,514	8	0,164	1,08	2,1	145,1	75	3,9	26,4	22,4	1,4	4

BAJ-7 SLIV	Sc	Li	S	Rb	Hf	In	Re	Se	Te	Tl
	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg

BAJ-10 10-20	12	92,3	<0,1	137,4	5,6	0,06	<0,005	<1	<0,5	2,3
BAJ-10 40-50	14	101,3	<0,1	152	5,7	0,07	<0,005	<1	<0,5	2,2
BAJ-10 90-100	15	110	<0,1	138,1	6,7	0,28	<0,005	<1	<0,5	2,4
BAJ-10 140-150	13	82,9	<0,1	153,7	8	0,15	<0,005	<1	<0,5	2,3
BAJ-10 195-205	15	102,2	<0,1	132,1	7,7	0,11	<0,005	1	<0,5	1,8
BAJ-11 PERKA	15	96,8	<0,1	98,3	5,4	0,16	<0,005	<1	<0,5	2,4
VP-3 0-30	6	40,2	<0,1	51,7	1,3	<0,05	<0,005	<1	1,2	0,9
VP-3 50-100	1	12,2	<0,1	12,3	0,3	<0,05	<0,005	<1	1,6	<0,5
VP-3 150-200	3	25,7	<0,1	25,8	0,7	<0,05	<0,005	<1	3	0,5
VP-3 250-275	7	78,7	<0,1	82,8	2,6	<0,05	<0,005	<1	0,9	1,5
VP-3 350-370	14	107,2	<0,1	95,5	3,8	<0,05	0,011	<1	<0,5	2,2
VP-3 500-550	13	92,4	<0,1	35,1	3,9	0,1	<0,005	<1	<0,5	2

4.4.8.2. Rezultati analize ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika

Analiza ukupnog dušika i ugljika, te organskog ugljika (TOC) direktnom metodom, učinjena je na 120 uzoraka jezgre BAJ-7 (slika 113). Tablični prikaz rezultata CN analiza prikazan je u prilogu 3.4. Udio dušika je nizak i varira u gornjem dijelu jezgre od 0 do 420 cm između 0,05 i 0,23 %. Nakon 430 cm su varijacije puno manje i relativno je udio konstantan između 0,08 i 0,14 %. Udio ugljika uglavnom duž cijele jezgre iznosi od 11,08 do 12,86 %, s nižim udjelom na 15 cm (8,05 %), 505 cm (9,26 %) i u intervalu od 770 do 804 cm (10,14-10,95 %). Udio organskog ugljika varira kroz cijelu jezgru između 0 i 1,90 %, s najvećim udjelom na 660 cm, a najnižom na 320 i 330 cm. Viši je udio TOC i na dubinama 230 cm (1,42 %), 380 cm (1,40 %), 410 cm (1,77 %). Udio anorganskog ugljika varira sukladno s varijacijom ukupnog ugljika, a iznosi između 6,82 i 12,2 %. Omjer C/N uglavnom iznosi 5,02 i 9,34, s karakterističnim vrijednostima na dubinama 10 i 15 cm, gdje iznosi 10,23 i 10,16, na 320 i 330 cm je 0, dok je na 660 cm omjer najviši s 18,95.



Slika 113 Udio ukupnog dušika i ugljika, organskog (TOC) i anorganskog ugljika (TIC) te omjer organskog ugljika i dušika (C/N) jezgre BAJ-7.

Rezultati ukupnog dušika i ugljika te organskog ugljika uzoraka iz sliva Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja prikazani su u tablici 57. Analizirano je 12 uzoraka. Udio dušika se kreće u rasponu od 0,02-0,13 %, a udio ugljika od 0,12-2,87 % u jezgri BAJ-10, uzorku BAJ-11 i donjem dijelu VP-3, dok je viši u gornjem dijelu VP-3, vjerojatno zbog povećanog udjela kalcita. Omjer C/N iznosi manje od 10 (4,00-9,92), osim u uzorcima BAJ-11 (12,42) i VP-3 350-370 (11,03).

Tablica 57 Udio ukupnog dušika i ugljika, organskog (TOC) i anorganskog ugljika (TIC) te omjer organskog ugljika i dušika (C/N) iz sliva Baćinskih jezera i Vrgoračkog polja. Također je prikazan omjer organskog ugljika i dušika (C/N).

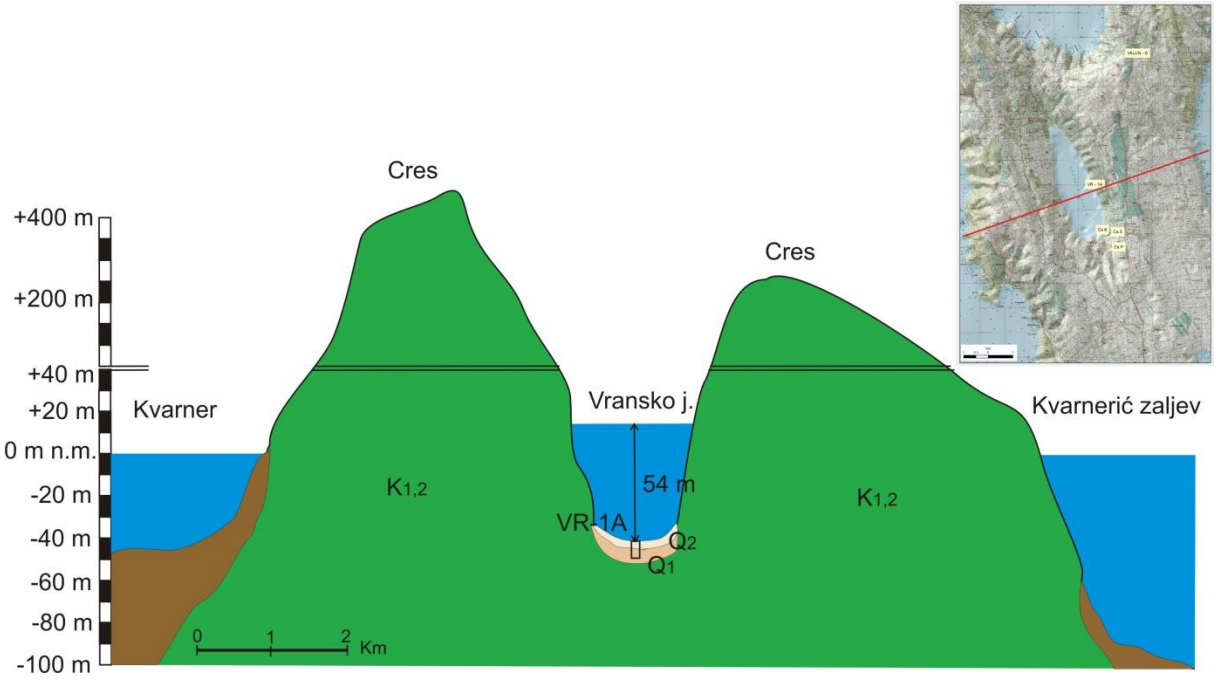
BAJ-7 Sliv	**% N**	**% C**	**% TOC**	**% TIC**	**C/N**
BAJ-10 10-20	0,13	1,33	1,33		9,92
BAJ-10 40-50	0,09	0,71	0,71		7,67
BAJ-10 90-100	0,07	0,40	0,40		5,42
BAJ-10 140-150	0,05	0,18	0,18		4,02
BAJ-10 195-205	0,03	0,12	0,12		4,00
BAJ-11 PERKA	0,23	2,87	2,87		12,42
VP-3 0-30	0,13	9,55	1,00	8,55	7,49
VP-3 50-100	0,04	11,70	0,18	11,53	4,21
VP-3 150-200	0,03	10,34	0,22	10,12	6,78
VP-3 250-275	0,03	5,18	0,28	4,91	8,39
VP-3 350-370	0,02	0,64	0,26	0,38	11,03
VP-3 500-550	0,02	1,92	0,18	1,74	7,50

5. Diskusija

5.1. Razvoj istraživanih jezera i porijeko sedimenata kroz kasni pleistocen i holocen

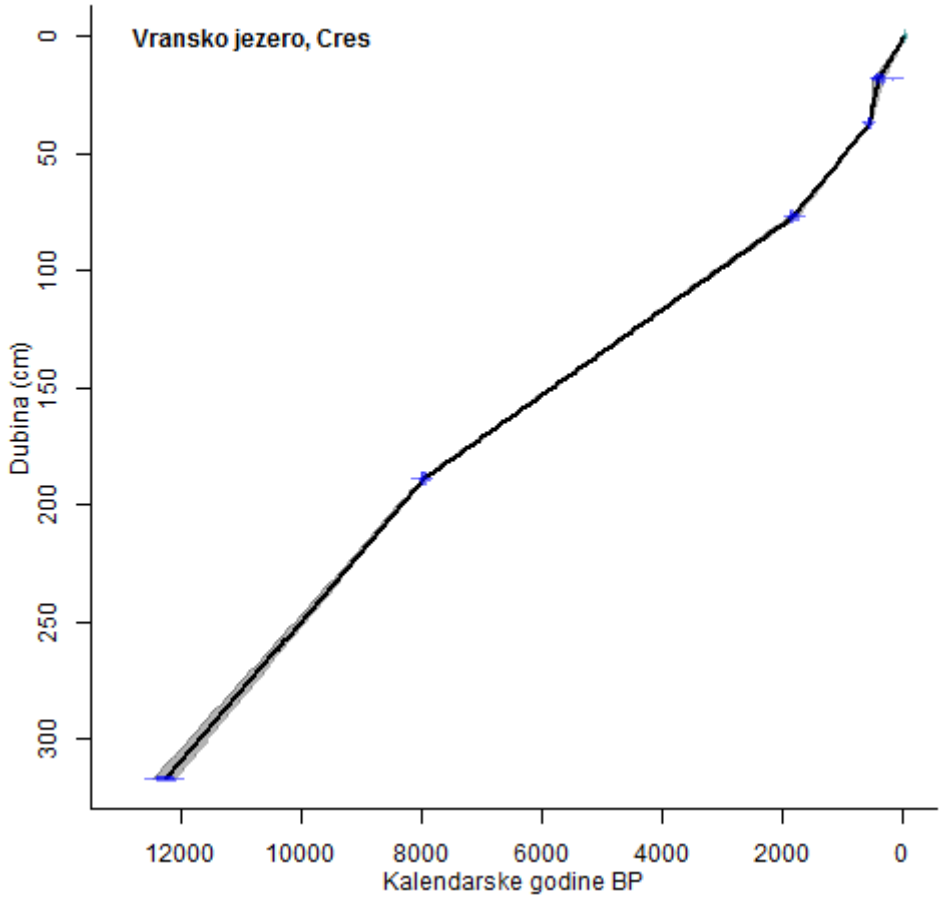
5.1.1. Vransko jezero (Cres)

Vransko jezero na otoku Cresu nalazi se najsjevernije od 4 promatrana jezera u ovom istraživanju, te je jedini smješten na otoku. Okruženo je karbonatnim stijenama, grebenima visine oko 400 m na zapadnoj strani, te do 300 m na istočnoj strani. Sadašnja razina jezera i mora u odnosu na kopno prikazana je na slici 114 (profil kroz područje gdje je uzorkovana jezgra VR-1A). Vransko jezero nema stalnih površinskih pritoka, već se potpuno opskrbljuje padalinama i podzemnom vodom. Pri većim količinama padalina, formiraju se povremeni vodotoci-potoci, posebno na južnoj strani.



Slika 114 Presjek kroz Vransko jezero (Cres) u profilu gdje je uzorkovana jezgra VR-1A (54 m). Oznake: $K_{1,2}$-kredni vapnenci i dolomiti, Q_1-pleistocen, Q_2-holocen, smeđa boja-morski sediment.

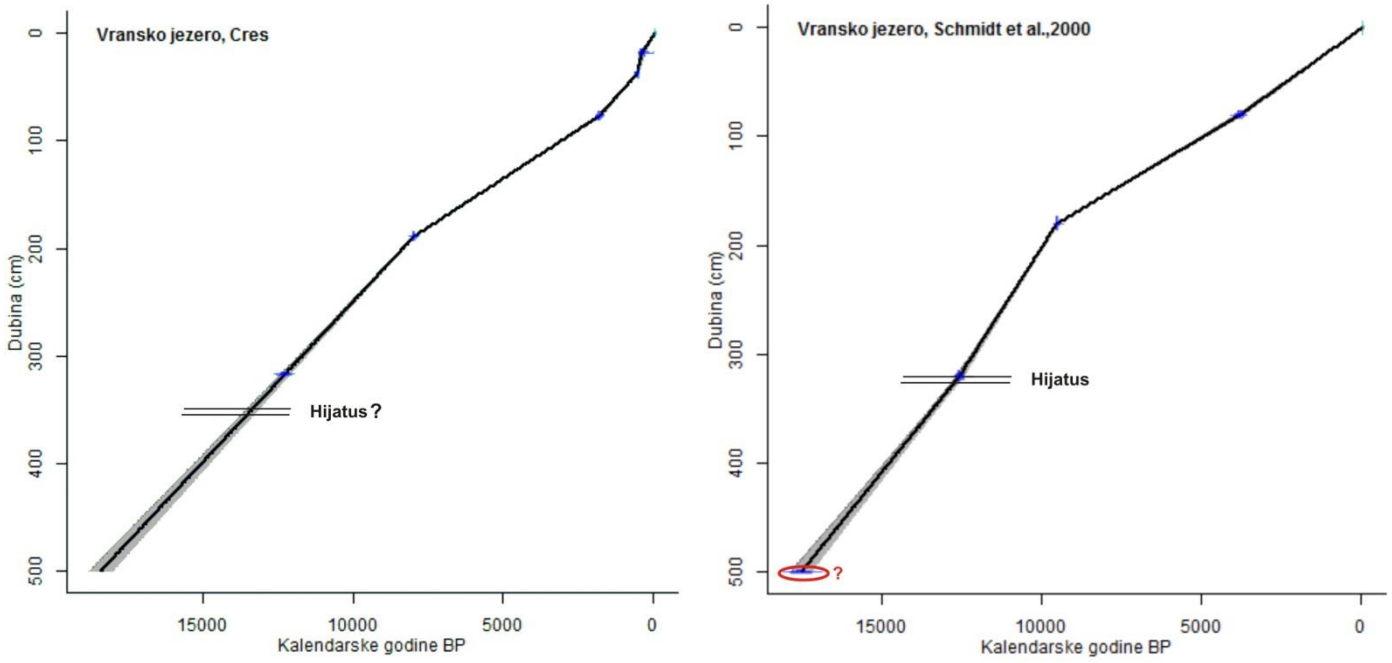
Na temelju datiranja sedimenata ovog jezera napravljen je model dubina/starost i pretpostavljene su brzine sedimentacije (slika 115). Brzina sedimentacije je veća u gornjem dijelu jezgre, od 0-17 cm iznosi 0,043 cm/god, a od 18-36 još je veća i iznosi čak 0,122 cm/god. Nakon toga brzina sedimentacije je manja i od 37-76 cm iznosi 0,031 cm/god. Slijedi period najsporije sedimentacije od 77-188 cm, s brzinama od 0,018 cm/god. U donjem dijelu jezgre od 189-316 cm (na 317 cm je zadnje analizirani datum) brzina sedimentacije je ponovno malo veća i iznosi 0,03 cm/god.



Slika 115 Model dubina/starost Vranskog jezera, starost je izražena u cal BP (kalendarskim godinama BP) ovisno o dubini jezgre. Korišten je program CLAM (Blaauw, 2010), koji koristi Intcal13 kalibracijske krivulje (Reimer et al, 2013), upotrijebljen je model linearne interpolacije.

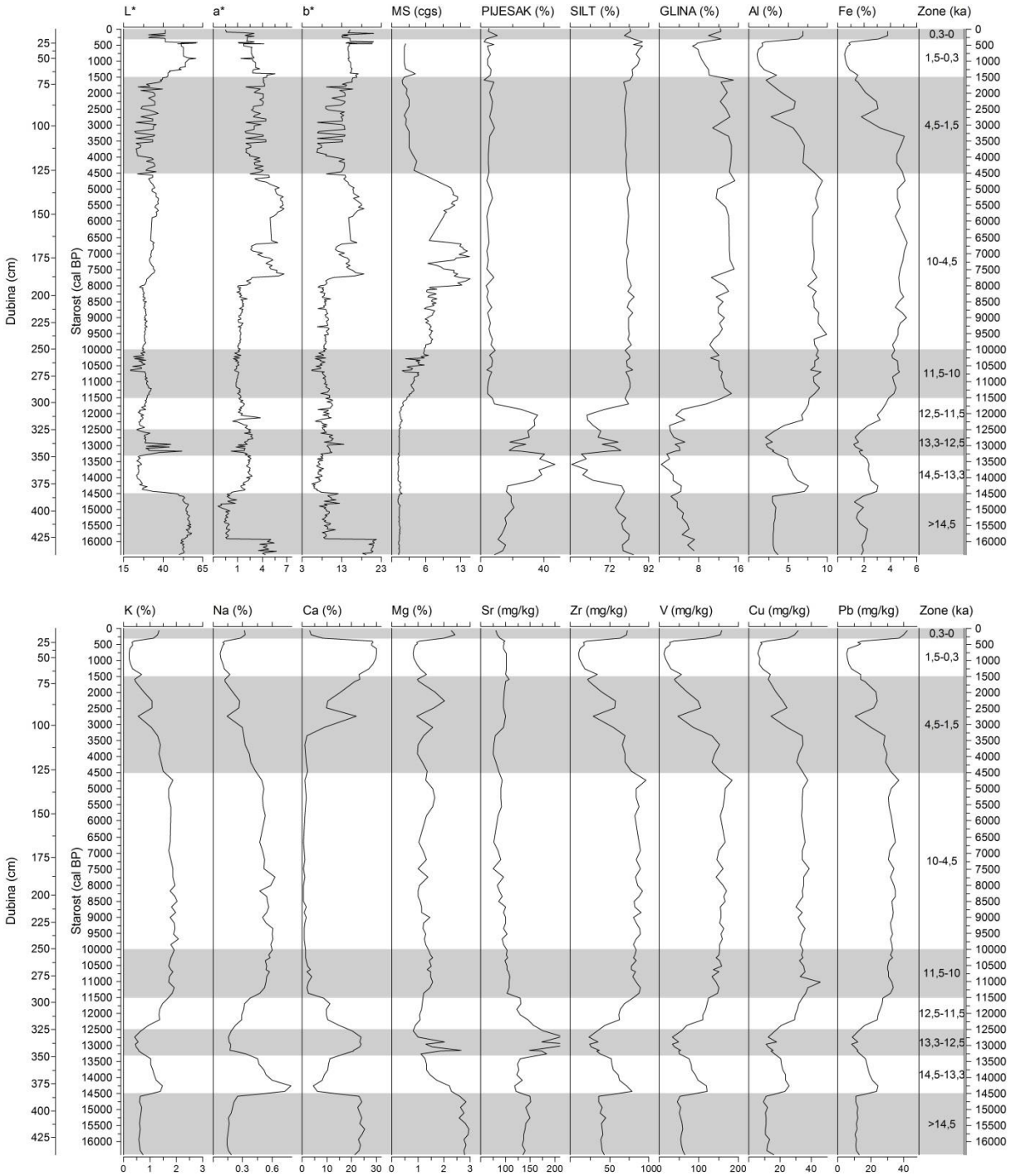
Starost dobivena ovim istraživanjem uspoređena je sa starostima jezgre Vranskog jezera iz Schmidt et al. (2000) (slika 116). Tri uzoraka na kojima je određena starost iz ovog rada nadopunjena su s dva uzorka iz prijašnjeg istraživanja Vranskog jezera plitkim jezgrama. Prema modelu dubina/starost uočljiva je brža sedimentacija u gornjem dijelu jezgre, što nije vidljivo u istraživanju Schmidta et al. (2000). Datum na oko 2 m (180 i 189 cm) jest relativno približan, no razlika je u oko 1 500 godina, za 180 cm iznosi oko 9 500 cal BP (Schmidt et al.), a za 189 cm u ovom istraživanju iznosi 8 000 cal BP. Najstariji datum u ovom istraživanju dobiven je na 317 cm i iznosi oko 12 200 cal BP, a u Schmidtu et al. (2000) datum na 320 cm iznosi oko 12 600 cal BP. Najdublji analizirani uzorak u Schmidt et al. (2000) je na 5 m, na kojem je dobivena starost oko 17 500 cal BP (14,4 ka ^{14}C BP). No, taj datum treba uzeti s oprezom, jer je za datiranje korišten 7 cm interval zbog male količine organske tvari u dominantno karbonatnom matriksu, što je vrlo nepouzdan materijal za određivanje starosti. Prema tome, moguće je da su utvrdili premladu starost tih sedimenata. Linearnom interpolacijom od posljednjeg datuma na jezgri VR-1A na 317 cm, s pretpostavkom da se brzina sedimentacije nije mijenjala došli bi do oko 18 000 cal BP (ako se zanemare datumi na 520 i 733 cm, koji su pokazali starost >40 ka BP). No, vjerojatnija je pojava hijatusa unutar tog perioda. Na temelju geofizičkih mjerenja sedimenata na dnu Vranskog jezera, Schmidt et al. (2000) su uočili diskordancije prije početka mlađeg drijasa, na oko 12,6 ka BP. Također su na temelju palinoloških analiza utvrdili nedostatak sedimenata iz Allerød interstadijala i tu utvrdili hijatus. Istaknuli su da su prije Allerød perioda interglacijalni sedimenti pretaloženi. U jezgri VR-1A pretaloženim sedimentima mogao bi se

karakterizirati interval od 331-345 cm, s ispremiješanim karbonatnim sedimentom u siliciklastičnom matriksu. Hijatus bi se mogao nalaziti u tom intervalu.

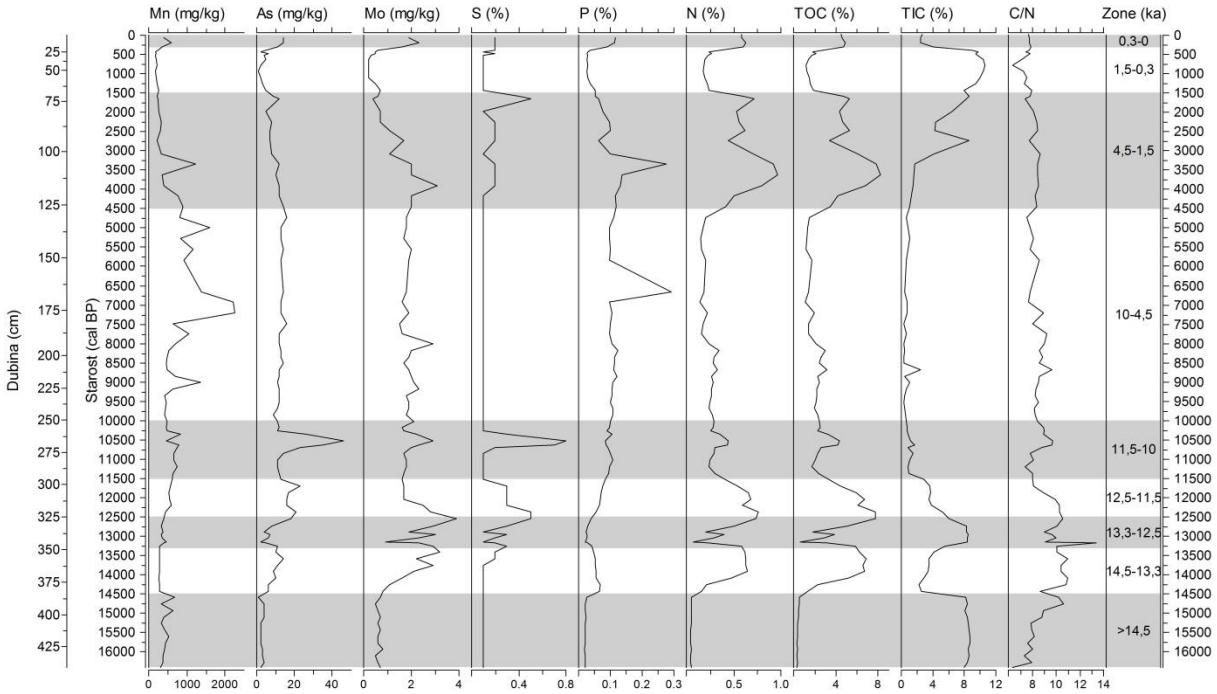


Slika 116 Usporedba modela dubina/starost Vranskog jezera dobivenog ovim istraživanjem i starost iz Schmidt et al. (2000). U jezgri VR-1A utvrđena je starost sedimenata na 5 uzorka, te je označen pretpostavljeni hijatus unutar sedimenata Crvenim krugom označena je upitna starost sedimenta na 5 m iz istraživanja Schmidt et al. (2000), te utvrđeni hijatus u njihovoj jezgri.

Na temelju mineraloških i kemijskih karakteristika izdvojeno je ukupno 10 zona po dubini jezgre, koje su prikazane u poglavlju s rezultatima. Ovdje su te zone promatrane zajedno s ostalim analizama (analizom boje, magnetskog susceptibiliteta, granulometrijskom i analizom ugljika i dušika) i stavljene su u vremenski okvir (slike 117 i 118).



Slika 117 Promjene odabranih parametara kroz jezgru VR-1A s izdvojenim zonama u vremenskoj skali.

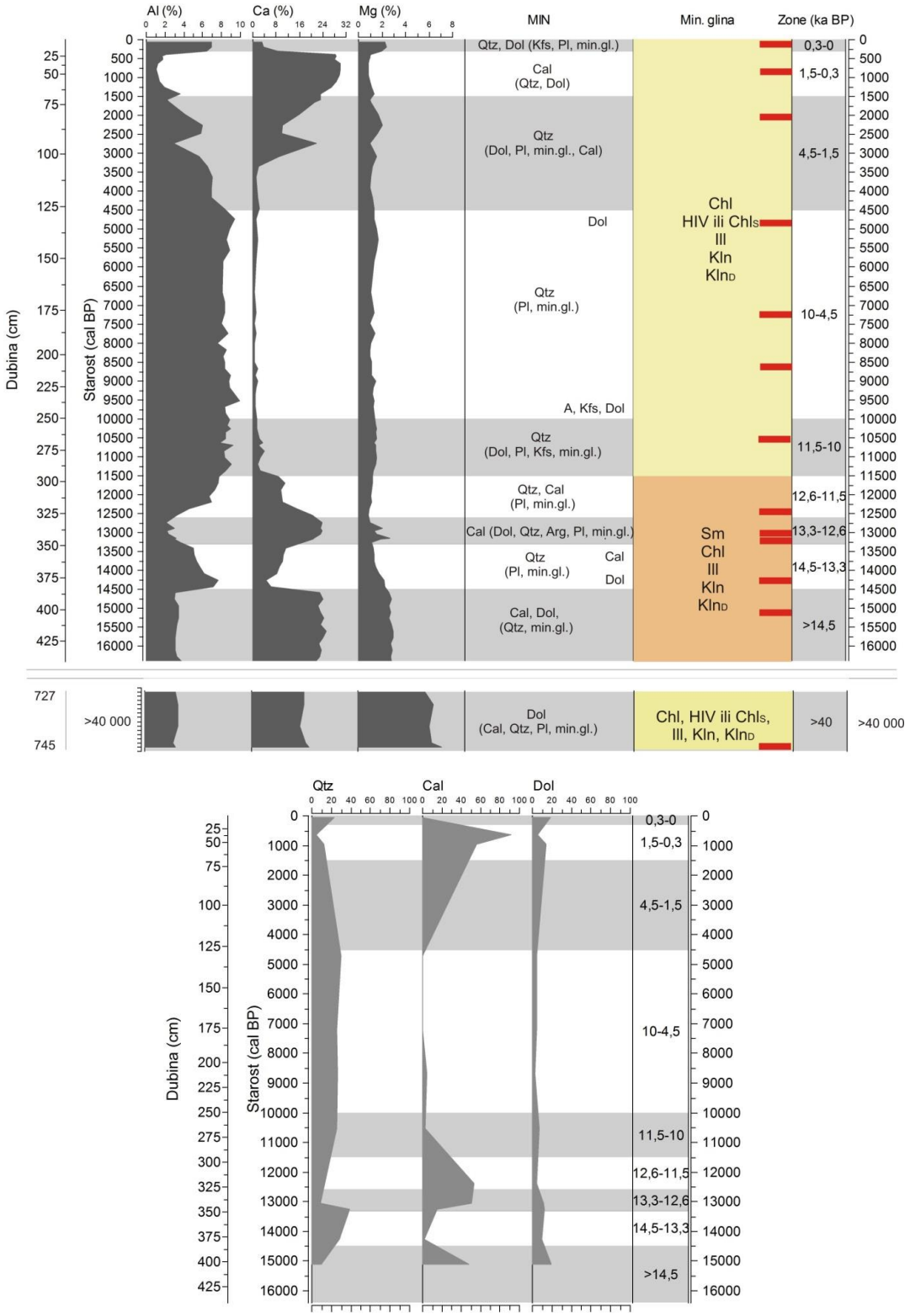


Slika 118 Promjene odabranih parametara kroz jezgru VR-1A s izdvojenim zonama u vremenskoj skali.

U najdubljoj zoni, od 740-726 cm (>40 ka BP), sedimenti su dominantno izgrađeni od minerala dolomita, prisutni su još kalcit, kvarc, plagioklas i minerali glina. Sedimenti iz zone od 440-385 cm (>14,5 ka BP) izgrađeni su od kalcita i dolomita, te manje kvarca i minerala glina. Potom slijedi dominantni siliciklastični materijal pri kraju pleistocenskog perioda, od 385-295 cm (14,5-11,5 ka BP), koji je podijeljen na 2 dijela pojavom ispremiješanog sedimenta u kojem dominira kalcit od 345-325 cm (13,3-12,5 ka BP), ima manje dolomita i kvarca, sadrži i minerale glina i aragonit, prisutno je mnoštvo razlomljenih ljuštura. Stariji interval, od 385-345 cm (14,5-13,3 ka BP) sadrži dominantno kvarc, zatim dolomit, kalcit, te plagioklas i minerale glina. Mlađi interval, od 325-295 cm, koji vremenski pripada mlađem drijasu (12,6-11,5 ka BP), sadrži kvarc i kalcit, uz plagioklas i minerale glina. U starijem holocenskom sedimentu, od 295-250 cm (11,5-10 ka BP) prisutan je dominantno kvarc, a pojavljuju se povremeno dolomit i plagioklas i K-feldspati te minerali glina. Zatim od 250-126 cm slijedi dug period sporog taloženja siliciklastičnog materijala – kvarca, uz minerale glina, manje plagioklasa i K-feldspata (10-4,5 ka BP). U tom je dijelu magnetski susceptibilitet puno viši nego u ostalim dijelovima jezgre, te prevladava frakcija silta, te je također visok udio gline, za razliku od starijeg siliciklastičnog materijala, koji je pjeskovit. Potom od 126-70 cm (4,5-1,5 ka BP) dolazi do smanjenja udjela kvarca i povećanja udjela dolomita i kalcita. Od 70-15 cm (1,5-0,3 ka BP) dominira kalcit, uz manje kvarca i dolomita. U sedimentu od 15-0 cm, što odgovara posljednjih 300 godina, dominiraju kvarc i dolomit, uz plagioklas i K-feldspat te minerali glina. Ukupni mineralni sastav i identificirani minerali glina prikazani su na slici 119, zajedno s Al, Ca i Mg, elementima vezanim za karbonatnu ili siliciklastičnu sedimentaciju, a također je napravljena kvantitativna mineraloška analiza koja je u skladu s kemijskim sastavom.

Minerali glina u jezerskom sedimentu VR-1A pokazali su da najdublji sedimenti (740-745 cm) sadrže klorit, hidroksil interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), illit, te uređen i neuređen kaolinit. Zatim, uzorci u intervalu od 440-295 cm sastoje se od smektita, klorita, illita i uređenog i neuređenog

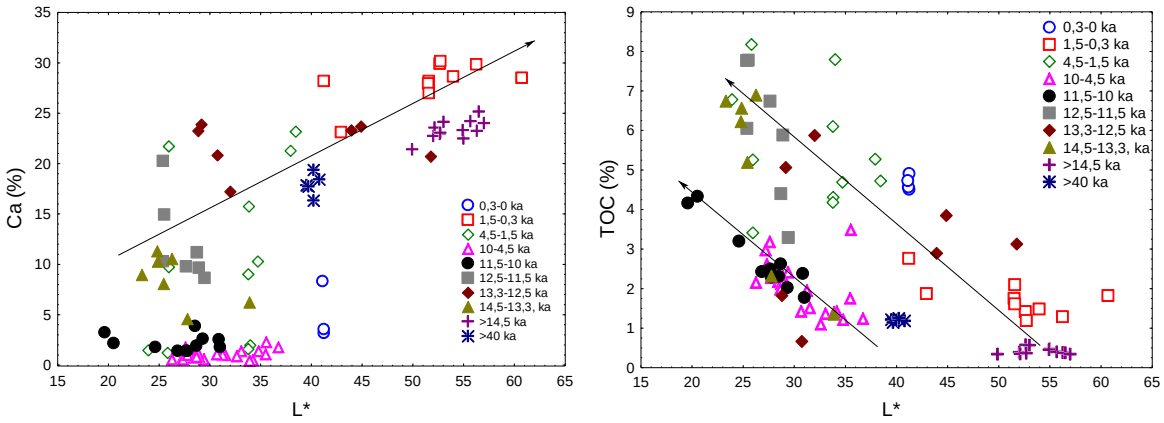
kaolinita. Nakon toga od 295 do 0 cm u uzorcima su prisutni ponovno klorit, hidroksil-interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), ilit i uređen i neuređen kaolinit.



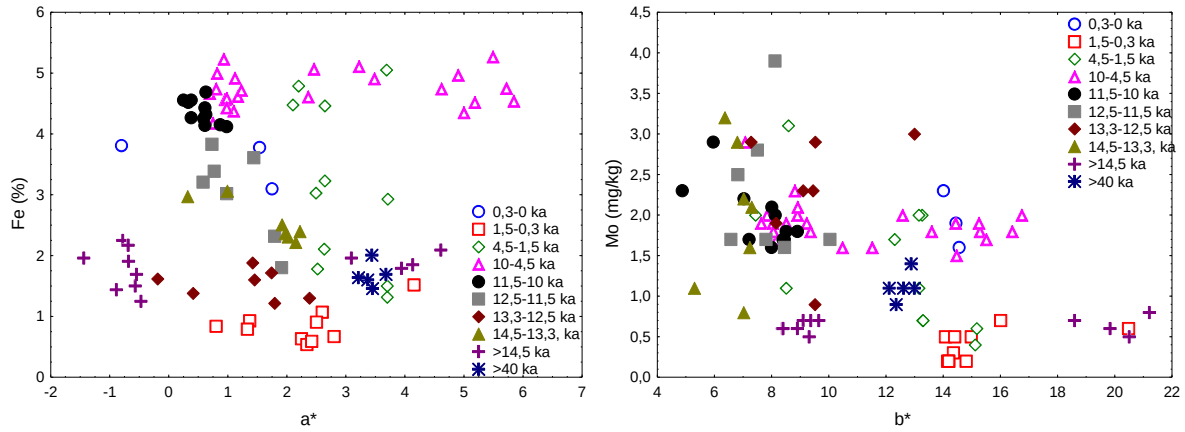
Slika 119 Promjena mineralnog sastava (ukupni i minerali glina) kroz jezgru VR-1A. Žutom bojom su označene zone >40 te od 11,5 do 0 ka BP, koje imaju isti tip minerala glina (Chl, HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D), za razliku od sedimenata iz zona >14,5-11,5 ka BP (narančasta boja), koji imaju drugačije tipove minerala glina (Sm, Chl, Ill, Kln, Kln_D). Analizirani intervali minerala glina prikazani su crvenim pravokutnicima (5 cm intervali). Na donjoj slici prikazan je kvantitativni mineralni sastav uzoraka kroz jezgru VR-1A. Oznake: Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Pl-plagioklas, Kfs-kalijski feldspat, A-amfibol Sm-smektit, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit.

Odnosi između odabranih parametara prikazani su pomoću korelacijske matrice (tablica 58). Za točniju i pravilniju interpretaciju odnosa, sedimenti su stavljeni u vremenski okvir prema prethodno utvrđenim zonama i promatrani pomoću dijagrama raspršenja (slike 120, 121, 122 i 123). Pojedini statistički dobro korelirani parametri, nisu pokazali dobru korelaciju kada se sediment promatrao po dubini odnosno u vremenskoj skali.

Svjetlina boje (L*) pokazuje visoku pozitivnu korelaciju s Ca (r=0,74), što znači da su karbonatniji sedimenti svjetliji. Na dijagramu raspršenja Ca i vrijednosti boje L* vidljivo je da su uzorci grupirani u vremenske intervale dosta raspršeni (slika 120), te da uzorci od 11,5-10 i 10-4,5 ka BP leže na jednom pravcu s vrlo malim udjelom Ca (nema korelacije), a ostali uzorci čine drugi pravac korelacije. U svakom slučaju, najsvjetliji su uzroci s dominantnim kalcitom od 1,5-0,3 ka BP, i > 40 ka BP, koji sadrže dolomit i kalcit. Ukupni anorganski ugljik (TIC) u jezgri sedimenata VR-1A vezan je za Ca (r=0,98), Mg (r=0,63) i Sr (r=0,78). Svjetlina boje L* negativno se korelira s udjelom Al (r=-0,67) i TOC (r=-0,64). Na dijagramu raspršenja možemo uočiti dva korelacijska pravca TOC-a i svjetlosti boje L*, uzorci koji su tamniji (niža vrijednost L*) dobro negativno koreliraju s L*, dok svjetliji uzorci pokazuju slabiju korelaciju s TOC-om (slika 120). Ostali parametri boje nisu pokazali značajniju vezu s nijednim elementom, vjerojatno zbog razrijeđenosti karbonatnim mineralima. Željezo i a* parametar boje, koji označava razliku između crvene i zelene boje, gotovo ne koreliraju (r=0,09), uzorci su vrlo raspršeni (slika 121). Odnos između Mo i b* parametra boje pokazuje slabu negativnu korelaciju (r=-0,38).

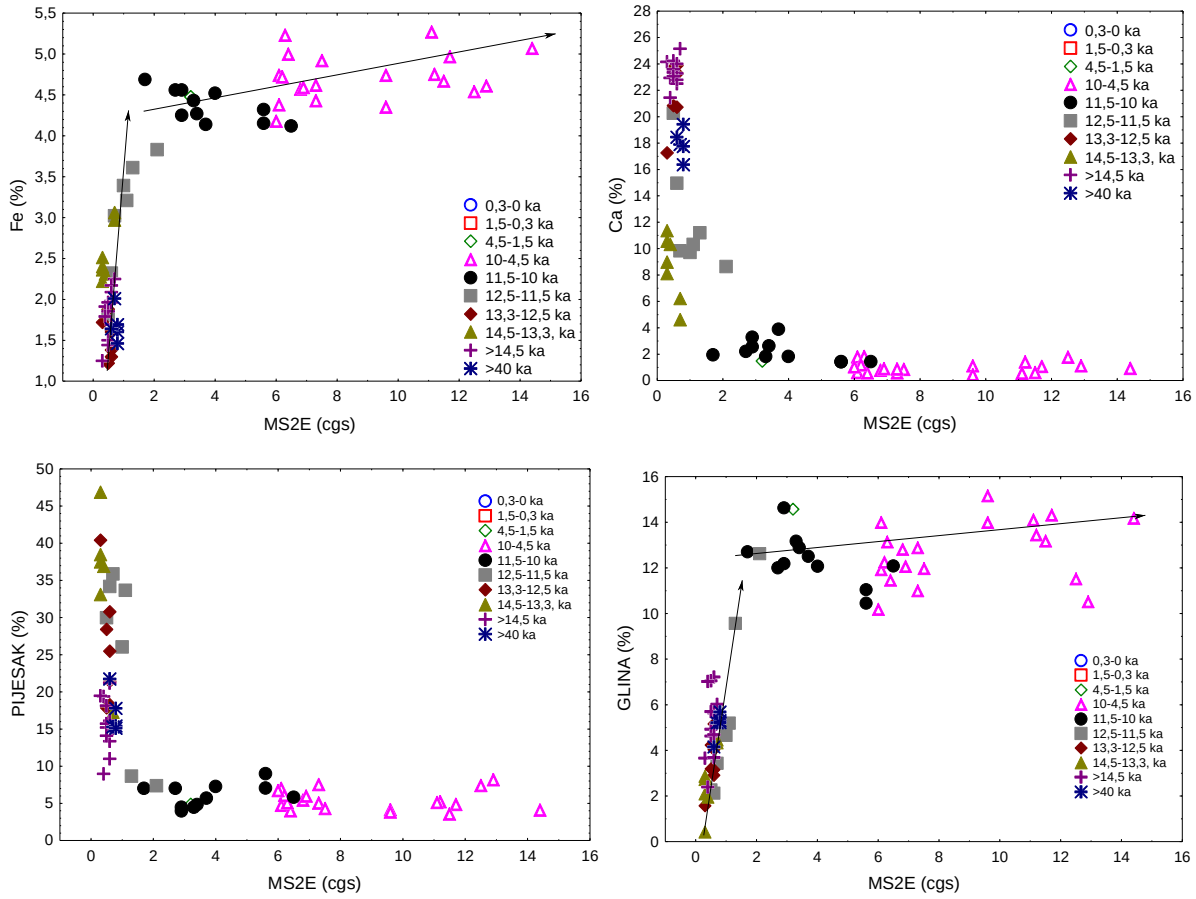


Slika 120 Odnosi između vrijednosti L* za svjetlost boje i Ca i TOC. Uočavaju se označenipravci korelacije.



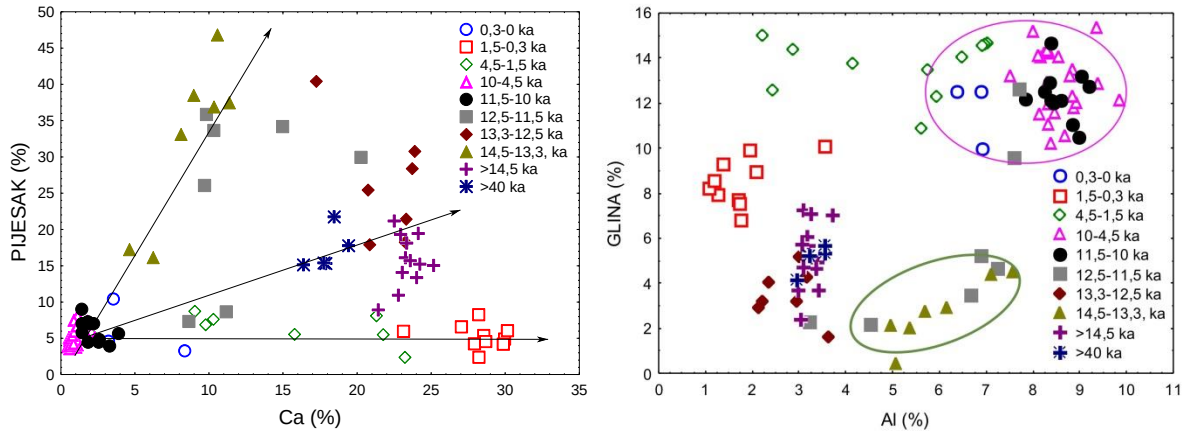
Slika 121 Odnosi između Fe i a*, te Mo i b*.

Magnetski susceptibilitet povezan je s litogenim elementima (Al, Fe, K, Na, Zr, La, V, Cu, Cr, Pb, Zn, Mn), s koeficijentom korelacije između r=0,45-0,80, ali na dijagramu raspršenja MS2E i Fe (korelacija 0,80) vidljiva su 2 pravca (slika 122). Sedimenti s niskim magnetskim susceptibilitetom nalaze se na gotovo horizontalnom pravcu, gdje se mijenja samo udio Fe, to su uzorci starijih sedimenata (> 11,5 ka BP), koji sadrže karbonate (zona >40, >14,5, 13,3-12,6 ka BP), ali i siliciklastične minerale (zona 14,5-13,3, 12,6-11,5 ka BP). Viši magnetski susceptibilitet i viši udio Fe pokazuju uzorci od 11,5-1,5 ka BP, koji se nalaze na drugom korelacijskom pravcu. Magnetski susceptibilitet je u negativnoj korelaciji s udjelom Ca (r=-0,73), no na dijagramu raspršenja vidljivo je da korelacije nema, uzorci s višim udjelom Ca nalaze se na jednom horizontalnom pravcu, a oni s povišenim MS na drugom. Slično vrijedi i za odnos MS i pjeskovite frakcije, dok je odnos MS i udjela gline (r=0,77) sličan odnosu MS i Fe, u kojem sedimenti mlađi od 11,5 ka imaju viši MS i udio gline.



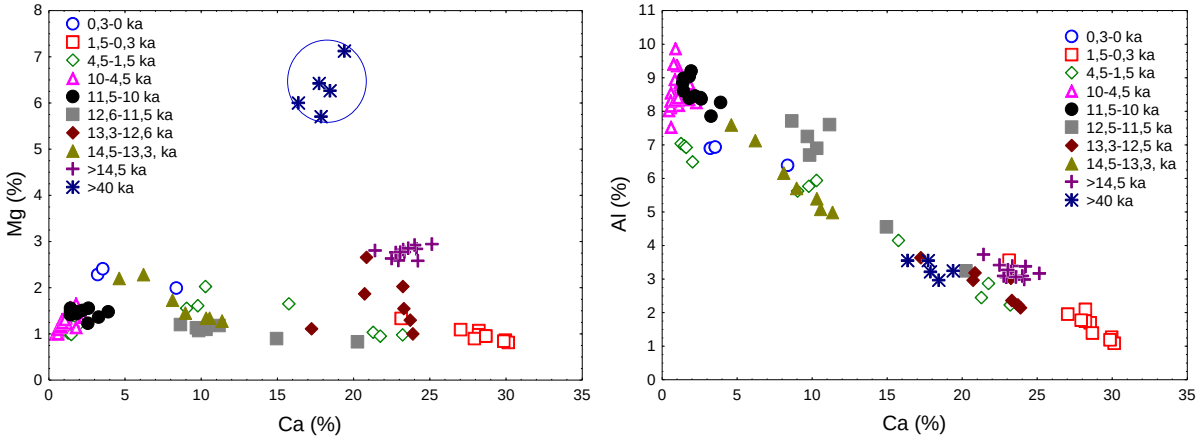
Slika 122 Odnosi Fe, Ca, pjeskovite i glinovite frakcije s magnetskim susceptibilitetom. Izdvojena su 2 korelacijska pravca.

Pjeskovita frakcija pozitivno korelira s udjelom Ca (r=0,53), no na dijagramu raspršenja mogu se izdvojiti 3 korelacijska pravca (slika 123), uzorci iz zona 14,5-13,3 i 12,6-11,5 ka BP su najpjeskovitiji i imaju niži udio Ca, te se udio pijeska smanjuje u uzorcima iz zona >40, >14,5 i 13,3-12,6 u kojima prevladava kalcit i dolomit, i u sedimentima iz zone s najvećim udjelom Ca (1,5-0,3 ka BP) je najniži udio pijeska. Također sedimenti iz zona 11,5-10 i 10-4,5 ka BP, koji imaju nizak udio Ca, imaju i nizak udio pijeska. Aluminij i ostali litogeni elementi pozitivno koreliraju s glinovitom frakcijom (r=0,53-0,90) a negativno s pjeskovitom (r=-0,33 do -0,66). Udio gline i Al pokazuju dobru korelaciju (r=0,81), no sedimenti su raspršeni te oni s najvišim udjelom gline imaju i najveći udio Al. Zanimljivo je istaknuti sedimente iz zone 14,5-13,3 i 12,6-11,5 ka BP, s visokim udjelom Al, ali niskim udjelom glinovite frakcije. Očito su se dva različita siliciklastična materijala taložila u jezero.



Slika 123 Odnosi između udjela pijeska i Ca s 3 izdvojena korelacijska pravca, te odnos udjela gline i Al, s 2 izdvojena kruga.

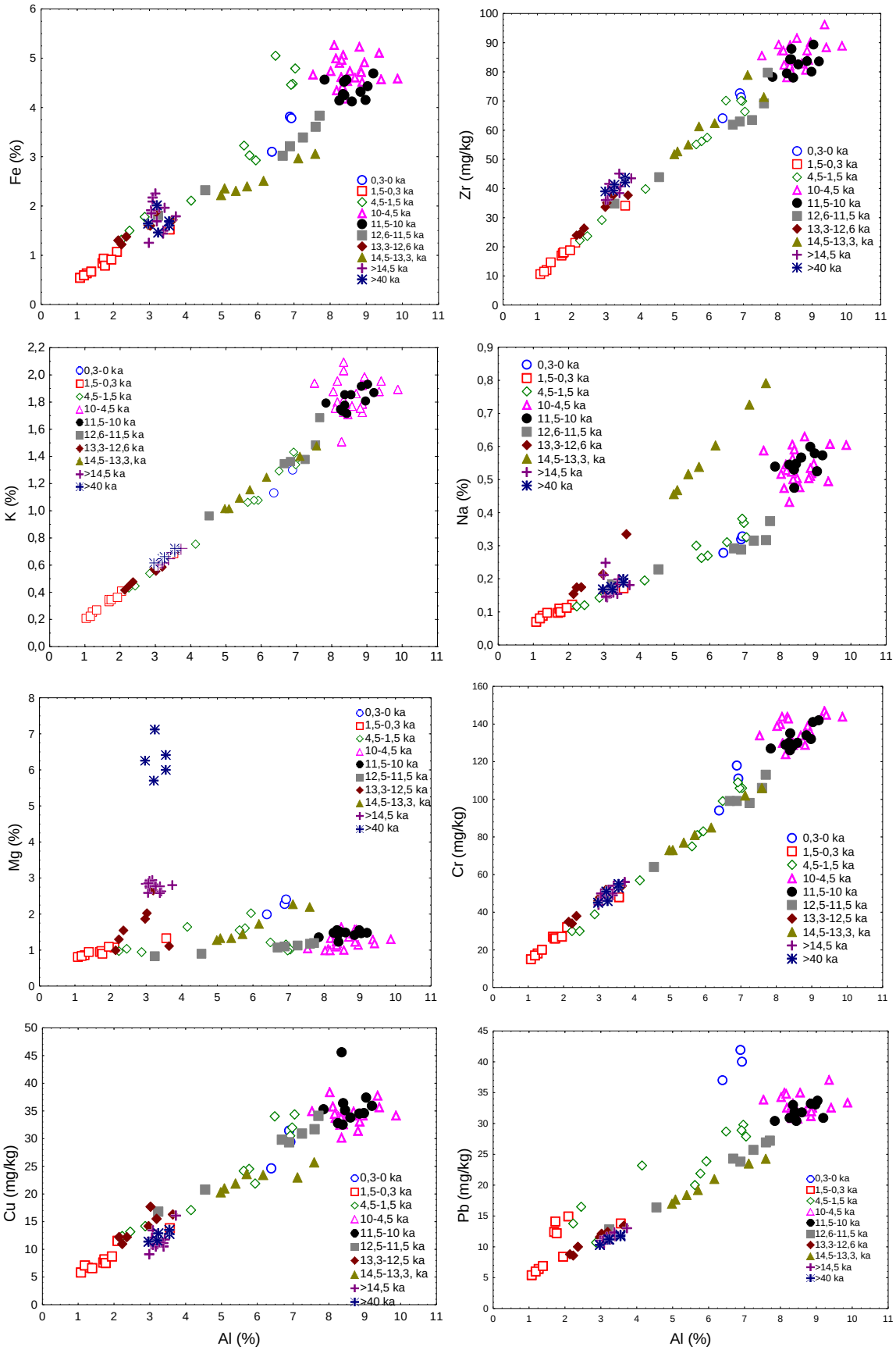
Udjeli Ca i Mg ne pokazuju dobru korelaciju (r=0,50), zbog toga jer je Mg djelomično vezan za kalcit, dolomit, te minerale glina. Vidljivo je iz dijagrama da Mg dominira u najdubljim uzrocima (>40 ka), s većim udjelom dolomita (slika 124). Udjeli kalcija i aluminija su dobro negativno korelirani.



Slika 124 Odnos Ca i Mg, te Ca i Al, u uzorcima jezerskih sedimenata, grupiranih u vremenski raspon. Kalcij i Al su međusobno negativno povezani, dok je Mg djelomično vezan za Ca, posebno se izdvaja zona s povećanim udjelom dolomita u najdubljim sedimentima (> 40 ka).

Litogeni elementi (Fe, K, Na, La, Zr, V, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn) su vrlo dobro pozitivno korelirani s aluminijem (r=0,88-0,99). Aluminij negativno koreliran s Ca (r=-0,97), Mg (r=-0,54) i Sr (r=-0,81), koji su sadržani u karbonatnim mineralima kalcitu i dolomitu. Željezo i mangan se međusobno dobro koreliraju (r=0,59). Ukupni N vezan je za organsku tvar (TOC, r=0,99). Također vrlo dobro korelira sa S (r=0,42), Mo (r=0,78) i As (r=0,52), koji su vezani za reduktivne uvjete u jezeru. Fosfor je vezan za litogene elemente (r=0,59-0,86), a djelomično korelira i s Mn (r=0,49), Mo (r=0,31) i As (r=0,45).

Natrij u uzorcima od 14,5-13,3 ka pokazuje obogaćenje, što je indikator trošenja siliciklastičnog materijala i povećanog udjela plagioklasa i minerala glina (smektita). Ti su minerali utvrđeni rendgenskim analizama. Magnezij i Al negativno koreliraju (r=-0,54), no na dijagramu raspršenja vidljivo je da korelacije nema, a uzorci iz zone > 40 ka BP imaju povišen udio dolomita. Olovo je vezano za litogene minerale, no pokazuje povišenje u gornjim dijelovima jezgre, u uzorcima 0,3-0 ka, te u nekim uzorcima unutar zone 1,5-0,3 i 4,5-1,5 ka, što bi moglo upućivati na atmosfersko onečišćenje pod antropogenim utjecajem (Shotyk et al., 2001).

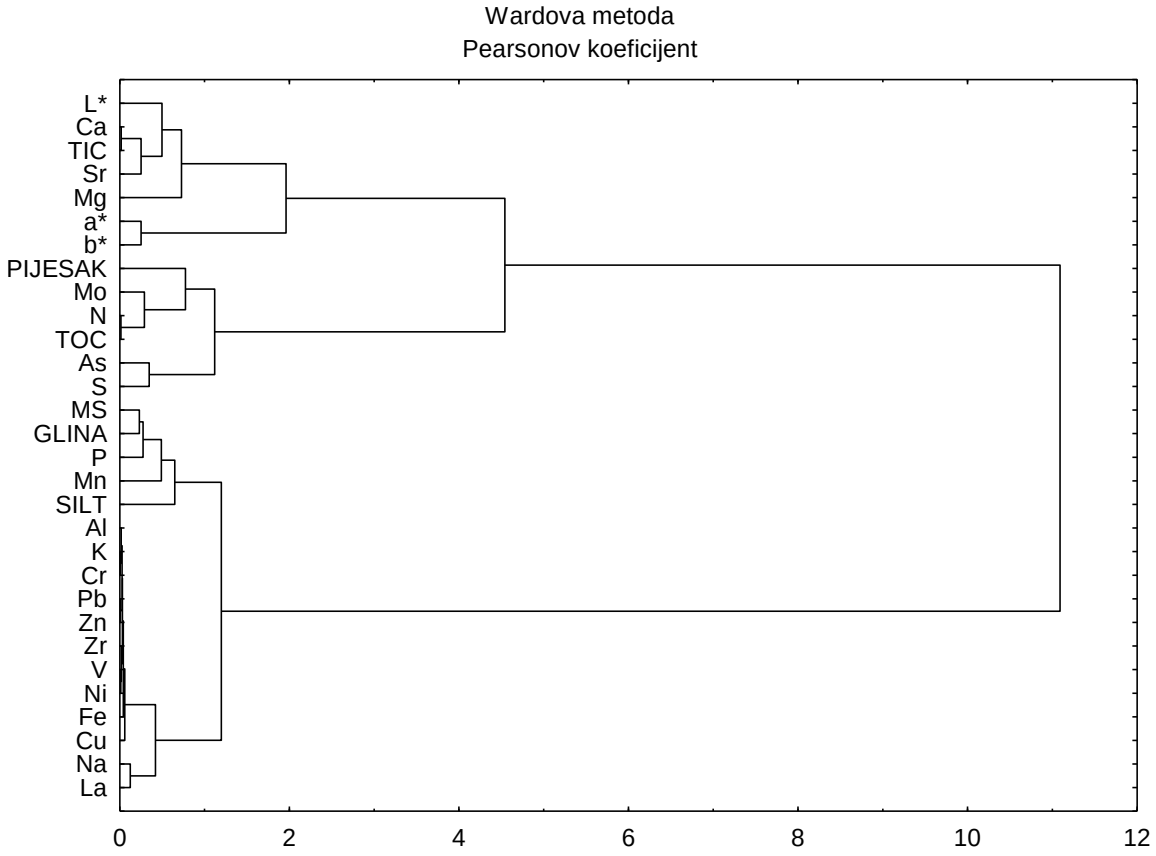


Slika 125 Odnosi analiziranih elemenata (Fe, Zr, K, Na, Mg, Cr, Cu i Pb) s Al u jezgri VR-1A.

Tablica 58 Korelacijska matrica odabranih analiziranih parametara u jezgri VR-1A, koji uključuju spektralnu analizu boje (L*a*b*), magnetski susceptibilitet (MS), granulometrijske i kemijske analize (na sljedećoj stranici).

	L*	a*	b*	MS	PIJES.	SILT	GLINA	Al	Fe	K	Na	Ca	Mg	Sr	Zr	La	V	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn	As	Mn	Mo	S	P	N	TOC	TIC
L*	1,00																													
a*	-0,07	1,00																												
b*	0,50	0,75	1,00																											
MS	-0,31	0,36	0,18	1,00																										
PIJES.	0,04	-0,07	-0,23	-0,63	1,00																									
SILT	0,15	0,01	0,27	0,49	-0,96	1,00																								
GLINA	-0,35	0,16	0,11	0,77	-0,89	0,73	1,00																							
Al	-0,67	0,03	-0,24	0,70	-0,59	0,40	0,81	1,00																						
Fe	-0,59	0,09	-0,13	0,80	-0,69	0,50	0,90	0,95	1,00																					
K	-0,66	0,03	-0,23	0,74	-0,61	0,42	0,83	0,99	0,96	1,00																				
Na	-0,68	-0,01	-0,35	0,59	-0,38	0,22	0,58	0,88	0,79	0,88	1,00																			
Ca	0,74	-0,12	0,24	-0,73	0,53	-0,32	-0,78	-0,97	-0,94	-0,97	-0,91	1,00																		
Mg	0,50	0,18	0,33	-0,37	0,07	0,10	-0,34	-0,54	-0,54	-0,54	-0,51	0,50	1,00																	
Sr	0,40	-0,22	-0,03	-0,71	0,67	-0,53	-0,79	-0,81	-0,84	-0,82	-0,70	0,83	0,17	1,00																
Zr	-0,61	0,06	-0,18	0,75	-0,65	0,46	0,85	0,98	0,96	0,98	0,87	-0,96	-0,49	-0,86	1,00															
La	-0,68	-0,09	-0,38	0,45	-0,33	0,17	0,53	0,89	0,76	0,85	0,88	-0,84	-0,50	-0,62	0,84	1,00														
V	-0,62	0,09	-0,16	0,77	-0,66	0,47	0,87	0,98	0,98	0,98	0,85	-0,97	-0,51	-0,86	0,98	0,81	1,00													
Cr	-0,64	0,05	-0,20	0,75	-0,64	0,45	0,85	0,99	0,97	0,99	0,87	-0,97	-0,54	-0,83	0,99	0,83	0,99	1,00												
Ni	-0,60	0,13	-0,11	0,78	-0,68	0,48	0,89	0,97	0,98	0,98	0,83	-0,96	-0,49	-0,86	0,98	0,78	0,99	0,99	1,00											
Cu	-0,72	0,07	-0,23	0,69	-0,56	0,34	0,81	0,96	0,94	0,96	0,82	-0,95	-0,59	-0,76	0,95	0,82	0,95	0,96	0,95	1,00										
Pb	-0,66	0,04	-0,21	0,75	-0,63	0,43	0,85	0,98	0,98	0,99	0,85	-0,97	-0,57	-0,82	0,98	0,82	0,99	0,99	0,99	0,97	1,00									
Zn	-0,67	0,06	-0,20	0,73	-0,64	0,43	0,87	0,97	0,97	0,98	0,81	-0,96	-0,55	-0,81	0,97	0,79	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00								
As	-0,66	0,00	-0,32	0,25	-0,17	0,02	0,40	0,55	0,55	0,54	0,44	-0,56	-0,41	-0,36	0,50	0,48	0,54	0,54	0,52	0,60	0,54	0,56	1,00							
Mn	-0,14	0,27	0,20	0,71	-0,44	0,32	0,56	0,46	0,59	0,45	0,30	-0,44	-0,28	-0,45	0,49	0,30	0,48	0,47	0,52	0,46	0,48	0,47	0,23	1,00						
Mo	-0,70	0,06	-0,38	0,16	0,22	-0,38	0,10	0,27	0,27	0,28	0,29	-0,37	-0,56	0,03	0,20	0,24	0,26	0,26	0,23	0,37	0,30	0,33	0,55	0,06	1,00					
S	-0,25	-0,01	-0,20	-0,30	0,25	-0,25	-0,21	-0,17	-0,15	-0,17	-0,21	0,12	0,14	0,23	-0,23	-0,15	-0,17	-0,18	-0,19	-0,10	-0,18	-0,14	0,65	-0,16	0,39	1,00				
P	-0,56	0,21	-0,07	0,72	-0,54	0,35	0,76	0,80	0,86	0,82	0,68	-0,84	-0,46	-0,74	0,82	0,59	0,85	0,84	0,86	0,82	0,86	0,85	0,45	0,49	0,31	-0,14	1,00			
N	-0,69	-0,06	-0,50	-0,17	0,49	-0,64	-0,15	0,18	0,10	0,15	0,19	-0,24	-0,51	0,10	0,08	0,28	0,12	0,13	0,09	0,27	0,17	0,20	0,52	-0,14	0,78	0,42	0,17	1,00		
TOC	-0,64	-0,06	-0,50	-0,23	0,59	-0,73	-0,27	0,08	0,00	0,06	0,14	-0,16	-0,46	0,18	-0,01	0,21	0,02	0,03	-0,01	0,17	0,07	0,09	0,48	-0,18	0,77	0,44	0,08	0,99	1,00	
TIC	0,74	-0,06	0,28	-0,72	0,49	-0,27	-0,76	-0,97	-0,94	-0,97	-0,91	0,98	0,63	0,78	-0,96	-0,85	-0,96	-0,97	-0,95	-0,96	-0,97	-0,96	-0,57	-0,44	-0,41	0,15	-0,83	-0,29	-0,21	1,00

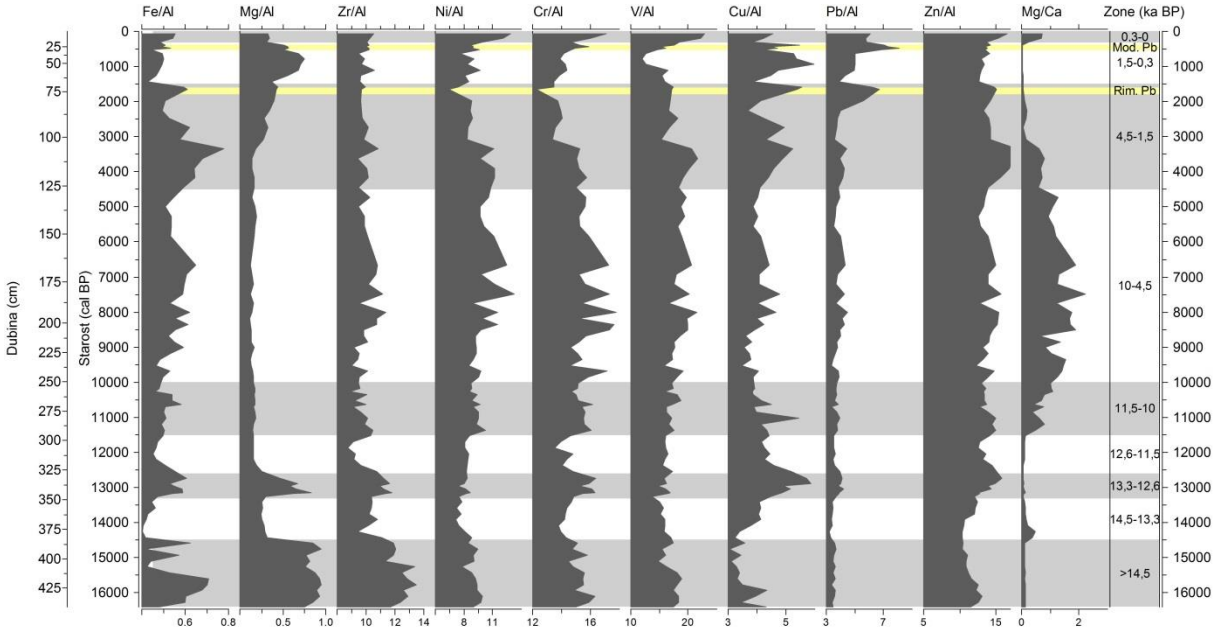
Grupiranje pojedinih parametara učinjeno je pomoću klaster analize (Ward-ovom metodom hijerarhijskog grupiranja, s Pearsonovim koeficijentima korelacije) (slika 126). Rezultati grupiranja u skladu su s prethodnim opisima međusobne korelacije analiziranih parametara. Svjetlost boje (L*), TIC, Ca, Sr i Mg čine jedan klaster kojeg bih nazvala karbonatni klaster. Kalcij je dominantni element prisutnih karbonatnih minerala u sedimentima, kalcita i dolomita. U strukturu tih minerala često ulaze Mg i Sr, te ih se povezuje s karbonatnim mineralima. Pjeskovita frakcija, N, TOC, Mo, S i As čine sljedeći klaster, klaster reduktivnih uvjeta. Dušik i TOC su nutritivni elementi, koji pospješuju primarnu produkciju u jezeru i koji se akumuliraju u jezeru u reduktivnim uvjetima, te se vežu s mobilnim elementima (Mo, S i As). Odvojenu grupu čine magnetski susceptibilitet, glinovita i siltna frakcija, P i Mn, koji se vežu sa sljedećim klasterom kojeg čine litogeni elementi (Al, K, Cr, Ni, Zr, V, Pb, Zn, Fe, te La i Na). Te dvije skupine čine siliciklastični klaster. Fosfor i mangan su u jezgri VR-1A vezani za litogene elemente, te generalno nisu vezani za reduktivne uvjete.



Slika 126 Klaster analiza dobivenih rezultata jezgre VR-1A (Ward-ova metoda hijerarhijskog grupiranja pomoću Pearsonovih koeficijenata korealcije), pomoću koje su izdvojena 3 veća klastera – karbonatni, reduktivni i siliciklastični.

Za pomoć pri interpretaciji procesa koji su se događali u jezeru, pojedini elementi su normalizirani. Karbonatni minerali sadrže malu količinu elemenata u tragovima. Kako bi se eliminirao utjecaj veličine čestica i karbonata, uzorci su normalizirani prema Al. Aluminij je detritični element, koji se ponaša konzervativno u jezerskim okolišima, nije pod utjecajem antropogenog donosa i dijagenetskih promjena (Förstner & Wittmann, 1981; Covelli & Fontolan, 1997).

Omjeri prikazani na slikama 127 i 128 mijenjaju se ovisno o mineralnom sastavu odnosno udjelu karbonatnih minerala i kvarca. Udjeli Fe, Ni, Cr, V i Cu su dosta visoki u dijelu od 10-4,5 ka BP, gdje nisu prisutni karbonati, nego ima više kvarca i plagioklasa, te minerala glina. U tom intervalu prevladava siltna i glinovita frakcija, za razliku od donjeg dijela, gdje je siliciklastični materijal vezan za pjeskovitu frakciju. Također je u sedimentu koji je taložen u razdoblju od 10-4,5 ka BP povišen magnetski susceptibilitet, s maksimalnim vrijednostima u sedimentu starom od 8-6,5 ka BP. Očito je porijeklo tog materijala drugačije od dubljeg i starijeg siliciklastičnog materijala.



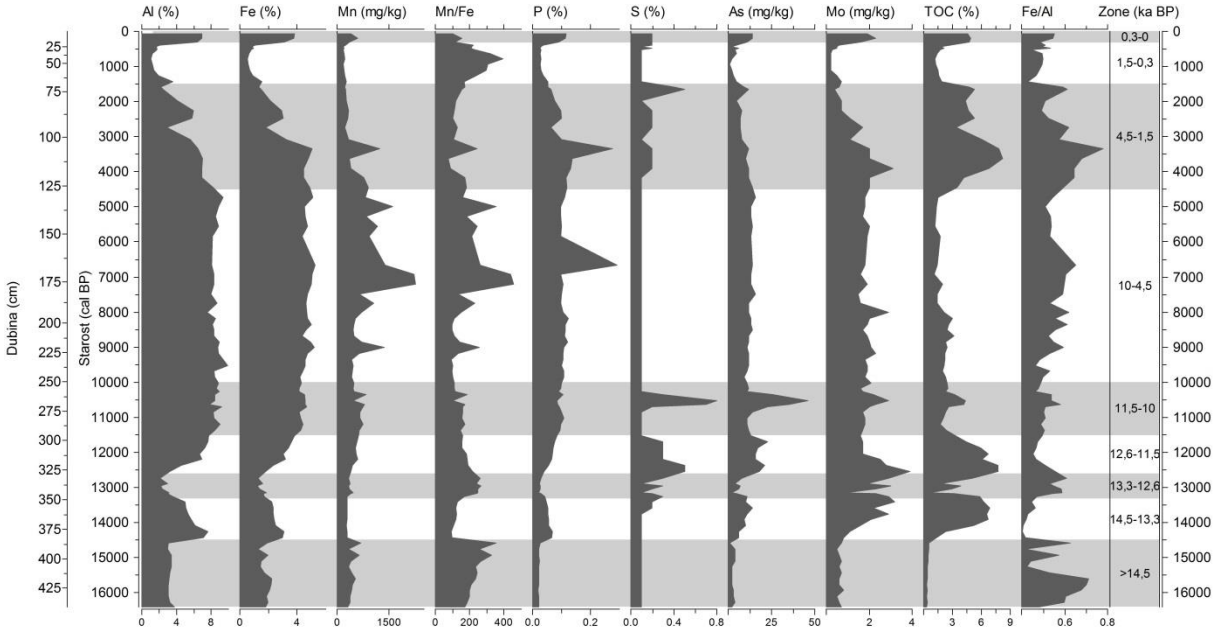
Slika 127 Promjena pojedinih elemenata normaliziranih prema Al kroz jezgru VR-1A. Žutom bojom su istaknuti intervali s povećanim koncentracijama Pb, kao rezultat atmosferskog obogaćenja u rimskom i modernom dobu.

Koncentracije elemenata u tragovima (Cr, Ni, V, Cu, Pb i Zn) povišene su u sedimentima taloženim u posljednjih 300 godina, što je posljedica povišenog udjela tih elemenata u atmosferi, pod antropogenim utjecajem. Za olovo su karakteristična 2 perioda povišenih vrijednosti, rimski i moderni period (Shotyk et al., 1998; Brannvall et al., 2001), te su njihovi maksimumi uočeni i u jezgri VR-1A. Rimski period odgovarao bi intervalu od 70-80 cm (1 900-1 600 cal BP=50-350 cal AD). Nakon rimskog perioda uslijedilo je sniženje udjela olova i pripisuje se prestanku rudarenja nakon pada Rimskog carstva u periodu od 400 AD pa do 900 AD. Ponovni porast udjela olova u modernom dobu uočava se u intervalu od 20-30 cm jezerskog sedimenta (posljednjih 500 do 400 godina). Na temelju distribucije i promjena odnosa izotopa olova ($^{206}Pb/^{207}Pb$) u sedimentima Vranskog jezera, Miko et al. (2008) su utvrdili da oni sadrže neporemećenu kronologiju atmosferskog taloženja olova tijekom mlađeg holocena, istovjetnu s onom utvrđenom u ostalim sedimentima u Europi.

Na temelju omjera Mg/Ca možemo vidjeti intervale u kojima je niži udio karbonantnih minerala, kalcita i dolomita (viši omjer Mg/Ca), za razliku od sedimenata u kojima je niži omjer Mg/Ca i gdje

prevladavaju kvarc i minerali glina. Magnezij je vezan za siliciklastične minerale (minerale glina) i dolomit, a Ca za kalcit i dolomit, te Ca i Mg koreliraju samo djelomično. Kalcita i prema tome Ca ima najmanje u vremenski najdužem periodu, od 10-4,5 ka BP, te najmlađem periodu, u posljednjih 300 godina, u kojima je niži omjer Mg/Ca.

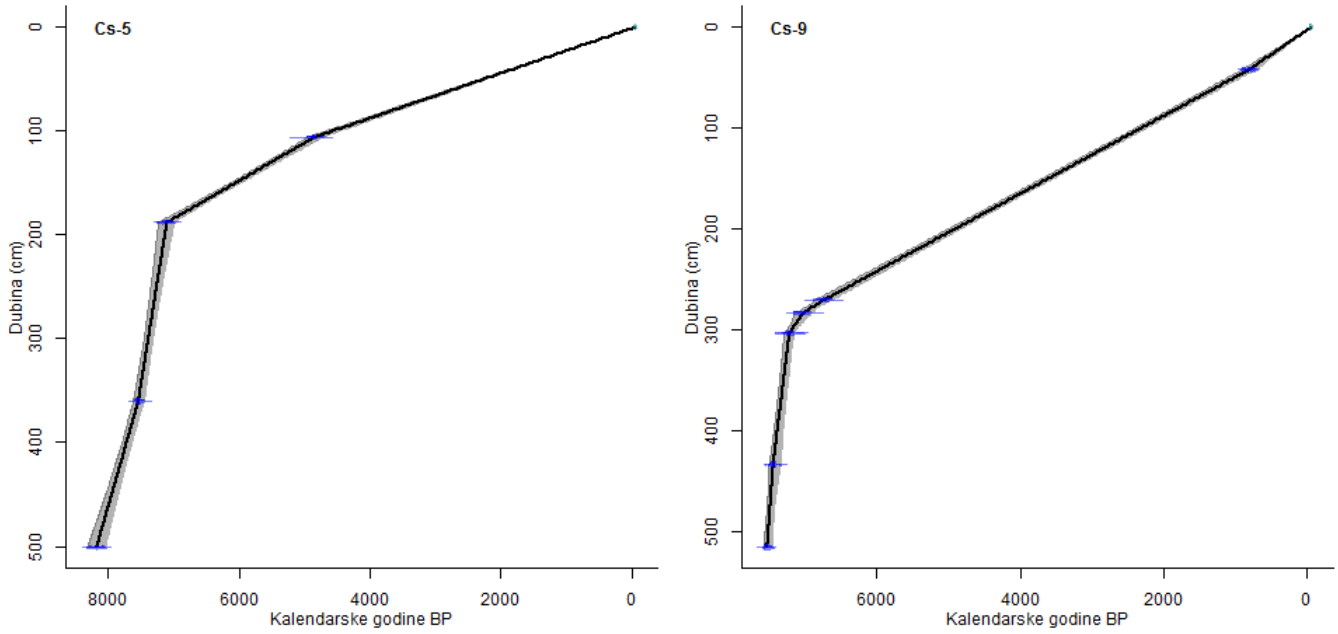
Ponašanje elemenata Fe i Mn u jezerima je osjetljivo na redoks uvjete te se stoga koriste kao indikatori paleo-reduktivnih uvjeta u jezeru. Omjer Mn/Fe često se koristi za rekonstrukciju redoks uvjeta (Koinig et al., 2003; Och et al., 2012; Naeher et al., 2013). U reduktivnim uvjetima Mn se brže reducira od Fe (niži udio Mn), čime se smanjuje omjer Mn/Fe, dok se pod oksičnim uvjetima Fe brže oksidira i akumulira se Mn te je omjer Mn/Fe viši. Niži omjer Mn/Fe i reduktivniji uvjeti podudaraju se s povišenim udjelom Mo. Povišen udio sumpora u sedimentu vezan je i za povišenje udjela As i Mo, koje može fiksirati u reduktivnim uvjetima.



Slika 128 Promjene odabranih elemenata kroz jezgru i omjera Mn/Fe kao indikatora paleo redoks uvjeta u jezeru.

Porijeklo sedimenata Vranskog jezera na Cresu

Rezultati analiza jezerskog sedimenta u dubokom dijelu jezera uspoređeni su s onima iz jezgri sedimenata u južnom obalnom dijelu, bliže (Cs-9) i dalje (Cs-5) od jezera. Te su jezgre datirane prijašnjim istraživanjima (Mesić et al., 2007), te su njihove krivulje dubine/starosti prikazane na slici 129. U oba profila uočavaju se početne manje brzine sedimentacije, do 190 cm (7 100 cal BP) u jezgri Cs-5 (0,02 cm/g), a u jezgri Cs-9 do 303 cm (7 200 cal BP) iznosi 0,05 cm/g. U donjem dijelu jezgri sedimentacija je puno brža i iznosi 0,31 cm/g (Cs-5) i 0,71 cm/g (Cs-9).

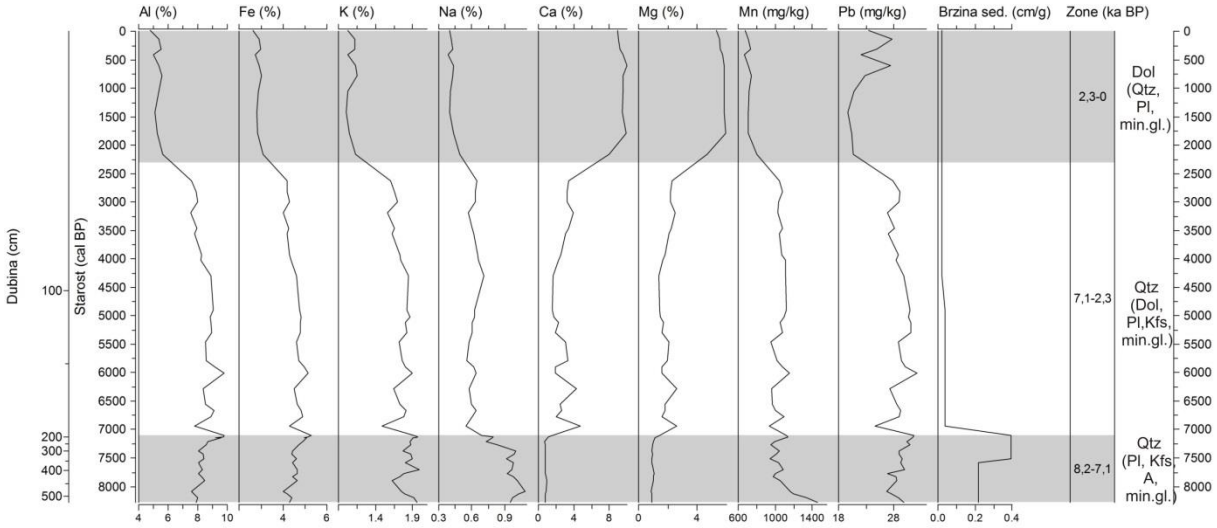


Slika 129 Modeli dubina/starost jezgri Cs-5 i Cs-9 koje se nalaze u aluvijalnoj lepezi na južnoj obali Vranskog jezera odnosno uz sam njegov rub. Starosti su preuzete iz Mesić et al. (2007). Korišten je program CLAM (Blaauw, 2010), s Intcal13 kalibracijskim krivuljama (Reimer et al, 2013), upotrijebljena je linearna interpolacija.

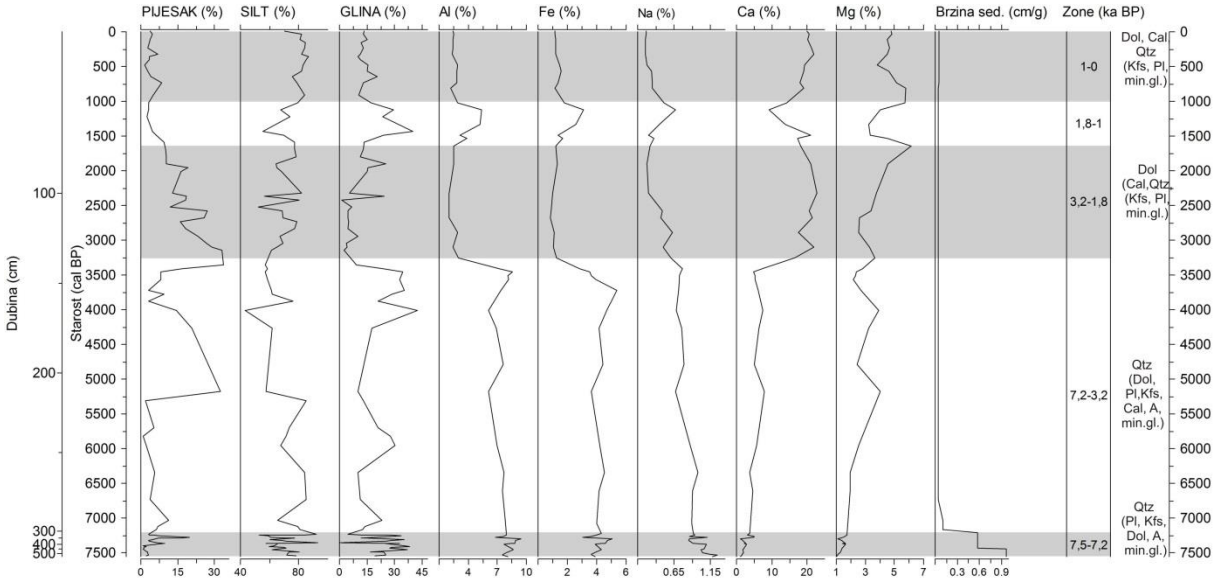
Pregled rezultata kemijskih analiza u tim jezgrama prikazan je na slikama 128 i 129, kao i granulometrijskih analiza koje su učinjene na jezgri Cs-9. U jezgri Cs-5, koja cijelom svojom dužinom od 514 cm litološki pripada crvenici, izdvojene su 3 zone prema kemijskom sastavu, prvenstveno na temelju promjena udjela Al i Ca, kao predstavnika taloženja siliciklastičnih i karbonatnih minerala. U najdubljem dijelu jezgre, od 514-190 cm, koji odgovara periodu 8,2-7,1 ka, relativno je visok udio Al, kao i ostalih litogenih elemenata (Fe, Mn, Pb, Cu), a nizak Ca i Mg. U tom je vremenskom intervalu, od samo oko 1 000 godina, istaloženo preko 3 m siliciklastičnog sedimenta, sastavljenog od kvarca, feldspata, amfibola i minerala glina. Od 190 do 48 cm postepeno pada udio kvarca, a raste udio dolomita, što dovodi do porasta udjela Ca i Mg. Taj je sloj debljine manje od pola metra istaložen u razdoblju od 7,1-2,3 ka. Interval od 40-0 cm taložen u zadnjih 2,3 ka, karakterizira nizak udio Al, a povišen udio Ca i Mg, s dominantnim mineralom dolomitom.

Jezgra Cs-9 pokazala je varijabilan kemijski i granulometrijski sastav, izdvojeno je 5 zona. Najdublji dio jezgre, od 545-303 cm ima viši udio Al, dok su udjeli Ca i Mg niski. Udjeli frakcija pijeska, silt i glina pokazuju veću varijabilnost. Ta zona odgovara periodu od 7,5-7,2 ka. Potom se od 303-136 cm udio kvarca postepeno smanjuje, a Ca i Mg raste, u periodu od 7,2-3,2 ka. Prevladavaju silt i glina, dok se udio pijeska povećava u intervalu od 210-180 cm. Od 136-74 cm (3,2-1,6 ka) udjeli Al i glinovite frakcije naglo se smanjuju, te je konstantno nizak (Al), a udjeli Ca i Mg visoki. U intervalu od 74-54 cm

(1,6-1 ka) udjeli Al i glina su ponovno visoki, dok su udjeli Ca i Mg niski. Od 54-0 cm odnosno u zadnjih 1 000 godina, udio Al je konstantno visok, a Ca i Mg su relativno niski i prevladava frakcija silta.



Slika 130 Izdvojene zone u jezgri Cs-5 prema kemijskim karakteristikama, u vremenskoj skali, s prikazanim dubinama, brzinom sedimentacije i mineralnim sastavom.



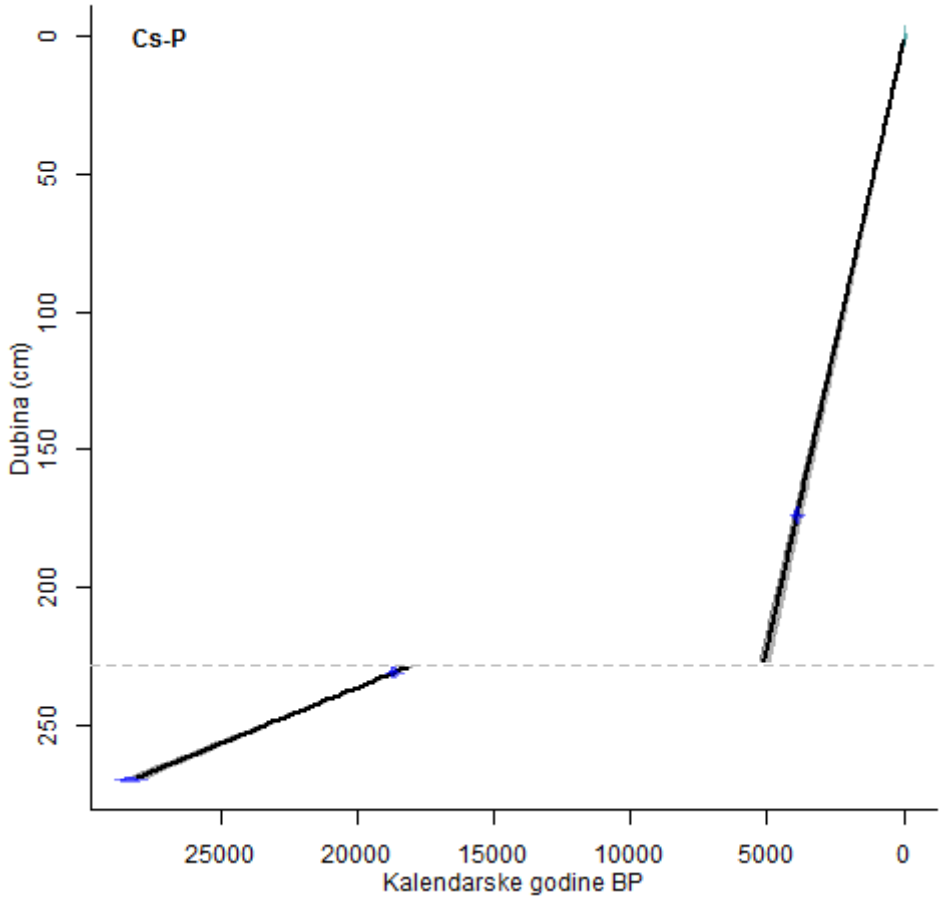
Slika 131 Izdvojene zone u jezgri Cs-9 prema kemijskim karakteristikama, u vremenskoj skali, s prikazanim dubinama, brzinom sedimentacije i mineralnim sastavom.

Minerali glina u jezgrama Cs-5 i Cs-9 se ne razlikuju, prisutni su klorit, hidroksil interstratificirani vermikuliti (ili sekundarni klorit), illi, uređen i neuređen kaolinit.

Mineralni sastav crvenice/paleotla Valun-5 i 6 pokazali su da dominira kvarc, te su prisutni K-feldspat i plagioklas, amfibol i minerali glina. Utvrđeni minerali glina su klorit, vermikulit, illit i kaolinit.

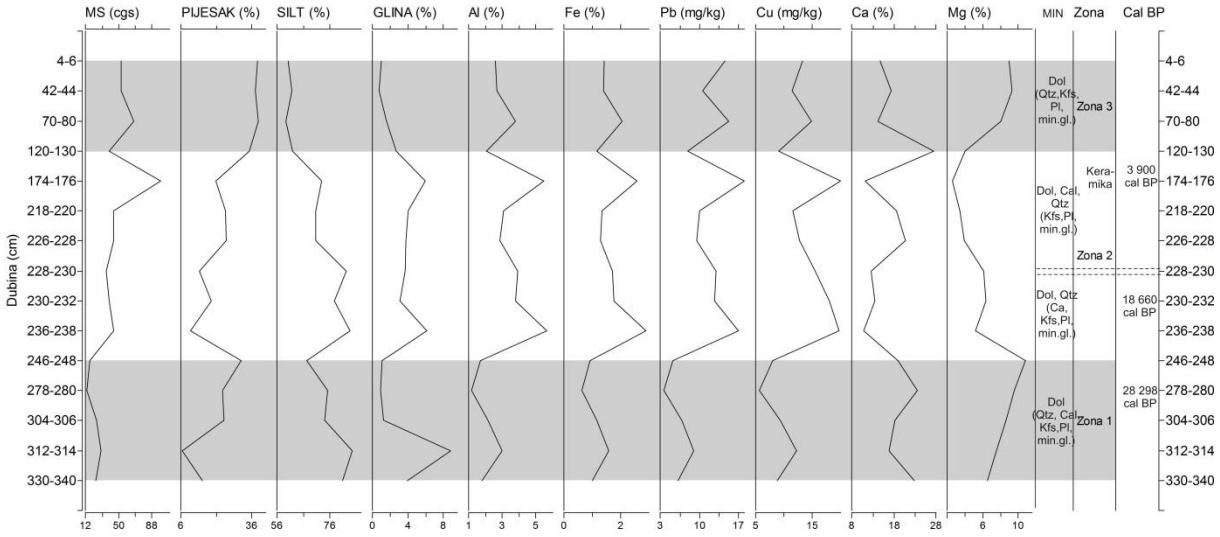
Unutar profila Cs-P određena je starost na 3 uzorka. Uzorak keramike, koja se nalazi u sloju 174-176 cm, pokazao je starost od 3 900 cal BP (Mesić et al., 2007), a uzorak ugljena na 231 cm 18 660 cal BP. Lesoliki sediment u dubljim dijelovima profila pokazao je starost od oko 28 300 cal BP (Mesić et al., 2007). Na temelju tih datiranja, napravljen je model dubina/starost (slika 132), prema kojem je

vidljiva velika razlika u starosti od oko 4 000 do oko 19 000 BP, koji se nalaze između 175. i 230. cm,. Prema tome, u intervalu od 55 cm bi trebalo biti sadržano oko 15 000 godina istaloženog sedimenta. Očigledno je da taj materijal nedostaje u profilu, što znači da je bio erodiran u jezero. Pretpostavljam da na oko 228 cm, na granici između koluvijalnih i lesnih naslaga, postoji hijatus.



Slika 132 Model dubina/starost profila tla Cs-P, u kojem je pretpostavljen hijatus na oko 228 cm, pri prijelazu iz koluvija u lesne naslage (isprekidana linija).

Rezultati kemijskih, mineraloških, granulometrijskih analiza i analiza magnetskog susceptibiliteta iz profila tla uz jezero Cs-P prikazana je na slici 133. Koluvij i smeđe tlo se u profilu nalazi do 228 cm, nakon čega prelazi u lesoliki sediment. Lesoliki sediment nalazi se do 340 cm. Geokemijske analize duž profila, omogućile su definiranje 3 zone taloženja različitog materijala (slika 133). Lesoliki sediment u intervalu od 340 do 246 cm izgrađen je od dolomita, kalcita i kvarca, ima povišene udjele Ca i Mg, dok su udjeli Al i Fe niži. Magnetski susceptibilitet je niži nego u gornjim dijelovima profila. Od 236. cm do 120. cm se udio Ca i Mg snižava a, dok se udjeli Al i Fe povećavaju i imaju najviše koncentracije na 236. i 17.4 cm. Dominira siltna frakcija, s višim udjelom gline nego u donjem i gornjem intervalu. Gornji dio profila, od 120-0 cm, karakterizira ponovno povišen udio Ca (najviše na 120. cm) i Mg, koji je konstantno visok u tom gornjem dijelu i dominira dolomit. Udio kvarca je vrlo nizak, što se očituje u nižim koncentracijama Al i Fe. Povišen je udio pijeska.

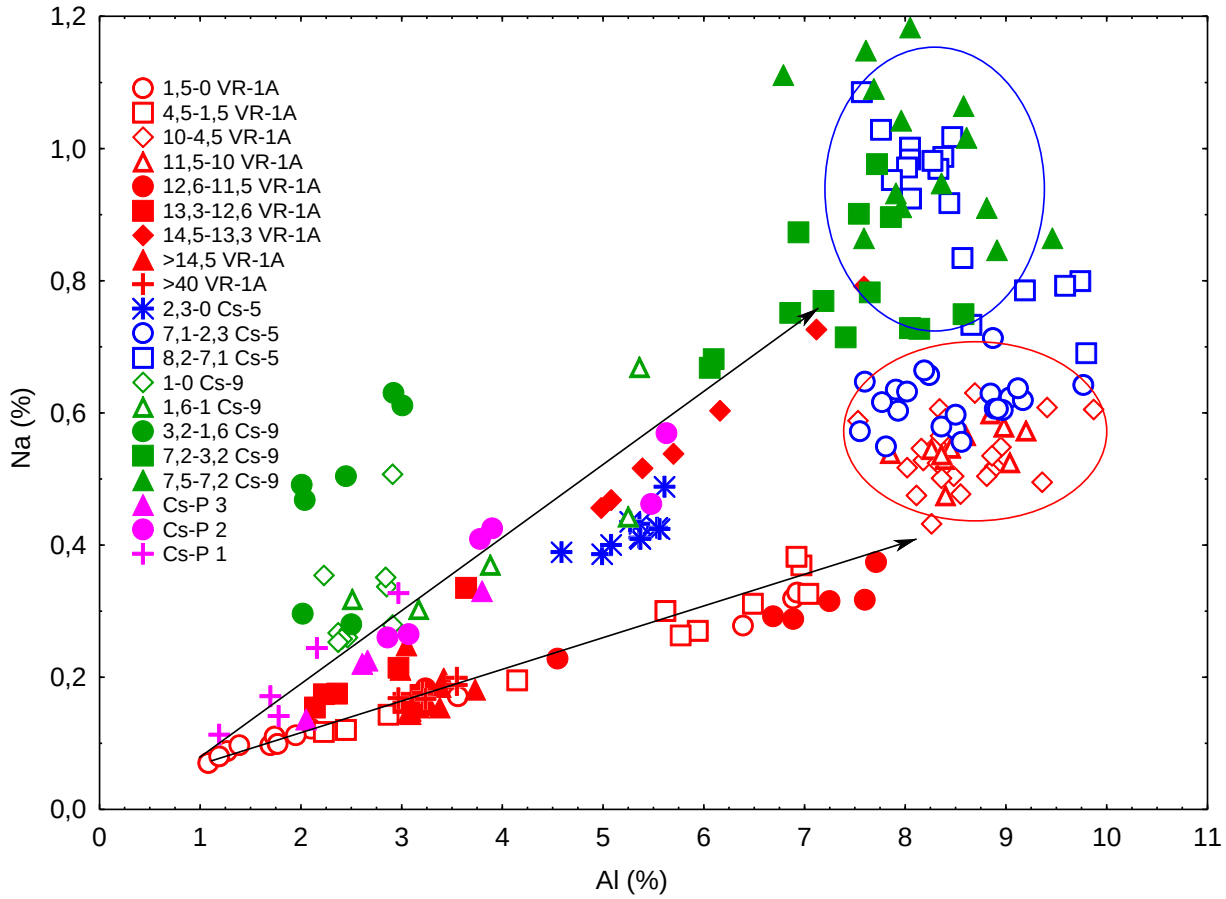


Slika 133 Izdvojene zone u profilu tla Cs-P prema analizama magnetskog susceptibiliteta, granulometrijskim i kemijskim analizama.

Tipovi minerala glina se razlikuju unutar profila Cs-P. U donjem dijelu profila, u lesolikom sedimentu (uzorak 304-306), određeni su smektit, klorit, illit i uređen i neuređen kaolinit. U uzorcima 246-248, 236-238 i 228-230 cm, koji još uvijek pripadaju lesolikom sedimentu, utvrđeni su illit-smektit, klorit, illit i kaolinit. U gornjem dijelu profila, u uzorku 174-176 cm, određeni su klorit, hidroksil interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), illit i kaolinit. U površinskom uzorku od 4-6 cm prisutni su klorit, illit, te uređen i neuređen kaolinit.

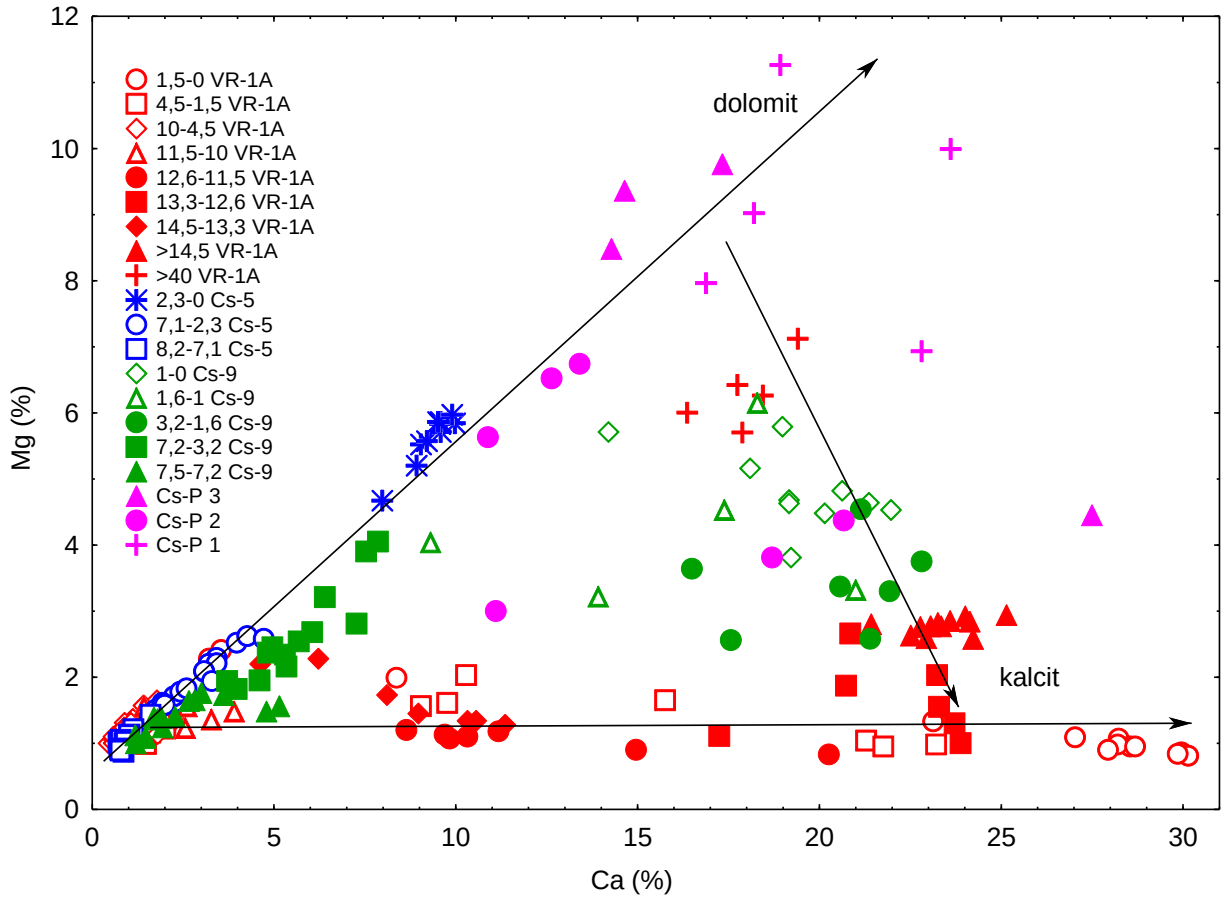
Kemijskim analizama utvrdile su se razlike u sedimentima u koncentraciji natrija (slika 134). Naglo erodirani sedimenti iz jezgre Cs-9 u periodu od 7,5-7,2 ka BP, a djelomično i uzorci iz zone 7,2-3,2 ka BP, poklapaju se s naglo erodiranim sedimentima iz jezgre Cs-5 u periodu od 8,2-7,1 ka BP, te su označeni plavim krugom. Uzorci iz tih perioda jezgri C-5 i Cs-9 sadrže manji udio dolomita za razliku od drugih intervala u tim jezgrama, što ukazuje na to da je erodiran siliciklastični materijal iz sliva i taložen u tim jezgrama. Sličan materijal nije uočen u jezerskim sedimentima. No, povišen udio Na u jezerskim sedimentima imaju uzorci taloženi u periodu od 14,5-13,3 i 13,3-12,6 ka BP, koji se nalaze na pravcu na kojem su još najmlađi sedimenti jezgre Cs-5 2,3-0, zatim sedimenti iz jezgre Cs-9 taloženi u periodu od 3,2-0 ka BP, te svi uzorci iz profila Cs-P.

U drugoj su skupini grupirani jezerski sedimenti taloženi u periodu 11,5-10 i 10-4,5 VR-1A, koji se preklapaju sa sedimentima iz zona 7,1-2,3 Cs-5. To znači da je materijal taložen u jezeru od 11,5-4,5 ka BP, koji je uglavom siliciklastičan, sličan onom koji se taložio u jezgri Cs-5 u slivu u periodu od 7,1-2,3. Poseban pravac čine jezerski sedimenti od 4,5-1,5 VR-1A, koji se poklapaju s jezerskim sedimentom taloženim od 12,6-11,5 ka BP, s malo manjim udjelom siliciklastične komponente i malo višim udjelom kalcita. Sedimenti iz zone >14,5 i >40 VR-1A se preklapaju i sadrže veće količine kalcita i dolomita. Najmlađi jezerski sediment, taložen u periodu od 1,5-0 ka BP nalazi se na tom pravcu, u njima prevladava taloženje kalcita.



Slika 134 Odnos Na i Al u sedimentima iz Vranskog jezera na Cresu, jezgri Cs-5 i 9, te profila tla Cs-P. Uzorci su grupirani u 2 pravca i 2 kruga.

Sljedeći dijagram koji nam je izdvojio određene grupe sedimenata je odnos Mg i Ca, u kojem se jasnije uočavaju razlike jer se sedimenti razlikuju u udjelu dolomita i kalcita (slika 135). Izdvojena su 3 pravca koja označavaju sedimente bogate dolomitom, sedimente koji sadrže kalcit te oni koji sadrže dolomit i kalcit. Dolomit dominira u uzorcima Cs-P 1 i 3, zatim ga ima u nekoliko uzoraka iz Cs-P 2, 2,3-0 Cs-5, te 7,2-3,2 Cs-9. Udio dolomita vrlo je nizak u uzorcima 7,1-2,3 Cs-5 i 7,5-7,2 Cs-9, te u jezerskom sedimentu taloženom od 11,5-10 i 10-4,5 ka BP. Na pravcu kojeg čine uzorci koji ne sadrže dolomit, nego samo kalcit, prisutni su uzorci jezerskog sedimenta iz zona 12,6-11,5 te djelomično uzorci iz 14,5-13,3, te sedimenti taloženi u mlađem razdoblju od 4,5-1,5 i 1,5-0 ka BP. Jezerski sedimenti stariji od 40 ka BP, imaju veće količine dolomita, a sadrže i kalcit, te se poklapaju sa sedimentima profila Cs-P iz zone 1 (lesne naslage). Jezerski sedimenti stariji od 14,5 ka BP pokazuju sličan sastav kao i mlađi sedimenti iz zone Cs-9 od 3,2-1,6 ka BP sadrže veću količinu kalcita.

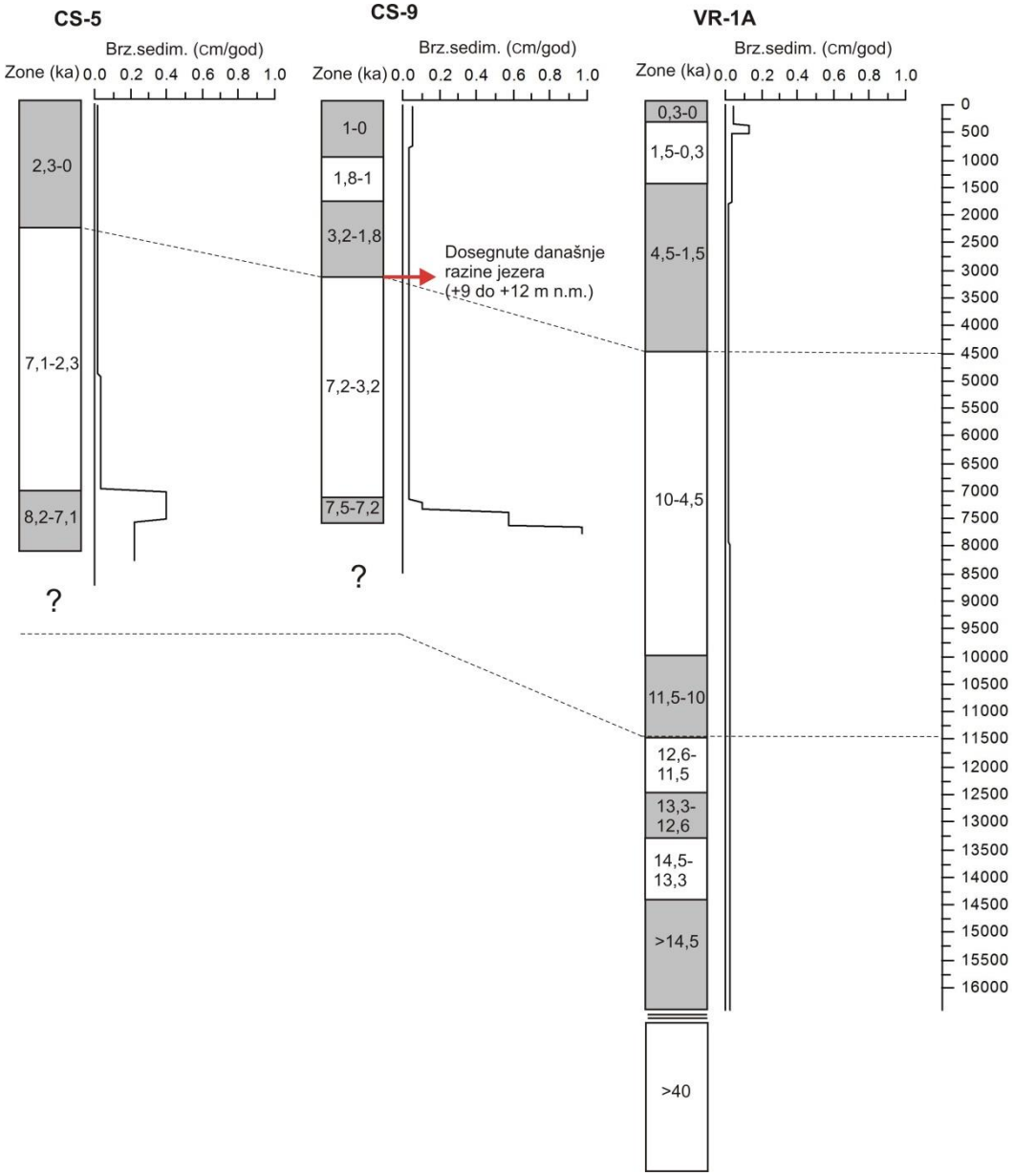


Slika 135 Odnos Mg i Ca u sedimentima iz Vranskog jezera na Cresu, jezgri Cs-5 i 9, te profila tla Cs-P, s izdvojenim pravcima povezanosti uzoraka.

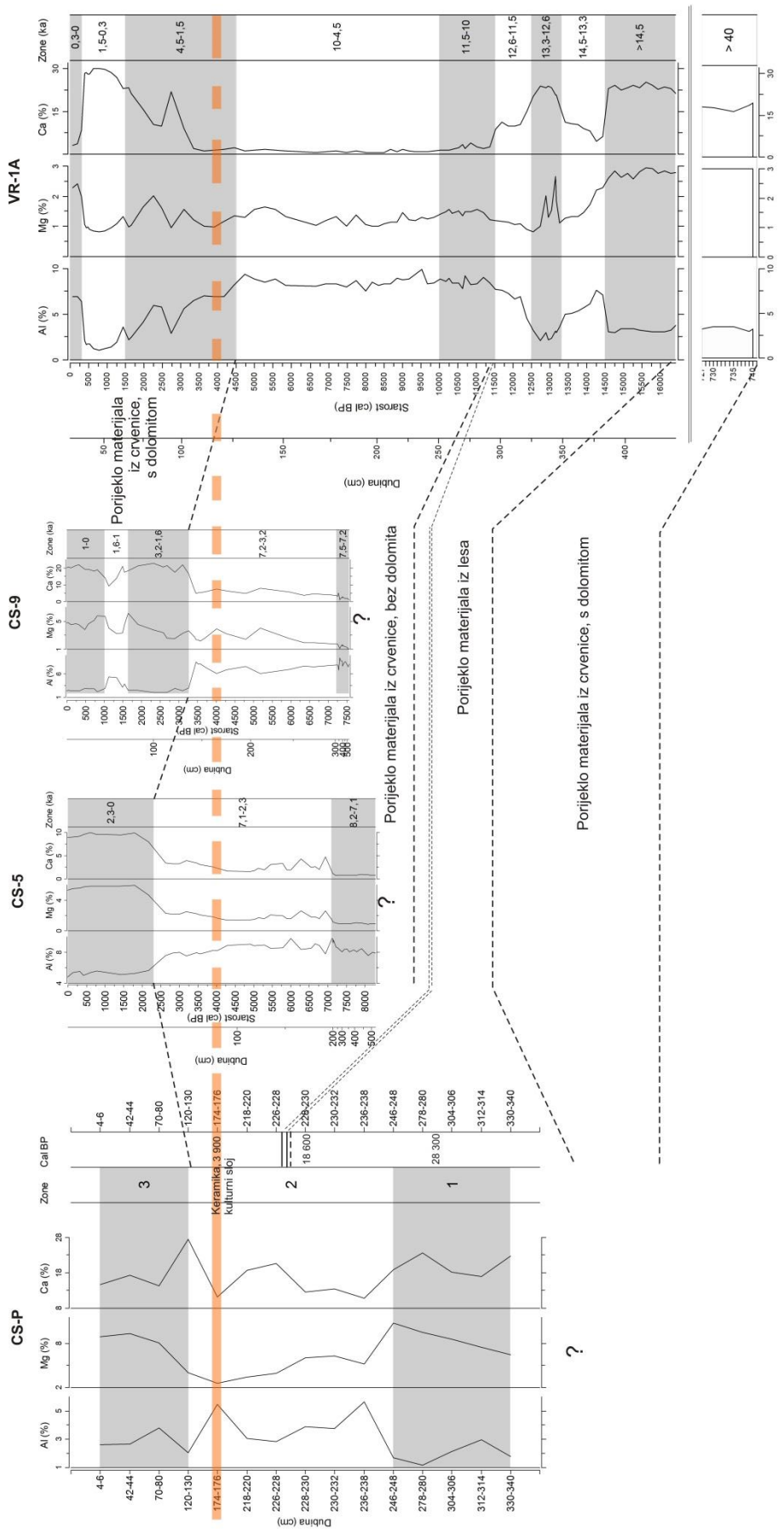
Svi analizirani sedimenti su uspoređeni na temelju vrsta minerala glina. U lesnom dijelu profila tla Cs-P prisutni su smektit, illit-smektit, uz klorit, illit i kaolinit. U jezerskom sedimentu smektit se pojavljuje u uzorcima iz zona >14,5, 14,5-13,3, 13,3-12,6, 12,6-11,5 ka BP. Pojava smektita u jezerskom sedimentu upućuje na eroziju lesnih naslaga u tom periodu. U sedimentima iz najdubljeg dijela jezera (> 40 ka BP; 726-745 cm) prisutni su klorit, hidroksil interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), illit, te uređen i neuređen kaolinit. Takav tip minerala glina utvrđen je i holocenskim jezerskim sedimentima od 11,5 ka BP (295-0 cm), te jezgrama u slivnom području Cs-5 i Cs-9 i crvenicama u Valunu. To znači da je dominantni materijal taložen u najdubljem dijelu Vranskog jezera, prije vjerojatno više od 40 000 godina jednak onom koji se taložio i tijekom holocena.

Na temelju navedenog, može se zaključiti da se materijal taložen u jezero razlikuje s obzirom na eroziju siliciklastičnog materijala ili dolomita iz sliva. Usporedbom brzina sedimentacije u jezgrama Cs-5, Cs-9 i VR-1A (slika 136) uočava se povećanje brzina sedimentacije u jezgrama u slivu koja je završila prije 7,1 ka u jezgri Cs-5 te prije 7,2 ka u jezgri Cs-9. Promjena u brzini sedimentacije se ne uočava u tom periodu u jezerskom sedimentu jezgre VR-1A. Sedimenti iz tog perioda iz jezgri Cs-5 i Cs-9 pokazuju sličan kemijski i mineraloški sastav. Sastav tih i mlađih sedimenata 8,2-7,1 i 7,1-2,3 iz jezgre Cs-5, te 7,5-7,2 i 7,3-3,2 ka BP iz jezgre Cs-9 poklapa se sa sedimentima iz jezera taloženim u periodu od 11,5 do 10 i 10 do 4,5 ka BP, u njima prevladava siliklastična komponenta, s manje dolomita, što ukazuje na donos erodiranog siliciklastičnog materijala u jezero. Sedimenti taloženi u jezeru prije 12,6 do 11,5 ka pokazuju sličan sastav kao i sedimenti taloženi u jezeru prije 4,5-1,5 ka, u

kojima je smanjen udio siliciklastičnog materijala, viši je udio dolomita te je započelo taloženje karbonata. Prema jezgri Cs-9, koja se nalazi uz rub jezera na 12 m n.m., na kojoj je taloženje karbonata započelo prije 3,2 ka (na 136. cm), za pretpostaviti je da se jezero sadašnjih razina od +9 do + 12 m n.m. formiralo tek u tom periodu. Prije 3,2 ka razina jezera izdigla se na oko 10,5 m n.m. Jezgra Cs-5, koja se nalazi na 15 m n.m. ne sadrži kalcit, što znači da jezero nikad nije dosegnulo razinu od +15 m n m. Dominantno taloženje dolomita u jezeru uočeno je u sedimentima starijim od 13,3 ka te mlađim od 4,5 ka, što ukazuje na donos erodiranog dolomita iz slivnog područja u tim periodima. Sedimenti u jezeru stariji od 40 ka sadrže minerale glina slične onima prisutnima u sedimentima mlađim od 11,5 ka, no razlikuju se u udjelu dolomita, tek sedimenti mlađi od 4,5 ka u jezeru sadrže povećan udio dolomita. Sedimenti u jezeru iz zona >14,5 pa do 11,5 ka BP sadrže iste tipove minerala glina kao i lesne naslage u donjem dijelu profila Cs-P 1, što upućuje na to da su ti sedimenti porijeklom iz lesa. Korelacije između sedimenata iz pojedinih zona iz jezgri VR-1A, Cs-5, Cs-9 i Cs-P prikazane su na slici 137. Izdvojen je kulturni sloj s keramikom identificiran u profilu tla Cs-P, koji nije utvrđen u ostalim jezgrama.



Slika 136 Usporedba brzina sedimentacije u jezgrama Cs-5, Cs-9 i VR-1A. Prikazana je podjela svake jezgre na vremenske zone, te su međusobno povezani isprekidanim linijama.



Slika 137 Usporedba jezgri u Vranskom jezeru na Cresu i slivu: Cs-P, Cs-5, Cs-9 i VR-1A, s označenim kulturnim slojem, u kojem se nalazi keramika (narančasto), koji je utvrđen u profilu Cs-P, no nije uočen u jezgrama (isprekidano narančasto).

Paleookolišna rekonstrukcija Vranskog jezera na Cresu

Na temelju dobivenih rezultata izdvojeno je 5 zona u jezgri sedimenata VR-1A (slika 138), podijeljenih u vremenskom intervalu i po dubini:

- Zona 1:
  - 1/1 (740-726 cm; >40 ka BP);
  - 1/2 (440-385 cm; >14,5 ka BP);
- Zona 2:
  - 2/1 (385-345 cm; 14,5-13,3 ka BP);
  - 2/2 (345-330 cm; 13,3-12,6 ka BP);
  - 2/3 (330-295 cm; 12,6-11,5 ka BP);
- Zona 3 (295-245 cm; 11,5-10 ka BP);
- Zona 4 (245-125 cm; 10-4,5 ka BP);
- Zona 5:
  - 5/1 (125-70 cm; 4,5-1,5 ka BP);
  - 5/2 (70-15 cm; 1,5-0,3 ka BP);
  - 5/3 (15-0 cm; 0,3-0 ka BP).

Zoni 1 pripadaju sedimenti iz najdubljeg dijela jezgre VR-1A (740-726 cm). Datiranjem je utvrđeno da je već na 520 cm sediment stariji više od 40 000 godina. Drugi datirani uzorak sa 733 cm također je pokazao starost > 40 000 godina BP. Pitanje je da li je analiza bila točna, odnosno da li greška u metodi ^{14}C ili su zbilja ti sedimenti toliko stari. Ako je točno, to bi značilo da ti uzorci pripadaju čak MIS-3 (60-27 ka BP) te da je brzina sedimentacije bila jako niska ispod 317. cm, na zadnje utvrđenom datumu od 12 300 cal BP. Oko 2 m sedimenata odgovaralo bi periodu od oko 30 000 godina, što se čini gotovo nemoguće. No, s obzirom na diskordancije koje su utvrdili Schmidt et al. (2000) geofizičkim istraživanjima jezerskog dna, moguće je da postoji hijatus prije mlađeg drijasa, za vrijeme Bølling Alerød perioda velike klimatske nestabilnosti. U zoni 1/1 (740-726 cm; >40 ka BP) u mineralnom sastavu dominira dolomit, a od minerala glina su prisutni klorit, hidroksil interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), illit, uređen i neuređen kaolinit. U zoni 1/2 (440-385 cm; >14,5 ka BP) prevladavaju kalcit i dolomit, te su prisutni drugi tipovi minerala glina: smektit, klorit, illit, uređen i neuređen kaolinit. Različiti tipovi minerala glina ukazuju na različito porijeklo materijala iz ove 2 zone. Sedimenti iz zone > 40 ka BP imaju sličan sastav kao i crvenice (Cs-5 i Valun) u slivnom području, dok oni iz zone > 14,5 ka BP imaju isti sastav kao i lesne naslage u profilu Cs-P. Omjer C/N iznosi više od 10 u najdubljim sedimentima od 740-726 cm, što ukazuje na terigeno porijeklo organske tvari. U intervalu od 440-385 cm ti su omjeri niži (6-8). Ove dvije zone se ne razlikuju po granulometrijskom sastavu, dominira siltna frakcija. Prema palinološkim analizama iz Schmidt et al. (2000) u zoni 1/2 (peludna zona PZ-1/1, Schmidt et al., 2000) dominira pelud bora *Pinus*, a također je prisutan pelud mješovite hrastove šume (hrast *Quercus,* javor *Acer,* lipa *Tilia,* brijest *Ulmus),* graba *Carpinus betulus,* jele *Abies,* bukve *Fagus.* Prati ih pelud mediteranskih elemenata (hrast crnika *Quercus ilex*), submediteranskih *(*crni grab *Ostrya*) i mogući interglacijalni elementi *(*grm šimšir *Buxus).*

Zonu 2 dijelimo na 3 perioda različitih promjena u sastavu jezerskih sedimenata. U zoni 2/1 (385-345 cm; 14,5-13,3 ka BP) dominiraju kvarc, glinena frakcija i siliciklastični elementi (Al, Fe, K, Zr). Od minerala su prisutni još plagioklasi i minerali glina (smektit, klorit, illit, uređen i neuređen kaolinit). U ovim su uzorcima više koncentracije Na nego u ostalim dijelovima jezgre. Usporedbom sa sedimentima iz slivnog

područja, iz jezgri Cs-5 i 9 te s profilom tla Cs-P nisu utvrđeni slični materijali, te se pretpostavlja drugačije porijeklo tih sedimenata. Plagioklasi, a prema tome i natrij, su mogli dospjeti u jezero trošenjem magmatskih stijena (pretežno andezita) koji se nalaze na Velebitu u predjelu Senjskih vrata (Lugović & Majer, 1983). Prije toga nisu mogli biti preneseni u jezero zbog mogućeg postojanja leda na Velebitu, koji je prekrivao te stijene, no nakon otapanja ledenjaka, bile su izložene djelovanju vjetra, koji je mogao prenijeti taj materijal do Vranskog jezera. Tu interpretaciju povišenja udjela Na u periodu 14,5-13,3 ka BP treba dokazati u budućnosti. U zoni su prisutni niži udjeli Ca i Mg, a udio TOC-a je visok, kao i omjer C/N (oko 11), što upućuje na terigeno porijeklo organske tvari u jezeru. Zona 2/1 pripada prijelaznoj peludnoj zoni PZ-1/2 (Schmidt et al., 2000), u kojoj se smanjuje udio peluda bora *Pinus*, a povećava udio peluda breze *Betula*.

Zonu 2/2 (345-325 cm; 13,3-12,6 ka BP) karakteriziraju niske koncentracije Al, dok je udio Ca izrazito visok. Ovo je interval gdje se pojavljuju ispremiješani tamniji i izrazito svjetliji sedimenti koji se nalaze od 385-440 cm. Ti su sedimenti vjerojatno pretaloženi iz dubljeg karbonatnog dijela jezgre (iz zone >14,5 ka BP), u kojem je također visok udio kalcita. U sedimenti su prisutni dolomit i aragonit (porijeklom iz ljuštura). Na dubini od 345-331 cm, uočeni su ostaci biljaka i korijena, niske su vrijednosti TOC-a, a C/N iznosi 13,37, što znači je organska tvar alohtona u tom intervalu. U ostalim dijelovima prevladava organska tvar iz jezera (<10). Također je smanjen udio gline i povećana siltna frakcija. Ovoj zoni pripada peludna zona PZ-2/1 (Schmidt et al., 2000), u kojoj raste udio peluda breze *Betula*, a smanjuje se udio peluda bora *Pinus*. Prisutni su još pelud borovice *Juniperus* i peline *Artemisia*.

U zoni 2/3 (325-295 cm; 12,6-11,5 ka BP) raste udio glinovite frakcije, te Al i Fe, a niži su udjeli Ca i kalcita. Organskog ugljika ima više, a omjer C/N je viši od 10. Nizak magnetski susceptibilitet povezan je s povećanim udjelom TOC u ovoj zoni, kao i u zoni 2/1, dok je u prethodnoj zoni 2/2 nizak MS zbog prisutnosti karbonata. Ovoj zoni pripada peludna zona PZ-2/2 (Schmidt et al., 2000), viši je udio peluda bora *Pinus*, a manje je prisutan pelud mješovite hrastove šume. Maksimalne vrijednosti imaju trave Poaceae i šaševi Cyperaceae. Pelud bora je indikator prijelaza iz mlađeg drijasa u holocen, pelud *Pinus mugo* karakterističan je za mlađi drijas, a pelud *Pinus nigra* i *Quercus* za početak holocena (Schmidt et al., 2000).

Na temelju usporedbe sedimenata iz jezera s onima u slivnom području, utvrđeno je da je materijal taložen u periodu od unutar 2. zone porijekom iz lesa, koji je utvrđen u donjem dijelu profila Cs-P. Kalcitični interval od 13,3-12,6 ka BP je vjerojatno pretaloženi karbonanti sediment iz zone > 14,5 ka BP. Period od 14,5-12,6 ka BP je period izmjene hladnijih i toplijih klimatskih uvjeta, u kojima su se mogli izmjenjivati donos organske tvari iz sliva i iz jezera, te je moglo doći do pretaložavanja sedimenata, pogotovo uzmemo li u obzir razinu mora u to doba, koja je bila znatno niža nego danas. Razina mora je rasla skokovito, nakon otapanja ledenjaka, u 2 veća intervala, prvi put se dogodio prije 14,2 ka cal BP, a drugi put prije 11,3 ka cal BP (Fairbanks, 1989). Prvi puls uzrokovao je podizanje razine mora za oko 20 m, te su se razine podzemne vode Vranskog jezera povisile, a Vransko jezero je vjerojatno egzistiralo kao močvarno jezero, s većom količinom organske tvari donesene iz sliva.

U zoni 3 (295-245 cm; 11,5-10 ka BP) smanjuje se količina organske tvari, C/N je oko 8, osim u intervalu od 268-265 cm (oko 10,5 ka BP), gdje iznosi oko 10. Povišeni su udjeli litogenih elemenata (Al, Fe), glinovite i siltne frakcije, a smanjen je udio pijeska, a također je nizak Ca i kalcit, a dolomita nema. Magnetski susceptibilitet postepeno se povećava, ali je nizak u intervalima sa spomenutim višim udjelom organskog ugljika. Za sediment u ovoj zoni je i dalje karakteristično taloženje materijala i

organske tvari iz sliva, što ukazuje na pliće jezero. Razina mora se dosta izdigla, na oko 11 ka BP bila je oko 40 m niža nego danas, što znači da je u ovoj fazi jezero egzistiralo kao plitko jezero. U zoni 3 (PZ-3 peludna zona prema Schmidt et al., 2000) prevladava pelud bora *Pinus* i hrasta *Quercus*, s tim da se povećava udio elemenata mješovite hrastove šume.

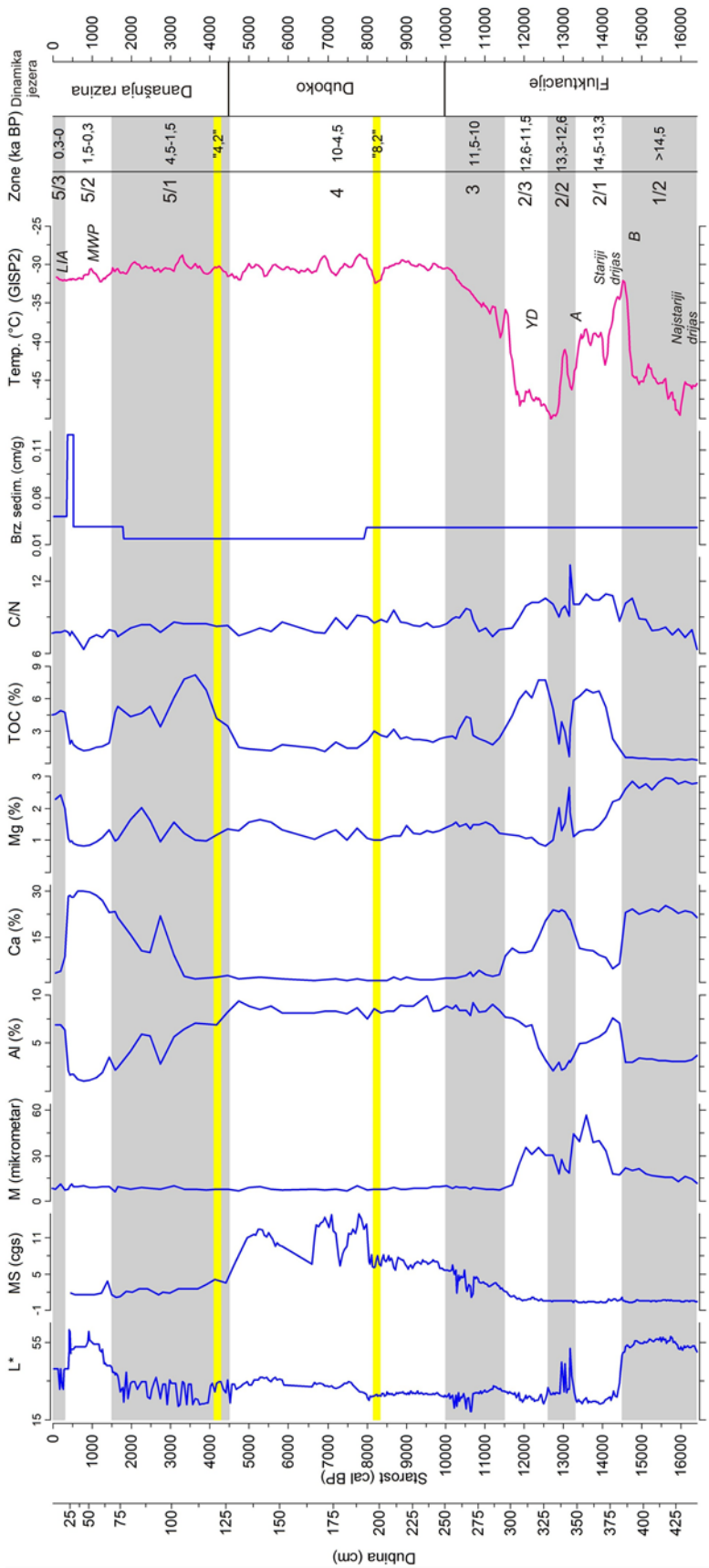
Zona 4 (245-125 cm; 10-4,5 ka BP) je zona u kojoj su se stabilizirali uvjeti, nakon vlažnih prethodnih perioda s izdizanjem morske razine. Karakteriziraju je niži udio kalcita i dolomita, dominira kvarc, s plagioklasima i mineralima glina, te siliciklastični elementi Al, Fe. U sedimentu prevladava siltna frakcija, a udio gline je viši nego u prethodnoj zoni. U tom je periodu vrlo visok magnetski susceptibilitet, viši nego u ostatku jezgre, s višim vrijednostima u 2 intervala: 190-180 cm (8-7,5 ka BP) i 175-164 cm (7,2-6,6 ka BP). Ovi intervali podudaraju se s periodima koje su Combourieu-Nebout et al. (2013) definirali kao maksimumi ljetnih padalina u Jadranskom moru, u skladu s trendom u južnoj Europi (8 000-7 000 cal BP). Oni definiraju 2 preokreta u vegetaciji na 7 700 cal BP i između 7 500-7 000 cal BP, koji se podudaraju s povišenim donosom materijala u Jadransko more. Ovoj zoni može se pripisati peludna zona PZ-4 prema Schmidt et al (2000), koja se dijeli na 3 podzone: u nižoj podzoni 4/1 prevladava pelud lobode Chenopodiaceae; u zoni 4/2 prisutan je pelud pistacije *Pistacia*, zelenika *Phyllirea,* maslina *Olea* te se taj interval označava kao početak širenja mediteranskog elementa)*;* a u zoni 4/3 prisutna je borovica *Juniperus.* Schmidt et al. (2000) su pretpostavili u ovom periodu uspostavljanje dubokog jezera, a otapanje karbonata i manjak produktivnosti objašnjavaju donosom hladnih voda bogatih CO_2.

U zoni 5/1 (125-70 cm; 4,5-1,5 ka BP) dolazi do postepenog smanjenja udjela Al, Fe i magnetskog susceptibiliteta te povećanja udjela Ca. Dominira mineral kvarc, prisutni su i dolomit, plagioklas, minerali glina i kalcit. Povišeni udio kalcita ukazuje na postepeno produbljivanje jezera tek u ovom periodu. Usporedbom s jezgrom uz rub jezera, Cs-9, u kojoj je taloženje karbonata započelo prije oko 3,2 cal BP, upravo unutar ove zone pretpostavljeno je uspostavljanje dubokog jezera kakvo je i danas u kojem razina jezera varira između +9 do +12 m n.m.

U zoni 5/2 (70-15 cm; 1,5-0,3 ka BP) snižava se udio TOC-a, kada je započela reoligotrofikacija jezera, jer su ljudi promijenili upotrebu zemljišta i okrenuli se od jezera (Schmidt et al., 2000). Udjeli Al i Fe su niski, u uzorcima dominira kalcit. Unutar ove zone je u intervalu od 37-18 cm, što odgovara periodu od 550-350 BP, uočena najveća brzina sedimentacije (0,13 cm/god.), što upućuje na povišenu eroziju i donos materijala iz slivnog područja (Mesić, 2004) .

U zoni 5/3 (15-0 cm; 0,3-0 ka BP) raste udio Al, Fe, smanjuje se kalcit, a u mineralnom sastavu dominiraju kvarc i dolomit, prisutni su kalijski feldspat i plagioklas i minerali glina. U jezgri VR-1A vršni sediment ima smanjeni udio kalcita, dok u jezgri iz Schmidt et al. (2000) kalcit dominira u samom vrhu jezgre. Moguć je gubitak vršnih centimetara u jezgri VR-1A, te bi se za preciznu analizu prvih 50 cm jezgre trebala koristiti jezgra iz gravitacijskog korera. Prema Schmidt et al. (2000) zonu 5 karakteriziraju dominantno pelud hrasta crnike *Quercus ilex* i borovica *Juniperus*, s mediteranskim šumskim elementima: jasen *Fraxinus,* obični grab *Carpinus betulus,* joha *Alnus,* kesten *Castanea,* orah *Juglans,* bor *Pinus,* loza *Vitis,* maslina *Olea.*

U sedimentima se od 11,5 do 0 ka BP nije mijenjao tip minerala glina, utvrđeni su sljedeći minerali glina: klorit, hidroksil interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), illit, uređen i neuređen kaolinit. Takav sastav utvrđen je i u crvenicama u slivnom području, te su upravo one izvor za minerale glina u jezeru.

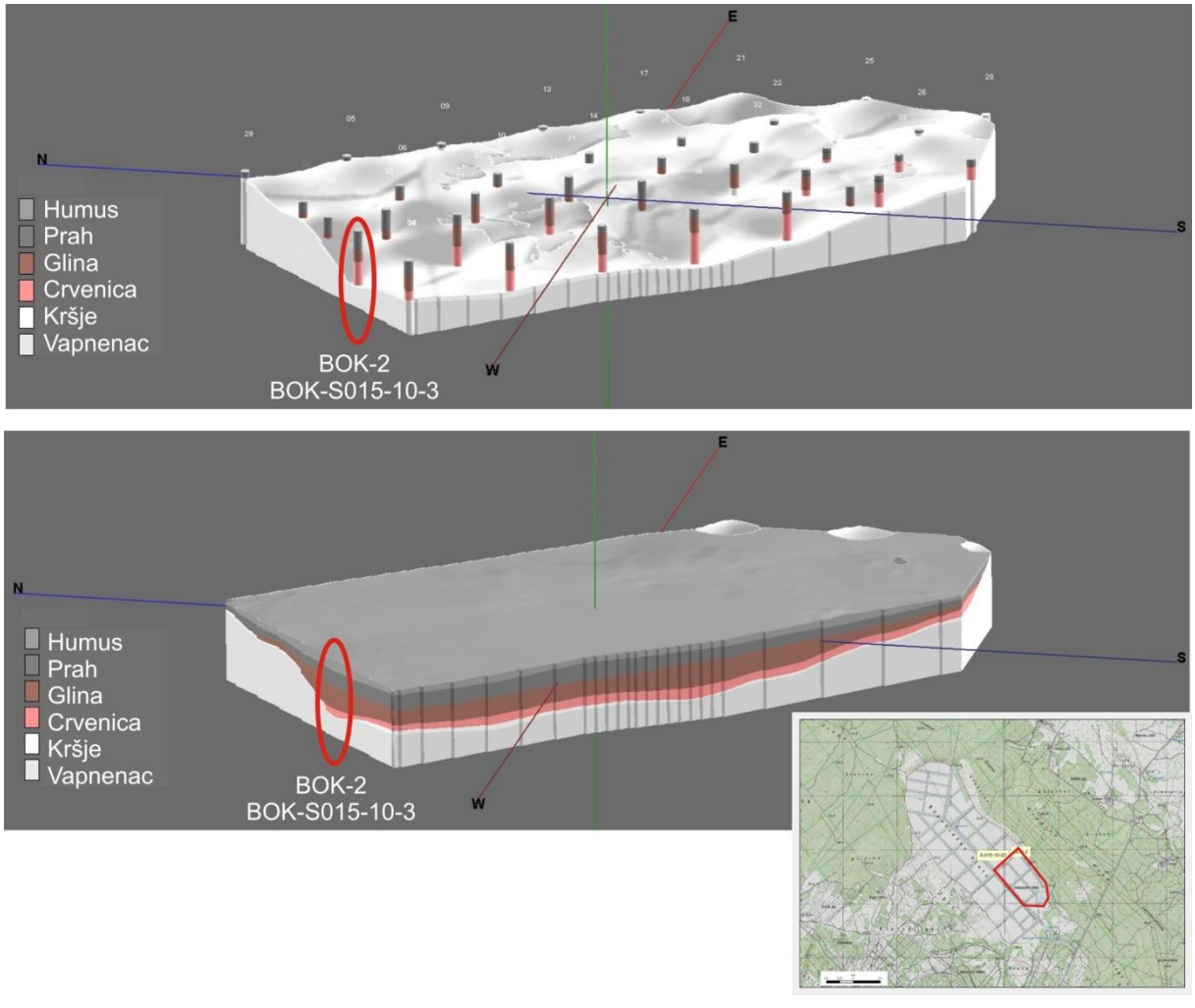


Slika 138 Odabrane analize pomoću kojih su rekonstruirani paleookolišni uvjeti u Vranskom jezeru na Cresu (VR-1A). Također je prikazana varijacija temperature prema grenlandskoj ledenoj jezgri GISP2 (Alley, 2000). Sivo su osjenčane izdvojene zone u jezgri VR-1A, dok su žutom bojom označeni karakteristični klimatski događaji kroz holocen (Mayewski et al., 2004). Prikazana je pretpostavljena dinamika Vranskog jezera od kasnog pleistocena do danas.

5.1.2. Bokanjačko blato

Bokanjačko blato je jezerski sediment u sjevernom dijelu Ravnih Kotara. To je područje hidrološki vrlo istraženo zbog svog značaja za vodoopskrbu šireg područja Zadra, a samo je jezero isušeno za dobivanje poljoprivrednih površina (1963. g.). Bokanjačko blato nalazi se između 17 i 20 m n.m., a istraživane bušotine (BOK-2 i BOK-S015-10-3) nalaze se na 19 m n.m.

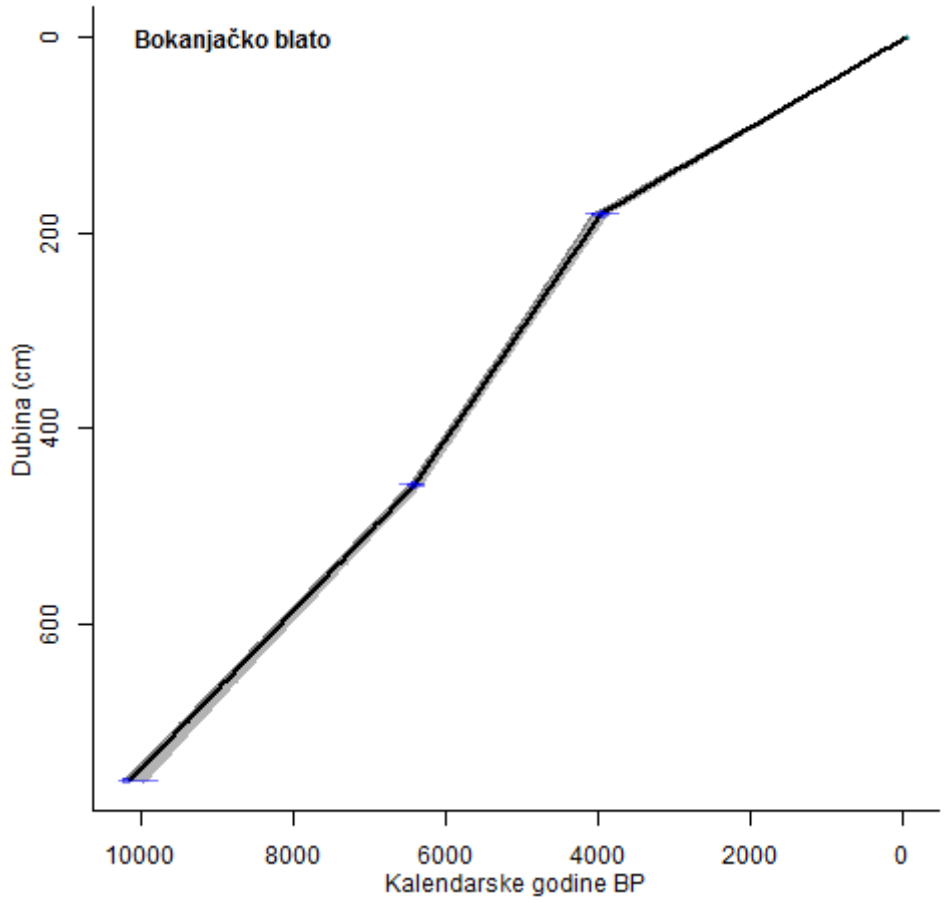
Interpretaciju 39 bušotina napravila je tvrtka Geokon, te su oni odredili sljedeći slijed naslaga idući od dna prema vrhu: vapnenac, kršje i odlomci, crvena glina (crvenica), jezerska glina, prah i humus. Na temelju debljine pojedinih naslaga u svim bušotinama, napravljen je 3D model (slika 139). Kontakt karbonatne podloge i crvene gline je izrazito nepravilan te se pojavljuje na različitim dubinama u različitim jezgrama - varira između 7 i 22,85 m, što upućuje na različito okršavanje i razvoj paleoreljefa. Na jezgri BOK-S015-10-3, koja je korištena za ovo istraživanje, kontakt između vapnenca i crvene gline je na 22,85 cm. Potom slijedi crvena glina do oko 12,2 m, zatim slijedi jezerska glina od 12,2 do 8,1 m, a na njoj jezerski prah (8,1-0,4 m) i humus (vršnih 0,4 m).



Slika 139 3D model naslaga u Bokanjačkom blatu, u svih 39 bušotina koje je napravila tvrtka Geokon, te njihova interpretacija. Označena je buština BOK-S015-10-3 koja je detaljno istražena u ovom radu, a na tom mjestu izbušena je i jezgra BOK-2. Na karti je označen položaj svih bušotina u Bokanjačkom blatu (JI dio).

Bokanjačko blato – jezgra BOK-2

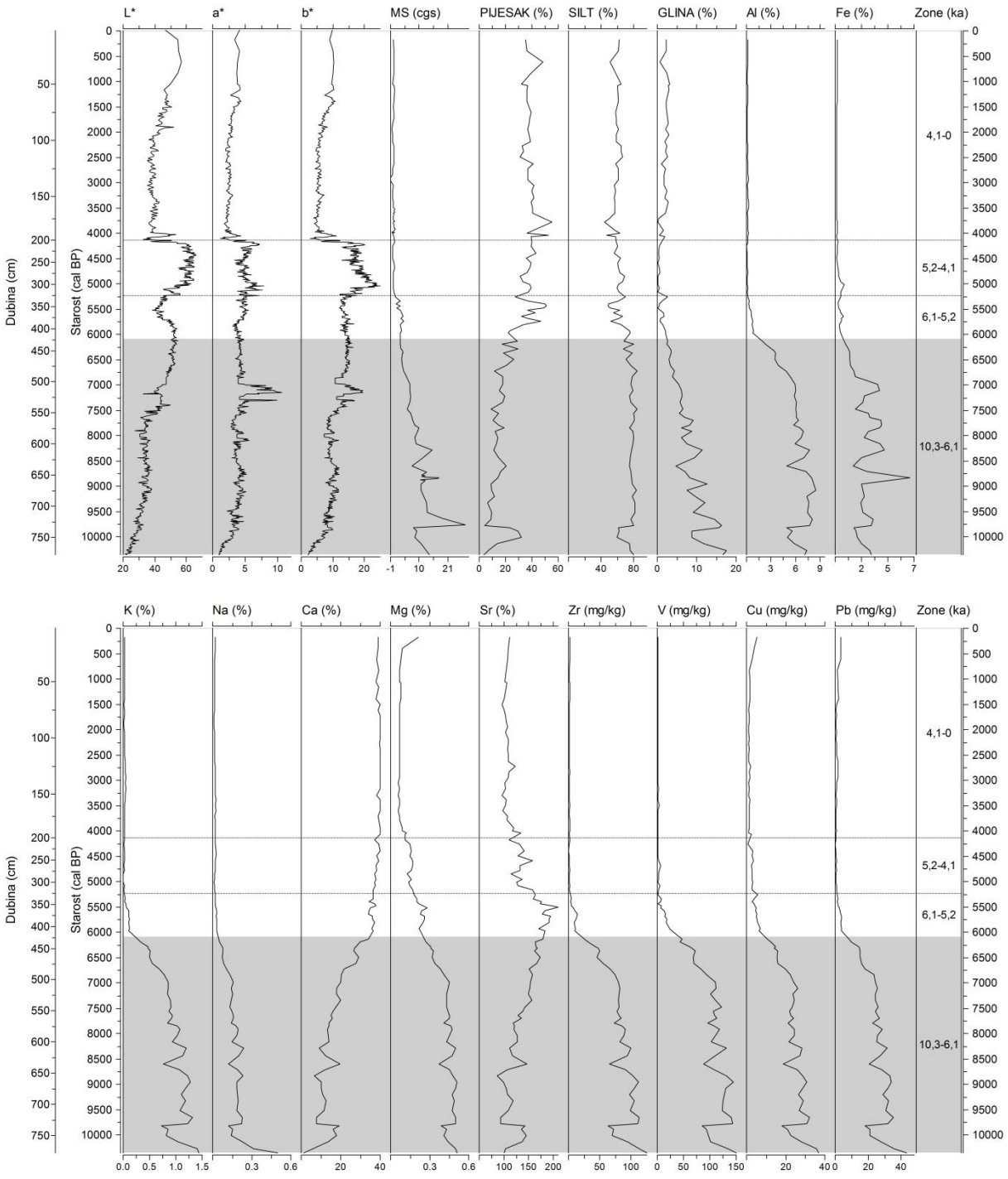
Na temelju dobivenih rezultata napravljen je model dubina/starost (slika 140), prema kojem je izračunata brzina sedimentacije kroz jezgru. Može se uočiti sporija sedimentacija u gornjem dijelu jezgre, do 180 cm procijenjena je na 0,05 cm/god. Od 180 do do 457 cm sedimentacija je brža i iznosi 0,11 cm/god. Potom je do kraja jezgre odnosno do 760 cm (zadnji datirani datum na 761 cm) brzina sedimentacija ponovno manja i iznosi 0,08 cm/god.



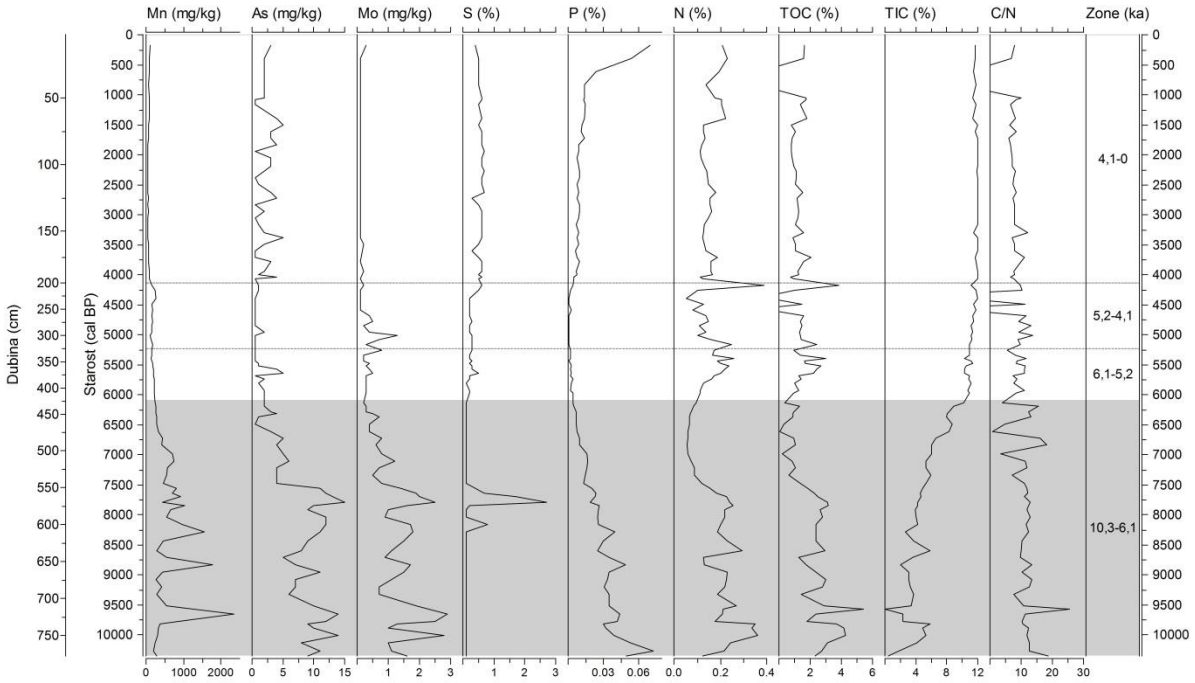
Slika 140 Model dubina/starost jezgre BOK-2, starost je izražena u cal BP (kalendarskim godinama BP) ovisno o dubini jezgre. Korišten je program CLAM (Blaauw, 2010), koji koristi IntCal.13 kalibracijske krivulje, upotrijebljen je model linearne interpolacije.

Na temelju rezultata spektralne analize boje, magnetskog susceptibiliteta, granulometrijske i geokemijske analize, izdvojene su zone po starosti duž jezgre BOK-2 u ka (x 10^3) (slike 141 i 142). Mineralni sastav prikazan je na slici 142. Najdublji sedimenti pripadaju zoni 10,3-6,1 ka BP (780-425 cm), u kojem dominiraju visoki udjeli litogenih elemenata (Al, Fe, K, Na, Mg, Zr, V, Pb). Ti su udjeli vrlo niski u zoni 4,1-0 ka BP (200-0 cm), a prijelazni interval sastoji se od 2 zone: 6,1-5,2 ka BP (425-325 cm) i 5,2-4,1 ka BP (325-200 cm). U zoni 6,1-5,2 ka BP povećan je udio pjeskovite frakcije, dok je udio niži u zoni 5,2-4,1 ka BP i prevladava silt. Zona 5,2-4,1 ka BP izrazito je svjetlije boje, s povišenim vrijednostima svih parametara boje, L*, a* i b*. Sličan trend povišenih koncentracija u donjem dijelu jezgre u zoni 10,3-6,1 ka BP pokazuje i vrlo visok magnetski susceptibilitet. On je i dalje povišen u zoni 6,1-4-5,2 ka BP, a nizak je u zonama 5,2-4,1 i 4,1-0 ka BP, gdje dominira taloženje karbonata.

Magnezij, P i N su povišeni u prvih 30 cm jezgre, vjerojatno kao posljedica poljoprivredne aktivnosti, dok je povišenje Cu i Pb moguće uslijed atmosferskog onećišćenja (Shotyk et al., 1998).



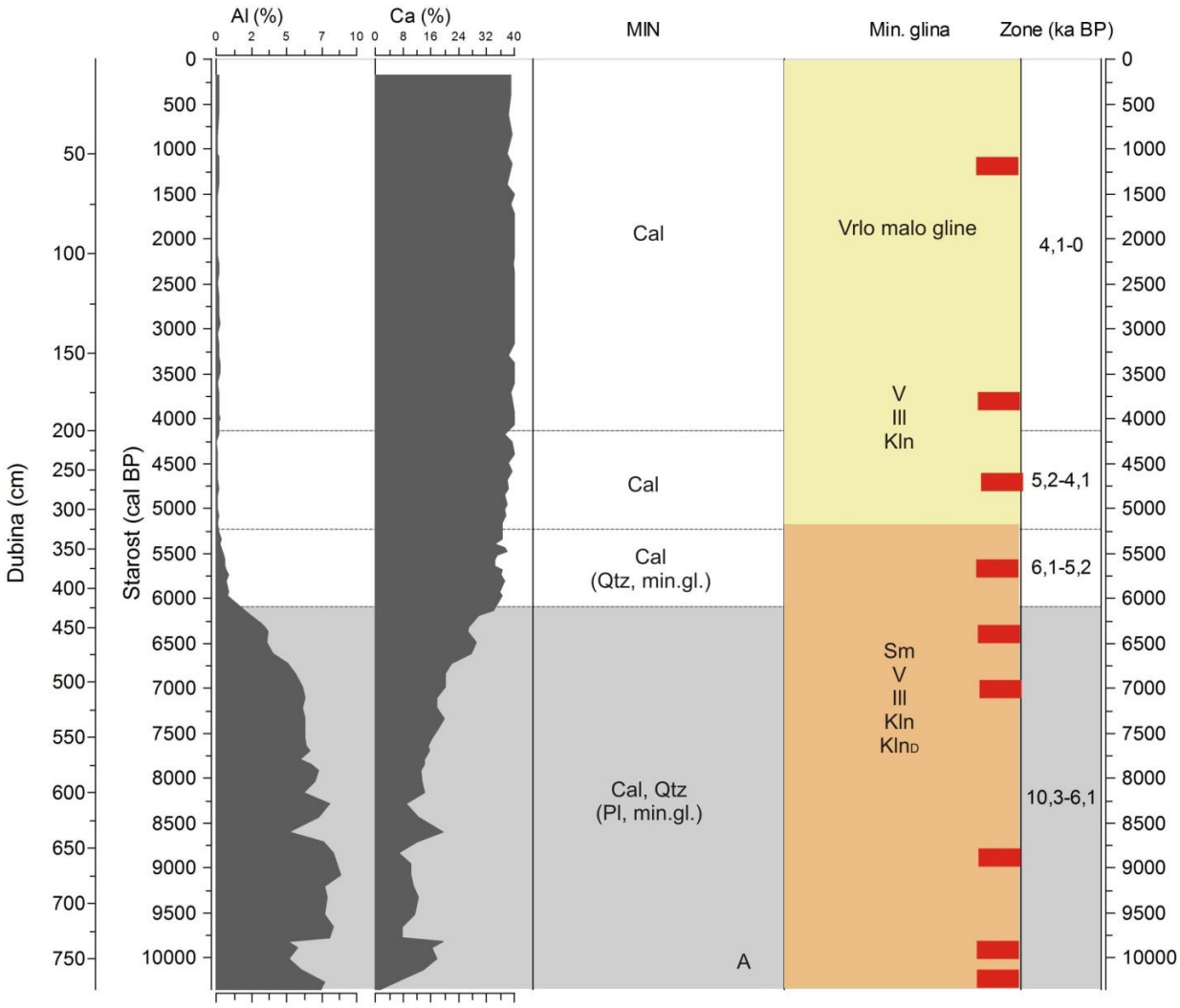
Slika 141 Promjene odabranih parametara kroz jezgru BOK-2 s izdvojenim zonama u vremenskoj skali.



Slika 142 Promjene odabranih parametara kroz jezgru BOK-2 s izdvojenim zonama u vremenskoj skali.

Mineralni sastav u zoni od 10,3-6,1 ka BP (780-425 cm) je sljedeći – podjednake količine kvarca i kalcita, te plagioklas i minerali glina (slika 143). U uzorku 563-564 cm pronađen je gips. U intervalu od oko 570-605 u jezgri su pri uzorkovanju uočeni framboidalni piriti. Taj se interval podudara s povećanom koncentracijom S. Pojava gipsa pripisuje se oksidaciji pirita, uz dovoljnu količinu Ca (sekundarni gips). Karbonatna sedimentacija prevladava u zoni od 4,1-0 ka (200-0 cm), u kojem je kalcit dominantan, te nisu prisutni kvarc i keldspati. Kalcita ima u većim količinama i u prijelaznoj zoni, od 6,1-4,1 ka BP (425-200 cm), a manje siliciklastičnog materijala, te već od 6,1 ka BP (425 cm) možemo govoriti kao o početku karbonatne sedimentacije.

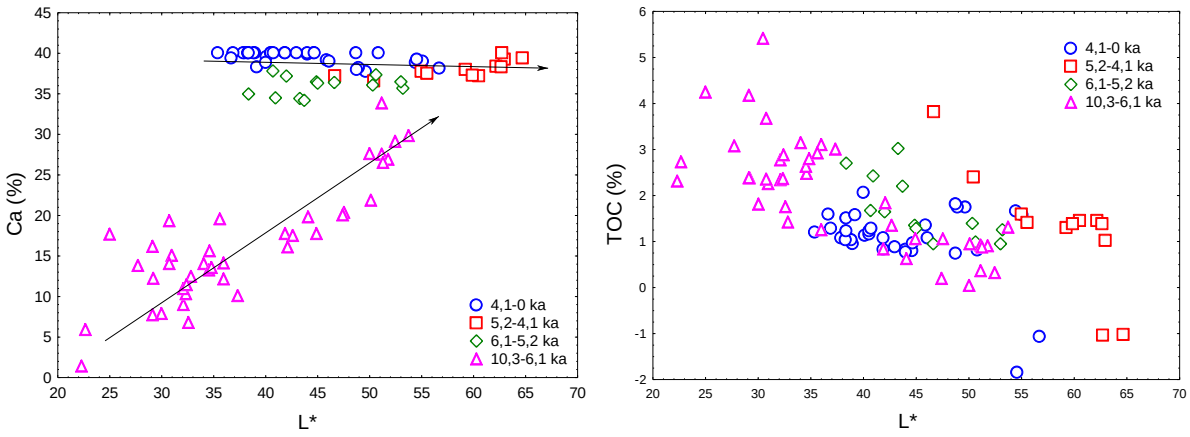
Minerali glina u Bokanjačkom blatu analizirani su svaki metar. U dubljem dijelu profila ima puno više minerala glina nego u gornjem dominantno karbonatnom dijelu. Od 780 do 385 cm prisutni su smektit, vermikulit, uređen i neuređen kaolinit. U uzorcima 650-660 i 756-766 cm prisutan je samo neuređen kaolinit. U uzroku 270-280 cm dolazi do promjene, prisutan je vermikulit, illit i kaolinit. U uzorcima 176-186 i 55-60 bilo je nedovoljno uzorka nakon otapanja s karbonatom za detaljnu analizu minerala glina.



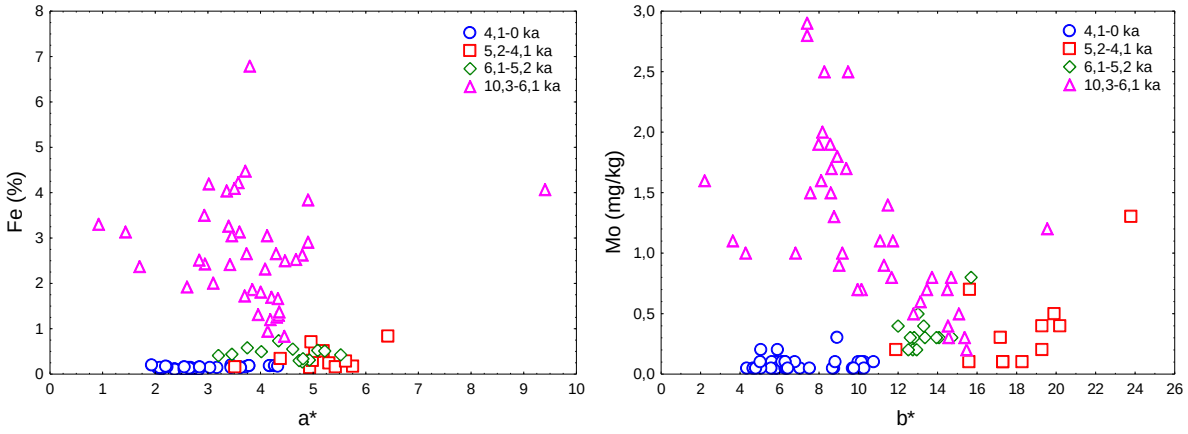
Slika 143 Promjena mineralnog sastava (ukupni i minerali glina) kroz jezgru BOK-2, prikazan uz elemente Al i Ca. Narančastom bojom označeni su zone 10,3-6,1 i 6,1-5,2 ka BP s istim tipovima minerala glina (Sm, V, Ill, Kln, Kln$_D$), dok su žutom bojom označene zone 5,2-4,1 i 4,1-0 ka BP, sa sljedećim tipovima minerala glina: V, Ill, Kln. Crveni pravokutnici su analizirani intervali minerala glina kroz jezgru (10 cm intervali). Oznake: Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Sm-smektit, V-vermikulit, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln$_D$-uređen kaolinit.

Odabrani parametri spektralne analize boje, magnetskog susceptibiliteta, granulometrijskih i geokemijskih analiza jezgre BOK-2 međusobno su korelirani te je korelacijska matrica prikazana u tablici 59. Međusobni odnosi tih parametara prikazani su i pomoću dijagrama raspršenja pri čemu su sedimenti grupirani u vremenske zone. Statistički dobivene korelacije pokazale su ipak drugačiju vezu po dubini odnosno starosti.

Svjetlina uzoraka, koja je izražena pomoću parametra boje L*, pozitivno korelira s koncentracijom Ca (r=0,62). To se podudara s činjenicom da svjetliji uzorci imaju viši udio karbonata. Na dijagramu raspršenja na slici 144, uočavaju se 2 pravca, jedan vezan za uzorke koji imaju visoki postotak Ca i koji ne pokazuju korelaciju, to su mlađi sedimenti, dok se sedimenti od 10,3-6 ka BP, s više siliciklastične komponente, nalaze na pravcu korelacije. Organski ugljik je prilično raspršen u odnosu na svjetlost boje L*, iako se uočava negativan trend korelacije (r=-0,62). Željezo i parametar boje a* ne pokazuju korelaciju (r=0,06), kao ni Mo i parametar b* (r=-0,07) (slika 145). Sedimenti bogati karbonatom, koji su mlađi od 6,1 ka, imaju nizak udio Fe i Mo i nalaze se na horizontalnom pravcu, dok povišene koncentracije imaju sedimenti stariji od 6,1 ka BP, koji sadrže siliciklastične minerale.

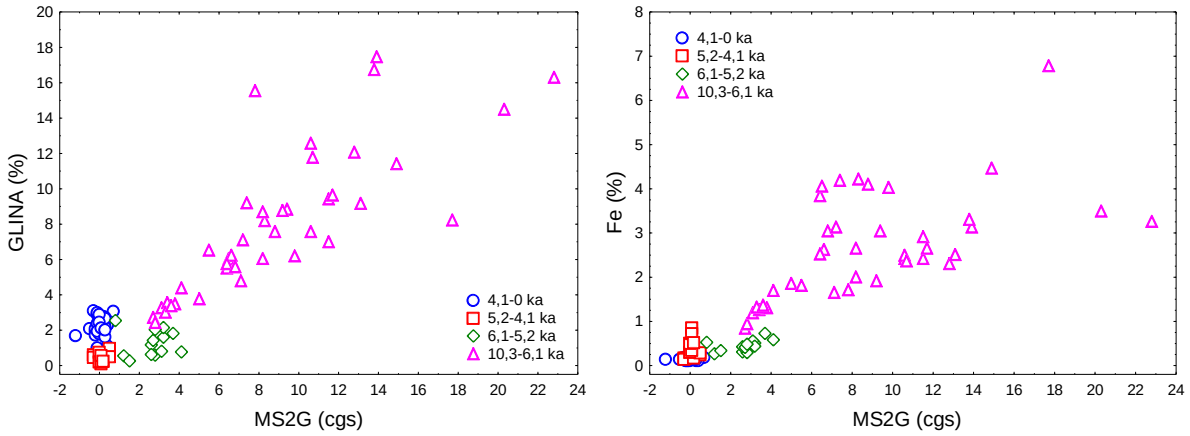


Slika 144 Odnos između parametra L* za svjetlost boje i Ca, na kojem su izdvojena 2 pravca, te odnos L* i TOC.

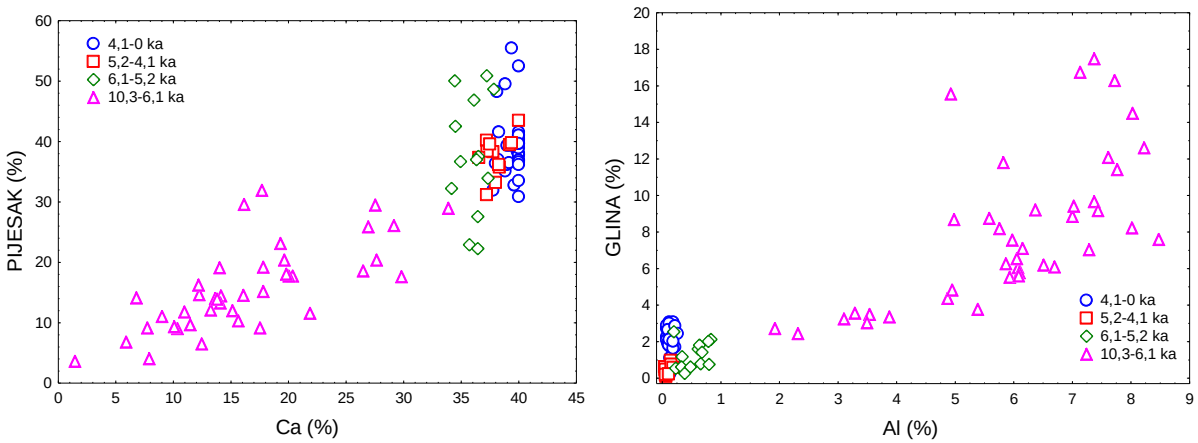


Slika 145 Odnos između Fe i parametra boje a*, te Mo i parametra boje b*.

Magnetski susceptibilitet pozitivno korelira s glinovitom frakcijom (r=0,89), kao i s udjelom Fe (r=0,86), što je vidljivo i na dijagramu raspršenja (slika 146). Kalcij dobro korelira s pjeskovitom frakcijom (r=-0,89), a Al s glinovitom frakcijom (r=0,86) (slika 147).

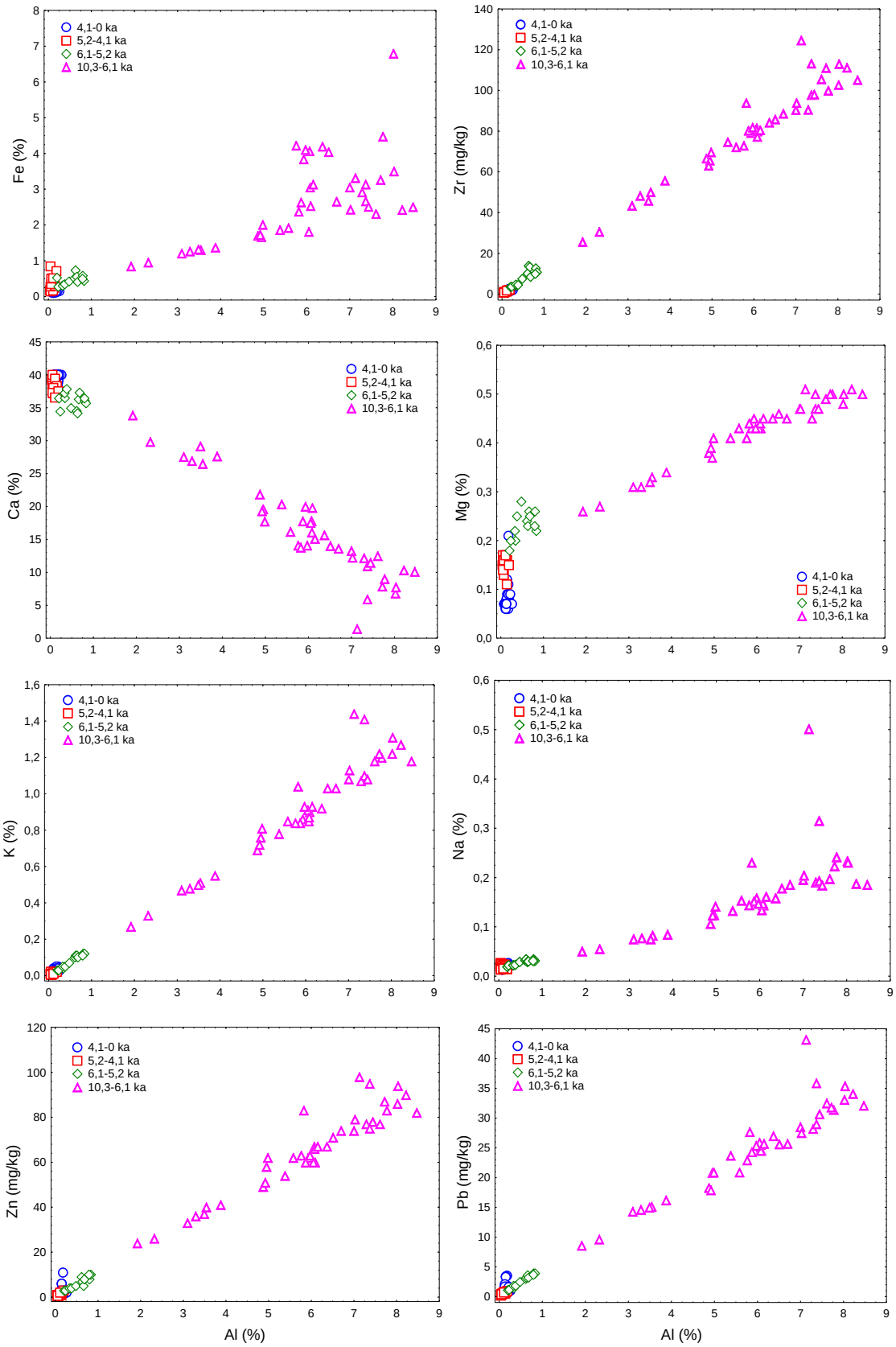


Slika 146 Odnos između glinovite frakcije i magnetskog susceptibiliteta i udjela Fe i magnetskog susceptibiliteta.



Slika 147 Odnosi između pjeskovite frakcije i Ca te glinovite frakcije i Al.

U sljedećim dijagramima na slici 148, prikazani su različiti elementi u odnosu na Al. Aluminij pokazuje vrlo dobru pozitivnu korelaciju s ostalim litogenim elementima (Fe, K, Na, Mg, Zr, La, V, Ni, Cr, Cu, Zn i Pb), te ona iznosi između r=0,91-0,99. Željezo pokazuje veću varijabilnost, te se dio uzoraka od 10,3-6,1 ne nalazi na pravcu, to su siliciklastični sedimenti, bogatiji željezom. Dio uzoraka iz zone 5,2-4,1 ka BP također su bogatiji Fe. Cirkonij, Mg, K, Na, Zn i Pb pokazuju relativno dobre korelacijske pravce s Al, s tim da se kod Mg uočavaju sedimenti koji sadrže kalcit koji ne pokazuju korelaciju, te drugi siliciklastični, i zona 10,3-5,2 ka BP. Aluminij vrlo dobro također korelira s As, Mn i Mo (r=0,72-0,82). Ukupna organska tvar (TOC) dobro korelira s N u sedimentu (r=0,81), malo slabije s P (r=0,42), a ne pokazuje povezanost sa S (r=0,02). Organski ugljik apsorbira i neke elemente u tragovima, dobro korelira s As (r=0,57) i Mo (r=0,54). Kalcij negativno korelira s Mg (r=-0,96), što ukazuje da je magnezij vezan za siliciklastični materijal u jezeru, što je uočljivo iz mineralnog sastava, u kojem je od karbonatnih minerala prisutan jedino kalcit (a ne dolomit). Kalcij ne pokazuje nikakvu korelaciju sa Sr (r=0,07).

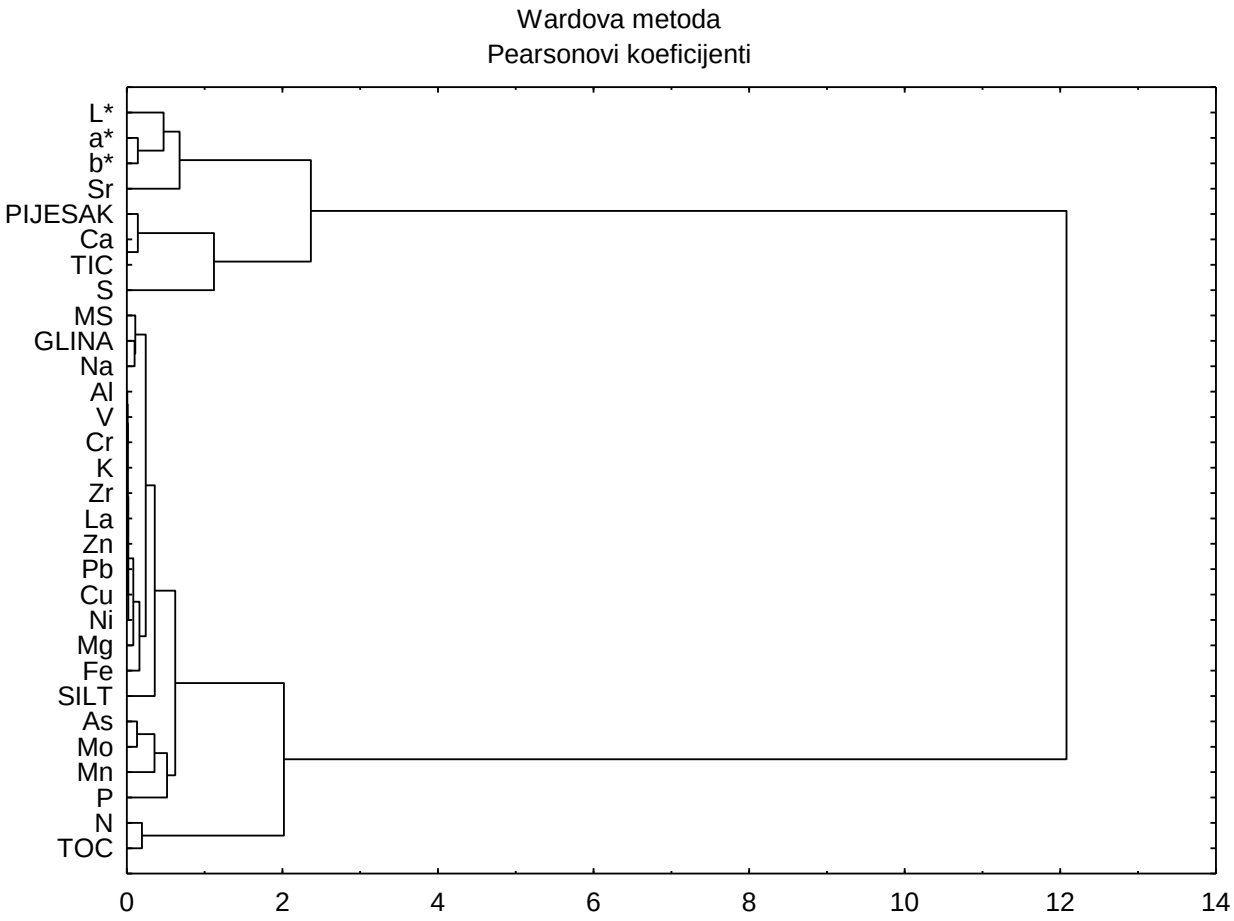


Slika 148 Odnosi između odabranih elemenata i Al u jezgri BOK-2.

Tablica 59 Korelacijska matrica odabranih analiziranih parametara u jezgri BOK-2, koji uključuju spektralnu analizu boje (L*a*b*), magnetski susceptibilitet (MS), granulometrijske i geokemijske analize (na sljedećoj stranici).

	L*	a*	b*	MS	PIJES.	SILT	GLINA	Al	Fe	K	Na	Ca	Mg	Sr	Zr	La	V	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn	As	Mn	Mo	S	P	N	TOC	TIC
L*	1,00																													
a*	0,49	1,00																												
b*	0,72	0,86	1,00																											
MS	-0,65	-0,08	-0,17	1,00																										
PIJES.	0,46	0,01	0,04	-0,82	1,00																									
SILT	-0,30	0,10	0,10	0,69	-0,97	1,00																								
GLINA	-0,72	-0,26	-0,36	0,89	-0,81	0,64	1,00																							
Al	-0,60	-0,02	-0,12	0,92	-0,90	0,82	0,86	1,00																						
Fe	-0,54	0,06	-0,06	0,86	-0,82	0,75	0,76	0,91	1,00																					
K	-0,63	-0,07	-0,17	0,93	-0,90	0,80	0,89	0,99	0,91	1,00																				
Na	-0,65	-0,17	-0,24	0,90	-0,84	0,72	0,90	0,91	0,85	0,95	1,00																			
Ca	0,62	0,03	0,12	-0,94	0,89	-0,80	-0,89	-0,99	-0,92	-0,99	-0,95	1,00																		
Mg	-0,49	0,13	0,06	0,89	-0,86	0,80	0,79	0,95	0,88	0,95	0,87	-0,96	1,00																	
Sr	0,30	0,47	0,57	-0,11	0,07	0,02	-0,27	-0,08	-0,08	-0,11	-0,15	0,07	0,19	1,00																
Zr	-0,61	-0,05	-0,14	0,92	-0,91	0,82	0,88	0,99	0,90	1,00	0,94	-0,99	0,95	-0,08	1,00															
La	-0,62	-0,05	-0,15	0,92	-0,90	0,81	0,88	0,99	0,91	1,00	0,94	-0,99	0,95	-0,08	1,00	1,00														
V	-0,59	-0,02	-0,10	0,91	-0,91	0,83	0,87	0,99	0,91	0,99	0,92	-0,99	0,96	-0,04	1,00	0,99	1,00													
Cr	-0,64	-0,07	-0,17	0,93	-0,89	0,79	0,89	0,99	0,91	1,00	0,94	-0,99	0,94	-0,14	0,99	0,99	0,99	1,00												
Ni	-0,62	-0,03	-0,14	0,93	-0,89	0,80	0,88	0,98	0,91	0,99	0,95	-0,99	0,94	-0,09	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00											
Cu	-0,58	-0,01	-0,09	0,92	-0,91	0,82	0,88	0,99	0,90	0,99	0,94	-0,99	0,96	-0,03	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	1,00										
Pb	-0,61	-0,06	-0,15	0,92	-0,91	0,82	0,89	0,99	0,91	1,00	0,95	-0,99	0,95	-0,09	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00									
Zn	-0,62	-0,06	-0,16	0,93	-0,90	0,81	0,89	0,99	0,91	1,00	0,94	-0,99	0,95	-0,10	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00								
As	-0,68	-0,22	-0,33	0,80	-0,71	0,59	0,82	0,82	0,79	0,83	0,77	-0,84	0,76	-0,22	0,82	0,82	0,81	0,85	0,84	0,80	0,81	0,84	1,00							
Mn	-0,37	0,09	0,00	0,77	-0,63	0,58	0,59	0,72	0,83	0,71	0,63	-0,71	0,70	-0,07	0,70	0,70	0,71	0,73	0,74	0,69	0,70	0,71	0,65	1,00						
Mo	-0,56	0,00	-0,07	0,83	-0,72	0,62	0,77	0,80	0,83	0,80	0,75	-0,83	0,80	-0,09	0,80	0,80	0,81	0,82	0,83	0,80	0,80	0,82	0,87	0,75	1,00					
S	-0,05	-0,22	-0,29	-0,28	0,21	-0,21	-0,16	-0,25	-0,08	-0,26	-0,26	0,24	-0,33	-0,29	-0,27	-0,25	-0,27	-0,23	-0,24	-0,30	-0,25	-0,26	0,09	-0,16	0,00	1,00				
P	-0,59	-0,31	-0,44	0,72	-0,60	0,45	0,79	0,67	0,61	0,71	0,73	-0,70	0,59	-0,41	0,69	0,69	0,66	0,72	0,68	0,69	0,71	0,72	0,68	0,46	0,59	-0,13	1,00			
N	-0,51	-0,12	-0,31	0,29	-0,06	-0,06	0,33	0,20	0,16	0,22	0,20	-0,26	0,21	-0,13	0,20	0,20	0,18	0,25	0,21	0,18	0,19	0,23	0,44	0,10	0,37	0,12	0,40	1,00		
TOC	-0,62	-0,10	-0,24	0,47	-0,33	0,23	0,48	0,43	0,39	0,45	0,43	-0,50	0,45	-0,05	0,43	0,43	0,42	0,46	0,44	0,42	0,42	0,45	0,57	0,27	0,54	0,02	0,42	0,81	1,00	
TIC	0,62	0,03	0,12	-0,94	0,89	-0,80	-0,89	-0,99	-0,92	-0,99	-0,95	1,00	-0,96	0,07	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,84	-0,71	-0,83	0,24	-0,70	-0,26	-0,50	1,00

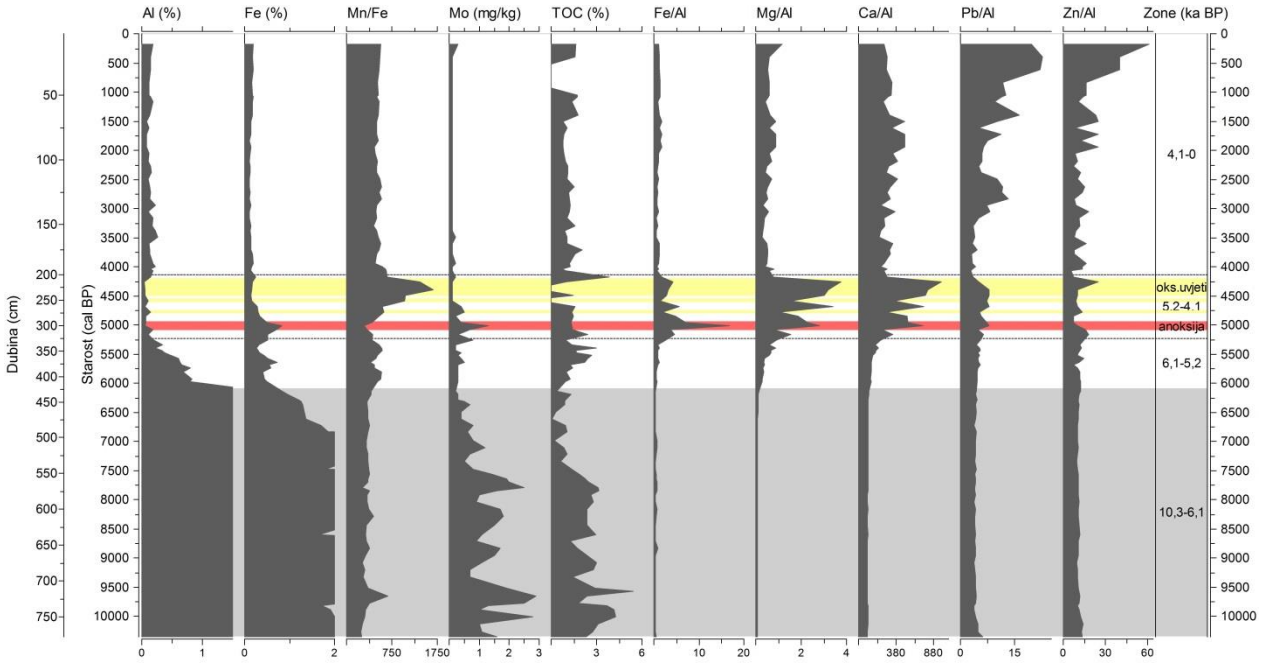
Klaster analiza (slika 149) potvrdila je povezanost pojedinih parametara. Pomoću klaster analize parametri su grupirani u skupine. Izdvojen je karbonatni klaster, koji čine svjetlost boje L*, na koji je vezan Sr, zatim pijesak i Ca se dobro vežu, te spajaju u jedan klaster. U ovaj klaster upao je i S. Sljedeća skupina je siliciklastična, u kojoj se u jednom dijelu nalaze MS, glina, Na, Al, V, Cr, K, Zr, La, Zn, Pb, Cu, Ni, Mg i Fe, na koje se veže silt, u drugoj više reduktivni As, Mo, Mn i P. Svi oni čine siliciklastični klaster, koji je usko povezan i s nutritivnim elementima N i TOC. Prema ovoj analizi, mogu se izdvojiti dva potpuno odvojena klastera – karbonatni i siliciklastični.



Slika 149 Klaster analiza dobivenih rezultata jezgre BOK-2 (Ward-ova metoda hijerarhijskog grupiranja pomoću Pearsonovih koeficijenata korealcije), pomoću koje su izdvojena 2 veća, potpuno odvojena klastera – karbonatni i siliciklastični.

Koncentracije elemenata su normalizirane na Al, kako bi se isključio efekt razrjeđenja s kalcitom. Omjeri su prikazani na slici 150, zajedno s Al, Mn, Mo i TOC za pomoć pri interpretaciji. Pri tome su vrijednosti Al i Mn, koje su puno više u donjoj zoni od 10,3-6,1 ka BP, smanjene u profilu na manje vrijednosti, kako bi se uočio trend u gornjem dijelu jezgre, od 6,1-0 ka BP.

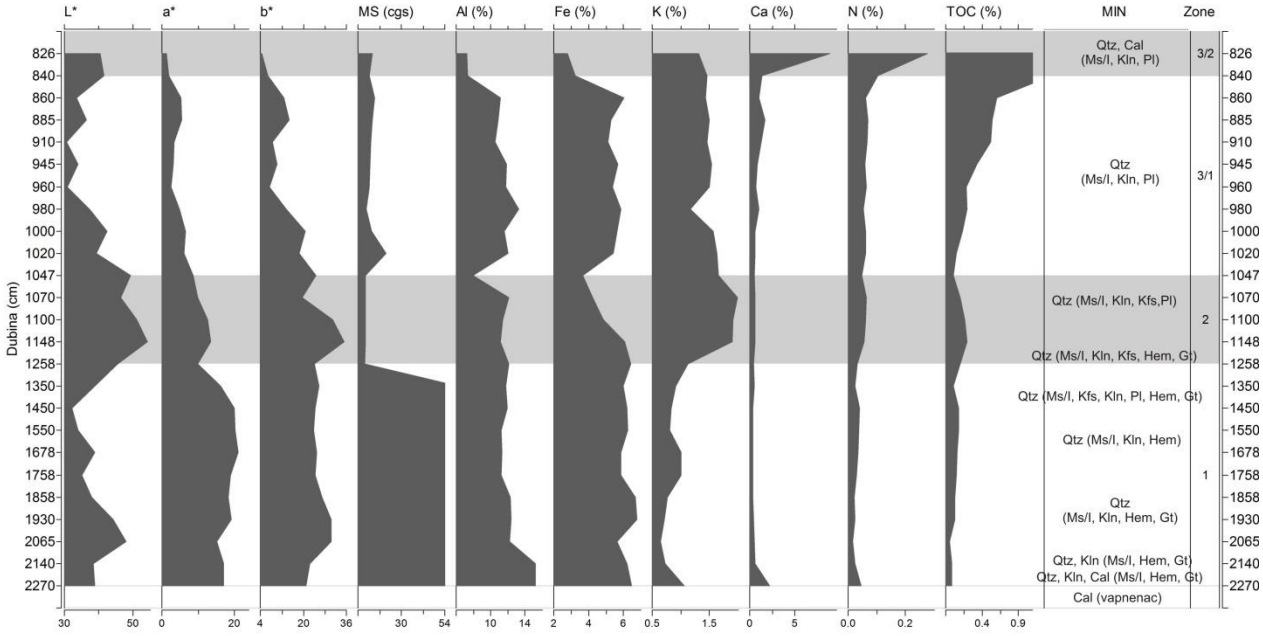
Omjeri pojedinih elemenata s Al pokazali su povećanje u zoni 5,2-4,1 ka BP (Fe/Al, Mg/Al, Ca/Al). Taj je interval karakteriziran izrazito svjetlijom bojom, te povećanjem kalcija i kalcita. Pretpostavljam da je upravo za to vezano povećanje omjera pojedinih elemenata s Al, ne zbog njihovog povećanja, nego zbog vrlo niskih koncentracija Al, blizu granice detekcije, što je moglo biti uzrok ovakvih profila. Vidi se izrazito smanjenje koncentracija Al u zoni 5,2-4,1 ka BP, s dominantnom karbonatnom sedimentacijom, vjerojatno malo dubljeg jezera. Povišen Fe može se objasniti i s reduktivnijim uvjetima u jezeru, što se može vidjeti pomoću omjer Mn/Fe u sedimentu. Povišenje Fe i sniženje omjera Mn/Fe označavaju reduktivne uvjete, dok viši Mn i više vrijednosti Mn/Fe su indikatori oksičnih uvjeta (Kinig et al., 2003; Naeher et al., 2013). Na dubini od 300 cm uočavaju se reduktivni uvjeti (udio Fe je viši), prije toga je TOC povišen na 318 cm, te je razgradnja organske tvari uzrokovala povišen Fe u reduktivnim uvjetima. Nakon toga su uslijedili oksični uvjeti s povišenim Mn/Fe na 273, 252 i 231 cm. Organska tvar se potom povisuje na 205 cm. Od 4,1 ka BP vrijednosti Al se postepeno povećavaju, kao rezultat deforestacije i povećane erozije u jezero, što je uzrokovano naseljavanjem ljudi u slivu (Di Rita & Magri, 2009). Udio organskog ugljika i Mn povećani su pri kraju te zone, odnosno oko 4,1 ka BP, što bi moglo ukazivati na smanjenje razine jezera. Omjeri Pb/Al i Zn/Al pokazali su povećanje pri vrhu jezgre, u prvih pola metra, kao rezultat antropogenog utjecaja (Shotyk et al., 1998).



Slika 150 Pojedini elementi normalizirani prema Al kroz jezgru BOK-2, prikazani su i Al, Mn/Fe, Mo i TOC .

Bokanjačko blato – jezgra BOK-S015-10-3

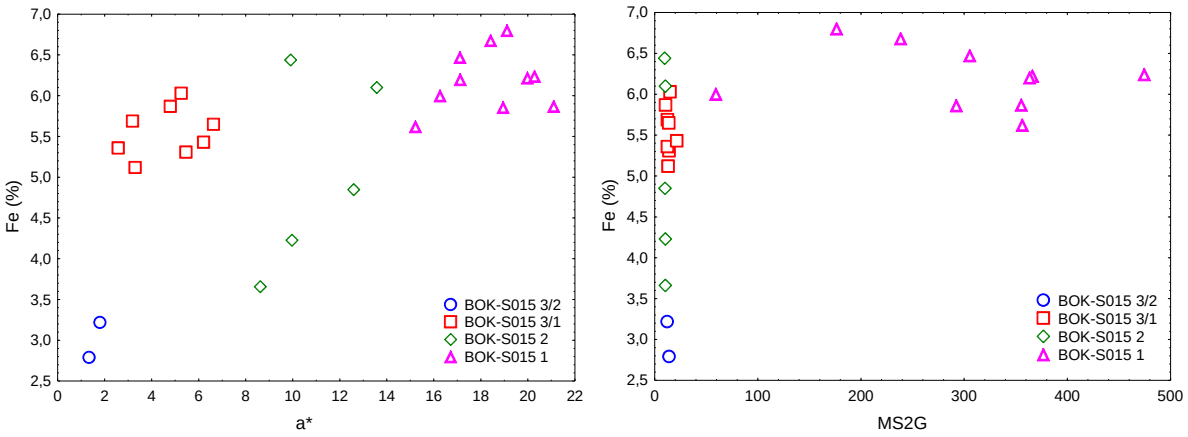
Dublji dio sedimenata Bokanjačkog blata, od 23 do 8 m, bitno se razlikuje od jezgre pliće od 8 m. Na temelju dobivenih rezultata spektralne analize boje, magnetskog susceptibiliteta, mineraloških i kemijskih analiza, unutar sedimenata od 23 do 8 m izdvojeno je nekoliko zona (slika 151). U dubljem dijelu od 23 do 12,5 m prevladavaju kompaktne crvene gline (zona 1), od 12,5 m do 10,5 m prisutan je lesoliki sediment (zona 2), svjetlije žućkaste boje, od 10,5 do 8,5 m nalazi se tamniji jezerski sediment (zona 3/1), kojem se povećava udio TOC-a, a u bbvnajgornjem dijelu od 8,5 m (zona 3/2) javlja se kalcit, te se pretpostavlja razvoj plitkog jezera.



Slika 151 Odabrani parametri kroz jezgru BOK-S015-10-3, s prikazanim utvrđenim zonama.

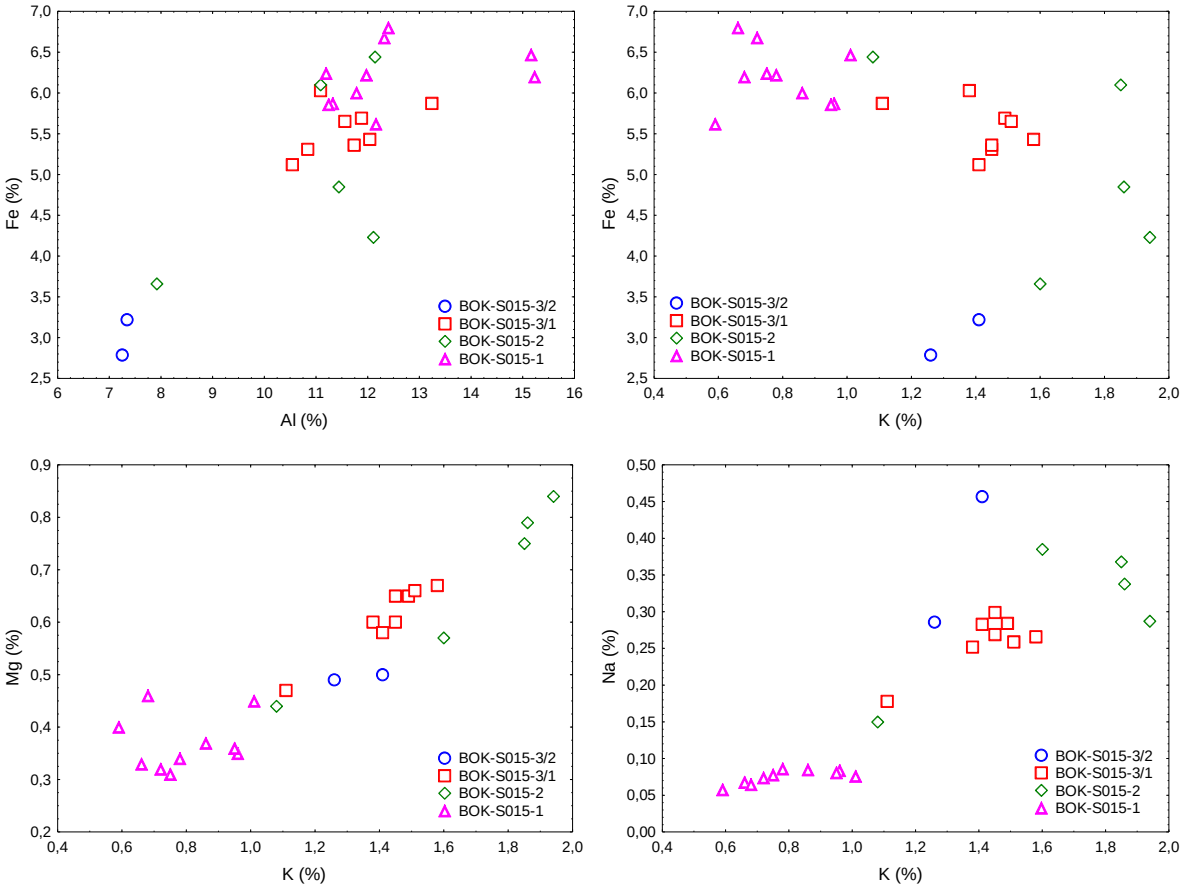
Korelacijska matrica za dobivene rezultate duboke jezgre BOK-S015-10-3 prikazana je u tablici 60, koja je uključivala spektralnu analizu boje, magnetski susceptibilitet i kemijske analize. Pomoću dijagrama raspršenja dobiveni rezultati su promatrani po dubini (slike 152 i 153).

S obzirom da u uzorcima nema kalcita (osim u gornjim uzorcima od 8,5 m), svjetlost boje L* ne korelira s Ca kao u ostalim jezgrama. Parametar boje a* (zeleno-crveno) povišen je od 23-12,5 m, u uzorcima žarko crvene boje, te dobro relativno korelira s Fe (r=0,61) kroz cijelu jezgru. Na dijagramu raspršenja Fe i a* izdvajaju se uzorci iz zone 3/1, koji imaju visok udio Fe, ali parametar boje a* je niži, što znači da sediment nije crvene boje (slika 152). Parametar boje b* (plavo-žuto), povišen je u intervalima s mineralom goethitom, koji daje sedimentu žutu boju. Ti su intervali od 21,40-20,65 cm i lesoliki dio od 12,5-10,5 m. Ona također dobro korelira s Fe (r=0,51). Magnetski susceptibilitet dobro korelira s parametrom boje a* (r=0,82), s b* malo slabije (r=0,42), što je u skladu s mineralnim sastavom, jer goethit pokazuje niži magnetski susceptibilitet nego hematit. Magnetski susceptibilitet relativno dobro korelira s Fe (r=0,47), na dijagramu raspršenja vidljivo je da uzorci s visokim udjelom Fe iz zone 1 (najdublji sedimenti) imaju izrazito visok Ms, dok uzorci iz ostalih zona imaju niži MS i bez obzira na povišenje Fe, ne mijenja im se magnetski susceptibilitet.



Slika 152 Odnosi između udjela Fe i parametra boje a* te magnetskog susceptibiliteta (MS2G).

Željezo dobro pozitivno korelira s Al (r=0,78) (slika 153), V (r=0,79), Cr (r=0,76), Ni (r=0,68), Zn (r=0,67), Mo (r=0,73), dok negativno korelira s K (r=-0,53), Na (r=-0,72), Sr (r=-0,82), Ca (r=-0,56), Mg (r=-0,40). Dobra korelacija Fe i Al na dijagramu raspršenja (slika 152) upućuju na to da su željezoviti minerali asocirani s glinama kaolinitskog tipa. Negativna korelacija Fe i K ukazuje da nisu vezani za illite i feldspate. Na tom dijagramu se izdvajaju uzorci iz zone 3/2, koji sadrže niži udio Fe i u kojima se pojavljuje Ca. Kalij je povezan s Mg, Na, Sr, Zr, Rb (r=0,75-0,94). Na dijagramu raspršenja (slika 153) vidljiva je dobra korelacija Mg s K, što upućuje na to da je Mg vezan za 2:1 minerale glina (uglavnom vermikulit), dok je Na vezan za plagioklase te je vidljivo da ih nema u uzorcima iz zone 1.

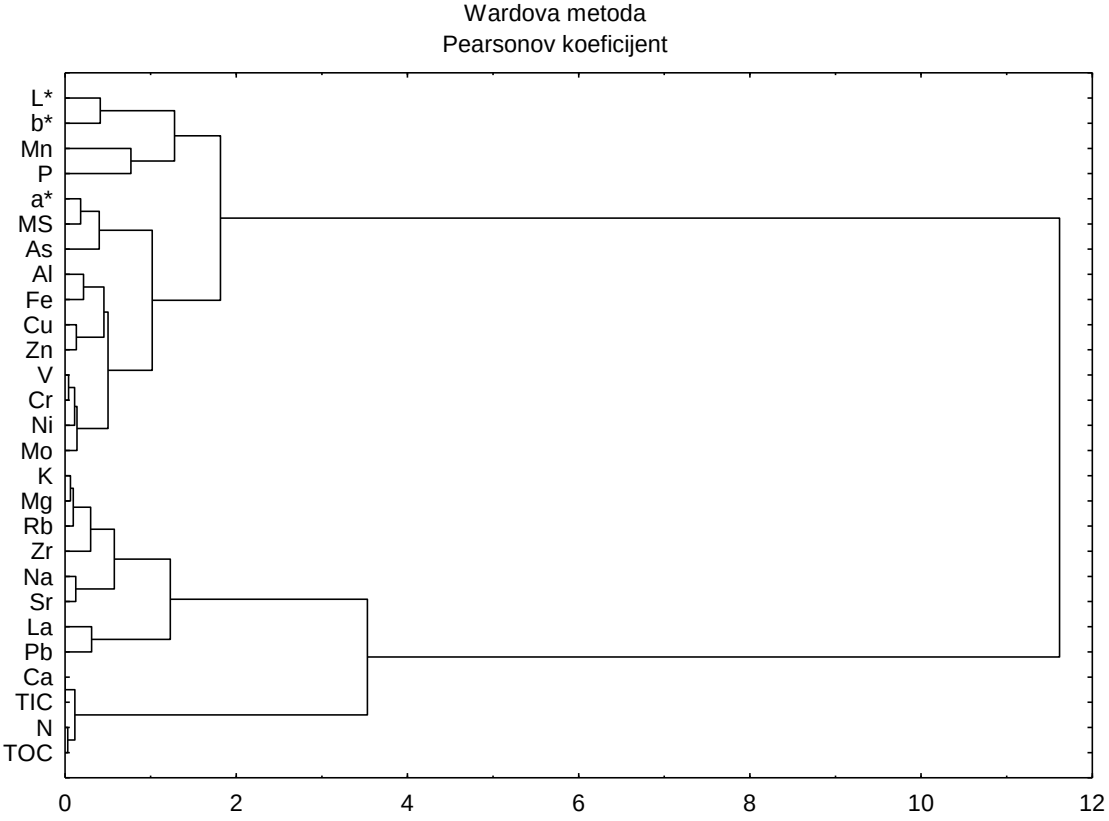


Slika 153 Odnosi između Fe i Al, te Fe, Mg , Na prema K.

Tablica 60 Korelacijska matrica odabranih parametara analiziranih u jezgri BOK-S015-10-3 (na sljedećoj stranici).

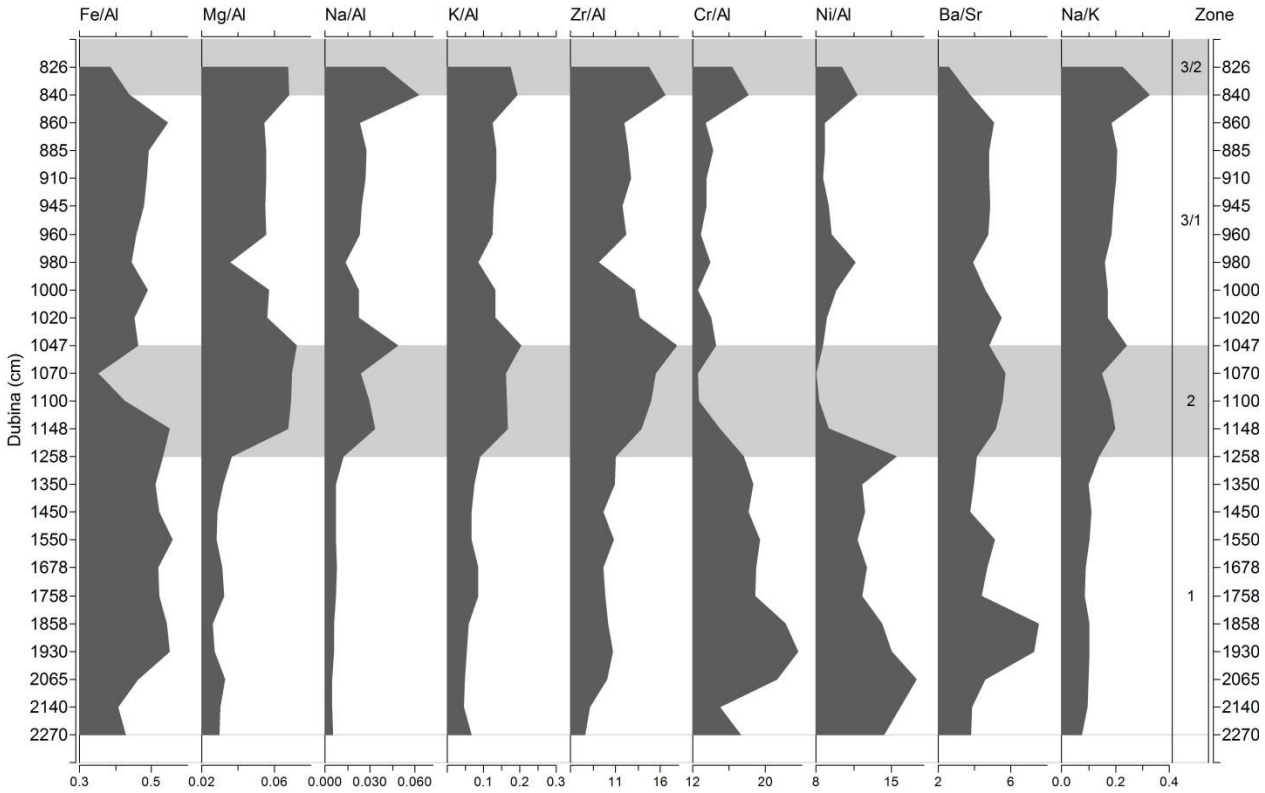
	L*	a*	b*	MS	Al	Fe	K	Na	Ca	Mg	Sr	Zr	Rb	La	V	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn	As	Mn	Mo	P	N	TOC	TIC
L*	1,00																										
a*	0,11	1,00																									
b*	0,59	0,79	1,00																								
MS	-0,22	0,82	0,42	1,00																							
Al	-0,14	0,46	0,35	0,40	1,00																						
Fe	-0,21	0,61	0,51	0,47	0,78	1,00																					
K	0,32	-0,63	-0,25	-0,77	-0,36	-0,53	1,00																				
Na	0,29	-0,77	-0,42	-0,79	-0,64	-0,72	0,88	1,00																			
Ca	-0,04	-0,40	-0,51	-0,21	-0,43	-0,56	0,09	0,21	1,00																		
Mg	0,33	-0,59	-0,20	-0,71	-0,13	-0,40	0,94	0,77	0,03	1,00																	
Sr	0,21	-0,82	-0,57	-0,77	-0,67	-0,82	0,76	0,87	0,63	0,66	1,00																
Zr	0,44	-0,28	0,14	-0,55	0,06	-0,16	0,75	0,52	-0,29	0,85	0,33	1,00															
Rb	0,17	-0,72	-0,37	-0,81	-0,43	-0,51	0,94	0,87	0,14	0,89	0,79	0,72	1,00														
La	0,20	-0,49	-0,18	-0,62	-0,31	-0,18	0,40	0,43	0,03	0,30	0,43	0,29	0,51	1,00													
V	-0,10	0,76	0,53	0,71	0,76	0,79	-0,80	-0,89	-0,38	-0,67	-0,89	-0,37	-0,86	-0,37	1,00												
Cr	-0,05	0,79	0,57	0,72	0,65	0,76	-0,82	-0,89	-0,33	-0,71	-0,87	-0,40	-0,87	-0,41	0,96	1,00											
Ni	-0,02	0,62	0,43	0,65	0,78	0,68	-0,77	-0,83	-0,27	-0,58	-0,77	-0,38	-0,83	-0,34	0,93	0,88	1,00										
Cu	0,15	0,46	0,37	0,41	0,71	0,51	-0,54	-0,65	-0,07	-0,37	-0,51	-0,16	-0,63	-0,14	0,81	0,76	0,86	1,00									
Pb	0,08	-0,32	-0,11	-0,51	-0,11	-0,08	0,50	0,36	-0,24	0,41	0,26	0,56	0,56	0,69	-0,27	-0,30	-0,39	-0,16	1,00								
Zn	0,12	0,47	0,44	0,38	0,85	0,67	-0,39	-0,63	-0,27	-0,22	-0,58	-0,02	-0,50	-0,11	0,78	0,69	0,84	0,87	-0,06	1,00							
As	-0,09	0,67	0,50	0,64	0,52	0,51	-0,45	-0,58	-0,34	-0,33	-0,61	-0,10	-0,46	-0,42	0,60	0,56	0,51	0,37	-0,22	0,39	1,00						
Mn	-0,04	0,32	0,30	0,14	0,28	0,44	-0,46	-0,42	-0,20	-0,39	-0,44	-0,13	-0,41	-0,12	0,48	0,59	0,40	0,41	-0,15	0,19	0,14	1,00					
Mo	-0,20	0,80	0,51	0,80	0,65	0,73	-0,85	-0,91	-0,32	-0,73	-0,87	-0,43	-0,83	-0,41	0,91	0,90	0,84	0,67	-0,32	0,60	0,70	0,51	1,00				
P	0,00	0,05	0,00	-0,14	0,16	0,13	-0,16	-0,24	0,20	-0,24	-0,01	-0,17	-0,19	0,39	0,27	0,19	0,22	0,48	0,21	0,37	-0,09	0,23	0,16	1,00			
N	-0,01	-0,57	-0,61	-0,39	-0,62	-0,73	0,32	0,47	0,94	0,22	0,81	-0,11	0,40	0,18	-0,62	-0,57	-0,52	-0,30	-0,02	-0,49	-0,41	-0,35	-0,53	0,07	1,00		
TOC	-0,05	-0,52	-0,60	-0,30	-0,65	-0,68	0,16	0,38	0,93	0,05	0,72	-0,27	0,27	0,16	-0,55	-0,47	-0,43	-0,27	-0,13	-0,50	-0,45	-0,23	-0,44	0,07	0,97	1,00	
TIC	-0,04	-0,40	-0,51	-0,21	-0,43	-0,56	0,09	0,21	1,00	0,03	0,63	-0,29	0,14	0,03	-0,38	-0,33	-0,27	-0,07	-0,24	-0,27	-0,34	-0,20	-0,32	0,20	0,94	0,93	1,00

Rezultati korelacijske matrice sukladni su s rezultatima klaster analize (Wardovom metodom hijerarhijskog grupiranja, s Pearsonim koeficijentima korelacije) (slika 154). Formirala su se 2 klastera siliciklastičnih elemenata. Prvi, u kojem su a*, MS, As, koji su vezani na Al, Fe, Cu, Zn, V, Cr, Ni i Mo, povezan je također s L*, b*, Mn i P. drugi klaster čine K, Mg, Rb, Zr, Na, Sr, na koji su vezani La, Pb. TIC, N i TOC čine daljnju vezu s tim klasterom.



Slika 154 Klaster analiza dobivenih rezultata jezgre BOK-S015-10-3 (Ward-ova metoda hijerarhijskog grupiranja pomoću Pearsonovih koeficijenata korealcije), pomoću koje su izdvojena 2 veća klastera siliciklastičnih elemenata.

Grupiranje elemenata dobiveno statističkim analizama, vidljivo je i iz dijagrama normaliziranih elemenata s Al (slika 155). Omjeri Mg, Na i Zr s Al pokazuju niže vrijednosti od 23-12,5 m, te naglo rastu od 12,5 m i povišene su do 8. m jezgre. Najviše su vrijednosti u intervalu od 12,5-10,5 m, gdje se nalazi lesoliki sediment. U tom su intervalu najniže vrijednosti Cr/Al i Ni/Al. Te su vrijednosti visoke u donjem dijelu jezgre, gdje prevladavaju crvene gline (23-12,5 m), a u gornjem dijelu su niže vrijednosti (10,5-8 m). Očito su sedimenti pretrpjeli različit stupanj trošenja i pedogeneze. Na slici su prikazani omjeri karakterističnih indikatora trošenja materijala Ba/Sr i Na/K (Retallack, 2001). Niže vrijednosti Na/K upućuju na povećano kemijsko trošenje u donjem dijelu jezgre (23-12,5 m) i poklapaju se s nižim vrijednostima Na/Al i K/Al. Promjena se uočava i u mineralnom sastavu u kojem nema feldspata. Unutar tih crvenih glina preostali su rezidualni elementi, kao što su Cr i Ni. Njihove vrijednosti su izrazito niske u intervalu gdje je lesoliki sediment. Od 10,5 do 8 m sediment je ponovno drugačiji, s relativno nižim omjerima Na/Al, K/Al i Zr/Al, ali višim nego u crvenim glinama. Vjerojatno su ti sedimenti prošli također određeni stupanj dijageneze, jer s obzirom na desikacijske pukotine u intervalu od 10,5-11 m, moguće da se radi o formiranju povremenih lokvi te bare u intervalu od 10,5-8,5 m, a od 8,5 m s pojavom kalcita i plitkog jezera.



Slika 155 Pojedini elementi normalizirani prema Al kroz jezgru BOK-S015-10-3. Prikazani su i indikatori trošenja Ba/Sr i Na/K.

Pedogenetski procesi su prema tome, imali veliku ulogu u formiranju naslaga crvenih glina. One sadrže sljedeće minerali glina (zona 1, 22,7-12,5 m): dominira kaolinit, a prisutan je i vermikulit u svim uzorcima. Illit se javlja samo u uzorcima 22,7 m, 17,58 i 16,78 m. Prisutni su uređen i neuređen kaolinit, osim u uzorcima od 21,4 i 19,3 m u kojima je prisutan samo neuređen kaolinit.

Nasuprot toga, u lesnom dijelu profila (zona 2, 12,5-10,5 m) i iznad toga, gdje nema Fe minerala (hematita i goethita), u zoni 3 (10,5-8 m) dominiraju uređen i neuređen kaolinit i illit, također je prisutan vermikulit. Vršni dio zone 3 (podzona 3/2) od 8,4-8,4 m karakterizira pojava kalcita, kojeg nema u zoni 3/1, a u cijeloj zoni 3 prisutni su feldspati.

Trošenjem stijena, bilo kojeg porijekla, one se progresivno transformiraju u Fe i Al-oksihidrokside. Taj je konačni produkt trošenja stijena karakterističan za tropsku i subtropsku klimu, gdje su reakcije između meteorske vode i minerala vrlo intenzivne i traju dug vremenski period. U umjerenim klimatskim područjima, trošenje je manje intenzivno. Razvoj crvenih glina u Bokanjačkom blatu, nije bio pod utjecajem intenzivnih promjena i klimatskih uvjeta koji bi stvarali krajnje članove Al i Fe minerala, tipične za boksitne okoliše, ali su zasigurno pretrpjeli određene pedogenetske promjene u kojem su se formirali hematit i goethit. Crvene gline Bokanjačkog blata sadrže promjenjivi udio hematita i goethita, vrlo su slične terra rossi (crvenicama) u vidu npr. dekalcifikacije i rubifikacije-formiranje hematita i goethita (Durn et al., 1999) te formiranju pedogenetskog neuređenog kaolinita, što im daje 5YR do 10R nijanse boje po Munsellu. Crvene gline su od 20,65-18,58 i od 14,50-12,58 m žućkaste, s dominantnim mineralom goethitom, nijansa boje po Munsellu varira između 2,5YR i 5YR. Terra rossa je tipično crveno tlo mediteranskog područja, razvijeno na vapnencima i dolomitima. Imaju varijabilan sastav, terra rosa u Istri uglavnom sadrži kaolinit, illit, hidroksil-interstratificirani

vermikulit i smektit, te Fe minerale hematit i goethit (Durn et al., 1999). Kaolinit je dominantno neuređen, koji ne interkalira s dimetil sulfoksidom (DMSO) i smatra se autigenim (pedogenim) mineralom (Durn et al., 1999). Sastav crvenih glina sličan je sastavu istarskih terra rossa.

Crvene gline pronađene su u Mađarskoj, gdje se razlikuju Tengelic i Kerescend formacije crvenih glina (srednji pliocen do rani pleistocen), koje su prekrivene lesnim paleotlima (Kovacs et al., 2011). U Mađarskoj na Bukk planini, uočen je slijed sličan onom u Bokanjačkom blatu, žuti les bez karbonata, ispod kojeg se nalazi crveni les bez karbonata, te konačno crvene gline s kvarcom, taložene direktno na vapnencu (Vincze et al., 2005). Na temelju analize teških minerala, određeno je da crvene gline potječu od trošenja riolitnog tufa, koji se nalazi na Bukk planini. Dominantan mineral je illit, zatim prisutni su montmorillonit i kaolinit. Na Bukk i Matra planini značajne pojave crvenih glina potječu od trošenja magmatskih stijena (smektit) i eolskog materijala (illit i klorit), a kaoliniti su rezultat trošenja stijena pod toplim i vlažnim subtropskim uvjetima (najstariji minerali glina). Kovacs et al. (2008) ističu eolsko porijeklo crvenih glina u Mađarskoj, na temelju mineraloških, mikromorfoloških i geokemijskih analiza. Smatraju da je crvena glina eolski sediment koji je bio izložen snažnoj pedogenezi tijekom toplih i vlažnih perioda, isprekidana s povremenim hladnim i suhim periodima, vidljivo promjenama u boji i karbonatnim nodulama (Kovacs et al., 2011).

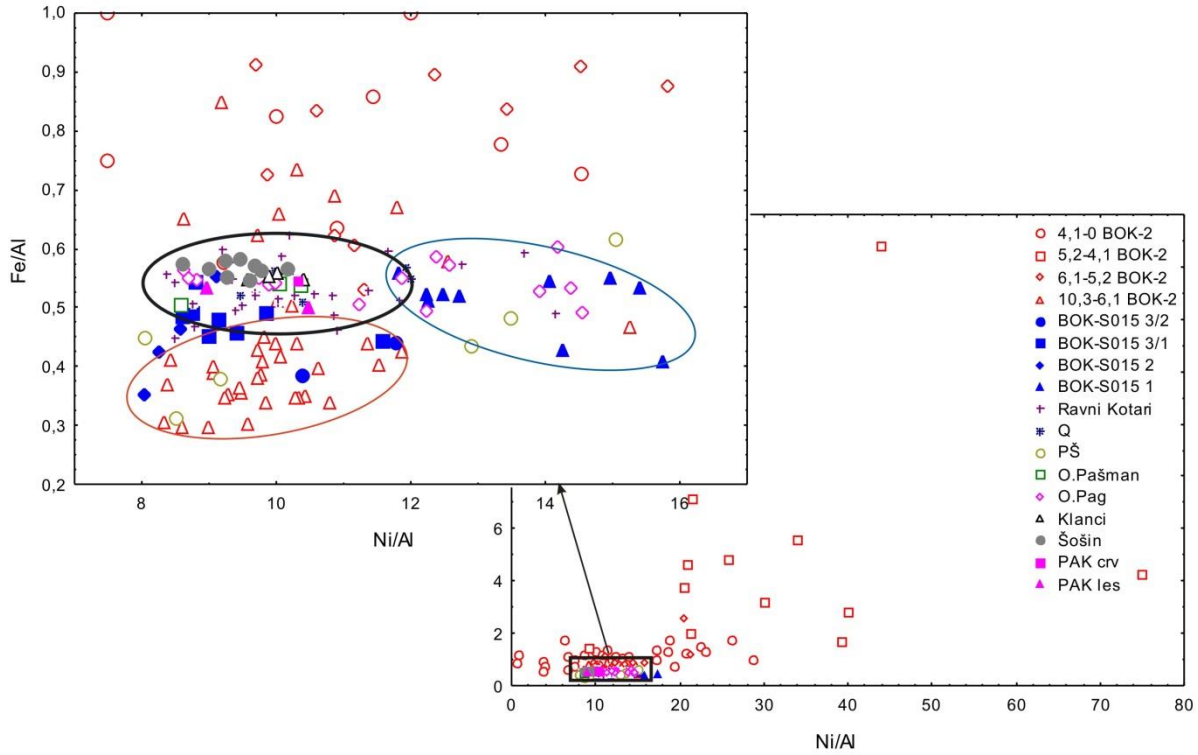
Les je eolski materijal formiran u periglacijalnim područjima tijekom pleistocenskih hladnih i suhih perioda, koji se mogao taložiti u depresiji Bokanjačkog blata. Zasigurno da je dio tog lesa mogao biti pretaložen iz slivnog područja. Les u Bokanjačkom blatu je pedogenetski izmijenjen, procesim dekalcifikacije, ne sadrži kalcit. Les inicijalno može sadržavati illit, klorit, kaolinit i smektit, a tijekom formiranja tla, illit se može transformirati u vermikulit (Velde, 1995). Nastajanje vermikulita pospješeno je u kiselim okolišima, pri čemu se formiraju interstratificirani minerali, kao što su hidroksil-interstratificirani vermikulit (HIV), odnosno Al polikationi ulaze u međuslojni prostor (Velde & Meunier, 2008). Klorit je vrlo nestabilna faza pa brzo prelazi u vermikulit ili smektit. Kaolinit je najstabilniji mineral glina, rezistentan na bilo koju vrstu trošenja.

O kojoj se starosti radi u tim sedimentima to je vrlo teško zaključiti jer jezgra nije datirana. Moguće je da crvene gline pripadaju pliocenu/pleistocenu, a les je pleistocenski.

Porijeklo sedimenata Bokanjačkog blata

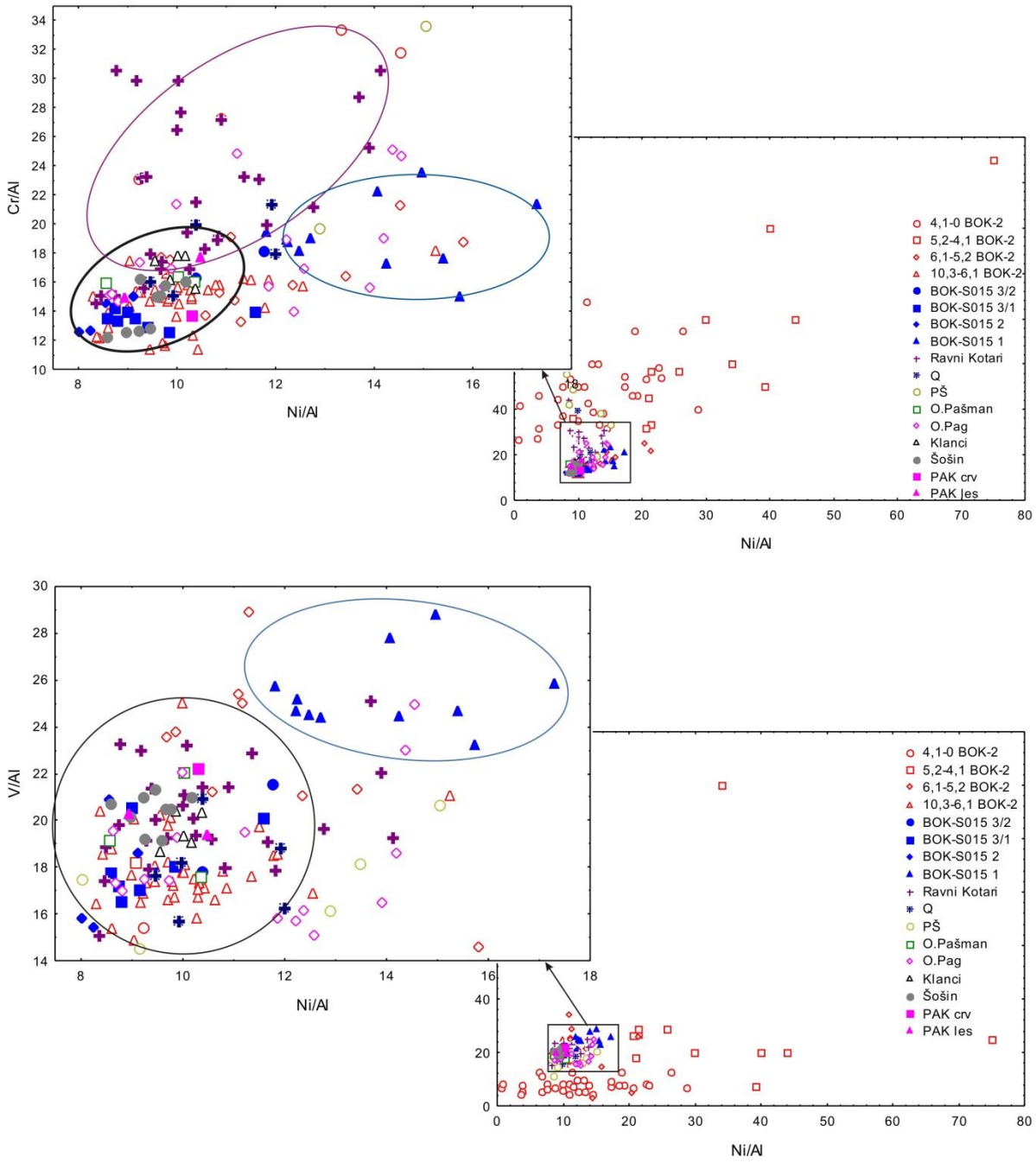
Kemijski sastav sedimenata Bokanjačkog blata, iz jezgre BOK-2 i BOK-S015-10-3 uspoređeni su međusobno, te s površinskim uzorcima tla iz sliva koji bi mogli biti ishodišni materijal za jezerske sedimente (smeđe tlo, crvenice i rigosol na vapnencu, kvartarni pijesci, rigosol i crvenica-Q te pjeskovito tlo na pješčenjacima-PŠ). Zatim odabrani su uzorci s otoka Paga i Pašmana (smeđe tlo i crvenica na vapnencu) te Pakoštanske crvenice i les, koji su analizirani u ovom radu. Uključeni su u analizu i profili tla Klanci i Šošin, koji se nalaze u ponikvama kod Zelengrada. Pomoću dijagrama Fe/Al-Ni/Al, Cr/Al-Ni/Al i V/Al-Ni/Al pokušalo se utvrditi porijeklo materijala (slike 150 i 151).

Na dijagramu Fe/Al i Ni/Al izdvajaju se uzorci iz 3 zone iz jezgre BOK-2 (6,1-5,2, 5,2-4,1 i 4,1-0 ka BP) koje imaju više koncentracije Fe i Ni nego uzorci iz zone 10,3-6,1 ka BP (slika 156). Takva raspodjela uzrokovana je niskim udjelom Al u uzorcima iz mlađih sedimenata jezgre BOK-2 (imaju visok udio kalcita), dok sedimenti iz zone 10,3-6,1 ka BP imaju viši udio Al i ostalih litogenih elemenata. Detaljnije je prikazan dio dijagrama u kojem su najgušće grupirani uzorci, te su se unutar toga izdvojile 3 grupe uzoraka. Najviše je uzoraka grupirano u području označenom crnim krugom, u kojem se nalaze uzorci iz BOK-S015 2 (lesne naslage), sedimenti s otoka Pašmana, iz Ravnih Kotara, iz profila Klanci i Šošin te Pakoštanski les i crvenice. Može se uočiti da se dublji uzorci Bokanjačkog blata, iz zone 10,3-6,1 ka BP, preklapaju s uzorcima iz BOK-S015 3/2, što je i za očekivati jer su sedimenti iz zone BOK-S015 3/2 definirani kao jezerski sedimenti, s većim udjelom Ca i organskog ugljika nego ostali sedimenti iz duboke jezgre BOK-S015. Tim uzorcima djelomično pripadaju uzorci pješčenjaka iz slivnog područja. Ostatak uzoraka pješčenjaka poklapa se s uzorcima iz BOK-S015 1 (crvene gline), a tu pripadaju i uzorci s otoka Paga – crvenicama koje ispunjavaju depresije/ponikve u krškom području na otoku Pagu.



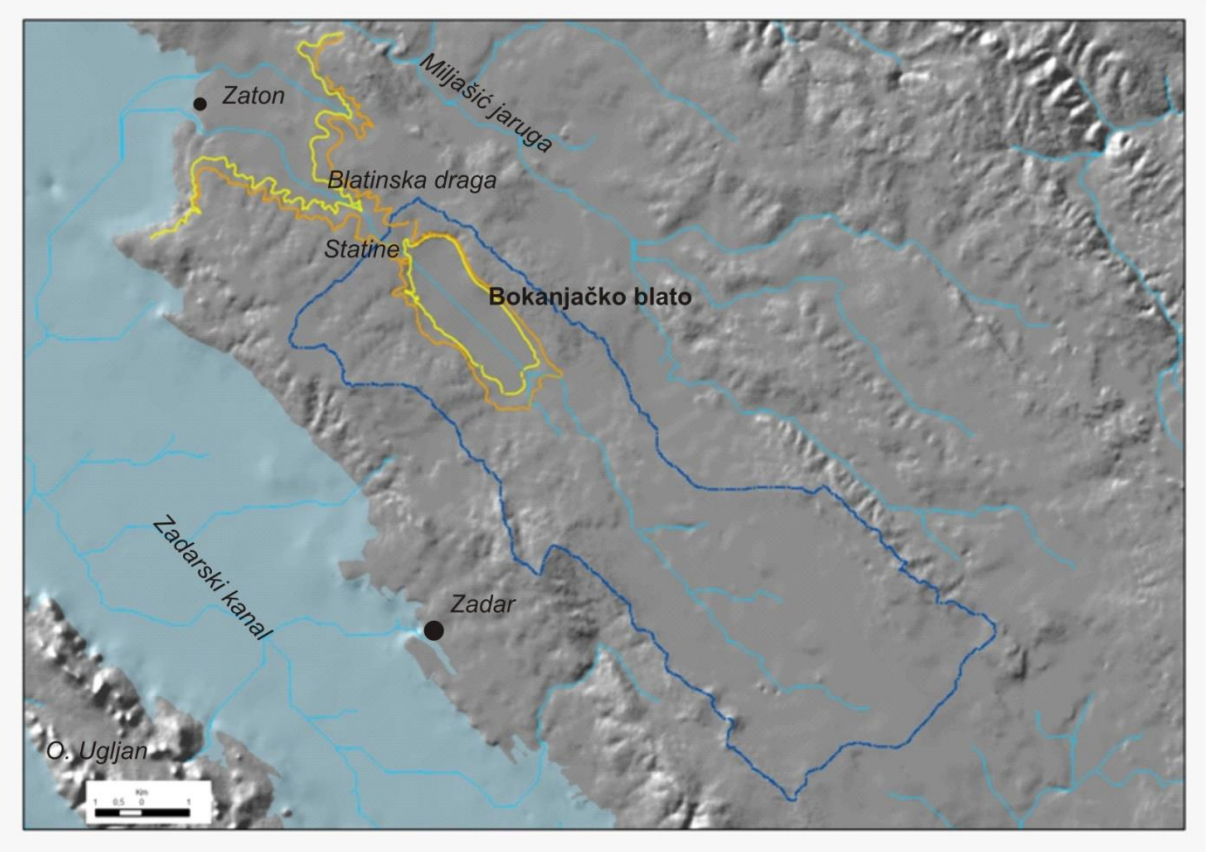
Slika 156 Omjer Fe/Al i Ni/Al u sedimentima iz Bokanjačkog blata i slivnog područja. Uzorci su grupirani u 3 kruga.

Detaljniji prikaz sljedećeg dijagrama (Cr/Al i Ni/Al) (slika 157) izdvojio je uzorke iz BOK-S015 1 (crvene gline) (plavi krug), koji su djelomično preklapaju s uzorcima s Paga i BOK-2 6,1-5,2 ka BP. U drugu skupinu izdvojili su se uzorci iz Ravnih Kotara, dok se uzorci iz BOK-2 10,3-6,1 ka BP preklapaju sa svim ostalim uzorcima (crni krug). Omjer V/Al i NiAl diskriminirao je uzorke iz BOK-S015 1 (crvene gline; plavi krug) od ostalih uzoraka, što upućuje na njihovo eolsko porijeklo. Dio uzoraka s otoka Paga također se uklapa u taj krug. Ostatak uzoraka s Paga čini posebnu grupu, u kojoj pripadaju još dio uzoraka pješčenjaka. Uzorci iz zona 10,3-6,1 i 6,1-5,2 ka BP iz jezgre BOK-2 preklapaju se s ostalim uzorcima iz jezgre BOK-S015 (2, 3/1, 3/2), uzorcima iz Ravnih Kotara, uzorcima iz profila Klanci i Šošin, Pakoštanskom lesu i crvenicama, uzorcima s otoka Pašmana te djelomično s uzorcima pješčenjaka.

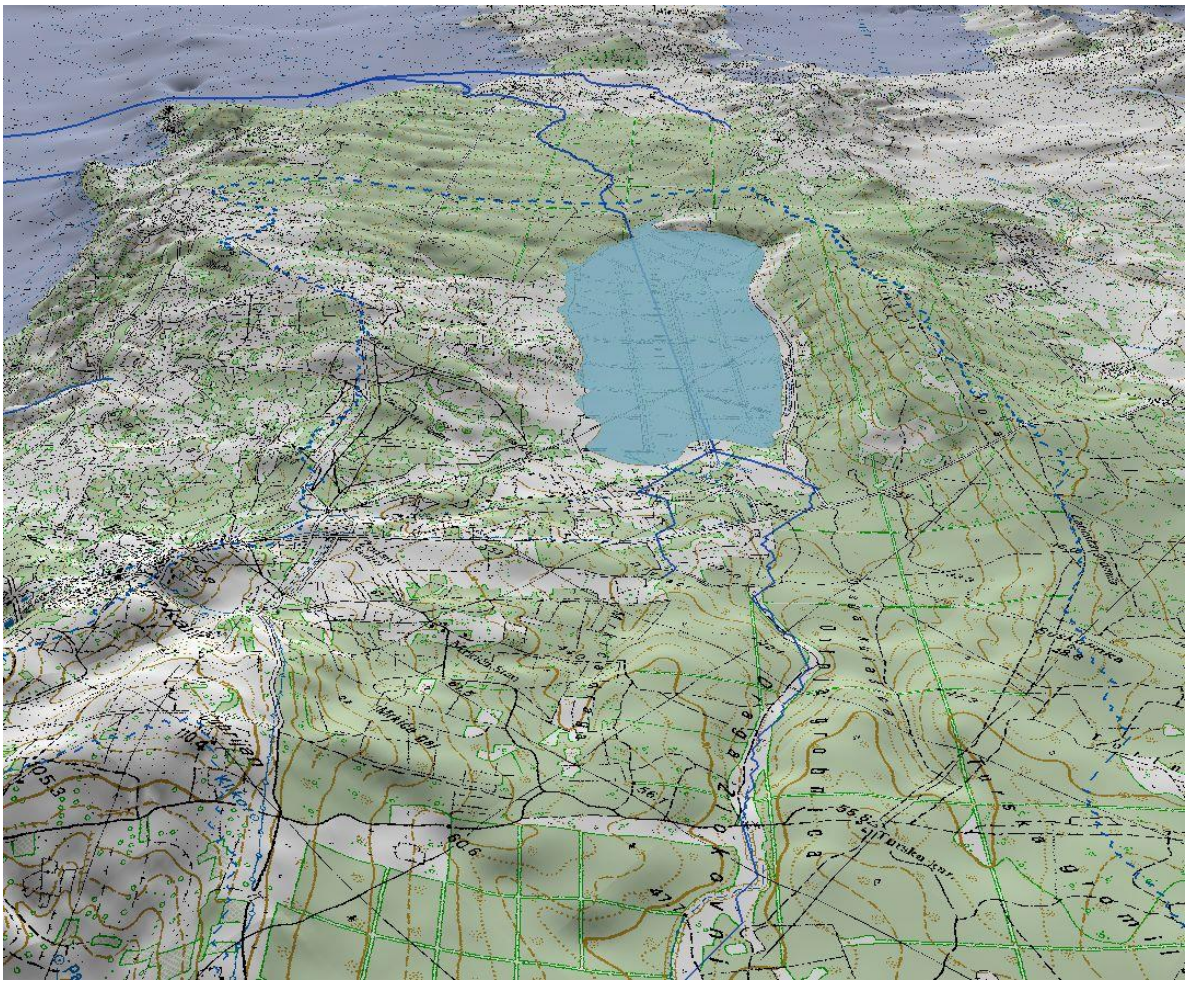


Slika 157 Omjer Fe/Al, Cr/Al i V/Al s Ni/Al u sedimentima iz Bokanjačkog blata i slivnog područja. Krugovima su označeni grupirani uzorci.

Bokanjačkom blatu pripada veliki površinski sliv, bogat je podzemnim vodama, te u polju i njegovom slivu postoje vodocrpilišta za vodoopskrbu šireg područja Zadra. U GIS-u je napravljen model površinskih tokova vode u okolnom području Bokanjačkog blata (slika 158). Površinski sliv je puno veći u odnosu na veličinu Bokanjačkog blata, te prima veliku količinu vode. Bokanjačko blato se u prosjeku nalazi na oko 19 m n.m. Najniža nadmorska visina oko Bokanjačkog blata nalazi se SZ od Bokanjačkog blata, kod Statina iznosi oko 23 m, te se u Blatinskoj dragi spušta ponovno na 20 m n.m. Razina vode prijašnjeg Bokanjačkog jezera mogla je biti upravo do tog praga na 23 m, prije nego što je istjecala u Blatinsku dragu i dalje do Zatona u more. Ako pretpostavimo da je najdublja razina jezera bila u periodu od 5,2-4,1 ka BP odnosno na 2-3,25 m, kada je dominirala karbonatna sedimentacija, tada možemo zaključiti da je maksimalna razina jezera mogla dosegnuti između 6 i 7 m. 3D model reljefa Bokanjačkog jezera i smulacija isušenog jezera prikazana je na slici 159.



Slika 158 Pretpostavljeni površinski tokovi (svjetlo plave linije) u slivu Bokanjačkom blatu (tamno plava linija) na temelju digitalnog modela reljefa u ArcGIS-u (ESRI, 1999-2009). Također su izdvojene izohipse 20 m (žuta linija) i 25 m (narančasta linija), prema kojima se uočava najniži reljef SZ od Bokanjačkog blata, gdje je preko Statina (prag je na oko 23 m) voda mogla istjecati u Blatinsku dragu te dalje prema moru u području Zatona.



Slika 159 3D model reljefa Bokanjačkog blata i simulacija isušenog jezera, razina jezera je na 20 m, a maksimalno je mogla biti do 23 m, prije nego što je istjecala preko Blatinske drage do mora u području Zatona. Plavom linijom su naznačeni pretpostavljeni površinski tokovi vode. Model je napravljen pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009).

Paleookolišna rekonstukcija Bokanjačkog blata

Sedimenti Bokanjačkog blata analizirani su na temelju dvije jezgre, duboke jezgre BOK-S015-10-3, kojom su analizirani sedimenti od 23-8 m, te neporemećeni slijed jezgre BOK-2 od 7,8-0 m. Njihovom kombinacijom došlo se do novih spoznaja o debljini i sastavu naslaga koje su činile dno nedavno isušenog jezera u Bokanjačkom blatu. U podlozi se nalazi vapnenac na 23 m, iznad kojeg slijede crvene gline do 12,5 m, gdje se javljaju lesoliki sedimenti. Nakon njega uočavaju se tamniji sedimenti koji su mogli biti razvijeni u povremenim lokvama. Od 8,5 m pojavljuje se kalcit u sedimentu, koji bi mogli označiti početak plitkog jezera. U jezgri BOK-2 uočava se da je i dalje egzistiralo plitko jezero do oko 4,5 m, nakon čega počinje dominirati karbonatna sedimentacija, pri čemu je izdvojena prijelazna zona i specifična zona s promjenama prije uspostavljanja stabilnijih uvjeta (slika 160). Zone su podijeljene na sljedeći način:

BOK-S015-10-3:

- Zona 1 (2270-1258 cm);
- Zona 2 (1258-1050 cm);
- Zona 3:
    - 3/1 (1050-840 cm);
    - 3/2 (840-826 cm);

BOK-2:

    - 3/2 (780-427 cm; 10,3-6,1 ka BP);
- Zona 4:
    - 4/1 (427-325 cm; 6,1-5,2 ka BP);
    - 4/2 (325-200 cm; 5,2-4,1 ka BP);
    - 4/3 (200-0 cm; 4,1-0 ka BP).

U zoni 1 (2270-1258 cm) prisutne su crvene gline. Karakterizira ih pojava pedogenetskih željezovitih oksida goethita i hematita, nastalih oksidacijom željezovitih minerala. Njihova pojava kontrolirana je dostupnošću vlage tijekom formiranja tla (Evans & Heller, 2003). Više temperature favoriziraju formiranje hematita te su indikator suše i toplije klime, dok veća vlaga i viši udio organskog ugljika omogućuju taloženje goethita (indikator vlažnije klime). U ovoj zoni pojavljuju se žućkasti intervali od 2065-1858 i od 1450-1258 cm, periodi slabije drenaže, vlažnijih uvjeta. U tim je uzorcima prisutan neuređen, slabo kristaliziran - pedogenetski kaolinit. U sedimentima iz donjeg dijela jezgre su niže koncentracije Na, K, Ca, Sr te nisu prisutni feldspati i illit, kojih ima u gornjem dijelu jezgre, što upućuje na kemijsko trošenje. Illit je vjerojatno transformirao u vermikulit. Magnetski susceptibilitet je vrlo visok.

U zoni 2 (1258-1050 cm) nalaze se lesoliki sedimenti, koji su također pretrpjeli pedogenetske procese. Ne sadrže kalcit, ali ni Fe-minerale, ima kvarca i feldspata, a od minerala glina, povećava se udio illita, prisutni su vermikulit i uređeni i neuređeni kaolinit. Magnetski susceptibilitet se naglo snizio. U ovoj zoni na dubini od 1070-1060 cm uočavaju se desikacijske pukotine. Znači da su se u tom periodu razvijale povremene akumulacije vode, kao što su lokve, koje su se isušivale.

Zona 3/1 predstavlja vjerojatno pretaloženi lesni materijal, koji se drenirao iz slivnog područja. Također u mineralnom sastavu dominira kvarc, a prisutni su feldspati i minerali glina, illit, uređen i

neuređen kaolinit i vermikulit. Povisuje se udio TOC, sediment je tamniji, smeđi i ukazuje na duže zadržavanje vode i razvoj bare.

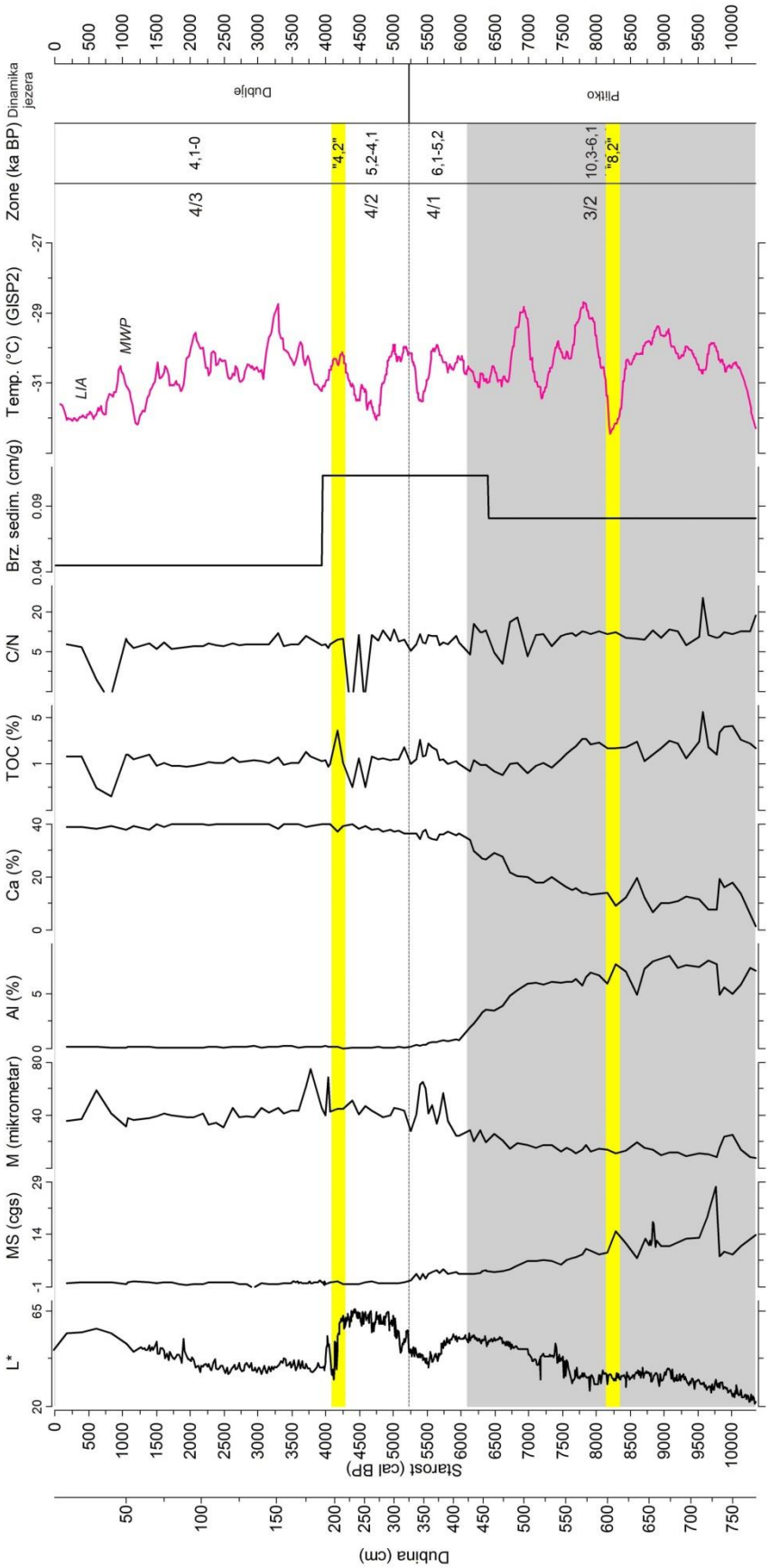
Zona 3/2 (840-826 cm) sadrži kalcit, što upućuje na početak razvoja plitkog jezera.

Jezgra BOK-S015-3-10 nastavlja se na sedimente jezgre BOK-2, od zone 3/2 (10,3-6,1 ka BP, 780-427 cm), u kojoj su prisutni kalcit i kvarc, visok je udio siliciklastičnih elemenata (Al, Fe), visok je magnetski susceptibilitet i udio organskog ugljika. U početku zone dominira glinovita frakcija, koja se postepeno snižava. Utvrđeni su sljedeći minerali glina: smektit, vermikulit, illit, uređen i neuređen kaolinit, te su oni detritični. U gornjem je dijelu je udio TOC viši, a najviši je na 9,6 ka BP (u uzorku 715-716 cm), te je u tom uzorku i viši C/N (>25). Ovaj period odgovarao bi vlažnom periodu ranog holocena (Magny et al., 2013). Moguće je da je došlo do periodičkih promjena u razini jezera, no to će se utvrditi budućim istraživanjima većom rezolucijom. No, uočavaju se željezoviti crvenkasti sedimenti od 7,2-7 ka BP (525-505 cm), koji bi mogli biti pretaloženi, doneseni u jezero naglom erozijom. Povećana količina padalina i povećan donos materijala evidentirana je u Jadranskom moru u tom periodu (Combourieu-Nebout et al., 2013). Palinološkim analizama u ovoj zoni utvrđen je pelud listopadne šume i umjereno topla vlažna klima. Ukupni palinofacijes ukazuje na razvoj bare i poplavne ravnice na početku ove zone (760. cm, 10,2 ka BP) te uspostavljanje plitkog jezera prije oko 7,9 ka BP (580. cm). Uspostavljanje dubljeg jezera u Bokanjcu nije bilo moguće u ovom periodu jer je voda istjecala ponorima u nizvodnom sjevernom dijelu Bokanjačkog blata, a djelomično i estavelom u središnjem dijelu (Jezerce). Istjecanje vode ponorima bilo je moguće zbog niže razine mora prije 10 000 godina (-45 m), koja je postepeno rasla do oko 5 000 godina BP kada je dosegla približno današnju razinu (-1 m). Pri kraju ove zone prije 6,4 ka (458. cm) ukupni palinofacijes upućuje na dublje jezero.

U zoni 4/1 (427-325 cm; 6,1-5,2 ka BP) postepeno se smanjuje udio siliciklastičnog materijala (Al, Fe), a povećava se udio Ca i kalcita. Utvrđeni su isti tipovi minerala glina kao i u prethodnoj zoni. Udio organskog ugljika je dosta visok od 5,6-5,4 ka BP (372-343 cm). C/N je uglavnom niži od 10, što znači da je organska tvar porijeklom iz fitoplanktona. Postepeno raste razina jezera, jer voda nije mogla istjecati kroz ponore zbog više razine mora.

U zoni 4/2 (325-200 cm; 5,2-4,1 ka BP) sediment je puno svjetliji, potpuno dominira taloženje karbonata, s vrlo niskim udjelima Al i Fe. Udio minerala glina je vrlo nizak, određeni su vermikulit, illit i kaolinit. Pri kraju zone naglo raste udio TOC-a, nakon prethodnih vrlo niskih koncentracija. Razina jezera je zasigurno postala viša, što je omogućeno porastom razine mora zbog čega voda iz jezera nije mogla istjecati kroz ponore.

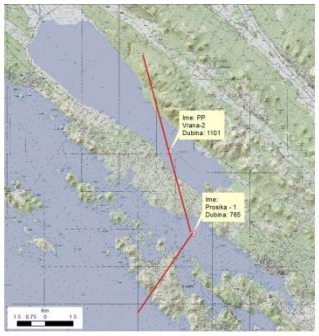
U zoni 4/3 (200-0 cm; 4,1-0 ka BP) i dalje dominira karbonatna sedimentacija, no s povećanim donosom materijala iz sliva, uočava se postepeno viši udio Al i Fe. Povećana erozija siliciklastičnog materijala omogućena je krčenjem šuma. Na početku zone određen je pelud, koji ukazuje na mediteransku vegetaciju i sredozemnu klimu u ovom periodu. Palinofacijes uzorka koji se nalazi na 85. cm (1,8 ka BP) upućuje na poplavnu ravnicu i baru. Udio TOC se naglo snižava između 0,008-0,06 ka BP (50-30 cm), prema tome i C/N, dok su P i N visoki, vjerojatno pod utjecajem poljoprivrede. Gornji dio jezgre, odnosno prvih pola metra jezgre analizirao se svakih 10 cm, jer je sediment izmijenjen pod utjecajem poljoprivredne aktivnosti u jezeru.

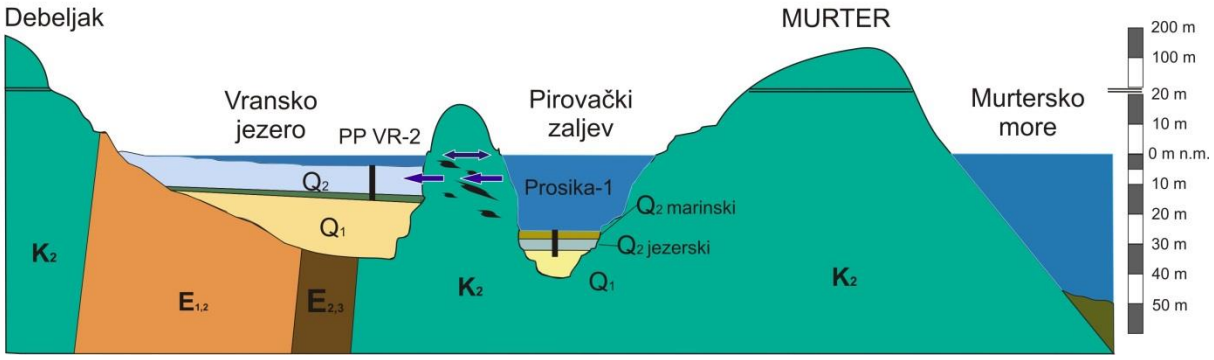


Slika 160 Odabrane analize pomoću kojih su rekonstruirani paleookolišni uvjeti u Bokanjačkom blatu. Također je prikazana varijacija temperature prema grenlandskoj ledenoj jezgri GISP2 (Alley, 2000). Sivo su osjenčane izdvojene zone u jezgri BOK-2, dok su žutom bojom označeni karakteristični klimatski događaji kroz holocen (Mayewski et al., 2004). Prikazana je i pretpostavljena dinamika Bokanjačkog blata kroz holocen.

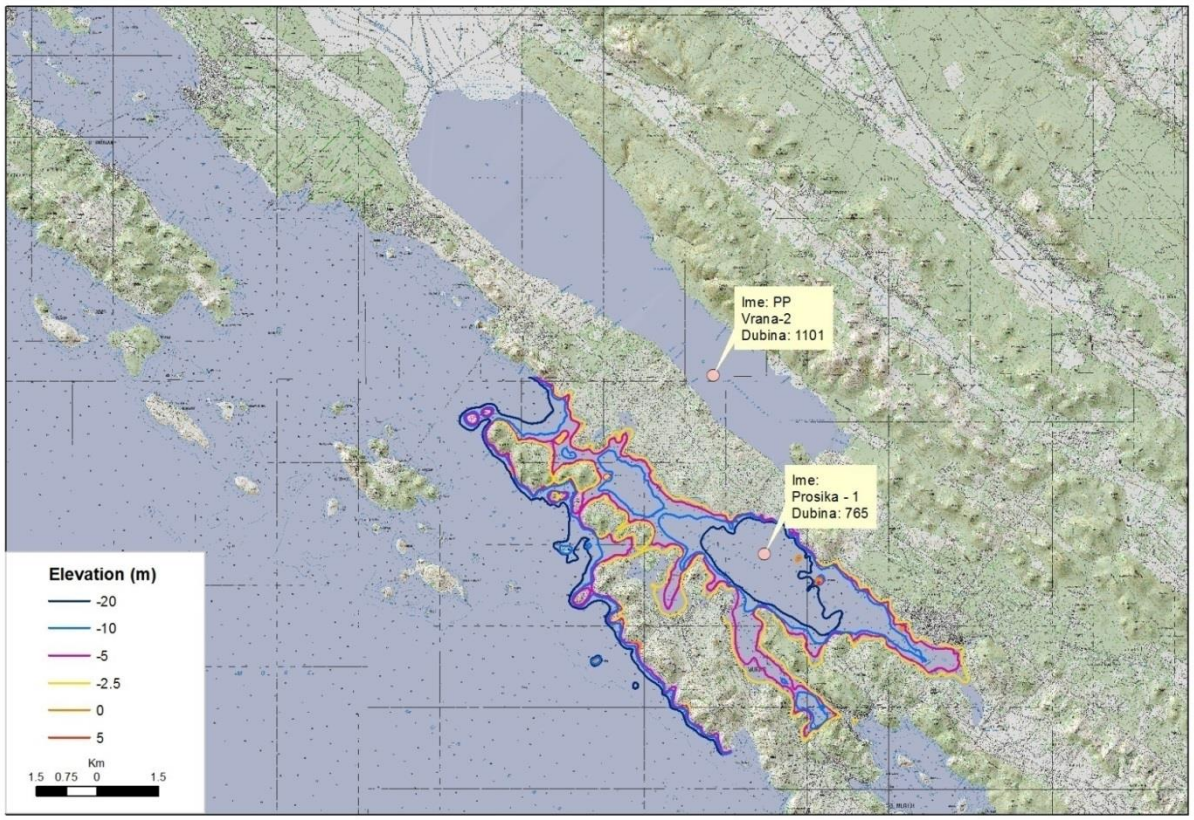
5.1.3. Vransko jezero (Biograd)

Vransko jezero kod Biograda pripada krškom tipu jezera kao i ostala jezera u ovom istraživanju, no zbog svoje male dubine (oko 2 m u prosjeku) svrstava se u plitka jezera (prosječne dubine 3 m). Dizanje razine mora imala je velik utjecaj na njegovo formiranje. Skica Vranskog jezera po profilu gdje se nalazi bušotina PP VR-2 prikazana je na slici 161. Na njoj je prikazana i bušotina u Pirovačkom zaljevu (Prosika-1), koja je analizirana unutar projekta Parka prirode Vransko jezero (Ilijanić et al, 2013). U Pirovačkom zaljevu su na temelju palinoloških analiza i analiza ostrakoda utvrđeni marinski i jezerski sedimenti. Datiranjem sedimenata je određen vremenski period prodiranja mora u Pirovački zaljev. Starost sedimenata je određena na 3 uzorka, na 248. cm dubine utvrđena je starost u rasponu od 7570 do 7430 cal BP, na 470. cm između 11100 i 10710 cal BP te na 741. cm u rasponu od 13900-13740 cal BP. Morski sedimenti protežu se od 0 do oko 250 cm, na 248. cm dubine jezgre utvrđena je lagano bočata, više slatkovodna fauna s tipičnom marinskom faunom, što odgovara periodu od 7 500 cal BP. U dubljem dijelu jezgre, na 528. cm utvrđeni su sedimenti s tipičnom slatkovodnom ostrakodnom faunom (starosti oko 11 500 cal BP), što ukazuje na postojanje jezera. Pirovački zaljev ima oblik depresije, najveća je dubina mora 25 m u sredini zaljeva gdje je uzorkovana jezgra dužine 765 cm (slika 162). Najniži prag nalazi se u SZ dijelu zaljeva, u području Arte (6 m) što je omogućilo postojanje jezera prije nego se izdigla razina mora.



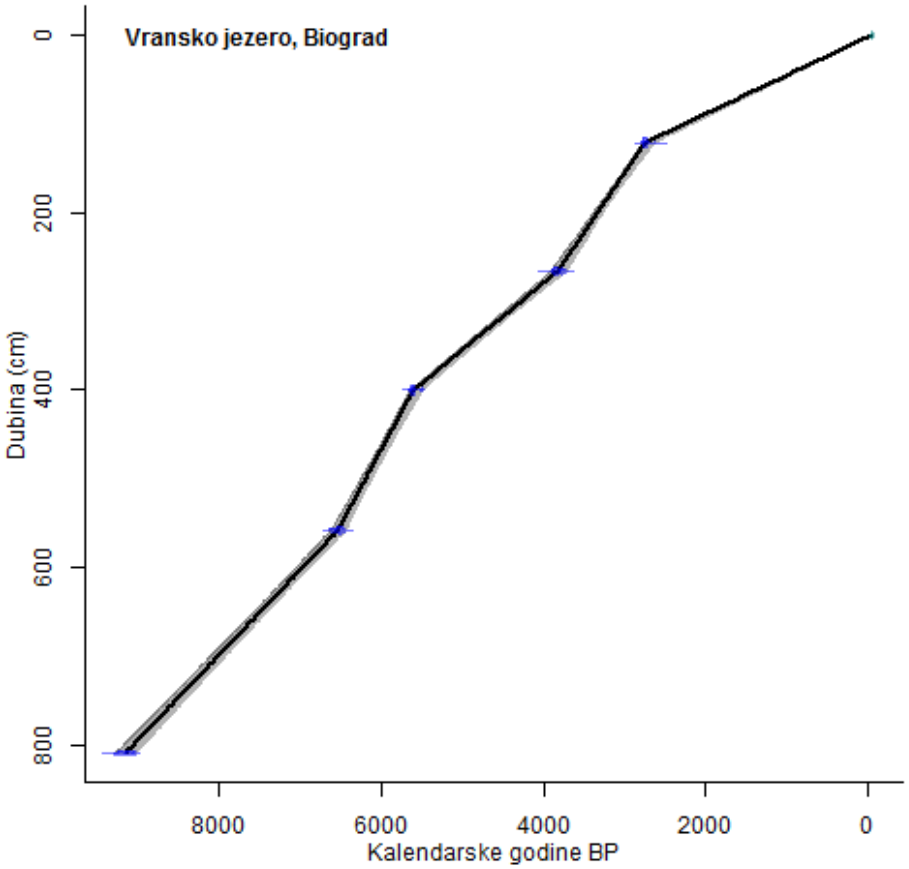


Slika 161 Skica Vranskog jezera kod Biograda i položaj mora, odnosno Pirovačkog zaljeva i Murterskog mora, u odnosu na njega. Skica je modificirana prema Fritzu (1983). Jezgra sedimenata u Pirovačkom zaljevu pokazala je prisutnost marinskih i jezerskih sedimenata (Ilijanić et al., 2013).



Slika 162 Prikaz oblika depresije Pirovačkog zaljeva, s naznačenim oznakama izohipsa. Označen je položaj bušotine u Vranskom jezeru (PP VR-2) i u Pirovačkom zaljevu (Prosika-1).

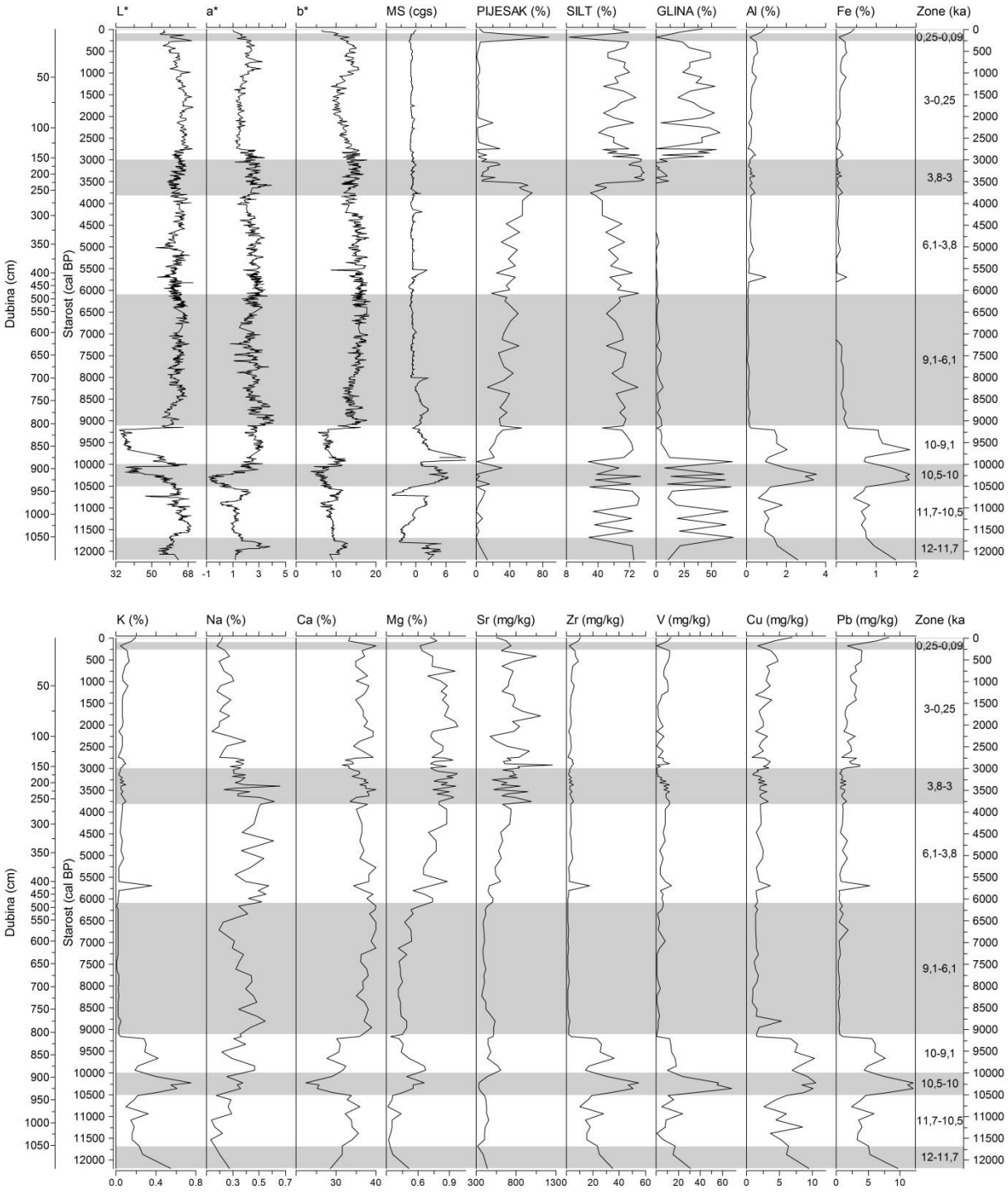
Na temelju datiranja sedimenata iz Vranskog jezera (jezgre PP VR-2) napravljen je model dubina/starost (slika 163), te su na temelju toga izračunate brzine sedimentacije kroz jezgru. Brzina sedimentacije je mala u gornjem dijelu jezgre do 120 cm i procijenjena je na 0,04 cm/god. Do 265 cm sedimentacija je brža i iznosi 0,13 cm/god. Nakon toga do 399 cm brzina sedimentacija opet postaje manja i iznosi 0,08 cm/god, ali brže od sedimentacije u prvih 120 cm. Zatim je sedimentacija brža do 557 cm i iznosi 0,17 cm/god, a nakon toga do 809 cm (jer je zadnja izmjerena starost na dubini 810 cm) je malo sporija, 0,10 cm/god.



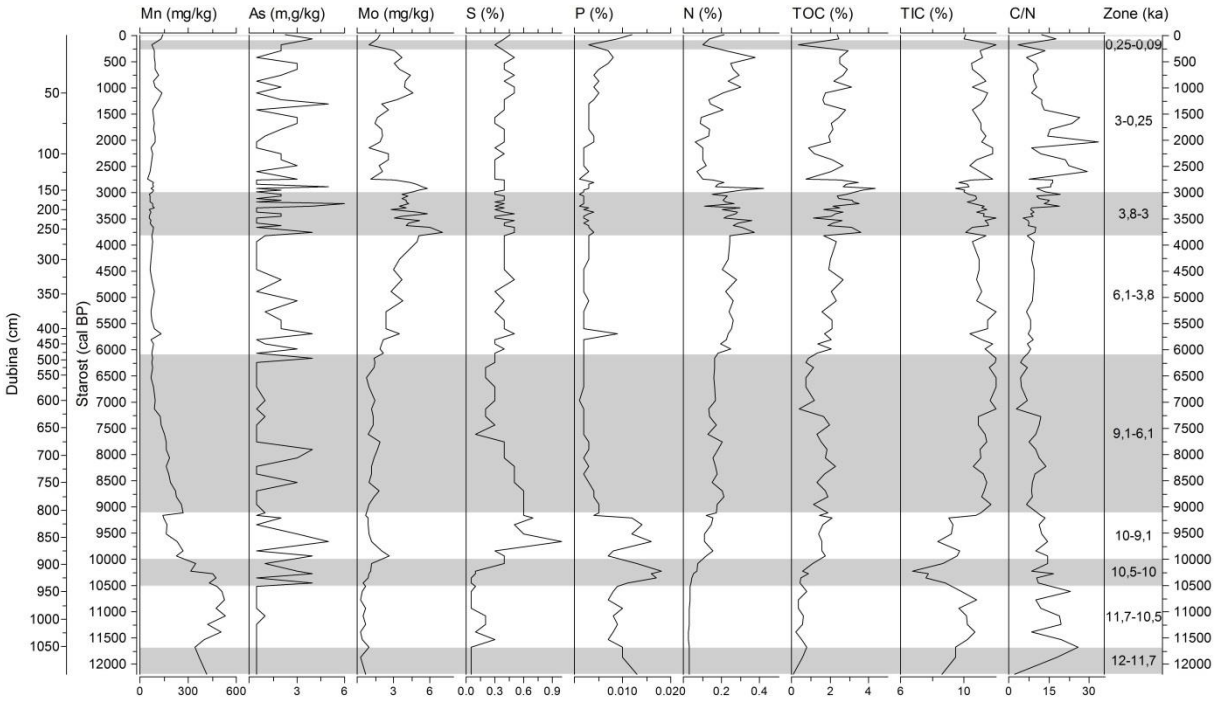
Slika 163 Model dubina/starost jezgre PP VR-2, starost je izražena u cal BP (kalendarskim godinama BP) ovisno o dubini jezgre. Korišten je program CLAM (Blaauw, 2010), koji koristi Intcal13 kalibracijske krivulje, upotrijebljen je model linearne interpolacije.

U sedimentima je na temelju spektralne analize boje, magnetskog susceptibiliteta, granulometrijske analize, mineraloške i geokemijske analize izdvojeno nekoliko zona u vremenskom rasponu (ka BP) (slike 164 i 165). Uočavaju se promjene parametra boje L* u donjem dijelu jezgre, što odgovara periodu od 12-9,1 ka BP (1101-813 cm), a od 9,1-0 ka BP (813 cm) sediment je svjetlije boje. Od 12-11,7 ka BP (1101-1050 cm) u sedimentima prevladava siltna frakcija, visok je magnetski susceptibilitet te je povišen je udio litogenih elemenata, dok je njihov udio niži u sljedećoj zoni od 11,7-10,5 ka BP. U toj zoni sediment je svjetliji, a udjeli silta i gline se gotovo pravilno izmjenjuju. Povišenje litogenih elemenata vidljivo je u sljedećoj zoni od 10,5-10 ka BP (940-895 cm), te je ponovno viši magnetski susceptibilitet, a sedimenti su tamniji i plavkasti. Od 10-9,1 ka BP (895-813 cm) sediment je u početku svjetliji i nižeg udjela litogenih elemenata, te postepeno postaje tamniji i viši su udjeli siliciklastičnih elemenata. U toj zoni visok je udio TOC. Unutar zone uočava se visok magnetski susceptibilitet, u intervalu od 880-882 cm. Visok MS u tom dijelu možda bi se mogao pripisati vulkanskoj aktivnosti i tefri. U razmazanim preparatima tih uzoraka je I. Razum pronašao vulkanska stakla, no ne može sa sigurnošću reći da se radi o tefri. Visok MS mogao bi se pripisati razvoju biogenog magnetita u anoksičnim uvjetima pomoću magnetotaktičnih bakterija, magnetite je uočila I. Galović pri pregledavanju razmazanih preparata. Od 9,1-0 ka BP (810-0 cm) u sedimentima se dominantno taloži karbonat, no i tu postoje značajne promjene te je interval podijeljen na 6 podzona. Od 9,1-6,1 ka BP (813-485 cm) taloži se kalcit, s vrlo niskim udjelima litogenih elemenata, niskim udjelom TOC-a i niskim magnetskim susceptibilitetom. Do promjene dolazi na 6,1 ka BP, kada

se značajno se povećao udio Mg i Sr u sedimentima, što ukazuje na morski utjecaj na sedimente u vrijeme njihovog taloženja (Haskell et al., 1996). Ti udjeli se postepeno povećavaju do 3,8 ka BP (265 cm), a od 3,8 do 0 ka BP su relativno konstantni i izmjenjuju se periodi viših i nižih udjela Mg i Sr. Od 3 ka BP (155 cm) u sedimentima se povećava udio gline, dok se udio pijeska smanjuje. Od 0,25-0,08 ka BP (13-6 cm) izdvojena je posebna zona, karakterizirana visokim udijelom pjeskovite frakcije, što je vjerojatno uzrokovano nekim naglim događajem. Od 6,1 ka BP u sedimentu se uočava postepeno povišenje udjela Al i Fe odnosno siliciklastične komponente zbog povećane erozije tla uslijed deforestacije (Di Rita & Magri, 2009). Udio olova je povišen u vršnim uzorcima jezgre, zbog atmosferskog onečišćenja (Shotyk et al., 1998).



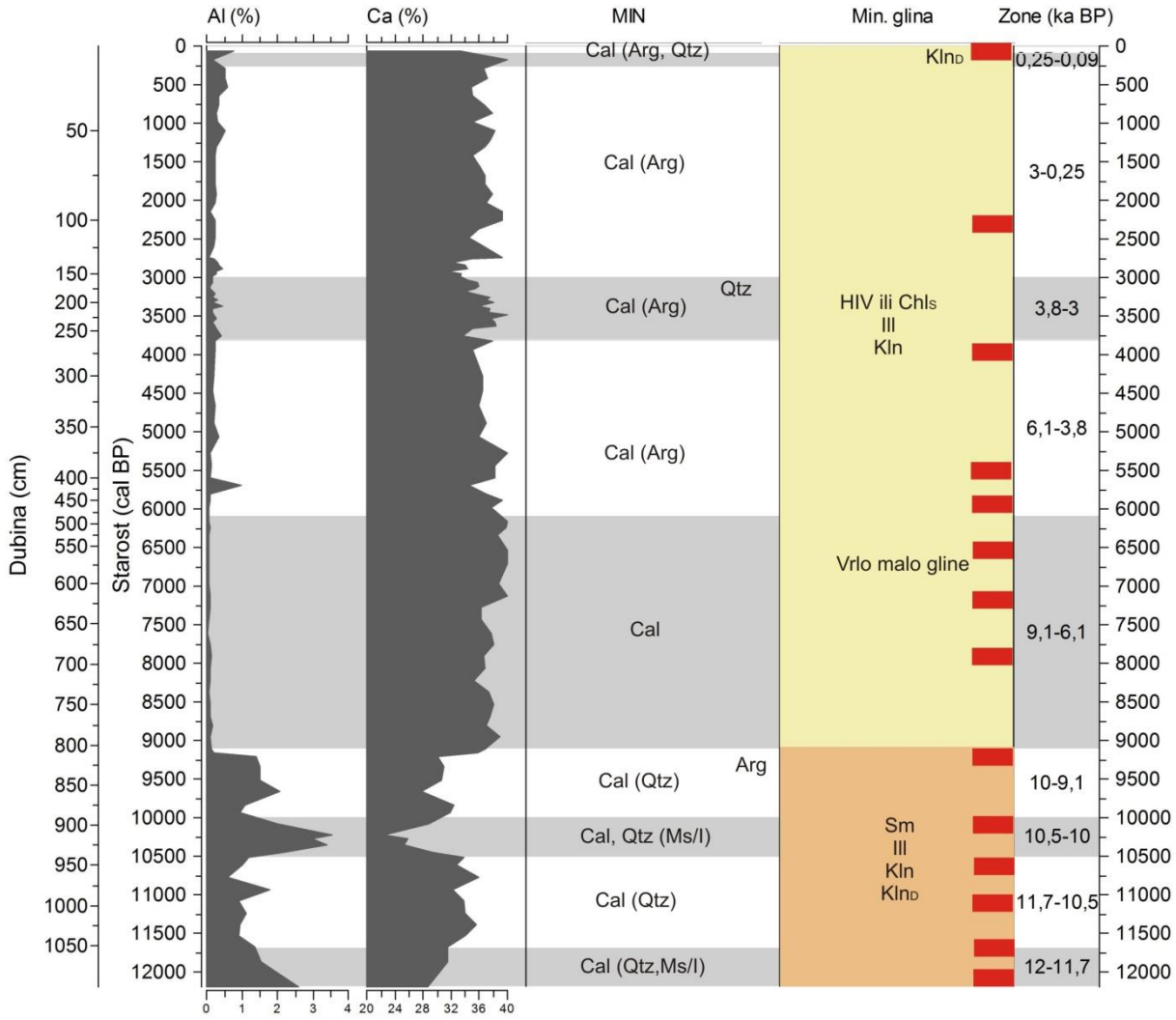
Slika 164 Promjene odabranih parametara kroz jezgru PP VR-2 s utvrđenim zonama u vremenskoj skali.



Slika 165 Promjene odabranih parametara kroz jezgru PP VR-2 s utvrđenim zonama u vremenskoj skali.

Mineraloške su analize pokazale dosta homogen sastav (slika 166). U donjem dijelu jezgre od 12-9,1 ka BP (1101-813 cm) dominira kalcit, ali ima više kvarca nego u gornjem dijelu jezgre od 9,1-0 ka BP (813-0 cm), a u uzorcima 1096-1101 cm i 925-912 cm prisutan je i muskovit/illit, što ukazuje na povećanje udjela minerala glina u sedimentima. Od 9,1 ka BP (813 cm) nastupa dominantno karbonatna sedimentacija. U intervalu od 815-810 cm prisutni su kalcit i aragonit, nakon kojeg je došlo do nagle promjene u svjetliju boju, te je tu prisutno mnoštvo razlomljenih ljuštura. Od 9,1-6,2 ka BP (810-500 cm) prisutan je samo kalcit, a od oko 6,2 ka BP (500 cm) pojavljuje se aragonit u malim koncentracijama. U cijelom se tom intervalu u sedimentu pojavljuju nepravilne lećaste izmjene pijeska i gline, povremeno glinovitije s pjeskovitim proslojcima. Od 3,5 ka BP (222. cm) se u sedimentu smanjio udio pijeska, te se postepeno povećao udio gline, a od 3 ka BP se udio gline povećao s oko 2 na 40-50 % i visok je do 0 cm, s povremenim pjeskovitim laminama. Mjerenjem granulmetrijskog sastava nakon otapanja karbonata, smanjio se udio glinovite frakcije, što ukazuje na to da se radi o karbonatnom mulju u gornjem dijelu jezgre. U tom intervalu u sedimentu nema pjeskovitih lećastih lamina, masivan je što upućuje na bioturbaciju (Alonso-Zarza & Tanner, 2010). Do promjene u mineralnom sastavu dolazi u samom vrhu jezgre, u prvih 10 cm prisutan je i kvarc, koji se pojavljuje i u uzorku 140-141 cm.

Na temelju minerala glina, sedimenti u jezgri PP VR-2 mogu se podijeliti u 2 zone, donji dio jezgre od 12-9,1 ka BP (1101-806 cm) gdje su prisutni smektit, illit, uređen i neuređen kaolinit te gornji dio jezgre od 9,1-0 ka BP (806-0 cm) u kojem se nalaze hidroksil-interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), illit i neuređen kaolinit. U gornjem dijelu kao što je za očekivati ima vrlo malo gline, s obzirom da prevladava karbonatna sedimentacija, osim u vršnom dijelu jezgre (0-10 cm), gdje ima više kvarca i minerala glina. Tu se pojavljuju neuređen i uređen kaolinit. Minerali glina su detritični i ukazuju na izvorišni materijal, te su analizirani uzorci iz slivnog područja.



Slika 166 Promjene mineralnog sastava (ukupni i minerali glina) kroz jezgru PP VR-2, prikazan uz elemente Al i Ca. Narančastom bojom označene su zone između 12 i 9,1 ka BP, koje sadrže iste tipove minerala glina (Sm, Ill, Kln, Kln_D), dok su žutom bojom označene zone od 9,1 do 0 ka BP, sa sljedećim tipovima minerala glina: HIV ili Chl_S, Ill, Kln. Crveni pravokutnici su analizirani intervali minerala glina kroz jezgru (10 cm intervali). Oznake: Cal-kalcit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Sm-smektit, V-vermikulit, Chl-klorit, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit.

Minerali glina u uzorcima iz slivnog područja jezera pokazali su varijabilan sastav, ovisno o litološkoj podlozi (tablica 61). Uzorci lapora pokazali su uglavnom sljedeći sastav: smektit, illit i neuređen kaolinit, s tim da se u uzorcima Nadin i Galovac pojavljuje i malo vermikulita, a u uzorku iz Radošinovaca klorit. No, općenito možemo reći da u uzorcima iz lapora dominira smektit, ima dosta illita, a kaolinita ima najmanje. U uzorcima iz crvenice sastav je varijabilan, u uzorku iz Galovca nalazi se smektit, illit i kaolinit, isto kao i u laporu. Uzorak Gorica sadrži samo illit i kaolinit, dok Banjevci i Štandarac 1 (crvenica uz jezero) sadrže klorit, illit i kaolinit. Pakoštanski les ima najviše smektita, a u većim su količinama prisutni i illit i kaolinit. Može se zaključiti da je tip minerala glina taložen u jezeru periodu od 12-9,1 ka BP sličan laporima i lesu, dok sedimenti iz zona 9,1 do 0 ka BP pokazuju signaturu crvenica.

Tablica 61 Minerali glina u uzorcima iz sliva Vranskog jezera kod Biograda. Oznake: Sm-smektit, V-vermikulit, Chl-klorit, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit.

	PP VRANA SLIV	**Min. glina**
lapor	NADIN 0-10	Sm, V, Ill, Kln
	TINJ LAPOR	Sm, Ill, Kln, Kln_D
	RADOSINOVCI LAPOR	Sm, Chl, Ill, Kln
	GALOVAC LAPOR	Sm, V, Ill, Kln
	KAKMA 80-97	Sm, Ill, Kln
crvenica	GALOVAC TLO	Sm, Ill, Kln
	GORICA TLO	Ill, Kln
	BANJEVCI	Chl, Ill, Kln
	STANDARAC 1	Chl, Ill, Kln
les	PAK 620-640	Sm, Ill, Kln

Plitka jezera se u mnogočemu razlikuju od dubokih jezera. Vransko jezero nema dugo razdoblje ljetne stratifikacije te se cijeli stupac vode učestalo miješa (polimiktično jezero). U takvim je jezerima intenzivna interakcija sediment-voda, te je velik utjecaj vodene vegetacije na funkcioniranje jezera. Uz njih se redovito razvijaju močvarna staništa, kao što je to slučaj u sjeveroistočnom dijelu Vranskog jezera, koja su prijelazna staništa između vodenih i kopnenih površina. Za očekivati je da su plitka jezera bistra i prozirna, s bogatom makrofitskom vegetacijom (vodeno bilje na dnu, bentos) i zooplanktonom (Scheffer, 1998). Zooplankton i makrofiti sprečavaju razvoj fitoplanktona i održavaju biomasu niskom i zajednicu fitoplanktona visoke bioraznolikosti. S povećanim donosom nutrijenata u jezersku vodu (prvenstveno dušika i fosfora), povećava se primarna produkcija organske tvari u jezeru (eutrofikacija) (Cohen, 2003). Nutrijenti pogoduju rastu vodenih makrofita i razvoju fitoplanktona (algi). Vodeni makrofiti, od malih biljaka na dnu jezera postaju velike biljke koje ispunjavaju cijeli stupac vode, te onemogućavaju plovidbu i kad se iskorijeni gotovo sva vodena vegetacija, voda u plitkim jezerima postaje mutna zbog resuspenzije sedimenata djelovanjem vjetrova i kretanjem riba. Drugi razlog zamućivanja vode jest povećanje biomase fitoplanktona (algi), povećanim donosom nutrijenata i povećanjem saliniteta čime se smanjuje udio zooplanktona, što uzrokuje veću količinu fitoplanktona. Fitoplankton potom smanjuje i prodor svjetlosti u vodu te onemogućuje razvoj makrofita (Scheffer, 1998). Povišenje koncentracije fitoplanktona, poznatije kao algalni *„bloom“* i viša temperatura vode pospješuje taloženje karbonata iz vode i pojavu „bijeljenja“ jezera *(whitings)* zbog povećane fotosinteze i uzimanja CO_2 iz vode, te se taloži kalcitni i aragonitni mulj (Murphy & Wilkinson, 1980; Thompson et al., 1997; Flügel, 2004). Tome pridonosi i uzburkanost (gubitak CO_2 iz vode otplinjavanjem), zbog valova koji uzrokuju prskanje vode. Ugibanjem fitoplanktona nakon što nestane nutrijenata može doći do „cvjetanja“ jezera odnosno ispuštanja želatinoznih nakupina na koje se lijepi suspendirani sediment što zamućuje vodu. U konačnici, organska tvar pada na dno jezera, razgrađuje se trošeći kisik čime dolazi do anoksije. No, u plitkim jezerima dolazi do miješanja cijelog stupca vode pod utjecajem vjetra i valova, što vodu čini dobro oksidiranom, te dolazi do izmjene anoksičnih i oksičnih uvjeta (Cohen, 2003; Håkanson & Jansson, 2002).

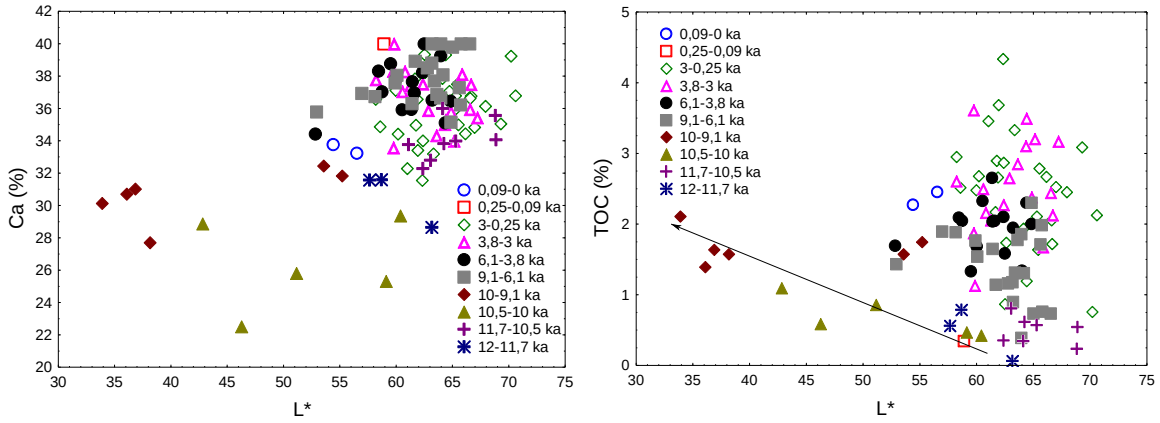
Voda Vranskog jezera bogata je fitoplanktonom, koji se zajedno s makrofitima „natječe“ za nutrijente, te ovisi o koncentracijama dušika i fosfora koji će se fitoplankton razviti (Gligora et al.,

2007). U Vranskom jezeru povećan je salinitet te on iznosi od 0,8-1,2 ‰, što znači da spada u blago boćata jezera (Mrakovčić et al., 2004) (granična vrijednost saliniteta za slatke kopnene vode je 0,5 ‰). Takvo stanje pridonosi smanjenju vrsta zooplanktona, koji nije tolerantan na zaslanjenje te se povećava fitoplankton. Nisu izgubljeni osnovni makrofiti s dna *(Charophyta)*, ali su niskog udjela, te ribe i valovi uzburkavaju sediment i zamućuju vodu. Nedostatak vegetacije na dnu Vranskog jezera uzrokuje da je sediment u gornjem dijelu (prvih 1 m) poremećen uslijed zamućivanja djelovanjem valova. Vransko jezero je karbonatno jezero („marl lake"), u kojem dominira karbonatna sedimentacija s vrlo malim donosom siliciklastičnog materijala s kopna. Karbonatno jezero („marl lake") definira se kao jezero čiji sediment sadrži više od 50 % anorganskog $CaCO_3$, to su tvrda oligo- do mezotrofna jezera (Pentecost, 2005). Karbonatna svojstva „marl" jezera rezultat su utjecaja vode na okolne vapnence, koja ih otapa i uzrokuje da voda u jezeru ima visoke koncentracije karbonatnih iona (HCO_3^-, CO_3^{2-}). Taloženje je uvjetovano kemizmom, temperaturom vode i prisustvom vodenog bilja (primarne produkcije). Voda Vranskog jezera je umjereno „tvrda" (Mrakovčić et al., 2004), bogata otopljenim zemnoalkalijskim elementima (Ca i Mg). Takva voda omogućuje taloženje karbonata iz vode, kao produkta fotosintetskih procesa vodenih biljaka koje odstranjuju CO_2. Za anorgansko taloženje aragonita potreban je veći omjer Mg/Ca u jezeru, odnosno utjecaj mora (Müller et al., 1972). Njihovo taloženje pospješeno je većom primarnom produktivnosti (količinom algi i makrofita), te početak razvoja sitnozrnatih kristala kalcita i aragonita može biti vezan za njih (Murphy & Wilkinson, 1980). Sezonsko povećanje fitoplanktona povezano s višom temperaturom u proljeće i ljeto, poznatije kao algalni *„bloom"* povećavaju taloženje karbonata zbog povećanog fotosinteze i uzimanja CO_2 iz vode (Platt & Wright, 1991; Thompson et al., 1997). Prema tome, viša temperatura vode, viši pH i veća produktivnost jezera, kao i smanjen donos detritičnog materijala, pospješuju taloženje kalcita i aragonita. U Vranskom jezeru, kalcit je dominantna mineralna faza i taloži se kao karbonatni mulj („marl carbonate") u prvih 1,5 m jezgre. Tvrda voda također pospješuje razvoj organizama koji izgrađuju svoje skelete i ljušture od kalcita i aragonita, pri čemu se stvaraju karbonatna zrna - biogeni kalcit i aragonit. Kalcit u Vranskom jezeru može biti i alohton odnosno erodiran u jezero iz sliva (siltnije, pjeskovitije karbonatne čestice). Aragonit je prisutan u sedimentima Vranskog jezera do 500 cm, postepeno se smanjuje se s dubinom. Taloži se kao karbonatni mulj (zajedno s endogenim bioinduciranim kalcitom) i kao biogeni aragonit (od ljuštura). Pojavljuje se u intervalu od 810-815 cm, u kojem su prisutne ljušture, te vjerojatno potječe od njihovog skeleta (biogenog porijekla). Karbonatna jezera pokazuju promjene u taloženju karbonatnog mulja i donosa detritičnog materijala. Velik je kontrast magnetskog susceptibiliteta između ta dva sedimentna tipa, te je on dobar indikator promjena u sedimentaciji (Nolan et al., 1999).

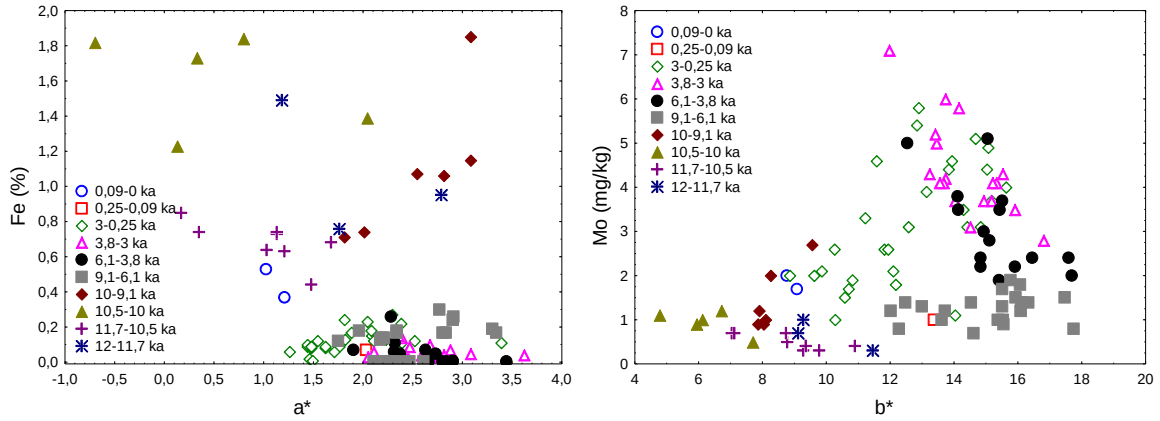
Dobiveni rezultati iz sedimenata jezgre PP VR-2 međusobno su korelirani te su prikazani pomoću korelacijske matrice (tablica 61). U nju su uključeni sljedeći parametri: L*a*b* parametri spektralne analize boje, magnetski susceptibilitet, rezultati granulometrijske i geokemijske analize. Međusobni odnosi određenih parametara utvrđeni su također pomoću dijagrama raspršenja, pri čemu su uzorci grupirani u već spomenute vremenske intervale.

Svjetlina sedimenta, koja se označava s parametrom boje L* slabo pozitivno korelira s Ca (r=0,53). Na dijagramu raspršenja vidljivo je da je većina uzoraka ima visoke L* vrijednosti i udio Ca te su grupirani, tek su uzorci iz zona 10,5-10 i 10-9,1 ka BP nižih L* vrijednosti i udjela Ca (slika 167). Udio TOC-a i L* ne koreliraju (r=0,09), no na dijagramu raspršenja uočava se negativna korelacija uzoraka s nižim udjelom Ca, iz zona 10,5-10 i 10-9,1 ka BP. Parametar boje a* (crveno/zeleno) i udio Fe ne

pokazuju značajniju vezu, čak slabo negativno koreliraju (r=-0,45). Udio Mo i parametar boje b*(žuto/plavo) slabo pozitivno koreliraju (r=0,36) (slika 168).

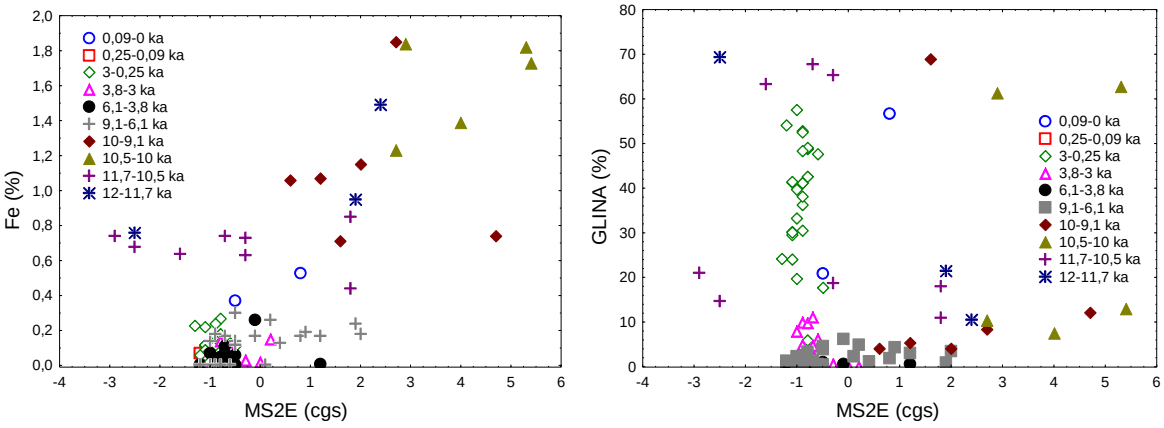


Slika 167 Odnosi između parametra L* za svjetlost boje i Ca te TOC-a u sedimentima PP VR-2. Označen je pravac korelacije.



Slika 168 Odnosi između parametra L* za svjetlost boje i Ca te TOC-a u sedimentima PP VR-2. Označen je pravac korelacije.

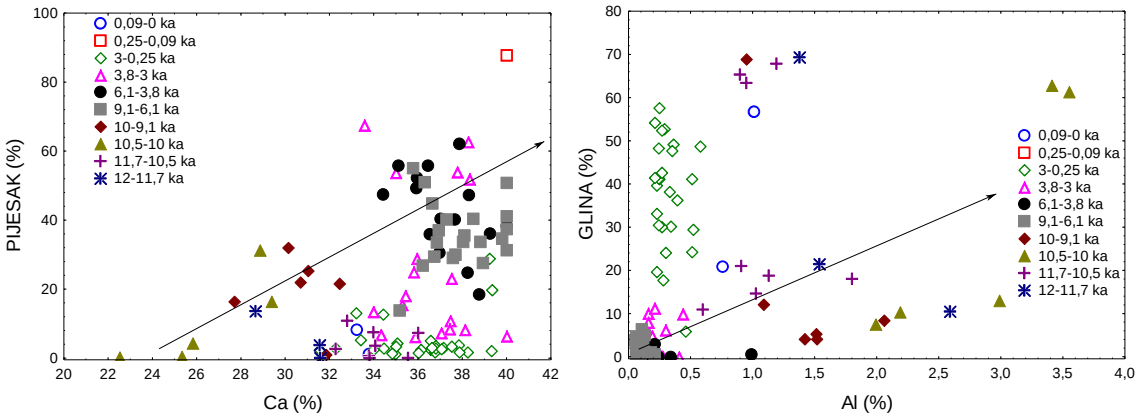
Magnetski susceptibilitet vezan je za litogene elemente (Al, Fe, Zr, K, La, V, Cr, Ni, Cu, Pb i P), s kojima korelira između r=0,62-0,73. Na dijagramu raspršenja (slika 169) prikazana je korelacija između magnetskog susceptibiliteta i Fe (r=0,73). Korelacije nema između magnetskog susceptibiliteta i glinene frakcije (r=-0,02), na dijagramu raspršenja uočava se da su uzorci grupirani u horizontalne pravce s niskim udjelom gline i niskim magnetskim susceptiblitetom.



Slika 169 Odnosi između magnetskog susceptibiliteta i Fe te gline u sedimentima PP VR-2.

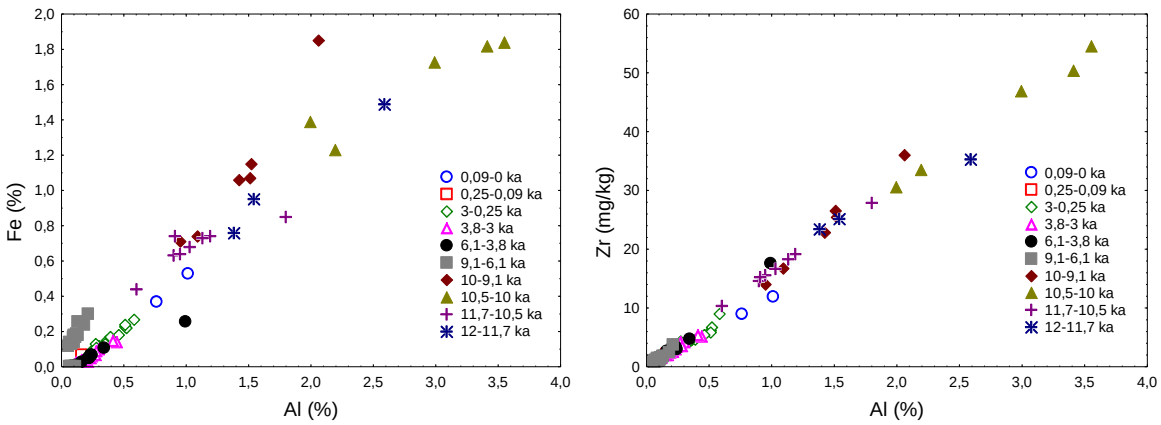
Kalcij i pjeskovita frakcija slabo pozitivno koreliraju (r=0,35). Na dijagramu raspršenja (slika 170) uočava se dobra korelacija uzoraka iz zona od 12 do 9,1 ka BP, dok uzorci s višim udjelom Ca, imaju

vrlo nizak udio pijeska i ne koreliraju. Aluminij slabo pozitivno korelira s glinovitom frakcijom, a na dijagramu raspršenja vidljivi su uzorci iz zone 3-0,25 ka BP, koji imaju viši udio gline i niži udio Al (slika 170). Uzorci iz zona od 12 do 9,1 ka BP, s višim udjelom Al dobro koreliraju, a izdvajaju se glinoviti uzorci iz zona 11,7-10,5 i 10,5-10 ka BP. Udio Ca vrlo je slabo vezan za Mg (r=0,19) i Sr (r=0,16), dok su Mg i Sr jako dobro povezani (r=0,76) te ukazuju na utjecaj morske vode. Mg i Sr vezani su djelomično za Al i siliciklastični materijal, u dubljim uzorcima, gdje je udio Ca nizak. Mangan i Fe su vrlo dobro korelirani (r=0,74), kao i Mn i P (r=0,69). Ukupna organska tvar i N su vrlo dobro vezani (r=0,74), kao i Mo (r=0,78), S (r=0,49), ali i Mg (r=0,65) i Sr (r=0,67).

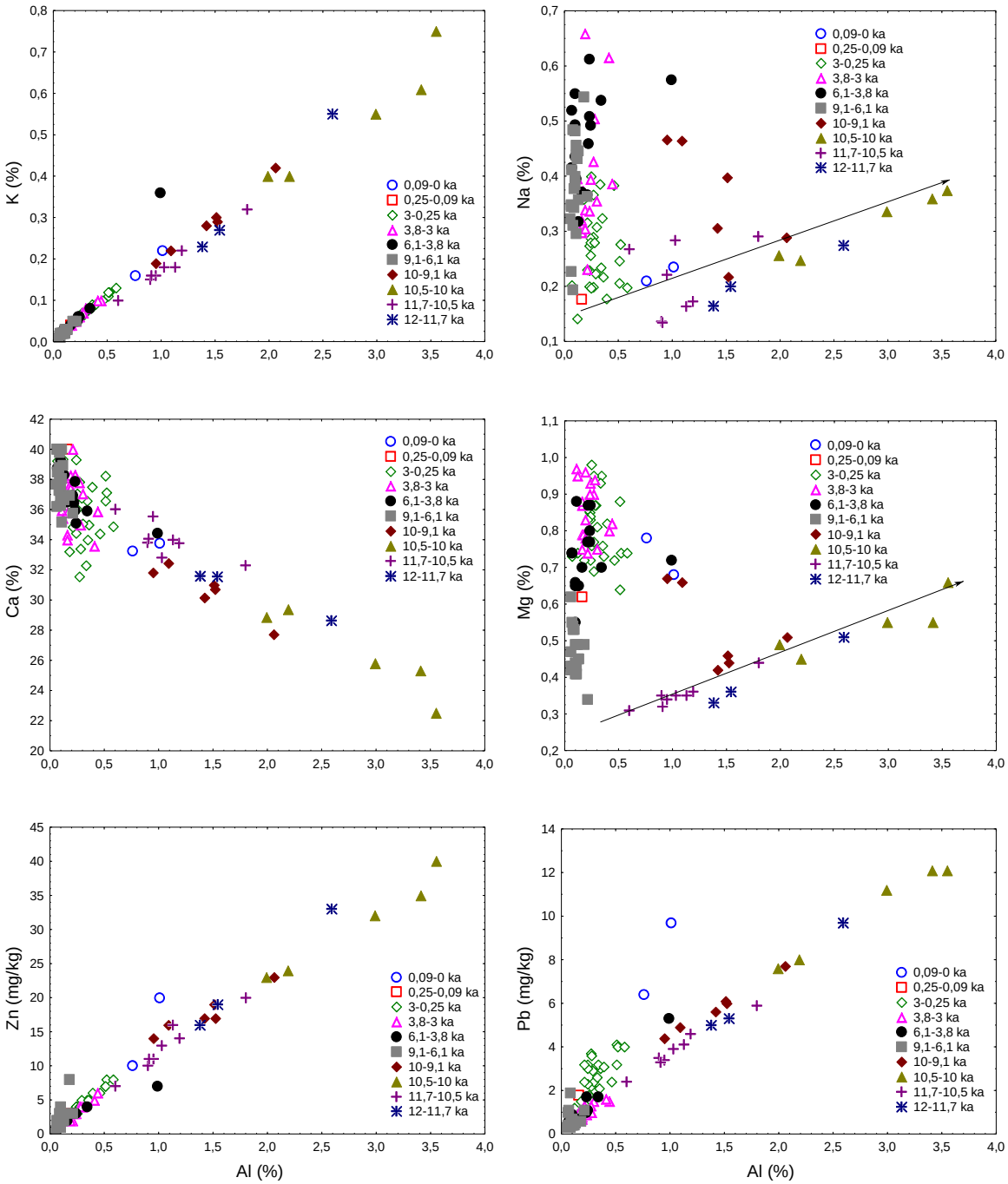


Slika 170 Odnosi između pjeskovite frakcije i Ca te glinovte frakcije i Al u sedimentima PP VR-2.

Litogeni elementi (Fe, K, Zr, La, V, Cr, Ni, Cu, Pb i P) dobro koreliraju s Al (r=0,90-1) (slike 171 i 172). Aluminij je nešto slabije vezan za Mn (r=0,70), Zn (r=0,59), a negativno je koreliran s Na (r=-0,18), što upućuje na neki drugi utjecaj na udio Na u sedimentu. Izdvajaju se karbonatni sedimenti od 9,1-0 ka BP koji imaju povećanu koncentraciju Na i nalaze se na horizontalnom pravcu odnosno ne koreliraju s Al. U tim sedimentima Na očito nije vezan za siliciklastičnu komponentu, već je na neki način obogatio mlađe i pliće sedimente, vjerojatno zbog naknadnog utjecaja morske vode. Uzorci iz zona starijih od 9,1 ka BP pokazuju dobru korelaciju s Al i vezani su za siliciklastični materijal (smektit). Kalcij dobro negativno korelira s Al (r=-0,87), a Mg slabo negativno (r=-0,32), te se na dijagramu raspršenja uočava pozitivni korelacijski pravac u sedimentima iz zona od 12 do 9,1 ka BP, u kojem je Mg vezan za siliciklastični materijal. U karbonatnim sedimentima od zona 9,1 do 0 ka BP, Mg ne korelira s Al (horizontalni pravac). Olovo pokazuje obogaćenje u vršnim najrecentnijim sedimentima, kao rezultat atmosferskog antropogenog obogaćenja.



Slika 171 Odnos Fe i Zr s Al u jezgri PP VR-2.

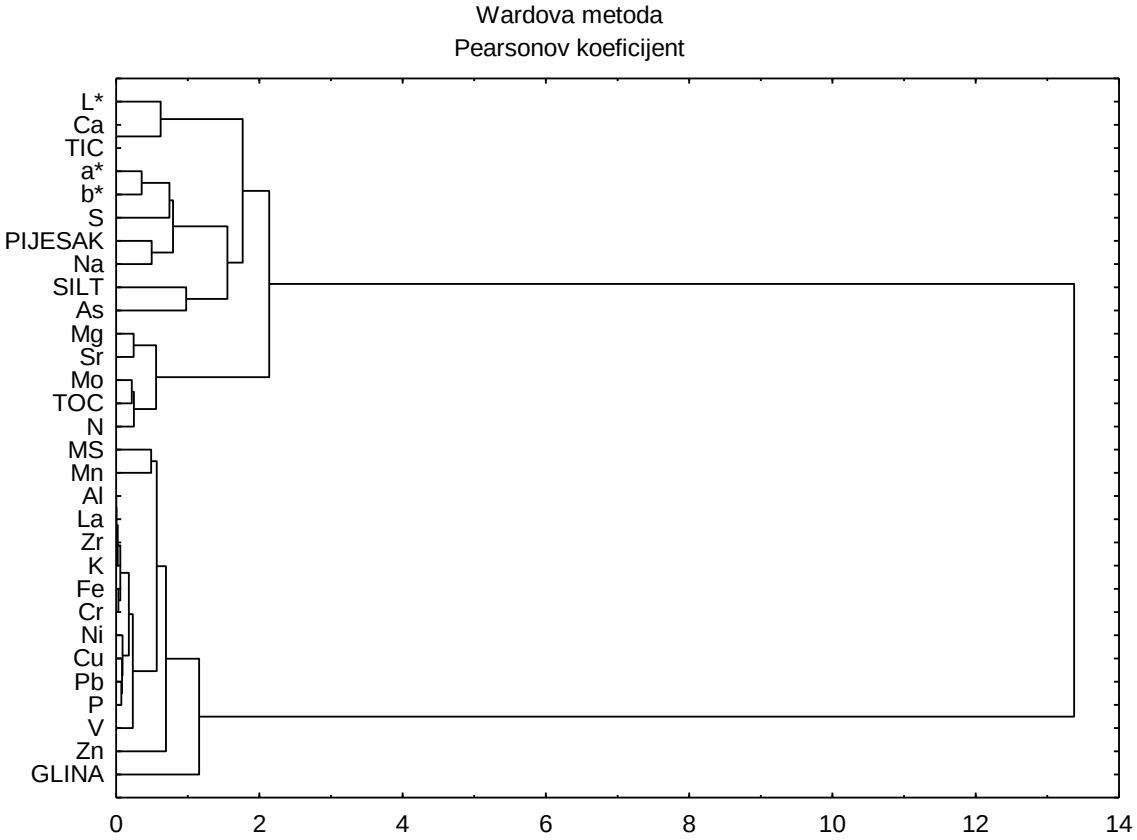


Slika 172 Odnos analiziranih elemenata K, Na, Ca, Mg, Zn i Pb, s Al u jezgri PP VR-2. Označeni su korelacijski pravci u Na i Mg.

Tablica 62 Korelacijska matrica odabranih analiziranih parametara u jezgri PP VR-2, koji uključuju spektralnu analizu boje (L*a*b*), magnetski susceptibilitet (MS), granulometrijske i geokemijske analize (na sljedećoj stranici).

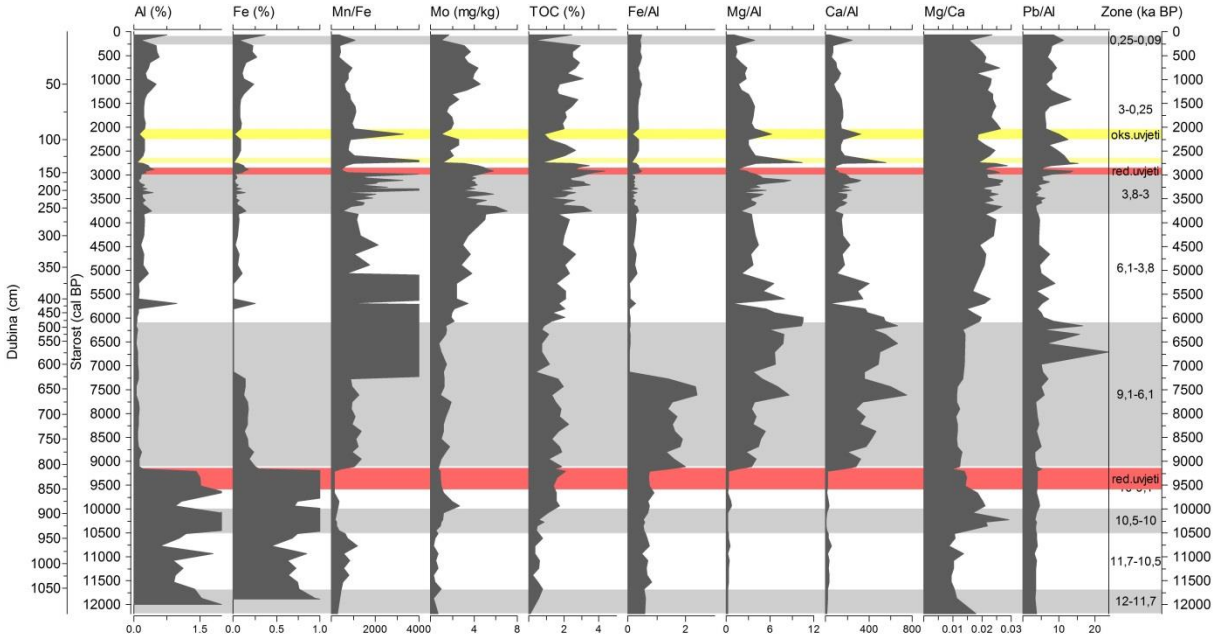
	L*	a*	b*	MS	PIJES.	SILT	GLINA	Al	Fe	K	Na	Ca	Mg	Sr	Zr	La	V	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn	As	Mn	Mo	S	P	N	TOC	TIC
L*	1,00																													
a*	-0,16	1,00																												
b*	0,41	0,64	1,00																											
MS	-0,53	-0,25	-0,53	1,00																										
PIJES.	-0,11	0,47	0,44	-0,05	1,00																									
SILT	0,04	0,13	0,07	0,08	-0,35	1,00																								
GLINA	0,08	-0,56	-0,47	-0,02	-0,71	-0,41	1,00																							
Al	-0,55	-0,55	-0,77	0,70	-0,30	-0,03	0,32	1,00																						
Fe	-0,63	-0,45	-0,78	0,73	-0,26	-0,01	0,26	0,96	1,00																					
K	-0,57	-0,51	-0,75	0,69	-0,27	-0,05	0,30	0,99	0,94	1,00																				
Na	-0,09	0,39	0,35	0,12	0,50	-0,06	-0,44	-0,18	-0,19	-0,13	1,00																			
Ca	0,53	0,42	0,73	-0,62	0,35	0,00	-0,34	-0,87	-0,86	-0,87	0,07	1,00																		
Mg	0,27	0,12	0,22	-0,29	-0,10	0,01	0,09	-0,32	-0,45	-0,26	0,11	0,19	1,00																	
Sr	0,27	0,12	0,13	-0,35	-0,09	-0,03	0,12	-0,37	-0,43	-0,33	-0,01	0,16	0,76	1,00																
Zr	-0,58	-0,51	-0,77	0,70	-0,28	-0,03	0,29	1,00	0,97	0,98	-0,17	-0,87	-0,35	-0,39	1,00															
La	-0,54	-0,55	-0,78	0,69	-0,29	-0,03	0,31	1,00	0,97	0,98	-0,20	-0,87	-0,35	-0,38	0,99	1,00														
V	-0,41	-0,53	-0,60	0,68	-0,22	-0,07	0,27	0,90	0,80	0,89	-0,03	-0,74	-0,13	-0,29	0,88	0,88	1,00													
Cr	-0,59	-0,47	-0,76	0,70	-0,27	-0,02	0,28	0,98	0,97	0,96	-0,17	-0,85	-0,36	-0,39	0,97	0,97	0,86	1,00												
Ni	-0,47	-0,61	-0,84	0,68	-0,43	-0,02	0,44	0,94	0,94	0,91	-0,30	-0,84	-0,37	-0,33	0,93	0,94	0,81	0,93	1,00											
Cu	-0,62	-0,45	-0,78	0,65	-0,34	-0,04	0,36	0,91	0,91	0,90	-0,20	-0,83	-0,29	-0,28	0,90	0,90	0,76	0,90	0,91	1,00										
Pb	-0,54	-0,58	-0,78	0,62	-0,40	-0,08	0,45	0,94	0,89	0,94	-0,27	-0,84	-0,20	-0,24	0,92	0,93	0,85	0,91	0,91	0,91	1,00									
Zn	-0,34	-0,39	-0,44	0,44	-0,17	-0,01	0,17	0,59	0,60	0,58	-0,14	-0,51	-0,32	-0,32	0,59	0,59	0,51	0,60	0,57	0,55	0,55	1,00								
As	-0,16	-0,06	-0,17	0,11	-0,04	0,02	0,02	0,14	0,13	0,18	0,04	-0,19	0,18	0,07	0,14	0,12	0,15	0,13	0,10	0,10	0,17	0,01	1,00							
Mn	-0,18	-0,52	-0,64	0,51	-0,27	0,01	0,26	0,70	0,74	0,63	-0,23	-0,56	-0,66	-0,52	0,70	0,72	0,53	0,68	0,76	0,62	0,58	0,46	-0,09	1,00						
Mo	0,16	0,33	0,36	-0,30	0,08	0,00	-0,07	-0,34	-0,44	-0,28	0,38	0,12	0,74	0,66	-0,36	-0,38	-0,14	-0,37	-0,39	-0,26	-0,26	-0,31	0,09	-0,58	1,00					
S	-0,35	0,55	0,15	-0,04	0,22	-0,02	-0,20	-0,29	-0,17	-0,23	0,29	0,14	0,24	0,30	-0,28	-0,31	-0,31	-0,24	-0,26	-0,12	-0,21	-0,31	0,19	-0,44	0,34	1,00				
P	-0,67	-0,45	-0,78	0,65	-0,30	-0,06	0,34	0,93	0,94	0,93	-0,21	-0,82	-0,39	-0,36	0,93	0,93	0,78	0,93	0,92	0,93	0,93	0,56	0,11	0,69	-0,38	-0,10	1,00			
N	0,04	0,58	0,55	-0,27	0,31	-0,01	-0,29	-0,48	-0,52	-0,41	0,48	0,31	0,52	0,52	-0,49	-0,51	-0,28	-0,46	-0,54	-0,36	-0,37	-0,35	-0,01	-0,65	0,78	0,51	-0,41	1,00		
TOC	0,09	0,37	0,29	-0,30	-0,07	0,10	-0,01	-0,41	-0,44	-0,36	0,29	0,02	0,65	0,67	-0,43	-0,44	-0,32	-0,42	-0,39	-0,29	-0,27	-0,32	0,16	-0,61	0,78	0,49	-0,37	0,74	1,00	
TIC	0,53	0,42	0,73	-0,62	0,35	0,00	-0,34	-0,87	-0,86	-0,87	0,07	1,00	0,19	0,16	-0,87	-0,87	-0,74	-0,85	-0,84	-0,83	-0,84	-0,51	-0,19	-0,56	0,12	0,14	-0,82	0,31	0,02	1,00

Parametri iz korelacijske matrice grupirani su pomoću klaster analize u skupine ili klastere (slika 173). Karbonatni klaster čine svjetlost boje (L*), Ca, TIC, koji se veže s pijeskom, Na i S, te grupom silta i As, a te 3 grupe se vežu s Mg, Sr, te Mo, TOC i N. Iz ovog se može zaključiti o karbonatnoj skupini, koju čine Ca, Mg i Sr, te mobilni reduktivni elementi S, Mo i As, te nutritivni elementi N i TOC, a svi su sadržani u pjeskovitoj i siltnoj frakciji. Natrij u ovoj skupini čini neobičan dio, te je za njegovu točnu interpretaciju potrebno promatrati njegovu raspodjelu po dubini. Generalno, cijelu tu skupinu bismo mogli nazvati karbonatno-reduktivno-nutritivni klaster. Magnetski susceptibilitet, Mn, te litogeni elementi (Al, La, Zr, K, Fe, Cr, Ni, Cu, Pb, P i V) međusobno su povezani i vežu se sa cinkom, koji se svi povezuju s glinom i čine siliciklastični klaster. Fosfor i vanadij pripadaju litogenim elementima, te nisu vezani za reduktivne uvjete.



Slika 173 Rezultati klaster analize (Ward-ova metoda hijerarhijskog grupiranja pomoću Pearsonovih koeficijenata korelacije) za jezgru PP VR-2, s izdvojenim klasterima: karbonatni-reduktivno-nutritivni i siliciklastični klaster.

Za interpretaciju procesa u jezeru, zbog dominantne karbonatne sedimentacije, pojedini elementi normalizirani su prema Al (slika 174). U donjem dijelu jezgre starijem od 9,1 ka BP, dominira taloženje siliciklastičnnog materijala, s niskim udjelima Ca. Od 9,1 ka BP povećava se udio Ca, s povećanom karbonatnom sedimentacijom, te se naglo smanjuju udjeli Al i Fe, no Fe ostaje lagano povišen do oko 7,2 ka BP. Omjer Fe/Al je zbog toga jako visok. Nakon 7,2 ka BP Fe koncentracije su vrlo niske, oko granice detekcije te je to uzrok vrlo visokom omjeru Mn/Fe. Omjer Mn/Fe koristi se kao indikator paleo-reduktivnih uvjeta u jezerima (Koinig et al., 2003; Och et al., 2012; Naeher et al., 2013), zbog različitog ponašanja ta 2 elementa u oksičnim i reduktivnim uvjetima. Kada se varijacija Mn razlikuje od Fe, vjerojatno je došlo do takvih promjena. Mangan se brže reducira od Fe u anoksičnim uvjetima, što vodi do otpuštanja Mn i smanjenja Mn/Fe omjera. Željezo oksidira brže nego Mn, te se Mn akumulira samo kod oksičnih uvjeta i tada je Mn/Fe omjer visok. Oksidativni uvjeti vidljivi su u intervalu od oko 3,5-2 ka BP, s povišenim vrijednostima Mn/Fe. Anoksični uvjeti uočeni su u periodu od 9,6-9,1 ka BP, te 3-2,8 ka BP, s nižim vrijednostima Mn/Fe omjera i povišenim TOC-om.



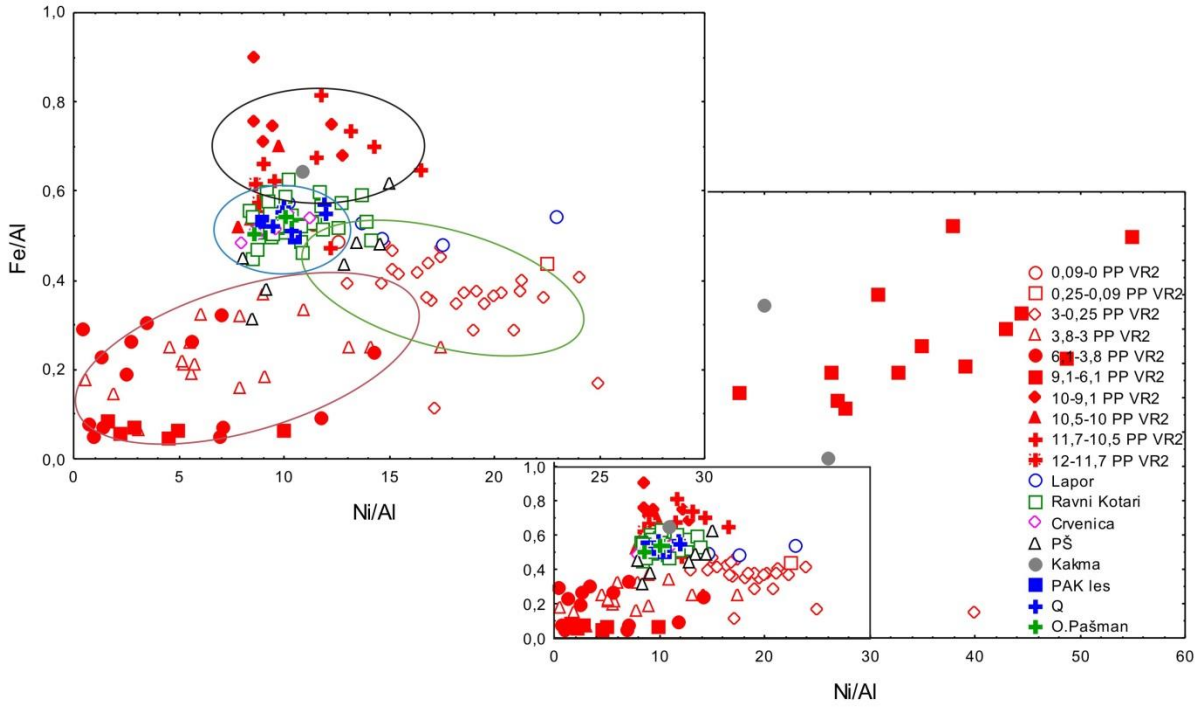
Slika 174 Pojedini elementi normalizirani prema Al kroz jezgru PP VR-2.

Magnezij je u donjem dijelu jezgre vezan za siliciklastičnu komponentu, te je omjer Mg/Al nizak, a u gornjem dijelu za karbonatnu te se povećava Mg/Al. Omjer Mg/Ca je u periodu od 9,1-6,1 ka BP je nizak, te se postepeno povećava u intervalu od 6,1-3,8 ka BP, te je od 3,8 ka BP do danas visok i relativno konstantan, uz povremene varijacije. Obogaćenje sedimenta magnezijem, uz relativno konstantan udio Ca, može se opisati utjecajem morske vode na sediment, koja donosi Mg (Haskell et al., 1996).

Porijeklo sedimenata Vranskog jezera kod Biograda

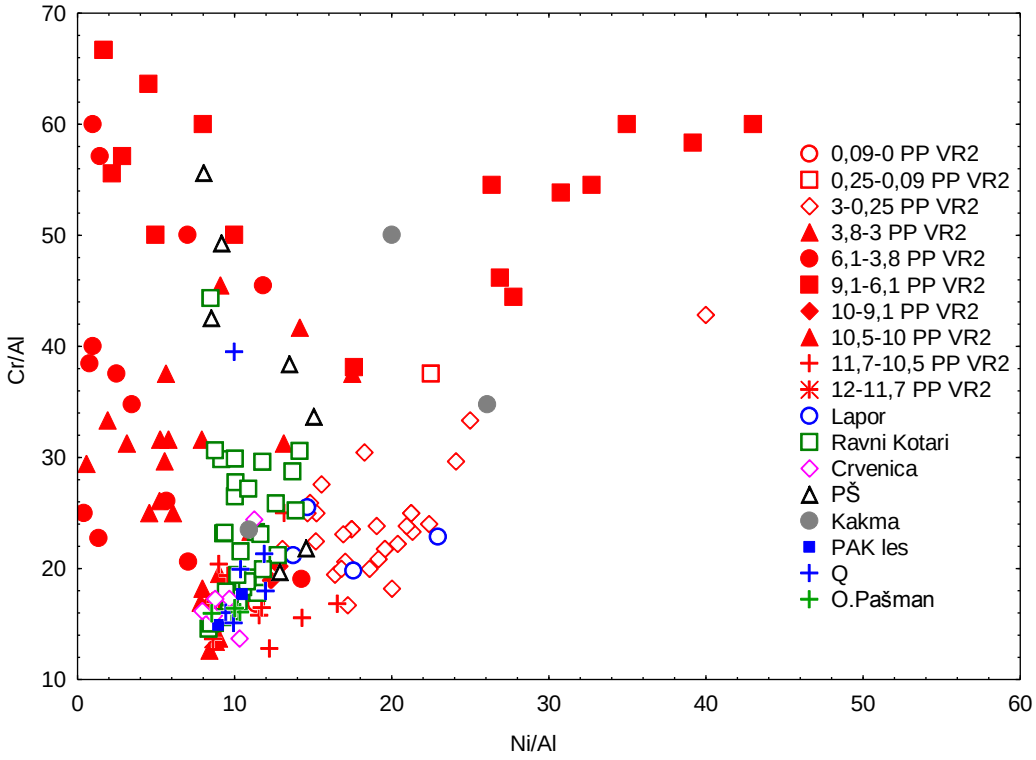
Sedimenti iz jezgre PP VR-2 uspoređeni su s uzorcima prikupljenim u slivnom području: crvenicom (Gorica, Galovac, Banjevci, Štandarac), laporima (Tinj, Galovac, Radošinovci), lesom (Pakoštane), jezerskim sedimentima Kakme i Nadina, te površinskim uzorcima tla iz Ravnih Kotara (smeđe tlo, crvenica i rigosol na vapnencu, kvartarni pijesci, rigosol i crvenica Q , pjeskovito tlo na pješčenjacima PŠ) i s otoka Pašmana (smeđe tlo i crvenica na vapnencu).

U dijagramu Fe/Al i Ni/Al uočava se nekoliko grupa uzoraka (slika 175). Sedimenti iz Vranskog jezera od 9,1-3 ka BP, imaju nizak udio Fe i Ni, dok je viši udio Fe u dubljim uzorcima 11,7-9,1 ka BP i Kakmi, između tog se nalaze uzorci iz Ravnih Kotara, u koje spadaju i pješčenjaci, smeđe tlo, Pakoštanski les, uzorci s Pašmana, crvenice, lapori i najmlađi uzorci u PP VR-2.



Slika 175 Omjer Fe/Al i Ni/Al u sedimentima iz Vranskog jezera i slivnog područja. Detaljnije je prikazan dio iz dijagrama gdje su uzorci gušće raspoređeni. Krugovima su označeni grupirani sedimenti.

Omjer Cr/Ni i Ni/Al (slika 176) također je grupirao uzorke Ravnih Kotara, crvenica, lapora, a s njima se preklapaju i najdublji dijelovi jezerskog sedimenta PP VR-2 (12-9,1 ka BP), ali i plići intervali od 3-0 ka BP. Pješčenjaci odgovaraju djelomično jezerskom sedimentu od 9,1-6,1 ka BP.



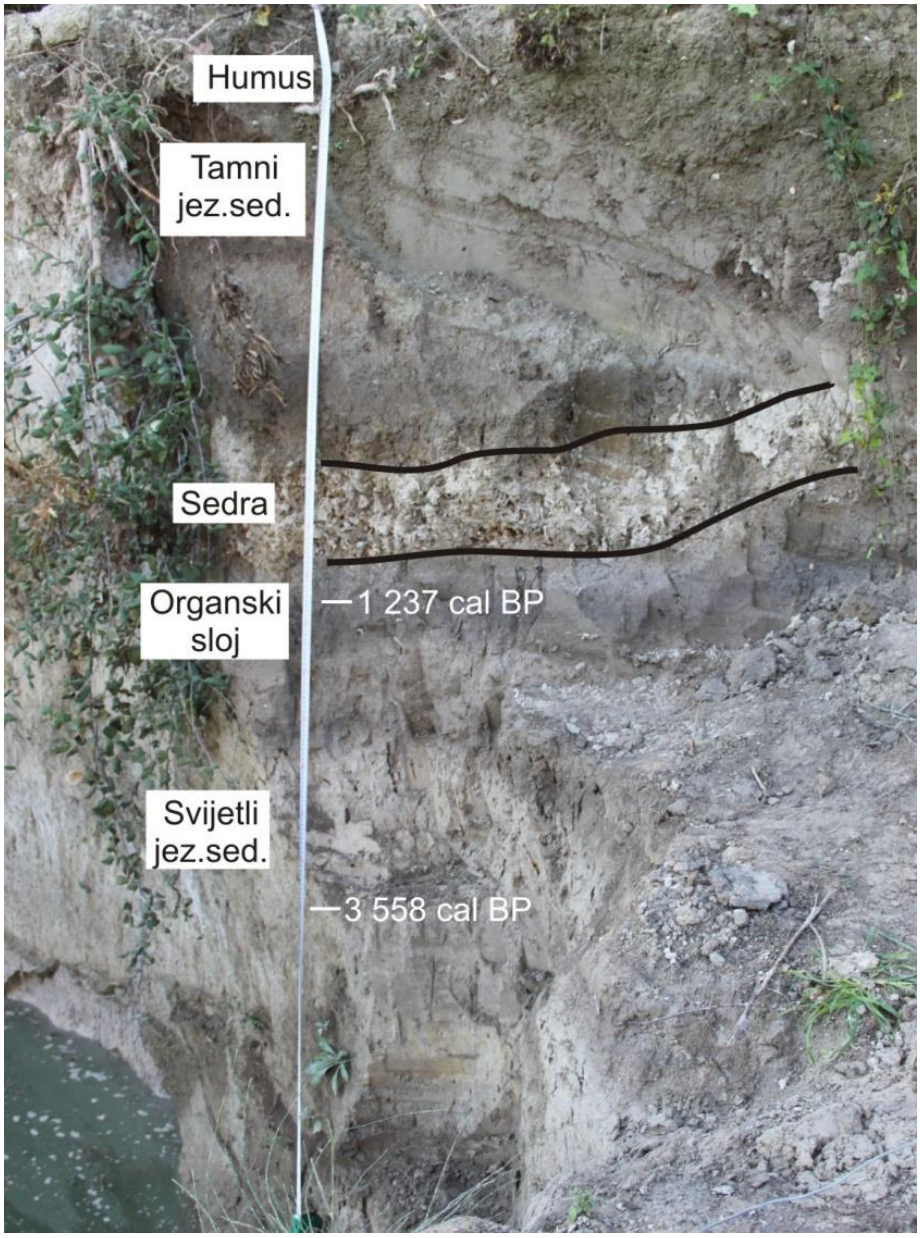
Slika 176 Omjer Cr/Al i Ni/Al u sedimentima iz Vranskog jezera i slivnog područja.

Ovim analizama potvrđeno je porijeklo materijala u Vranskom jezeru iz slivnog područja u kojem su sadržani i lapori i crvenice. Period od 12-9,1 ka BP karakterizira donos erodiranog materijala iz sliva, nakon čega dominira taloženje karbonata (9,1-3 ka BP), a od 3-0 ka BP ponovno se uočava porast udjela siliciklastičnog materijala kao posljedica pojačane erozije.

Može se zaključiti da je tip minerala glina taložen u jezeru u periodu od 12-9,1 ka BP sličan laporima i lesu, u kojima su prisutni smektit, illit, uređen i neuređen kaolinit, dok sedimenti iz zona 9,1 do 0 ka BP pokazuju signaturu crvenica (hidroksil-interstratificirani vermikulit ili sekundarni klorit, illit i neuređen kaolinit). Uzorci crvenice uz jezero (Banjevci i Štandarac 1) sadrže klorit, illit i kaolinit, koje bi mogle ukazivati na ishodišni materijal za minerale glina u jezerskom sedimentu od 9,1-0 ka BP.

Analizirani profil Kakma u slivnom području Vranskog jezera prikazan je na slici 177. Profil Kakma nalazi se oko 5,5 km sjeverno od Vranskog jezera, na 18 m n.m. Karakteristična pojava koja se uočava u sedimentološkom stupu je pojava sedre na 110 cm. Datiranje sedimenata u profilu Kakma pokazala je starost od 1 237 cal BP u uzorku 135-145 cm, koji se nalazi ispod sloja sa sedrom. Drugi uzorak, 200-220 cm, datiran je na 3 558 cal BP. Vapnenačka sedra vezana je za karbonatne izvore te slapove. Nastanak sedre opisuje se kao biogeno taloženje kalcita (Alonso-Zarza & Tanner, 2010). Kalcit se izlučuje po nitima mahovina, cijanobakterija, vodenog bilja, zbog fotosintetskih procesa biljaka, stvarajući šupljikave cjevčice i izrazito porozan sediment. Drugi proces koji pospješuje nastanak sedre je područje prskanja vode, kao što je slučaj u vodopadima, gdje dolazi do otplinjavanja CO_2 iz vode koja je bogata Ca-hidrogenkarbonatom, koje su karakteristične za vode u kršu (Flügel, 2004). Sloj sedre je debeo oko 16 cm (110-126 cm), a uspio se sačuvati zbog naglog zatrpavanja sedimenta, koji ju je zaštito od raspadanja. Nastanak sedre odgovarao bi toplom srednjovjekovnom periodu, s višim temperaturama koje pogoduju razvoju sedre.

Poznato je da je područje Vranskog polja naseljeno od paleolitičkog i neolitičkog doba. To je evidentirano mnogobrojnim nalazištima keramike. U području Tinja pronađena je dekorativna keramika, koja pripada neolitičkoj Kardijskoj keramici, koju su izrađivale rane farmerske zajednice u većim naseljima u Tinju. Starost te keramike utvrđena je na 6 980 ±160 BP (Chapman et al., 1990). To znači da je područje Vranskog polja vrlo rano naseljavano.

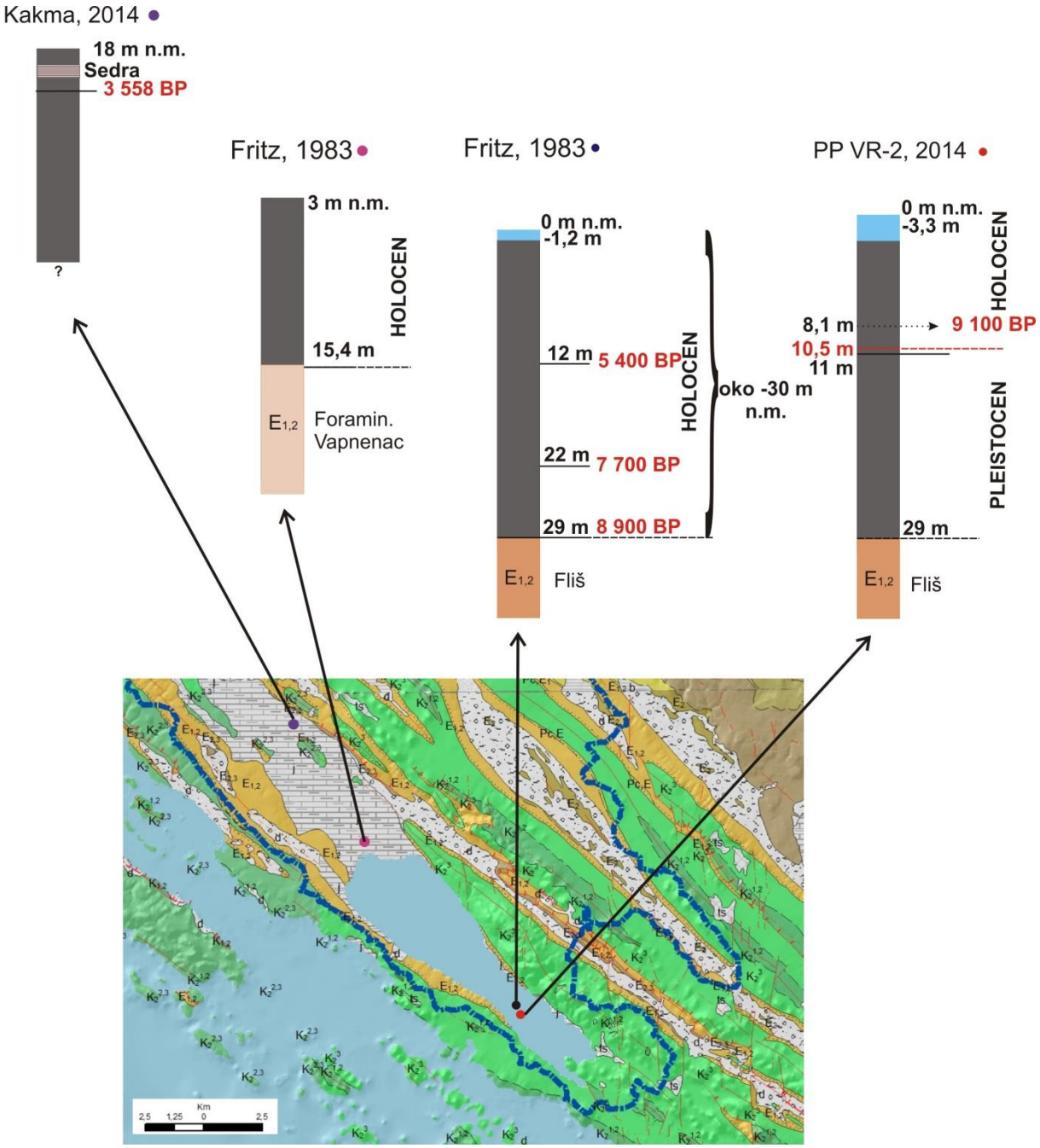


Slika 177 Profil Kakma u Vranskom polju, koji se sastoji od jezerskih sedimenata i sedre, s prikazanim starostima na 135 i 200 cm, što znači da su sedimenti relativno mladi, istaloženi u posljednjih oko 4 000 godina.

Područje Vranskog polja postepeno se uzdiže u odnosu na Vransko jezero, ali to uzdizanje nije linearno, već je različito u različitim dijelovima polja. Prema Fritz (1984) različite su debljine jezerskih sedimenata, kao i različita dubina na kojoj se pojavljuje vapnenačka podloga. U središnjem dijelu Vranskog polja, stjenovita podloga izbija na površinu terena (npr. područje Gorčine na oko 4,5 km od jezera). Debljina jezerskih sedimenata u sredini Vranskog jezera je 29 m (Fritz, 1983), kada dolaze u kontakt s podlogom – eocenskim flišom. Uzvodnije, zapadno od jezera uzduž obrambenog nasipa (lijevi nasip) uz cestu Pakoštane-Vrana, 180 m sjeverno od glavnog kanala, debljina je 15,4 m

(bušotina na 3,27 m n.m.). Na temelju položaja razine mora povezanog s tektonikom, istovremenim tonjenjem kopna i dizanjem razine mora Fritz (1984), odredio je da te naslage pripadaju holocenu (slika 178).

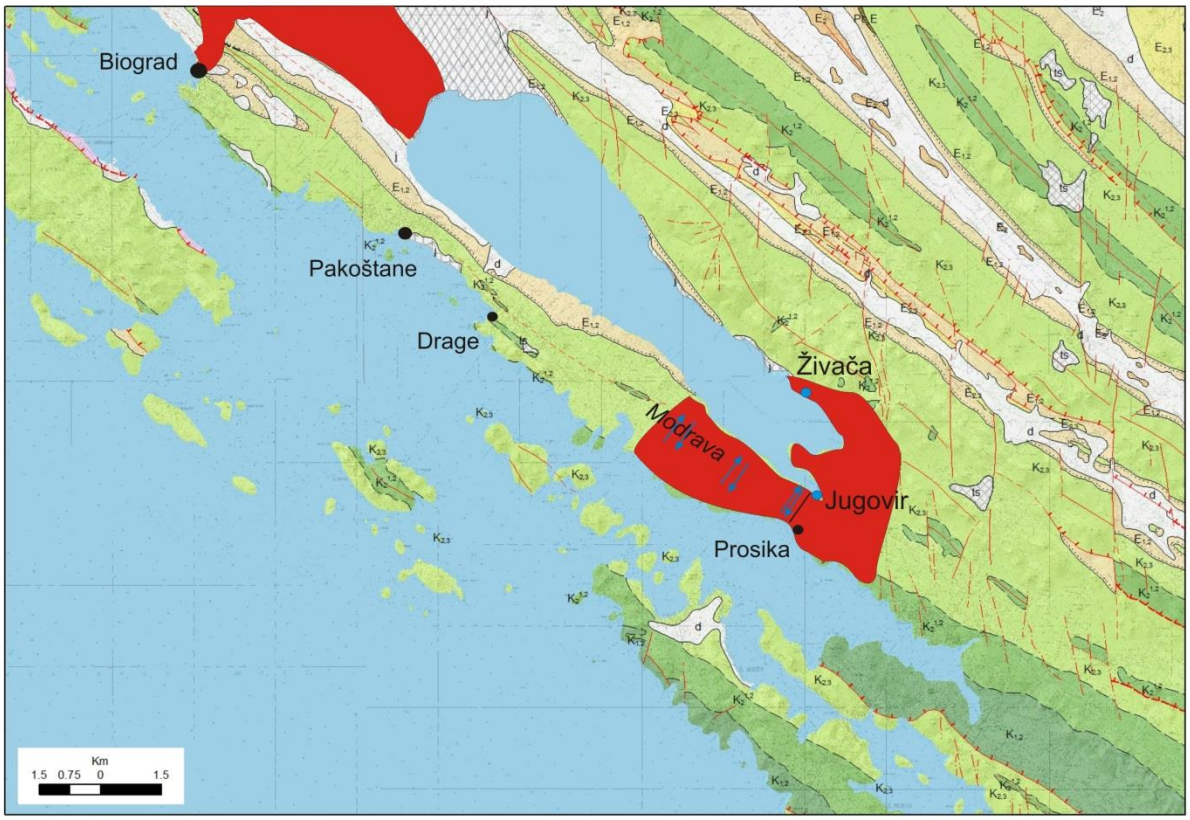
Datiranje na temelju tektonskih odnosa i dizanja razine mora pokazalo se netočnim, te je datiranjem u ovom radu na temelju ^{14}C, utvrđeno da je oko 10, 5 m jezerskog sedimenta holocenske starosti. Jezgra na kopnu pokazala je debljinu od 15,4 m holocenskih naslaga, a u profilu Kakma na 18 m n.m. utvrđen je sloj s tefrom i na 2 m je datirana starost od 3 558 cal BP, što znači da je u području Kakme istaloženo puno jezerskog sedimenta tijekom holocena.



Slika 178 Rezultati istraživanja Vranskog jezera prema Fritz (1983), buštine na kopnu (ružičasti krug) i u jezeru (crni krug), neposredno pored jezgre PP VR-2 (crveni krug) i profil Kakma (ljubičasti krug). Prikazani su datirani sedimentološki stupovi.

Smještaj Vranskog jezera u blizini mora, stavlja ga u direktnu vezu s promjenama razine mora i utjecaja mora na razinu Vranskog jezera i ističe se važnost promatranja hidrogeoloških odnosa između jezera i mora. Na temelju datiranja jezgre PP VR-2 u Vranskom jezeru omogućeno je detaljno praćenje tih promjena. Fritz (1984) je postojanje Vranskog jezera vezao uz današnju razinu mora i nemogućnošću da voda potpuno istječe u more preko okršenog (propusnog) karbonatnog grebena oko Prosike, gdje su dobro razrađeni podzemni putevi jezero-more i obratno. Uz jugozapadnu obalu Vranskog jezera nalazi se fliška barijera, koja je sprečavala u prošlosti otjecanje površinskih i podzemnih voda iz depresije Vranskog jezera prema moru (Fritz, 1984). U najužem djelu vapnenačkog grebena između jezera i mora, na potezu od Pakoštana do Draga, registrirano je 15 priobalnih izvora, 4 uz obalu jezera i 11 uzduž obale mora, ali za koje nije utvrđena podzemna veza između mora i jezera (Fritz, 1983). Tek jugoistočnije prestaje ova barijera i omogućuje se otjecanje voda kroz vapnenački greben u more, posebno u predjelu oko Prosike. Danas je veza jezero-more ostvarena izvedbom kanala na Prosici (izgrađen 1770.), ali veza je također dobro uočljiva u tom području i kroz vapnenački greben. Uočeno je i s jezerske i s morske strane više vodnih objekata promjenjive funkcije ovisno o sezonskoj razlici nivoa mora i jezera. Kad je razina jezera viša od razine mora tada oko Prosike s jezerske strane poniru znatne količine vode koja istječe na priobalnim izvorima uz morsku obalu. Kada je razina mora viša od razine jezera, situacija je obrnuta, morska voda uvire u mjesta priobalnih izvora, koji postaju estavele i izvire na obali Vranskog jezera. Prema tome, kroz dio grebena oko Prosike jezerska voda ulazi u more. To je konstatirano i novijim istraživanjima u Vranskom jezeru i izvora u njegovoj okolici. Kad je razina vode u Vranskom jezeru visoka (u zimskom periodu dosegne više do 2 m iznad morske razine), voda iz njega istječe u more, kao i duž cijelog karbonatnog grebena i sprečava se veća akumulacija slatke vode iznad razine mora. Kod nižih vodostaja i dugotrajnih sušnih razdoblja, morska voda zbog toga ulazi u jezero (Stroj, 2012).

Prema tome, prodor morske vode omogućen je kroz okršeni karbonatni greben koji razdvaja jezero od mora. Značajke izvora Jugovir, u blizini kanala Prosika, potvrđuje povezanost jezera s morem krškim kanalima na području Prosike. Na ovom izvoru, u razdobljima kad razina jezera padne ispod razine mora, morska voda istječe u jezero (Stroj, 2012). Zaslanjeni izvori u Vranskom polju u sušnim razdobljima (grupa izvora Ošac, Modro jezero i Kotlić, izvor mali Stabanj, Vrbica) ukazuju na prodor morske vode između dviju fliških barijera sjeverno od Biograda (slika 179).



Slika 179 Prikaz prodora mora u kopno kroz podzemlje, u području okršenog karbonatnog grebena u predjelu Prosike, te području sjeverno od Biograda. Modificirano prema Fritz (1983).

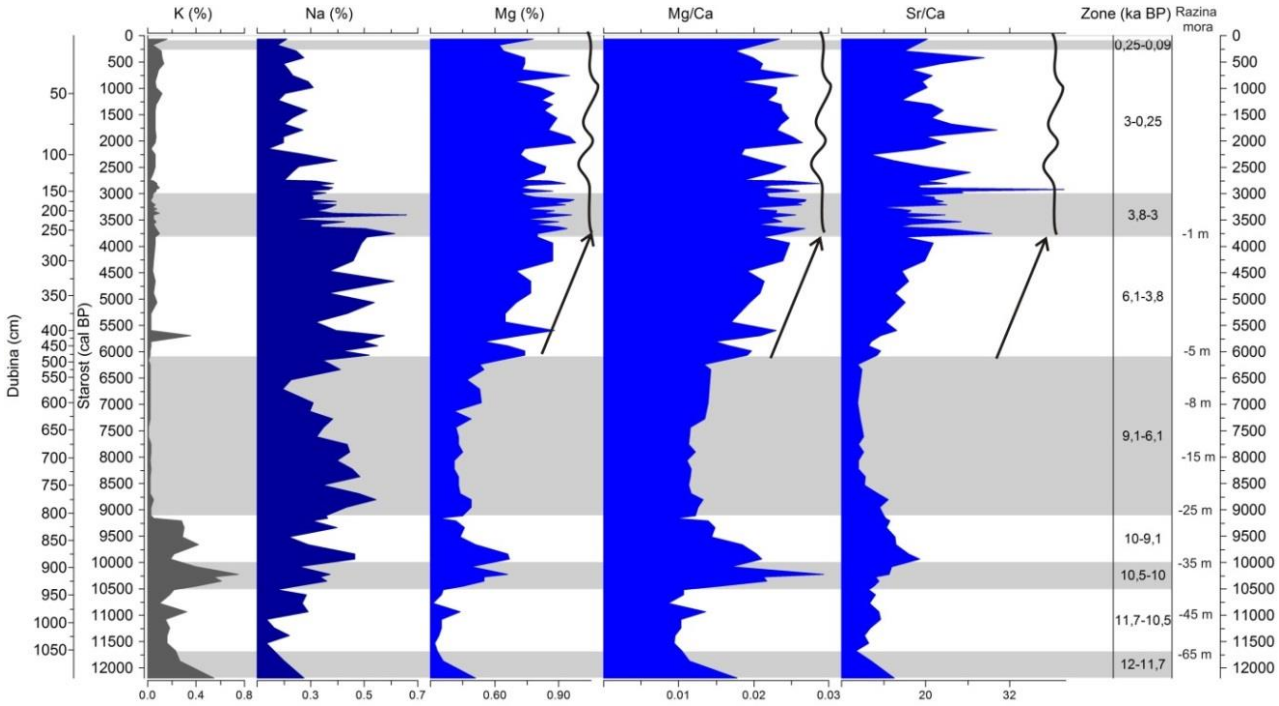
No, pitanje je kada su se mogli dogoditi opisani prodori mora s obzirom na razinu mora u prošlosti. Ako dizanje razine mora pratimo s nadmorskom razinom dna jezera, moguće je utvrditi maksimalnu razinu jezera. Prije oko 21 000 godina, za vrijeme posljednjeg ledenog maksimuma (LGM) razina mora je bila 120 m niža nego danas (Fairbanks, 1989). Nakon toga se razina mora naglo izdizala 2 puta, zbog otapanja ledenjaka, u tzv. pulsu MWP-1A i MWP-1B, posljednji se desio nakon mlađeg drijasa i podigao razinu mora za oko 20 m (-45 m). Nakon toga se razina mora postepeno dizala te je oko 10 000 godina bila 35 m niža od današnje razine.

Prije izgradnje kanala Prosika, područje Prosike bilo je prirodni prag visine 6 m, koliko iznosi dubina mora ispred kanala u Pirovačkom zaljevu. Razina jezera je bila 3 m viša nego danas prije izgradnje samog kanala u 18. stoljeću, te se Vranska močvara protezala do izvora Kakma i Kutijin stan (JU PP Vransko jezero, 2010). Močvara je bila premrežena prirodnim vodotocima koji su tekli od izvora prema Vranskom jezeru. Ako se usporedi tadašnja razina jezera, s dubinom jezgre PP VR-2 na kojoj počinje dominantno taloženje karbonata na 810 cm koje ukazuje na formiranje jezera, maksimalna razina jezera je mogla biti oko 13/14 m (8,1 m sedimenta u jezgri + 2,5 m stupca vode danas + 3 m stupca vode zabilježenih razina prema povijesnim zapisima). Ako je razina jezera u to doba bila -13/-14 m n.m., a razina mora je u to doba bila oko 25 m niža nego danas, znači da je voda iz jezera istjecala u Pirovački zaljev.

Utjecaj mora se uočava od 6 100 ka BP (od 485. cm jezgre) povišenjem koncentracija Mg i Sr, te povišenjem omjera Mg/Ca i Sr/Ca u sedimentu (slika 180). Sr/Ca omjer je često korišten kao indikator

paleosaliniteta zbog toga što Sr puno brže ulazi u strukturu karbonata u slanim uvjetima (Dodd & Crisp, 1982). Prema tome, omjer Sr/Ca se koristi kao indikator utjecaja morske vode na jezerske sedimente (Corella et al., 2013). Omjeri Mg/Ca i Sr/Ca relativno su konstantni od oko 3 800 ka BP, te se gotovo pravilno izmjenjuju više i niže vrijednosti, vjerojatno kao posljedica sezonske izmjene i utjecaja morske vode na sedimente, kakvi su prisutni i danas. Natrij pokazuje potpuno drugačije ponašanje kroz jezgru od ostalih siliciklastičnih elemenata (Al, K), povišen je u intervalu od 2 do 8 m, što ukazuje na naknadni utjecaj mora na sedimente, koje prodire kroz vapnenački greben. Taj interval je pjeskovit. Niže koncentracije u gornjem dijelu jezgre u prvih 150 cm posljedica su jezerske slatke vode.

Razina mora je prije oko 6 000 godina bila 5 m niža nego danas. Dubina jezera je u to doba mogla biti oko 10 do 11 m (4,85 m jezgre od kada počinje utjecaj mora + 2,5 m dubina stupca vode + 3 m stupca vode zabilježenih razina prema povijesnim zapisima). Prema tome dno Vranskog jezera je billo na -10/-11 m n.m., a more na -5 m n.m., što znači da je more bilo na višoj nadmorskoj visini. U takvoj situaciji kada je nadmorska visina razine more bila viša od nadmorske visine dna jezera, bili su mogući prodori mora kroz okršeni karbonatni greben u predjelu Prosike.



Slika 180 Pokazatelji morskog utjecaja na sedimente jezgre PP VR-2. Uočava se postepeno povišenje koncentracije Mg i udjela Mg/Ca i Sr/Ca od 6 100 ka BP (oko 5 m jezgre) (crne strelice). U desnom stupcu prikazane su razine mora u odnosu na današnju razinu Jadranskog mora (Correggiari et al., 2006).

Paleookolišna rekonstrukcija Vranskog jezera kod Biograda

Analizom svih dobivenih rezultata izdvojeno je više intervala koji ukazuju na različite sedimentološke značajke i okoliše kroz koje je jezero prolazilo (slika 181), koje možemo podijeliti na zonu 1, koja je vjerojatno pleistocenske starosti, zatim slijedi 2. zona ranog holocena podijeljena u 3 intervala. U srednjem se holocenu razvilo jezero, podijeljeno na početnu duboku zonu, zatim prijelaznu s postepenim utjecajem mora i konačno 4. zona u kojoj su uspostavljeni uvjeti kakvi i danas vladaju u jezeru. Unutar 4. zone formirane su 4 podzone u kojima su se dogodile određene promjene. Zone su sljedeće:

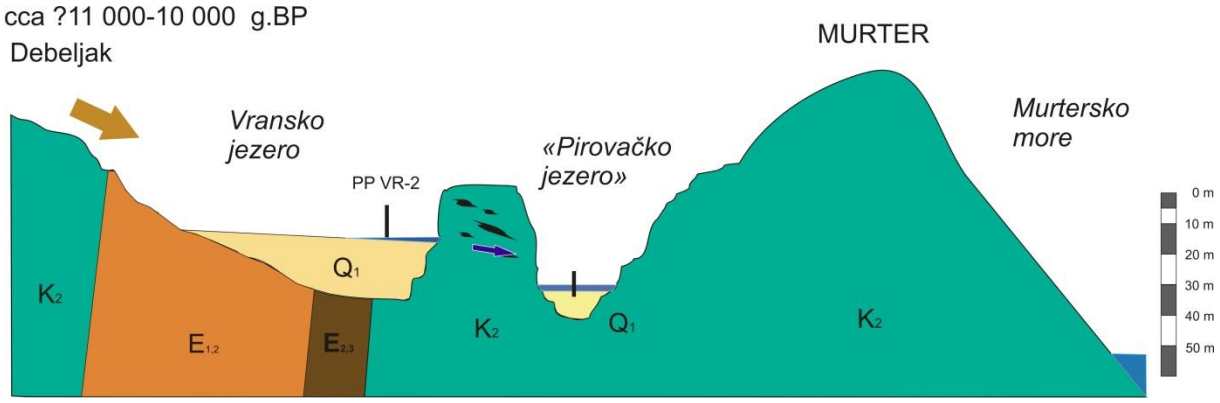
- Zona 1 (1101-1050 cm; 12-11,7 ka BP);
- Zona 2:
    - 2/1 (111050-940 cm; 7-10,5 ka BP);
    - 2/2 (940-895 cm; 10,5-10 ka BP);
    - 2/3 (895-813 cm; 10-9,1 ka BP);
- Zona 3:
    - 3/1 (813-485 cm; 9,1-6,1 ka BP);
    - 3/2 (485-265 cm; 6,1-3,8 ka BP);
- Zona 4:
    - 4/1 (265-155 cm; 3,8-3 ka BP);
    - 4/2 (155-13 cm; 3-0,25 ka BP);
    - 4/3 (13-6 cm; 0,25-0,09 ka BP);
    - 4/4 (6-0 cm; 0,09-0 ka BP).

Zonu 1 od 1101-1050 cm i 12-11,7 ka BP karakterizira visok magnetski susceptibilitet i povišene koncentracije Al i Fe, što označava povišenje erozije. U tom su intervalu uočeni veći klasti u glinovitom matriksu, zaobljeni, veličine od 0,3-1,5 cm, posebno u intervalu od 1069-1085 cm. Pronađeni su i sitno korijenje i dijelovi biljaka. Takva pojava krupnih čestica mogla bi se objasniti donosom materijala bujičnim tokovima. U mineralnom sastavu dominira kalcit, uz dosta kvarca i minerala glina (smektit, illit, uređen i neuređen kaolinit). Pri kraju intervala u uzorcima od 1060-1045 cm ima više biljnih ostataka i viši je TOC, kao i odnos C/N (>24), koji ukazuje na terestičko porijeklo organske tvari. Pelud zajednos palinofacijesom u ovoj zoni upućuje na hladniju i vlažniju klimu, s pojačanim donosom materijala bujičnim tokovima, uslijed čega je moglo doći do formiranja lokvi.

U zoni 2/1 (1050-940 cm; 11,7-10,5 ka BP) nastavili su se slični uvjeti, s pojavom valutica (veličine do 1,5 cm) u više nepravilnih intervala (985, 990, 1000, 999-1012 i 1015 cm), u kojem se izmjenjuje siltni i glinoviti matriks. Magnetski susceptibilitet je niži nego u prethodnoj zoni. U mineralnom sastavu ima kalcita, a udio kvarca se smanjuje, minerali glina su istog sastava kao i u prethodnoj zoni. U uzorcima na 1038., 996. i 955. cm pronađeni su biljni ostaci te je u njima viši postotak TOC, visok je C/N, što upućuje na kratke intervale većeg donosa alohtone organske tvari. Vrlo sitne i razlomljene ljušture se počinju pojavljivati od 996. cm. Pri kraju ovog perioda sediment je pjeskovitiji. I dalje je razvijen okoliš poplavne ravnice (lokve).

U zoni 2/2 (940-895 cm; 10,5-10 ka BP) povisuje se udio siliciklastičnog materijala i magnetski susceptibilitet. Unutar zone se od 10,5-10,2 ka BP (940-910 cm) pojavljuje tamnozeleni glinoviti sediment. U intervalu od 940-933 cm i 920-900 cm ispremiješan je s klastima od 0,2-3 cm, i sivkastim

i žućkastim proslojcima. Sastav minerala glina u ovim sedimentima isti je kao i u prethodnoj zoni. Od 905-895 cm sediment je tamniji. Povremeno se pojavljuju i ljušture, jedna od njih je datirana (897 cm) te je pokazala premladu starost. Očito je u ovom intervalu došlo do velikih promjena, pretaložavanja sedimenta i donosa materijala bujicama u povremeno formirane lokve (slika 182). Pojava peluda lopoča od 10,5-10 ka BP ukazuje na mogući porast nivoa vode.



Slika 181 Rekonstrukcija Vranskog jezera kod Biograda za razdoblje između 11 000 i 10 000 g. BP; Vransko jezero egzistira kao vodotok u kojem se povremeno nakupljala voda i formira lokve.

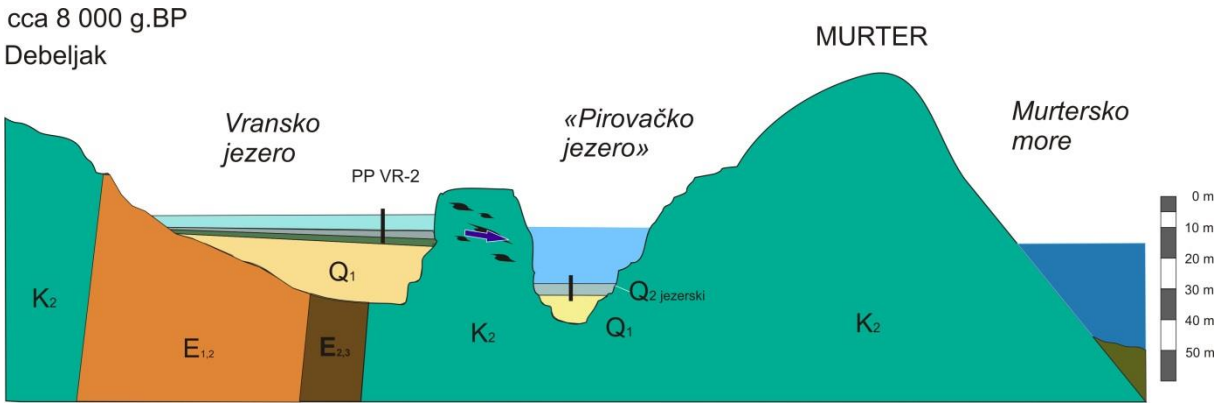
U zoni 2/3 (895-813 cm; 10-9,1 ka BP) sediment je vrlo svijetli od 895-874 cm, kad dolazi do prekida cijevi jezgre, a na početku sljedeće cijevi pojavljuju se vrlo tamni sedimenti. Moguće je da ovdje nedostaje sedimenta. U tom svjetlom sedimentu izrazito je visok magnetski susceptibilitet (882-880 cm), koji je moguć ili zbog prisutnosti tefre ili zbog razvoja biogenog magnetita u anoksičnim uvjetima. Od 9,6-9,1 ka BP (860-813 cm) sedimenti su u tom dijelu tamni, te su utvrđeni reduktivni uvjeti pomoću omjera Mn/Fe, a ujedno je i visok udio TOC-a. Unutar sedimenta se više ne pojavljuju klasti, što bi moglo značiti da se razvila mirnija sredina taloženja kao što je bara/močvara. Prisutan je viši udio kalcita i manji udio kvarca nego u prethodnoj jezgri, uz pojavu aragonita pri prijelazu u svjetliji sediment gdje je prisutno mnoštvo razlomljenih ljuštura (815-810 cm). Ljušture su prisutne i kroz cijeli interval, ali sitne i razlomljene. Od 817-813 cm lećasto se pojavljuje šljunak s glinovitim tamnim sedimentom, kojeg je mogla prenijeti samo veća snaga vode kao što je bujični tok.

Cijeli ovaj period od 11,7-9,1 ka BP mogao bi se opisati kao vrlo dinamičan u razvoju Vranskog jezera. Prevladavao je fluvijalni okoliš, s formiranim vodotocima koji su skupljali vodu iz okolnih izvora. Istjecanje vode onemogućavalo je razvoj pravog jezera. Voda je mogla istjecati kroz vapnenački greben u području Prosike ili područja između dvije flišne barijere sjeverno od Biograda, isto kako se danas vidi utjecaj prodora mora u tim područjima (Stroj, 2012). Niska razina mora u tom periodu bila je glavni razlog tog otjecanja. Na kraju mlađeg drijasa i početkom holocena (11,7 ka BP) razina mora bila je oko 65 m niža nego danas, a prije 11 ka BP oko 45 m niža nego danas. Rast od oko 20 m morske razine zbio se za vrijeme drugog naglog otapanja ledenjaka koji je uzrokovao puls MWP-1b. Dakle, očito je taj period karakteriziran velikom količinom vode, koja je dolazila u depresiju Vranskog jezera, no koja se nije mogla akumulirati, sve dok se nije izdigla morska razina. No, mogući su sezonski periodi veće akumulacije vode, ako je dotjecala veća količina vode, a ponori u vapnenačkom grebenu nisu mogli odvoditi svu vodu, te su se mogli razviti i barski, močvarni uvjeti. Vlažniji uvjeti dokazani su taloženjem sapropela 1 (S1a) u Jadranskom moru, evidentirano u periodu od 10,8-8,8 ka BP (Ariztegui et al., 2000). Tamni sedimenti i utvrđeni reduktivni uvjeti od 9,6-9,1 ka BP mogli bi ukazivati na sapropel. Povećana vlažnost tijekom ranog holocena odgovara povećanom donosu

materijala uslijed erozije siliciklastičnog materijala u Vranskom jezeru. Vlažni periodi u ranom holocenu, prije 9 ka utvrđeni su u jezerima sjeverno od 40°sjeverne geografske širine – Accesa i Ledro (Magny et al., 2013).

Zona 3/1 (813-485 cm; 9,1-6,1 ka BP) (slika 183) započinje povećanjem udjela Ca i kalcita u jezgri, koji dominira, te nema kvarca u sedimentima, nizak je Al i ostali litogeni elementi. Dominantna karbonatna sedimentacija omogućena je razvojem stabilnog dubljeg jezera. Minerali glina su vrlo niski u ovom periodu, prisutni su hidroksil-interstratificirani vermikulit (ili sek. klorit), illit i kaolinit. Unutar sedimenta uočavaju se ljušture i ostaci biljaka, te izmjene pjeskovitih i glinovitih proslojaka u nepravilnim lećastim laminama. Aragonita nema u ovom intervalu, poznato je da je aragonit nestabilan karbonatni mineral, koji se često otapa i rekristalizira u kalcit smanjenjem temperature vode, te je to moguć uzrok njegovom nestanku u donjim dijelovima jezgre do 810 cm. No, aragonit se pojavljuje u dijelu između 810-815 cm, gdje se pojavljuju mnogobrojne razlomljene ljušture. Pitanje je kako se aragonit u tom dijelu uspio očuvati, ako je došlo do otapanja aragonita od oko 810-500 cm. Omjer C/N je viši u prvom dijelu intervala od 9,1-7,3 ka BP, a niži je od 7,3-6,1 ka BP, što ukazuje na povećanje organske tvari iz fitoplanktona. Palinološkom analizom je u ovoj zoni određena listopadna šuma bukve.

Viša razina mora u ovom periodu sprečavala je istjecanje jezerske vode u Pirovački zaljev, u kojem je u to doba vjerojatno postojalo jezero (Ilijanić et al, 2013). U Pirovačkom zaljevu su na 528. cm (starosti oko 11 500 cal BP) utvrđeni sedimenti s tipičnom slatkovodnom ostrakodnom faunom, što ukazuje na postojanje jezera do oko 7,5 ka BP, kada je utvrđena lagano bočata, više slatkovodna fauna s tipičnom marinskom faunom (na 248. cm).

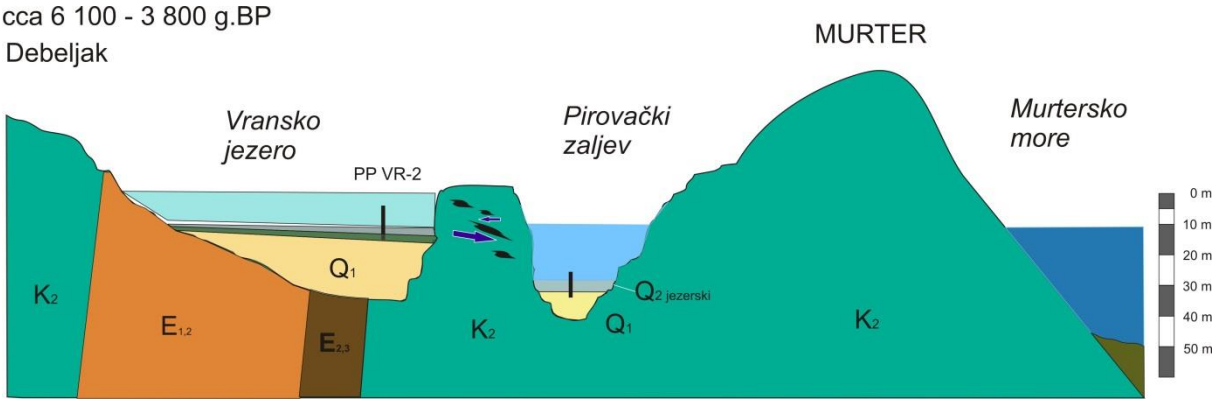


Slika 182 Rekonstrukcija Vranskog jezera kod Biograda za razdoblje oko 8 000 g. BP; Vransko jezero se formira zobg sprečavanja otjecanja vode u Pirovački zaljev („jezero“), koje se napunilo vodom uslijed uzdizanja morske razine.

U zoni 3/2 (485-265 cm; 6,1-3,8 ka BP) (slika 184) postepeno se povećava utjecaj mora, što se uočava u povišenim koncentracijama Mg i Sr, te omjerima Mg/Ca i Sr/Ca. Razina mora je prije oko 6 000 bila 5 m niža nego danas. Na početku ovog intervala je nadmorska visina dna jezera -10/-11 m (4,85 m jezgre + 2,5 m dubina stupca vode + 3 m stupca vode zabilježenih razina prema povijesnim zapisima). To znači da je razina mora bila na višoj nadmorskoj razini (-5 m n.m.) nego dno jezera (-10/11 m n.m.). Na taj je način morska voda mogla prodirati u jezero kroz okršeni karbonatni greben u predjelu Prosike.

I dalje su prisutni sedimenti u kojem se lećasto izmjenjuju tamniji i svjetliji proslojci, sezonske varijacije taloženja karbonata. Prisutne su ljušture kao i u prethodnoj zoni. U ovoj zoni u uzorcima

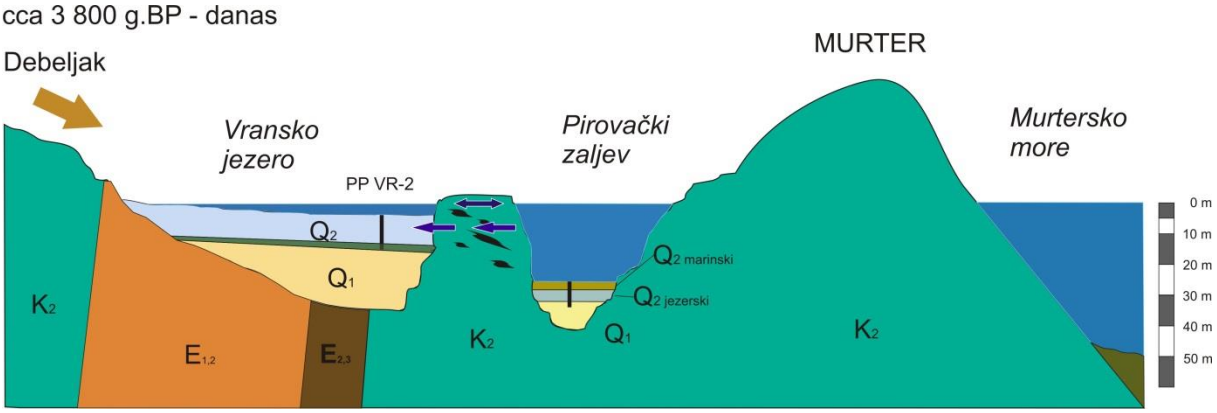
ima kalcita i aragonita. S tim se povezuje utjecaj mora i donos Mg i Sr, te je moguće da koncentracija Sr utječe na stabilnost aragonita i sprečava njegovo otapanje i rekristalizaciju u kalcit (Schroeder, 1973). TOC je viši nego u prethodnom intervalu, a C/N niži od 10, što govori o dominantnoj primarnoj produktivnosti u jezeru. Palinološkom analizom je u ovoj zoni utvrđena mediteranska vegetacija šume hrasta crnike i degradacijskih stadija crnikove šume (makija). Postepeno povišenje siliciklastičnog materijala u sedimetima moguće je zbog deforestacije. Nagla klimatska promjena u vlažnosti, s povišenjem razine jezera utvrđena je u jezerima sjeverno od oko 40° sjeverne geografske širine, poslije 4 500 cal BP (jezera Accesa, Ledro; Magny et al., 2013).



Slika 183 Rekonstrukcija Vranskog jezera kod Biograda za razdoblje između 6 100 i 3 800 g. BP; sve veći utjecaj mora na Vransko jezero.

Zona 4/1 (265-155 cm; 3,8-3 ka BP) jest zona kojoj su ustanovljeni uvjeti kakvi su i danas prisutni u jezeru, sa sezonskim varijacijama više i manje brakičnih uvjeta. Talože se sve sitnije čestice, od oko 220 cm počinju se taložiti minerali prosječne veličine zrna oko 10 µm, s povremenim krupnijim česticama (oko 30 µm). Prisutni su dominantno kalcit, zatim aragonit, a pri kraju intervala ima i kvarca.

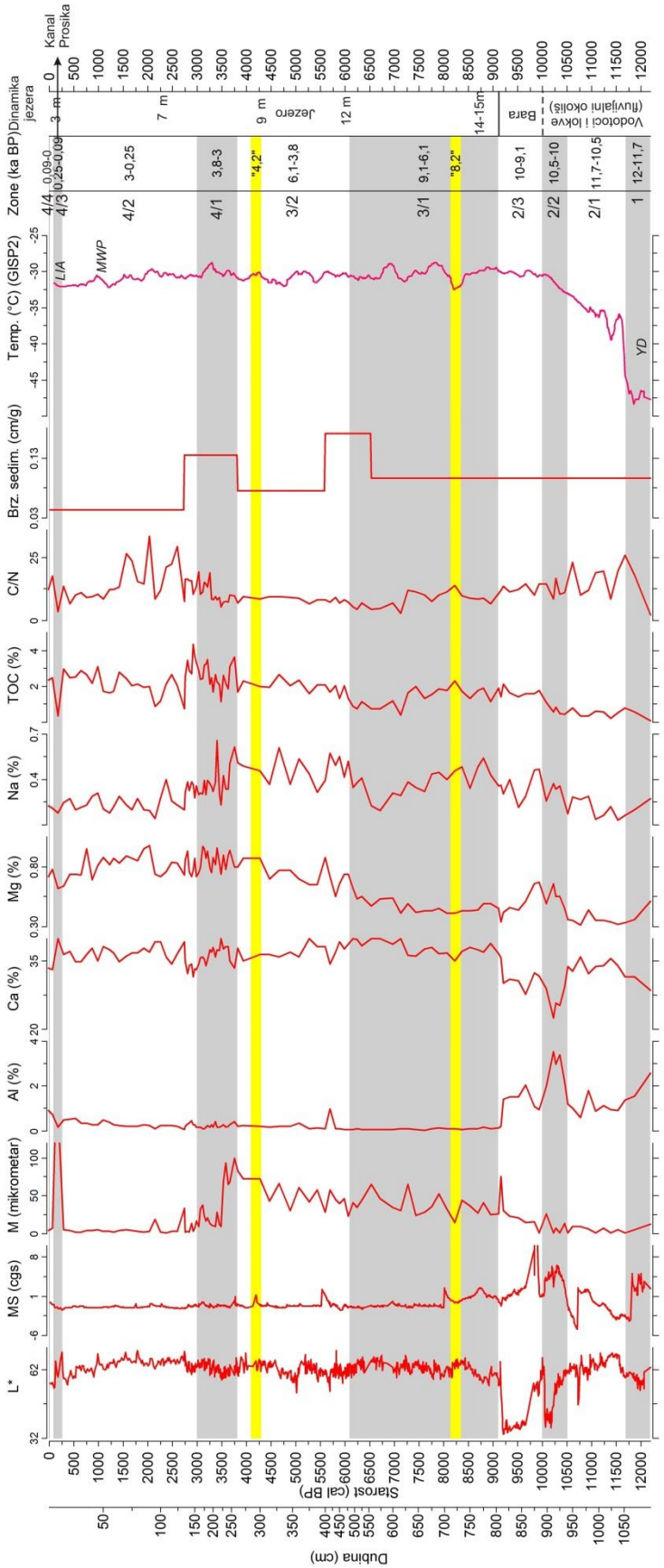
U zoni 4/2 (155-13 cm; 3-0,25 ka BP) (slika 185) talože se još sitnije čestice (<5 µm), sediment je homogen i ne sadrži lamine i takav karbonat se naziva masivni karbonat (Alonso-Zarza & Tanner, 2010), s taloženjem karbonatnog mulja, kalcita i aragonita. Odsutnost pravilne laminacije u jezerskim sedimentima objašnjava se bioturbacijom sedimenata na dnu, životinje na dnu miješaju i uzburkavaju sediment u potrazi za organskom tvari (Alonso-Zarza & Tanner, 2010). Povremeno se pojavljuju pjeskoviti proslojci, vjerojatno vezani za sezonsku varijaciju taloženja sitnozrnatih kalcita i aragonita i resuspendiranog pjeskovitijeg kalcita. Viši je i odnos C/N, od 2,7-1,5 ka BP, gdje iznosi oko 20, što znači da organska tvar dolazi u jezero iz sliva.



Slika 184 Rekonstrukcija Vranskog jezera kod Biograda za razdoblje od 3 800 g. BP do danas; uspostavljen je današnji režim Vranskog jezera, sa sezonskim fluktuacijama u izmjeni više i manje brakičnih uvjeta.

U zoni 4/3 (13-6 cm; 0,25-0,09 ka BP) dolazi do naglog povećanja udjela pjeskovite frakcije, a prosječna veličina čestica iznosi 229 µm. U uzorku 10-11 cm u razmazanom preparatu uočeni su fragmenti ljuštura i veći kristali kalcita. Djelovanje valova je moglo uzrokovati donos pjeskovitog endogenog kalcit iz drugih dijelova jezera. Kalcit dominira, a prisutni su još kvarc i aragonit. Ovaj period vremenski odgovara pojačanim olujnim i hladnim uvjetima malog ledenog doba (LIA, 400-100 BP; 1550-1850 AD). No, za Vransko jezero veže se promjena razine jezera nakon što je izgrađen kanal Prosika, za odvodnju viška vode iz Vranskog polja. Kanal Prosika izgrađen je 1770 AD i time se razina vode Vranskog jezera snizila za 3 m. U tom periodu zasigurno je došlo do miješanja sedimenata i donošenja materijala iz drugih dijelova jezera. Taloženje takvog resuspendiranog pjeskovitog materijala može se pripisati tom događaju.

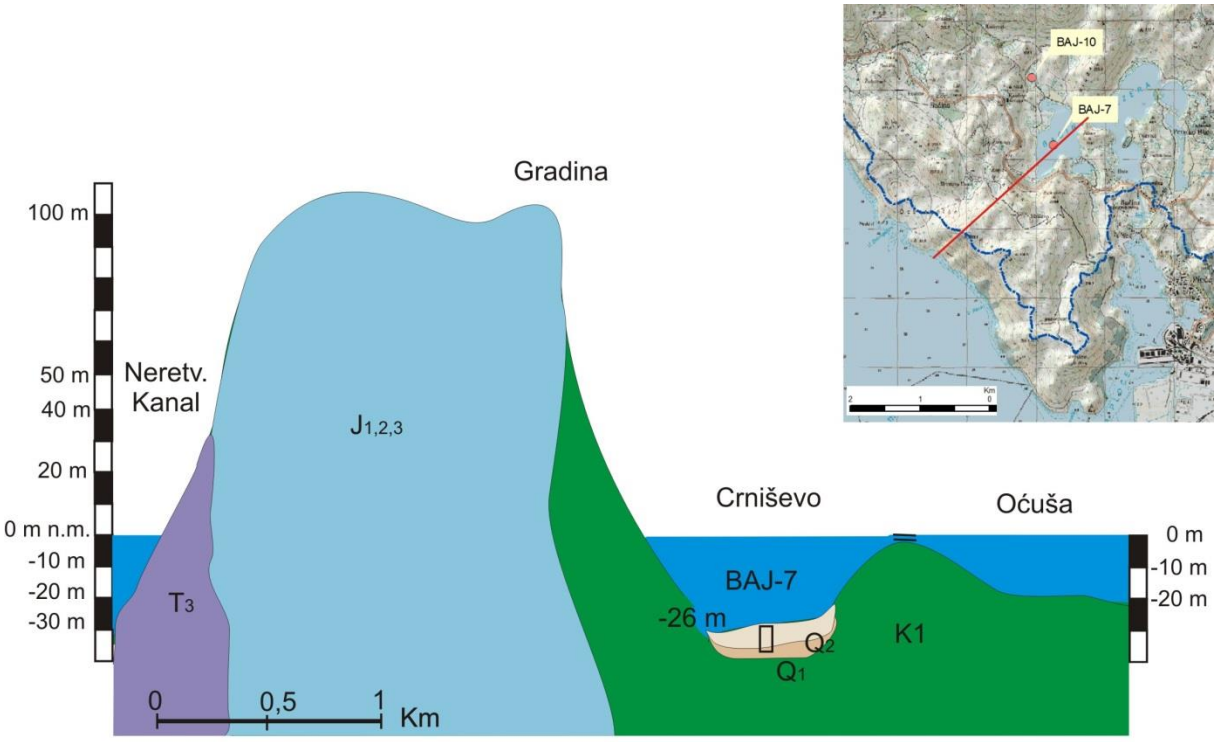
U zoni 4/4 (6-0 cm; 0,09-0 ka BP) vratili su se uvjeti kakvi su vladali prije prethodne promjene, niži je udio Ca, povišeni su Al i Fe, te u sedimentu ima više kvarca i muskovit/illita te aragonita.



Slika 185 Odabrane analize pomoću kojih su rekonstruirani paleookolišni uvjeti u Vranskom jezeru kod Biograda (PP VR-2). Također je prikazana varijacija temperature prema grenlandskoj ledenoj jezgri GISP2 (Alley, 2000). Sivo su osjenčane izdvojene zone u jezgri PP VR-2, dok su žutom bojom označeni karakteristični klimatski događaji kroz holocen (Mayewski et al., 2004). Prikazana je i pretpostavljena dinamika Vranskog jezera od kasnog pleistocena do danas.

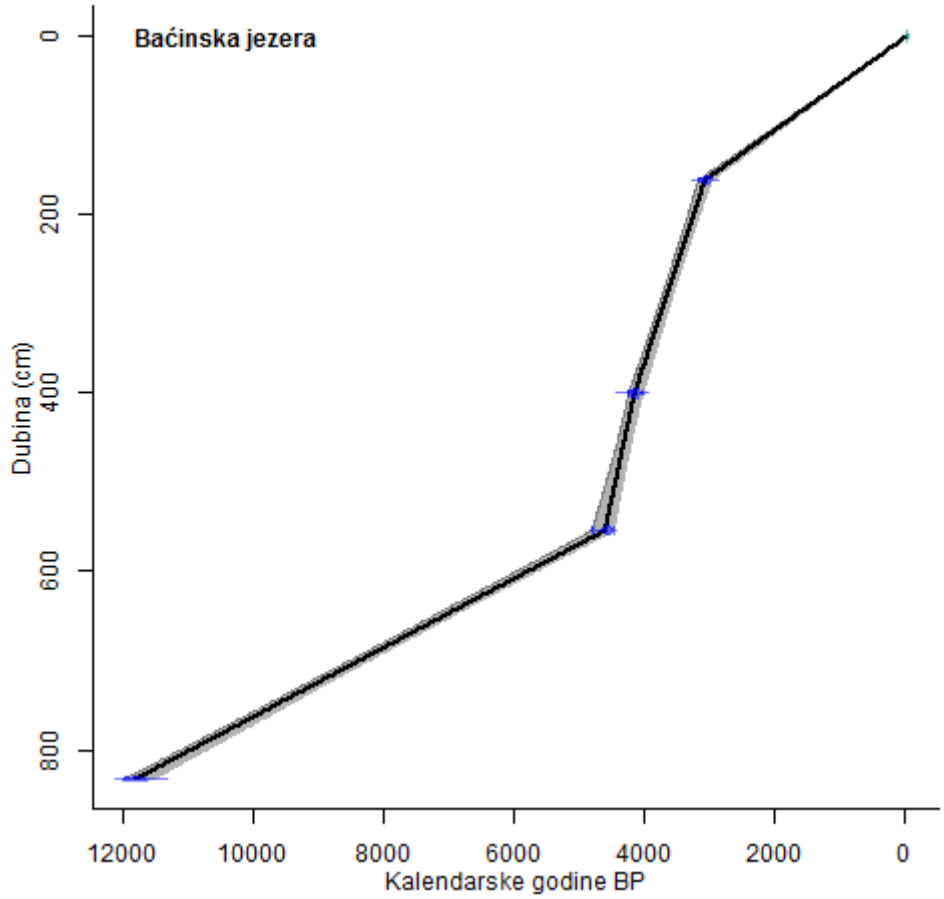
5.1.4. Baćinska jezera (Crniševo)

Baćinska jezera su skup jezera u južnoj Dalmaciji, sjeverno od grada Ploče (skup 6 spojenih i 1 odvojenog jezera). Crniševo je najzapadnije jezero, povezano preko Oćuše s ostalim jezerima (slika 186). Baćinska jezera povezana su s Vrgoračkim poljem tunelom koje povezuje jezero Podgoru i predio Krotuše u Vrgoračkom polju. U jezeru Sladinac nalazi se tunel koji povezuje Baćinska jezera s morem (oko 100 m). Najdublje jezero Crniševo ima dno na 34 m ispod razine mora, a na mjestu gdje je bušen jezerski sediment dubina je bila 26 m. Cijeli je ovaj vodni sustav vrlo važan za šire područje jer je lokalno stanovništvo jako ovisno o njemu, bilo u smislu izvora pitke vode ili navodnjavanja/odvodnje vode za omogućavanje poljoprivredne aktivnosti. U Vrgoračkom polju (24-26 m n.m.) izgrađena je mreža kanala za navodnjavanje i kontrolu viška vode, koja se odvodi iz polja tunelom prema Baćinskim jezerima, što omogućuje poljoprivrednu aktivnost u Vrgoračkom polju. Uz sama jezera također je razvijena poljoprivredna aktivnost, ali u obliku manjih obiteljskih poljoprivrednih površina. Mnogobrojni izvori u pojedinim Baćinskim jezerima (u Oćuši se nalaze 3 stalna i 2 povremena izvora; u Plitko jezero ulazi voda iz izvora Klokun koji se koristi za vodoopskrbu; u Crniševu izvire Mindel), dokaz su isprepletenosti podzemnih voda i važnosti hidrogeoloških odnosa, kao i utjecaj mora na razvoj Baćinskih jezera.



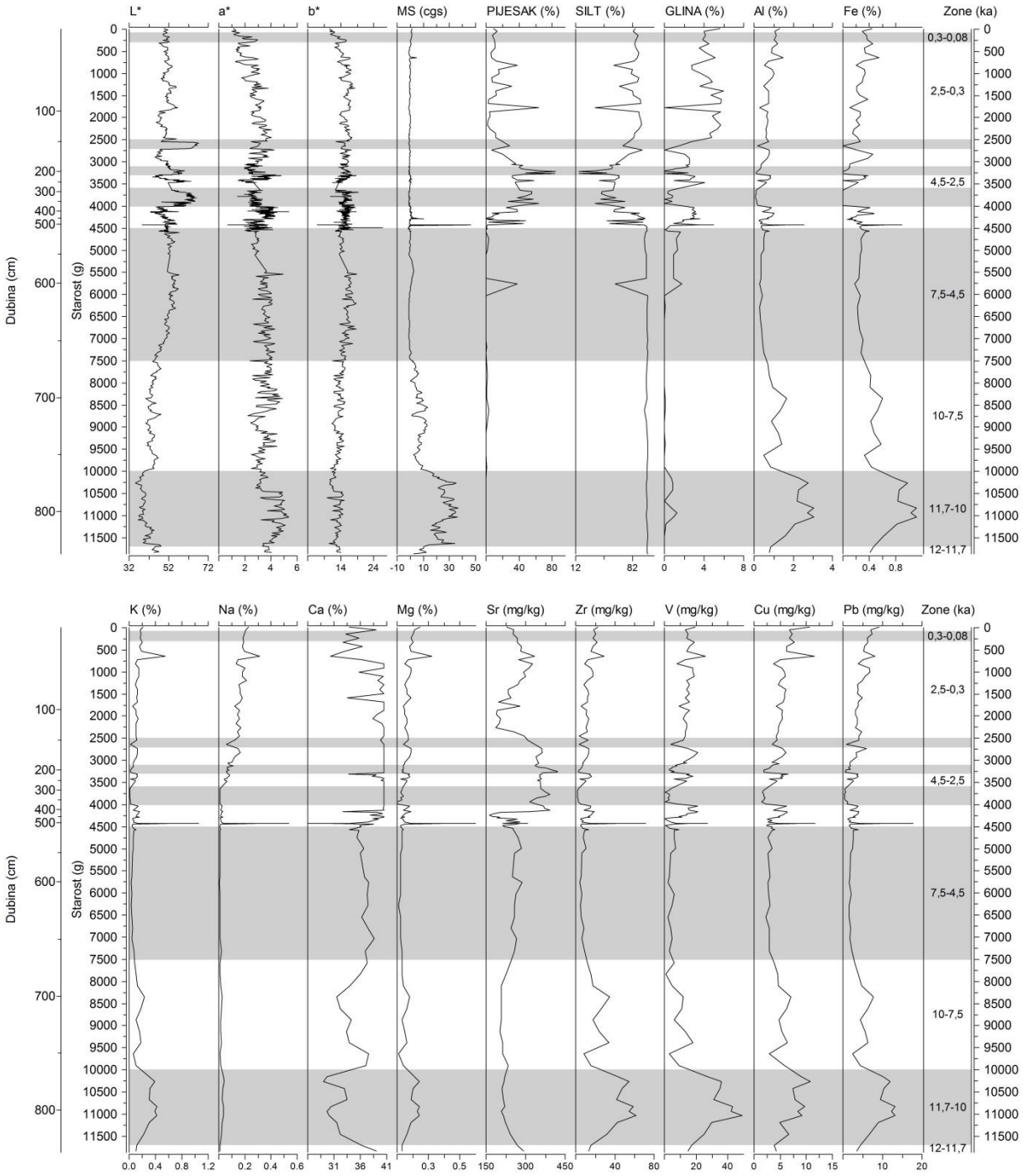
Slika 186 Skica položaja najzapadnijeg jezera Crniševo u odnosu na Jadransko more, te njegova povezanost s jezerom Oćuša. Istraživana jezgra bušena je na 26 m dubine u Crniševu. Oznake: K_1-vapnenci i breče, $J_{1,2,3}$-vapnenci s lećama dolomita i breča, T_3-dolomiti.

Na temelju datiranja sedimenata učinjen je model dubina/starost (slika 187), te su izračunate brzine sedimentacije kroz jezgru. U gornjem dijelu jezgre od 0 do 160 cm brzina sedimentacije je mala i iznosi 0,05 cm/god. Nakon toga postaje puno veća i do 399 cm iznosi 0,22 cm/god, a od 400 do 553 cm iznosi 0,34 cm/god. Do kraja jezgre odnosno 832 cm (na 833 cm je posljednje datirani uzorak) brzina sedimentacije je manja i iznosi 0,04 cm/god.

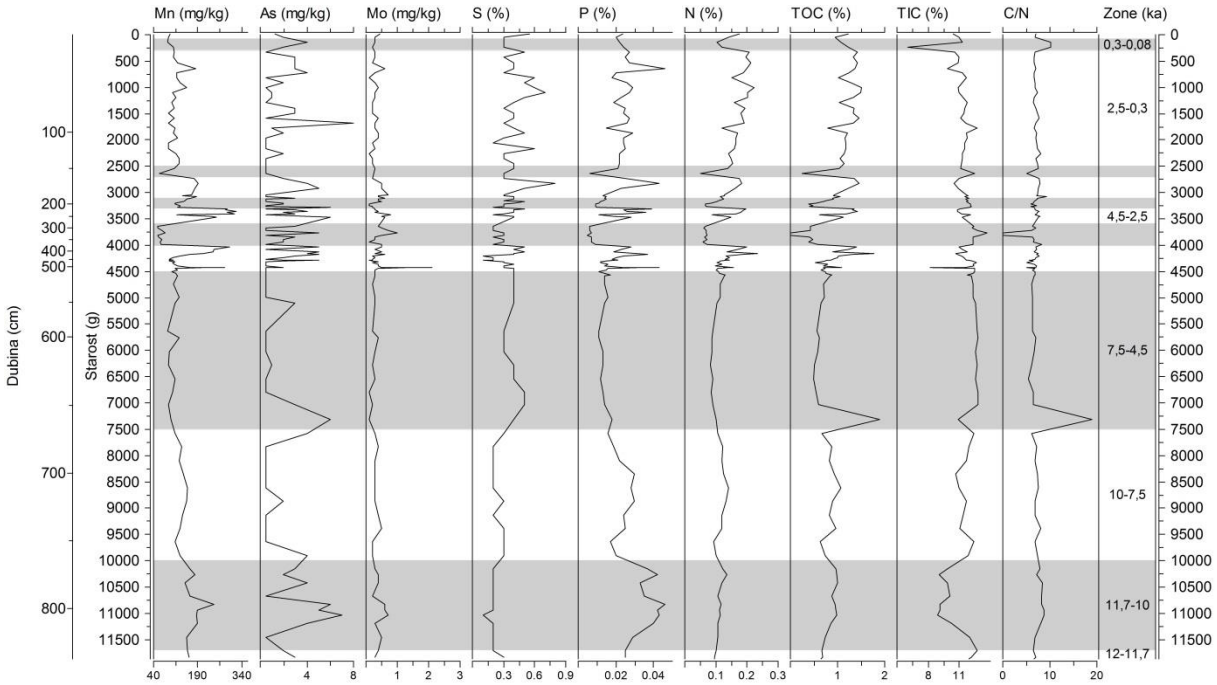


Slika 187 Model dubina/starost jezgre BAJ-7, starost je izražena u cal BP (kalendarskim godinama BP) ovisno o dubini jezgre. Korišten je program CLAM (Blaauw, 2010), koji koristi Intcal13 kalibracijske krivulje, upotrijebljen je model linearne interpolacije.

Prema rezultatima spektralne analize boje, magnetskog susceptibiliteta, granulometrijskih, mineraloških i kemijskih analiza izdvojeno je nekoliko zona u vremenskom periodu od oko 12 000 godina (slike 188 i 189). Kada je jezgra promatrana u vremenskoj skali, bilo je lakše izdvojiti zone s promjenama uvjeta u jezeru. Uočava se donji dio, od 843-830 cm (12-11,7 ka BP), u kojem je udio karbonata viok, magnetski susceptibilitet nizak. Potom od 830-764 cm (11,7-10 ka BP) je vrlo visok udio siliciklastične komponente i magnetski susceptibilitet, koji se postepeno smanjuju u zoni od 764-668 cm (10-7,5 ka BP). Udio kalcita je vrlo visok u zoni od 668-530 cm (7,5-4,5 ka BP). Nakon toga od 530-134 cm (4,5-2,5 ka BP) došlo je naglih promjena u jezeru, povećanja udjela pjeskovitog materijala u odnosu na silt koji je prevladavao do ovog intervala, te dolazi do izmjene siliciklastične i karbonatne sedimentacije, mijenja se udio TOC te je taj period podijeljen na ukupno 6 podzona. Od 134-20 cm (2,5-0,03 ka BP) uspostavljaju se ponovno relativno stabilni uvjeti s višim udjelom gline nego u prethodnim zonama, ali s povremenim visokim donosom pijeska u jezero, te lagano povišenim siliciklastičnim elementima (Al, K, Fe). Izdvojena su još 2 vršna perioda od 20-8 cm (300-80 BP) i 8-0 cm (80-0 BP), te je u periodu od 300-80 ka BP povišen omjer C/N, u kojem dominira terestička organska tvar (omjer je >10). U cijeloj jezgri prevladava C/N <10, što znači da je organska tvar porijeklom iz fitoplanktona, osim u uzorku na 660 cm, gdje iznosi >15.



Slika 188 Promjene odabranih parametara kroz jezgru BAJ-7 s utvrđenim zonama u vremenskoj skali.

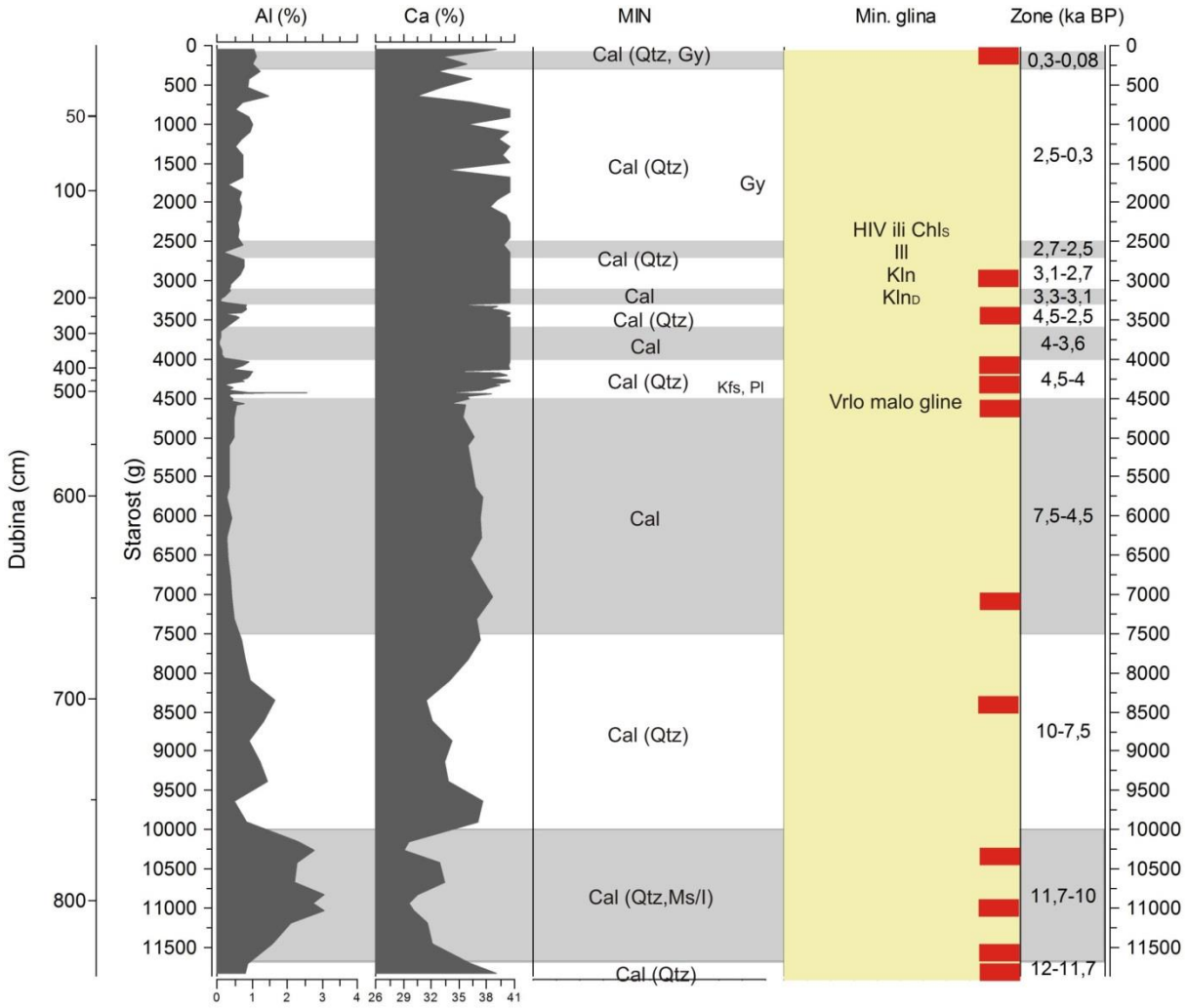


Slika 189 Promjene odabranih parametara kroz jezgru BAJ-7 s utvrđenim zonama u vremenskoj skali.

U mineralnom sastavu sedimenata iz jezgre BAJ-7 dominira kalcit. Prisutan je i kvarc, čiji se udio mijenja kroz jezgru (slika 190). Najdublji dio jezgre sadrži kalcit, uz vrlo malo kvarca (12-11,7 ka BP), potom je viši udio kvarca i muskovit/illita u dijelu gdje dominira siliciklastični donos materijala (11,7-10 ka BP), te se potom postepeno smanjuje od 10-7,5 ka BP. Od 7,5-4,5 ka BP dominira karbonatna sedimentacija, prisutan je samo kalcit. U intervalu s promjenama, od 4,5-2,5 ka BP, izmjenjuju se intervali s kalcitom i kvarcom s onima u kojima je prisutan samo kalcit. U uzorku od 504-506 cm prisutni su također kalijski feldspat i plagioklas. Od 2,5-0,3 ka BP ima kalcita i malo kvarca, kao i u vršnim intervalima. U uzorku 36-37 cm također je utvrđen kalijski feldspat. U uzorcima unutar prvog metra pojavljuje se i gips, koji je vjerojatno sekundaran, nastao oksidacijom pirita, uz Ca iz vode. U uzrocima je pri pregledavanju jezgre uočena prisutnost pirita. No, jezgra je otvorena i analizirana nakon određenog vremena nakon što je dopremljena u laboratorij te je sav pirit oksidirao te zbog toga nije detektiran XRD analizom.

Minerali glina u jezgri BAJ-7 su isti kroz cijelu jezgru: hidroksil-interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), illit i uređen i neuređen kaolinit.

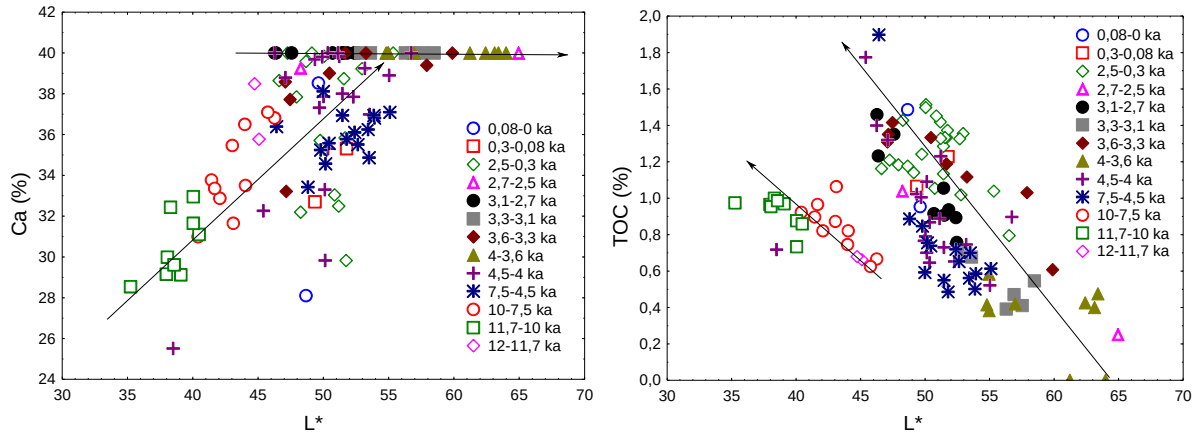
Minerali glina iz uzoraka u slivnom području Baćinskih jezera (BAJ-10 i 11) isti su kao i sedimenti iz jezera. Uzorci iz Vrgoračkog polja sadrže smektit, vermikulit, illit, te uređen i neuređen kaolinit, što znači da nisu imali utjecaj na sedimentaciju u Baćinskim jezerima.



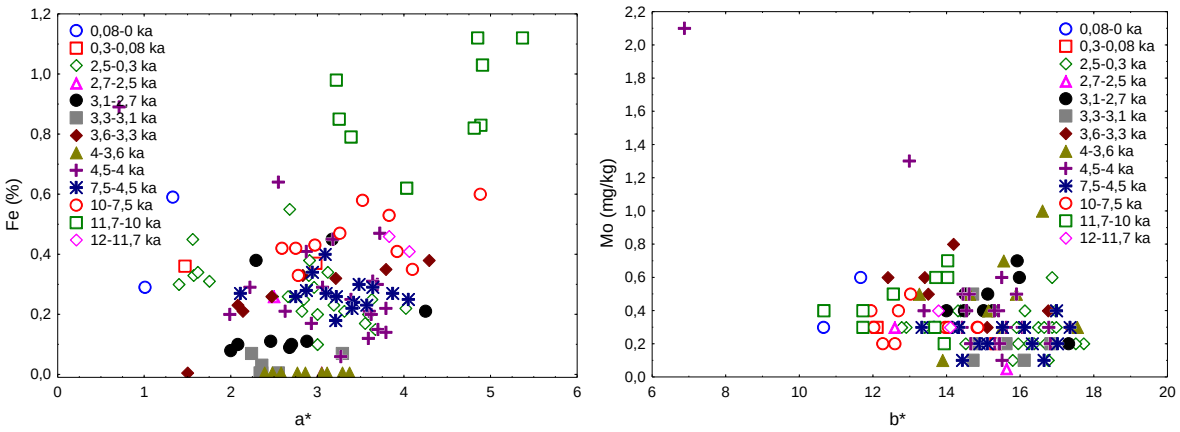
Slika 190 Promjena mineralnog sastava (ukupni i minerali glina) kroz jezgru BAJ-7, prikazan uz elemente Al i Ca. Žutom bojom označene su zone kroz cijelu jezgru, s istim tipovima minerala glina: HIV ili Chl_S, Ill, Kln, Kln_D. Crveni pravokutnici su analizirani intervali minerala glina kroz jezgru (10 cm intervali). Oznake: Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Gy-gips, HIV-hidroksil interstratificirani vermikulit, Chl_S-klorit, Ill-illit, Kln-neuređen kaolinit, Kln_D-uređen kaolinit.

Analizirani jezerski sediment jezgre BAJ-7 poslužio je za rekonstrukciju paleookolišnih uvjeta u jezeru. Rezultati analize boje, magnetskog susceptibiliteta, granulometrijski i geokemijski rezultati međusobno su korelirani, te je u tablici 63 prikazana korelacijska matrica. Međusobni odnosi analiziranih parametara prikazani su i na dijagramima raspršenja, na kojima su uzorci grupirani u vremenske zone.

Svjetlost boje L* dobro pozitivno korelira s koncentracijom Ca (r=0,66), no na dijagramu raspršenja (slika 191) vidljivo je da se uzorci nalaze na 2 pravca-uzorci u srednjem dijelu jezgre su izrazito kalcitični i udio Ca je 40 %, te se oni nalaze na horizontalnom pravcu te nema korelacije. Ostali uzorci u jezgri koji sadrže siliciklastičnu komponentu pozitivno koreliraju (drugi pravac). Na dijagramu raspršenja L* i TOC (r=-0,42) uočavaju se na 2 pravca-tamniji uzorci u intervalu od 11,7-10, 10-7,5 i 0,3-0,08 ka čine jedan pravac, dok drugi čine uzorci iz ostalih zona koji su svjetliji i karbonatniji. Željezo i parametar boje a*, koji se odnosi na varijaciju zeleno/crveno, pokazali su slabu pozitivnu korelaciju (r=0,34), dok Mo i parametar boje b* (plavi/žuto) slabo negativno koreliraju (r=-0,42) (slika 192).

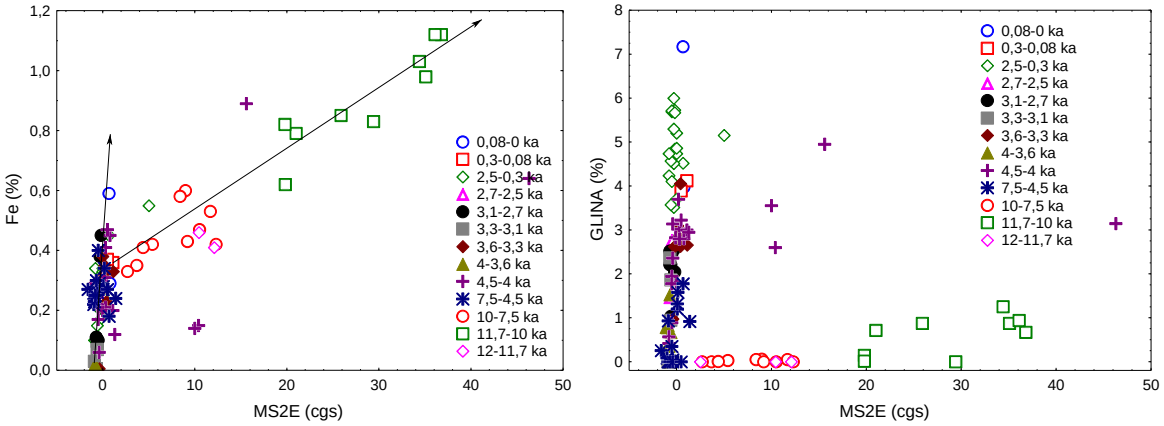


Slika 191 Odnosi između parametra boje L*i Ca, te L* i TOC-a u sedimentima jezgre BAJ-7. Označeni su pravci korelacije.



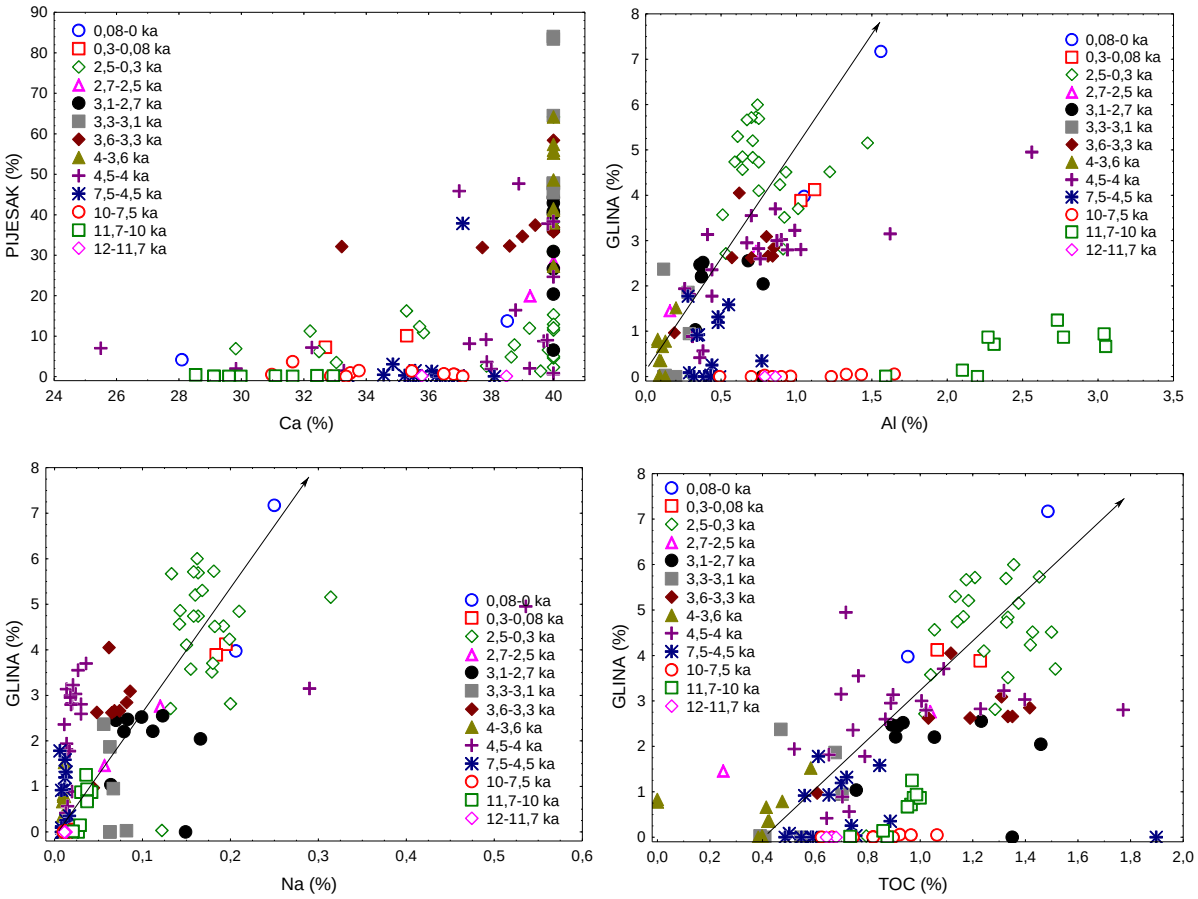
Slika 192 Odnosi između parametra boje a* i Fe, te parametra boje b* i Mo.

Magnetski susceptibilitet pozitivno je koreliran s litogenim elementima (Al, Fe, K, Mg, Zr, La, V, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn i P; r=0,50-0,87). Na dijagramu raspršenja prikazana je korelacija s Fe (slika 193), koja statistički iznosi 0,81. Uočavaju se 2 pravca korelacije, jedan pravac čine uzorci s vrlo niskim magnetskim susceptibilitetom, koji vrlo slabo koreliraju s Fe, dok drugi pravac pokazuje dobru korelaciju, kojeg čine uzorci iz zone 12-11,7, 11,7-10, 10-7,5 i 2,7-2,5 ka BP. Magnetski susceptibiliet ne korelira s glinovitom frakcijom, korelacija je zapravo slabo negativna (r=-20), a na dijagramu raspršenja uočava se da korelacije nema, a visok magnetski susceptiblitet je u uzorcima iz zone 11,7-10 ka BP.



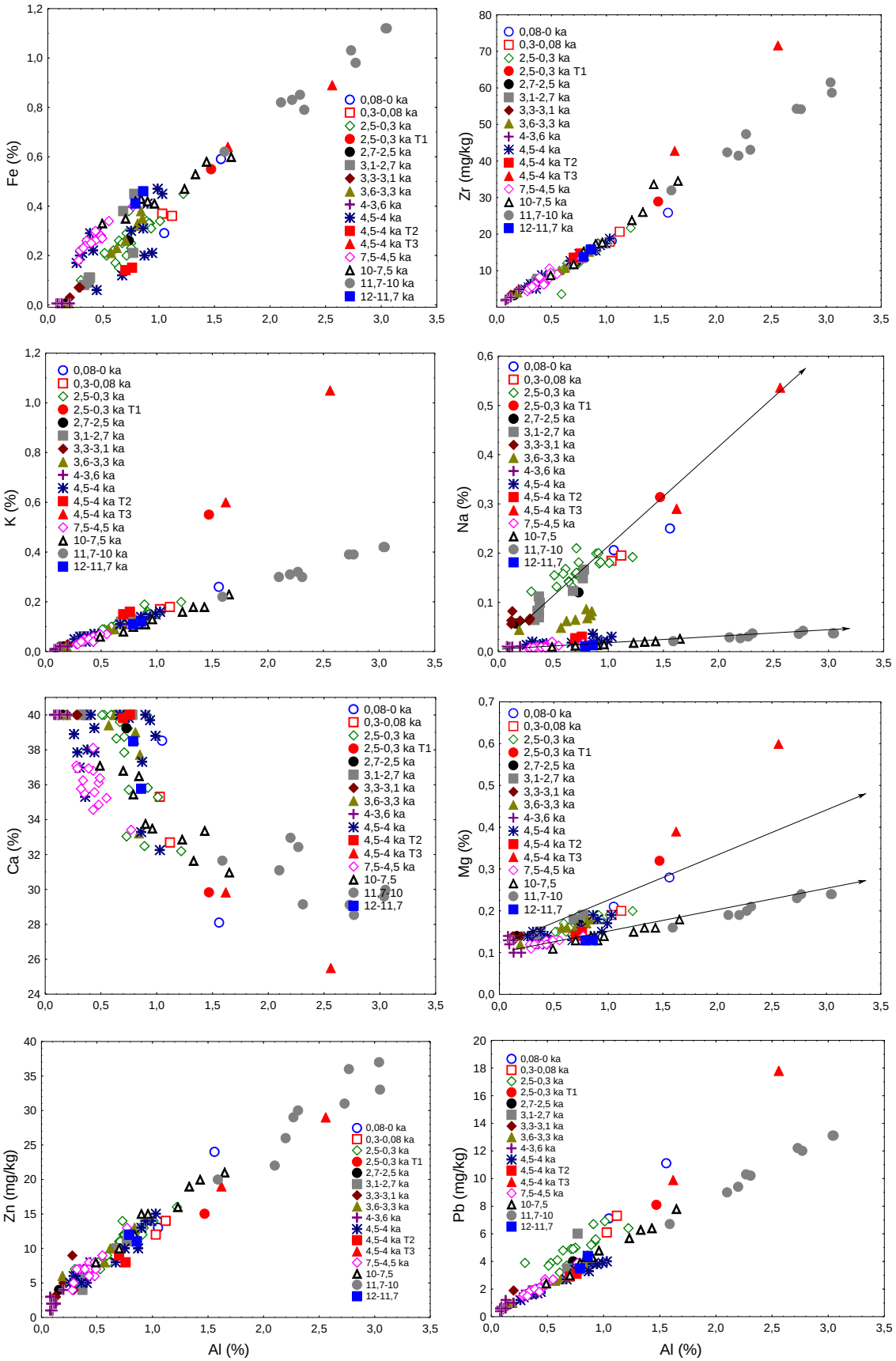
Slika 193 Odnosi između magnetskog susceptibiliteta i Fe i glinovite frakcije. Označena su 2 pravca korelacije.

Pjeskovita frakcija pozitivno korelira s Ca (r=0,55), no na dijagramu raspršenja uočavaju se 2 horizontalna pravca koji ne pokazuju korelaciju-uzorci koji sadrže dominantno Ca, te uzorci kod kojih je udio Ca vrlo nizak (slika 194). Glinovita frakcija i Al statistički ne koreliraju (r=0,08), no korelacija se uočava na dijagramu raspršenja u svim uzorcima osim u onima koji sadrže viši udio Al, iz zona 11,7-10 i 10-7,5 ka BP. Glinovita frakcija najbolje korelira s Na (r=0,71), a također su za glinu vezani N (r=0,71) i TOC (r=0,61). Udio TOC ima visoku pozitivnu korelaciju s N (r=0,89) i P (r=0,63).



Slika 194 Odnosi između Ca i pijeska, te gline i Al, Na, TOC. Označeni su pravci korelacije.

Aluminij vrlo pozitivno korelira s ostalim litogenim elementima (Fe, K, Zr, La, V, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, P), a koeficijenti iznose 0,83-0,99. Na dijagramima raspršenja na slici 195 uzorci su grupirani u vremenske zone, s tim da su istaknuti uzorci u kojima se pretpostavlja postojanje tefre na temelju magnetskog susceptibiliteta (T1: 36-37 cm, T2: 455-457 cm, T3: 504-506 cm). U uzorcima 504-506 cm povišen je udio Zr, udjeli K i Pb su visoki u uzorcima 36-37 i 504-506 cm, s tim da je olovo povišeno također u površinskim uzorcima iz zone 0,08-0 ka BP. Natrij ima slabu korelaciju s Al (r=0,26), te se uočavaju 2 pravca korelacije-intervali od 12-3,6 ka BP s niskim koncentracijama Na, te sedimenti od 3,6-0 ka BP s višim koncentracijama u odnosu na Al, a najviše koncentracije su u uzorcima kao i kod K (36-37, 504-506 cm). Povišenje Na u mlađim i plićim sedimentima (3,3-0 ka BP, lagano su povišeni i 3,6-3,3 ka BP) moglo bi biti rezultat naknadnog utjecaja morske vode iz pornih voda. Slična raspodjela se uočava i kod Mg, koji slabije korelira s Al (r=0,67), a dobro s Na (r=0,74). Također Mg negativno korelira s Ca (r=-0,60), što upućuje na to da Mg nije vezan za kalcit, već za siliklastični materijal. Kalcij i aluminij dobro negativno koreliraju (r=-0,78), no po dubini vidimo da su uzorci dosta raspršeni te su izdvajaju uzorci s gotovo čistim kalcitom (40 % udio Ca). Najniži udio Ca imaju uzorci koji sadrže tefru.

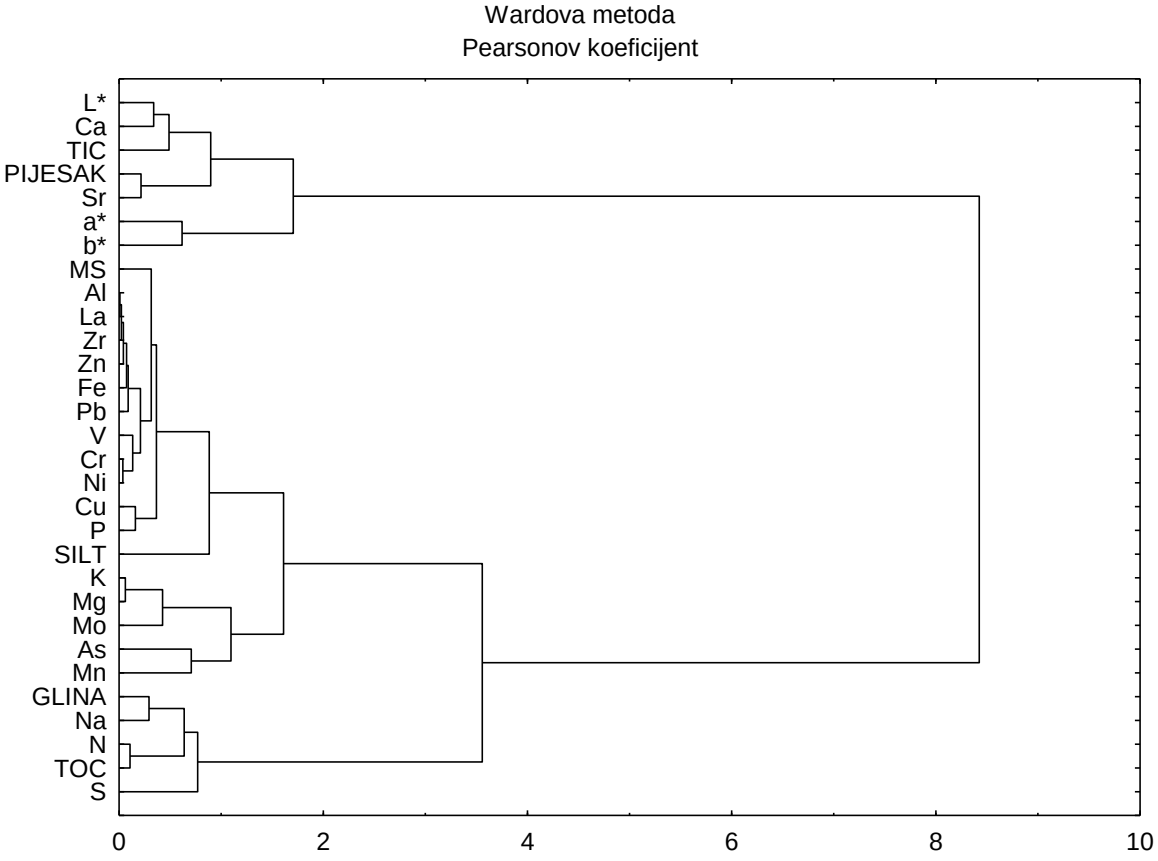


Slika 195 Odnos analiziranih elemenata Fe, Zr, K, Na, Ca, Mg, Zn i Pb, s Al u jezgri BAJ-7.

Tablica 63 Korelacijska matrica odabranih analiziranih parametara u jezgri BAJ-7, koji uključuju spektralnu analizu boje (L*a*b*), magnetski susceptibilitet (MS), granulometrijske i geokemijske analize (na sljedećoj stranici).

	L*	a*	b*	MS	PIJES.	SILT	GLINA	Al	Fe	K	Na	Ca	Mg	Sr	Zr	La	V	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn	As	Mn	Mo	S	P	N	TOC	TIC
L*	1,00																													
a*	-0,36	1,00																												
b*	0,50	0,38	1,00																											
MS	-0,64	0,39	-0,43	1,00																										
PIJESAK	0,63	-0,30	0,25	-0,36	1,00																									
SILT	-0,64	0,33	-0,26	0,38	-1,00	1,00																								
GLINA	0,04	-0,33	0,05	-0,20	-0,12	0,03	1,00																							
Al	-0,81	0,31	-0,50	0,84	-0,50	0,49	0,08	1,00																						
Fe	-0,85	0,34	-0,49	0,81	-0,58	0,59	-0,02	0,95	1,00																					
K	-0,60	0,03	-0,50	0,69	-0,38	0,36	0,25	0,83	0,77	1,00																				
Na	-0,08	-0,44	-0,16	0,02	-0,06	0,00	0,71	0,26	0,17	0,59	1,00																			
Ca	0,66	-0,15	0,49	-0,65	0,55	-0,56	0,06	-0,78	-0,83	-0,72	-0,19	1,00																		
Mg	-0,41	-0,18	-0,45	0,50	-0,22	0,18	0,39	0,67	0,60	0,94	0,74	-0,60	1,00																	
Sr	0,54	-0,31	0,19	-0,33	0,79	-0,78	-0,11	-0,43	-0,45	-0,25	0,05	0,43	-0,05	1,00																
Zr	-0,78	0,26	-0,54	0,85	-0,45	0,45	0,05	0,98	0,93	0,89	0,30	-0,79	0,74	-0,37	1,00															
La	-0,81	0,34	-0,51	0,87	-0,48	0,49	-0,01	0,99	0,95	0,81	0,19	-0,78	0,63	-0,42	0,98	1,00														
V	-0,67	0,29	-0,32	0,69	-0,33	0,31	0,27	0,89	0,83	0,71	0,33	-0,54	0,60	-0,22	0,85	0,86	1,00													
Cr	-0,79	0,35	-0,42	0,78	-0,49	0,49	0,07	0,96	0,93	0,69	0,15	-0,73	0,52	-0,45	0,90	0,95	0,90	1,00												
Ni	-0,76	0,33	-0,40	0,74	-0,51	0,50	0,14	0,94	0,91	0,69	0,18	-0,73	0,52	-0,48	0,88	0,92	0,89	0,96	1,00											
Cu	-0,65	0,02	-0,43	0,56	-0,45	0,41	0,44	0,84	0,77	0,81	0,56	-0,68	0,77	-0,36	0,81	0,78	0,82	0,81	0,84	1,00										
Pb	-0,73	0,14	-0,51	0,74	-0,47	0,45	0,20	0,95	0,89	0,90	0,49	-0,78	0,80	-0,38	0,95	0,93	0,84	0,89	0,88	0,89	1,00									
Zn	-0,83	0,28	-0,50	0,80	-0,53	0,52	0,10	0,98	0,95	0,79	0,25	-0,78	0,63	-0,46	0,95	0,97	0,87	0,96	0,94	0,85	0,94	1,00								
As	-0,19	0,17	-0,09	0,23	-0,05	0,04	0,11	0,30	0,27	0,21	0,01	-0,03	0,15	0,01	0,27	0,28	0,42	0,33	0,32	0,23	0,22	0,28	1,00							
Mn	-0,41	0,13	-0,20	0,29	0,03	-0,04	0,11	0,42	0,44	0,43	0,15	-0,23	0,44	0,25	0,43	0,39	0,49	0,37	0,35	0,41	0,37	0,40	0,29	1,00						
Mo	-0,14	-0,27	-0,42	0,34	0,05	-0,06	0,12	0,34	0,32	0,63	0,40	-0,34	0,70	0,16	0,45	0,34	0,29	0,19	0,17	0,36	0,42	0,30	0,11	0,38	1,00					
S	0,13	-0,29	0,15	-0,40	0,03	-0,06	0,35	-0,20	-0,09	-0,12	0,34	0,14	0,07	0,24	-0,24	-0,27	-0,03	-0,15	-0,13	0,08	-0,09	-0,16	-0,11	0,13	-0,02	1,00				
P	-0,76	0,27	-0,33	0,61	-0,47	0,45	0,32	0,85	0,84	0,76	0,40	-0,61	0,65	-0,33	0,81	0,81	0,86	0,82	0,83	0,84	0,82	0,85	0,35	0,59	0,29	0,07	1,00			
N	-0,31	-0,11	0,04	-0,07	-0,30	0,23	0,71	0,28	0,26	0,28	0,54	-0,14	0,35	-0,15	0,21	0,19	0,44	0,30	0,38	0,57	0,35	0,34	0,17	0,42	0,02	0,46	0,60	1,00		
TOC	-0,42	-0,01	-0,02	-0,02	-0,32	0,27	0,61	0,35	0,33	0,27	0,46	-0,17	0,30	-0,18	0,27	0,27	0,49	0,38	0,43	0,57	0,38	0,39	0,26	0,42	-0,07	0,40	0,63	0,89	1,00	
TIC	0,55	-0,10	0,33	-0,58	0,28	-0,25	-0,33	-0,76	-0,69	-0,71	-0,48	0,54	-0,67	0,18	-0,74	-0,72	-0,75	-0,73	-0,72	-0,78	-0,77	-0,74	-0,28	-0,44	-0,27	0,00	-0,75	-0,44	-0,56	1,00

Klaster analiza grupirala je parametre iz korelacijske matrice (slika 196) i pokazala slične veze između njih kao i korelacijska matrica. Izdvaja se karbonatni klaster, u koji spadaju L*, Ca, TIC, zatim pijesak i Sr, te a* i b*. Sljedeći klaster čine MS, Al, La, Zr, Zn, Fe, Pb, V, Cr, Ni, Cu, P, silt i čine siliciklastični klaster. U sljedeći klaster grupirani su K, Mg, Mo, zatim skupina As i Mn, koji se vežu na siliciklastični klaster. Izdvojeni klaster čine glina i Na, koji se vežu na N, TOC i S, te se oni zajedno vežu na siliciklastični klaster.

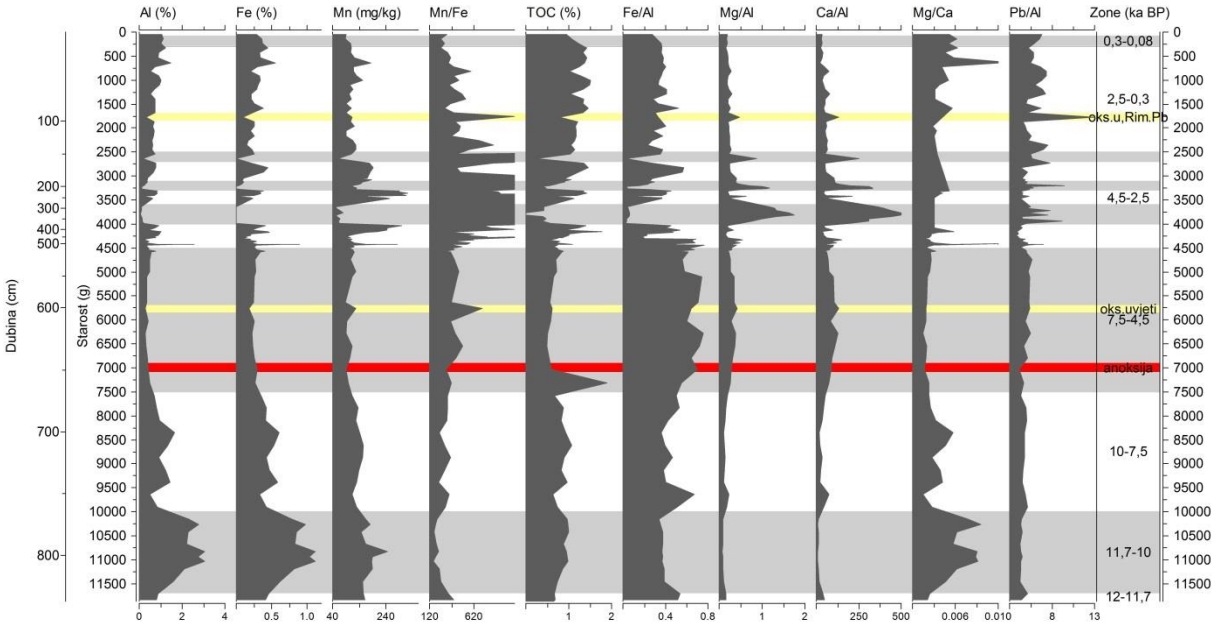


Slika 196 Klaster analiza dobivenih rezultata jezgre BAJ-7 (Ward-ova metoda hijerarhijskog grupiranja pomoću Pearsonovih koeficijenata korealcije), pomoću koje su izdvojena 2 klastera – karbonatni i siliciklastični.

Koncentracije pojedinih elemenata normalizirane su na Al, kako bi se isključio efekt razrjeđenja s kalcitom (slika 197). Omjer Fe/Al relativno je konstantan u donjem dijelu, gdje ima više siliciklastične komponente, no nešto je viši u dijelovima s dominantnim udjelom kalcita, taložen u periodu od 7,5-4,5 ka BP, iako se koncentracija Fe smanjila u tom periodu, kao i udio Al koji je izrazito nizak. Povišen omjer Fe/Al moguće je objasniti zbog vrlo niske koncentracije Al u sedimentu. U periodu promjena od 4,5-2,5 ka BP izmjenjuju se viši i niži Fe/Al. U intervalima s karbonatom, visok je Fe/Al, osim u zoni 4-3,6 ka BP, gdje je udio Fe ispod granice detekcije. Povišen Fe može se povezati i s reduktivnijim uvjetima u jezeru, kada ne prati ostale litogene elemente (Al, Mn). To se može izraziti omjerom Mn/Fe (Koinig et al., 2003; Naeher et al., 2013), gdje povišenje Fe i sniženje omjera Mn/Fe ukazuju na reduktivne uvjete. Visok udio Mn i više vrijednosti Mn/Fe indikatori su oksičnih uvjeta. Takvi su uvjeti uočeni na dubini 650 cm, gdje je udio Fe visok, prije toga je udio TOC-a povišen na 660 cm, te je razgradnja organske tvari uzrokovala povišen Fe. Nakon toga su uslijedili oksični uvjeti s povišenim Mn/Fe na 600 cm. Period oksičnih uvjeta odnosno višeg omjera Mn/Fe, u kojem se Fe i Mn ne podudaraju, može se uočiti i u intervalu od 98-93 cm (1800-1700 cal BP), a također je nizak udio TOC.

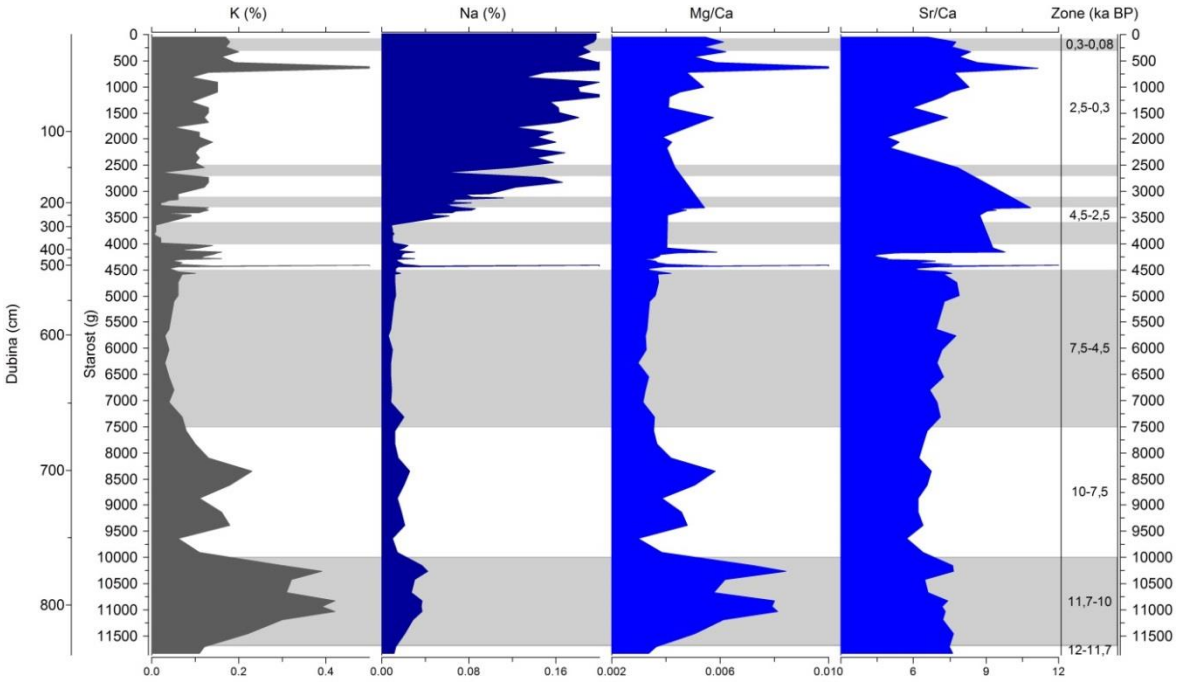
Taj interval karakterizira visok omjer Pb/Al, koji odgovara povećanom udjelu olova tijekom rimskog perioda (Shotyk et al., 1998; Brannvall et al., 2001).

Omjer Mg/Al pokazuje različito ponašanje ovisno o prisutnosti siliciklastične komponente, nizak je u donjem dijelu, viši je u dijelu jezgre s karbonatnom sedimentacijom, a izrazito je visok u intervalu gdje je udio Al vrlo nizak, a udio Ca 40%. Takvo ponašanje pokazuje i omjer Ca/Al. Omjer Mg/Ca je visok u uzorcima s niskim udjelom Ca. Također, visoke vrijednosti Mg/Ca podudaraju se s uzorcima u kojima se pretpostavlja prisutnost tefre.



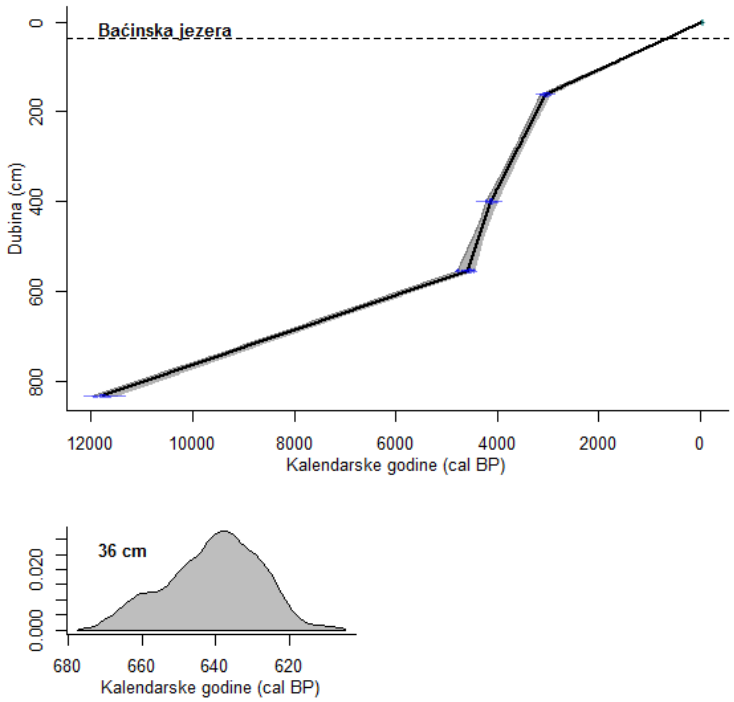
Slika 197 Pojedini elementi normalizirani prema Al u sedimentima jezgre BAJ-7 (Fe/Al, Mg/Al, Ca/Al, Pb/Al), te Mg/Ca i Al, Fe, Mn/Fe, Mo i TOC za interpretaciju paleo-redoks uvjeta.

Za utvrđivanje utjecaja morske vode na sedimente, uspoređeni su K, Na, te omjeri Mg/Ca i Sr/Ca (slika 198). Povišenje udjela Na u mlađim i plićim sedimentima (3,6-0 ka BP; 285-0 cm) ne podudara se s udjelom K i omjerima Mg/Ca i Sr/Ca, te je ono rezultat naknadnog utjecaja morske vode na sedimente kroz podzemlje pornim vodama (Stumm & Morgan, 1996). To je potvrđeno određivanjem klorida u sedimentima. U gornjem dijelu jezgre do oko 2 m vrlo su visoki udjeli klorida (T. Marković, neobjavljeni podaci).



Slika 198 Elementi K i Na, te omjeri Mg/Ca i Sr/Ca, koji su indikatori morskog utjecaja na sedimente u jezgri BAJ-7.

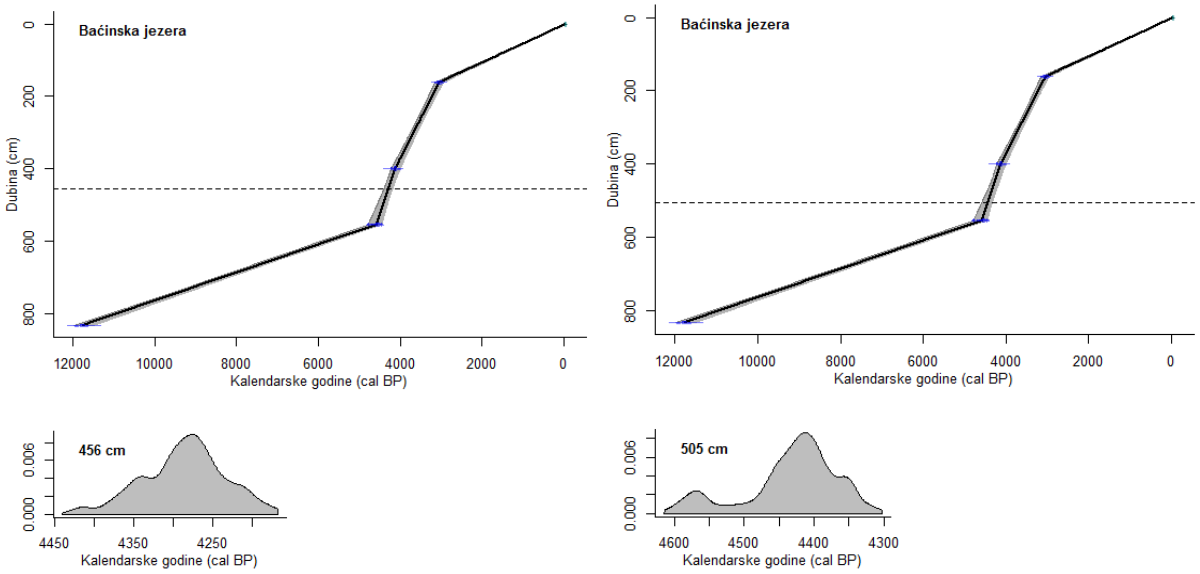
Uočava se nekoliko povišenih vrijednosti magnetskog susceptibiliteta, kao i udjela ostalih elemenata (K, Na, Mg, Fe, Zr, Ba, Pb) u jezgri, u uzorcima 36-37, 455-457 i 504-506 cm. Takav nagli porast magnetskog susceptibiliteta i udjela spomenutih elemenata mogao bi se objasniti pojavom tefre. Na tim su uzorcima napravljeni razmazani preparati kako bi se utvrdio vulkanski materijal. Vulkansko staklo pronađeno je jedino u uzorku 456-457 cm, dok ih je u ostalim uzorcima (36-37 i 504-506 cm) uočio I. Razum. Prema modelu dubina/starost pomoću programa Clam određena je starost na tim dubinama. Na dubini 36 cm utvrđena je starost u rasponu od 667 do 620 cal BP (slika 199).



Slika 199 Utvrđena starost na dubini 36 cm u jezgri BAJ-7 Baćinskih jezera, prema modelu dubina/starost (program Clam).

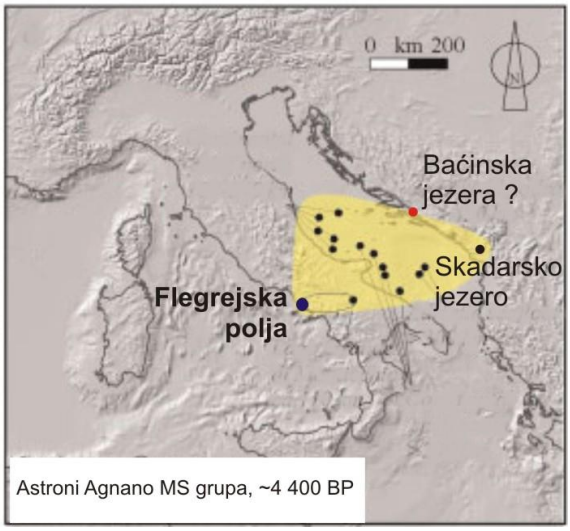
Poznate su veće erupcije Vezuva nakon Pompeja (79 AD), a to su 472 AD, 512 AD te 1631 AD, uz mnogo manjih erupcija (Cioni et al., 2008, Santacroce et al., 2008). Da li kojoj od tih erupcija pripada tefra iz Baćinskih jezera na 36 cm dubine treba utvrditi kemijskim analizama vulkanskog stakla. Tefre erupcija 472 i 512 AD pronađene su u Ohridskom jezeru (Vogel et al., 2009) i Skadarskom jezeru (Sulpizio et al, 2009).

Na dubini 456 cm određena je starost u rasponu od 4400 do 4189 cal BP, a na dubini 505 cm starost između 4588 i 4335 cal BP (slika 200).



Slika 200 Utvrđena starost na dubinama 456 i 505 cm u jezgri BAJ-7, prema modelu dubina/starost (program Clam).

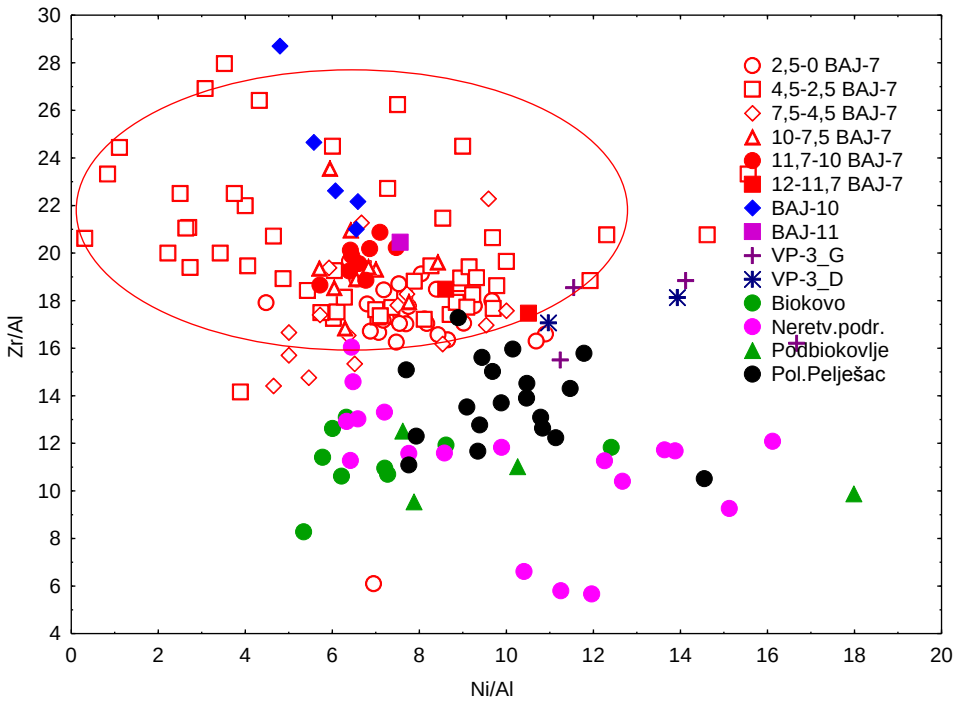
Prema starostima na tim dubinama, vulkanski materijal bi mogao potjecati od erupcije Astroni Agnano Monte Spino grupe Flegrejskih polja. Erupcije Flegrejskih polja bile su vrlo aktivne u prošlosti, a Agnano Monte Spina je (AMS) posljednja eksplozivna erupcija. S obzirom da je bilo više uzastopnih erupcija u kratkom periodu čije se tefre ne mogu razlikovati, koristi se sljedeći naziv tih erupcija: Astroni Agnano Monte Spino grupa (Siani et al., 2004; Sulpizio et al., 2009; Zanchetta et al., 2011). Erupcija Agnano Monte Spina mogla je proizvesti piroklastični pepeo koji se širio na udaljenost od 450 km (de Vita et al., 1999) (slika 201). Slojevi ove tefre pronađeni su u udaljenim područjima u Jadranskom moru (Calanchi et al., 1998; Siani et al., 2004; Lowe et al., 2007; Calanchi and Dinelli, 2008), Lago Grande di Monticchio (Wulf et al., 2008), jezeru Accesa (Magny et al., 2007) i Skadarskom jezeru u Albaniji (Sulpizio et al., 2009). Tefre ove erupcije su trahitsko do fonolitskog sastava, s visokim koncentracijama K i Na (Turney et al., 2008; Zanchetta, et al., 2012). Točna starost ove tefre je još uvijek diskutabilna. De Vita et al. (1999) utvrdili su starost ove tefre između 4500-3700 cal BP, Wulf et al. (2008) je predložio starost od 5660-5120 cal BP na u Lago Grande de Montcchio, Magny et al. (2007) je u jezeru Accesa odredio starost između 5568-5318 i 4421-4243 cal BP, Blockley et al. (2008) utvrdili su starost između 4690 i 4300 cal BP, a Passariello et al. (2010) između 4425-4525 i 4420-4520 cal BP. Prema dosadašnjim podacima, utvrđeno je da AMS tefra nije mlađa od oko 4400 cal BP (Zanchetta et al., 2012).



Slika 201 Položaj Flegrejskih polja i oblak vulkanskog pepela. Crne točke su jezgre u Jadranskom moru i Skadarskom jezeru u Albaniji u kojima su identificirane tefre Astroni Agnano MS grupe (modificirano prema Sulpizio et al., 2009).

Porijeklo sedimenata Baćinskih jezera (Crniševo)

Sedimenti iz jezgre BAJ-7 uspoređeni su s jezgrom BAJ-10 u slivnom području, uzorkom BAJ-11, sedimentima iz Vrgoračkog polja, te površinskim uzorcima tla iz Neretvanskog područja, Biokova, Podbiokovlja i s poluotoka Pelješca. Omjer Zr/Al i Ni/Al (slika 202) pokazao je da uzorci iz jezgre BAJ-7 odgovaraju uzorcima iz jezgre BAJ-10 (crvenica) i BAJ-11 (crvenica). Na njih nemaju nikakav utjecaj sedimenti Vrgoračkog polja, te uzorci tla iz Netertvanskog područja, Biokova, Podbiokovlja i poluotoka Pelješac. Minerali glina u jezerskim sedimentima jezgre BAJ-7 isti su kao i iz crvenica iz jezgre BAj-10 i uzorka crvenice BAJ-11: hidroksil-interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), illit i uređen i neuređen kaolinit.



Slika 202 Omjer Zr/Al i Ni/Al u sedimentima iz jezgre BAJ-7 i slivnog područja te uzoraka tla iz okolnog područja. Označen je krug u kojem se nalaze grupirani sedimenti.

Paleookolišna rekonstrukcija Baćinskih jezera (Crniševo)

U jezgri sedimenata BAJ-7 u jezeru Crniševo, Baćinska jezera, definirano je nekoliko zona u 840 cm dugačke jezgre (slika 203). Analizom svih dobivenih rezultata izdvojeni su u zoni 1 sedimenti pleistocenske starosti. Zatim zonu 2 čine sedimenti u kojima se uočava siliciklastični materijal, podijeljen u 2 podzone. Zona 3 izdvojena je na temelju dominantnog taloženja kalcita. U zoni 4 je izdvojeno ukupno 6 podzona, zbog naglih promjena u taloženju kalcita i siliciklastičnog materijala. U 5. zoni sedimenti su pokazali relativno konstatan udio kalcita i siliciklastičnog materijala, s kratkotrajnim promjenama u granulometrijskom sastavu, s jednom promjenom koja je podijelila zonu na 3 podzone. Izdvojene zone su sljedeće, definirane vremenski i po dubini:

- Zona 1 (843-830 cm; 12-11,7 ka BP);
- Zona 2:
    - 2/1 (830-764 cm; 11,7-10 ka BP);
    - 2/2 (764-668 cm; 10-7,5 ka BP);
- Zona 3 (668-530 cm; 7,5-4,5 ka BP);
- Zona 4:
    - 4/1 (530-374 cm; 4,5-4 ka BP);
    - 4/2 (374-285 cm; 4-3,6 ka BP);
    - 4/3 (285-220 cm; 3,6-3,3 ka BP);
    - 4/4 (220-175 cm; 3,3-3,1 ka BP);
    - 4/5 (175-145 cm; 3,1-2,7 ka BP);
    - 4/6 (145-134 cm; 2,7-2,5 ka BP);
- Zona 5:
    - 5/1 (134-20 cm; 2,5-0,3 ka BP);
    - 5/2 (20-8 cm; 0,3-0,08 ka BP);
    - 5/3 (8-0 cm; 0,08-0 ka BP).

Zonu 1 od 843-830 cm i 12-11,7 ka BP karakterizira niži magnetski susceptibilitet nego sljedeću zonu, te povišeni udio Ca, što se uočava i u povišenom udjelu kalcita. Kvarc je prisutan je u manjim količinama. Nizak je udio litogenih elemenata Al i Fe. Najdublji sedimenti su pleistocenske starosti (kraj mlađeg drijasa) ili se može promatrati kao početak holocena jer se radi o zadnjih 13 cm jezgre, od kojih se 7 cm nalazilo u kruni klipnog korera i uzorkovan je kao interval od 7 cm. Najdublji sedimenti u jezgri BAJ-7 su jezerski sedimenti što upućuje na to da su Baćinska jezera u to vrijeme postojala te da su formirana prije početka holocena. Na temelju palinoloških analiza, posljednji interval od 7 cm pokazuje asocijaciju listopadne šume, kakva je mogla postojati prij kraju mlađeg drijasa.

U zoni 2/1 (830-764 cm; 11,7-10 ka BP) visok je udio siliciklastične komponente (Al, Fe), a udio Ca je niži, što se očituje i u mineralnom sastavu jer ima više kvarca i muskovit/illita. Visok je magnetski susceptibilitet (MS), koji je u ovom intervalu najviši u cijeloj jezgri (oko 30 x 10^{-6} cgs), osim u uzorcima gdje se pretpostavlja da se nalazi tefra (504-506 cm). Ova zona sadrži i nešto viši udio glinene frakcije, iako je on i dalje nizak, do 2 %. Udio TOC-a je nizak, kao i omjer C/N (<8), što znači da prevladava organska tvar iz jezera. Donos siliciklastičnog materijala i visok MS upućuju na povećanu eroziju u slivu vjerojatno uzrokovanu povišenjem padalina koja je evidentirana u ranom holocenu (Magny et al., 2013).

Zona 2/2 (764-668 cm; 10-7,5 ka BP) je zona u kojoj se postepeno smanjuje udio siliciklastične komponente i povećava se karbonatni udio. To se očituje i u postepenom sniženju magnetskog susceptibiliteta. Granulometrijski i dalje prevladava siltna frakcija. Zajednica peluda pokazuje da prevladava mješovita šuma, s dominantnim peludom bora *Pinus.* Na temelju palinoloških analiza od ove zone uočava se marinski utjecaj na sedimente. To je posljedica izdizanja razine mora te je prije 10 000 godina bila oko 35 m niža nego danas, a nadmorska visina dna jezera je iznosila oko 32 do 33 m (7,64 m jezgre + 25 m dubina vodenog stupca jezera), stoga je bio moguć povremeni prodor morske vode u Crniševo.

U zoni 3 od 668-530 cm i 7,5-4,5 ka BP prevladava karbonatna sedimentacija, s taloženjem kalcita. Magnetski susceptibilitet iznosi od 2 do -1. Sediment je prilično homogen, bez laminacije i bez ljuštura. Promjena se uočava u intervalu od 596-603 cm, u kojem se pojavljuje pjeskovita frakcija, u uzorku 600-601 cm prisutno je 38 % pjeskovite frakcije, prosječna veličina zrna je oko 40 µm. Silt je u zoni 3 dominantan, s prosječnom veličinom čestica između 14 i 18 µm. Udio TOC-a je visok u uzorku 660-661 cm (do 2 %), te se i omjer C/N povećao na 19, što ukazuje na donos organskog materijala iz sliva u tom uzorku. U ostalom dijelu zone 3 prevladava organska tvar iz fitoplanktona. Ovu zonu karakterizira mirniji taložni okoliš, s dominantnim taloženjem karbonata. Palinološkom analizom utvrđena je mješovita šuma, no već na početku ove zone pojavljuju se elementi mediteranske vegetacije (hrast crnika *Quercus ilex)*, no s relativno malim udjelom peluda u odnosu na pelud mješovite šume, vjerojatno zbog blizine planina uz koje se vežu niže temperature i veće količine vlage, kao i donos kopnenog materijala (pa tako i peluda) vodenim tokovima.

U zoni 4 definirano je ukupno 6 podzona, na temelju promjena u sedimentu, koje se očituju u boji, granulometriji, koncentraciji Al i Ca, te TOC i C/N.

U zoni 4/1 (530-374 cm; 4,5-4 ka BP) prisutni su viši udjeli Al i Fe, te ponovno u uzorcima ima kvarca. Izmjenjuju se glinoviti i pjeskoviti intervali. U uzorku od 508-509 cm uočeni su ostrakodi. Unutar ove zone, u intervalima od 504-506 cm i 455-457 cm visok je magnetski susceptibilitet, a u uzorku 456-457 cm pronađen je vulkanski materijal. Prema dubini na kojoj se nalaze ta 2 intervala, utvrđeno je da bi mogli odgovarati vulkanskoj erupciji Flegrejskih polja, tefri Agnano Astroni Monte Spino grupe prije oko 4 400 cal BP. U tim su intervalima visoki K i Na, što je karakteristično za te tefre (Turney et al., 2008). Za točno utvrđivanje ove tefre, mora se odrediti njihov kemijski sastav. U ovoj zoni uočena je velika brzina sedimentacije, što upućuje na veći donos materijala u jezero. Palinološkim analizama utvrđena je mediteranska vegetacija, s dominacijom hrasta crnike *Quercus ilex* i degradacijskim stadijima crnikove šume (makije). Povišeni udjeli siliciklastičnog materijala u jezerskom sedimentu, mogli su biti erodirani u jezero usijed razvoja makije te krčenja šuma i naseljavanjem ljudi od ovog perioda.

U zoni 4/2 (374-285 cm; 4-3,6 ka BP) ponovno dominira kalcit, vrlo visok udio Ca, niski udio TOC i C/N, koji ukazuje na povećanu primarnu produkciju organske tvari. U zoni su uočeni ispremiješani sedimenti, s glinovito-pjeskovitim proslojcima, s povremenim organskim slojevima. U ovoj zoni prevladava taloženje kalcita, uz povremeno taloženje glinovitog materijala i organske tvari, a brzina sedimentacije je velika kao i u prethodnoj zoni.

U zoni 4/3 (285-220 cm; 3,6-3,3 ka BP) povišeni su udjeli Al i Fe, te TOC, a pojavljuje se i kvarc u mineralnom sastavu, uz i dalje visok udio kalcita. Također se izmjenjuju pjeskoviti i glinoviti intervali, a brzina sedimentacije je i dalje velika.

U zoni 4/4 (220-175 cm; 3,3-3,1 ka BP) prevladava pijesak i Ca, s niskim udjelima Al, Fe, TOC. U toj se zoni pojavljuju i ljušture puževa, te su uočeni ostrakodi.

U zoni 4/5 (175-145 cm; 3,1-2,7 ka BP) ponovno je visok donos siliciklastičnog materijala, povišeni su udjeli Al, Fe i TOC. U tom je intervalu pronađeno mnogo ostataka biljaka, ugljen i ostrakodi. Brzina sedimentacije je manja.

U zoni 4/6 (145-134 cm; 2,7-2,5 ka BP) uočava se puno svjetliji sediment, pjeskovit, s nižim udjelima TOC, Al i Fe, iako je još uvijek prisutna mala količina kvarca.

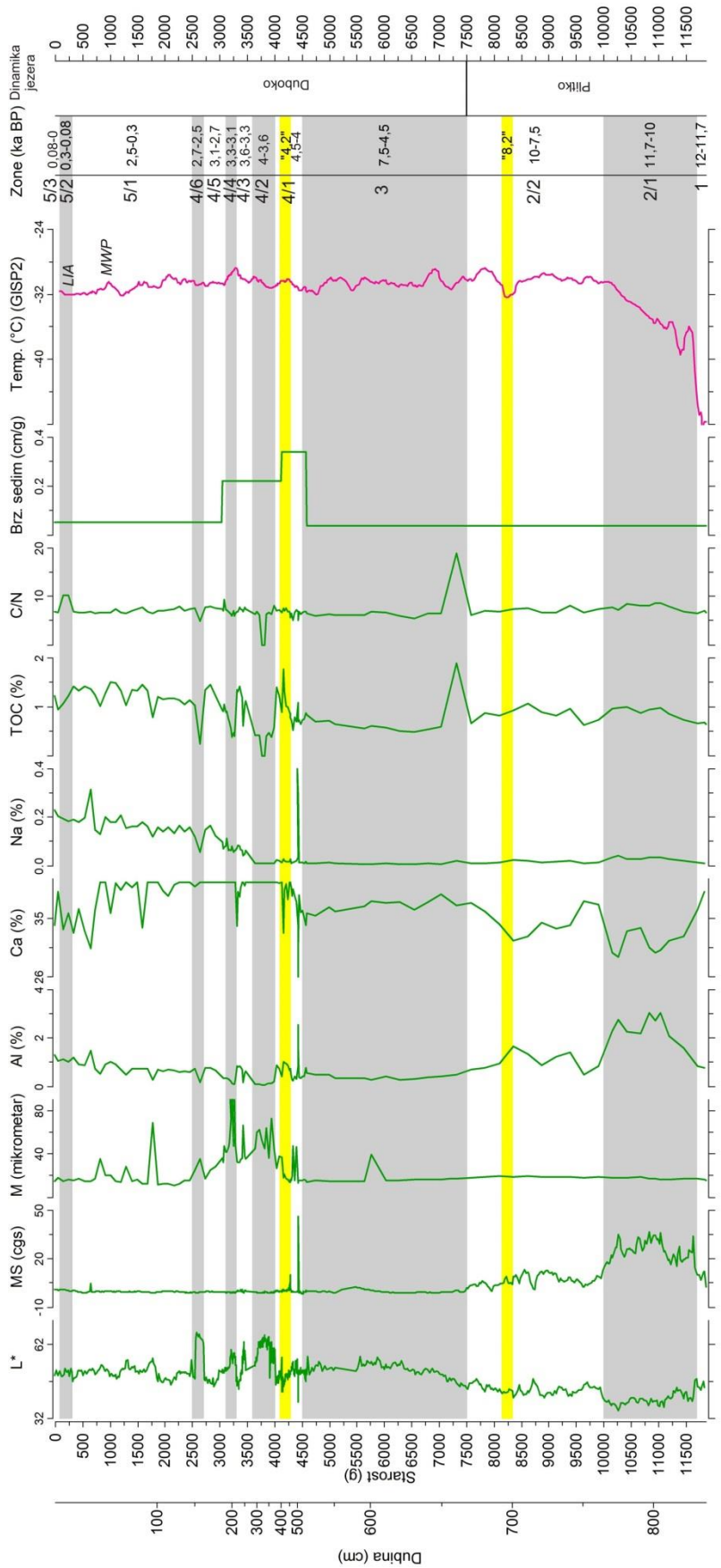
Nakon ovog nestabilnog perioda, s vrlo brzom sedimentacijom uslijedio je stabilniji period, s kraćim intervalima iznenadnih promjena, koji nisu izdvojeni u posebne zone, osim 5/2.

U zoni 5/1 (134-20 cm; 2,5-0,3 ka BP) visok je udio Ca i kalcita, postepeno raste udio Al , Fe, Na, K i glinovite frakcije, što ukazuje na konstantnu pojačanu eroziju, moguće zbog krčenja šuma. Utvrđeni kalijski feldspati u intervalu s povišenim magnetskim susceptibilitetom u skladu su s pojavom tefre na 36. cm. Također su prisutni intervali s dominantnom pjeskovitom frakcijom i nižim udjelom TOC, što ukazuje na periodičke nagle promjene i eroziju karbonata iz sliva ili taloženje resuspnediranog jezerskog sedimenta iz plićih dijelova jezera. Takvi događaji odgovarali bi promjenama u vodnom režimu. U uzorcima od 100-0 cm utvrđen je gips, koji je mogao nastati uslijed oksidacije pirita nakon što se jezgra izvadila, koncentracija S i udio TOC su dosta visoki, što upućuje na anoksične uvjete u jezeru. U intervalu od 1,8-1,7 ka BP (98-93 cm) udio pijeska je jako visok, nizak je udio TOC-a, te je nizak omjer Mn/Fe, što upućuje na oksične uvjete u tom intervalu, koji se ujedno podudara s povišenim omjerom Pb/Al za vrijeme rimskog perioda.

Zona 5/2 (20-8 cm; 0,3-0,08 ka BP) upravo odgovara takvom događaju, kad je došlo do povišenja C/N i donosa organskog materijala iz sliva. Rezultati ukazuju da je to bilo tijekom malog ledenog doba (LIA).

U zoni 5/3 (8-0 cm; 0,08-0 ka BP) uspostavljeni su uvjeti kakvi i danas vladaju u jezeru, s malim donosom Al, Fe i glinovitog materijala, uz dominantno taloženje karbonata. Utvrđen je i sekundarni gips, kao rezultat oksidacije pirita.

Minerali glina u cijeloj su jezgri BAJ-7 istog tipa, prevladava kaolinit (uređen i neuređen), zatim prisutni su illit i hidroksil interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit). Detritičnog su porijekla, taložili su se u jezeru nakon što su erodirani iz sliva i transportirani u jezero. Isti tip minerala glina pojavljuje se u crvenicama uz jezero.



Slika 203 Odabrane analize pomoću kojih su rekonstruirani paleookolišni uvjeti u Baćinskom jezeru Crniševo (BAJ-7). Također je prikazana varijacija temperature prema grenlandskoj ledenoj jezgri GISP2 (Alley, 2000). Sivo su osjenčane izdvojene zone u jezgri BAJ-7, dok su žutom bojom označeni karakteristični klimatski događaji kroz holocen (Mayewski et al., 2004). Prikazana je i pretpostavljena dinamika Baćinskih jezera od kasnog pleistocena do danas.

5.2. Usporedba paleookolišnih uvjeta u istraživanim jezerima istočno jadranske obale

Jezerski sedimenti s 4 lokacije duž istočne obale Jadranskog mora korišteni su za rekonstrukciju paleookolišnih uvjeta tog područja. Kombinacijom različitih analiza (spektralne analize boje, magnetskog susceptibiliteta, granulometrijskih, mineraloških, geokemijskih i palinoloških analiza) na svakoj jezgri omogućio je detaljnu usporedbu razvoja svakog jezera i utvrđivanje razlika koje bi proizlazile iz njihovog različitog geografskog položaja (SZ-JI). To je omogućeno detaljnim datiranjem jezgri, stavljajući ih u jedinstvene kronološke modele. Najstariji sedimenti u Vranskom jezeru na Cresu utvrđeni su na 317. cm (12 250 cal BP). Najdublje analizirani sediment u Bokanjačkom blatu nalazi se na 761. cm i iznosi 10 100 ca BP, u Vranskom jezeru kod Biograda na 810. cm i iznosi 9 155 cal BP i u Baćinskim jezerima (Crniševo) na 833. cm iznosi 11 700 cal BP.

Jezera pripadaju karbonatnom tipu jezera, nalaze se u slivovima okruženim karbonatnim stijenama (vapnenci i/ili dolomiti). Oni su krška polja ispunjena vodom, s time da je Bokanjačko blato isušeno zbog poljoprivrede 1963. godine, a Vranskom jezeru je snižena razina za 3 m iskopavanjem kanala Prosike 1770. godine. Vransko jezero na Cresu i Baćinska jezera (Crniševo) su duboka jezera, s dubinama 74 odnosno 34 m. Osnovne karakteristike jezera prikazane su u tablici 64.

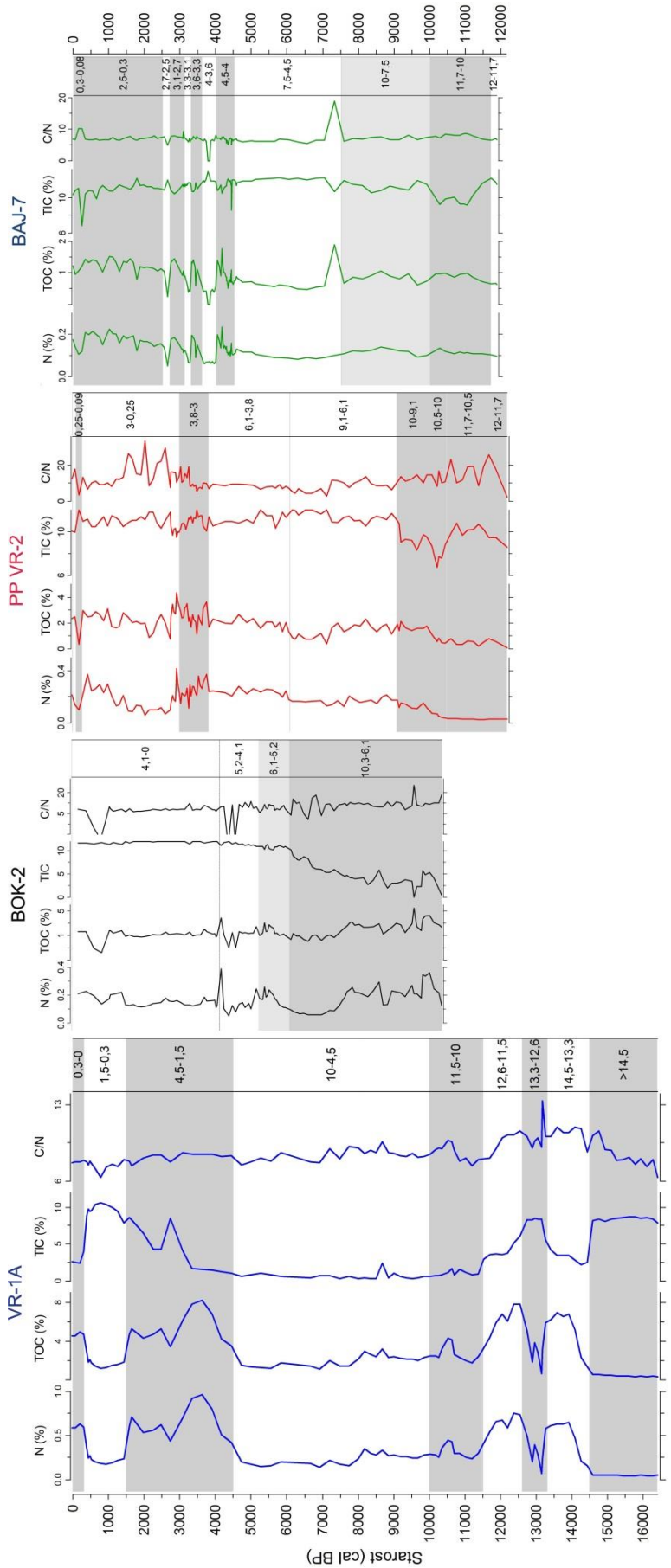
Limnologija se uglavnom bavi jezerima s ljetnom stratifikacijom, koja odvaja gornje slojeve toplije i lakše vode (epilimnij) od hladnije i teže duboke vode (hipolimnij). Tim monomiktičnim jezerima pripadaju Vransko jezero na Cresu i Baćinska jezera (Crniševo). Vransko jezero kod Biograda je plitko karbonatno jezero. U kršu, izvori predstavljaju glavni izvor Ca^{2+} iona koji potječu od otapanja vapnenačke podloge, koja u interakciji s meteorskom vodom i ugljičnim dioksidom stvara topljivi kalcij hidrogenkarbonat (Flügel, 2004, Alonso-Zarza & Tanner, 2010). Ovaj proces je naglašeniji ako voda protječe kroz dobro razvijena tla, jer intenzivna biološka aktivnost stvara kisela tla, a time se smanjuje pH vode i otapanje vapnenca u slivu je još intenzivnije. Taloženje karbonata u jezerima pospješeno je donosom vode bogate Ca ionima. Anorgansko endogeno taloženje kalcita omogućuje fotosintetska aktivnost algi i makrofita koji troše CO_2 i povećavaju pH vode, zatim povišena temperatura i zasićenost vode kalcijem (“tvrda“ voda), što bi mogao biti razlog taloženja karbonatnog mulja u Vranskom jezeru kod Biograda. Granulometrijskim analizama nekarbonatne frakcije potvrdilo se da se radi o glinovitoj frakciji u kojoj je sadržan karbonat (kalcit i aragonit). Taloženje kalcita i primarna produktivnost pokazuju snažnu korelaciju (Romero et al., 2006), iako to ne pokazuju sedimenti u istraživanim jezerima, jer je organska tvar (TOC) vjerojatno razrijeđena karbonatima ili je došlo do oksidacije na dnu jezera. Očuvanje karbonata u jezerima je vezano za visoke koncentracije kisika u vodi. Dobro oksidirana plitka jezera pogoduju taloženju kalcita. U dubokim jezerima se u epilimniju taloži kalcit, koji se može otopiti pod anoksičnim uvjetima u hipolimniju (hladne, bogate CO_2). Anoksični uvjeti na dnu jezera vezani su za razgradnju organske tvari koja troši kisik i snižava pH. Schmidt et al. (2000) su pretpostavili otapanje karbonata u Vranskom jezeru na Cresu tijekm srednjeg holocen, u periodu od 9,6-5 cal BP, u kojem su definirali uspostavljanje današnje razine jezera. U tom intervalu dominira kvarc. Otapanje karbonata i manjak produktivnosti objašnjavaju hladnim vodama, bogatim CO_2.

Tablica 64 Osnovne karakteristike istraživanih jezera (na sljedećoj stranici).

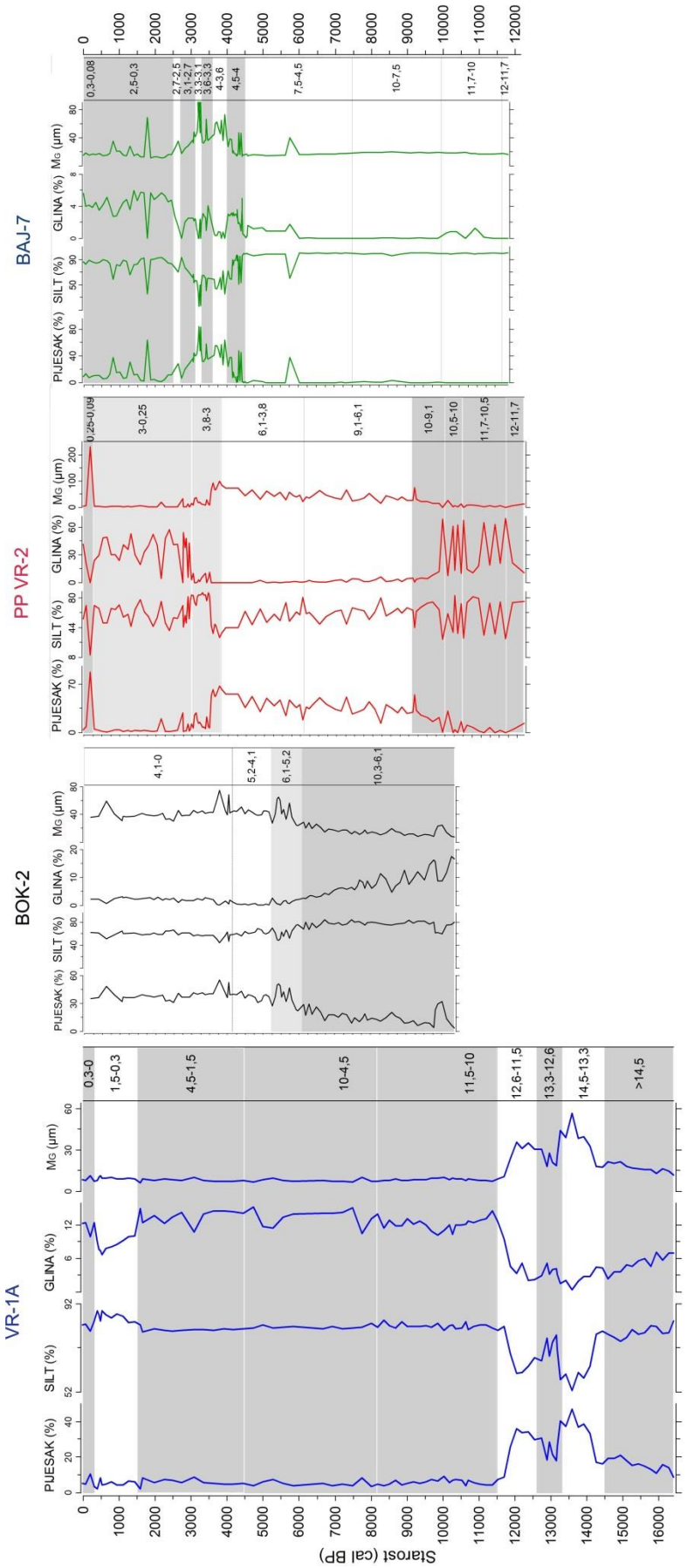
Jezero	Površina (km2)	Tip	Pr.nadmorska visina (m n.m.)	Maksimalna dubina (m)	T (°C)	pH	Otopljene tvari (g/l)	Elektrovodljivost (µS/cm)	Salinitet (‰)	Mg/Ca vode	HCO_3^- (mg/l)	Zasićenost kisikom O_2 (%)	O_2 (mg/l)	Trofičnost	Termalna stratifikacija
Vransko jezero, Cres 1m	5,75	Duboko	9 do 12	74,5	25 (6.mj.)	7,81	0,3	428	0	0,17	180	58,18	5,32	oligotrofno	monomiktično
Vransko jezero, Cres 50m					7,7 (6.mj.)	6,28	0,3	439	0	0,18	184	45,04	4,82		
Bokanjačko blato	4	plitko	17 do 20	6-7 m (pretpostavka)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vransko jezero, Biograd	30	plitko	0	3,5	15-17	8,16-8,34	-	2265	0,8-1,2	0,51	-	98,5-121,6	10,37-11,23	eutrofno	polimiktično
Baćinska jezera (Crniševo) 1m	0,43	duboko	0	34	10-14,5 (3. i 10.mj)	8	0,4-1,7 (3. i 10.mj)	550-2530 (3. i 10.mj)	0,26	0,56	256	79	7,2	mezotrofno	polimiktično
Baćinska jezera (Crniševo) 25m					7,7-11,6 (3. i 10.mj)	7	0,6-2,2 (3. i 10.mj)	899-11160 (3. i 10.mj)	0,46	0,57	290	0,7	0,07		

Anoksija na dnu jezera rezultat je povećanja primarne produkcije te se stvara višak organske tvari koja pada na dno jezera te se sav kisik troši za razgradnju organske tvari. Također bakterije reduciraju otopljene sulfate i nitrate na dnu jezera i stvaraju H_2S i amonijak čime se povećava alkalnost tj. pH vode. Dušik se tim procesom reducira u NH_4^+ – oblik u kojem ga i drugi organizmi mogu asimilirati. Bakterije potom oksidiraju amonijeve ione u nitrat (NO_3^-) procesom nitrifikacije. Nitrat može biti ponovno reduciran na amonijak i reasimiliran pomoću algi i biljaka, ili se reducira na različite N plinove, primarno N_2, što rezultira gubitkom korisnog dušika iz jezera (denitrifikacija). To su procesi koji se događaju tijekom razgradnje organske tvari, pod uvjetima niskog kisika ili anoksičnih uvjeta (Cohen, 2003). Dušik je važan u jezerskim sedimentima u određivanju uvjeta u slivu i kruženja dušika u samom jezeru. Koncentracije dušika razlikuju se u jezerskim biljkama u odnosu na terestičke, te se te razlike prikazuju u omjeru C/N. Visok omjer C/N pokazuju biljke s niskim udjelom N (terestičke biljke koje sadrže celulozu), dok fitoplankton sadrži visok udio dušika. Omjer C/N je stoga indikator razvoja primarne produktivnosti odnosno organske tvari iz jezera ako su vrijednosti <10, a ako su vrijednosti >20 prevladava terestička organska materija i jezero je neproduktivno, oligotrofno. U oligotrofnim jezerima, sedimenti imaju visoki omjer C/N i nizak udio organskog ugljika. Taj omjer iznosi 5,6 za sedimente eutrofnih voda u kojima dominira fitoplankton (Meyers & Teranes, 2001). U sedimentu Vranskog jezera kod Biograda i Baćinskih jezera (Crniševo) stvara se sumporovodik (H_2S), uvjeti su dovoljno anoksični, s otopljenim sulfatnim ionima. Prilikom uzorkovanja u Vranskom jezeru kod Biograda i tijekom rezanja tih jezgri osjetio se miris sumporovodika. U sedimentu nije utvrđen pirit (FeS_2), moguće je da je oksidirao u jezgrama, ili nije ni taložen zbog nedostupnosti Fe u vodi (bilo nedostatkom ili u krivom obliku). Udjeli dušika i organske tvari (TOC) su dosta niski u istraživanim jezerskim sedimentima (slika 204), udio dušika u nijednoj jezgri ne prelazi 1 %, dok je TOC najviši u sedimentima Baćinskih jezera (Crniševo) (oko 11 %). Omjeri C/N uglavnom govore o organskoj tvari porijeklom iz fitoplanktona (<10), s tim da pojedini intervali u jezgrama imaju više vrijednosti (>10), što ukazuje na terestičko porijeklo organske tvari u jezeru.

Prema granulometrijskom sastavu, u jezerskim sedimentima prevladava frakcija silta (slika 205). Varijacije u granulometrijskom sastavu sedimenata ukazuju na promjene energije transporta čestica i razine jezera (Last & Smol, 2001). Velike količine oborina uzrokuju transport krupnijih čestica u dublje dijelove jezera te povećan donos materijala iz sliva, dok sitnozrnatiji sedimenti ukazuju na mirniji okoliš taloženja. Udio pjeskovite frakcije je nizak u holocenskim sedimentima (mlađim od 11,5 ka BP) te sedimentima starijim od 14,5 ka BP iz jezgre Vranskog jezera na Cresu. Udio pijeska je nizak i u sedimentima od 10,3-6,1 ka BP u Bokanjačkom blatu, u kojima prevladava siliciklastični materijal, te je u njima visok udio gline. Glinovita frakcija se smanjuje u gornjim dijelovima jezgre Bokanjačkog blata, kada dominira taloženje karbonata. Slična raspodjela uočena je i u sedimentima Vranskog jezera kod Biograda – u donjem dijelu je viši udio glinovite frakcije, u kojem je prisutno više siliciklastičnog materijala nego u gornjem dijelu jezgre. No, u tom dijelu se udio gline izmjenjuje sa siltnom frakcijom, što ukazuje na povremeni viši donos materijala. Pjeskovita frakcija je potom visoka u periodu od 9,1-3,8 ka BP kada prevladava taloženje karbonata, a gornji sitnozrnati sedimenti Vranskog jezera kod Biograda su karbonatni mulj. Udio pijeska je izrazito nizak u periodu 12-4,5 ka BP u sedimentima iz Baćinskih jezera (Crniševo), prevladava silt za koji su vezani siliciklastični i karbonatni materijal. Udio pijeska se povećava u periodu od 4,5-2,5 ka BP, što ukazuje na intenzivniji donos materijala. U svakoj jezgri postoje varijacije granulometrijskog sastava po dubini, izdvojene zone na temelju rezultata analize boje, magnetskog susceptibiliteta, mineraloških i geokemijskih analiza, u skladu su s promjenama u granulometrijskom sastavu.



Slika 204 Parametri produktivnosti u istraživanim jezerskim sedimentima u istraživanom vremenskom periodu.



Slika 205 Promjena granulometrijskog sastava istraživanih jezerskih sedimenata sa starošću.

Mineralni sastav u analiziranim jezgrama ukazuje na dominantnu karbonatnu sedimentaciju u svim jezerima, uz povremenu pojavu kvarca i feldspata, koji ukazuju na eroziju materijala iz sliva. Gips u sedimentima Bokanjačkog blata i Baćinskih jezera ukazuje na povišenu koncentraciju sumpora i željeza, nastao je iz pirita. Dolomit je prisutan jedino u sedimentima Vranskog jezera na Cresu, te je detritičan, te se pojavljuje u pojedinim intervalima jezgre kada je mogao biti donešen iz sliva. Kalcit je vjerojatno djelomično detritičan i endogen. U Vranskom jezeru kod Biograda pojavljuje se i aragonit, u uzorcima od 500 do 0 cm, nastao pod utjecajem morske vode i sastavni je dio ljuštura. Mineralni sastav reflektira paleookolišne uvjete u jezeru, regulirane klimatskim uvjetima odnosno količini padalina i temperaturi, koji utječu na to da li će se razviti karbonatna sedimentacija i koliko će materijala iz sliva dospjeti u jezero i istaložiti se.

Minerali glina indikatori su uvjeta u okolišu, a ovise i o porijeklu materijala (Chamley, 1989; Weaver, 1989). Vrsta minerala glina u tlu i sedimentima uglavnom ovisi o klimatskim uvjetima i ishodišnim stijenama (Meunier, 2005). To čini minerale glina korisnima u određivanju izvorišnih područja i rekonstrukciji klimatskih uvjeta (Ehrmann et al., 2007; Hamann et al., 2009). Smektit nastaje kemijskim trošenjem pod toplim i vlažnim klimatskim uvjetima, dok illit nastaje fizičkim trošenjem u hladnijim i sušim uvjetima. Klorit je također rezultat fizičkog trošenja, ali nije otporan na kemijsko trošenje i transport. Kaolinit nastaje kemijskim trošenjem i da bi se formirao trebaju vlažni i topli uvjeti. Kaolinit je vrlo rezistentan i može potjecati od starijih sedimenata ili tala. U ovom istraživanju testirane su ove pretpostavke na jezerskim sedimentima (slika 206). S obzirom da se radi o jezerima s pretežno karbonatnom sedimentacijom, ona su okružena karbonatnim stijenama prekrivenim debljim ili tanjim slojem tala. Sedimenti Vranskog jezera na Cresu, pokazuju isti sastav u najstarijim sedimentima (> 40 ka BP; 745-726 cm), kao i onim taloženim u holocenu (11,5-0 ka BP; 285-0 kcm), sadrže klorit, hidroksil interstratificirani velimikulit ili sekundarni klorit, illit i kaolinit. Pleistocenski sedimenti Vranskog jezera te holocenski sedimenti, mlađi od 11,5 ka BP, pokazuju iste vrste minerala glina kao i tlo i crvenice iz slivnog područja, koji također sadrže klorit, hidroksil interstratificirani vermikulit ili sekundarni klorit, illit i kaolinit. Sedimenti taloženi od intervalu od >14,5 do 11,5 ka BP (440-285 cm) sadrže smektit, klorit, illit i kaolinit, isto kao i lesne naslage iz profila Cs-P, te upućuju na porijeklo sedimenata iz lesa.

U Bokanjačkom blatu prisutni su u donjem dijelu jezgre (780-325 cm; 10,3-5,2 ka BP) smektit, vermikulit, illit i kaolinit, dok su u gornjem dijelu jezgre (325-0 cm; 5,2-0 ka BP) prisutni vermikulit, illit i kaolinit. Prisutne vrste minerala glina upućuje na to da bi dublji jezerski sedimenti mogli biti porijeklom iz flišnih naslaga u slivnom području ili lesnih naslaga. Lapori analizirani u Ravnim Kotarima sastoje se od smektita, illita i kaolinita, a u nekim uzorcima i vermikulita i klorita. Analizirani pakoštanski les također sadrži smektit, zatim illit i kaolinit te je i lesni materijal mogao biti izvor materijala za dublji dio jezerskog sedimenta. Gornji dio jezgre Bokanjačkog blata sadrži vrlo malo minerala glina, ne sadrže smektit, te bi mogli potjecati od crvenica. Po tipu su gornji dijelovi Bpkanjačkog blata isti kao i sedimenti iz duboke jezgre Bokanjačkog blata (8-23 m). U dubljim uzrocima nema illita, koji je alterirao u vermikulit (Meunier, 2005). U uzorcima Bokanjačkog blata nema klorita, koji je vrlo nestabilan mineral pod utjecajem intenzivnog kemijskog trošenja (Meunier, 2005).

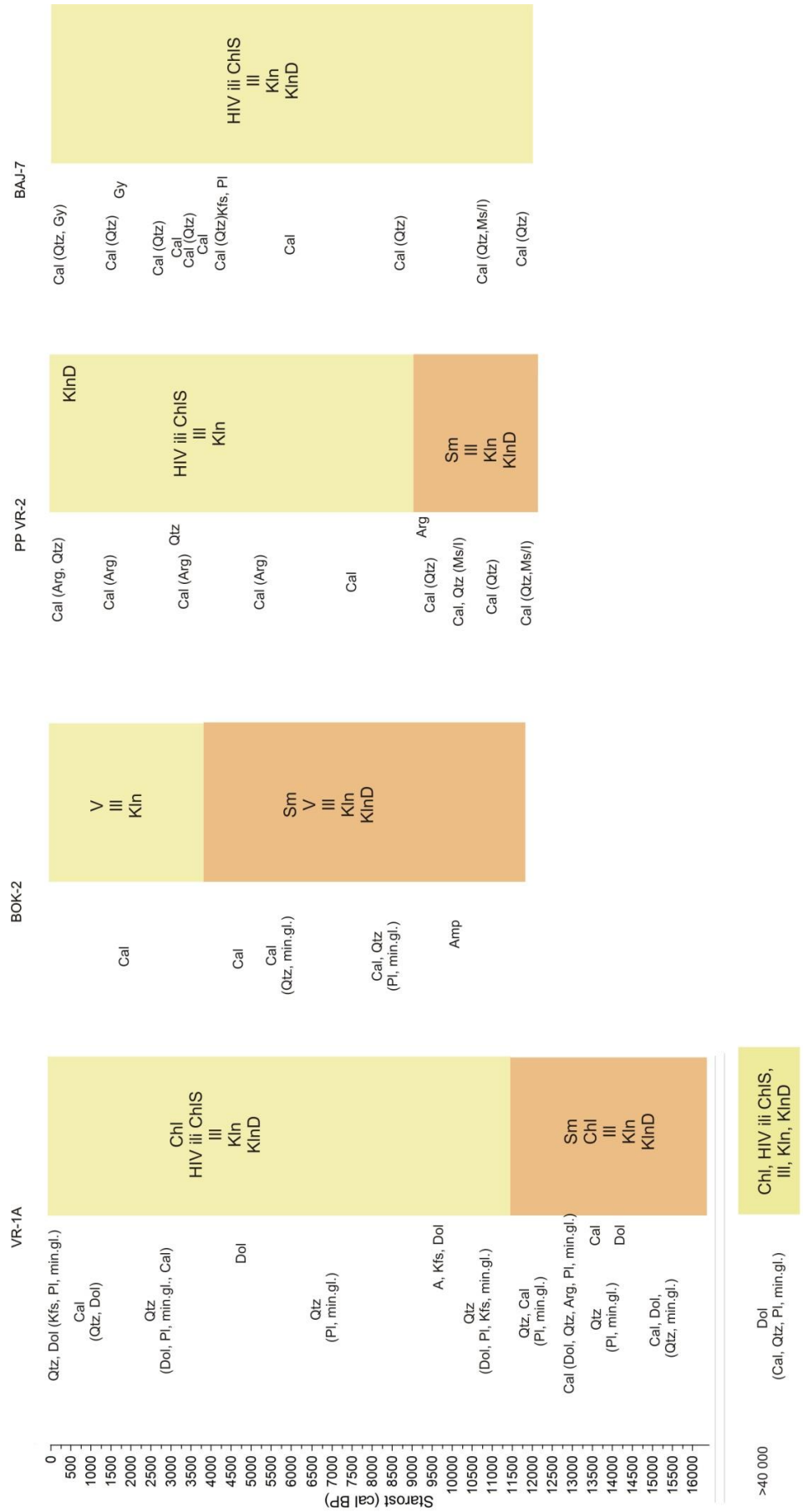
Sedimenti iz Vranskog jezera kod Biograda sadrže smektit, illit i kaolinit u dubljim dijelovima jezgre (1101-800 cm; 12-9,1 ka BP), dok od 800 do 0 cm (9,1-0 ka BP) ima puno manje minerala glina: hidroskil interstratificirani vermikulit ili sekundarni klorit, illit i kaolinit. Donji dio jezgre, u kojem

dominiraju smektiti, potječe od laporovitih naslaga u slivu koji također dominantno sadrže smektit. Gornji dio jezgre koji sadrži HIV (ili ChlS), illit i kaolinit nastao je trošenjem materijala koji sadrže klorit, illit i kaolinit (crvenica), koji mogu stvarati HIV u kiselim tlima (Velde & Meunier, 2008). Oko jezera su dominantno prisutna tla kalkokambisoli, kalkomelanosoli i rendzine (Bogunović et al, 1996).

U sedimentima iz jezgre Baćinskih jezera (Crniševo) generalno ima vrlo malo minerala glina, prisutni su hidroksil interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit), illit i kaolinit. Oni se također nalaze u sastavu jezgre BAJ-10 koja se nalazi pokraj jezera, što znači da je crvenica i tlo koje se razvilo u karbonatu u slivnom području (BAJ-11) istog mineralnog sastava. Hidroksil interstratificirani minerali smatraju se prijelaznim mineralima pri alteraciji klorita u smektit (Barnhisel & Bertsch, 1989). Transformacija minerala glina u kiselim tlima vezana je za prijelaz klorita i illita u bubreće minerale glina, vermikulit i smektit, koji često sadrže hidroksilne međuslojeve. U slivu Baćinskih jezera dominantno su prisutna tla kalkokambisoli, terra rosse i kalkomelanosoli.

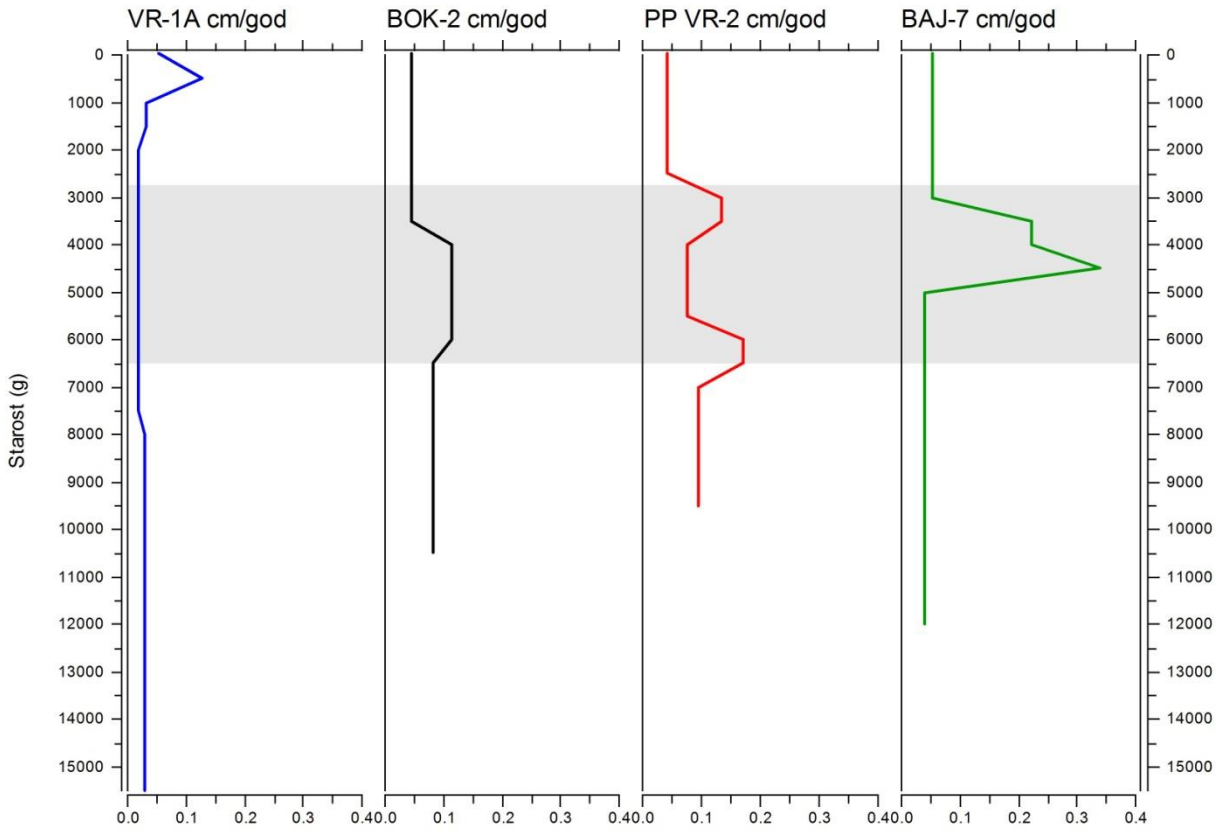
Kaolinit je mogao dospjeti u jezerske sedimente istočno jadranske obale eolskim transportom iz sjeverne Afrike odnosno pustinje Sahare, pomoću južnog vjetra koji donose čestice u središnje Sredozemno more i Jadransko more (Venkatarathnam & Ryan, 1971; Foucault & Melieres, 2000).

Na temelju ovoga možemo zaključiti da minerali glina u jezerskim sedimentima istočno jadranske obale ukazuju na porijeklo materijala, te ne upućuju na promjene unutar jezgri sedimenata vezane za paleoklimatske promjene i ovisnost na dominaciju fizičkog ili kemijskog trošenja. Minerali glina nisu direktno povezani s intenzitetom kemijskog trošenja, nego su vezani za eroziju i donos detritičnog materijala.



Slika 206 Mineralni sastav istraživanih jezerskih sedimenata.

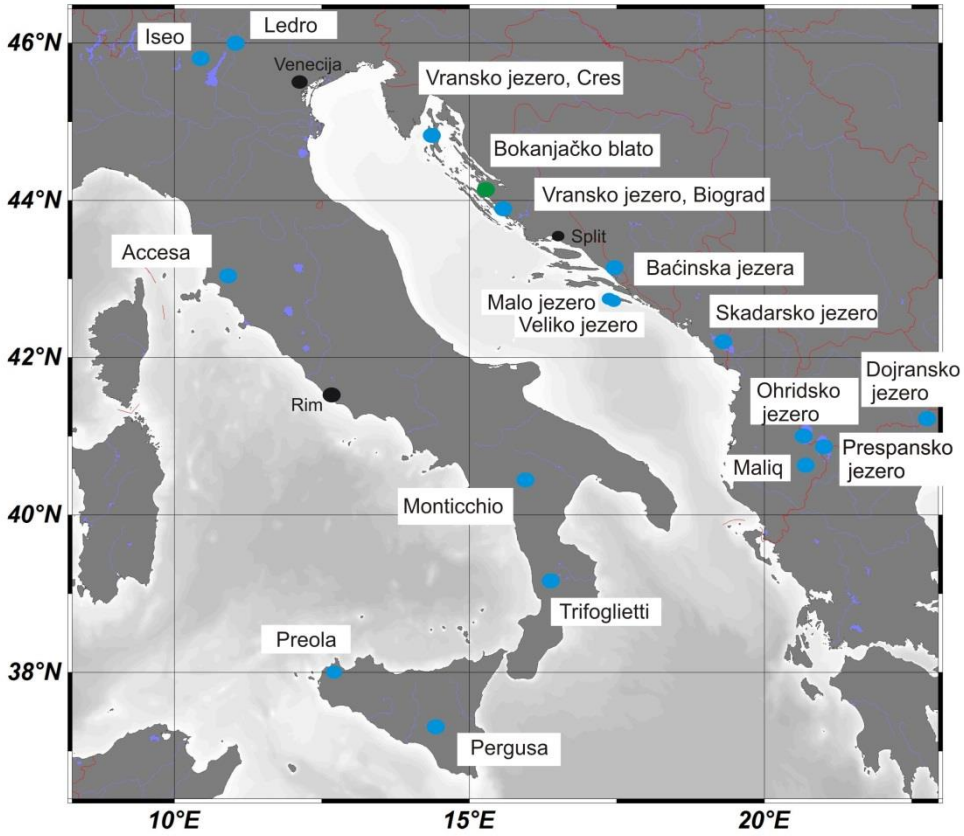
Na temelju modela dubine/starosti za svako jezero su dobivene brzine sedimentacije (slika 207). Uočava se približno isti period povećanja brzine taloženja u Bokanjačkom blatu, Vranskom jezeru kod Biograda i Baćinskim jezerima, koji imaju nagli porast brzine sedimentacije od oko 6 500 do 3 000 cal BP. Povećan donos materijala u tom periodu moguć je zbog krčenja šuma uslijed naseljavanja okolnih područja, čime je pospješena erozija materijala. Najveća procijenjena brzina sedimentacije određena je u Baćinskim jezerima, do 0,34 cm/god. U Ravnim Kotarima, u Bokanjačkom blatu i Vranskom jezeru kod Biograda izračunate su niže brzine sedimentacije i iznose 0,11 i 0,17 cm/god. Vransko jezero na Cresu je pak imalo intenzivniju sedimentaciju od 500-300 cal BP, koju Mesić et al. objašnjavaju povećanim unosom siliciklastičnog materijala i erozijskih procesa.



Slika 207 Brzine sedimentacije analiziranih jezera u istraživanom vremenskom razdoblju.

5.3. Usporedba istraživanih jezera s jezerima šireg jadranskog područja

Šire područje oko Jadranskog mora istražuju većinom talijanski istraživači, bilo da se radi o jezerskim ili morskim sedimentima (slika 208). Magny et al. (2013) su na temelju promjena razina jezera holocen u mediteranskom području podijelili na tri sukcesivne faze. Sjeverno od oko 40° sjeverne geografske širine (jezera Accesa, Ledro) utvrđena su 2 vlažna perioda, prije oko 9 000 cal BP i poslije 4 500 cal BP. Te periode karakteriziraju relativno vlažni ljetni uvjeti, dok period između toga pokazuje suše uvjete tijekom ljeta. U jezeru Accesa je od 9 200-7 700 cal BP zabilježen pad razine jezera (Magny et al., 2007a). Južna talijanska jezera (južnije od 40° sjeverne geografske širine) imaju obrnuti trend, pokazuju vrlo suhe uvjete u ranom holocenu, vlažnije uvjete između 10 300-4 500 cal BP te suše uvjete i pad razine jezera nakon 4 500 cal BP (Magny et al., 2013).



Slika 208 Položaj jezera u širem jadranskom području (u Italiji, Makedoniji i Albaniji) s kojima su uspoređene jezgre analizirane u ovom radu.

Usporedbom talijanskih jezera idući od sjevera prema jugu (Ledro, Accesa, Trifoglietti i Pergusa), Peyron et al. (2013) potvrdili su pomoću palinoloških analiza podjelu talijanskih jezera na sjeverni i južni dio s obzirom na količinu ljetnih padalina tijekom holocena. Maksimum ljetnih padalina i razine jezera tijekom srednjeg holocena utvrđeni su južnije od 40° sjev. geogr. širine. Suprotan trend paleohidroloških uvjeta između jezera sjeverno i južno od 40° sjeverne geografske širine vidljiv je u središnjem Mediteranu u srednjem holocenu: sjeverno od 40° je od 9 000-4 500 cal BP viša razina jezera, a južno od 40° je od 10 300-4 500 cal BP niska razina jezera (Magny et al., 2013). Promjena između ranog i srednjeg holocena na temelju „8,2“ događaja nije uočena u središnjem Mediteranu, gdje je maksimum (minimum) vlažnosti započeo oko 10 500 cal BP (9 000 cal BP) u južnom (sjevernom) Mediteranu.

Jezera sjeverne Italije

U jezeru Ledro (sjeverna Italija) utvrđene su tijekom ranog i srednjeg holocena relativno niske frekvencije poplava, dok u kasnom holocenu, poslije oko 4 500 cal BP, one postaju učestalije (Vanniere et al., 2013), što je evidentirano i u jezeru Iseo s povećanim brzinama sedimentacije nakon 4 500 cal BP (Lauterbach et al., 2012). To se smatra početkom neoglacijala u središnjem Mediteranu (4 500 cal BP), što je potvrđeno paleoklimatskim obilježjima (smanjenje ljetne insolacije) i podudara se s fluktuacijama razina jezera nakon 4 500 cal BP (Magny et al., 2009; Zanchetta et al., 2012b). Simonneau et al. (2013) su istraživali duboke jezgre jezera Ledro i uzorke tla i riječnih naslaga u slivu, te se dobio uvid u odnose između klimatskih uvjeta i promjena upotrebe zemljišta. Tijekom ranog holocena, progresivna aforestacija (pošumljavanje) dovela je do stabilizacije tala, koje je prekinuto hladnim i suhim događajem „8,2 ka“ (Alley & Agustsdottir, 2005; Dormoy et al., 2009). U srednjem holocenu nizak je donos erodiranog materijala iz sliva, a povećana je algalna produkcija. Tijekom kasnog holocena, nakon 4 500 cal BP, vlažniji klimatski uvjeti i ljudska aktivnost drastično su povećali eroziju tla.

Jezera južne Italije i jugoistočne Europe

Palinološke analize u jezerskim sedimentima južnoj Italiji, u jezerima Trifoglietti (Joannin et al., 2012) i Pergusi (Sadori et al., 2013) na Siciliji, pokazuju maksimum vlažnosti između 9 400 i 6 200 cal BP, što približno odgovara taloženju sapropela 1: S1a 10 800-8 800 cal BP i S1b 7 800-6 100 cal BP (Rohling et al., 1997; Ariztegui et al., 2000). To je u skladu s rezultatima analiza sedimenata marinskih jezgri južnog Sredozemnog mora (Desprat et al., 2013) i Jadranskog mora (Combourieu Nebout et al., 2013), promjene u asocijaciji peluda ukazuju na suhe periode koji su rezultat hladnih uvjeta u sjevernom Atlantiku i /ili u središnjem Mediteranu.

Slične uvjete pokazuje i Dojransko jezero na granici Makedonije i Grčke (Francke et al., 2013). Vlažni uvjeti, s povećanom erozijom u slivu, a prema tome i viša razina jezera, podudaraju se s taloženjem sapropela 1 u Jadranskom moru. Ta je faza prekinuta suhim i hladnim periodom te sniženjem razine jezera tijekom „8,2 ka“ događaja. Period od 7 900-4 300 cal BP karakteriziraju relativno stabilni uvjeti, iako se uočava postepen pad razine jezera nakon 6 000 cal BP. Intenzivna erozija u slivu započinje od 2 800 cal BP kao rezultat ljudskog utjecaja. Ovi rezultati upućuju na to da unatoč tome što se jezero nalazi na oko 41° sjeverne geografske širine, pokazuje karakteristike južnog dijela Sredozemnog mora. Suprotan trend je utvrđen u jezeru Maliq (oko 40° sjeverne geografske širine) u Albaniji (Bordon et al., 2009; Magny et al., 2009; Fouache et al., 2010b), koji se nalazi relativno blizu jezera Dojran. Prespansko i Ohridsko jezero spadaju među najstarija jezera u Europi, u sedimentima Prespanskog jezera utvrđene su starosti do oko 48 ka BP (Wagner et al., 2012), a u sedimentima Ohridskog jezera do oko 136 ka BP (Lezine et al., 2010; Vogel et al., 2010). Prijelaz iz pleistocena u holocen teško se može usporediti u jezerima Ohrid, Maliq i Prespa zbog hijatusa u taloženju sedimenata. Analizom sedimenata starih od 17 ka cal BP u Prespanskom jezeru (prvih 320 cm jezgre) utvrđeni su hladni i suhi uvjeti tijekom mlađeg drijasa, potom je u ranom holocenu došlo do zatopljenja i povećanja produktivnosti jezera, osobito nakon 9,3 ka cal BP s povećanjem udjela kalcita, koji je uglavnom biogeni i induciran fotosintetskim procesima (Aufgebauer et al., 2012). Period između 8,3 i 7,9 ka cal BP karakteriziran je suhim klimatskim uvjetima, a tijekom srednjeg holocena povećala se trofičnost jezera, što može biti povezano sa sniženjem razine jezera (Aufgebauer et al., 2012). Intenzivna ljudska aktivnost u slivu započela je oko 1,9 ka cal BP

(Panagiotopoulos et al., 2013). Izotopni sastav kisika u sedimentima Prespanskog jezera ukazuje na vlažnije uvjete tijekom holocena, koji su prekinuti sušnim uvjetima na 8,2 ka cal BP i nakon 2 ka cal BP (Leng et al., 2013). U Skadarskom su jezeru utvrđeni vlažni periodi na 4 300 cal BP i između 2 500-2 000 cal BP, te nekoliko vlažnijih intervala u zadnjih 2 000 godina (Zanchetta et al., 2012). Na Mljetu je u Velikom i Malom jezeru određen pluvijalni (poplavni) period na početku holocena, odnosno na 8,4 ka BP (nekalibriran), prekinut suhim intervalom od 7,2-7,1 ka BP (nekalibrirano) (Wunsam et al., 1999).

Identificiranje slojeva s tefrom može biti marker promjena paleooklimatskih uvjeta. Tefre Agnano Monte Spina (Flegrejska polja) i Avellino (Vezuv) marker su utvrđivanja početka neoglacijala u sedimentima u središnjem Mediteranu između 4 500 - 3 800 cal BP (Magny et al., 2013). Mercato tefra u jugoistočnoj Europi označava „8,2“ događaj, dok AD472/512 tefre označavaju početak srednjovjekovnog toplog perioda u jezerima Ohrid i Prespa (Aufgebauer et al., 2012; Vogel et al., 2010; Wagner et al., 2012). U Skadarskom jezeru identificirani su slojevi s tefrom za koje je određeno kojim eksplozivnim erupcijama talijanskih vulkana pripadaju: AD 472 i Avellino erupcijama Vezuva; zatim erupciji Etne (3,4 ka cal BP); erupcijama Astroni (4,2 ka cal BP), Agnano Monte Spina (4,5 ka cal BP) i Agnano Pomici Principali (12,3 ka cal BP) Flegrejskih polja (Sulpizio et al., 2009). U sedimentima Malog i Velikog jezera identificirana je Mercato tefra (7 900 BP, nekalibriran; Jahns & van den Bogaard, 1998).

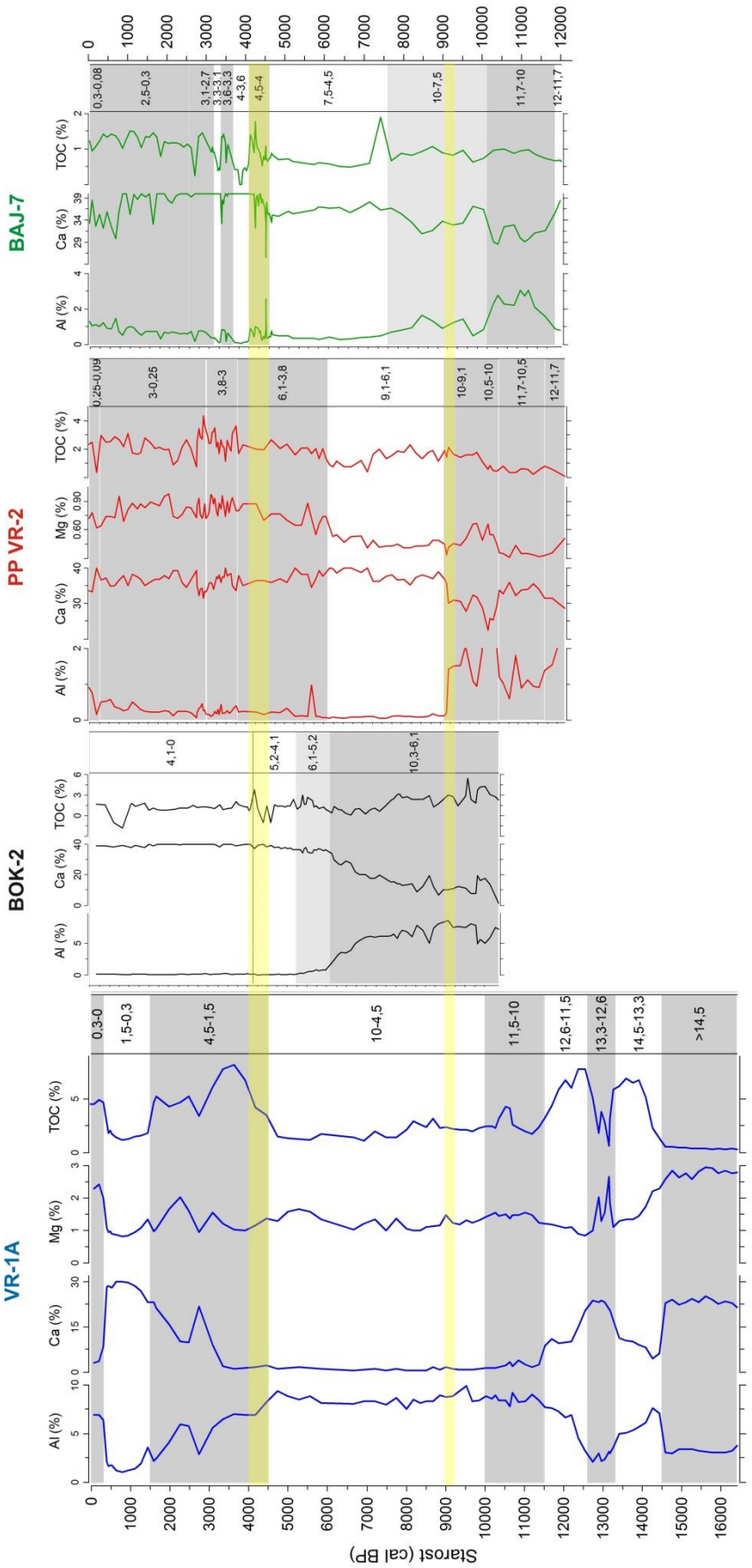
Istraživana jezera

Na temelju spektralne analize boje, magnetskog susceptibiliteta, granulometrijskih, mineraloških, geokemijskih i palinoloških analiza, istraživani jezerski sedimenti na istočno jadranskoj obali pokazali su trend sličan onom za središnju Europu odnosno za područje sjeverno od 40° sjeverne geografske širine. Za to područje karakteristični su vlažniji uvjeti u ranom holocenu do oko 9 000 cal BP, suši uvjeti od 9 000 do 4 5000 cal BP, te vlažni uvjeti i povećanje količine padalina od 4 500 cal BP (Magny et al., 2013). U istraživanim jezerima nisu utvrđeni suhi i hladni „8,2“ i „4,2“ događaji tijekom holocena (Mayewski et al., 2004).

U sedimentima Vranskog jezera na Cresu, Bokanjačkog blata, Vranskog jezera kod Biograda i Baćinskih jezera (Crniševo), početkom holocena uočava se povišen udio litogenih elemenata što ukazuje na povećanu eroziju i donos materijala iz sliva (slika 209). Povišen udio siliciklastičnog materijala u sedimentima Vranskog jezera kod Biograda traje do 9,1 ka BP, a u periodu od 9,6-9,1 ka BP anoksični uvjeti ukazuju na taloženje organskog sedimenta (sapropela). Sapropel se u Jadranskom moru taložio od 10 800-8 800 cal BP (Ariztegui et al., 2000). Povišen udio siliciklastičnog materijala u sedimentima Baćinskih jezera seže do 7,5 ka BP, dok se kod Bokanjačkog blata uočava do 5,2 ka BP, a Vranskog jezera na Cresu skroz do 4,5 ka BP. Nakon toga u jezerima prevladava taloženje karbonata, bez značajnije erozije i donosa materijala, a izdizanje Jadranskog mora omogućilo je formiranje dubljih jezera. U Vranskom jezeru na Cresu uočava se povišen magnetski susceptibilitet, koji ukazuje na povećan donos materijala iz sliva, u razdoblju od 8 do 7,5 ka BP i 7,2 do 6,6 ka BP, dok je u Bokanjačkom blatu utvrđen period od 7,2 do 7 ka BP u kojem se pojavljuje pretaloženi željezoviti sediment. Ti se intervali podudaraju s periodima koje su Combourieu-Nebout et al. (2013) definirali kao vlažno razdoblje na jezgri u Jadranskom moru (7 700 i između 7 500 i 7 000 BP), s povišenim donosom materijala iz Po iz Alpa. U Vranskom jezeru kod Biograda taloženje karbonata dominantno je od 9,1 ka BP do danas, no u sedimentima od 6,1 ka BP vidljivo je postepeno povećanje udjela

siliciklastičnog materijala, povezan s povećanim donosom erodiranog materijala zbog krčenja šuma. U sedimentima Baćinskih jezera došlo je do promjene na 4,5 ka BP, povišen je udio pjeskovite frakcije, koja ukazuje na donos materijala iz sliva i povećanje količine padalina, tj. na vlažni period. Povišen udio siliciklastične komponente ukazuje i na sve veći ljudski utjecaj uslijed deforestacije.

U ovom istraživanju su jedino u Baćinskim jezerima pronađene tefre. Na temelju ukupnog kemijskog sastava sedimenta (povišeni K, Na, Mg, Zr) i povišenog magnetskog susceptibiliteta utvrđena je u intervalima 36-37, 455-457 i 504-506 cm. S obzirom na starost sedimenata na dubinama 456 i 505 cm dobivenih pomoću modela dubina/starost, moguće je da ta tefra odgovara Astroni Agnano Monte Spino (AMST), erupciji Flegrejskih polja (oko 4 400 cal BP). Ta je tefra pronađena u jezgrama u Jadranskom moru i Skadarskom jezeru (Sulpizio et al., 2010). U skladu s terestičkim zapisom u središnjoj Italiji (Zanchetta et al., 2012), AMST ukazuje na početak hladnog perioda (neoglacijala) od 4 300-3 800 cal BP.



Slika 209 Glavne karakteristike pojedinih jezera koje su korištene za interpretaciju paleookolišnih uvjeta i utvrđivanje zona. Žutom bojom su označeni periodi paleohidroloških i klimatskih promjena u širem jadranskom području (9200-9000 i 4500-4000 BP; Magny et al, 2013).

6. Zaključak

Sedimentološke, mineraloške, geokemijske i palinološke analize jezerskih sedimenata Vranskog jezera na Cresu, Bokanjačkog blata, Vranskog jezera kod Biograda i Baćinskih jezera (Crniševo), uz analize datiranja sedimenata na temelju metode AMS ^{14}C, omogućile su rekonstrukciju paleookoliša pojedinih jezera i njihovo stavljanje u kontekst sa širim jadranskim područjem. Analizom sedimenata iz slivova definirali su se mogući izvorišni materijali za jezerske sedimente, posebno na temelju vrsta minerala glina.

1) Paleookoliši istraživanih jezera

Vransko jezero na Cresu

Sedimenti s dna jezgre, od 740 do 726 cm stariji su 40 ka BP i sastoje se dominantno od dolomita prisutno su još kalcit, kvarc, plagioklasi i minerali glina (klorit, hidroksil-interstratificirani vermikulit ili sek. klorit, illit, uređen i neuređen kaolinit), te je takav sastav sedimenata sličan mlađim sedimentima od 4,5 ka BP. U sedimentima starijim od >14,5 ka BP (od 440. cm) prisutan je manji udio dolomita nego u prethodnom periodu i prevladava udio silta. Period od 14,5 do 11,5 do (385. do 295. cm) karakteriziran je višim udjelom siliciklastičnog materijala u sedimentnima, sadrže kvarc, plagioklas, smektit, klorit, illit, uređen i neuređen kaolinit, te ima više pjeskovite frakcije nego u prethodnom periodu. Unutar ovog perioda se od 13,3 do 12,6 ka BP taložio sediment sličan onome starijem od 14,5 ka BP, koji sadrži više dolomita i kalcita te silta. Moguće je da je to pretaloženi sediment iz tog perioda, uočava se i viši C/N što ukazuje na donos organske tvari iz sliva. To sve upućuje na to da se na ovom dijelu jezgre nalazi hijatus u taloženju sedimenata. Sedimenti od 14,5-13,3 ka BP sadrže viši udio Na, čije bi porijeklo moglo biti iz andezita u području Senjskih vrata, koji je vjetrom mogao biti donesen u jezero. Mineralni sastav ovog siliciklastičnog sedimenta od 14,5 do 11,5 ka BP ukazuje na sličnost na lesni materijal u donjem dijelu profila Cs-P. Od 285. cm u jezeru se taložio holocenski sediment. U periodu od 11,5 do 10 ka BP (285-250 cm) pojavljuje se malo viši udio Ca nego u periodu od 10 do 4,5 ka BP. Cijeli ovaj period od 11,5 do 4,5 ka BP karakteriziran je dominantnim taloženjem siliciklastičnog materijala, u kojem prevladava siltna frakcija i viši udio glinovite frakcije u odnosu na prethodni period. Utvrđeni su sljedeći minerali glina: klorit, hidroksil-interstratificirani vermikulit (ili sek.klorit), illit, uređen i neuređen kaolinit. Takav sastav minerala glina sličan je crvenicama u slivnom području (iz jezgre Cs-5, Valun) i sedimentima iz jezgre Cs-9. Visok magnetski susceptibilitet (MS) od 8 do 7,5 i 7,2 do 6,6 ka BP upućuje na eroziju i donos siliciklastičnog materijala koji sadrži viši udio magnetičnih minerala. U ovom je periodu općenito magnetski susceptibilitet puno viši nego u ostalim dijelovima jezgre, a spomenuti periodi u kojima je MS puno viši podudaraju se s periodima pojačane brzine sedimentacije u jezgrama uz jezero. U jezgri Cs-5 velika je brzina sedimentacije od 8,2 do 7,1 ka BP, a u jezgri Cs-9 od 7,5 do 7,2 ka BP, što su upravo intervali viših vrijednosti MS-a u jezerskom sedimentu. U Jadranskom moru su u periodu od oko 7 700 i između 7 500 i 7 000 cal BP utvrđeni maksimumi ljetnih padalina što se očituje u povišenom donosu materijala (Combourieu Nebout et al., 2013).

Od 4,5 ka BP (126. cm) započelo je taloženje karbonata u jezeru. Schmidt et al. (2000) su pretpostavili da se duboko jezero formiralo prije 9,6 ka BP i da su se od tada taložili karbonati, ali koji su otopljeni na dnu jezera zbog hladne vode koja sadrži CO_2. Analizom sedimenata uz rub jezera (jezgre Cs-5 i 9), utvrđeno je da se današnja razina jezera (između +9 i +12 m n.m.) nije mogla uspostaviti prije 3,2 ka BP, kada je utvrđeno taloženje karbonata u jezgri Cs-9 koja se nalazi na 12 m n.m. U jezgri Cs-5 koja

se nalazi na 15 m n.m. nije utvrđen kalcit, što znači da razina jezera nikad nije bila viša od +15 m n.m. U periodu od 1,5-0,3 ka BP (70-15 cm) potpuno dominira kalcit, uz manje kvarca i dolomita i TOC-a. U prvih 15 cm, što odgovara posljednjih 300 godina, dominiraju kvarc i dolomit, uz plagioklas i K-feldspat te minerale glina, te je povišen TOC, što ukazuje na povećanu eroziju siliciklastičnog materijala koji sadrži dolomit.

Bokanjačko blato

U dubokoj jezgri BOK-S015-10-3, crvene gline protežu se od 22,85 do oko 12,5 m, nakon čega one prelaze u laminiran lesoliki žućkasti sediment, s pukotinama isušivanja, kojeg bi mogli definirati kao početak razvoja jezera, ali u obliku lokvi koje su povremeno isušivale. Od oko 10,5 m pojavljuje se tamni jezerski sediment, koji je mogao nastati u bari, a od 840 cm pojavljuje se jezerski sediment koji sadrži kalcit, ali uz još uvijek dominantni siliciklastični materijal, što bi moglo odgovarati razvoju plitkog jezera. Prema tome, pravi jezerski sediment nalazi se na dubini od 10,5 m. Dosadašnjim istraživanjima, koja su uglavnom obuhvaćala hidrogeološku problematiku, određeno je da su holocenski jezerski sedimenti u Bokanjačkom blatu debljine 18 m, što se pokazalo netočnim.

U jezgri Bokanjačkog blata (BOK-2) na 761. cm određena je maksimalna starost sedimenata od 10 100 cal BP. U sedimentima taloženim u periodu od 10,3 do 6,1 ka BP (780-425 cm) dominiraju visoki udjeli litogenih elemenata i magnetski susceptibilitet, što ukazuje na donos erodiranog materijala iz sliva. Željezoviti crvenkasti sedimenti od 7,2-7 ka BP (525-505 cm) vjerojatno su pretaloženi, doneseni u jezero naglom erozijom. Povećana količina padalina i povećan donos materijala evidentirani su između 7 500 i 7 000 BP (Combourieu-Nebout et al., 2013). Palinološkim analizama u ovoj zoni utvrđen je pelud listopadne šume, a ukupni palinofacijes ukazuje na plitko jezero. Uspostavljanje dubljeg jezera u Bokanjcu nije bilo moguće u ovom periodu zbog toga jer je voda istjecala ponorima u nizvodnom sjevernom dijelu Bokanjačkog blata, a djelomično i estavelom u središnjem dijelu (Jezerce). Istjecanje vode ponorima bilo je moguće zbog niže razine mora prije 10 000 godina (-45 m), koja je postepeno rasla do oko 5 000 godina BP kada je dosegla približno današnju razinu (-1 m).

Od 6,1 do 5,2 ka BP (425-325 cm) postepeno se smanjuje udio siliciklastičnog materijala, povećava se udio Ca, te od 5,2 ka BP započinje dominantno taloženje karbonata, udio siliciklastičnog materijala je vrlo nizak. Dominantno taloženje karbonata može upućivati na razvoj dubljeg jezera, a to je također bilo moguće zbog više razine mora koja je sprečavala istjecanje vode kroz ponore. Na temelju toga da dominantno taloženje karbonata započinje od 3,25 m jezgre BOK-2, koja se nalazi na 19 m n.m., možemo zaključiti da se sediment nalazio na 16,25 m n.m. Prema nadmorskoj visini područja kroz koje je voda mogla površinski istjecati iz blata, a to je 23 m (kod Statina), određeno je da je razina jezera mogla maksimalno biti između 6 i 7 m. Od 4,1 ka BP (200. cm) i dalje je dominantno taloženje karbonata, no povišen je udio siliciklastičnog materijala. Donos erodiranog siliciklastičnog materijala omogućeno je krčenjem šuma i prelaskom vegetacije na tipičnu mediteransku. Analiza palinofacijesa ukazuje na poplavnu ravnicu od 1,8 ka BP do isušivanja jezera 1963. godine.

Vransko jezero kod Biograda

Sedimenti Vranskog jezera kod Biograda na 810. cm pokazuju starost od 9 155 cal BP. Ako se pretpostavi da je ista brzina sedimentacije do kraja jezgre, sediment je na 1101. cm starosti oko 12 000 cal BP. Prema tome je oko 1050 cm jezerskog sedimenta holocenske starosti.

U periodu od 12 do 9,1 ka BP (1101-813 cm) je na današnjem području Vranskog jezera postojao okoliš poplavne ravnice, s pojačanim donosom materijala bujičnim tokovima uslijed čega je moglo doći do formiranja lokvi te barsko-močvarnog okoliša. Unutar ovog perioda evidentne su promjene u boji, varira magnetski susceptibilitet, a siliciklastični elementi su povišeni. U mineralnom sastavu dominira kalcit, uz prisutnost kvarca. Udio kvarca i minerala glina je viši u periodu od 10,5-10,2 ka BP, u kojem su sedimenti zelenkaste boje i moguće je da potječu iz fliša, na što upućuje sastav minerala glina – pokazuje istu signaturu kao i lapor. U ovom periodu uočeni su centimetarski klasti unutar siltnog/glinovitog sedimenta te visok omjer C/N, koji ukazuje na terestičko porijeklo organske tvari, što sve upućuje na donos materijala bujičnim tokovima na području današnjeg Vranskog jezera. Palinološkim analizama utvrđena je mješovita šuma i stepa od 12-11,7 ka BP, što odgovara hladnijoj klimi kraja mlađeg drijasa. Rani holocen (11,7-9,1 ka BP) karakteriziran je mješovitom listopadnom šumom, u kojoj prevladava pelud bora *Pinus.* Pelud lopoča od 10,5-10 ka BP ukazuje na mogući porast nivoa vode. Udio organskog ugljika visok je od 9,6-9,1 ka BP, te su u tom dijelu utvrđeni anoksični uvjeti pomoću omjera Mn/Fe, što bi moglo ukazivati na taloženje sapropela. Istjecanje vode kroz vapnenački greben u području Prosike, kao i niska razina mora u tom razdoblju (početkom holocena 65 m niža nego danas), onemogućavalo je razvoj pravog jezera.

Izdizanjem razine mora, Pirovački zaljev se napunio vodom, te voda više nije mogla istjecati iz Vranskog jezera što je omogućilo razvoj jezera prije 9,1 ka. To je utvrđeno dominantnim taloženjem kalcita od 9,1 ka BP (od 813. cm), kada dolazi do nagle promjene u boji, sediment je puno svjetliji, s mnoštvom ljuštura unutar sedimenta, nepravilnim laminama-izmjenama pjeskovitih i glinovitih proslojaka, te vrlo malo udjela siliciklastičnog materijala. Takav sediment taložen je do 6,1 ka BP (485 cm). U ovoj zoni utvrđena je palinološkom analizom listopadna šuma bukve. Od 6,1 do 3,8 ka BP (485-265 cm) u sedimentima se uočava sve veći utjecaj mora, s povišenim koncentracijama Mg i Sr, te pojavom aragonita. Uočavaju se malo povišeni udjeli siliciklastičnog materijala od 6,1 ka BP, vjerojatno kao posljedica naseljavanja ljudi i povećane erozije tla zbog krčenja šuma. Palinološkim analizama je utvrđeno da se u ovom periodu razvila mediteranska vegetacija šume hrasta crnike i degradacijskih stadija crnikove šume (makija), što je također moglo utjecati na povišen donos siliciklastičnog materijala. Od 3,8 ka BP uspostavljeni su uvjeti kakvi i danas vladaju u Vranskom jezeru, sa sezonskim izmjenama više i manje brakičnih uvjeta. Od 3 ka BP taloži se homogen sediment bez lamina, s visokim udjelom glinovite frakcije. Analizom granulometrijskog sastava nekarbonatne frakcije u tim je sedimentima preostalo vrlo malo udjela gline, što ukazuje na taloženje karbonatnog mulja. U sedimentu se uočava pjeskoviti interval od 13-6 cm (0,25-0,09 ka BP), koji se objašnjava sniženjem razine jezera nakon izgradnje kanala Prosike, pri čemu se razina jezera snizila za 3 m. U tom periodu zasigurno je došlo do ispremiješanja sedimenta i resuspenzije sedimenata iz plićih dijelova. Nakon toga vratili su se uvjeti kao u prijašnjoj zoni, s karbonatnom sedimentacijom (kalcit i aragonit) i postepenim donosom siliciklastičnog materijala iz sliva.

Baćinska jezera (Crniševo)

U 840 cm analizirane jezgre sedimenata BAJ-7 u jezeru Crniševo, Baćinska jezera, definirano je nekoliko zona u kojima su registrirane faze kroz koje je jezero prošlo. Na 833. cm jezgre utvrđena je starost od 11 700 cal BP.

U donjem dijelu jezgre od 843. do 830. cm (12-11,7 ka BP) prisutan je kalcit, a magnetski susceptibilitet je nizak, što ukazuje da je već u to doba postojalo jezero. Potom od 11,7 do 10 ka BP (830-764 cm) vrlo je visok udio silicklastične komponente, kao i magnetski susceptibilitet, što upućuje na povećanu eroziju i donos terigenog materijala iz sliva. Udio siliciklastičnog materijala se postepeno smanjuje od 10-7,5 ka BP (764 do 668 cm). Zajednica peluda pokazuje da prevladava mješovita šuma, s dominantnim peludom bora Pinus, a pojavljuju se i alge koje ukazuju na marinski utjecaj na sedimente. To je posljedica izdizanja razine mora, prije 10 000 godina bila je oko 35 m niža nego danas, a nadmorska visina dna jezera je iznosila oko 32 do 33 m (7,64 m jezgre + 25 m dubina vodenog stupca jezera), stoga je nakon 10 ka BP bio moguć povremeni prodor morske vode u Crniševo.

Od 7,5 do 4,5 ka BP (668-530 cm) dominira karbonatna sedimentacija, prisutan je samo kalcit, te je magnetski susceptibilitet vrlo nizak. Nakon toga od 4,5 do 2,5 ka BP (530-134 cm) došlo je do naglih promjena u jezeru, povećao se udio pjeskovite frakcije u odnosu na silt koji je prevladavao do ovog perioda, te dolazi do izmjene siliciklastične i karbonatne sedimentacije (izmjenjuju se intervali s kalcitom i kvarcom te samo kalcitom), a u skladu s tim mijenja se udio TOC te je taj period podijeljen na ukupno 6 podzona. Palinološkim analizama utvrđena je mediteranska vegetacija, s dominacijom hrasta crnike *Quercus ilex* i degradacijskim stadijima crnikove šume (makije). Palinološkom analizom utvrđena je mješovita šuma, no već na početku ove zone pojavljuju se elementi mediteranske vegetacije (hrast crnika *Quercus ilex)*, ali s relativno malim udjelom peluda u odnosu na pelud mješovite šume, vjerojatno zbog blizine planina uz koje se vežu niže temperature i veće količine vlage, kao i donos kopnenog materijala (pa tako i peluda) vodenim tokovima. Od 2,5-0,03 ka BP (134-20 cm) uspostavljaju se ponovno relativno stabilni uvjeti s povremenim značajnim donosom pijeska u jezero, te lagano povišenog siliciklastičnog materijala, uslijed deforestacije i ljudskog utjecaja. Period od 300 do 80 BP, koji bi mogao odgovarati malom ledenom dobu, registriran od 20. do 8. cm karakteriziran je povišenim udjelom C/N koji ukazuje na donos materijala iz sliva. U sedimentima od 285 do 0 cm povišena je koncentracija natrija, što upućuje na naknadni utjecaj morske vode na jezerske sedimente i povezanost Baćinskih jezera s morem.

Minerali glina u cijeloj su jezgri BAJ-7 istog tipa, prevladava kaolinit (uređen i neuređen), zatim prisutni su illit i hidroksil interstratificirani vermikulit (ili sekundarni klorit). Detritičnog su porijekla, taložili su se u jezeru nakon što su erodirani iz sliva i transportirani u jezero. Isti tip minerala glina pojavljuje se u crvenicama uz jezero.

U sedimentima Baćinskih jezera je na temelju visokog magnetskog susceptibiliteta i povišenih udjela K, Na, Mg, Fe, Zr i ostalih elemenata u ukupnom sedimentu, utvrđena tefra na 455. i 504. cm. Prema starosti tih intervala (na temelju modela dubine/starost) pretpostavlja se da tefra pripada Astroni Agnano Monte Spino grupi (oko 4 400 cal BP). Za točno utvrđvanje pripadnosti toj tefri, potrebno je kemijski analizirati vulkansko staklo. Pronalazak Astroni Agnano tefre u sedimentima ukazuje na početak hladnog perioda (neoglacijala) od 4 300-3 800 cal BP (Zanchetta et al., 2012).

2) Paleookoliš istraživanih jezera u kontekstu šireg jadranskog područja

Ustanovljeni trendovi promjena u istraživanim jezerima na istočno jadranskoj obali podudaraju se s trendom za središnju Europu, za područja koja se nalaze iznad 40° sjeverne geografske širine: vlažniji uvjeti u ranom holocenu do oko 9 000 cal BP, suši uvjeti od 9 000 do 4 5000 cal BP, te vlažni uvjeti i povećanje količine padalina od 4 500 cal BP (Magny et al., 2013). U jezgrama Vranskog jezera na Cresu, Bokanjačkog blata, Vranskog jezera kod Biograda i Baćinskih jezera (Crniševo), vlažniji period od 11,7 ka BP očituje se u povećanoj eroziji i donosu materijala iz sliva, s taloženjem siliciklastičnog materijala u jezerima. U Vranskom jezeru kod Biograda taloženje siliciklastičnog materijala trajalo je od 12 do 9,1 ka BP, s tim da je od 9,6 do 9,1 ka BP taložen tamni organski sediment (sapropel). U Baćinskim jezerima taloženje siliciklastičnog materijala bilo je vrlo intenzivno od 11,7 do 10 ka BP, te se postepeno smanjivalo do 7,5 ka BP. U Bokanjačkom blatu je vidljivo taloženje silicklastičnog materijala od 10,3 do 6,1 ka BP, te se postepeno smanjuje do 5,2 ka BP i od tada započinje taloženje karbonata. Karbonatna sedimentacija je u Vranskom jezeru kod Biograda započela prije 9,1 ka, kada se i formiralo jezero, na što je utjecalo dizanje morske razine. U Baćinskim jezerima taloženje karbonata dominantno je od 7,5 do 4,5 ka BP. U Vranskom jezeru na Cresu početak holocena karakteriziran je taloženjem siliciklastičnog materijala, ali koje se nastavlja i u srednji holocen, do 4,5 ka BP, te se tek tada smanjuje udio siliciklastične komponente i započinje taloženje karbonata. Uočen je povišen magnetski susceptibilitet u periodu oko 8 do 7,5 ka BP i 7,2 do 6,6 ka BP, koji ukazuje na donos erodiranog materijala iz sliva, što je u širem jadranskom području definirano kao maksimum ljetnih padalina i očituje se povišenim donosom materijala (Combourieu Nebout et al., 2013). Taj period intenzivne erozije siliciklastičnog materijala uočen je u jezgri Bokanjačkog blata, pojavom pretaloženih željezovitih sedimenata u periodu od 7,2-7 ka BP. U Vranskom jezeru kod Biograda taloženje karbonata dominantno je od 9,1 ka BP do danas, no u sedimentima od 6,1 ka BP vidljivo je postepeno povećanje udjela siliciklastične komponente, zbog naseljavanja ljudi kao posljedica krčenja šuma, što je omogućilo povećanu eroziju tla i donos siliciklastičnog materijala u jezero. U Baćinskim jezerima je prije 4,5 ka BP došlo do intenzivnijih promjena, u sedimentu se uočava visok udio pjeskovite frakcije do 2,5 ka BP i izmjenjuju se intervali s kalcitom i kvarcom i onih u kojima je prisutan samo kalcit. Nastavljen je povećan udio siliciklastičnog materijala do 0 ka BP, što ukazuje na sve veći ljudski utjecaj i deforestaciju slivnog područja.

Ovi podaci u skladu su s posljednjim istraživanjima u talijanskim jezerima, prema kojima bi se holocen mediteranske regije mogao dijeliti upravo prema promjenama na 9 000 i 4 500 BP, a ne prema događajima na 8 200 i 4 200 BP (Magny et al., 2013).

Za detaljnu rekonstrukciju razina jezera na istočno jadranskoj obali i utvrđivanje paleoklimatskih promjena tijekom holocena potrebna su daljnja istraživanja usmjerena prema povećanoj vremenskoj rezoluciji u jezgrama odnosno detaljnije datiranje sedimenata, zatim izotopne analize karbonata na ukupnom sedimentu ili na makrofosilima, palinološke analize, analize ostrakoda i dijatomeja.

3) Minerali glina kao indikatori promjena paleookoliša i porijekla materijala u istraživanim jezerskim sedimentima

Minerali glina u istraživanim jezerskim sedimentima pokazali su sastav koji je sličan mineralima glina u slivnom području u kojem se nalaze. Promjene unutar jezgri sedimenata nisu ukazivale na paleoklimatsku ovisnost i dominaciju fizičkog ili kemijskog trošenja. Usporedbom jezerskih sedimenata s potencijalnim izvorišnim materijalom u slivnom području može se zaključiti da minerali glina nisu direktno povezani s intenzitetom kemijskog trošenja, nego su vezani za eroziju i donos detritičnog materijala. Smektit u Vranskom jezeru na Cresu porijeklom je iz lesnih naslaga, koje su utvrđene u profilu tla u slivu. Hidroksil interstratificirani vermikulit (HIV) ili sekundarni klorit, illit i kaolinit porijeklom su iz crvenica u slivnom području. Minerali glina u Bokanjačkom blatu u dubljim dijelovima jezgre sadrže smektit, koji potječe od flišnih naslaga u Ravnim Kotarima ili lesa, dok gornji dio sadrži vrlo malo minerala glina, koji su vezani za crvenice i tla koja prekrivaju sliv Bokanjačkog blata. Crvene gline u dubokoj jezgri Bokanjačkog blata sadrže dominantno kaolinit, prisutni su još vermikulit te mjestimično illit, što upućuje na vrlo stare sedimente koji su nastali intenzivnim kemijskim trošenjem. U Vranskom jezeru kod Biograda prisutni su u najdubljim sedimentima dominantno smektiti, koji potječu od laporovitog flišnog materijala iz sliva, moguće je i lesa, a u gornjim dijelovima su prisutni HIV ili sekundarni klorit, illit i kaolinit, porijeklo iz crvenice iz sliva. Jezerski sedimenti Baćinskih jezera (Crniševo) pokazuju istu signaturu kao i jezgra uz rub jezera, HIV (ili sekundarni klorit), illit i kaolinit, te nije uočena povezanost sa sedimentima Vrgoračkog polja. Kaolinit je mogao dospjeti u istraživana jezera iz Sahare, donesen vjetom, ali u vrlo malim količinama.

7. Prošireni sažetak

Jezerski sedimenti istražuju se u okviru paleolimnologije, koja proučava okoliš jezera u prošlosti i promjene kroz koje jezero prolazi s vremenom. Jezerski sedimenti u prvom redu ovise o geologiji slivnog područja, morfološkim i hidrološkim uvjetima, te tektonskim pokretima. Oni su produkt života jezera – rezultat su jezerske produktivnosti i donosa materijala iz sliva. Provedena su paleolimnološka istraživanja na jezerskim sedimentima duž istočne obale Jadranskog mora – Vransko jezero na Cresu, Bokanjačko blato, Vransko jezero kod Biograda i Baćinska jezera (Crniševo). Na temelju mineraloških, geokemijskih, granulometrijskih i palinoloških analiza, te analize magnetskog susceptibiliteta i spektralne analize boje u jezerskim sedimentima, kao i u slivnim područjima, utvrđene su promjene u sedimentaciji i izvoru materijala, uzrokovane klimatskim varijacijama, dizanjem razine mora ili ljudskim utjecajem. Rekonstrukcije paleookolišnih promjena iz kasnog pleistocena do danas i utvrđivanje postojanja zapisa naglih klimatskih promjena tijekom holocena, temeljene su na datiranju sedimenata AMS metodom radioaktivnog ugljika. U jezerskim sedimentima određeni su minerali glina te je testirana njihova upotreba kao indikatora paleookolišnih uvjeta. Mineralni sastav ishodišne stijene i klimatski uvjeti su glavni faktori koji određuju sastav minerala glina i dominaciju fizičkog ili kemijskog trošenja. Analizom sedimenata i tala iz slivnih područja utvrđeni su odnosi između jezera i slivnih područja te je određen mogući ishodiši materijal za jezerske sedimente.

Istraživana jezera nalaze se u području dinarskog krša, ona su krška polja ispunjena vodom. Bokanjačko blato je krško polje koje je isušeno 1963. godine, nalazi se između 17 i 20 m nm. Jezera su kriptodepresije, dubokim jezerima pripadaju Vransko jezero na Cresu, prosječne dubine 50 m (+9 do +12 m n.m.) i Crniševo, koje je prosječno duboko 25 m i nalazi se u razini s morem. Vransko jezero kod Biograda je plitko jezero, prosječne dubine 2 m, dok je prije izgradnje kanala Prosike (1895.), čime je površinski povezano s morem, bilo dublje za 3 m. Zbog blizine mora, jezera se nalaze pod njegovim utjecajem, te se dizanje razine mora tijekom kasnog pleistocena i holocena uočava u povećanju dubine u svim jezerima. Vransko jezero kod Biograda formirano je prije 9,1 ka, kada se razina mora povećala i voda iz jezera više nije mogla istjecati kroz okršeni karbonatni greben u području oko Prosike. Utjecaj mora na sedimente Vranskog jezera kod Biograda vidljiv je nakon 6,1 ka BP, povećanim udjelima Mg i Sr u sedimentima. Naknadni utjecaj mora uočen je na sedimentima Baćinskih jezera, povišenim udjelom natrija od 0 do 200 cm jezgre.

Početkom holocena je u sedimentima Vranskog jezera na Cresu, Bokanjačkog blata, Vranskog jezera kod Biograda i Baćinskih jezera (Crniševo) povišen udio litogenih elemenata što ukazuje na povećanu eroziju i donos materijala iz sliva. U Vranskom jezeru kod Biograda taloženje siliciklastičnog materijala trajalo je od 12 do 9,1 ka BP, s tim da je od 9,6 do 9,1 ka BP taložen tamni organski sediment (sapropel). U Baćinskim jezerima taloženje siliciklastičnog materijala bilo je vrlo intenzivno od 11,7 do 10 ka BP, te se postepeno smanjivalo do 7,5 ka BP. U Bokanjačkom blatu je vidljivo taloženje silicklastičnog materijala od 10,3 do 6,1 ka BP, te se postepeno smanjuje do 5,2 ka BP i od tada započinje taloženje karbonata. Karbonatna sedimentacija je u Vranskom jezeru kod Biograda započela prije 9,1 ka, kada se i formiralo jezero, na što je utjecalo dizanje morske razine. U Baćinskim jezerima taloženje karbonata dominantno je od 7,5 do 4,5 ka BP. U Vranskom jezeru na Cresu početak holocena karakteriziran je taloženjem siliciklastičnog materijala, ali koje se nastavlja i u srednji holocen, do 4,5 ka BP, te se tek tada smanjuje udio siliciklastične komponente i započinje taloženje karbonata. Uočen je povišen magnetski susceptibilitet u periodu oko 8 do 7,5 ka BP i 7,2 do 6,6 ka BP, koji ukazuje na donos erodiranog materijala iz sliva, a koji se podudaraju s periodima

pojačane brzine sedimentacije u jezgrama uz rub jezera. U jezgri Cs-5 velika je brzina sedimentacije od 8,2 do 7,1 ka BP, a u jezgri Cs-9 od 7,5 do 7,2 ka BP, što su upravo intervali viših vrijednosti MS-a u jezerskom sedimentu. Analizom tih sedimenata uz rub jezera, utvrđeno je da se današnja razina jezera (između +9 i +12 m n.m.) nije mogla uspostaviti prije 3,2 ka BP, kada je utvrđeno taloženje karbonata u jezgri Cs-9 koja se nalazi na 12 m n.m. U jezgri Cs-5 koja se nalazi na 15 m n.m. nije utvrđen kalcit, što znači da razina jezera nikad nije bila viša od +15 m n.m. U Vranskom jezeru kod Biograda taloženje karbonata dominantno je od 9,1 ka BP do danas, no u sedimentima od 6,1 ka BP vidljivo je postepeno povećanje udjela siliciklastične komponente, zbog naseljavanja ljudi kao posljedica krčenja šuma, što je omogućilo povećanu eroziju tla i donos siliciklastičnog materijala u jezero. Prije 3 ka započelo je taloženje homogenog sedimenta s visokim udjelom glinovite frakcije, koju čini karbonatni mulj. U Baćinskim jezerima je prije 4,5 ka došlo do intenzivnijih promjena, u sedimentu se uočava visok udio pjeskovite frakcije do 2,5 ka BP i izmjenjuju se intervali s kalcitom i kvarcom i onih u kojima je prisutan samo kalcit. Nastavljen je povećan udio siliciklastičnog materijala do 0 ka BP, što ukazuje na sve veći ljudski utjecaj i deforestaciju slivnog područja.

Usporedbom minerala glina jezerskih sedimenata s mineralima glina u potencijalnim izvorišnim materijalima u slivnom području zaključilo se da minerali glina nisu direktno povezani s intenzitetom kemijskog trošenja, nego su vezani za eroziju i donos detritičnog materijala. Minerali glina u istraživanim jezerskim sedimentima pokazali su sastav koji je sličan mineralima glina u slivnom području u kojem se nalaze. Smektit u Vranskom jezeru na Cresu porijeklom je iz lesnih naslaga, koje su utvrđene u profilu tla u slivu. Hidroksil interstratificirani vermikulit (HIV) ili sekundarni klorit, illit i kaolinit u sedimentima starijim od 40 ka i u sedimentima porijeklom su iz crvenica u slivnom području. Minerali glina u Bokanjačkom blatu u dubljim dijelovima jezgre sadrže smektit, koji potječe od flišnih naslaga u Ravnim Kotarima ili lesa, dok gornji dio sadrži vrlo malo minerala glina, koji su vezani za crvenice i tla koja prekrivaju sliv Bokanjačkog blata. Crvene gline u dubokoj jezgri Bokanjačkog blata sadrže dominantno kaolinit, prisutni su još vermikulit te mjestimično illit, što upućuje na vrlo stare sedimente koji su nastali intenzivnim kemijskim trošenjem. U Vranskom jezeru kod Biograda prisutni su u najdubljim sedimentima dominantno smektiti, koji potječu od laporovitog flišnog materijala iz sliva, moguće je i lesa, a u gornjim dijelovima su prisutni HIV ili sekundarni klorit, illit i kaolinit, porijeklo iz crvenice iz sliva. Jezerski sedimenti Baćinskih jezera (Crniševo) pokazuju isti signaturu kao i jezgra uz rub jezera, HIV (ili sekundarni klorit), illit i kaolinit, te nije uočena povezanost sa sedimentima Vrgoračkog polja. Kaolinit je mogao dospjeti u istraživana jezera iz Sahare, donesen vjetrom, ali u vrlo malim količinama.

Palinološkim analizama je utvrđeno uspostavljanje mediteranske vegetacije šume hrasta crnike i degradacijskih stadija crnikove šume (makija) u ovim podučjima: u Vranskom jezeru na Cresu između 8 i 7 ka BP, u Bokanjačkom blatu prije oko 4,1 ka, u Vranskom jezeru kod Biograda prije 6,1 ka, dok se u Baćinskim jezerima počinje pojavljivati prije oko 7,5 ka.

U ovom istraživanju su jedino u Baćinskim jezerima pronađene tefre, na temelju visokog magnetskog susceptibiliteta i ukupnog kemijskog sastava sedimenta (povišeni K, Na, Mg, Zr). S obzirom na starost sedimenata na dubinama 456 i 505 cm na kojima se nalazi tefra, dobivenih pomoću modela dubina/starost, pretpostavlja se da tefra pripada Astroni Agnano Monte Spino (AMST), erupciji Flegrejskih polja (oko 4 400 cal BP).

8. Summary

In paleolimnology, lake sediments are investigated through time. Lake sediments depend on the geology of the catchment area, morphology and hydrology conditions and tectonic movements. Lake sediments are product of lake life – they are the result of the input material from the catchment and lake productivity. Paleolimnological studies have been carried out on the lake sediments along the eastern Adriatic coast – Vransko jezero on the Island of Cres, Bokanjačko blato, Vransko jezero near Biograd and Baćinska jezera (Crniševo). Based on mineralogical, geochemical, grain size, palinological, magnetic susceptibility and color reflectance analysis in the lake sediments, as well as in catchment area, changes in the sedimentation and sediment source have been determined, caused by climatic variations, sea level rise or human impact. Lacustrine palaeoenvironmental reconstructions from the Late Pleistocene to the present and records of the abrupt climate changes during the Holocene, are possible on accurately dated sediments using AMS radiocarbon method. In lake sediments, clay minerals were determined in order to test them as proxies of environmental changes. Mineral composition of the source material and climatic conditions are the main factors that determine the composition of clay minerals and the dominance of the physical or chemical weathering. The analysis of sediments and soils from the catchment area defined relations between the lake and catchment.

Studied lakes are located in Dinaric karst, they are karst poljas filled with water. Bokanjačko blato is a karst filled that was drained in 1963, and it is mainly from 17 to 20 m above sea level. The lakes are cryptodepression. The deep water lakes are Vransko jezero on the Island of Cres, with average depth of 50 m (+9 to +12 m above sea level) and Crniševo, with average depth of 25 m, which is connected to the sea. Vransko jezero near Biograd is a shallow lake, with an average depth of 2 m, whereas before the construction of the channel Prosika (in 1985), it was 3 m deeper. Due to the proximity of the sea, the lakes are under its influence, and raising the sea level during the Late Pleistocene and Holocene can be observed by the increasing depth in all lakes. Vransko jezero near Biograd was formed 9,1 ka BP, when the sea level rose and the water from the lake could no longer run through the karstified carbonate ridge around the Prosika. The influence of the sea on the sediments of Vransko jezero is visible after 6.1 ka BP, with increased proportions of the Mg and Sr in the sediments. Subsequent effect has been observed in the sediments of the Baćinska jezera, high in sodium from 0 to 200 cm of the core.

In sediments from Vransko jezero on Cres, Bokanjačko blato, Vransko jezero near Biograd and Baćinska jezera, there are higher concentrations of the lithogenic elements indicating increased erosion and input of the material from the catchment. Deposition of the siliciclastic material in Vransko jezero near Biograd lasted from 12 to 9.1 ka BP, and by the end of the period from 9.6 to 9.1 ka BP the dark organic rich sediment was deposited (sapropel). In Baćinska jezera deposition of the siliciclastic material was very intense from 11.7 to 10 ka BP, and then gradually decline until 7.5 ka BP. In Bokanjačko blato the deposition lasted from 10.3 to 6.1 ka BP and then gradually decreases until 5.2 ka BP, when carbonate deposition begins. Carbonate sedimentation in Vransko jezero near Biograd started at 9.1 ka BP, and the lake was formed. In Baćinska jezera dominant carbonate deposition lasted from 7.5 until 4.5 ka BP. In Vransko jezero on Cres, the beginning of the Holocene is characterized by the deposition of the siliciclastic material, but which continues to the middle Holocene, until 4.5 ka BP when the carbonates appear. Higher magnetic susceptibility was observed from the 8 to 7.5 ka BP and 7.2 to 6.6 ka BP, indicating an input of the material from the basin, which coincides with periods of increased sedimentation rate in the cores on the edge of the lakes, Cs-5

and Cs-9. At the core Cs-5, a high sedimentation rate was from 8.2 to 7.1 BP and in the core Cs-9 from 7.5 to 7.2 ka BP. According to the carbonate deposition in 3.2 ka BP in the core Cs-9, the present level of the lake (between +9 and +12 m asl) could not be established prior to 3.2. ka BP, since it is located at 12 m asl. In the core Cs-5, which is located at 15 m asl, there is no calcite, which means that the lake level has never reached +15 m asl. In the Vransko jezero near Biograd, dominant carbonate deposition last from 9.1 ka BP to the present day, but in sediments from the 6.1 ka BP it is evident gradually increase of siliciclastic components, because of the settlements as a result of deforestation, which allowed increased soil erosion and input to the lake. At 3 ka BP, the deposition of the carbonate mud started. In Baćinska jezera at 4.5 ka BP began intensive changes in the sediments, observed by the high sand fraction until 2.5 ka BP, and in between the alternate intervals with calcite and quartz and those in which only calcite is present, were developed. From that time (4.5 ka BP) the slow increasing of the siliciclastic material were observed, indicating the increasing human impact and deforestation of the catchment.

Comparing clay minerals in lake sediments with clay minerals in potential source materials in the catchment area, it can be concluded that clay minerals are not directly related to the intensity of chemical weathering, but are related to erosion and input of detrital material. Clay minerals in the studied sediments showed a composition that is similar to clay minerals in the catchment area in which they are located. Smectite in the Vransko jezero on Cres is originally from loess, which is deposited in the lower part of the Cs-P profile in the basin. Hydroxy interstratified vermiculite (HIV) or secondary chlorite, kaolinite and illite in sediments older than 40 ka and sediments originating from the terra rossa in the catchment area. Clay minerals in Bokanjačko blato in the deeper parts of the cores contain smectite, which is derived from flysch deposits in Ravni Kotari or loess, while the upper part contains very little clay minerals, which are related to terra rossa and soils covering the catchment. Red clay in the deep core Bokanjačko blato, contains predominantly kaolinite, vermiculite and illite are present in minor amounts, which suggests that they are very old sediments that were created by intense chemical weathering. In Vransko jezero near Biograd there are in the deeper sediments predominantly smectites, which originate from flysch material from the basin, or possible loess, while the upper parts are presented by HIV or secondary chlorite, kaolinite and illite, the origin from the terra rossa from the basin. In Baćinska jezera lake sediments show the same signature as the core from the edge of the lake, HIV (or secondary chlorite), kaolinite and illite, and lack of association from the sediments in Vrgoračko polje. Kaolinite could reach the studied lakes from the Sahara, by the southern winds, but in very small quantities.

Pollen analysis has identified the establishment of a Mediterranean holm oak forest vegetation and forest degradation stages of evergreen oaks (maquis) in the project area: in Vransko jezero on Cres between 8 and 7 ka BP, in Bokanjačko blato around 4.1 ka BP, In Vransko jezero near Biograd at 6.1 ka BP, while in Baćinska jezera it begins at about 7.5 ka BP.

The tephra layers were determined only in the sediments from Baćinska jezera. Tephra was identified by the very high magnetic susceptibility and higher elements K, Na, Mg, Zr in the overall chemical composition. Given the age of the sediments at depths of 456 and 505 cm where the tephra is obtained, using a model depth/age, it is assumed that tephra belongs to Agnano Astroni Monte Spino (AMST), the eruption of the Phlegraean fields (around 4400 cal BP).

9. Literatura

Alley, R.B. (2000): The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland, Quaternary Science Reviews 19, 213-226.

Alley, R.B. & Agustsdottir, A.M., 2005. The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt change, Quaternary Science Reviews 24, 1123–1149.

Allen, J.R.M. & Huntley, B. (2009): Last Interglacial palaeovegetation, palaeoenvironments and chronology: a new record from Lago Grande di Monticchio, southern Italy, Quaternary Science Reviews 28 (15–16), 1521–1538.

Alonso-Zarza, A.M. & Tanner, L.H. (2010): Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments and Processes, Developments in Sedimentology 61, Elsevier, str. 400.

Antonioli, F., Anzidei, M., Lambeck, K., Auriemma, R., Gaddi, D., Furlani, S. ,Orru, P., Solinas, E., gaspari, A., Karinja, S., Kovačić, V., Surace, L. (2007): Sea-level change during the Holocene in Sardinia and in the northeastern Adriatic (central Mediterranean Sea) from archaeological and geomorphological data, Quaternary Science reviews 26, 2463-2486.

ArcGIS (1999-2009): Environmental Systems Researcg Institute, Inc. (ESRI), ver. 9.3.1, California, USA.

Ariztegui, D., Asioli, A., Lowe, J.J., Trincardi, F., Vigliotti, L., Tamburini, F., et al. (2000): Palaeoclimatic reconstructions and formation of sapropel S1: inferences from Late Quaternary lacustrine and marine sequences in the Central Mediterranean region. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 158, 215–240.

Ariztegui, D., Anselmetti, F.S., Robbiani, J.M., Bernasconi, S.M., Brati, E., Gilli, A., Lehmann, M.F. (2010): Natural and human-induced environmental change in southern Albania for the last 300 years – Constrants from the Lake Butrint sedimentary record, Global and Planetary Change 71, 183-192.

Arnaud, F. (2005): Discriminating bio-induced and detrital sedimentary processes from particle size distribution of carbonates and non-carbonates in hard water lake sediment, Journal of Paleolimnology 34, 519-526.

Arribas, M.E., Bustillo, A., Tsige, M., 2004. Lacustrine chalky carbonates: origin, physical properties and diagenesis (Palaeogene of the Madrid Basin, Spain), Sedimentary Geology 166, 335-351.

Asioli, A., Trincardi, F., Lowe, J.J., Ariztegui, D., Langone, L., Oldfield, F. (2001): Submillennial scale climatic oscillations in the central Adriatic during the Lateglacial: palaeoceanographic implications, Quaternary Science Reviews 20 (11), 1201–1221.

Aufgebauer, A., Panagiotopoulos, K., Wagner, B., Schaebitz, F., Viehberg, F.A., Zanchetta, G., Sulpizio, R., Leng, M.J., Damaschke, M. (2012): Climate and environomental change in the Balkans over the last 17 ka recorded in sediments from Lake Prespa (Albania/F.Y.R. of Macedonia/Greece), Quaternary International, 1-14.

Balsam W.L., Deaton, B.C., Damuth, J.E. (1999): Evaluating optical lightness as a proxy for carbonate content in marine sediment cores, Marine Geology 161, 141-153.

Barnhisel, R.I. & Bertsch, P.M (1989): Chlorites and hydroxy-interlayered vermiculite and smectite. In: Dixon, J.B. & Weed, S.B. (ed.): Minerals in soil environments. 2nd edition, Soil Science Society of America, USA, 729-788.

Belmecheri, S., von Grafenstein, U., Andersen, N., Eymard-Bordon, A., Regnier, D., Grenier, C., Lezine, A.M. (2010): Ostracod-based isotope record from Lake Ohrid (Balkan Penninsula) over the last 140 ka, Quaternary Science Reviews, 29, 3894-3904.

Bergmann, J., Friedel, P. & Kleeberg, R. (1998): BGMN — a new fundamental parameters based Rietveld program for laboratory X-ray sources, it's use in quantitative analysis and structure investigations, Commission of Powder Diffraction, International Union of Crystallography CPD Newsletter 20, 5-8.

Biondić, B., Kapelj, S. & Kuhta, M. (1998): Hidrogeološka istraživanja Vranskog jezera na otoku Cresu s prijedlogom zona sanitarne zaštite, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 11/98., str. 68.

Birks, H.J.B., Lotter, A.F., Juggins, J., Smol, J.P (2012): Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Dana Handling and Numerical Techniques, Developments in Paleoenvironmental Research Vol. 5, Springer, str. 745.

Björck, S., Rundgren, M., Ingolfsson, O., Funder, S. (1997): The Preboreal oscillation around the Nordic Seas: terrestrial and lacustrine resopnses, Journal of Quaternary Science 12, 455-465.

Blaauw, M. (2010): Methods and code for „classical“ age-modelling of radiocarbon sequences, Quaternary Geochronology 5, 512-518.

Blott, S. J. (2010): GRADISTAT Version 8.0 A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer.

Blott, S. J. & Pye, K. (2001): Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments, Earth Surface Processes and Landforms 26, 1237-1248.

Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S., Sraka, M. (1996): Namjenska pedološka karta tala za obradu Republike Hrvatske M 1:300.000.

Bonacci, O. (1993): The Vrana Lake Hidrology (Island of Cres-Croatia), Journal of the American Water Resources Association, 29/3, 407-417.

Bordon, A., Peyron, O., Lezine, A.M., Brewer, S., Fouache, E. (2009): Pollen-inferred Late-Glacial and Holocene climate in southern Balkans (Lake Maliq), Quaternary International 200, 19-30.

Bourne, A.J., Lowe, J.J., Trincardi, F., Asioli, A., Blockley, S.P.E., Wulf, S., Matthews, I.P., Piva, A., Vigliotti, L. (2010): Distal tephra record for the last ca 105,000 years from core PRAD 1-2 in the central Adriatic Sea: implications for marine tephrostratigraphy. Quaternary Science Reviews 29, 3079-3094.

Bradley, R.S. (1999): Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary, International geophysics series 68, Elsevier, USA, str. 614.

Brännvall, M.L., Bindler, R., Emteryd, O., & Renberg, I. (2001): Four thousand years of atmospheric lead pollution in northern Europe: a summary from Swedish lake sediments, Journal of Paleolimnology 25, 421-435.

Brindley, G.W. & Brown, G. (1980): Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineralogical Society, London, str. 495.

Bronk Ramsey, C., Dee, M., Lee, S., Nakagawa, T., Staff, R. (2010): Developments in the calibration and modelling of radiocarbon dates, Radiocarbon, 52, 3, 953-961.

Buhrke, E.V., Jenkins, R., Smith, D.K. (1998): A practical guide for the preparation of specimens for x-ray fluorescence and x-ray diffraction analysis, John Wiley & Sons, str. 333.

Calanchi, N. & Dinelli, E. (2008): Tephrostratigraphy of the last 170 ka in sedimentary successions from the Adriatic Sea, Journal of Volcanology and Geothermal research 177, 81-95.

Calanchi, N., Cattaneo, A., Dinelli, E., Gasparotto, G., Lucchini, F. (1998): Tephra layers in Late Quaternary sediments of the central, Adriatic Sea, Marine Geology 149, 191–209.

Caron, B., Sulpizio, R., Zanchetta, G., Siani, G., Santacroce, R. (2010): The Late Holocene to Pleistocene tephrostratigraphic record of Lake Ohrid (Albania), Comptes Rendus Geoscience 342, 453–466.

Carton, A., Bondesan, A., Fontana, A., Meneghel, M., Miola, A., Mozzi, P., Primon, S., Surian, N. (2009): Geomorphological evolution and sediment transfer in the Piave River system (northeastern Italy) since the Last Glacial Maximum, Geomorphologie: relief, processus, environment 3, 155-174.

Cattaneo, A., Correggiari, A., Langone, L., Trincardi, F. (2003): The late-Holocene Gargano subaqueous delta, Adriatic shelf: Sediment pathways and supply fluctuations, Marine Geology 193, 61-91.

Chamley, H. (1989): Clay sedimentology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, str. 623.

Chapman, , J., Schwartz, C., Turner, J., Shiel, R.S. (1990): New absolute dates for prehistoric and Roman Dalmatia, Vjesnik za Arheologiju i Historiju Dalmatinsku 83, 29-46.

Cioni, R., Bertagnini, A., Santacroce, R. Andronico, D. (2008): Explosive activity and eruptive scenarios at Somma-Vesuvius (Italy): Towards a new classcation scheme, Journal of Volcanology and Geothermal research 178, 331-346.

Clark, P.U. & Mix, A.C. (2002): Ice sheets and sea level of the Last Glacial Maximum, Quaternary Science Reviews 21, 1-7.

Clark, P.U., Mitrovica, J.X., Milne, G.A., Turon, J.L., Siani, G. (2002): Sea level fingerprint as a direct test for the source of global Meltwater Pulse 1A, Science 295, 2438–2441.

Clark, P.U., Marshall, A., McCabe, A.M., Mix, A.C., Weaver, A.J. (2004): Rapid rise of sea level 19,000 years ago and its global implications, Science 304, 1141–1144.

Cohen, A.S. (2003): Paleolimnology, Oxford University Press, Oxford, str. 500.

Combourieu Nebout, N., Peyron, O., Bout-Roumazeilles, V., Goring, S., Dormoy, I., Joannin, S., Sadori, L., Siani, G., Magny, M. (2013): Holocene vegetation and climate changes in central Mediterranean inferred from a high-resolution marine pollen record (Adriatic Sea). Climate of the Past 9, 2023-2042.

Constantini, E.A.C., Priori, S., Urban, B., Hilgers, A., Sauer, D., Protano, G., Trombino, L., Hülle, D., Nannoni, F. (2009): Multidisciplinary characterization of the middle Holocene eolian deposits of the Elsa River basin (central Italy), Quaternary International 209, 107-130.

Corella, J.P., Stefanova, V., Ej Anjourni, A., Rico, E., Giralt, S., Moreno, A., Plata-Montero, A., Valero-Garces, B. (2013): A 2500-year multi-proxy reconstruction of climate shange and human activities in northern Spain: The Lake Arreo record.

Correggiari, A., Roveri, M., Trincardi, F. (2006): Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea, Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences 9, 697-704.

Covelli, S. & Fontolan, G. (1997): Application of a normalization procedure in determining regional geochemical baselines, Environmental Geology 30, 34-45.

Covelli, S., Fontolan, G., Faganeli, J., Ogrinc, N. (2006): Anthropogenic markers in the Holocene stratigraphic sequence of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea), Marine Geology 230, 29-51.

Cullity, B. D. & Stock S., R. (2001): Elements of X-ray diffraction, Prentice Hall, str. 678.

Curzi, P.V., Dinelli, E., Ricci Lucchi, M., Vaiani, S.C. (2006): Palaeoenvironmental control on sediment and provenance in the late Quaternary deltaic successions: a case study from the Po delta area (Northern Italy), Geological Journal 41, 591-612.

Dean, W. E. & Fouch, T.D. (1983): Chapter 2: Lacustrine. In Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore, C.H. (eds.) Carbonate Depositional Environments. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir 33, 98-130.

Dearing, J.A. (1999): Holocene environmental change from magnetic proxies in lake sediments. In Maher, B.A. & Thompson, R. (eds.) Quaternary Climates, Environments and Magetism. Cambridge University Press, 231-278.

Debret, M., Desmet, M., Balsam, W., Copard, Y., Francus, P., & Laj, C. (2006): Spectrophotometer analysis of Holocene sediments from an anoxic fjord: Saanich Inlet, Bristish Columbia, Canada, Marine Geology 229, 15-28.

Di Rita, F. & Magri, D. (2009): Holocene drought, deforestation and evergreen vegetation development in the central Mediterranean: a 5500 year record from Lago Alimini Piccolo, Apulia, southeast Italy, The Holocene 19/2, 295-306.

Di Vito, M.A., Isaia, R., Orsi, G., Southon, J., De Vita, S., D'Antonio, M. (1999): Volcanism and deformation since 12,000 years at the Campi Flegrei caldera (Italy). Journal of Volcanology and Geothermal Research 91, 221-246.

Döbelin, N. (2013a): Profex, version 3.0.0. RMS Foundation, Bettlach, Švicarska.

Döbelin, N. (2013b): Lesson 1, X-rays & Diffraction, Švedska.

Döbelin, N. (2013c): Lesson 3, Sample Preparation and Problems, Švedska.

Dodd, J.R. & Crisp, E.L. (1982): Non-linear variation with salinity of Sr/Ca and Mg/Ca ratios in water and aragonitic bivalve shells and implications for paleosalinity studies, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 38, 45-56.

Dormoy, I., Peyron, O., Combourieu-Neboutb, N., Goring, S., Kotthoff, U., Magny, M., Pross, J. (2009): Terrestrial climate variability and seasonality changes in the Mediterranean region between 15 000 and 4000 years BP deduced from marine pollen records, Climate of the Past 5, 615-632.

Drescher-Schneider, R., de Beaulieu, J.L., Magny, M., Walter-Simonnet, A.V., Bossuet, G., Millet, L., Brugiapaglia, E., Drescher, A. (2007): Vegetation history, climate and human impact over the last 15,000 years at Lago dell'Accesa (Tuscany, Central Italy), Vegetation History and Archaeobotany 16, 4, 279-299.

Durn, G., Ottner, F., Slovenec, D. (1999): Mineralogical and geochemical indicators of the polygenetic nature of terra rossa in Istria, Croatia, Geoderma 91, 125-150.

Eastwood, W.J., Leng, M.J., Roberts, N. and Davis, B. (2007): Holocene climate change in the eastern Mediterranean region: a comparison of stable isotope and pollen data from Lake Gölhisar, southwest Turkey, Journal of Quaternary Science 22, 327–341.

Ehrmann, W., Schmiedl, G., Hamann, Y., Kuhnt, T., Hemleben, C., Siebel, W. (2007): Clay minerals in late glacial and Holocene sediments of the northern and southern Aegean Sea, Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology 249, 36-57.

Evans, M.E. & Heller, F. (2003): Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics. Academic Press, San Diego, CA, SAD, str. 299.

Fagel, N., Thamó-Bózsó, E., Heim, B. (2007): Mineralogical signatures of Lake Baikal sediments: Sources of sediment supplies through Late Quaternary, Sedimentary Geology 194, 37-59.

Fagel, N. & Boës, X. (2008): Clay-mineral record in Lake Baikal sediments: The Holocene and late Glacial transition, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 259, 230-243.

Fairbanks, R. G. (1989): A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation, Nature 342, 637-642.

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Horvatinčić, N. (2010): Relatice Sea_level Change during the Late Holcoene on the Island of Vis (Croatia)-Issa Harbour Archaeological Site, Geodinamica Acta 23 (5-6), 209-223.

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Horvatinčić, N., Sironić, A. (2013): Distinct phases of relative sea level changes in central Adriatic during the last 1500 years – influence of climatic variations?, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 369, 163-174.

Favaretto, S., Asioli, A., Miola, A., Piva, A. (2008): Preboreal climatic oscillations recorded by pollen and foraminifera in the southern Adriatic Sea, Quaternary International 190, 89-102.

Filipčić, A. (2001): Razgraničenje Köppenovih klimatskih tipova Cf i Cs u Hrvatskoj, Acta Geographica Croatica, Volumen 35, 7-18.

Finne, M., Holmgren, K., Sundquist, H.S., Weuberg, E., Lindblom, M. (2011): Climate int he eastern Mediterranean, and adjacent regions, during the past 6000 years – A review, Journal of Archaeological Science 38, 3153-3173.

Flügel, E. (2004): Microfacies of Carbonate Rocks, SpringerVerlag, Heidelberg, str. 976.

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

Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957): Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters, Journal of Sedimentary Petrology, 27, 3-26.

Förstner, U. & Wittmann, G. T. W. (1981): Heavy metal pollution in the aquatic environment, Springer verlag, Berlin, Heidelberg, New York, str. 486.

Fouache, E., Vella, C., Dimo, L., Gruda, G., Mugnier, J.L., Denefle, M., Monnier, O., Hotyat, M., Huth, E. (2010a): Shoreline reconstruction since the Middle Holocene int he vicinity oft he ancietn city of Apollonia (Albania, Seman and Vjosa delta), Quaternary International 216, 118-128.

Fouache, E., Desruelles, S., Magny, M., Bordon, A., Oberweiler, C., Coussot, C.,Touchais, G., Lera, P., Lézine, A.M., Fadin, L., Roger, R. (2010b): Palaeogeographical reconstructions of Lake Maliq (Korça Basin, Albania) between 14,000 BP and 2000 BP, Journal of Archeological Science 37, 525-535

Foucault, A. & Mélieres, F. (2000): Palaeoclimatic cyclicity in central Mediterranean Pliocene sediments: the mineralogical signal, Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 158, 311-323.

Francke, A., Wagner, B., Leng, M.J., Rethemeyer, J. (2013): A Late Glacial to Holocene record of environmental change from Lake Dojran (Macedonia, Greece), Climate oft he Past 9, 481-498.

Fritz, F. (1976): Ravni Kotari – Bukovica, Hidrogeološka studija, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 6193, str. 134.

Fritz, F. (1983): Pregrada na Vranskom jezeru – idejno rješenje, geološko istražni radovi, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 270/83, str. 24.

Fritz, F. (1984): Postanak i starost Vranskog jezera kod Biograda na moru, Geološki vjesnik, Vol. 37, 231-243.

Fritz, F. & Pavičić, A. (1975): Bokanjačko blato, Hidrogeološki radovi za glavni projekt injekcione zavjese, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 266/75, str 15.

Fritz, F., Pavičić, A., Renić, A. (1994): Crpilišta zadarskog vodovoda. Hidrogeološki istražni radovi za prijedlog zona sanitarne zaštite, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 70/94, str. 26.

Fuček, L., Matičec, D., Vlahović, I., Oštrić, N. (1997): Geološka karta istočne strane Vranskog jezera M 1:5000 s izdvojenim litostratigrafskim jedinicama, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 20/97, str. 15.

Ghilardi, M., Kunesch, S., Styllas, M., Fouache, E. (2008): Reconstruction of Mid-Holocene sedimentary environments in the central part of the Thessaloniki Plain (Greece), based on microfaunal identification, magnetic susceptibility and grain-size analyses, Geomorphology 97, 617-630.

Gibbard, P.L. (2007): Climatostratigraphy, In: Elias, S.A. (ed.) Encyclopedia of Quaternary Science. Elsevier, Amsterdam, 2819-2825.

Giraudi, C., Magny, M., Zanchetta, G., Drysdale, R.N. (2011): The Holocene climatic evolution of Mediterranean Italy: A review of the continental geological data, The Holocene 21, 105-115.

Glew, J.R., Smol, J.P., Last, W.M. (2001): Sediment core collection and extrusion. In: Last, W.M. & Smol, J.P. (Eds.), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Basin Analysis, Coring and Chronological Techniques, Developments in Paleoenvironmental Research Vol. 1, Springer, 73-105.

Gligora, M., Plenković-Moraj, A., Kralj, K., Grigorszky, I., Peroš-Pucar, D. (2007): The relationship between phytoplankton species dominance and environmental variables in a shallow lake (Lake Vrana, Croatia), Hydrobiologia 584, 337-346.

Grüger, E. (1996): Vegetational change. In: Chapman, J., Shiel., R., Batović, Š. (eds.): The changing face of Dalmatia, archaeological and ecological studies in a Mediterranean landscape, Leichester Univ. Press, Leichester, 33-43.

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

Håkanson, L. & Jansson, M. (2002): Principles of lake sedimentology , The Blackburn Press, USA, str. 316.

Hamann, Y., Ehrmann, W., Schmiedl, G., Kuhnt, T. (2009): Modern and late Quaternary clay mineral distribution int he area oft he SE Mediterranean Sea, Quaternary Research 71, 453-464.

Haskell, B.J., Engstrom, R., Fritz, S.C. (1996): Late Quaternary paleohydrology in the North American Great Plains inferred from the geochemistry of endogenic carbonate and fossil ostracodes from Devils Lake, North Dakota, USA, Palaegeography, Palaeclimatology, Palaeoecology 124, 179-193.

Heaton, T.J., Blackwell P.G., Buck C.E. (2009): A Bayesian approach to the estimation of radiocarbon calibration curves: the IntCal09 methodology, Radiocarbon 51(4), 1151-1164.

Hinderer, M. & Einsele, G. (2001): The world's large lake basins as denudation-accumulation systems and implications for their lifetimes. Journal of Paleolimnology 26, 355-372.

Huntley, B., Watts, W.A., Allen, J.R.M., Zolitschka, B. (1999): Palaeoclimate, chronology and vegetation history of the Weichselian Lateglacial: comparative analysis of data from three cores at Lago Grande di Monticchio, southern Italy, Quaternary Science Reviews 18, 945-960.

Hutchinson, G.E. (1957): A Treatise on Limnology: Introduction to lake biology and the limnoplankton, New York, Wiley, str. 1115.

Ilijanić, N., Miko, S., Hasan, O. (2013): Paleolimnološka istraživanja Vranskog jezera kod Biograda – I. faza, Fond stručne dokumentacije, Hrvatski geološki institut, Znanstvena studija br. 34/13, Zagreb, str. 75.

Ivičić, D. & Buljan, R. (2002): Studija o utjecaju na okoliš odvodnje viška vode iz Vrgoračkog polja, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 34/02, str. 25.

Ivičić, D. & Pavičić, A. (1996): Hidrogeološki istražni radovi za prijedlog zona sanitarne zaštite za izvore Klokun i Modro Oko, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 62/96, str. 54.

Jackson, M.L. (1956): Soil Chemical Analysis-Advanced course: Published by the author, Department of soil analysis, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, str. 991.

Jahns, S. & van den Bogaard, C. (1998): New palynological and tephrostratigraphical investigations of two salt lagoons on the island of Mljet, south Dalmatia, Croatia, Vegetation History and Archaeobotany 7, 219-234.

Jasmund, K. & Lagaly, G. (1992): Tonminerale und Tone: Strukturen, Eigenschaften, Anwendung und Einsatz in Industrie und Umwelt, Steinkopff Verlag, Darmstadt.

Jasprica, N. (2007): Flora delte Neretve: Biljni svijet u delti Neretve, Regionalni centar zaštite okoliša za Srednju i Istočnu Europu, Mađarska, str. 36.

Jasprica, N., Carić, M., & Batistić, M. (2003). The marshland vegetation (Phragmito-Magnocaricetea, Isoeto-Nanojuncetea) and hydrology in the Hutovo Blato Natural park (Neretva River delta, Bosnia and Herzegovina). Phyton (Horn), 43, 281-294.

Joannin, S., Brugiapaglia, E., de Beaulieu, J.-L., Bernardo, L., Magny, M., Peyron, O., Goring, S., Vanniere, B. (2012): Pollen based reconstruction of Holocene vegetation and climate in southern Italy: the case of Lago Trifoglietti, Climate of the Past 8, 1973-1996.

Jones, B.F. & Bowser, C.J. (1978): The mineralogy and related chemistry of lake sediments. U: Lerman, A. (ed.) Lakes: Chemistry, Geology, Physics. Springer-Verlag, New York: 179-235.

Jones, M.D. & Roberts, N. (2008): Interpreting lake isotope records of Holocene environmental change in the Eastern Mediterranean, Quaternary International 181, 32-38.

JU (Javna Ustanova) PP Vransko jezero (2010): Plan upravljanja Parkom prirode Vransko jezero, str. 163.

Juggins, S. (2011): C2 data analysis, version 1.7.4., software for ecological and palaeooecological dana analysis and visualisation, Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK.

Juračić, M. (1998): O nastanku i promjenama delte rijeke Neretve, Dubrovnik 4, 228-232.

Kapelj, S. (1997): Hidrogeokemijske značajke Vranskog jezera na otoku Cresu, Disertacija, Rudarsko geološko-naftni fakultet, Zagreb, str. 96.

Kapelj, J. (2002.): Strukturni sklop šireg područja Promine u sjevernoj Dalmaciji i odraz na hidrogeološke odnose, doktorska disertacija, PMF, Zagreb.

Klug, H.P. & Alexander, L.E. (1974): X-ray difrfaction procedures for polycrystaline and amorphous materials, John Wiley & Sons, New York, str. 966.

Koeck, R. (ed.) (2012): CC-WaterS Monograph. Climate Change and Impact on Water Supply, Vienna, str. 215.

Koinig, K.A., Shotyk, W., Lotter, A.F., Ohlendorf, C., Sturm, M. (2003): 9000 years of geochemical evolution of lithogenic major and trace elements in the sediment of an alpine lake — the role of climate, vegetation, and land-use history, Journal of Paleolimnology 30, 307–320.

Köppen, W. (1900): Versuch einer klassifikation der klimate, vorzugsweise nach ihren beziehungen zur pflanzenwelt. Geogr. Z. 6, 593–611.

Korbar, T., 2009. Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates. Earth-Science Review 96/4, 296-312.

Korponai, J., Varga, K.A., Lengre, T., Papp, I., Toth, A., Graun, M. (2011): Paleolimnological reconstruction of the trophic state in Lake Balaton (Hungary) using Cladocera remains, Hydrobiologia 676, 237-248.

Kovács, J., Varga, G., Dezso, J. (2008): Comparative study on the Late Cenozoic red clay deposits from China and Central Europe (Hungary), Geological Quarterly 52, 369-381.

Kovacz, J., Fabian, S.A., Varga, G., Ujvari, G., Varga, G., Dezso, J. (2011): Plio-Pleistocene red clay deposits int he Pannonian Basin: A review, Quaternary International 240, 35-43.

Kretz, R. (1983): Symbols for rock-forming minerals, American Mineralogist 68, 277-279.

Krumm, S. (1994): Centrifuge: Calculates settling times for grain-size separation by centrifuge methods.

Lambeck, K., Antonioli, F., Purcell, A., Silenzi, S. (2004): Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr, Quaternary Science Reviews 23, 1567-1598.

Lane, C. S., Andrić, M., Cullen, V. L., Blockley, S. P. E. (2011): The occurrence of distal Icelandic and Italian tephra in the Lateglacial of Lake Bled, Slovenia, Quaternary Science Reviews 30, 1013-1018.

Last, W.M. (2001): Mineralogical analysis of lake sediments. In: Last, W.M. & Smol, J.P. (Eds.), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Geochemical Methods, Developments in Paleoenvironmental Research Vol. 2, Springer, 143–187.

Last, W.M. & Smol, J.P. (2001): Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Geochemical Methods, Developments in Paleoenvironmental Research Vol. 2, Springer, str. 504.

Lauterbach, S., Chapron, E., Brauer, A., Hüls, M., Gilli, A., Ernaud, F., Piccin, A., Nomade, J., Desmet, M., von Grafenstein, DecLakes Participants (2012): A sedimentary record of Holocene surface runoff events and earthquake activity from Lake Iseo (Southern Alps, Italy), The Holocene 22/7, 749-760.

Leng, M.J., Baneschi, I., Zanchetta, G., Jey, C.N., Wagner, B., Vogel, H. (2010): Late Quaternary palaeoenvironmental reconstruction from Lakes Ohrid and Prespa (Macedonia/Albania border) using stable isotopes, Biogeosciences 7, 3109-3122.

Leng, M.J., Wagner, B., Boehm, A., Panagiotopoulos, K., Vane, C.H., Snelling, A., Haidon, C., Woodley, E., Vogel, H., Zanchetta, G., Baneschi, I. (2013): Understanding past climatic and hydrological variability in the Mediterranean from Lake Prespa sediment isotope and geochemical record over the Last Glacial cycle, Quaternary Science Reviews 66, 123-136.

Lezine, A.M., von Grafenstein, U., Anderson, N., Belmecheri, S., Bordon, A., Caron, B., Cazet, J.P., Erlenkeuser, H., Fouache, E., Grenier, C., Huntsman-Mapila, P., Hureau-Mazaudier, D., Manelli, D., Mazaud, A., Robert, C., Sulpizio, R., Tiercelin, J.J., Zanchetta, G., Zeqollari, Z. (2010): Lake Ohrid, Albania, provides an exceptional multi-proxy record of environmental changes during the last glacial-interglacial cycle, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 287, 116-127.

Lionello, P. (2012): The climate of the Mediterranean region: From past to the future. Elsevier insights, 1st edition, str. 502.

Lorenz, J. (1859): Der Vrana See (Krahen-See) auf Cherso, Petermanns geogr. Mitt. 1, Gotha , str 530.

Lowe, J.J., Blockley, S., Trincardi, F., Asioli, A., Cattaneo, A., Matthews, I.P., Pollard, M., Wulf, S. (2007): Age modelling of late Quaternary marine sequences in the Adriatic: towards improved precision and accuracy using volcanic event stratigraphy. Continental Shelf Research 27, 560–582.

Lugović, B. & Majer, V. (1983): Eruptivi Senjske drage (Vratnika) kod Senja (Hrvatska, Jugoslavija), Geološki vjesnik 36, 157-181.

Lundqvist, G. (1938): Sjösediment från Bergslagen (Kolbäcksåns vattenområde). Sver Geol Unders Ser C 420, 1-186.

Lucchini, F., Dinelli, E., Calanchi, N. (2003): Chemostratigraphy of Lago Albano sediments (Central Italy): geochemical evidence of palaeoenvironmental change sin late Quaternary, Journal of Paleolimnology, 29, 109-122.

Magaš, N. (1965): O depresiji Vranskog jezera na otoku Cresu i geološkim odnosima njegovog užeg područja, Geološki vjesnik 18/2, 255-261.

Magaš, N. (1968): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Cres L33-113, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1965); Savezni geološki zavod, Beograd.

Magaš, N. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Cres L33-113, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1965); Savezni geološki zavod, Beograd, str. 42.

Magaš, N., Marinčić, S., Benček, Đ. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Ploče K33-35, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972); Savezni geološki zavod, Beograd, str. 52.

Magny, M. & Combourieu Nebout, N. (2013): Holocene changes in environment and climate in the central Mediterranean as reflected by lake and marine records, Climate of the Past 9, 1447-1454.

Magny, M., de Beaulieu, J.L., Drescher-Schneider, R., Vanniere, B., WalterSimonnet, A.-V., Miras, Y., Millet, L., Bossuet, G., Peyron, O., Brugiapaglia, E., Leroux, A. (2007a): Holocene climate changes in the central Mediterranean as recorded by lake-level fluctuations at Lake Accesa (Tuscany, Italy), Quaternary Science Reviews 26, 1736-1758.

Magny, M., Vanniere, B., de Beaulieu, J.L., Begeot C., Heiri, O., Millet, L., Peyron, O., Walter-Simonnet, A.V. (2007b): Early-Holocene climatic oscillations recorded by lake-level fluctuations in west-central Europe and in central Italy, Quaternary Science Reviews 26, 1951-1964.

Magny, M., Galop, D., Bellintani, P., Desmet, M., Didier, J., Haas, J.N., Martinelli, N., Pedrotti, A., Scandolari, R., Stock, A., Vanniere, B. (2009a): Late-Holocene climatic variability south of the Alps as recorded by lake-level fluctutations at Lake Ledro, Trenrino, Italy, The Holocene 19, 4, 575-589.

Magny, M., Vanniere, B., Zanchetta, G., Fouache, E., Touchais, G., Petrika, L., Coussot, C., Walter-Simonnet, A. V., and Arnaud, F. (2009b): Possible complexity of the climatic event around 4300- 3800 cal BP in the central and western Mediterranean, Holocene 19, 823-833.

Magny, M., Vanniere, B., Calo, C., Millet, L., Leroux, A., Peyron, O., Zanchetta, G., La Mantia, T., Tinner, W. (2011): Holocene hydrological changes in south-western Mediterranean as recorded by lake-level fluctutations at Lago Preola, a coastal lake in southern Sicily, Italy, Quaternary Science Reviews 30, 2459-2475.

Maher, B.A. (2011): The magnetic properties of Quaternary Aeolian dusts and sediments, and their palaeoclimatic significance, Aeolian Research 3 (2), 87-144.

Majcen, Ž. & Korolija, B. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Zadar L33-139, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1967); Savezni geološki zavod, Beograd, str. 44.

Majcen, Ž., Korolija, B., Sokač, B., Nikler, L. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Zadar L33-139, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1963-1969); Savezni geološki zavod, Beograd.

Mamužić, P. & Nedela-Devide, D. (1968): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Biograd K33-7, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1963); Savezni geološki zavod, Beograd.

Mamužić, P. & Nedela-Devide, D. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Biograd K33-7, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1963); Savezni geološki zavod, Beograd, str. 27.

Mamužić, P. (1971): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Šibenik K33-8, Institut za geološka istraživanja, Zagreb Savezni geološki zavod, Beograd.

Mamužić, P. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Šibenik K33-8, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1966); Savezni geološki zavod, Beograd, str. 37.

Marinčić, S., Magaš, N., Benček, Đ. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Ploče K33-35, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1967-1971); Savezni geološki zavod, Beograd.

Marković-Marjanović, J.(1975): Lesni plato Pakoštana nedaleko od Vranskog jezera kod Biograda na moru-severni jadran. Glasnik Prirodnoslovnog muzeja u Beogradu, serija A, knjiga 30, str. 221-233.

Martinson, D.G., Pisias, N.G, Hays, J.D., Imbrie, J.D., Moore, T.C., Shackleton, N.J. (1987): Age Dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy, Quaternary Research 27**,** 1-29.

Mayer, E. (1873): Der Vrana See auf der Insel Cherso im Adriatischen Meere, Mitt. Geogr. Gesell., 16, Wien, 241-248.

Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Stager, J.C., Karlen, W., Maasch, K.A., 2004. Holocene climate variability, Quaternary Research 62/3, 243–255.

Mesić, S. (1999): Raspodjela odabranih elemenata u tragovima u recentnom sedimentu Vranskog jezera na Cresu, Magistarski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, str. 84.

Mesić , S. (2004): Antropogeni utjecaj na geokemijski sastav holocenskih sedimenata Vranskog jezera na Cresu, Doktorska disertacija, PMF, Sveučilište u Zagrebu, str. 186.

Mesić, S., Miko, S., Prohić, E., Singer, D. (2005): Nastanak i budućnost Vranskog jezera na Cresu – morfogeneza, geokemija sedimenata, funkcioniranje, opterećenje i zaštita sustava, PMF Geološki odsjek, Znanstvena studija, Zagreb, str. 264.

Mesić, S., Miko, S., Hasan, O., Bakrač, K., Koch, G., Šparica Miko, M. (2007): Nastanak i budućnost Vranskog jezera na otoku Cresu – Utjecaj promjene klime i upotrebe zemljišta tijekom holocena na razine Vranskog jezera, Fond stručne dokumentacije, Hrvatski geološki institut, Znanstvena studija br. 29/1, Zagreb, str. 135.

Meunier, A. (2005): Clays, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, str. 472.

Meunier, A. & Velde, B. (2010): Illite, Springer, str. 286.

Meyers, P.A. & Teranes, J.L. (2001): Sediment organic matter. In: Last, W.M., Smol, J.P. (Eds.), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Geochemical Methods, Developments in Paleoenvironmental Research Vol. 2, Springer, 239-269.

Miko, S., Mesić, S., Prohić, E. i Peh, Z. (2003): Trace element distribution in surface sediments of Lake Vrana and topsoil of Cres island, Croatia, Natura Croatica 12/2, 93-111.

Miko, S., Mesić, S., Šparica Miko, M., Hasan, O. (2008): A record of anthropogenic Pb deposition in a Mediterranean karst catchment (Lake Vrana, Cres Island, Croatia), Mineralogical Magazine, 72/1, 455-460.

Milanković, M. (1920): Theorie Mathematique des Phenomenes Thermiques produits par la radiation Solaire, Gauthier-Villars, Paris, str. 338.

Moore, D.M. & Reynolds, R.C. (1997): X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals, Second edition, Oxford Univ. Press, Oxford, str. 378.

Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M. (1991): Pollen Analysis (2 edition), Blackwell Science Publication, London, str. 216.

Mrakovčić, M., Mišetić, S., Plenković-Moraj, A., Razlog Grilca, J., Mihaljević, Z., Ćaleta, M., Mustafić, P., Kerovec, M., Pavlinić, I., Zanella, D., Buj, I., Brigić, A., Gligora, M., Kralj, K. (2004): Kategorizacija i inventarizacija floristićkih i faunističkih vrijednosti Parka prirode „Vransko jezero“, Zoologijski zavod Biološkog odsjeka PMF, Zagreb, str. 239.

Müller, G., Irion, G., Forstner, U. (1972): Formation and diagenesis of inorganic CaMg carbonates in the lacustrine environment, Naturwissenschaften, 59, 158-164.

Munsell Color (1994), Munsell Soil Color Charts Revised Edition, Munsell Color, GretagMacbeth, New Windsor, NY.

Murphy, D.H. & Wilkinson, B.H. (1980): Carbonate deposition and facies distribution in a central Michigan marl lake, Sedimentology 27, 123-135.

Naeher, S., Gilli, A., North, R.P., Hamann, Y., Schubert, C.J. (2013): Tracing bottom waters oxygenation with sedimentary Mn/Fe ratios in Lake Zurich, Switzerland, Chemical Geology 352, 125-133.

Nolan, S.R., Bloemendal, J., Boyle, J.F, Jones, R.T, Oldfield, F., Whitney, M. (1999): Mineral magnetic and geochemical record of late Glacial climate change from two northwest European carbonate lakes, Joural of Paleolimnology 22, 97-107.

Och, L.M., Müller, B., Voegelin, A., Ulrich, A., Göttlicher, J., Steiniger, R., Mangold, S., Vologina, E.G., Sturm, M. (2012): New insights into the formation and burial of Fe/Mn accumulations in Lake Baikal sediments, Chemical Geology 330-331, 244-259.

Ohlendorf C, Sturm M, Hausmann S (2003) Natural environmental changes and human impact reflected in sediments of a high alpine lake in Switzerland, Journal of Paleolimnology 30, 297–306.

Oldfield, F., Asioli, A., Juggins, S., Langone, L., Rolph, T.,Trincardi, F., Wolff, G., Gibbs, Z., Vigliotti, L., Frignani, M., Van der Post, K. (2003): A high resolution Late-Holocene palaeo-environmental record from the Adriatic Sea: core RF 93-30. Quaternary Science Reviews 22, 161-184.

Ožanić, N. (1996): Hidrogeološki model funkcioniranja Vranskog jezera na otoku Cresu. Disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, str. 139.

Panagiotopoulos, K., Aufgebauer, A., Schäbitz, F., Wagner, B. (2013): Vegetation and climate history of the Lake Prespa region since the Late glacial, Quaternary International 293, 157-169.

Parlagreco, L., Mascioli, F., Miccadei, E., Antonioli, F., Gianolla, D., Devoti, S., Leoni, G., Silenzi, S. (2011): New data on Holocene relative sea level along the Abruzzo coast (central Adriatic, Italy), Quaternary International 232, 179-186.

Pentecost, A. (2009): The marl lakes of the British Isles, Freshwater Reviews 2, 167-197.

Petrik, M. (1957): Hidrološki režim jezera Vrana, Krš Jugoslavije 1, JAZU, Zagreb, 109-192.

Peyron, O., Goring, S., Dormoy, I., Kotthoff, U., Pross, J., De Beaulieu, J.L., Drescher-Schneider, R., Vannière, B., Magny, M. (2011): Holocene seasonality changes in the central Mediterranean region reconstructed from the pollen sequences of Lake Accesa (Italy) and Tenaghi Philippon (Greece), The Holocene 21, 131-146.

Peyron, M., Magny, M., Goring, S., Joannin, S., de Beaulieu, A.L., Brugiapaglia, E., Sadori, L., Garfi, G., Kouli, K., Ioakim, C., Combourieu-Nebout, N. (2013): Contrasting patterns of climatic changes during the Holocene across the Italian Peninsula reconstructed from pollen dana, Climate of the Past 9, 1233-1252.

Piva, A., Asioli, A., Trincardi, F., Schneider, R.R., Vigliotti, L. (2008): Late-Holocene climate variability in the Adriatic Sea (Central Mediterranean), The Holocene 18, 1, 153-167.

Platt, N.H. & Wright, V.P. (1991): Lacustrine carbonates: facies models, facies distributions and hydrocarbon aspects. In: Lacustrine Facies Analysis (Eds: P. Anadon, L. Cabrera and K. Kelts), International Association of Sedimentologists Special Publication 13, 55-73.

Poljak, J. (1947): Izvještaj o geološkim istraživanjima jezera Vrana na otoku Cresu, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 701, str. 4.

Prelogović, E., Pribičević, B., Ivković, Ž., Dragičević, I., Buljan, R., Tomljenović, B. (2003): Recent structural fabric of the Dinarides and tectonically active zones important for petroleum-geological exploration in Croatia, Nafta 55 (4), 155-161.

R Core Team (2013): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Ver 3.0.1, Vienna, Austria.

Raić, V. & Papeš, J. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Metković K33-36, Institut za geološka istraživanja, Sarajevo (1971); Savezni geološki zavod, Beograd, str. 43.

Raić, V. & Papeš, J. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Imotski K33-23, Institut za geološka istraživanja, Sarajevo (1968); Savezni geološki zavod, Beograd, str. 51.

Raić, V., Papeš, J., Behlilović, S., Crnolatac, I., Mojičević, M., Ranković, M., Slišković, T., Đorđević, B., Golo, B., Ahac, A., Luburić, P., Marić, Lj. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Metković K33-36, Institut za geološka istraživanja, Sarajevo (1958-1971); Savezni geološki zavod, Beograd, 1975.

Raić, V., Ahac, A., Papeš, J. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Imotski K33-23, Institut za geološka istraživanja, Zagreb Savezni geološki zavod, Beograd.

Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W., Richards, D.A., Southon, J.R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C.E. (2009): IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-500,000 years Cal BP, Radiocarbon 51 (4), 1111-1150.

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., van der Plicht, J. (2013): IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon 55: 1869-1887.

Renssen, H., Isarin, R.F.B., Jacob, D., Podzun, R., Vandenberghe, J. (2001): Simulation of the Younger Dryas climate in Europe using a regional climate model nested in an AGCM: preliminary results, Global and Planetary Change 30, 41-57.

Retallack, G.J. (2001): Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology, 2nd edition, Blackwell Science, str. 404.

Rietveld, H. M. (1969): A profile refinement method for nuclear and magnetic structures, Journal of Applied Crystallography 2, 65-71.

Roberts, N., Jones, M.D., Benkaddour, A., Eastwood, W.J., Filippi, M.L., Frogley, M.R., Lamb, H.F., Leng, M.J., Reed, J.M., Stein, M., Stevens, L., Valero-Garces, B., Zanchetta, G. (2008): Stable isotope records of Late Quaternary climate and hydrology from Mediterranean lakes: the ISOMED synthesis. Quaternary Science Reviews 27, 2426-2441.

Roberts, N., Eastwood, W.J., Kuzucuoglu, C., Fiorentino, G., Caracuta, V. (2011): Climatic, vegetation and cultural change in the eastern Mediterranean during thr mid-Holocene environmental transition, The Holocene 21, 1, 147-162.

Roberts, N., Moreno, A., Valero-Garces, B.L., Corella, J.P., Jones, M., allcock, S., Woodbridge, J., Morellon, M., Luterbacher, J., Xoplaki, E., Türkes, M. (2012): Paleolimnological evidence for an east-west climate sea-saw in the Mediterranean since AD 900, Global and Planetary Change 84-85, 23-34.

Romić, D., Petošić, D., Romić, M., Ondrašek, G., Dolanjski, D., Salopek, Z., Zovko, M., Husnjak, S., Vidaček, Ž., Sraka, M., Juračak, J., Borošić, J., (2006): Plan navodnjavanja za područje Zadarske županije, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 207.

Rohling, E.J., Jorissen, F.J., De Stigter, H.C. (1997): 200 year interruption of Holocene sapropel formation in the Adriatic Sea, Journal of Micropalaeontology 16, 97–108.

Rubinić, J. & Ožanić, N. (1992): Hidrološke karakteristike Vranskog jezera na otoku Cresu. Građevinar, 44/92, 521-530.

Sadori, L., Ortu, E., Peyron, O., Zanchetta, G., Vanniere, B., Desmet, M., Magny, M. (2013): The last 7 millennia of vegetation and climate changes at Lago di Pergusa (central Sicily, Italy), Climate oft he Past 9, 1969-1984.

Santacroce, R., Cioni, R., Marianelli, P., Sbrana, A., Sulpizio, R., Zanchetta, G., Donahue, D.J. (2008): Age and whole rock-glass compositions of proximal pyroclastics from the major explosive eruptions of Somma-Vesuvius: a review as a tool for distal tephrostratigraphy, Journal of Volcanology and Geothermal Research 117, 1–18.

Scheffer, M. (1998): Ecology of Shallow Lakes, Chapman & Hall, London, str. 357.

Schmidt, R., Müller, J., Drscher-Schneider, R., KrisaI, R., Szeroczynska, K., Barić A. (2000): Changes in lake level and trophy at Lake Vrana, a large karstic lake on the Island of Cres (Croatia), Journal of Limnology, 59(2), 113-130.

Schmidt, R., Pugliese, N., Müller, J., Szeroczynska, K., Bogner, D., Melis, R., Kamenik, C., Barič, A., Danielopol, D.L. (2001): Paleoclimate, vegetation and coastal lake development, from Upper Pleniglacial until Early Holocene, in the northern Adriatic Valun Bay (Isle of Cres, Croatia), II Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 14(1), 61-78.

Schroeder, J. H. (1973): Submarine and vadose cements in Pleistocene Bermuda reef rocks, Sedimentary Geology 10, 179-204.

Sheldon, N.D. & Tabor, N.J. (2009): Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosoils. Earth Science Reviews 95, 1-52.

Shepard, F.P. (1954): Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J. Se. Pet. 24, 151-158.

Shotyk, W., Weiss, D., Appleby, P.G., Cheburkin, A.K., Frei, R., Gloor, M., Kramers, J.D., Reese, S., & Van der Knaap, W.O. (1998): History of atmospheric lead deposition since 12,370 ^{14}C yr BP recorded in a peat bog profile, Jura Mountains, Switzerland, Science 281, 1635-1640.

Siani, G., Sulpizio, R., Paterne, M., Sbrana, A. (2004): Tephrostratigraphy study for the last 18,000 14 C years in a deep-sea sediment sequence for the South Adriatic, Quaternary Science Review 23, 2485–2500.

Siani, G., Magny, M., Paterne, M., Debret, M., Fontugne, M. (2013): Paleohydrology reconstruction and Holocene climate variability in the South Adriatic Sea, Climate of the Past 9, 499-515.

Simonneau, A., Chapron, E., Vanniere, B., Wirth, S.B., Gilli, A., Di Giovanni, C., Anselmetti, F.S., Desmet, M., Magny, M. (2013): Mass-movement and flood-induced deposits in lake Ledro, southern Alps, Italy: implications for Holocene palaeohidrology and natural hazards, Climate of the Past 9, 825-840.

Singer, A. (1984): The Paleoclimatic Interpretation of Clay Mineral sin Sediments – A Review, Earth Science reviews 21, 251-293.

Solotchina, E.P., Prokopenko, A.A., Kuzmin, M.I., Solotchin, P.A., Zhdanova, A. N. (2009): Climate signals in sediment mineralogy of Lake Baikal and Lake Hovsgol during the LGM-Holocene transition and the 1-Ma carbonate record from the HDP-04 drill core. Quaternary International 205, 38-52.

StatSoft, Inc. (2006): STATISTICA (data analysis software system), version 7.1, Tulsa, SAD.

Stajić (1991): Rezultati geodetsko-hidrografskih istraživačkih radova na Vranskom jezeru (otok Cres), Hidrografski institut, Split.

St-Onge, G., Mulder, T., Francus, P., Long, B. (2007): Chapter two: continuous properties of cored marine sediments. In: Hillaire, C., Anthony, E.J. (Eds.), Proxies in Late Cenozoic. Paleoceanography. University of Quebec, Montreal, 63–98.

Stražičić, N. (1981): Otok Cres. Otočki ljetopis Cres-Lošinj 4, str. 344.

Stroj, A. (2012): Vransko jezero: Hidrogeološka istraživanja, Fond stručne dokumentacije, Hrvatski geološki institut, Zagreb, br. 03/12, str. 39.

Stuiver, M. & Braziunas, T.F. (1993): Modeling atmospheric ^{14}C influences and ^{14}C ages of marine samples to 10,000 BC, Radiocarbon 35(1), 137-189.

Stumm, W. & Morgan, J.J. (1996): Aquatic chemistry: Chemical Equlibria and Rates in Natural Waters, John Wiley and Sons, str. 1022.

Sulpizio, R., Bonasia, R., Dellino, P., Di Vito, M.A., La Volpe, L., Mele, D., Zanchetta, G., Sadori, L. (2008): Discriminating the long distance dispersal of fine ash from sustained columns or near ground ash clouds: the example of the Pomici di Avellino eruption (Somma-Vesuvius, Italy), Journal of Volcanology and Geothermal research 177, 263–276.

Sulpizio, T., van Welden, A., Caron, B., Zanchetta, G. (2009): The Holocene tephrostratigraphic record of Lake Shkodra (Albania and Montenegro), Journal of Quaternary Science 25/5, 633-650.

Surić, M. & Juračić, M. (2010): Late Pleistocene-Holocene environmental changes – records from submerged speleothems along the Eastern Adriatic coast (Croatia), Geologia Croatica 63/2, 155-169.

Surić, M., Juračić, M., Horvatinčić, N., Krajcar Bronić, I. (2005): Late Pleistocene – Holocene sea level rise and the pattern of coastal karst inundation – records from submerged speleothems along the Eastern Adriatic Coast (Croatia), Marine Geology 214 (1-3), 163-175.

Šegota, T., (1975): Klima. Sjeverno Hrvatsko primorje. Geografija SR Hrvatske, 5, Zagreb.

Šegota, T., Filipčić, A. (2001): Hipotetska starost Vranskog Jezera na Cresu. Acta Geographica Croatica, 35, 45-56.

Šiljeg, A., Fabulić, M., Lozić, S. (2013): Batimetrijsko istraživanje Vranskog jezera, 9. savjetovanje Kartografija i geoinformacije, Zadar.

Šoštarić, R. (2005): The development of postglacioal vegetation in coastal Croatia, Acta Botanica Croatica, 64 (2), 383-390.

Talma, A.S. & Vogel, J.C. (1993): A simplified approach to calibrating ^{14}C dates, Radiocarbon, 35, 2, 317-322.

Tanner, P.A. & Wai Ting Tung, J. (2003): Instrumental determination of organic carbon in marine sediments, Marine Chemistry 80, 161-170.

Terzić, J. & Lukač Reberski, J. (2013): Hidrogeološki elaborat zona sanitarne zaštite crpilišta zadarskog vodovoda (Zdenci B-4 i B-5, Jezerce, Oko, Boljkovac i Golubinka) u sklopu hidrogeološkog sustava Bokanjac-Poličnik, Hrvatski geološki institut, br. 07/13, str. 62.

Thiry, M. (2000): Palaeoclimatic interpretation of clay minerals in marine deposits: an outlook from the continental origin, Earth Science Reviews 49, 201-221.

Thompson, J.B., Schultze-Lam, S., Berveridge, T.J., Des Marais, D.J. (1997): Whiting events: biogenic origin due to the photosynthetic activity of cyanobacterial picoplankton, Limnology and Oceanography 42, 133-141.

Tomec, M, Teskeredžić, E., Teskeredžić, Z. (2009): Dinamika fitoplanktona u jezeru Vrana (otok Cres), Ribarstvo 67, 101-112.

Trinajstić, I. (1995): Plantgeographical division of forest vegetation of Croatia, Annales Forestales 20, 37-66.

Trinajstić, I. (2000): Pregled vegetacije Biokovskog područja, Ekološke monografije 5 (Biokovo 2), 13-37.

Trincardi, F., Cattaneo, A., Corregiari, A., Ridente, D. (2004): Evidence of soft sediment deformation, fluid escape, sediment failure and regional weak layers within the late Quaternary mud deposts of the Adriatic Sea, Marine Geology 213, 91-119.

Tsimplis, M.N., Raicich, F., Fenoglio-Marc, L., Shaw, A.G.P, Marcos, M., Somot, S., Bergamasco, A. (2012): Recent developments in understanding sea level rise at the Adriatic coasts, Physics and Chemistry of the Earth 40-41, 59-71.

Tucker, M.E. & Wright, V.P. (1990): Carbonate Sedimentology, Blackwell Scientific Publications, Oxford, str. 482.

Turney, C.S.M., Blockley, S.P.E., Lowe, J.J., Wulf, S., Branch, N.P., Mastrolorenzo, G., Swindle, G., Nathan, R., Pollard, A.M. (2008): Geochemical characterization of quaternary tephras from the Campanian province, Italy, Quaternary International 178, 288-305.

Vanniere, B., Power, M.J., Roberts, N., Tinner, W., Carrion, J., Magny, M., Bartlein, P., Colombaroli, D., Daniau, A.L., Fisinger, W., Gil-Romera, G., Kaltenrieder, P., Pini, R., Sadori, L., Turner, R., Valsecchi, V., Vescovi, E. (2011): Circum-Mediterannean fire activity and climate changes during the mid-Holocene environmental transition (8500-2500 cal. BP), The Holocene 21, 1, 53-73.

Vanniere, B., Magny, M., Joannina, S:, Simonneau, A., Wirth, S.B., Hamann, Y., Chapron, E., Gilli, A., Desmet, M., Anselmetti, F.S. (2013): Orbital changes, variation in solar acitvity and increased anthropogenic activities: controls on the Holocene flood frequency int he Lake Ledro area, Northern Itlay, Climate oft he Past 9, 1193-1209.

Velde, B. (2010): Origin and mineralogy of clays: Clays and the environment, Springer, str. 336.

Velde, B. & Meunier, A. (2008): The origin of clay minerals in soils and weathered rocks. Springer, str. 406.

Venkatarathnam, K. & Ryan, W.B.F. (1971): Dispersal patterns of clay minerals in the sediments of the eastern Mediterranean Sea, Marine Geology 11, 261-282.

Vigliotti, L., Verosub, K.L., Cattaneo, A., Trincardi, F., Asioli, A., Piva, A. (2008): Palaeomagnetic and rock magnetis analysis of Holocene deposits from the Adriatic Sea: detecting and dating short-term fluctutations in sediment supply, The Holocene 18, 1, 141-152.

Vincze, L., Kozák, M., Kovács-Pálffy, P., Papp, I., Püspöki, Z. (2005): Origin of red clays around Miskolc (North Hungary), Acta Mineralogica-Petrographica 46, 15-27.

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, 330-360.

Vogel, H., Zanchetta, G., Sulpizio, R., Wagner, B., Nowaczyk, N. (2009): A tephrostratigraphic record for the last glacialinterglacial cycle from Lake Ohrid, Albania and Macedonia, Journal of Quaternary Science 25/3, 320-338.

Vogel, H., Wagner, B., Zanchetta, G., Sulpizio, R., Rosén, P. (2010): A paleoclimate record with tephrochronological age control for the last glacial-interglacial cycle from Lake Ohrid, Albania and Macedonia, Journal of Paleolimnology 44, 295-310.

Vukosavljević, B. (2006): Prostorna diferencijacija Vrgoračkog područja na temelju krških prirodno-geografskih i društveno-geografskih obilježja, Geoadria 11/2, 241-281.

Wagner, B., Lotter, A.F., Nowaczyk, N., Reed, J.N., Schwalb, A., Sulpizio, R., Valsecchi, V., Wessels, M., Zanchetta, G. (2009): A 40,000-year record of environmental change from ancient Lake Ohrid (Albania and Macedonia), Journal of Paleolimnology 41, 407-430.

Wagner, B., Aufgebauer, A., Vogel, H., Zanchetta, G., Sulpizio, R., Damaschke, M. (2012): Late Pleistocene and Holocene contourite drift in Lake Prespa (Albania/F.Y.R. of Macedonia/Greece), Quaternary International 274, 112-121.

Walker, M. (2005): Quaternary Dating Methods, John Wiley & Sons, str. 286.

Walker, M., Johnsen, S., Olander Rasmussen, S., Popp, T., Steffense, J.P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L.C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D.J., Nakagawa, T., Newnham, R., Schwander, J. (2009): Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records, Journal of Quaternary Science 24 (1), 3-17.

Walker, M.J.C., Berkelhammer, M., Björck, S., Cwynar, L.C., Fisher, D.A., Long, A.J., Lowe, J.J., Newnham, R.M., Rasmussen, S.O., Weiss, H. (2012): Formal subdivision oft he Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integrationa of ice-core, marine and terrestial record) and the Subcomission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy), Journal of Quaternary Science 27/7, 649-659.

Weaver, C.E. (1989): Clays, muds and shales. Elsevier Science Pub. Co., str. 819.

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

Wulf, S., Kraml, M., Keller, J. (2008): Towards a detailed distal tephrostratigraphy in the Central Mediterranean: the last 20,000 yrs record of Lago Grande di Monticchio, Journal of Volcanology and Geothermal Research 177, 118–132.

Wunsam, S., Schmidt, R., Muller, J. (1999): Holocene lake development of two Dalmatian lagoons (Malo and Veliko jezero, Isle of Mljet) in respect to changes in Adriatic sea level and climate. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 146, 251-281.

X-Rite Incorporated (2009): ColorChecker Passport, RAW Color Power, SAD.

Zanchetta G., Drysdale R.N., Hellstrom J.C., Fallick A.E., Isola I., Gagan M.K., Pareschi, M.T (2007): Enhanced rainfall in the Western Mediterranean during deposition of sapropel S1: Stalagmite evidence from Corchia cave (Central Italy), Quaternary Science Reviews 26, 279-286.

Zanchetta, G., Sulpizio, R., Roberts, N., Cioni, R., Eastwood, W.J., Siani, G., Caron, B., Paterne, M., Santacroce, R. (2011): Tephrostratigraphy, chronology and climatic events of the Mediterranean basin during the Holocene: an overview, The Holocene 21, 33–52.

Zanchetta, G., Giraudi, C., Sulpizio, R., Magny, M., Drysdale, R.N., Sadori, L. (2012a): Constraining the onset of the Holocene “Neoglacial” over the central Italy using tephra layers, Quaternary Research 78, 230-247.

Zanchetta, G., van Welden, A., Baneschi, I., Drysdale, R., Sadori, L., Roberts, N., Giardini, M., Beck, C., Pascucci, V., Sulpizio, R. (2012b): Multiproxy record for the last 4500 years from Lake Shkodra (Albania/Montenegro), Journal of Quaternary Science 27/8, 780-789.

10. Prilozi

Prilog 1. Rezultati granulometrijskih analiza

Prilog 1.1 Rezultati granulometrijskih analiza Vranskog jezera na Cresu (VR-1A)
Prilog 1.2 Rezultati granulometrijskih analiza Bokanjačkog blata (BOK-2)
Prilog 1.3 Rezultati granulometrijskih analiza Vranskog jezera kod Biograda (PP VR-2)
Prilog 1.4. Rezultati granulometrijskih analiza Baćinskih jezera (BAJ-7)

Prilog 2. Rezultati kemijskih analiza

Prilog 2.1. Rezultati kemijskih analiza Vranskog jezera na Cresu (VR-1A)
Prilog 2.2. Rezultati kemijskih analiza Bokanjačkog blata (BOK-2)
Prilog 2.3. Rezultati kemijskih analiza Vranskog jezera kod Biograda (PP VR-2)
Prilog 2.4. Rezultati kemijskih analiza Baćinskih jezera (BAJ-7)

Prilog 3. Rezultati analiza ugljika i dušika (CN analiza)

Prilog 3.1. Rezultati CN analiza Vranskog jezera na Cresu (VR-1A)
Prilog 3.2. Rezultati CN analiza Bokanjačkog blata (BOK-2)
Prilog 3.3. Rezultati CN analiza Vranskog jezera kod Biograda (PP VR-2)
Prilog 3.4. Rezultati CN analiza Baćinskih jezera (BAJ-7)

Prilog 1.1. Rezultati granulometrijskih analiza Vranskog jezera na Cresu (VR-1A)

Uzorak	Vrlo krupni pijesak	Krupni pijesak	Srednji pijesak	Sitni pijesak	Vrlo sitni pijesak	PIJESAK	Vrlo krupni silt	Krupni silt	Srednji silt	Sitni silt	Vrlo sitni silt	SILT	GLINA
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0-1	0,01	0,05	0,27	1,18	3,80	5,31	9,14	16,20	21,28	20,73	14,99	82,34	12,35
5-6	0,00	0,03	0,21	0,98	3,39	4,62	8,61	15,92	21,52	21,32	15,49	82,86	12,52
10-11	0,04	0,22	0,88	2,72	6,55	10,41	12,27	17,80	20,05	17,55	11,95	79,63	9,95
15-16	0,00	0,01	0,11	0,62	2,56	3,30	7,46	15,28	22,15	22,74	16,54	84,17	12,52
20-21	0,00	0,00	0,04	0,36	1,97	2,38	7,06	16,37	24,79	24,56	15,91	88,69	8,93
25-26	0,00	0,03	0,21	1,10	4,05	5,39	10,47	18,83	23,72	20,94	12,95	86,92	7,69
30-31	0,01	0,09	0,49	1,95	5,71	8,25	12,30	19,32	22,23	18,77	11,62	84,24	7,51
35-36	0,00	0,01	0,12	0,78	3,36	4,27	9,81	19,11	25,00	21,99	13,01	88,94	6,79
40-41	0,00	0,02	0,18	0,98	3,74	4,92	10,02	18,54	23,86	21,38	13,34	87,15	7,93
45-46	0,00	0,04	0,28	1,31	4,43	6,06	10,78	18,64	23,04	20,38	12,90	85,74	8,20
50-51	0,00	0,02	0,14	0,80	3,26	4,21	9,22	17,88	23,91	22,11	14,13	87,24	8,55
55-56	0,00	0,02	0,17	0,91	3,45	4,55	9,32	17,57	23,29	21,73	14,28	86,18	9,27
60-61	0,01	0,07	0,36	1,51	4,64	6,59	10,58	17,70	21,86	19,94	13,43	83,51	9,90
65-66	0,01	0,05	0,30	1,33	4,28	5,96	10,15	17,52	22,11	20,42	13,80	84,00	10,04
70-71	0,00	0,01	0,07	0,43	1,91	2,41	6,09	13,57	21,26	23,45	18,22	82,58	15,01
72-73	0,03	0,14	0,62	2,06	5,30	8,15	10,64	16,52	19,92	18,66	13,59	79,32	12,53
80-81	0,01	0,06	0,32	1,29	3,91	5,59	9,03	15,65	20,50	20,29	15,19	80,66	13,75
85-86	0,02	0,12	0,54	1,89	5,06	7,63	10,47	16,60	20,25	19,01	13,75	80,07	12,30
89-90	0,02	0,10	0,47	1,67	4,61	6,87	9,82	16,01	20,08	19,38	14,41	79,70	13,43
94-95	0,01	0,06	0,32	1,28	3,86	5,54	8,86	15,37	20,24	20,23	15,37	80,08	14,38
100-101	0,03	0,15	0,66	2,21	5,70	8,74	11,36	17,35	20,39	18,45	12,85	80,40	10,85
105-106	0,01	0,06	0,33	1,31	3,93	5,64	9,00	15,54	20,35	20,21	15,23	80,32	14,04
110-111	0,01	0,06	0,29	1,19	3,67	5,22	8,61	15,19	20,26	20,45	15,63	80,14	14,64
115-116	0,01	0,04	0,25	1,08	3,46	4,85	8,37	15,10	20,44	20,78	15,87	80,57	14,58
120-121	0,01	0,05	0,27	1,13	3,57	5,02	8,50	15,18	20,40	20,64	15,74	80,46	14,51
125-126	0,01	0,05	0,28	1,16	3,64	5,14	8,64	15,36	20,50	20,60	15,58	80,69	14,18
130-131	0,00	0,03	0,17	0,80	2,83	3,82	7,45	14,41	20,55	21,63	16,82	80,86	15,32
135-136	0,01	0,06	0,33	1,35	4,19	5,93	9,69	16,64	21,28	20,29	14,43	82,33	11,74
140-141	0,02	0,10	0,49	1,80	4,99	7,40	10,56	16,95	20,69	19,24	13,63	81,07	11,53
145-146	0,01	0,05	0,28	1,17	3,71	5,22	8,85	15,68	20,80	20,64	15,35	81,32	13,46
150-151	0,00	0,03	0,18	0,86	3,05	4,12	7,93	15,07	21,03	21,57	16,27	81,88	14,00
165-166	0,01	0,05	0,28	1,16	3,64	5,13	8,65	15,38	20,54	20,62	15,57	80,76	14,11
170-171	0,00	0,03	0,18	0,86	3,03	4,11	7,89	14,99	20,95	21,55	16,32	81,70	14,19
175-176	0,01	0,04	0,25	1,09	3,49	4,88	8,44	15,22	20,55	20,79	15,79	80,79	14,33
180-181	0,00	0,03	0,17	0,80	2,85	3,84	7,50	14,48	20,60	21,63	16,77	80,98	15,17
185-186	0,02	0,12	0,57	2,02	5,45	8,19	11,22	17,51	20,79	18,80	12,96	81,28	10,52
190-191	0,00	0,02	0,13	0,70	2,72	3,57	7,60	15,15	21,69	22,31	16,50	83,25	13,18
195-196	0,01	0,04	0,24	1,04	3,42	4,74	8,40	15,31	20,76	20,98	15,81	81,26	14,00
200-201	0,00	0,02	0,15	0,79	3,03	3,99	8,31	16,16	22,38	22,11	15,59	84,54	11,47
205-206	0,01	0,04	0,25	1,11	3,62	5,02	8,83	15,88	21,15	20,90	15,32	82,08	12,90
210-211	0,01	0,09	0,45	1,69	4,76	7,01	10,25	16,71	20,69	19,47	13,94	81,06	11,93
215-216	0,00	0,02	0,18	0,89	3,22	4,31	8,48	16,05	21,95	21,71	15,53	83,72	11,97
220-221	0,01	0,04	0,26	1,13	3,66	5,10	8,83	15,79	20,99	20,79	15,34	81,75	13,15
225-226	0,01	0,07	0,35	1,41	4,25	6,09	9,66	16,42	20,96	20,11	14,50	81,66	12,25
230-231	0,01	0,05	0,29	1,23	3,87	5,45	9,13	16,03	20,99	20,55	15,04	81,74	12,81
235-236	0,01	0,06	0,34	1,37	4,19	5,97	9,64	16,48	21,10	20,22	14,52	81,95	12,08
240-241	0,02	0,10	0,50	1,82	5,08	7,51	10,76	17,22	20,88	19,21	13,41	81,47	11,01
245-246	0,01	0,07	0,39	1,56	4,71	6,73	10,58	17,56	21,64	19,81	13,48	83,07	10,19
250-251	0,03	0,17	0,70	2,30	5,81	9,00	11,41	17,25	20,19	18,28	12,81	79,94	11,05
255-256	0,01	0,06	0,32	1,32	4,10	5,80	9,53	16,44	21,17	20,35	14,61	82,10	12,09
257-258	0,01	0,08	0,43	1,66	4,86	7,05	10,68	17,46	21,36	19,57	13,43	82,50	10,46
260-261	0,02	0,10	0,50	1,78	4,90	7,30	10,36	16,67	20,49	19,25	13,84	80,62	12,08
265-266	0,01	0,09	0,46	1,70	4,77	7,04	10,25	16,68	20,64	19,44	13,94	80,95	12,01
268-269	0,00	0,02	0,15	0,79	2,99	3,96	8,14	15,80	22,02	22,04	15,87	83,87	12,18
270-271	0,02	0,10	0,47	1,70	4,71	7,00	10,06	16,34	20,34	19,38	14,16	80,28	12,72
275-276	0,01	0,06	0,31	1,29	4,01	5,67	9,35	16,22	21,03	20,40	14,82	81,81	12,51
280-281	0,01	0,04	0,23	1,05	3,50	4,83	8,69	15,82	21,25	21,07	15,45	82,28	12,89

Uzorak	Tip krivulje	FOLK AND WARD METODA (μm)				FOLK AND WARD METODA (Opis)			
cm		Pr.veličina	Sortir.	Asimetričnost	Zaoštr.	Pr.veličina	Sortiranost	Asimetr.	Zaoštr.
0-1	unimodalna	8,302	3,474	0,0000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
5-6	unimodalna	7,971	3,385	-0,0003	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
10-11	unimodalna	11,25	3,888	-0,0002	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
15-16	unimodalna	7,412	3,177	-0,0001	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
20-21	unimodalna	7,939	2,824	0,0001	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
25-26	unimodalna	9,963	3,120	0,0002	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
30-31	unimodalna	11,40	3,392	-0,0002	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
35-36	unimodalna	9,771	2,932	0,0000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
40-41	unimodalna	9,638	3,088	-0,0003	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
45-46	unimodalna	10,07	3,234	-0,0001	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
50-51	unimodalna	9,048	3,052	-0,0003	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
55-56	unimodalna	8,957	3,144	0,0002	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
60-61	unimodalna	9,645	3,440	0,0002	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
65-66	unimodalna	9,320	3,377	-0,0001	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
70-71	unimodalna	6,438	3,147	0,0003	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
72-73	unimodalna	9,345	3,886	-0,0001	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
80-81	unimodalna	8,011	3,624	0,0002	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
85-86	unimodalna	9,223	3,792	-0,0001	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
89-90	unimodalna	8,579	3,790	0,0000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
94-95	unimodalna	7,816	3,667	0,0000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
100-101	unimodalna	10,18	3,791	-0,0002	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
105-106	unimodalna	7,949	3,655	0,0001	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
110-111	unimodalna	7,631	3,635	-0,0002	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
115-116	unimodalna	7,508	3,569	-0,0003	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
120-121	unimodalna	7,589	3,592	-0,0005	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
125-126	unimodalna	7,721	3,585	-0,0003	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
130-131	unimodalna	6,947	3,440	-0,0001	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
135-136	unimodalna	8,737	3,510	0,0000	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
140-141	unimodalna	9,395	3,687	-0,0001	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
145-146	unimodalna	7,953	3,544	0,0002	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
150-151	unimodalna	7,382	3,406	0,0000	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
165-166	unimodalna	7,737	3,579	-0,0001	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
170-171	unimodalna	7,331	3,417	-0,0001	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
175-176	unimodalna	7,587	3,555	-0,0004	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
180-181	unimodalna	6,987	3,435	-0,0002	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
185-186	unimodalna	10,08	3,691	-0,0001	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
190-191	unimodalna	7,361	3,262	-0,0001	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
195-196	unimodalna	7,620	3,508	0,0000	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
200-201	unimodalna	8,008	3,219	-0,0001	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
205-206	unimodalna	8,029	3,473	-0,0004	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
210-211	unimodalna	9,106	3,673	0,0000	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
215-216	unimodalna	7,999	3,300	0,0000	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
220-221	unimodalna	7,991	3,503	-0,0002	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
225-226	unimodalna	8,638	3,575	-0,0004	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
230-231	unimodalna	8,220	3,530	0,0000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
235-236	unimodalna	8,646	3,544	-0,0004	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
240-241	unimodalna	9,624	3,655	-0,0002	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
245-246	unimodalna	9,598	3,484	0,0002	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
250-251	unimodalna	10,21	3,844	-0,0001	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
255-256	unimodalna	8,577	3,523	-0,0002	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
257-258	unimodalna	9,631	3,545	-0,0003	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
260-261	unimodalna	9,167	3,726	-0,0003	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
265-266	unimodalna	9,093	3,685	-0,0001	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
268-269	unimodalna	7,791	3,260	-0,0001	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
270-271	unimodalna	8,847	3,745	-0,0002	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
275-276	unimodalna	8,396	3,540	-0,0002	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
280-281	unimodalna	7,954	3,442	-0,0004	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja

Prilog 1.1. Rezultati granulometrijskih analiza Vranskog jezera na Cresu (VR-1A)

Uzorak	Vrlo krupni pijesak	Krupni pijesak	Srednji pijesak	Sitni pijesak	Vrlo sitni pijesak	PIJESAK	Vrlo krupni silt	Krupni silt	Srednji silt	Sitni silt	Vrlo sitni silt	SILT	GLINA
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
285-286	0,00	0,03	0,21	0,96	3,29	4,49	8,38	15,57	21,26	21,35	15,77	82,33	13,18
290-291	0,01	0,04	0,22	0,97	3,24	4,48	8,09	14,95	20,58	21,11	16,15	80,87	14,64
295-296	0,02	0,11	0,51	1,81	4,90	7,36	10,26	16,43	20,22	19,15	13,96	80,02	12,62
300-301	0,02	0,13	0,61	2,15	5,76	8,66	11,74	18,04	21,01	18,55	12,42	81,76	9,57
305-306	0,48	1,50	3,77	7,66	12,64	26,05	16,91	18,29	16,04	11,39	6,56	69,20	4,66
310-311	1,27	3,09	6,25	10,52	14,71	35,85	17,10	16,48	13,21	8,79	4,87	60,44	3,44
315-316	1,37	3,11	5,96	9,72	13,47	33,64	15,87	15,85	13,46	9,71	5,95	60,85	5,19
320-321	0,72	2,20	5,33	10,26	15,67	34,18	19,00	18,24	13,90	8,41	4,03	63,58	2,12
325-326	0,44	1,54	4,20	8,94	14,85	29,96	19,24	19,40	15,25	9,35	4,47	67,71	2,27
331-332	0,60	1,88	4,64	9,17	14,49	30,77	18,31	18,47	14,89	9,60	4,94	66,21	2,91
335-336	0,14	0,60	2,00	5,16	10,37	18,27	16,27	19,80	18,74	13,82	7,93	76,56	5,16
337-338	0,48	1,56	4,07	8,42	13,87	28,40	18,18	18,90	15,62	10,27	5,37	68,33	3,19
340-341	0,20	0,80	2,52	6,17	11,74	21,43	17,41	20,01	17,89	12,45	6,74	74,50	4,04
343-344_S	0,10	0,49	1,80	4,98	10,51	17,89	16,92	20,67	19,24	13,65	7,37	77,86	4,24
343-344_T	0,31	1,14	3,30	7,48	13,24	25,46	18,33	19,77	16,65	10,95	5,63	71,34	3,16
345-346	1,18	3,21	6,98	12,14	16,93	40,44	18,88	16,84	12,02	6,87	3,14	57,75	1,58
350-351	1,05	2,87	6,32	11,21	16,05	37,50	18,53	17,21	12,89	7,78	3,79	60,20	2,10
355-356	0,99	3,24	7,92	14,56	20,14	46,85	20,94	16,35	9,61	4,25	1,41	52,56	0,43
360-361	0,93	2,66	6,07	11,08	16,17	36,90	18,86	17,56	13,07	7,78	3,70	60,97	1,95
365-366	1,42	3,44	6,86	11,32	15,46	38,50	17,45	16,26	12,54	7,99	4,21	58,45	2,74
370-371	0,80	2,29	5,29	9,86	14,86	33,12	18,11	17,80	14,14	9,09	4,72	63,86	2,87
375-376	0,10	0,46	1,71	4,79	10,21	17,27	16,65	20,60	19,42	13,95	7,64	78,25	4,47
380-381	0,07	0,38	1,48	4,41	9,84	16,17	16,58	20,95	19,94	14,29	7,72	79,48	4,34
385-386	0,07	0,42	1,76	5,33	11,76	19,34	19,01	22,37	19,24	12,09	5,55	78,26	2,39
390-391	0,12	0,57	2,03	5,49	11,26	19,47	17,60	20,86	18,79	12,88	6,71	76,85	3,66
395-396	0,17	0,73	2,40	6,07	11,80	21,18	17,71	20,41	18,11	12,38	6,52	75,12	3,69
400-401	0,13	0,57	1,94	5,09	10,38	18,11	16,41	20,02	18,89	13,81	7,81	76,94	4,93
405-406	0,06	0,33	1,35	4,10	9,37	15,21	16,16	20,86	20,24	14,77	8,11	80,14	4,64
410-411	0,10	0,45	1,61	4,45	9,48	16,09	15,64	19,85	19,45	14,71	8,59	78,26	5,65
415-416	0,08	0,39	1,45	4,12	9,01	15,04	15,23	19,75	19,73	15,19	9,01	78,92	6,03
420-421	0,04	0,23	1,04	3,48	8,57	13,36	15,69	21,15	21,08	15,55	8,48	81,95	4,69
425-426	0,03	0,19	0,84	2,81	7,09	10,96	13,54	19,43	21,04	17,20	10,62	81,82	7,22
430-431	0,09	0,43	1,55	4,33	9,34	15,73	15,55	19,87	19,58	14,86	8,69	78,55	5,70
435-436	0,08	0,37	1,35	3,83	8,43	14,06	14,46	19,18	19,73	15,75	9,76	78,88	7,06
439-440	0,02	0,10	0,55	2,15	6,11	8,93	12,82	19,66	22,13	18,30	11,12	84,04	7,03
727-728	0,07	0,37	1,42	4,16	9,28	15,30	15,79	20,35	19,97	14,91	8,47	79,48	5,20
730-731	0,08	0,38	1,44	4,20	9,29	15,38	15,74	20,25	19,89	14,90	8,52	79,30	5,31
735-736	0,08	0,38	1,43	4,13	9,11	15,13	15,45	20,00	19,84	15,09	8,80	79,18	5,68
739-740	0,22	0,85	2,62	6,28	11,79	21,76	17,32	19,83	17,73	12,40	6,78	74,06	4,15
740-745	0,13	0,56	1,91	5,00	10,20	17,80	16,17	19,84	18,91	13,99	8,04	76,96	5,23

Uzorak	Tip krivulje	FOLK AND WARD METODA (μm)				FOLK AND WARD METODA (Opis)			
cm		Pr.veličina	Sortir.	Asimetričnost	Zaoštr.	Pr.veličina	Sortiranost	Asimetr.	Zaoštr.
285-286	unimodalna	7,742	3,411	0,0001	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
290-291	unimodalna	7,357	3,513	0,0000	1,000	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
295-296	unimodalna	9,013	3,785	-0,0003	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
300-301	unimodalna	10,66	3,647	-0,0004	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
305-306	unimodalna	24,04	4,429	-0,0010	0,998	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
310-311	unimodalna	35,45	4,853	-0,0045	0,995	vrlo kurpni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
315-316	unimodalna	30,91	5,379	-0,0060	0,994	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
320-321	unimodalna	35,12	4,123	-0,0017	0,998	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
325-326	unimodalna	30,46	3,920	-0,0006	0,998	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
331-332	unimodalna	30,32	4,221	-0,0014	0,998	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
335-336	unimodalna	18,14	3,904	-0,0002	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
337-338	unimodalna	27,69	4,154	-0,0011	0,999	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
340-341	unimodalna	21,23	3,898	-0,0002	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
343-344_S	unimodalna	18,73	3,691	-0,0002	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
343-344_T	unimodalna	25,23	3,940	-0,0005	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
345-346	unimodalna	44,32	4,226	-0,0031	0,996	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
350-351	unimodalna	39,33	4,333	-0,0028	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
355-356	unimodalna	56,72	3,573	-0,0020	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
360-361	unimodalna	38,74	4,214	-0,0022	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
365-366	unimodalna	39,91	4,748	-0,0051	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
370-371	unimodalna	32,86	4,377	-0,0022	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
375-376	unimodalna	18,14	3,695	-0,0001	1,000	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
380-381	unimodalna	17,61	3,592	-0,0004	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
385-386	unimodalna	21,79	3,367	-0,0001	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
390-391	unimodalna	20,31	3,678	-0,0001	1,000	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
395-396	unimodalna	21,43	3,796	-0,0002	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
400-401	unimodalna	18,24	3,846	-0,0001	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
405-406	unimodalna	16,79	3,579	0,0001	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
410-411	unimodalna	16,48	3,820	-0,0002	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
415-416	unimodalna	15,64	3,799	-0,0001	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
420-421	unimodalna	15,73	3,454	0,0002	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
425-426	unimodalna	12,83	3,612	0,0003	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
430-431	unimodalna	16,25	3,801	-0,0001	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
435-436	unimodalna	14,44	3,874	-0,0001	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
439-440	unimodalna	11,97	3,404	0,0000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
727-728	unimodalna	16,39	3,682	-0,0001	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
730-731	unimodalna	16,35	3,706	-0,0002	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
735-736	unimodalna	15,93	3,749	-0,0001	1,000	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
739-740	unimodalna	21,34	3,949	-0,0004	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
740-745	unimodalna	17,81	3,880	-0,0001	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja

Prilog 1.2. Rezultati granulometrijskih analiza Bokanjačkog blata (BOK-2)

Uzorak	Vrlo krupni pijesak	Krupni pijesak	Srednji pijesak	Sitni pijesak	Vrlo sitni pijesak	PIJESAK	Vrlo krupni silt	Krupni silt	Srednji silt	Sitni silt	Vrlo sitni silt	SILT	GLINA
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
10-20	0,86	2,47	5,68	10,49	15,57	35,07	18,56	17,73	13,61	8,39	4,15	62,44	2,33
20-30	0,97	2,69	6,00	10,81	15,73	36,20	18,44	17,42	13,27	8,15	4,04	61,33	2,29
30-40	1,44	4,03	8,73	14,72	19,28	48,21	19,63	15,51	9,53	4,55	1,69	50,91	0,62
40-50	1,46	3,53	7,04	11,57	15,70	39,29	17,57	16,21	12,33	7,74	4,01	57,86	2,53
50-51	0,74	2,14	5,01	9,50	14,54	31,92	18,00	17,97	14,49	9,44	4,97	64,86	3,08
51-55	1,22	3,09	6,41	10,95	15,36	37,03	17,70	16,72	12,97	8,26	4,32	59,97	2,74
55-60	1,24	3,08	6,33	10,74	15,05	36,44	17,41	16,62	13,09	8,52	4,58	60,23	3,06
65-66	0,99	2,73	6,06	10,87	15,76	36,41	18,42	17,36	13,21	8,11	4,02	61,12	2,28
70-71	1,14	3,02	6,47	11,25	15,89	37,77	18,23	16,95	12,80	7,85	3,91	59,74	2,26
75-76	1,40	3,46	6,99	11,61	15,84	39,31	17,76	16,33	12,34	7,66	3,91	58,00	2,39
80-81	1,40	3,39	6,82	11,30	15,48	38,39	17,51	16,32	12,57	8,00	4,20	58,60	2,71
85-86	1,41	3,40	6,78	11,19	15,31	38,09	17,35	16,26	12,63	8,13	4,34	58,71	2,88
90-91	0,98	2,73	6,13	11,05	16,00	36,89	18,64	17,41	13,07	7,89	3,83	60,83	2,09
95-96	1,42	3,40	6,75	11,11	15,19	37,88	17,25	16,23	12,68	8,22	4,43	58,81	3,00
101-102	1,15	3,08	6,66	11,63	16,36	38,88	18,56	16,96	12,49	7,42	3,55	58,98	1,92
105-106	0,66	2,05	5,04	9,82	15,23	32,81	18,79	18,38	14,31	8,86	4,36	64,69	2,38
110-111	0,68	2,10	5,17	10,06	15,52	33,53	18,99	18,37	14,10	8,58	4,14	64,17	2,19
115-116	0,56	1,80	4,57	9,20	14,69	30,83	18,63	18,71	14,91	9,43	4,74	66,42	2,66
121-122	0,98	2,92	6,83	12,46	17,79	40,99	19,84	17,27	11,76	6,26	2,60	57,74	1,10
125-126	0,96	2,70	6,09	11,02	16,02	36,79	18,69	17,47	13,10	7,89	3,81	60,97	2,07
130-131	0,85	2,53	5,96	11,13	16,46	36,93	19,27	17,82	13,06	7,57	3,48	61,20	1,72
135-136	0,80	2,44	5,84	11,04	16,47	36,59	19,39	17,98	13,16	7,60	3,47	61,59	1,69
140-141	1,46	3,66	7,46	12,36	16,65	41,59	18,23	16,20	11,71	6,88	3,29	56,30	1,80
145-146	1,47	3,57	7,14	11,74	15,89	39,81	17,69	16,19	12,20	7,56	3,86	57,49	2,38
151-152	1,54	3,77	7,53	12,30	16,44	41,57	17,97	16,04	11,72	7,00	3,42	56,15	1,95
155-156	1,65	3,79	7,25	11,56	15,39	39,63	17,09	15,80	12,19	7,84	4,21	57,13	2,86
160-161	1,62	3,80	7,40	11,90	15,85	40,56	17,46	15,89	11,98	7,47	3,85	56,64	2,43
165-166	1,43	3,55	7,19	11,93	16,20	40,29	17,97	16,29	12,08	7,32	3,63	57,29	2,12
170-171	1,12	3,59	8,61	15,44	20,73	49,50	20,80	15,60	8,76	3,68	1,15	49,99	0,32
173-174	1,79	5,01	10,62	17,10	20,90	55,41	19,35	13,59	7,24	2,93	0,90	44,02	0,25
180-181	1,29	3,40	7,21	12,30	16,89	41,08	18,66	16,57	11,84	6,81	3,15	57,04	1,62
185-186	0,51	1,88	5,24	11,03	17,54	36,20	21,08	19,11	13,10	6,79	2,66	62,74	0,99
190-191	2,03	5,12	10,14	15,79	19,36	52,45	18,65	14,12	8,42	3,95	1,45	46,60	0,53
193-194	1,29	3,32	6,95	11,80	16,29	39,65	18,26	16,60	12,26	7,36	3,59	58,07	2,02
205-206	0,82	2,62	6,47	12,29	18,02	40,23	20,38	17,74	11,91	6,17	2,47	58,67	0,97
215-216	0,53	2,04	5,78	12,14	18,92	39,41	21,86	18,69	11,85	5,57	1,94	59,91	0,61
231-232	0,68	2,50	6,76	13,51	19,97	43,42	21,82	17,60	10,50	4,63	1,51	56,05	0,43
241-242	0,27	1,29	4,45	10,88	18,90	35,79	23,32	20,39	12,68	5,60	1,75	63,73	0,45
252-253	0,28	1,43	5,03	12,27	20,71	39,72	24,20	19,53	10,92	4,23	1,13	60,02	0,23
263-264	0,39	1,68	5,23	11,78	19,22	38,32	22,70	19,37	11,98	5,36	1,74	61,16	0,48
273-274	0,41	1,67	4,99	11,05	18,09	36,21	21,90	19,56	12,93	6,32	2,28	62,99	0,74
281-282	0,04	0,38	2,33	8,66	19,77	31,18	27,70	23,72	12,48	4,02	0,79	68,72	0,10
294-295	0,08	0,63	3,06	9,65	19,74	33,16	26,18	22,44	12,49	4,50	1,05	66,66	0,17
300-301	0,19	1,11	4,40	11,71	20,95	38,36	25,18	20,29	11,00	4,01	0,98	61,45	0,18
308-309	0,52	2,01	5,76	12,19	19,07	39,54	22,01	18,72	11,76	5,46	1,87	59,82	0,57
318-319	0,20	1,15	4,37	11,37	20,25	37,34	24,64	20,45	11,61	4,51	1,19	62,40	0,24
328-329	0,34	1,27	3,65	8,15	14,11	27,52	19,01	19,82	16,04	10,09	4,92	69,88	2,55
338-339	0,68	2,26	5,80	11,43	17,39	37,56	20,38	18,37	12,77	6,84	2,82	61,17	1,16
343-344	1,62	4,39	9,27	15,23	19,49	50,00	19,38	14,98	9,02	4,22	1,54	49,14	0,55
349-350	1,87	4,80	9,67	15,36	19,20	50,91	18,86	14,57	8,86	4,24	1,59	48,12	0,60
353-354	0,89	3,13	8,09	15,32	21,26	48,70	21,60	16,06	8,75	3,49	1,02	50,92	0,26
358-359	0,38	1,61	4,97	11,21	18,52	36,68	22,35	19,66	12,65	5,95	2,04	62,65	0,62
364-365	1,48	3,75	7,65	12,66	16,95	42,49	18,38	16,12	11,45	6,58	3,07	55,59	1,61
372-373	0,49	1,71	4,62	9,67	15,70	32,19	19,77	19,25	14,54	8,51	3,86	65,93	1,81
376-377	0,48	1,84	5,28	11,30	18,06	36,96	21,56	19,18	12,75	6,33	2,35	62,17	0,80
382-383	1,44	3,95	8,47	14,25	18,81	46,91	19,44	15,73	9,98	4,97	1,94	52,05	0,76
391-392	0,51	1,80	4,90	10,25	16,46	33,91	20,31	19,20	13,95	7,78	3,33	64,59	1,43

Uzorak	Tip krivulje	FOLK AND WARD METODA (μm)				FOLK AND WARD METODA (Opis)			
cm		Pr.veličina	Sortir.	Asimetri.	Zaoštr.	Pr.veličina	Sortiranost	Asimetr.	Zaoštr.
10-20	unimodalna	35,88	4,281	-0,002	0,997	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
20-30	unimodalna	37,32	4,341	-0,003	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
30-40	unimodalna	59,22	3,868	-0,004	0,996	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
40-50	unimodalna	41,33	4,702	-0,005	0,994	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
50-51	unimodalna	31,30	4,375	-0,002	0,998	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
51-55	unimodalna	37,84	4,628	-0,004	0,996	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
55-60	unimodalna	36,66	4,732	-0,004	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
65-66	unimodalna	37,60	4,351	-0,003	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
70-71	unimodalna	39,46	4,442	-0,003	0,996	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
75-76	unimodalna	41,52	4,628	-0,005	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
80-81	unimodalna	39,78	4,723	-0,005	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
85-86	unimodalna	39,16	4,786	-0,005	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
90-91	unimodalna	38,51	4,288	-0,003	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
95-96	unimodalna	38,70	4,826	-0,005	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
101-102	unimodalna	41,50	4,330	-0,003	0,996	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
105-106	unimodalna	33,20	4,150	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
110-111	unimodalna	34,30	4,110	-0,001	0,999	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
115-116	unimodalna	30,74	4,128	-0,001	0,999	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
121-122	unimodalna	45,88	3,939	-0,002	0,997	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
125-126	unimodalna	38,41	4,267	-0,003	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
130-131	unimodalna	39,15	4,091	-0,002	0,998	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
135-136	unimodalna	38,77	4,053	-0,002	0,998	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
140-141	unimodalna	45,84	4,446	-0,005	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
145-146	unimodalna	42,32	4,657	-0,005	0,994	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
151-152	unimodalna	45,62	4,542	-0,005	0,994	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
155-156	unimodalna	41,49	4,912	-0,007	0,993	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
160-161	unimodalna	43,43	4,751	-0,006	0,994	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
165-166	unimodalna	43,37	4,546	-0,005	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
170-171	unimodalna	61,82	3,530	-0,002	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
173-174	unimodalna	75,24	3,633	-0,004	0,996	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
180-181	unimodalna	45,26	4,297	-0,003	0,996	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
185-186	unimodalna	39,68	3,618	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
190-191	unimodalna	68,90	3,984	-0,006	0,994	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
193-194	unimodalna	42,51	4,440	-0,004	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
205-206	unimodalna	45,04	3,801	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
215-216	unimodalna	44,79	3,468	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
231-232	unimodalna	51,01	3,446	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
241-242	unimodalna	40,90	3,196	0,000	1,000	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
252-253	unimodalna	46,67	3,059	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
263-264	unimodalna	43,80	3,307	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
273-274	unimodalna	40,38	3,450	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
281-282	unimodalna	38,85	2,626	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
294-295	unimodalna	39,88	2,796	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
300-301	unimodalna	45,43	2,931	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
308-309	unimodalna	45,08	3,437	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
318-319	unimodalna	43,79	3,003	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
328-329	unimodalna	27,80	3,876	-0,001	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
338-339	unimodalna	41,01	3,794	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
343-344	unimodalna	63,04	3,877	-0,004	0,995	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
349-350	unimodalna	65,17	3,989	-0,005	0,994	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
353-354	unimodalna	60,23	3,381	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
358-359	unimodalna	41,33	3,369	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
364-365	unimodalna	47,58	4,383	-0,005	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
372-373	unimodalna	33,47	3,856	-0,001	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
376-377	unimodalna	41,10	3,521	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
382-383	unimodalna	56,57	3,959	-0,004	0,996	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
391-392	unimodalna	36,07	3,764	-0,001	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja

Uzorak	Vrlo krupni pijesak	Krupni pijesak	Srednji pijesak	Sitni pijesak	Vrlo sitni pijesak	PIJESAK	Vrlo krupni silt	Krupni silt	Srednji silt	Sitni silt	Vrlo sitni silt	SILT	GLINA
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
404-405	0,14	0,66	2,42	6,55	13,15	22,92	19,64	21,70	17,81	10,86	4,92	74,93	2,14
409-410	0,11	0,59	2,24	6,29	13,00	22,23	19,79	22,07	18,10	10,93	4,85	75,73	2,02
427-428	0,44	1,52	4,07	8,61	14,30	28,94	18,72	19,22	15,53	9,87	4,94	68,28	2,71
434-435	0,05	0,32	1,44	4,70	11,04	17,56	18,73	22,81	20,02	12,67	5,78	80,02	2,42
444-445	0,56	1,75	4,38	8,76	14,04	29,49	18,04	18,52	15,24	10,05	5,31	67,17	3,25
448-449	0,37	1,28	3,51	7,63	13,13	25,92	17,90	19,25	16,39	11,04	5,88	70,46	3,56
454-455	0,10	0,48	1,82	5,16	11,00	18,55	17,66	21,25	19,23	13,09	6,70	77,94	3,49
465-466	0,32	1,19	3,42	7,68	13,47	26,08	18,48	19,73	16,46	10,72	5,45	70,85	3,02
475-476	0,13	0,61	2,16	5,76	11,67	20,33	17,97	20,95	18,54	12,46	6,36	76,28	3,37
484-485	0,02	0,15	0,76	2,87	7,80	11,60	15,36	21,70	22,10	16,24	8,61	84,02	4,38
493-494	0,09	0,44	1,70	4,89	10,59	17,71	17,29	21,17	19,49	13,51	7,05	78,51	3,77
505-506	0,13	0,58	1,91	4,98	10,09	17,69	15,97	19,65	18,85	14,10	8,23	76,79	5,51
515-516	0,08	0,40	1,47	4,15	9,04	15,14	15,23	19,71	19,68	15,16	9,01	78,79	6,06
524-525	0,21	0,79	2,33	5,51	10,39	19,22	15,66	18,78	17,97	13,72	8,36	74,50	6,25
534-535	0,15	0,63	2,02	5,11	10,14	18,05	15,85	19,38	18,61	14,03	8,31	76,17	5,76
545-546	0,01	0,10	0,56	2,18	6,25	9,11	13,13	20,02	22,30	18,14	10,78	84,36	6,53
552-553	0,06	0,33	1,31	3,92	8,89	14,52	15,39	20,19	20,15	15,31	8,86	79,89	5,58
558-559	0,04	0,24	1,00	3,15	7,58	12,01	13,93	19,41	20,61	16,67	10,28	80,89	7,10
563-564	0,04	0,20	0,83	2,66	6,56	10,29	12,49	18,22	20,44	17,64	11,72	80,50	9,21
570-571	0,11	0,45	1,51	4,01	8,42	14,49	14,01	18,39	19,08	15,66	10,17	77,31	8,20
575-576	0,20	0,77	2,30	5,47	10,36	19,10	15,68	18,84	18,03	13,75	8,36	74,67	6,20
580-581	0,06	0,29	1,11	3,24	7,39	12,08	13,19	18,30	19,81	16,73	11,04	79,07	8,84
590-591	0,06	0,32	1,26	3,75	8,57	13,96	14,97	19,89	20,19	15,65	9,27	79,96	6,08
600-601	0,07	0,33	1,24	3,59	8,05	13,28	14,04	18,95	19,84	16,13	10,18	79,14	7,57
610-611	0,06	0,30	1,05	2,98	6,70	11,08	12,00	17,01	19,16	17,14	12,19	77,49	11,42
623-624	0,13	0,52	1,63	4,10	8,30	14,68	13,53	17,66	18,52	15,60	10,56	75,88	9,42
636-637	0,20	0,77	2,40	5,83	11,14	20,34	16,71	19,61	18,06	13,04	7,40	74,82	4,81
645-646	0,13	0,54	1,76	4,54	9,24	16,21	14,88	18,85	18,85	14,89	9,28	76,76	7,02
655-656	0,10	0,42	1,45	3,90	8,29	14,15	13,94	18,42	19,20	15,80	10,26	77,62	8,22
665-666	0,04	0,19	0,75	2,33	5,69	9,00	10,97	16,52	19,53	18,14	13,25	78,41	12,59
675-676	0,02	0,13	0,63	2,30	6,27	9,35	12,76	19,26	21,63	18,11	11,29	83,06	7,59
685-686	0,06	0,30	1,10	3,17	7,18	11,82	12,81	17,87	19,58	16,86	11,41	78,52	9,65
695-696	0,01	0,08	0,39	1,52	4,46	6,46	9,93	16,57	20,87	19,85	14,25	81,47	12,07
710-711	0,03	0,17	0,73	2,45	6,27	9,65	12,27	18,26	20,74	17,98	11,92	81,16	9,18
721-722	0,00	0,00	0,00	0,80	8,38	9,19	13,93	20,48	16,02	14,23	11,65	76,30	14,51
731-732	0,00	0,00	0,00	0,05	3,98	4,03	13,44	21,28	17,10	15,91	11,95	79,68	16,29
734-735	0,00	0,00	0,13	6,63	16,35	23,12	20,55	12,65	6,98	10,47	10,66	61,32	15,56
740-741	0,00	0,00	1,94	11,20	16,43	29,57	16,69	18,17	12,49	8,29	6,04	61,67	8,76
750-751	0,00	0,00	2,37	12,68	16,84	31,90	16,20	17,12	12,07	8,10	5,91	59,41	8,69
760-761	0,00	0,00	0,03	3,00	10,82	13,85	16,58	22,27	15,95	11,14	8,41	74,35	11,79
770-771	0,00	0,00	0,00	0,72	6,03	6,75	12,09	18,60	16,25	15,58	13,25	75,78	17,47
777-780	0,00	0,00	0,00	0,04	3,56	3,60	11,93	19,06	17,59	17,02	14,05	79,66	16,73

Uzorak	Tip krivulje	FOLK AND WARD METODA (μm)				FOLK AND WARD METODA (Opis)			
cm		Pr.veličina	Sortir.	Asimetri.	Zaoštr.	Pr.veličina	Sortiranost	Asimetr.	Zaoštr.
404-405	unimodalna	24,71	3,482	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
409-410	unimodalna	24,39	3,412	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
427-428	unimodalna	28,85	4,021	-0,001	0,998	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
434-435	unimodalna	20,56	3,282	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
444-445	unimodalna	28,63	4,256	-0,001	0,998	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
448-449	unimodalna	25,11	4,094	-0,001	0,999	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
454-455	unimodalna	19,89	3,580	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
465-466	unimodalna	25,92	3,939	-0,001	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
475-476	unimodalna	21,22	3,661	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
484-485	unimodalna	15,01	3,284	0,000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
493-494	unimodalna	19,07	3,586	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
505-506	unimodalna	17,52	3,925	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
515-516	unimodalna	15,68	3,812	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
524-525	unimodalna	17,86	4,207	0,000	0,999	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
534-535	unimodalna	17,53	4,004	0,000	0,999	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
545-546	unimodalna	12,32	3,365	0,000	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
552-553	unimodalna	15,67	3,684	0,000	1,000	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
558-559	unimodalna	13,40	3,691	0,000	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
563-564	unimodalna	11,52	3,786	0,000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
570-571	unimodalna	13,99	4,091	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
575-576	unimodalna	17,82	4,186	0,000	0,999	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
580-581	unimodalna	12,51	3,932	0,000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
590-591	unimodalna	15,03	3,714	0,000	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
600-601	unimodalna	13,76	3,877	0,000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
610-611	unimodalna	10,92	4,149	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
623-624	unimodalna	13,44	4,305	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
636-637	unimodalna	19,75	3,994	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
645-646	unimodalna	15,59	4,069	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
655-656	unimodalna	13,81	4,060	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
665-666	unimodalna	9,647	4,008	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
675-676	unimodalna	11,87	3,507	0,000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
685-686	unimodalna	12,00	4,012	0,000	1,000	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
695-696	unimodalna	8,848	3,613	0,000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
710-711	unimodalna	11,26	3,715	0,000	1,000	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
721-722	bimodalna	10,35	4,217	-0,157	0,906	srednji silt	vrlo slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednja
731-732	trimodalna	8,577	3,973	-0,180	0,905	srednji silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednja
734-735	trimodalna	15,62	5,634	-0,330	0,782	srednji silt	vrlo slabo sortirani	vrlo pozitivno zakoš.	zaravnjena
740-741	bimodalna	23,55	4,862	-0,179	0,980	krupni silt	vrlo slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednja
750-751	bimodalna	24,98	4,978	-0,187	0,959	krupni silt	vrlo slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednja
760-761	unimodalna	13,93	4,332	-0,216	0,995	srednji silt	vrlo slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednja
770-771	bimodalna	8,359	4,202	-0,092	0,878	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
777-780	bimodalna	7,876	3,779	-0,091	0,857	srednji silt	Poorly Sorted	simetrični	zaravnjena

Prilog 1.3.

Rezultati granulometrijskih analiza Vranskog jezera kod Biograda (PP VR-2)

Uzorak	Vrlo krupni pijesak	Krupni pijesak	Srednji pijesak	Sitni pijesak	Vrlo sitni pijesak	PIJESAK	Vrlo krupni silt	Krupni silt	Srednji silt	Sitni silt	Vrlo sitni silt	SILT	GLINA
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0-1	0,00	0,02	0,07	0,26	0,79	1,15	2,04	4,38	7,95	12,14	15,64	42,15	56,70
5-6	0,08	0,28	0,86	2,23	4,81	8,27	8,71	13,11	16,48	17,31	15,21	70,82	20,91
10-11	6,58	15,31	23,81	24,77	17,23	87,70	7,97	2,47	0,51	0,07	0,01	11,03	0,00
15-16	0,02	0,10	0,40	1,27	3,28	5,07	6,93	11,85	16,44	18,53	16,97	70,72	24,21
20-21	0,01	0,04	0,18	0,68	2,08	2,99	5,07	9,84	15,22	18,80	18,57	67,50	29,51
25-26	0,00	0,02	0,09	0,34	1,04	1,50	2,67	5,62	9,85	14,30	17,27	49,71	48,79
30-31	0,00	0,01	0,07	0,28	0,90	1,26	2,43	5,36	9,71	14,45	17,67	49,62	49,12
35-36	0,00	0,02	0,12	0,52	1,73	2,40	4,53	9,32	15,07	19,19	19,25	67,36	30,25
40-41	0,01	0,07	0,28	0,93	2,51	3,81	5,57	10,06	14,84	17,92	17,71	66,09	30,10
45-46	0,01	0,06	0,29	1,02	2,87	4,25	6,48	11,66	16,74	19,19	17,59	71,65	24,10
50-51	0,00	0,02	0,10	0,40	1,28	1,81	3,32	6,96	11,86	16,42	18,50	57,06	41,13
55-56	0,02	0,07	0,27	0,85	2,21	3,42	4,79	8,65	13,05	16,45	17,33	60,27	36,30
59-60	0,01	0,03	0,12	0,39	1,09	1,63	2,59	5,22	8,91	12,92	15,92	45,56	52,81
64-65	0,01	0,05	0,22	0,78	2,24	3,30	5,21	9,77	14,84	18,24	18,17	66,24	30,46
70-71	0,00	0,01	0,09	0,48	1,89	2,47	5,55	11,95	18,96	22,20	19,19	77,86	19,68
75-76	0,02	0,07	0,27	0,87	2,33	3,56	5,14	9,33	13,96	17,23	17,57	63,23	33,21
80-81	0,01	0,06	0,21	0,69	1,85	2,83	4,17	7,81	12,20	15,92	17,36	57,47	39,70
85-86	0,01	0,03	0,12	0,40	1,11	1,67	2,64	5,29	9,00	12,99	15,94	45,85	52,47
90-91	0,01	0,05	0,19	0,62	1,70	2,57	3,90	7,43	11,81	15,68	17,40	56,22	41,21
95-96	0,20	0,78	2,37	5,68	10,79	19,82	16,30	19,43	18,37	13,76	8,17	76,04	4,11
100-101	0,01	0,04	0,16	0,51	1,37	2,10	3,15	6,09	10,00	13,91	16,44	49,59	48,31
105-106	0,01	0,03	0,12	0,36	0,97	1,49	2,27	4,55	7,82	11,56	14,72	40,91	57,60
110-111	0,01	0,06	0,22	0,69	1,82	2,81	4,05	7,53	11,76	15,45	17,09	55,89	41,30
115-116	0,02	0,07	0,24	0,74	1,90	2,96	4,13	7,55	11,68	15,27	16,89	55,52	41,51
121-122	0,13	0,72	2,95	8,37	16,65	28,82	23,22	22,60	15,41	7,36	2,47	71,05	0,13
124-125	0,00	0,02	0,08	0,30	0,89	1,30	2,26	4,79	8,54	12,79	16,13	44,51	54,19
129-130	0,01	0,05	0,21	0,68	1,85	2,80	4,25	8,03	12,60	16,40	17,74	59,02	38,18
135-136	0,01	0,06	0,20	0,60	1,54	2,42	3,39	6,35	10,14	13,84	16,15	49,87	47,71
140-141	0,05	0,27	1,10	3,37	7,92	12,71	14,27	19,61	20,63	16,63	10,26	81,40	5,88
145-146	0,01	0,04	0,18	0,58	1,60	2,40	3,69	7,10	11,42	15,38	17,33	54,92	42,67
149-150	0,01	0,07	0,34	1,24	3,55	5,22	7,97	13,88	18,83	19,93	16,47	77,08	17,70
154-155	0,02	0,17	0,89	3,27	8,64	13,00	16,44	22,39	21,92	15,43	7,81	84,00	2,99
160-161	0,01	0,08	0,40	1,59	4,71	6,79	10,50	17,39	21,53	19,93	13,81	83,16	10,05
165-166	0,02	0,23	1,56	6,49	16,69	24,99	26,51	25,88	15,60	5,80	1,21	75,01	0,00
171-172	0,02	0,23	1,74	7,56	19,29	28,85	28,84	25,14	12,85	3,84	0,48	71,15	0,00
175-176	0,02	0,20	1,16	4,57	12,06	18,00	21,39	25,34	20,12	10,72	3,82	81,40	0,60
180-181	0,03	0,19	0,96	3,43	8,86	13,47	16,59	22,32	21,69	15,23	7,72	83,55	2,98
185-186	0,02	0,15	0,92	3,81	10,59	15,48	19,91	25,12	21,37	12,26	4,74	83,41	1,11
190-191	0,02	0,14	0,72	2,67	7,19	10,75	14,29	20,74	22,09	17,27	9,91	84,30	4,95
195-196	0,01	0,06	0,37	1,65	5,30	7,38	12,20	19,95	23,28	19,41	11,56	86,41	6,21
200-201	0,02	0,10	0,52	1,97	5,59	8,20	11,83	18,61	21,82	19,09	12,47	83,83	7,97
205-206	0,01	0,06	0,34	1,43	4,44	6,27	10,25	17,42	21,88	20,32	13,97	83,85	9,88
210-211	0,04	0,31	1,71	6,17	14,80	23,03	23,62	24,96	17,53	8,19	2,55	76,85	0,12
216-217	0,01	0,07	0,42	1,89	5,95	8,34	13,34	21,04	23,48	18,57	10,40	86,82	4,83
222-223	0,01	0,08	0,39	1,52	4,47	6,47	9,99	16,73	21,11	20,10	14,44	82,36	11,17
228-229	0,42	2,27	7,90	17,71	25,70	54,01	24,05	14,53	5,68	1,43	0,23	45,93	0,03
234-235	2,03	5,94	12,64	19,68	22,41	62,70	18,60	11,28	5,00	1,62	0,38	36,88	0,07
241-242	0,30	1,84	7,00	16,87	25,83	51,84	25,04	15,37	5,99	1,48	0,23	48,11	0,02
245-246	0,30	1,89	7,33	17,69	26,63	53,84	24,94	14,54	5,29	1,20	0,17	46,13	0,02
258-259	1,06	4,60	12,76	22,82	26,32	67,56	19,50	9,31	2,87	0,57	0,07	32,32	0,01
266-267	0,38	2,45	9,35	21,20	28,69	62,07	23,08	11,06	3,16	0,54	0,05	37,90	0,00
275-276	0,38	2,21	8,06	18,50	26,71	55,86	24,18	13,74	4,91	1,10	0,15	44,09	0,01
300-301	0,38	2,21	8,06	18,50	26,71	55,86	24,18	13,74	4,91	1,10	0,15	44,09	0,01
315-316	0,10	0,73	3,46	10,61	20,95	35,85	26,62	21,71	11,40	3,85	0,57	64,15	0,00
329-330	0,41	2,19	7,55	17,03	25,13	52,31	24,19	15,20	6,25	1,68	0,29	47,62	0,04
346-347	0,58	1,82	4,57	9,12	14,51	30,59	18,42	18,59	14,96	9,59	4,90	66,47	2,84
360-361	0,17	1,28	5,77	15,81	26,34	49,37	26,63	16,33	6,09	1,38	0,19	50,60	0,02

Uzorak	Tip krivulje	FOLK AND WARD METODA (μm)				FOLK AND WARD METODA (Opis)			
cm		Pr.veličina	Sortir.	Asimetri.	Zaoštr.	Pr.veličina	Sortiranost	Asimetr.	Zaoštr.
0-1	unimodalna	1,518	4,837	0,036	0,969	glina	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
5-6	unimodalna	6,963	4,652	0,035	0,969	sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
10-11	unimodalna	229,4	2,850	-0,014	0,987	sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
15-16	unimodalna	5,501	4,258	0,025	0,977	sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
20-21	unimodalna	4,230	4,053	0,021	0,980	sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
25-26	unimodalna	2,090	4,532	0,035	0,969	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
30-31	unimodalna	2,056	4,376	0,032	0,972	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
35-36	unimodalna	4,014	3,893	0,019	0,982	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
40-41	unimodalna	4,309	4,342	0,028	0,975	sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
45-46	unimodalna	5,324	4,054	0,021	0,980	sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
50-51	unimodalna	2,758	4,270	0,025	0,977	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
55-56	unimodalna	3,455	4,649	0,036	0,969	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
59-60	unimodalna	1,786	4,932	0,042	0,964	glina	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
64-65	unimodalna	4,167	4,205	0,026	0,977	sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
70-71	unimodalna	5,555	3,366	0,012	0,988	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
75-76	unimodalna	3,847	4,509	0,026	0,976	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
80-81	unimodalna	3,002	4,685	0,031	0,972	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
85-86	unimodalna	1,810	4,945	0,041	0,965	glina	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
90-91	unimodalna	2,827	4,653	0,034	0,970	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
95-96	unimodalna	19,23	3,942	0,022	0,979	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
100-101	unimodalna	2,152	4,890	0,044	0,963	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
105-106	unimodalna	1,452	5,210	0,049	0,960	glina	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
110-111	unimodalna	2,841	4,774	0,037	0,968	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
115-116	unimodalna	2,833	4,857	0,040	0,966	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
121-122	unimodalna	33,23	3,082	0,008	0,992	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
124-125	unimodalna	1,690	4,743	0,040	0,966	glina	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
129-130	unimodalna	3,170	4,505	0,037	0,968	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
135-136	unimodalna	2,215	5,044	0,047	0,961	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
140-141	unimodalna	14,09	3,624	0,018	0,983	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
145-146	unimodalna	2,673	4,655	0,038	0,967	vrlo sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
149-150	unimodalna	6,843	3,821	0,015	0,985	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
154-155	unimodalna	16,58	3,210	0,011	0,989	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
160-161	unimodalna	9,558	3,466	0,012	0,989	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
165-166	unimodalna	32,47	2,627	0,005	0,996	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
171-172	unimodalna	37,43	2,499	0,005	0,995	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
175-176	unimodalna	23,49	2,892	0,007	0,993	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
180-181	unimodalna	16,85	3,237	0,011	0,989	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
185-186	unimodalna	20,89	2,920	0,006	0,994	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
190-191	unimodalna	13,81	3,332	0,012	0,988	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
195-196	unimodalna	11,49	3,185	0,008	0,992	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
200-201	unimodalna	10,96	3,434	0,014	0,986	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
205-206	unimodalna	9,409	3,391	0,011	0,990	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
210-211	unimodalna	28,66	2,857	0,007	0,992	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
216-217	unimodalna	12,70	3,129	0,010	0,990	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
222-223	unimodalna	9,027	3,516	0,015	0,986	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
228-229	unimodalna	69,37	2,784	0,000	0,999	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
234-235	unimodalna	93,57	3,348	-0,004	0,995	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
241-242	unimodalna	65,53	2,723	0,000	1,000	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
245-246	unimodalna	68,72	2,670	0,000	0,999	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
258-259	unimodalna	99,93	2,772	-0,001	0,998	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
266-267	unimodalna	83,49	2,554	0,000	1,000	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
275-276	unimodalna	72,46	2,695	0,000	0,999	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
300-301	unimodalna	72,46	2,695	0,000	0,999	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
315-316	unimodalna	43,29	2,748	0,006	0,993	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
329-330	unimodalna	66,44	2,822	0,000	0,998	vrlo sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
346-347	unimodalna	30,24	4,181	-0,001	0,998	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
360-361	unimodalna	61,57	2,601	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja

Prilog 1.3.

Rezultati granulometrijskih analiza Vranskog jezera kod Biograda (PP VR-2)

Uzorak	Vrlo krupni pijesak	Krupni pijesak	Srednji pijesak	Sitni pijesak	Vrlo sitni pijesak	PIJESAK	Vrlo krupni silt	Krupni silt	Srednji silt	Sitni silt	Vrlo sitni silt	SILT	GLINA
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
375-376	0,62	2,18	5,81	11,73	18,01	38,35	20,98	18,52	12,41	6,31	2,44	60,66	0,90
388-389	0,37	1,90	6,53	15,08	23,43	47,29	24,42	17,07	8,03	2,53	0,54	52,59	0,08
400-401	0,11	0,61	2,46	7,07	14,57	24,81	21,54	22,75	17,23	9,36	3,64	74,53	0,65
415-416	1,29	3,76	8,42	14,56	19,43	47,47	19,99	15,83	9,68	4,56	1,66	51,72	0,58
434-435	0,88	2,74	6,59	12,31	17,86	40,39	20,11	17,56	11,91	6,27	2,56	58,41	1,05
448-449	0,49	1,84	5,17	10,98	17,57	36,04	21,18	19,21	13,14	6,77	2,63	62,92	0,96
465-466	0,50	2,00	5,82	12,40	19,38	40,10	22,23	18,67	11,51	5,21	1,73	59,33	0,50
480-481	0,03	0,25	1,31	4,78	12,01	18,38	20,77	24,59	20,01	11,20	4,31	80,88	0,74
495-496	0,68	2,26	5,78	11,40	17,33	37,45	20,33	18,37	12,81	6,89	2,86	61,25	1,18
510-511	0,83	2,40	5,56	10,34	15,45	34,58	18,53	17,82	13,75	8,52	4,24	62,87	2,40
525-526	1,03	2,98	6,78	12,19	17,33	40,30	19,44	17,20	12,02	6,63	2,89	58,18	1,33
558-559	1,91	4,85	9,69	15,30	19,07	50,81	18,75	14,55	8,91	4,31	1,65	48,17	0,63
575-576	0,87	2,75	6,71	12,60	18,25	41,18	20,37	17,51	11,61	5,94	2,34	57,78	0,91
600-601	0,72	2,18	5,26	10,10	15,45	33,71	18,82	18,21	14,04	8,61	4,20	63,88	2,28
615-616	0,72	2,10	4,90	9,29	14,27	31,28	17,78	17,92	14,64	9,69	5,20	65,24	3,34
630-631	1,86	4,80	9,70	15,41	19,26	51,03	18,89	14,55	8,81	4,19	1,57	48,01	0,59
645-646	0,53	1,60	3,94	7,87	12,79	26,74	16,91	18,13	15,81	11,21	6,46	68,53	4,63
661-662	0,69	1,99	4,65	8,85	13,74	29,92	17,37	17,86	14,96	10,21	5,68	66,08	3,88
675-676	0,46	1,70	4,77	10,16	16,54	33,64	20,54	19,43	14,02	7,72	3,24	64,95	1,34
690-691	1,49	3,90	8,13	13,50	17,89	44,91	18,91	15,91	10,69	5,72	2,44	53,68	1,11
705-706	0,88	2,43	5,44	9,93	14,75	33,44	17,83	17,52	14,01	9,12	4,83	63,32	3,07
721-722	0,06	0,31	1,23	3,68	8,43	13,72	14,80	19,78	20,20	15,78	9,43	79,99	6,28
735-736	0,96	2,86	6,66	12,16	17,45	40,09	19,66	17,37	12,06	6,57	2,81	58,49	1,25
750-751	0,80	2,38	5,66	10,66	15,98	35,48	19,03	17,98	13,50	8,06	3,82	62,39	1,98
765-766	0,57	1,75	4,32	8,59	13,75	28,98	17,75	18,39	15,34	10,31	5,57	67,36	3,57
776-777	0,56	2,02	5,49	11,31	17,69	37,07	20,98	18,84	12,83	6,63	2,60	61,88	0,97
790-791	0,56	1,68	4,10	8,14	13,10	27,58	17,14	18,16	15,62	10,91	6,18	68,01	4,31
805-806	0,81	2,15	4,74	8,66	13,13	29,48	16,51	17,18	14,83	10,61	6,30	65,44	4,93
810-811	2,58	5,99	11,09	16,32	19,13	55,11	17,82	13,20	7,78	3,65	1,36	43,81	0,52
815-816	0,94	2,45	5,28	9,42	13,89	31,98	16,96	17,09	14,25	9,83	5,60	63,73	4,10
828-829	0,50	1,50	3,70	7,44	12,23	25,36	16,43	17,98	16,07	11,74	7,00	69,22	5,33
845-846	0,22	0,86	2,64	6,33	11,84	21,89	17,35	19,81	17,69	12,35	6,75	73,95	4,13
859-860	0,17	0,63	1,90	4,62	9,04	16,35	14,25	18,00	18,29	14,93	9,81	75,28	8,35
876-877	0,66	1,62	3,42	6,20	9,70	21,61	13,09	15,17	15,16	13,04	9,67	66,13	12,12
885-886	0,01	0,02	0,08	0,24	0,62	0,97	1,46	3,00	5,39	8,50	11,78	30,13	68,90
898-899	1,43	3,05	5,60	8,92	12,30	31,30	14,69	15,16	13,54	10,48	7,02	60,88	7,46
912-913	0,00	0,00	0,01	0,04	0,19	0,23	0,77	2,47	6,08	11,66	17,42	38,41	61,36
917-918	0,00	0,03	0,19	0,90	3,18	4,29	8,26	15,59	21,46	21,58	15,85	82,75	12,96
925-926	0,00	0,00	0,01	0,07	0,28	0,37	0,98	2,73	6,10	11,00	16,00	36,81	62,82
934-935	0,22	0,74	2,05	4,67	8,73	16,41	13,43	16,92	17,52	14,91	10,43	73,20	10,35
940-941	0,00	0,01	0,03	0,11	0,37	0,52	1,08	2,62	5,36	9,21	13,36	31,63	67,85
950-951	0,09	0,34	1,11	2,93	6,28	10,76	10,99	15,60	18,03	16,96	13,00	74,59	14,64
965-966	0,02	0,11	0,50	1,80	4,97	7,39	10,53	16,93	20,78	19,47	13,94	81,64	10,96
980-981	0,00	0,01	0,09	0,49	1,99	2,59	5,91	12,66	19,75	22,44	18,59	79,33	18,08
995-996	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,06	0,33	1,42	4,51	10,49	17,87	34,62	65,32
1010-1011	0,04	0,18	0,65	1,93	4,62	7,42	8,98	14,03	17,73	18,10	14,95	73,79	18,78
1023-1024	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,24	1,24	4,44	11,14	19,56	36,60	63,36
1037-1038	0,01	0,03	0,19	0,79	2,57	3,58	6,46	12,39	18,21	20,55	17,79	75,40	21,02
1052-1053	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,07	0,34	1,35	4,03	9,13	15,72	30,57	69,35
1070-1071	0,01	0,04	0,21	0,86	2,71	3,83	6,59	12,38	17,97	20,19	17,58	74,71	21,46
1096-1101	0,12	0,47	1,49	3,80	7,80	13,69	12,93	17,22	18,48	15,99	11,16	75,78	10,52

Uzorak	Tip krivulje	FOLK AND WARD METODA (μm)				FOLK AND WARD METODA (Opis)			
cm		Pr.veličina	Sortir.	Asimetri.	Zaoštr.	Pr.veličina	Sortiranost	Asimetr.	Zaoštr.
375-376	unimodalna	42,62	3,655	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
388-389	unimodalna	58,14	2,929	0,000	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
400-401	unimodalna	28,16	3,204	0,008	0,992	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
415-416	unimodalna	57,77	3,792	-0,003	0,997	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
434-435	unimodalna	45,12	3,867	-0,002	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
448-449	unimodalna	39,56	3,595	-0,001	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
465-466	unimodalna	46,05	3,394	-0,001	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
480-481	unimodalna	23,12	2,988	0,009	0,991	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
495-496	unimodalna	40,82	3,806	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
510-511	unimodalna	35,20	4,277	-0,002	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
525-526	unimodalna	44,48	4,057	-0,003	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
558-559	unimodalna	64,99	4,028	-0,006	0,994	vrlo sitni pijesak	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
575-576	unimodalna	46,54	3,796	-0,002	0,997	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
600-601	unimodalna	34,36	4,163	-0,001	0,998	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
615-616	unimodalna	30,30	4,425	-0,002	0,998	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
630-631	unimodalna	65,44	3,977	-0,005	0,994	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednja
645-646	unimodalna	24,64	4,480	-0,001	0,998	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
661-662	unimodalna	28,29	4,508	-0,002	0,998	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
675-676	unimodalna	35,95	3,704	-0,001	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
690-691	unimodalna	52,46	4,170	-0,004	0,995	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
705-706	unimodalna	32,97	4,488	-0,002	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
721-722	unimodalna	14,77	3,726	0,000	0,999	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
735-736	unimodalna	44,31	3,992	-0,002	0,998	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
750-751	unimodalna	36,90	4,140	-0,002	0,997	vrlo krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
765-766	unimodalna	27,78	4,325	-0,001	0,998	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
776-777	unimodalna	40,80	3,649	-0,001	0,999	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
790-791	unimodalna	25,69	4,452	-0,001	0,999	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
805-806	unimodalna	26,77	4,829	-0,002	0,997	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
810-811	unimodalna	76,25	4,102	-0,009	0,990	vrlo sitni pijesak	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
815-816	unimodalna	30,13	4,775	-0,003	0,997	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
828-829	unimodalna	22,85	4,557	-0,001	0,999	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
845-846	unimodalna	21,46	3,953	0,000	0,999	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
859-860	unimodalna	14,85	4,314	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
876-877	unimodalna	15,61	5,857	-0,003	0,997	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
885-886	višemodalna	0,836	5,592	0,071	0,947	glina	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
898-899	unimodalna	26,36	5,968	-0,007	0,992	krupni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
912-913	unimodalna	1,330	3,792	0,015	0,985	glina	slabo sortirani	simetrični	srednja
917-918	unimodalna	7,721	3,365	0,000	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
925-926	unimodalna	1,232	4,131	0,028	0,974	glina	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
934-935	unimodalna	13,79	4,674	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
940-941	unimodalna	0,939	4,831	0,037	0,969	glina	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
950-951	unimodalna	9,592	4,513	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
965-966	unimodalna	9,460	3,614	0,015	0,985	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
980-981	unimodalna	5,910	3,347	0,000	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
995-996	unimodalna	1,213	3,334	0,009	0,991	glina	slabo sortirani	simetrični	srednja
1010-1011	unimodalna	7,295	4,400	0,000	0,999	sitni silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja
1023-1024	unimodalna	1,329	3,075	0,008	0,993	glina	slabo sortirani	simetrični	srednja
1037-1038	unimodalna	5,699	3,759	0,000	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
1052-1053	unimodalna	1,020	3,580	0,013	0,987	glina	slabo sortirani	simetrični	srednja
1070-1071	unimodalna	5,692	3,850	0,000	0,999	sitni silt	slabo sortirani	simetrični	srednja
1096-1101	unimodalna	12,43	4,353	0,000	0,999	srednji silt	vrlo slabo sortirani	simetrični	srednja

Rezultati granulometrijskih analiza Baćinskih jezera (BAJ-7)

Uzorak	Vrlo krupni pijesak	Krupni pijesak	Srednji pijesak	Sitni pijesak	Vrlo sitni pijesak	PIJESAK	Vrlo krupni silt	Krupni silt	Srednji silt	Sitni silt	Vrlo sitni silt	SILT	GLINA
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0-1	0,00	0,00	0,00	0,13	3,99	4,13	11,94	26,52	27,08	16,03	7,14	88,70	7,17
5-6	0,00	0,00	0,07	3,96	9,67	13,69	13,18	27,27	25,81	11,91	4,16	82,34	3,97
10-11	0,00	0,00	0,00	0,31	6,91	7,22	11,91	30,69	29,19	12,57	4,29	88,66	4,12
15-16	0,00	0,00	0,05	1,97	8,06	10,08	11,88	29,45	28,12	12,42	4,17	86,04	3,88
20-21	0,00	0,00	0,04	3,31	7,94	11,29	11,17	26,88	28,10	13,43	4,63	84,19	4,52
25-26	0,00	0,00	0,00	1,87	8,96	10,84	14,40	28,82	26,59	12,00	3,84	85,64	3,52
30-31	0,00	0,00	0,00	0,06	6,12	6,18	12,61	28,46	30,11	13,89	4,52	89,59	4,23
36-37	0,00	0,00	0,00	0,12	6,80	6,92	13,99	26,74	28,15	14,01	5,03	87,93	5,15
40-41	0,00	0,00	0,00	2,33	10,07	12,41	12,44	26,06	28,11	12,84	4,04	83,49	4,10
45-46	0,00	0,00	2,26	17,85	18,14	38,24	12,93	18,96	17,31	7,41	2,44	59,04	2,71
50-51	0,00	0,00	0,05	4,74	10,51	15,30	14,01	30,16	25,11	9,54	3,06	81,89	2,81
55-56	0,00	0,00	0,22	5,80	10,21	16,23	13,09	28,03	24,84	10,35	3,75	80,07	3,70
60-61	0,00	0,00	0,00	0,15	6,40	6,55	13,42	30,16	28,44	12,50	4,42	88,94	4,51
65-66	0,00	0,00	0,00	0,54	7,30	7,83	10,44	27,30	31,19	13,75	4,64	87,32	4,84
70-71	0,00	0,00	0,20	11,53	19,10	30,84	13,88	21,12	19,14	8,46	2,99	65,59	3,57
75-76	0,00	0,00	0,11	3,90	7,99	12,00	9,32	22,81	29,34	15,05	5,48	82,01	6,00
80-81	0,00	0,00	0,06	4,12	8,71	12,89	10,73	25,70	28,24	13,19	4,51	82,37	4,74
85-86	0,00	0,00	0,00	0,51	3,02	3,53	11,05	27,53	31,65	15,16	5,35	90,74	5,73
90-91	0,00	0,00	0,00	0,00	2,36	2,36	10,45	28,08	32,85	15,23	5,33	91,95	5,70
95-96	0,00	0,00	3,53	29,72	30,97	64,23	14,13	9,63	7,97	3,44	0,56	35,74	0,03
100-101	0,00	0,00	0,00	0,41	4,18	4,59	5,75	24,83	36,44	17,27	5,41	89,70	5,71
105-106	0,00	0,00	0,00	0,19	4,68	4,87	7,42	25,49	36,63	16,03	4,71	90,28	4,86
110-111	0,00	0,00	0,00	0,00	2,66	2,66	11,38	27,54	33,05	15,23	4,93	92,13	5,20
115-116	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	1,39	6,69	26,91	37,24	16,71	5,39	92,94	5,67
120-121	0,00	0,00	0,00	0,23	4,76	5,00	7,61	25,07	35,65	16,32	5,05	89,70	5,30
125-126	0,00	0,00	0,25	3,76	7,50	11,51	9,91	26,31	30,60	12,97	4,13	83,92	4,57
130-131	0,00	0,00	0,04	3,42	8,61	12,07	10,00	25,32	30,09	13,40	4,39	83,19	4,74
135-136	0,00	0,00	0,40	6,32	13,23	19,95	17,80	28,78	20,62	7,45	2,64	77,29	2,76
140-141	0,00	0,00	0,01	6,23	22,22	28,45	24,87	27,80	12,65	3,63	1,14	70,09	1,46
145-146	0,00	0,00	0,03	0,80	5,64	6,48	13,94	31,64	42,23	5,70	0,00	93,52	0,00
150-151	0,00	0,00	2,16	7,12	11,05	20,33	14,95	29,88	22,26	8,00	2,54	77,63	2,04
155-156	0,00	0,00	0,67	9,48	16,48	26,62	17,65	25,32	17,95	7,23	2,67	70,83	2,55
161-162	0,00	0,00	1,03	13,87	21,37	36,27	18,07	20,40	14,60	5,96	2,17	61,21	2,52
165-166	0,00	0,00	0,12	9,31	21,41	30,84	19,97	23,42	15,30	5,89	2,11	66,70	2,45
170-171	0,00	0,17	7,00	17,06	20,02	44,26	17,02	18,42	11,76	4,63	1,73	53,54	2,20
175-176	0,00	0,07	4,92	14,82	20,38	40,19	18,84	17,56	13,21	5,64	2,08	57,34	2,47
180-181	0,00	0,06	4,28	15,17	21,26	40,76	18,59	17,63	13,27	5,58	1,96	57,03	2,21
185-186	0,00	0,00	0,25	16,14	26,54	42,93	20,42	20,03	10,88	3,63	1,07	56,04	1,03
190-191	0,00	0,00	1,04	18,50	28,26	47,80	19,70	15,65	10,56	4,07	1,28	51,26	0,95
195-196	0,00	0,00	1,87	28,85	33,74	64,46	16,73	10,73	6,15	1,78	0,15	35,54	0,00
200-201	0,69	19,88	19,26	22,41	21,77	84,00	8,49	4,36	2,45	0,63	0,04	15,97	0,02
205-206	0,00	0,00	0,01	15,48	32,18	47,67	19,29	15,31	10,74	3,77	0,85	49,97	2,37
210-211	1,45	16,13	17,72	27,43	20,61	83,35	8,18	4,80	2,79	0,80	0,08	16,65	0,00
215-216	0,00	0,00	3,95	18,93	22,54	45,42	17,83	18,40	10,97	4,07	1,45	52,71	1,86
220-221	0,00	0,00	1,57	13,88	16,74	32,19	15,58	24,64	16,13	6,20	2,61	65,15	2,66
225-226	0,00	0,00	1,42	14,13	16,75	32,30	15,57	24,22	15,51	6,34	2,96	64,61	3,09
230-231	0,00	0,00	1,94	13,78	16,17	31,90	15,23	24,69	16,28	6,35	2,71	65,26	2,85
235-236	0,00	0,00	2,85	15,43	16,44	34,72	14,75	23,57	15,61	6,13	2,56	62,62	2,66
240-241	0,00	0,00	1,44	16,51	18,92	36,86	15,59	21,91	14,52	6,02	2,48	60,52	2,62
245-246	0,00	1,47	10,47	21,93	24,55	58,42	15,30	11,71	8,62	3,75	1,22	40,60	0,97
251-252	0,00	0,00	0,23	13,96	23,22	37,42	18,14	22,13	13,06	4,61	2,02	59,95	2,63
255-256	0,00	0,00	0,65	15,67	19,43	35,75	16,22	22,50	13,86	5,21	2,40	60,20	4,05
295-296	0,00	0,00	0,00	8,85	32,21	41,06	24,78	20,30	9,51	2,92	0,75	58,27	0,67
300-301	0,00	0,00	2,69	22,88	29,65	55,22	19,06	13,33	8,11	3,08	0,83	44,43	0,35
310-311	0,00	0,50	5,61	22,74	27,10	55,95	17,94	13,75	8,41	2,92	0,68	43,69	0,36
320-321	0,00	0,00	2,35	19,06	27,15	48,57	20,56	16,12	9,69	3,34	0,89	50,60	0,83
330-331	0,00	0,00	0,09	12,93	24,97	38,00	25,88	23,53	9,31	2,04	0,47	61,23	0,78
340-341	0,00	0,00	4,07	25,64	27,63	57,34	17,40	14,33	8,34	2,26	0,30	42,62	0,03
350-351	0,00	0,00	0,10	8,67	18,51	27,28	24,77	31,31	12,48	2,78	0,59	71,93	0,79
360-361	0,00	0,00	1,07	26,51	36,57	64,15	18,75	11,10	5,00	0,96	0,04	35,85	0,00
370-371	0,00	0,00	1,74	15,04	24,64	41,42	21,58	19,26	11,23	3,73	1,26	57,06	1,52
380-381	0,00	0,00	0,00	4,51	20,12	24,63	19,09	26,54	16,76	6,90	3,06	72,35	3,02
390-391	0,00	0,00	2,64	17,10	18,00	37,73	15,26	22,03	14,18	5,54	2,43	59,44	2,82
400-401	0,00	0,00	0,02	10,48	27,81	38,31	19,33	19,68	12,15	5,42	1,98	58,55	3,13
410-411	0,00	0,00	0,00	0,04	7,15	7,19	17,07	36,06	24,21	9,08	3,59	90,01	2,80
420-421	0,00	0,00	0,52	6,42	9,47	16,40	13,40	31,53	23,32	8,66	3,47	80,37	3,22
430-431	0,00	0,00	0,00	1,54	7,24	8,78	11,73	37,25	27,84	8,74	2,86	88,42	2,79
440-441	0,00	0,00	0,00	1,46	6,63	8,09	10,77	35,96	29,45	9,64	3,09	88,92	3,00

Uzorak	Tip krivulje	FOLK AND WARD METODA (μm)				FOLK AND WARD METODA (Opis)			
cm		Pr.veličina	Sortir.	Asimetri.	Zaoštr.	Pr.veličina	Sortiranost	Asimetr.	Zaoštr.
0-1	unimodalna	12,14	2,871	-0,158	1,181	srednji silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
5-6	unimodalna	18,31	3,028	0,043	1,219	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
10-11	bimodalna	15,31	2,576	-0,067	1,300	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
15-16	trimodalna	16,36	2,738	-0,002	1,298	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
20-21	unimodalna	16,03	2,958	0,026	1,314	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
25-26	unimodalna	17,55	2,752	0,006	1,194	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
30-31	bimodalna	14,72	2,576	-0,055	1,238	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
36-37	trimodalna	14,86	2,809	-0,060	1,232	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
40-41	bimodalna	17,30	2,929	0,054	1,218	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
45-46	bimodalna	35,26	3,644	-0,005	0,792	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
50-51	bimodalna	20,85	2,851	0,093	1,203	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
55-56	bimodalna	20,34	3,125	0,080	1,227	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
60-61	unimodalna	15,34	2,617	-0,087	1,264	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
65-66	bimodalna	14,43	2,700	-0,031	1,363	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
70-71	bimodalna	28,26	3,505	0,023	0,859	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
75-76	bimodalna	14,73	3,241	0,050	1,374	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
80-81	bimodalna	16,64	3,097	0,058	1,321	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
85-86	bimodalna	12,86	2,594	-0,125	1,302	srednji silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
90-91	bimodalna	12,52	2,514	-0,145	1,325	srednji silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
95-96	bimodalna	68,67	2,804	-0,406	1,022	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	vrlo pozitivno zakošeni	srednje z.
100-101	unimodalna	11,53	2,502	-0,087	1,475	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
105-106	trimodalna	12,43	2,450	-0,047	1,450	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
110-111	bimodalna	12,97	2,494	-0,109	1,304	srednji silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
115-116	unimodalna	11,42	2,322	-0,176	1,357	srednji silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
120-121	trimodalna	12,26	2,525	-0,058	1,444	srednji silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
125-126	bimodalna	16,03	2,942	0,066	1,416	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
130-131	bimodalna	16,10	3,012	0,066	1,367	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
135-136	unimodalna	24,91	2,953	0,068	1,082	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
140-141	bimodalna	35,15	2,493	-0,018	0,926	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
145-146	unimodalna	17,60	1,971	0,254	0,957	krupni silt	srednje sortirani	negativno zakošeni	srednje z.
150-151	unimodalna	25,02	3,047	0,173	1,124	krupni silt	slabo sortirani	negativno zakošeni	zaoštrena
155-156	trimodalna	28,75	3,173	0,047	0,961	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
161-162	bimodalna	36,28	3,255	-0,091	0,879	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
165-166	bimodalna	32,58	2,996	-0,057	0,913	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
170-171	bimodalna	47,73	3,513	-0,098	0,882	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
175-176	bimodalna	41,64	3,513	-0,113	0,912	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
180-181	bimodalna	41,89	3,413	-0,123	0,891	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
185-186	bimodalna	45,80	2,751	-0,168	0,833	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
190-191	trimodalna	49,35	2,891	-0,260	0,869	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
195-196	unimodalna	72,33	2,446	-0,348	1,014	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	vrlo pozitivno zakošeni	srednje z.
200-201	bimodalna	182,2	2,974	-0,046	0,906	sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
205-206	bimodalna	47,00	2,825	-0,339	0,869	vrlo krupni silt	slabo sortirani	vrlo pozitivno zakošeni	zaravnjena
210-211	bimodalna	174,9	3,028	-0,057	1,057	sitni pijesak	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
215-216	bimodalna	48,66	3,196	-0,151	0,862	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
220-221	bimodalna	33,06	3,396	0,063	0,917	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
225-226	bimodalna	32,67	3,512	0,033	0,939	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
230-231	bimodalna	32,65	3,471	0,069	0,928	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
235-236	bimodalna	35,06	3,532	0,062	0,890	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
240-241	bimodalna	36,51	3,426	-0,025	0,868	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
245-246	trimodalna	66,48	3,425	-0,242	0,958	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
251-252	bimodalna	38,24	3,085	-0,107	0,889	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
255-256	bimodalna	35,52	3,525	-0,069	0,952	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
295-296	bimodalna	44,91	2,418	-0,217	0,860	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
300-301	unimodalna	59,83	2,763	-0,286	0,930	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
310-311	unimodalna	62,43	2,908	-0,243	0,912	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
320-321	unimodalna	52,36	2,835	-0,212	0,883	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
330-331	trimodalna	45,08	2,447	-0,048	0,852	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
340-341	bimodalna	64,26	2,742	-0,272	0,856	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
350-351	unimodalna	36,14	2,423	0,111	0,930	vrlo krupni silt	slabo sortirani	negativno zakošeni	srednje z.
360-361	unimodalna	72,67	2,262	-0,304	1,012	vrlo sitni pijesak	slabo sortirani	vrlo pozitivno zakošeni	srednje z.
370-371	bimodalna	44,72	2,893	-0,140	0,892	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
380-381	bimodalna	27,22	2,999	-0,044	0,986	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	srednje z.
390-391	bimodalna	37,97	3,524	-0,014	0,882	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
400-401	bimodalna	37,33	3,067	-0,230	0,910	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
410-411	unimodalna	18,33	2,409	-0,096	1,260	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
420-421	bimodalna	21,64	3,038	0,089	1,326	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
430-431	trimodalna	17,68	2,370	-0,007	1,445	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
440-441	trimodalna	16,70	2,378	-0,020	1,448	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena

Rezultati granulometrijskih analiza Baćinskih jezera (BAJ-7)

Uzorak	Vrlo krupni pijesak	Krupni pijesak	Srednji pijesak	Sitni pijesak	Vrlo sitni pijesak	PIJESAK	Vrlo krupni silt	Krupni silt	Srednji silt	Sitni silt	Vrlo sitni silt	SILT	GLINA
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
450-451	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	9,04	39,54	33,24	11,18	3,45	96,45	2,95
455-456	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,82	9,14	37,77	34,80	11,77	3,10	96,58	2,59
456-457	0,00	0,00	0,78	3,13	5,04	8,96	10,44	32,67	30,31	10,83	3,24	87,49	3,55
460-461	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	10,72	39,33	33,77	9,71	2,11	95,65	2,35
464-465	0,00	0,00	0,00	0,15	8,96	9,11	17,07	35,06	27,28	7,90	1,78	89,08	1,81
470-471	0,00	0,01	5,68	21,65	20,31	47,66	12,73	15,02	14,39	6,32	1,95	50,40	1,94
480-481	0,00	0,00	0,00	0,05	3,59	3,64	9,74	38,58	34,22	10,00	2,05	94,59	1,77
490-491	0,00	0,00	0,92	19,08	25,82	45,81	17,59	16,85	12,79	4,81	1,26	53,30	0,89
500-501	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	1,45	7,91	33,72	36,35	13,16	3,70	94,85	3,70
504-505	0,00	0,00	0,00	0,06	6,93	6,99	13,02	32,89	27,50	10,09	4,56	88,06	4,95
505-506	0,00	0,00	0,00	0,00	1,91	1,91	9,09	37,37	35,63	10,27	2,60	94,95	3,15
510-511	0,00	0,00	0,00	0,00	1,82	1,82	7,69	41,98	37,61	9,28	1,06	97,62	0,57
520-521	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	6,15	44,83	39,75	8,39	0,44	99,56	0,42
530-531	0,00	0,00	0,00	0,00	1,49	1,49	6,76	46,40	37,64	7,19	0,27	98,26	0,25
540-541	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,41	7,36	50,14	35,26	6,58	0,21	99,56	0,04
550-551	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	6,00	47,37	37,25	8,00	0,99	99,63	0,35
554-555	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,24	5,35	40,82	40,26	10,16	1,60	98,18	1,58
560-561	0,00	0,00	0,00	0,01	3,01	3,02	7,47	42,12	37,10	8,14	0,96	95,79	1,20
570-571	0,00	0,00	0,00	0,00	1,32	1,32	7,27	41,78	38,32	8,76	1,24	97,37	1,32
574-575	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,16	3,49	43,19	43,33	8,47	0,44	98,91	0,93
595-596	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,24	4,16	43,07	42,86	8,44	0,31	98,85	0,92
600-601	0,00	0,00	1,02	16,15	20,69	37,86	16,76	24,05	14,29	4,02	1,25	60,37	1,78
610-611	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	50,03	40,62	6,02	0,00	100,00	0,00
620-621	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,12	2,76	51,06	40,46	5,51	0,00	99,80	0,08
630-631	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,16	4,46	54,53	36,10	4,75	0,00	99,84	0,00
640-641	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,21	3,85	55,78	35,51	4,65	0,00	99,79	0,00
649-650	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,62	58,31	35,72	3,35	0,00	100,00	0,00
655-656	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,80	6,13	57,19	31,78	4,10	0,00	99,20	0,00
660-661	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	3,46	61,10	32,64	2,78	0,00	99,97	0,00
670-671	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,61	8,18	56,91	29,79	4,51	0,00	99,39	0,00
680-681	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37	1,37	11,15	54,67	27,83	4,66	0,29	98,60	0,03
690-691	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,92	10,57	60,22	24,66	3,58	0,04	99,08	0,01
700-701	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,53	10,05	59,94	25,01	4,05	0,37	99,42	0,05
710-711	0,00	0,00	0,00	0,00	3,70	3,70	11,79	55,53	24,48	4,07	0,38	96,25	0,05
720-721	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46	1,46	6,72	63,46	26,14	2,23	0,00	98,54	0,00
730-731	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	6,46	63,66	26,78	3,01	0,00	99,90	0,00
740-741	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	9,22	59,88	26,72	3,95	0,19	99,95	0,05
750-751	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	5,55	60,15	31,53	2,74	0,00	99,97	0,00
760-761	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	8,82	60,07	27,50	2,96	0,00	99,36	0,00
770-771	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,49	58,76	25,66	4,87	1,49	99,28	0,72
774-775	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,39	8,78	57,30	26,63	4,74	1,29	98,74	0,87
780-781	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,18	8,02	58,53	26,39	4,66	1,35	98,95	0,87
790-791	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,11	6,87	63,77	26,64	2,61	0,00	99,89	0,00
796-797	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,16	59,62	28,67	5,42	1,46	99,33	0,67
800-801	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,27	57,74	28,01	5,55	2,17	98,75	1,25
804-805	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,74	57,51	29,92	5,84	2,05	99,06	0,94
810-811	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	3,96	56,68	33,19	5,32	0,56	99,71	0,14
820-821	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	3,66	57,80	33,77	4,65	0,08	99,96	0,01
830-831	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,21	4,05	57,61	33,78	4,35	0,00	99,79	0,00
835-836	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	3,40	53,62	37,38	5,46	0,00	99,87	0,00
836-843	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	2,17	52,06	39,30	6,44	0,00	99,97	0,00

Uzorak	Tip krivulje	FOLK AND WARD METODA (μm)				FOLK AND WARD METODA (Opis)			
cm		Pr.veličina	Sortir.	Asimetri.	Zaoštr.	Pr.veličina	Sortiranost	Asimetr.	Zaoštr.
450-451	unimodalna	14,47	2,003	-0,214	1,212	srednji silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
455-456	unimodalna	14,38	1,980	-0,162	1,188	srednji silt	srednje sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
456-457	bimodalna	16,35	2,554	0,017	1,468	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
460-461	bimodalna	15,62	1,960	-0,085	1,239	srednji silt	srednje sortirani	simetrični	zaoštrena
464-465	bimodalna	20,05	2,257	0,062	1,115	krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaoštrena
470-471	bimodalna	47,07	3,665	-0,211	0,769	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
480-481	unimodalna	15,73	1,972	-0,032	1,246	krupni silt	srednje sortirani	simetrični	zaoštrena
490-491	bimodalna	46,34	3,007	-0,222	0,798	vrlo krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaravnjena
500-501	unimodalna	13,37	2,114	-0,162	1,295	srednji silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
504-505	bimodalna	15,86	2,642	-0,125	1,404	krupni silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
505-506	bimodalna	14,71	2,027	-0,122	1,349	srednji silt	slabo sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
510-511	unimodalna	15,59	1,741	-0,051	1,092	srednji silt	srednje sortirani	simetrični	srednje z.
520-521	unimodalna	15,43	1,625	-0,087	1,033	srednji silt	srednje sortirani	simetrični	srednje z.
530-531	unimodalna	16,18	1,636	-0,049	1,103	krupni silt	srednje sortirani	simetrični	srednje z.
540-541	unimodalna	16,70	1,596	-0,092	1,057	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	srednje z.
550-551	unimodalna	15,70	1,630	-0,132	1,072	krupni silt	srednje sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
554-555	unimodalna	14,42	1,711	-0,135	1,089	srednji silt	srednje sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
560-561	unimodalna	15,89	1,782	-0,007	1,235	krupni silt	srednje sortirani	simetrični	zaoštrena
570-571	unimodalna	15,33	1,739	-0,070	1,158	srednji silt	srednje sortirani	simetrični	zaoštrena
574-575	unimodalna	14,73	1,587	-0,105	1,034	srednji silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
595-596	unimodalna	14,86	1,595	-0,094	1,033	srednji silt	srednje dobro sortirani	simetrični	srednje z.
600-601	bimodalna	39,83	2,983	0,016	0,809	vrlo krupni silt	slabo sortirani	simetrični	zaravnjena
610-611	unimodalna	15,81	1,512	-0,101	1,017	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
620-621	unimodalna	15,90	1,497	-0,106	1,018	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
630-631	unimodalna	16,77	1,500	-0,108	1,036	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
640-641	unimodalna	16,82	1,492	-0,123	1,035	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
649-650	unimodalna	16,97	1,440	-0,109	1,034	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
655-656	unimodalna	17,75	1,505	-0,083	1,079	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	srednje z.
660-661	unimodalna	17,58	1,431	-0,100	1,035	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
670-671	unimodalna	18,12	1,536	-0,085	1,114	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	zaoštrena
680-681	unimodalna	18,76	1,609	-0,038	1,182	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	zaoštrena
690-691	unimodalna	19,43	1,528	-0,064	1,160	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	zaoštrena
700-701	unimodalna	19,09	1,537	-0,098	1,172	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	zaoštrena
710-711	unimodalna	19,74	1,664	0,030	1,341	krupni silt	srednje sortirani	simetrični	zaoštrena
720-721	unimodalna	19,07	1,447	-0,053	1,095	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	srednje z.
730-731	unimodalna	18,69	1,454	-0,103	1,103	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
740-741	unimodalna	18,74	1,518	-0,103	1,124	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
750-751	unimodalna	17,94	1,461	-0,085	1,036	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	srednje z.
760-761	unimodalna	18,86	1,497	-0,054	1,103	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	srednje z.
770-771	unimodalna	18,29	1,589	-0,194	1,250	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
774-775	unimodalna	18,20	1,598	-0,166	1,237	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
780-781	unimodalna	18,17	1,580	-0,184	1,243	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
790-791	unimodalna	18,83	1,448	-0,086	1,090	krupni silt	srednje dobro sortirani	simetrični	srednje z.
796-797	unimodalna	17,28	1,569	-0,248	1,224	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
800-801	unimodalna	17,15	1,623	-0,256	1,335	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
804-805	unimodalna	16,80	1,600	-0,261	1,270	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
810-811	unimodalna	16,91	1,512	-0,159	1,119	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	zaoštrena
820-821	unimodalna	17,07	1,476	-0,131	1,083	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
830-831	unimodalna	17,18	1,475	-0,117	1,064	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
835-836	unimodalna	16,35	1,499	-0,126	1,049	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.
836-843	unimodalna	15,84	1,502	-0,142	1,039	krupni silt	srednje dobro sortirani	pozitivno zakošeni	srednje z.

Uzorak	Al	As	Ba	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg
cm	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	%
5-6	6,89	14	255	3,22	0,8	47	18,7	118	31,4	3,81	1,34	21,9	76,6	2,28
10-11	6,93	14	244	3,55	0,6	50	17,5	111	29,4	3,78	1,3	22,8	75,7	2,41
15-16	6,39	11	224	8,37	0,5	63	14,3	94	24,6	3,1	1,13	33,1	59,4	1,99
20-21	2,1	5	90	28,23	0,1	23	5,2	32	11,5	1,07	0,4	11,1	19,8	1,07
25-26	1,7	2	72	28,55	<0,1	18	3,8	27	7,6	0,84	0,32	9,3	15,9	0,95
30-31	1,74	6	80	28,21	0,1	18	4,1	26	8,2	0,93	0,34	9,8	16	0,98
35-36	1,77	4	78	27,94	0,1	19	4	26	7,5	0,79	0,34	9,1	16,6	0,9
40-41	1,27	5	59	29,96	<0,1	13	2,6	18	6,7	0,63	0,24	6,5	11,1	0,86
45-46	1,08	2	56	30,15	0,1	11	2,1	15	5,8	0,54	0,2	5,5	9,7	0,81
50-51	1,19	1	59	29,86	<0,1	13	2,5	17	7,1	0,59	0,22	6,7	11,3	0,84
55-56	1,39	2	68	28,69	<0,1	16	2,9	20	6,6	0,67	0,26	7,9	12,7	0,95
60-61	1,95	3	90	27,04	<0,1	20	4	27	8,7	0,91	0,35	10,4	18,2	1,09
65-66	3,56	5	152	23,13	0,1	34	8,7	48	13,8	1,52	0,68	18	33	1,33
70-71	2,23	9	107	23,21	0,2	21	5,4	30	12,4	1,32	0,43	10,7	19,7	0,98
72-73	2,45	12	113	21,29	0,2	24	5,4	30	13,2	1,5	0,44	11,5	20	1,04
80-81	4,15	5	175	15,76	0,3	42	8,4	57	17,1	2,11	0,75	20,2	39,6	1,65
85-86	5,94	8	244	10,29	0,4	59	12,9	83	21,9	2,93	1,07	28,4	54,8	2,03
89-90	5,77	7	255	9,77	0,6	59	13,3	81	24,5	3,03	1,08	29,2	54,4	1,61
94-95	2,87	7	129	21,76	0,4	28	9,5	39	14,2	1,78	0,54	13,8	26,8	0,95
100-101	5,62	8	240	9,04	0,6	57	12,9	75	24,2	3,23	1,06	28,2	52	1,56
105-106	6,49	12	313	2,02	0,7	59	18,6	99	34	5,05	1,29	26	67,1	1,22
110-111	7,04	10	322	1,26	0,7	62	16,5	106	34,4	4,79	1,39	27,3	69,6	1,02
115-116	6,97	12	318	1,48	0,6	60	18,6	106	32	4,48	1,34	26,6	70,6	0,99
120-121	6,92	12	339	1,6	0,6	62	18,9	109	30,5	4,46	1,43	28,2	75,1	1,16
125-126	8,26	14	354	2,28	0,8	62	21,2	124	34	4,91	1,51	26	82,9	1,36
130-131	9,36	16	409	1,02	0,5	78	21,2	147	37,8	5,11	1,87	32,1	100,2	1,3
135-136	8,89	13	412	1,43	0,5	81	19,8	139	34,5	4,52	1,72	36,7	86	1,57
140-141	8,48	13	402	1,78	0,5	76	17,8	129	34,1	4,54	1,71	34,7	84,3	1,65
145-146	8,85	14	426	1,41	0,6	81	20,9	135	34,2	4,75	1,78	36,9	86,1	1,57
150-151	8,18	13	396	1,11	0,4	73	23,9	130	33,8	4,35	1,8	33,4	83	1,34
165-166	8,11	14	396	0,55	0,8	63	21,1	140	35,8	5,27	1,75	26,5	93	1,03
170-171	8,36	13	410	0,93	0,6	77	18	127	34	5,07	1,72	33,4	85	1,2
175-176	8,32	13	426	1,07	0,5	80	23,8	130	33,9	4,97	1,79	35,9	80,3	1,34
180-181	8,02	16	415	0,45	0,7	55	21,4	139	38,4	4,74	1,88	23	91,2	1
185-186	8,69	12	464	1,12	0,4	87	17,7	134	34,9	4,61	1,86	41,1	81,8	1,37
190-191	7,53	12	441	0,6	0,6	71	21,7	134	35	4,67	1,94	31,3	82,3	1,05
195-196	8,55	13	426	0,6	0,6	67	20,3	130	34,1	4,74	1,77	31,4	90,5	1,01
200-201	8,16	13	441	0,59	0,7	69	22,4	144	34,5	5	1,96	32,6	92,4	1
205-206	8,31	14	422	0,58	0,8	64	19,9	144	32,5	4,62	2,03	30,4	91,5	1,1
210-211	8,35	12	414	1,8	0,7	78	18,3	131	30,2	4,38	1,81	38,4	78,4	1,14
215-216	8,95	12	438	0,85	0,6	78	18,7	136	34,2	4,92	1,98	37,3	91,3	1,15
220-221	8,81	11	416	1,81	0,7	84	21,7	129	31,4	5,23	1,76	40,5	82,8	1,47
225-226	8,86	12	436	1,2	0,7	85	21,1	134	33,1	4,72	1,93	42,3	81	1,23
230-231	9,41	12	433	0,77	0,6	78	20,5	145	35,7	4,57	1,95	36,1	86,1	1,19
235-236	9,87	12	451	0,89	0,6	85	22,2	144	34,2	4,59	1,9	41,3	89,2	1,31
240-241	8,34	11	439	0,88	0,9	69	19,8	143	33,8	4,43	2,09	34,1	83,6	1,24
245-246	8,4	9	435	1,06	0,6	80	19,2	133	32,6	4,18	1,78	39,7	85,2	1,31
250-251	8,85	11	422	1,4	0,8	83	20	134	34,5	4,32	1,91	41,3	82,6	1,42
255-256	8,6	12	434	1,44	0,5	82	17,5	130	33,8	4,12	1,85	39,4	79,4	1,49
257-258	8,98	11	430	1,43	0,6	80	18,2	132	34,6	4,15	1,8	39,5	84,3	1,56
260-261	8,39	26	411	1,81	0,6	75	22	126	32,5	4,52	1,77	36,6	80,3	1,44
265-266	8,45	46	389	2,21	0,8	78	24,6	128	35,1	4,56	1,71	39,7	74,4	1,51
268-269	7,85	35	406	3,28	0,8	68	21,5	127	35,3	4,56	1,78	33,6	75,1	1,36
270-271	9,2	23	433	1,95	0,7	76	21,1	142	35,9	4,69	1,86	37,4	80,4	1,48
275-276	8,26	14	405	3,9	0,6	64	21,1	129	32,8	4,14	1,74	30,6	76,4	1,48
280-281	8,36	11	419	2,61	0,8	72	21,3	130	45,6	4,27	1,72	35,7	81,6	1,56
285-286	9,04	11	449	1,83	0,7	86	20,6	141	37,4	4,43	1,92	44,6	87,3	1,47

Uzorak	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Sr	Th	Ti	V	Zn	Zr
cm	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
5-6	387	1,9	0,319	84,6	0,116	41,9	35,8	0,2	81	9,7	0,415	158	114	72,7
10-11	586	2,3	0,328	80,9	0,114	40	44	0,2	84	10,2	0,395	154	106	71,3
15-16	356	1,6	0,278	63,7	0,089	37	88,1	0,2	89	12	0,345	118	88	64,1
20-21	237	0,6	0,122	18,9	0,038	14,9	29,7	0,2	99	3,7	0,114	37	30	21,4
25-26	177	0,5	0,097	15,6	0,028	12,4	25	0,1	97	3	0,094	26	23	17
30-31	195	0,5	0,11	15,9	0,027	14,1	25,6	0,2	98	3,2	0,096	28	24	17,8
35-36	181	0,3	0,099	17,2	0,028	12,2	26,2	0,1	96	3,1	0,092	26	24	18,1
40-41	200	0,2	0,088	10,3	0,025	6,4	17,6	0,1	96	2,1	0,064	16	18	12
45-46	212	0,2	0,07	10	0,03	5,4	15	0,1	102	1,7	0,057	13	14	10,7
50-51	180	0,2	0,08	10,3	0,025	6	16,9	0,1	102	2	0,061	15	16	11,5
55-56	199	0,2	0,097	13,6	0,028	6,9	19,9	0,1	102	2,4	0,077	23	18	14,7
60-61	217	0,5	0,112	16,5	0,036	8,4	27,5	0,1	102	3,3	0,102	30	25	18,8
65-66	254	0,7	0,171	31,4	0,052	13,8	48,1	0,1	101	6,1	0,182	57	45	34,1
70-71	229	0,6	0,117	17,6	0,053	13,8	29	0,4	108	3,8	0,105	39	33	22,2
72-73	233	0,4	0,12	17,5	0,062	16,5	29,7	0,5	101	4	0,112	42	37	23,7
80-81	255	0,7	0,195	37,7	0,077	23,2	57,5	0,1	98	7,6	0,243	70	59	39,9
85-86	328	0,7	0,27	53,1	0,098	23,9	83,9	0,2	96	11,4	0,304	99	79	57,5
89-90	311	1,1	0,263	52,6	0,101	21,9	83,4	0,2	97	11,2	0,309	105	81	56,2
94-95	230	1,7	0,143	25	0,064	10,7	40,9	0,2	100	5,1	0,14	48	41	29,2
100-101	338	1,1	0,3	48,9	0,101	20	80,9	0,1	97	10,8	0,297	86	80	55,2
105-106	1222	2	0,311	70,6	0,275	28,7	60	0,2	79	11,4	0,351	134	114	70,2
110-111	356	2	0,326	68,7	0,137	27,9	73,4	0,2	76	11,5	0,359	153	125	66,4
115-116	395	3,1	0,369	76,6	0,132	29,8	68,5	0,2	75	11,4	0,379	141	118	70
120-121	778	2	0,382	75,9	0,116	28,9	65,2	0,1	81	12,4	0,377	133	108	70,2
125-126	896	2	0,432	87,8	0,119	31,8	61,3	0,1	87	12,7	0,434	152	115	78,2
130-131	805	1,8	0,495	98	0,11	37,1	102,7	0,1	93	15,2	0,523	184	127	96,3
135-136	1593	1,8	0,519	86,6	0,097	32,6	106,9	0,1	91	15,5	0,487	167	118	84,2
140-141	827	1,7	0,504	82,7	0,097	30,8	90,2	0,1	90	14,4	0,471	165	107	83,8
145-146	1157	2	0,511	89,4	0,099	31,2	105,1	0,1	92	14,9	0,491	161	114	87,4
150-151	920	1,9	0,528	89,4	0,098	32,6	101	0,1	85	13,5	0,475	155	114	82,5
165-166	1378	1,8	0,475	97,4	0,291	35	97,4	0,1	76	12,5	0,498	167	122	87,3
170-171	2220	1,6	0,501	81,9	0,097	31,7	106,9	0,1	85	14	0,479	150	117	89,3
175-176	2267	1,9	0,524	91,4	0,105	30,9	111,5	0,1	91	14,2	0,496	146	116	84,5
180-181	635	1,5	0,517	101,5	0,101	34,3	97,1	0,1	75	11,5	0,512	162	126	89,5
185-186	1062	1,6	0,63	79,5	0,098	31,9	114,1	0,1	96	15,5	0,5	144	111	82,9
190-191	701	2,9	0,588	84,7	0,104	33,9	113,5	0,1	84	13,1	0,5	162	116	85,7
195-196	516	2	0,477	85,3	0,124	35	108,7	0,1	88	13	0,498	170	131	91,7
200-201	479	1,9	0,546	91,4	0,114	34,8	112,4	0,1	93	13,4	0,515	163	124	87,4
205-206	451	1,7	0,552	81,4	0,114	32,9	115,3	0,1	87	13,2	0,522	166	121	81,8
210-211	490	1,9	0,565	78,1	0,11	33,3	100,2	0,1	101	14,6	0,474	155	118	82,2
215-216	701	2	0,548	84	0,122	33,5	116,6	0,1	97	14,6	0,494	157	126	90,3
220-221	1351	2,1	0,504	83,2	0,107	33,3	105,9	0,1	101	15,5	0,48	156	116	80,8
225-226	635	2,3	0,535	83,4	0,105	32	119,5	0,1	100	15,3	0,48	152	124	84,3
230-231	426	1,8	0,608	86,6	0,105	32,6	113	0,1	97	14,9	0,504	163	124	88,5
235-236	460	1,9	0,605	86,6	0,099	33,4	125,7	0,1	103	15,3	0,516	156	121	89
240-241	430	1,9	0,606	81,8	0,108	32,2	105,7	0,1	94	13,6	0,525	160	123	84,1
245-246	423	1,8	0,591	81	0,108	32,8	111,5	0,1	97	14,6	0,477	152	117	80,1
250-251	472	2,1	0,599	79,8	0,099	33,2	117,2	0,1	104	15,7	0,479	152	115	83,7
255-256	459	1,6	0,566	78,1	0,098	31,8	107,8	0,1	102	15,1	0,476	150	117	82,6
257-258	479	1,7	0,579	79,4	0,089	33,1	111,1	0,1	105	15,1	0,501	144	120	80,1
260-261	835	2,2	0,53	79,6	0,106	31,2	94,2	0,3	99	14,1	0,469	152	113	84,4
265-266	455	2,9	0,547	76,3	0,085	30,4	95,3	0,8	103	14,8	0,444	158	113	78
268-269	793	2,3	0,539	76,7	0,087	30,4	76,1	0,7	103	13,3	0,467	136	108	78,3
270-271	746	2	0,573	84,5	0,092	30,9	92,5	0,2	106	14,4	0,497	150	118	83,6
275-276	658	1,7	0,545	79,7	0,1	30,9	57,3	0,1	109	13,3	0,483	134	115	79,5
280-281	664	1,8	0,537	80,3	0,108	33	64,1	0,1	107	13,3	0,482	144	125	84,3
285-286	756	1,8	0,525	85,3	0,098	33,7	106,4	0,1	108	15,6	0,519	150	131	89,4

Prilog 2.1. Rezultati kemijskih analiza Vranskog jezera na Cresu (VR-1A)

Uzorak	Al	As	Ba	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg
cm	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	%
290-291	8,4	12	418	2,56	0,6	66	20	135	36,4	4,25	1,85	33	82,6	1,23
295-296	7,71	13	381	8,65	0,7	79	19,4	113	34,1	3,83	1,68	43,4	68,9	1,2
300-301	7,6	23	341	11,18	0,6	74	17,1	106	31,7	3,61	1,48	39,5	64	1,18
305-306	7,25	17	325	9,7	0,7	68	16,8	98	30,9	3,39	1,37	36,4	58,2	1,13
310-311	6,69	16	313	9,83	0,6	64	17,5	99	29,8	3,02	1,34	34	53,4	1,07
315-316	6,89	16	323	10,32	0,6	65	16,9	99	29,3	3,21	1,36	35	55,9	1,1
320-321	4,55	21	239	14,96	0,4	46	11	64	20,8	2,32	0,96	23,9	36,4	0,9
325-326	3,24	18	183	20,26	0,2	35	8,8	48	16,8	1,8	0,65	17,7	25,7	0,83
331-332	2,14	8	141	23,89	0,2	24	5,9	35	12,2	1,3	0,42	13,1	18,8	1
335-336	3,02	4	146	23,24	0,2	35	6,9	48	17,7	1,6	0,55	18,8	27,6	2,03
337-338	2,23	7	144	23,72	0,2	27	5,7	34	11	1,22	0,44	14,6	17,7	1,3
340-341	2,36	6	144	23,3	0,2	30	5,5	38	12,2	1,38	0,48	15,8	21,5	1,55
343-344_S	3,19	2	137	20,85	0,5	39	8,1	52	15,5	1,88	0,59	20,3	28,4	2,66
343-344_T	2,97	5	149	20,73	0,4	37	7,7	46	14,2	1,62	0,57	19,1	25,5	1,87
345-346	3,64	11	199	17,25	0,3	46	8,1	54	16,3	1,72	0,73	23,2	26,7	1,11
350-351	4,98	10	252	11,36	0,4	62	10,9	73	20,3	2,22	1,02	30,1	38,6	1,28
355-356	5,08	14	251	10,56	0,3	66	11,3	73	21	2,36	1,02	31,3	38,7	1,34
360-361	5,39	11	271	10,32	0,3	70	11,9	77	21,9	2,31	1,1	33,1	38,8	1,34
365-366	5,7	9	278	8,97	0,4	75	12,8	81	23,6	2,4	1,15	36,1	41,7	1,45
370-371	6,16	10	304	8,11	0,3	83	15,8	85	23,4	2,51	1,24	41	45,7	1,73
375-376	7,59	6	364	4,62	0,2	92	17,4	106	25,7	3,06	1,48	44,6	57,2	2,2
380-381	7,12	6	338	6,22	0,3	93	17,8	102	23	2,97	1,4	44,1	51,9	2,28
385-386	3,05	1	149	22,94	0,3	39	6,8	46	10,9	1,91	0,63	19,8	26,8	2,59
390-391	2,99	4	146	24,14	0,4	38	6,5	44	9,1	1,25	0,6	19	27,3	2,84
395-396	3,42	4	152	22,51	0,3	41	7,2	54	11,8	1,96	0,69	20,2	32,4	2,63
400-401	3,39	4	147	23,35	0,4	40	6,7	49	10,5	1,5	0,65	19,7	33,1	2,77
405-406	3,38	2	142	24,23	0,2	40	6,1	50	11,1	1,44	0,64	19,1	30,3	2,58
410-411	3,21	2	136	23,26	0,3	37	7	50	10,9	1,69	0,61	18,4	29,6	2,82
415-416	3,17	2	130	25,15	0,3	36	8,5	49	10,5	2,25	0,62	17,8	30,7	2,94
420-421	3,09	2	128	24,01	0,5	36	7,5	48	10,8	2,17	0,6	18,2	32,5	2,92
425-426	3,09	3	129	22,78	0,6	36	7,8	46	13,4	2,09	0,59	18,2	28,5	2,76
430-431	3,06	3	128	23,59	0,5	36	7,8	50	12,1	1,85	0,6	18,1	30,8	2,85
435-436	3,27	4	139	23,06	0,4	38	8,9	52	11,3	1,96	0,64	18,8	31,6	2,77
439-440	3,73	2	150	21,42	0,3	41	8,2	56	16,1	1,79	0,73	20,9	34,9	2,8
727-728	3,21	13	126	17,88	0,3	35	9,2	51	11,6	2,01	0,65	17,6	35,3	5,7
730-731	3,55	4	132	17,75	0,5	37	7	53	12,8	1,6	0,71	19,1	36,5	6,42
735-736	3,55	5	132	16,37	0,5	38	8,3	55	13,5	1,69	0,72	18,8	36,8	6
739-740	2,97	7	116	18,45	0,4	34	7,5	45	11,4	1,64	0,62	17,1	31,5	6,26
740-745	3,24	5	118	19,41	0,3	34	7,2	46	12,9	1,46	0,66	17,7	37,4	7,12

Uzorak	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Sr	Th	Ti	V	Zn	Zr
cm	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
290-291	625	1,7	0,475	85,9	0,094	31,9	65,2	0,1	103	12,6	0,517	148	126	87,9
295-296	611	1,6	0,374	68,3	0,083	27,2	125,7	0,1	130	14,5	0,429	124	109	79,7
300-301	567	1,7	0,317	64,5	0,077	26,9	114	0,3	132	14,6	0,397	121	97	69,2
305-306	527	1,7	0,315	61,6	0,071	25,7	104,3	0,3	123	12,9	0,355	117	91	63,5
310-311	550	1,7	0,292	58,7	0,069	24,3	106	0,3	130	12,3	0,355	110	91	61,9
315-316	594	2,5	0,288	60,2	0,065	23,8	108,5	0,3	146	12,8	0,355	110	91	63
320-321	443	2,8	0,228	39,6	0,054	16,4	76,5	0,5	156	8,6	0,244	71	66	43,9
325-326	388	3,9	0,183	28	0,04	12,8	51,2	0,5	177	6,4	0,173	56	49	34,8
331-332	338	2,9	0,154	18,6	0,029	8,8	32,6	0,3	216	4,4	0,122	34	34	24
335-336	381	1,9	0,161	25,5	0,023	12,1	42	0,1	173	6,2	0,173	49	45	35,1
337-338	324	3	0,174	17,6	0,027	8,6	33,7	0,3	212	4,6	0,132	33	31	24,4
340-341	344	2,3	0,175	20,1	0,026	10	36,2	0,2	212	5,3	0,14	38	34	26,4
343-344_S	465	0,9	0,173	28,5	0,022	12,4	43,6	0,1	148	6,9	0,187	54	40	37,6
343-344_T	388	2,3	0,214	25,5	0,028	11,6	42	0,2	173	6,7	0,171	49	38	33,7
345-346	292	2,9	0,335	29	0,043	13,4	53,1	0,3	183	8,3	0,218	50	44	37,7
350-351	280	3,2	0,456	41	0,048	17	73,9	0,2	130	10,1	0,292	75	62	51,8
355-356	285	2,2	0,468	39,4	0,053	17,7	73,3	0,2	125	10,9	0,283	80	62	52,8
360-361	283	2,9	0,516	44	0,052	18,4	79,5	0,1	127	11,4	0,31	82	65	55,1
365-366	284	2,1	0,538	44,1	0,056	19,2	80,4	0,1	123	12,2	0,329	91	61	61,4
370-371	270	1,6	0,603	49,3	0,055	21	86,6	0,1	134	13,2	0,36	98	65	62,5
375-376	291	1,1	0,791	64,4	0,068	24,3	91,6	0,1	119	15,8	0,425	120	79	71,4
380-381	289	0,8	0,726	64,5	0,065	23,5	92,3	0,1	122	15,7	0,404	121	74	79
385-386	672	0,7	0,248	26,7	0,025	11	43,3	0,1	149	6,4	0,179	53	32	36,2
390-391	323	0,5	0,211	28,6	0,021	11	43,2	0,1	151	6,3	0,173	46	31	36
395-396	644	0,6	0,198	31,4	0,022	12	50	0,1	141	6,8	0,195	55	38	40,7
400-401	395	0,7	0,185	31,3	0,023	11,7	47,6	0,1	145	6,5	0,182	50	37	38,4
405-406	339	0,6	0,154	27,9	0,021	12,3	48,5	0,1	149	6,6	0,184	55	37	45,1
410-411	412	0,7	0,161	29	0,021	11,2	44,1	0,1	141	6,5	0,175	58	36	40
415-416	523	0,6	0,154	29,7	0,021	11,6	46,1	0,1	140	6,2	0,177	60	37	40,7
420-421	448	0,6	0,149	29,3	0,02	10,5	44,3	0,1	137	6,5	0,172	56	39	41,6
425-426	414	0,8	0,144	29,3	0,018	11,2	44	0,1	137	6,1	0,167	54	38	38,8
430-431	369	0,5	0,145	30,5	0,021	11	43,8	0,1	134	6,2	0,173	56	40	39,5
435-436	366	0,6	0,158	32,2	0,02	11,2	47,9	0,1	140	6,6	0,182	60	41	40,5
439-440	310	0,7	0,181	34,3	0,02	13	53,5	0,1	135	7,5	0,196	65	43	43,5
727-728	302	1,1	0,176	34,2	0,038	11,2	47,1	0,6	125	6,3	0,176	58	42	39,3
730-731	288	1,1	0,199	34,7	0,039	11,9	51,8	0,2	128	6,8	0,184	62	46	43,7
735-736	311	1,4	0,188	35,9	0,04	11,7	52,3	0,2	120	6,7	0,186	63	48	42,1
739-740	266	1,1	0,168	29,5	0,038	10,3	43,1	0,4	124	5,9	0,164	55	39	39
740-745	264	0,9	0,167	36,5	0,039	11,2	47,5	0,3	136	6	0,172	54	44	41,3

Prilog 2.2. Rezultati kemijskih analiza Bokanjačkog blata (BOK-2)

Uzorak	Al	As	Ba	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg
cm	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	%
10-20	0,18	3	36	38,85	0,2	2	0,6	8	5,2	0,2	0,03	1,2	0,6	0,21
20-30	0,15	2	36	38,98	0,2	2	0,5	8	3,9	0,18	0,03	1,1	0,7	0,09
30-40	0,15	2	38	38,11	<0,1	2	0,6	8	2,8	0,19	0,03	0,9	0,4	0,08
40-50	0,12	2	38	39,24	<0,1	1	0,3	6	1,5	0,16	0,02	0,7	0,2	0,07
50-51	0,12	2	38	37,79	<0,1	1	0,4	7	1,6	0,18	0,02	0,7	0,2	0,07
51-55	0,14	<1	39	38,19	0,1	1	0,4	7	1,7	0,19	0,02	0,9	0,6	0,08
55-60	0,19	<1	40	39,16	0,1	2	0,4	6	1,7	0,18	0,02	0,9	0,4	0,08
65-66	0,13	4	38	38,01	<0,1	1	0,5	7	1,8	0,17	0,02	1	0,5	0,08
70-71	0,08	5	37	>40	<0,1	<1	0,2	6	1,3	0,14	0,01	0,4	0,1	0,07
75-76	0,12	3	36	38,99	0,1	<1	0,2	6	1,2	0,14	0,02	0,6	0,3	0,07
80-81	0,08	3	36	39,9	<0,1	<1	0,3	6	1,3	0,14	0,02	0,5	0,1	0,07
85-86	0,08	4	35	>40	0,1	<1	0,2	7	1,3	0,11	0,01	0,4	0,1	0,07
90-91	0,08	<1	35	>40	<0,1	<1	0,3	6	1	0,14	0,01	0,4	0,2	0,07
95-96	0,12	3	31	>40	<0,1	<1	0,2	6	1	0,12	0,02	0,7	0,1	0,07
101-102	0,1	3	32	>40	<0,1	<1	0,2	6	1,4	0,11	0,02	0,5	0,1	0,07
105-106	0,14	2	34	39,6	<0,1	1	0,2	6	1,2	0,12	0,03	0,8	0,1	0,07
110-111	0,16	<1	33	>40	<0,1	1	0,2	6	1,5	0,12	0,03	0,9	0,3	0,07
115-116	0,1	1	32	>40	<0,1	<1	0,2	6	1,2	0,1	0,03	0,6	0,2	0,07
121-122	0,13	3	33	>40	<0,1	1	0,3	6	1,2	0,1	0,04	0,7	0,3	0,07
125-126	0,15	4	34	>40	<0,1	1	0,2	4	2,3	0,13	0,04	0,8	0,4	0,07
130-131	0,13	<1	33	>40	<0,1	1	0,3	6	1,5	0,1	0,04	0,7	0,5	0,07
135-136	0,22	2	37	>40	<0,1	2	0,4	6	1,7	0,14	0,05	1,2	0,4	0,07
140-141	0,11	<1	32	>40	<0,1	1	0,3	6	1,2	0,11	0,04	0,7	0,2	0,06
145-146	0,18	1	35	>40	<0,1	2	0,3	6	1,4	0,11	0,05	0,8	0,2	0,07
151-152	0,17	2	33	38,3	<0,1	1	0,3	6	1,2	0,14	0,04	1	0,8	0,06
155-156	0,22	5	35	>40	<0,1	2	0,3	6	1,7	0,13	0,04	0,9	0,6	0,07
160-161	0,26	2	37	>40	<0,1	2	0,4	6	1,4	0,15	0,03	1,8	0,5	0,07
165-166	0,12	<1	30	>40	<0,1	1	0,2	5	1,4	0,14	0,03	0,6	0,4	0,06
170-171	0,13	<1	31	38,85	<0,1	1	0,3	5	1,4	0,15	0,02	0,7	0,4	0,07
173-174	0,13	3	32	39,36	<0,1	1	0,3	6	1,3	0,17	0,02	0,8	0,1	0,07
180-181	0,18	2	36	>40	<0,1	2	0,4	7	1,4	0,2	0,02	1,1	0,7	0,09
185-186	0,22	1	34	>40	<0,1	2	0,4	7	1,1	0,16	0,02	1,4	0,9	0,09
190-191	0,15	4	38	>40	0,1	1	0,4	6	1,2	0,15	0,02	0,7	0,3	0,12
193-194	0,18	<1	40	>40	<0,1	1	0,5	6	2,5	0,14	0,02	0,7	0,6	0,11
205-206	0,14	1	36	37,21	<0,1	2	0,7	7	1,3	0,24	0,02	1	0,5	0,11
215-216	0,04	1	38	39,23	<0,1	<1	0,4	6	0,6	0,17	0,01	0,4	0,1	0,15
231-232	0,05	<1	38	>40	<0,1	<1	0,3	4	3,1	0,16	0,02	0,8	0,6	0,16
241-242	0,05	<1	34	38,36	<0,1	<1	0,4	6	2,9	0,14	0,02	0,5	0,3	0,15
252-253	0,11	<1	40	39,41	<0,1	1	0,4	4	3,5	0,16	0,02	0,6	0,6	0,17
263-264	0,05	<1	35	37,77	<0,1	<1	0,6	3	2,4	0,28	0,01	0,3	0,4	0,17
273-274	0,15	<1	38	38,3	<0,1	1	0,8	5	3	0,3	0,02	0,8	0,8	0,16
281-282	0,07	<1	31	37,22	<0,1	<1	0,5	4	2,7	0,34	0,005	0,5	0,3	0,13
294-295	0,07	2	32	38	<0,1	<1	0,5	4	2,7	0,5	0,005	0,4	0,5	0,16
300-301	0,05	<1	32	37,27	<0,1	<1	0,7	4	3,1	0,84	0,005	0,3	0,6	0,14
308-309	0,19	<1	39	37,5	<0,1	2	0,7	6	3	0,71	0,02	1	1,2	0,15
318-319	0,11	<1	41	36,55	<0,1	1	0,8	5	2,9	0,51	0,01	0,6	0,6	0,17
328-329	0,2	<1	47	36,43	<0,1	3	1,3	5	5,5	0,52	0,03	1,5	1	0,18
338-339	0,34	<1	54	36,49	0,1	3	1,4	6	4	0,31	0,04	1,8	2,7	0,2
343-344	0,23	<1	51	34,44	<0,1	3	1,6	5	3	0,27	0,03	1,4	2	0,2
349-350	0,33	<1	56	37,21	<0,1	4	1,4	7	3,9	0,3	0,05	2	2,9	0,22
353-354	0,38	1	63	37,83	<0,1	4	1,6	6	4,1	0,34	0,05	2	2,7	0,25
358-359	0,48	1	71	34,95	0,1	6	2,9	9	4,8	0,42	0,07	2,8	4,6	0,28
364-365	0,61	4	71	34,51	<0,1	8	2,6	10	4,7	0,51	0,1	4,1	5,3	0,24
372-373	0,63	5	112	34,17	0,2	9	2,5	12	5,3	0,73	0,11	4,6	5,4	0,23
376-377	0,66	<1	94	36,31	0,2	9	2,6	9	5,1	0,55	0,11	4,6	5,7	0,26
382-383	0,8	2	95	36,1	0,2	9	2,5	14	5,4	0,58	0,12	4,5	7,5	0,26
391-392	0,68	1	68	37,32	<0,1	7	2,6	10	5,7	0,41	0,1	3,9	6,3	0,25
404-405	0,83	2	68	35,72	<0,1	9	3,2	11	7	0,44	0,12	4,7	7,7	0,22
409-410	0,79	2	68	36,45	0,3	9	2,8	12	6,3	0,49	0,11	4,9	8,5	0,23
427-428	1,92	2	110	33,88	0,3	21	4,6	26	10,5	0,84	0,27	10,6	18,7	0,26
434-435	2,32	2	112	29,82	0,4	26	4,8	28	12,3	0,95	0,33	13,1	20,3	0,27
444-445	3,1	3	147	27,55	0,3	37	7,6	54	14,9	1,2	0,47	17,8	28,8	0,31
448-449	3,29	4	148	26,94	0,8	38	8,2	38	14,3	1,26	0,48	18,9	29,3	0,31
454-455	3,54	1	166	26,51	0,2	41	8	43	15,8	1,3	0,51	20,2	32,9	0,33
465-466	3,49	<1	158	29,16	0,5	39	8,6	41	15,7	1,32	0,5	19,8	31,8	0,32

Uzorak	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Sr	Th	Ti	V	Zn	Zr
cm	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
10-20	102	0,3	0,019	1,2	0,07	3,5	1,8	0,4	112	0,3	0,01	1	11	2,4
20-30	89	0,1	0,019	1,3	0,054	3,4	1,7	0,5	109	0,3	0,01	1	6	2,4
30-40	89	0,1	0,017	3,1	0,024	3,3	2	0,5	107	0,3	0,008	1	6	2,2
40-50	70	<0,1	0,015	1,2	0,014	1,4	1,4	0,5	105	0,2	0,007	1	2	1,5
50-51	81	<0,1	0,016	2,7	0,014	1,5	1,5	0,6	102	0,2	0,007	1	2	1,6
51-55	78	0,1	0,015	2,4	0,013	1,6	1,5	0,6	106	0,2	0,007	1	2	1,8
55-60	83	<0,1	0,016	0,7	0,015	1,8	1,6	0,5	105	0,3	0,007	1	2	1,7
65-66	77	0,1	0,016	3	0,014	2,1	1,5	0,6	101	0,2	0,006	1	3	1,9
70-71	58	<0,1	0,014	0,5	0,012	0,8	0,6	0,5	97	0,1	0,003	1	2	1
75-76	59	<0,1	0,014	1,3	0,011	0,6	0,6	0,6	100	0,2	0,003	1	1	1,1
80-81	58	<0,1	0,013	1,5	0,014	0,9	0,6	0,6	103	0,1	0,004	1	2	1,1
85-86	50	0,1	0,013	0,9	0,009	0,6	0,4	0,6	105	0,1	0,004	1	1	1,3
90-91	50	<0,1	0,013	2,1	0,009	0,5	0,5	0,7	108	0,1	0,004	1	2	1
95-96	45	0,1	0,015	0,9	0,008	0,7	0,7	0,6	104	0,2	0,004	1	1	0,9
101-102	47	<0,1	0,016	1,3	0,009	0,6	0,6	0,6	109	0,2	0,005	1	1	1,2
105-106	50	<0,1	0,016	1,6	0,01	0,7	0,8	0,7	109	0,2	0,005	1	1	1,4
110-111	51	0,1	0,017	1,2	0,01	0,9	0,7	0,6	107	0,3	0,006	1	2	1,5
115-116	49	0,1	0,016	1,2	0,008	1	0,6	0,6	109	0,2	0,005	1	1	1,2
121-122	52	<0,1	0,017	2,5	0,009	1,5	0,7	0,7	109	0,2	0,005	1	2	1,4
125-126	61	<0,1	0,019	0,1	0,008	1,7	0,9	0,3	123	0,3	0,006	1	2	1,6
130-131	52	<0,1	0,019	0,5	0,01	1,7	0,8	0,5	110	0,2	0,006	1	1	1,7
135-136	59	<0,1	0,022	2,4	0,01	1,6	0,9	0,6	109	0,4	0,007	1	2	1,6
140-141	43	0,1	0,02	1,9	0,009	0,9	0,6	0,6	102	0,2	0,005	1	2	1,5
145-146	45	<0,1	0,023	1,2	0,007	0,9	0,9	0,6	103	0,3	0,005	2	2	1,6
151-152	49	<0,1	0,023	1,7	0,009	0,6	1	0,6	97	0,3	0,005	1	2	1,4
155-156	54	0,1	0,026	0,8	0,008	0,8	1,3	0,6	105	0,3	0,005	1	2	1,5
160-161	69	0,2	0,02	2,4	0,009	1	1,1	0,5	103	0,4	0,006	4	2	1,9
165-166	71	<0,1	0,024	0,1	0,006	0,4	0,6	0,3	98	0,2	0,005	1	2	1,5
170-171	70	<0,1	0,017	1,8	0,008	0,6	0,7	0,5	107	0,2	0,006	1	1	1,6
173-174	70	0,1	0,022	2,4	0,01	0,4	0,7	0,6	106	0,2	0,007	1	1	1,7
180-181	77	0,2	0,02	2,2	0,007	0,6	1	0,6	120	0,3	0,008	1	3	2,1
185-186	87	<0,1	0,023	3,2	0,008	0,9	1,1	0,5	118	0,4	0,009	1	3	2,3
190-191	91	<0,1	0,019	4,3	0,005	0,5	0,8	0,6	134	0,2	0,005	1	2	1,1
193-194	87	0,1	0,021	2,4	0,005	0,5	0,7	0,5	130	0,2	0,005	1	1	1,6
205-206	153	0,2	0,023	5,5	0,004	0,5	0,8	0,6	111	0,3	0,006	1	1	1,9
215-216	232	0,1	0,02	3	0,002	0,2	0,3	0,5	132	0,1	0,003	1	1	0,7
231-232	267	0,1	0,026	1,5	<0,001	0,4	1	0,2	141	0,1	0,002	1	<1	0,5
241-242	147	0,1	0,024	2	<0,001	0,4	0,9	0,2	128	0,1	0,003	1	<1	0,7
252-253	165	0,1	0,023	1	0,003	0,8	1,1	0,2	158	0,2	0,004	2	1	1,1
263-264	151	0,4	0,02	1,7	0,001	0,4	0,7	0,2	133	0,1	0,002	6	<1	0,9
273-274	172	0,5	0,02	3,2	<0,001	0,8	1,5	0,3	133	0,2	0,006	4	2	1,8
281-282	160	0,2	0,017	1,8	<0,001	0,4	1	0,2	115	0,1	0,002	2	<1	0,9
294-295	153	0,4	0,014	1,5	<0,001	0,5	0,8	0,2	137	0,1	0,002	2	<1	0,9
300-301	117	1,3	0,013	2,2	<0,001	0,4	0,6	0,3	126	0,1	0,002	1	<1	0,7
308-309	141	0,7	0,014	3,9	<0,001	0,9	2	0,3	128	0,3	0,007	5	3	2
318-319	166	0,3	0,015	2,3	0,001	0,7	1,4	0,3	158	0,2	0,004	2	2	1,6
328-329	158	0,8	0,019	4,1	0,002	1,1	3,4	0,3	163	0,4	0,008	1	3	3,4
338-339	144	0,2	0,022	3,3	0,002	1,5	3,7	0,2	159	0,6	0,013	8	4	4
343-344	139	0,2	0,022	4,9	0,002	1,2	3,4	0,2	176	0,4	0,011	6	3	3,5
349-350	162	0,2	0,022	4,8	0,001	1,8	4,8	0,3	174	0,6	0,015	1	4	4,7
353-354	167	0,4	0,023	4,7	0,002	1,8	4,9	0,2	198	0,6	0,014	8	4	4,4
358-359	180	0,3	0,029	7,6	0,003	2,5	7,1	0,3	211	0,9	0,021	7	5	7,4
364-365	202	0,4	0,032	8,2	0,002	3	9,2	0,3	183	1,3	0,029	13	9	10,1
372-373	206	0,5	0,034	7	0,003	3,2	8,9	0,5	178	1,4	0,029	16	7	13,9
376-377	202	0,3	0,029	7	0,002	3,6	9,2	0,2	195	1,5	0,028	14	5	13,3
382-383	211	0,3	0,034	7,9	0,004	3,9	10,4	0,2	192	1,5	0,032	19	8	12,6
391-392	212	0,3	0,03	7,6	0,003	3,2	10	0,1	192	1,3	0,031	17	8	8,4
404-405	224	0,3	0,031	9,4	0,002	3,9	12,4	0,2	171	1,5	0,037	24	10	10,7
409-410	209	0,3	0,031	8,6	0,004	3,7	12,3	0,2	183	1,5	0,035	27	10	9,9
427-428	249	0,2	0,05	19,2	0,004	8,6	30,5	0,1	179	3,8	0,089	48	24	25,5
434-435	271	0,3	0,055	19,6	0,005	9,6	36	0,1	164	4,8	0,105	43	26	30,5
444-445	261	0,3	0,075	28,1	0,007	14,3	48,6	0,1	165	6,5	0,149	62	33	43,3
448-449	257	0,5	0,077	32,2	0,007	14,6	52	0,1	168	6,9	0,152	66	36	48,1
454-455	277	0,7	0,082	29,7	0,007	15,1	57,2	0,1	162	7,7	0,169	72	40	50
465-466	295	0,4	0,075	34	0,007	15	53,9	0,1	174	7	0,158	69	37	45,7

Prilog 2.2. Rezultati kemijskih analiza Bokanjačkog blata (BOK-2)

Uzorak	Al	As	Ba	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg
cm	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	%
475-476	3,88	3	164	27,63	0,3	44	9,1	44	16,1	1,37	0,55	22,4	33,5	0,34
484-485	4,87	5	193	21,87	0,5	57	12,4	55	19,8	1,7	0,69	28	43,4	0,38
493-494	5,38	4	219	20,35	0,8	65	12,8	66	22,3	1,86	0,78	33,1	47,7	0,41
505-506	5,93	5	220	20,03	0,7	72	15,3	76	23,9	3,84	0,86	35,2	52	0,45
515-516	6,07	6	252	17,8	0,8	74	21,2	86	26,3	4,06	0,85	34,9	51,5	0,44
524-525	5,87	4	235	17,79	0,6	73	12,6	86	23,6	2,63	0,84	36,8	50,3	0,43
534-535	6,09	4	232	19,83	0,8	75	15,7	88	24,4	2,53	0,9	36,3	50,6	0,43
545-546	6,05	4	240	17,53	0,7	73	12,2	93	23,4	1,81	0,91	36,9	53,8	0,43
552-553	6,08	11	235	16,11	0,9	68	16,6	96	22,1	3,05	0,87	34,9	47,3	0,44
558-559	6,15	12	251	15,12	0,4	72	15,8	95	22,6	3,13	0,93	35,5	51,5	0,45
563-564	6,37	13	231	15,65	0,8	76	18,3	99	24	4,19	0,92	37,9	49,9	0,45
570-571	5,76	15	171	14,11	0,6	67	15	85	21,3	4,22	0,84	33	43,7	0,41
575-576	6,51	10	258	14,04	0,7	74	17,1	97	22,8	4,04	1,03	37,9	51,6	0,46
580-581	7	9	249	13,27	0,8	80	18,3	105	24,4	3,05	1,08	39	56,7	0,47
590-591	6,7	12	241	13,62	0,7	79	17,8	103	24,5	2,65	1,03	38,4	53,2	0,45
600-601	5,97	12	222	14,09	0,6	74	16,5	94	21,5	4,1	0,93	34,9	47,6	0,43
610-611	7,77	11	277	9	1,1	89	23,9	122	28,2	4,47	1,2	44,5	60	0,5
623-624	7,02	9	250	12,27	0,8	80	18,9	108	27,3	2,43	1,13	41,2	52,2	0,47
636-637	4,95	8	198	19,62	0,5	57	14,7	78	18,9	1,66	0,76	29,6	38,1	0,37
645-646	7,29	5	261	12,17	0,8	82	14,6	104	25,9	2,91	1,07	41,9	55,3	0,45
655-656	8,02	7	295	6,82	0,8	95	17,5	123	28,6	6,79	1,22	45,4	62,9	0,48
665-666	8,22	11	300	10,34	0,8	91	15,1	116	30,9	2,42	1,27	46	69,8	0,51
675-676	8,47	7	275	10,1	0,7	78	14,9	117	28,7	2,5	1,18	39,2	65,5	0,5
685-686	7,37	7	275	10,98	0,7	85	15,4	108	26,7	2,66	1,1	42,1	56,7	0,47
695-696	7,61	6	286	12,49	0,9	92	14,7	114	28,9	2,31	1,18	43,9	61	0,49
710-711	7,44	10	268	11,47	0,7	85	19,3	110	26,9	2,51	1,08	41,9	56,5	0,47
721-722	8,03	14	304	7,76	1,1	94	23,1	130	32,3	3,5	1,31	45,1	66,1	0,5
731-732	7,72	12	293	7,88	1	84	21,6	124	30,7	3,26	1,22	44,1	63,9	0,5
734-735	4,92	9	203	19,32	0,6	52	12,6	75	18	1,72	0,72	26,1	36,7	0,39
740-741	5,58	10	230	16,16	0,7	62	12,3	85	20,8	1,92	0,85	30,6	44,6	0,43
750-751	4,98	14	232	17,72	0,6	66	18,9	80	22,5	2	0,81	32,7	43,9	0,41
760-761	5,82	8	275	13,8	0,9	86	18,3	96	27,9	2,37	1,04	43,2	43,5	0,44
770-771	7,37	11	344	5,93	1,3	102	21,5	124	35,9	3,13	1,41	51,4	58	0,5
777-780	7,13	9	378	1,43	0,3	107	41,9	129	36,9	3,31	1,44	53,9	51	0,51

Uzorak	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Sr	Th	Ti	V	Zn	Zr
cm	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
475-476	318	0,4	0,084	36,8	0,008	16,2	62,1	0,1	167	8	0,183	70	41	55,7
484-485	432	0,8	0,106	50,9	0,01	18,3	74,2	0,1	151	10,3	0,235	83	49	66,6
493-494	420	0,6	0,132	55,6	0,01	23,7	81,6	0,1	158	12,3	0,258	93	54	74,6
505-506	709	0,8	0,158	51,2	0,016	24,6	85	0,1	154	12,9	0,27	111	62	79,1
515-516	742	1,2	0,144	71,7	0,017	25,5	91,7	0,1	153	13,6	0,279	112	67	81,4
524-525	573	0,7	0,152	57,7	0,016	24,3	92,5	0,1	150	13,3	0,284	101	60	80,2
534-535	558	0,5	0,144	61,3	0,015	24,5	93,3	0,1	157	13,7	0,293	110	60	79,8
545-546	451	0,8	0,134	58	0,013	25,9	94,5	0,1	143	13,5	0,306	122	60	80,8
552-553	811	1,4	0,147	62,3	0,02	24,5	91	0,4	139	12,7	0,279	106	66	77,1
558-559	701	1,9	0,161	61,6	0,024	25,7	90,9	0,7	128	13,7	0,279	109	67	80,4
563-564	922	2	0,158	64	0,023	27	97,4	1,7	135	13,9	0,286	113	67	84,2
570-571	444	2,5	0,144	59,5	0,019	22,9	83,6	2,7	119	12,6	0,256	96	63	72,8
575-576	1035	1,6	0,178	63,3	0,027	25,6	97,2	0,2	122	13,9	0,291	108	71	85,7
580-581	651	1	0,195	72,2	0,026	28,5	108	0,1	120	15,5	0,337	119	74	90,4
590-591	543	0,9	0,185	71,3	0,025	25,7	103,1	0,1	127	14,7	0,306	111	74	88,5
600-601	961	1,7	0,147	65	0,026	25,4	93,6	0,8	127	13,9	0,284	102	63	81,8
610-611	1552	1,8	0,241	97,6	0,04	31,4	110,3	0,1	112	17	0,367	131	83	99,9
623-624	469	1,5	0,204	72,2	0,03	27,5	110,6	0,1	117	15,5	0,334	111	79	93,8
636-637	292	1,1	0,124	53,5	0,025	20,8	78,6	0,1	147	11,1	0,226	88	58	65,6
645-646	543	0,9	0,19	66,1	0,035	28,2	108	0,1	107	15,5	0,326	108	77	90,5
655-656	1780	1,7	0,233	73,7	0,049	33,1	112,7	0,1	87	17,6	0,37	132	86	102,7
665-666	432	1,5	0,187	74	0,035	34,1	124	0,1	99	19,1	0,387	145	90	111,2
675-676	269	1,1	0,185	73	0,034	32,1	117,4	0,1	105	17,1	0,378	130	82	105,1
685-686	427	0,7	0,193	69,8	0,031	29	112,4	0,1	108	16,3	0,345	128	75	97,7
695-696	288	0,7	0,197	63,4	0,035	32,5	120,5	0,1	119	17,1	0,357	125	77	105,5
710-711	552	1,9	0,184	73,4	0,035	30,7	106,7	0,1	109	16,4	0,346	124	78	98
721-722	2340	2,9	0,23	91,2	0,044	35,4	95,8	0,1	93	18,1	0,425	141	94	113
731-732	855	2,5	0,223	91,8	0,042	31,8	91,5	0,1	93	17,2	0,399	143	87	111
734-735	373	1,3	0,123	45,7	0,03	17,9	75,9	0,1	142	10,4	0,226	85	51	63
740-741	329	1	0,153	51,6	0,032	20,9	86,2	0,1	136	12	0,261	94	62	72,1
750-751	301	2,8	0,141	57,4	0,039	20,9	84,1	0,1	145	11,9	0,254	98	62	69,5
760-761	246	1	0,23	57,1	0,053	27,7	105,3	0,1	137	15	0,334	101	83	93,8
770-771	192	1,1	0,315	71,7	0,073	35,9	121,4	0,1	103	19	0,448	134	95	113,2
777-780	295	1,6	0,501	108,9	0,05	43,2	128,5	0,1	101	21,3	0,506	150	98	124,5

Uzorak	Al	As	Ba	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg
cm	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	%
0-1	1,01	1	80	33,78	0,2	10	2,4	17	8,9	0,53	0,22	5,8	8,7	0,68
5-6	0,76	4	70	33,24	0,1	8	1,6	15	4,3	0,37	0,16	4,6	6,7	0,78
10-11	0,16	2	54	>40,00	<0,1	3	0,7	6	1,7	0,07	0,04	1,7	1,5	0,62
15-16	0,51	2	58	36,57	0,2	5	1,3	12	3,7	0,23	0,11	3,2	4,7	0,64
20-21	0,52	<1	71	37,13	<0,1	5	1,5	13	4,5	0,22	0,12	2,8	4,5	0,74
25-26	0,58	3	63	34,87	<0,1	5	1,3	13	4,8	0,27	0,13	2,9	5,1	0,74
30-31	0,36	3	55	34,97	<0,1	3	1	7	3,1	0,15	0,09	1,9	3,4	0,73
35-36	0,34	2	54	36,57	<0,1	3	0,9	7	3,5	0,12	0,08	1,8	2,7	0,95
40-41	0,27	<1	59	37,83	<0,1	3	0,8	8	3,2	0,11	0,06	1,5	2,4	0,69
45-46	0,3	2	56	35,06	0,1	3	1	7	3	0,12	0,07	1,8	2,6	0,81
50-51	0,51	<1	60	38,24	<0,1	5	1,3	12	3,6	0,24	0,12	2,7	4,3	0,88
55-56	0,39	2	56	37,5	<0,1	4	1	9	2,6	0,17	0,09	2,4	3,5	0,82
59-60	0,29	5	55	36,77	<0,1	3	0,7	8	1,4	0,12	0,07	2,1	2,7	0,87
64-65	0,24	<1	50	34,99	<0,1	3	0,8	6	3,8	0,09	0,06	2	2,4	0,83
70-71	0,23	3	49	36,13	<0,1	3	0,6	7	2,7	0,08	0,06	1,4	2,4	0,89
75-76	0,23	3	50	36,8	<0,1	3	0,7	5	1,9	0,08	0,06	1,6	2,3	0,87
80-81	0,23	2	56	36,79	<0,1	3	0,7	5	2,1	0,08	0,06	1,5	2,1	0,85
85-86	0,27	1	53	37,85	0,1	3	0,6	6	2,5	0,1	0,07	1,7	2,5	0,95
90-91	0,25	<1	51	37,06	0,1	3	0,7	5	2,6	0,09	0,06	2	2,3	0,98
95-96	0,12	<1	51	39,34	<0,1	2	0,4	4	1,4	0,02	0,03	0,9	1,3	0,74
100-101	0,24	2	48	39,31	<0,1	2	0,7	6	3,2	0,09	0,06	1,3	2,1	0,72
105-106	0,25	2	46	36,01	<0,1	2	0,7	6	2,3	0,09	0,06	1,2	2,3	0,76
110-111	0,24	3	51	34,44	<0,1	2	0,7	5	1,9	0,09	0,06	1,4	2,3	0,84
115-116	0,21	<1	56	36,63	<0,1	2	0,5	5	2,5	0,06	0,05	1,2	1,8	0,83
121-122	0,07	3	52	39,23	<0,1	<1	0,1	3	0,9	0,01	0,02	0,7	0,8	0,73
124-125	0,21	<1	50	34,83	<0,1	2	0,6	5	2,8	0,06	0,05	1,1	1,8	0,86
129-130	0,33	<1	53	32,29	<0,1	3	1	6	3,1	0,12	0,08	1,8	3,2	0,93
135-136	0,35	<1	54	34	0,1	3	1,1	7	3,6	0,13	0,08	2,2	3,1	0,76
140-141	0,46	5	54	34,42	<0,1	4	1,1	10	3,3	0,18	0,1	2,3	4	0,72
145-146	0,27	<1	52	31,56	<0,1	3	1	7	3,1	0,13	0,07	1,9	2,5	0,77
149-150	0,28	2	55	33,41	<0,1	3	1,1	7	2,5	0,11	0,07	1,7	2,5	0,87
154-155	0,18	<1	49	33,2	<0,1	2	0,6	3	3,4	0,02	0,05	1,2	2	0,72
160-161	0,16	2	47	34,33	<0,1	2	0,6	6	1,6	0,04	0,04	0,9	1,5	0,75
165-166	0,16	2	49	35,81	<0,1	2	0,5	5	1,8	0,04	0,04	1,8	1,5	0,79
171-172	0,11	<1	46	35,94	<0,1	1	0,3	5	1,1	0,02	0,03	0,9	1,2	0,97
175-176	0,12	2	49	35,42	<0,1	1	0,4	5	1	0,03	0,03	0,9	1,2	0,95
180-181	0,16	<1	45	33,98	<0,1	2	0,7	6	2	0,03	0,04	0,9	1,6	0,87
185-186	0,24	6	50	35,29	<0,1	2	0,7	6	2,3	0,06	0,06	1,2	2,1	0,93
190-191	0,17	4	47	37,47	<0,1	2	0,6	5	1,8	0,03	0,04	0,9	1,7	0,79
195-196	0,3	<1	51	37,05	<0,1	3	1,2	7	2,8	0,1	0,08	1,4	2,6	0,75
200-201	0,16	<1	51	38,12	<0,1	1	0,6	5	1,8	0,01	0,04	1,3	1,5	0,88
205-206	0,44	<1	55	35,88	0,1	4	1,1	8	3,1	0,14	0,1	2,1	3,9	0,82
210-211	0,19	2	51	37,51	0,1	2	0,8	6	2,1	0,03	0,05	0,9	2	0,96
216-217	0,19	2	50	37,43	<0,1	2	0,6	6	2	0,04	0,05	1,2	1,8	0,83
222-223	0,21	<1	51	>40,00	<0,1	2	0,6	7	2	0,03	0,05	1,2	1,8	0,74
228-229	0,27	<1	57	37,78	<0,1	2	0,8	8	3,1	0,07	0,07	1,4	2,3	0,9
234-235	0,19	<1	48	38,27	<0,1	2	0,6	6	2,2	0,04	0,05	0,9	1,8	0,78
241-242	0,23	2	48	38,32	<0,1	2	0,7	6	2	0,05	0,06	1,1	2,1	0,9
245-246	0,28	<1	51	35	<0,1	3	0,8	7	2,2	0,09	0,07	1,3	2,7	0,94
258-259	0,41	4	58	33,58	0,1	4	1,2	8	3,3	0,15	0,1	2,5	3,6	0,8
266-267	0,23	1	51	37,86	<0,1	2	0,8	6	2,1	0,06	0,06	1	2,3	0,8
275-276	0,24	<1	53	35,1	<0,1	2	0,8	6	2,1	0,07	0,06	1,3	2	0,87
300-301	0,22	<1	52	36,45	<0,1	2	0,6	5	2,2	0,05	0,05	1,1	2	0,87
315-316	0,16	<1	47	36,52	<0,1	2	0,5	6	1,5	0,03	0,04	0,9	1,5	0,7
329-330	0,23	2	47	35,95	<0,1	2	0,6	8	2	0,07	0,06	1,2	1,9	0,77
346-347	0,21	<1	50	36,96	<0,1	2	0,7	4	2,6	0,05	0,05	1	2,2	0,77
360-361	0,34	3	53	35,92	<0,1	3	0,9	7	2,4	0,11	0,08	1,9	3,2	0,7

Uzorak	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Sr	Th	Ti	V	Zn	Zr
cm	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
0-1	152	2	0,235	11,5	0,014	9,7	19	0,5	455	1,7	0,049	15	20	12
5-6	131	1,7	0,21	9,6	0,009	6,4	14,8	0,4	673	1,3	0,036	11	10	9
10-11	75	1	0,177	3,6	0,003	1,8	3,6	0,3	740	0,3	0,008	<1	3	2,2
15-16	90	3,1	0,246	8,9	0,007	4,1	9,2	0,4	619	0,8	0,024	12	7	6,2
20-21	92	3,7	0,276	7,9	0,008	4	10	0,5	1053	0,7	0,025	12	8	6,8
25-26	94	3,1	0,198	8,8	0,007	4	11,7	0,4	774	0,9	0,028	11	8	9
30-31	95	3,5	0,217	5,9	0,005	3	7	0,4	626	0,5	0,017	8	5	4,6
35-36	115	4,4	0,234	5,8	0,004	3,2	6,2	0,5	768	0,4	0,016	7	5	4,4
40-41	84	4	0,29	6,5	0,005	2,2	4,6	0,4	736	0,4	0,013	7	4	3,6
45-46	93	3,9	0,308	6,4	0,004	2,4	5,2	0,5	710	0,4	0,015	10	4	3,9
50-51	139	4,6	0,206	8,9	0,005	3,2	9,3	0,5	703	0,7	0,024	11	7	5,9
55-56	115	3,3	0,178	6,6	0,004	3,1	7,7	0,4	622	0,6	0,019	11	6	4,7
59-60	99	2	0,223	4,5	0,003	2,9	5,7	0,4	767	0,5	0,015	5	5	3,6
64-65	80	2,6	0,288	5,1	0,003	3,2	4,6	0,4	790	0,4	0,012	4	4	3,4
70-71	86	1,7	0,229	4,2	0,003	1,7	4,1	0,3	752	0,4	0,011	1	3	3,2
75-76	89	1,5	0,2	4,5	0,003	1,4	3,9	0,3	869	0,4	0,011	2	3	2,9
80-81	83	2	0,273	4,5	0,003	1,4	4	0,4	1110	0,4	0,012	2	3	3
85-86	96	2,1	0,199	5,5	0,004	1,7	4,9	0,4	759	0,4	0,015	4	4	3,8
90-91	94	1,9	0,197	4,2	0,004	1,6	4,1	0,4	848	0,3	0,013	6	4	3,1
95-96	66	1	0,141	3	0,002	1,2	2,3	0,3	778	0,2	0,007	<1	3	1,7
100-101	79	2,6	0,28	5,1	0,002	3	3,9	0,4	476	0,3	0,011	7	4	3,3
105-106	73	2,6	0,399	5,6	0,002	1,8	4,4	0,3	553	0,4	0,012	3	3	3,1
110-111	70	1,8	0,256	4,6	0,002	2,3	4,3	0,3	689	0,3	0,011	<1	4	3,5
115-116	64	2,1	0,23	4,4	0,003	2,4	3,7	0,3	966	0,3	0,01	6	3	3,1
121-122	48	1,1	0,202	2,8	0,001	0,9	1,4	0,3	832	<0,1	0,003	2	1	0,9
124-125	60	3,1	0,316	4	0,002	3,2	3,5	0,4	690	0,2	0,01	6	3	2,7
129-130	82	4,4	0,385	6,6	0,004	2,6	5,6	0,4	742	0,4	0,015	6	4	4,6
135-136	78	4,9	0,324	6,5	0,003	2,1	6,2	0,4	643	0,4	0,015	7	5	4,5
140-141	84	5,4	0,383	6	0,003	2,4	8,4	0,4	664	0,6	0,021	12	6	5,4
145-146	71	5,8	0,366	4	0,003	3,7	4,8	0,4	1253	0,4	0,014	<1	4	4,4
149-150	82	5,1	0,28	4,1	0,002	3,6	4,7	0,4	829	0,4	0,013	4	4	3,9
154-155	79	4,6	0,358	3,1	0,002	1,5	3,5	0,3	840	0,3	0,009	<1	3	3,3
160-161	57	3,7	0,301	2,8	0,001	0,8	2,6	0,3	631	0,2	0,007	<1	2	2,1
165-166	65	4,2	0,308	2,1	0,002	0,9	2,8	0,4	761	0,2	0,008	1	3	2,4
171-172	65	3,7	0,305	1	0,002	0,6	1,7	0,4	767	0,1	0,005	<1	2	1,6
175-176	64	4,1	0,396	1,7	0,002	0,9	2	0,4	800	0,1	0,006	2	2	1,7
180-181	61	4,1	0,298	0,9	0,002	1	2,3	0,3	716	0,2	0,007	1	2	2,4
185-186	77	4,3	0,394	1,1	0,002	1	3,3	0,4	814	0,3	0,01	5	3	3,5
190-191	77	3,5	0,373	0,1	0,001	0,8	2,5	0,3	501	0,2	0,009	4	2	2,1
195-196	88	4,1	0,355	3,3	0,003	1,5	4,7	0,4	609	0,4	0,014	9	4	4,2
200-201	60	2,8	0,32	0,5	0,002	0,7	2,3	0,3	682	0,2	0,007	3	2	2,1
205-206	71	5	0,386	3,5	0,004	1,5	6,4	0,4	617	0,5	0,019	12	6	5,2
210-211	61	5,8	0,659	1,5	0,003	0,8	2,7	0,5	854	0,2	0,008	7	3	2,6
216-217	56	3,7	0,305	1,1	0,002	0,7	2,9	0,3	610	0,2	0,008	11	2	2,5
222-223	57	3,1	0,231	0,4	0,002	1,3	3,3	0,3	519	0,2	0,009	7	2	2,6
228-229	69	5,2	0,427	1,5	0,003	1,3	3,9	0,5	947	0,3	0,011	12	4	4,2
234-235	61	4,3	0,339	1	0,002	1	2,6	0,4	693	0,2	0,008	9	2	2,7
241-242	72	4,1	0,337	1,2	0,003	0,9	3,2	0,4	623	0,3	0,01	9	3	3,1
245-246	82	6	0,504	1,7	0,003	1	4,3	0,5	785	0,4	0,013	9	4	3,6
258-259	81	7,1	0,615	3,7	0,004	1,6	6	0,5	990	0,5	0,017	12	5	5,5
266-267	73	5,1	0,508	1,3	0,003	1	3,5	0,4	637	0,3	0,01	12	3	3
275-276	80	5	0,492	0,1	0,003	1,1	3,5	0,4	739	0,3	0,01	8	3	3
300-301	66	3,5	0,459	0,3	0,003	1	2,8	0,4	723	0,3	0,009	8	3	3,5
315-316	64	3	0,371	0,4	0,002	0,7	2,2	0,4	608	0,2	0,008	6	2	2,7
329-330	73	3,7	0,612	0,8	0,002	1,7	3,1	0,5	631	0,3	0,01	8	3	3,5
346-347	87	2,8	0,366	3	0,002	1	3,4	0,3	578	0,3	0,01	3	3	3,7
360-361	79	3,8	0,538	2,4	0,003	1,7	5,3	0,4	613	0,5	0,018	6	4	4,8

Uzorak	Al	As	Ba	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg
cm	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	%
375-376	0,1	1	44	>40,00	<0,1	1	0,4	4	1,5	0,005	0,03	0,8	1	0,65
388-389	0,13	2	50	38,31	<0,1	1	0,6	5	1,7	0,01	0,03	0,7	1,2	0,65
400-401	0,11	2	49	38,24	<0,1	1	0,5	5	1,9	0,01	0,03	0,8	1,1	0,88
415-416	0,99	4	117	34,43	<0,1	11	1,4	7	3,6	0,26	0,36	5,4	4,4	0,72
434-435	0,1	<1	44	37,03	<0,1	1	0,4	5	1,5	0,005	0,03	1,2	1,2	0,55
448-449	0,1	1	46	39,26	<0,1	<1	0,4	6	1,5	0,005	0,03	0,6	1,2	0,66
465-466	0,07	3	47	37,65	<0,1	<1	0,4	6	1,6	0,005	0,02	0,4	0,9	0,74
480-481	0,07	<1	49	38,76	<0,1	<1	0,3	4	1,7	0,005	0,02	0,5	0,8	0,74
495-496	0,06	4	46	>40,00	<0,1	<1	0,3	4	1,3	0,005	0,01	0,6	0,8	0,62
510-511	0,09	<1	47	39,79	<0,1	<1	0,4	5	1,7	0,005	0,02	0,8	0,9	0,53
525-526	0,07	<1	41	38,5	<0,1	<1	0,3	4	1,4	0,005	0,02	0,5	1	0,55
558-559	0,06	<1	41	>40,00	<0,1	<1	0,1	4	1,4	0,005	0,02	0,4	0,7	0,47
575-576	0,08	<1	42	>40,00	<0,1	1	0,3	4	1,4	0,005	0,02	0,5	0,7	0,53
600-601	0,08	1	45	38,81	<0,1	<1	0,3	4	1,5	0,005	0,02	0,6	0,9	0,54
615-616	0,11	<1	48	>40,00	<0,1	1	0,3	7	1,5	0,005	0,02	1,1	1,3	0,41
630-631	0,1	1	42	36,3	<0,1	<1	0,4	6	1,8	0,14	0,02	0,6	0,8	0,49
645-646	0,06	<1	38	36,21	<0,1	<1	0,4	5	1,2	0,14	0,01	0,4	0,9	0,42
661-662	0,05	<1	39	37,69	<0,1	<1	0,4	5	1,4	0,12	0,01	0,3	0,7	0,43
675-676	0,11	<1	41	38,05	<0,1	1	0,7	6	1,8	0,17	0,03	0,6	0,9	0,43
690-691	0,13	4	43	36,66	<0,1	1	0,7	6	1,6	0,18	0,03	0,7	0,8	0,45
705-706	0,1	3	40	36,86	<0,1	<1	0,5	6	1	0,17	0,02	0,7	1	0,41
721-722	0,11	<1	33	35,16	<0,1	1	0,5	6	1	0,17	0,03	0,5	1,1	0,41
735-736	0,08	<1	40	37,28	<0,1	<1	0,6	6	0,9	0,13	0,02	0,5	0,8	0,43
750-751	0,09	3	42	38,08	<0,1	<1	0,4	7	1,6	0,17	0,02	0,5	1	0,43
765-766	0,1	<1	48	37,58	<0,1	<1	0,6	6	1,5	0,18	0,02	0,6	0,9	0,44
776-777	0,18	<1	50	36,94	<0,1	2	0,8	8	5,3	0,24	0,05	1	1,5	0,49
790-791	0,12	<1	51	38,93	<0,1	1	0,4	7	1,9	0,19	0,03	0,7	1	0,49
805-806	0,13	1	56	36,74	<0,1	1	0,7	7	1,5	0,26	0,03	0,7	0,8	0,45
810-811	0,21	<1	60	35,78	<0,1	6	0,6	8	1,6	0,3	0,05	2,9	1,5	0,34
815-816	1,42	2	84	30,14	0,1	17	2,9	25	6,7	1,06	0,28	8,6	9,8	0,42
828-829	1,51	<1	98	31,02	0,2	18	3,1	25	7,8	1,07	0,3	9,4	9,9	0,46
845-846	1,52	3	99	30,7	0,1	17	2,9	26	7,3	1,15	0,29	9,3	9,6	0,44
859-860	2,06	5	105	27,7	0,1	22	4,9	35	10,3	1,85	0,42	11,8	14,1	0,51
876-877	1,09	<1	101	32,45	0,1	12	3,1	22	8	0,74	0,22	6,2	7,6	0,66
885-886	0,95	4	87	31,83	<0,1	10	2,8	18	6,9	0,71	0,19	5,5	6,7	0,67
898-899	1,99	1	126	28,87	0,3	23	5,4	34	9,2	1,39	0,4	12,4	13,7	0,49
912-913	3,55	3	175	22,52	0,3	38	8,4	60	10,5	1,84	0,75	20,7	27,5	0,66
917-918	2,99	4	178	25,81	0,4	33	8,3	40	8,4	1,73	0,55	18	23,4	0,55
925-926	3,41	<1	188	25,32	0,3	37	7,3	43	10,1	1,82	0,61	19,7	26,9	0,55
934-935	2,19	4	144	29,37	0,2	25	5,1	30	8,7	1,23	0,4	13,4	16,3	0,45
940-941	1,19	<1	98	33,78	<0,1	14	2,8	23	6	0,74	0,22	7,3	9,1	0,36
950-951	1,03	<1	93	32,8	<0,1	12	2,4	21	4,5	0,68	0,18	6,8	8,9	0,35
965-966	0,6	<1	59	36,01	<0,1	7	1,9	15	2,7	0,44	0,1	4	5,2	0,31
980-981	1,8	<1	100	32,28	0,1	19	5,4	23	6	0,85	0,32	10,8	13,5	0,44
995-996	0,9	1	62	33,82	0,1	10	3	14	4,5	0,63	0,15	5,8	6,1	0,35
1010-1011	1,13	<1	58	33,99	<0,1	13	4	19	8,5	0,73	0,18	7,1	7,9	0,35
1023-1024	0,95	<1	61	35,56	<0,1	11	2,4	15	3,6	0,64	0,16	6,1	6,9	0,34
1037-1038	0,91	<1	54	34,07	0,2	11	3,1	15	5,2	0,74	0,16	6,3	6,6	0,32
1052-1053	1,38	<1	99	31,59	<0,1	17	2,9	21	6,4	0,76	0,23	8,9	10,9	0,33
1070-1071	1,54	<1	75	31,57	0,3	18	3	21	6,1	0,95	0,27	10,2	11,4	0,36
1096-1101	2,59	<1	138	28,65	0,3	29	5	44	9,5	1,49	0,55	16,4	15,6	0,51

Uzorak	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Sr	Th	Ti	V	Zn	Zr
cm	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
375-376	67	2,4	0,436	0,1	0,002	0,9	1,5	0,3	535	0,1	0,005	4	2	1,5
388-389	74	2,4	0,318	0,1	0,002	0,5	1,8	0,4	546	0,1	0,007	4	2	1,9
400-401	87	2,4	0,396	1,3	0,002	0,8	1,6	0,4	605	0,1	0,005	8	2	1,9
415-416	133	3,5	0,575	2,7	0,009	5,3	15,8	0,5	469	2,1	0,029	14	7	17,7
434-435	67	2,2	0,493	0,7	0,002	0,4	1,6	0,3	452	0,1	0,005	4	2	1,7
448-449	85	2	0,55	0,1	0,002	0,5	1,5	0,3	464	0,1	0,004	6	2	1,5
465-466	77	1,9	0,416	0,5	0,002	0,4	1,1	0,4	512	<0,1	0,003	5	2	1,2
480-481	72	2,2	0,52	0,1	0,002	0,6	1,1	0,3	509	<0,1	0,003	6	2	1,1
495-496	80	1,4	0,345	0,1	0,002	1	0,8	0,3	440	<0,1	0,002	6	2	0,8
510-511	75	1,5	0,377	0,2	0,002	0,5	1,3	0,3	411	0,1	0,004	5	2	1,2
525-526	78	1,4	0,412	0,2	0,002	1,1	1,2	0,2	419	0,1	0,004	1	2	1,2
558-559	70	0,8	0,227	0,1	0,002	0,4	1	0,2	391	<0,1	0,003	3	2	1
575-576	82	1	0,194	0,4	0,002	1,9	1,3	0,3	399	0,2	0,003	2	2	1,5
600-601	95	1,5	0,311	0,8	0,001	0,4	1,3	0,3	402	<0,1	0,003	8	2	1,1
615-616	92	1,2	0,296	0,5	0,002	0,6	1,8	0,2	392	0,2	0,005	3	2	1,4
630-631	125	1,3	0,384	0,8	0,002	0,7	1,6	0,2	386	0,2	0,004	<1	4	1,2
645-646	131	1,3	0,348	3,3	0,002	0,3	1	0,3	396	<0,1	0,002	<1	2	0,8
661-662	152	0,9	0,323	1,9	0,002	0,3	1	0,1	421	0,1	0,002	<1	<1	1,1
675-676	162	1,9	0,438	3,6	0,003	0,4	1,7	0,4	395	0,2	0,005	<1	2	1,6
690-691	165	1,7	0,446	3,5	0,003	0,5	2	0,4	409	0,2	0,005	2	3	1,9
705-706	185	1,4	0,399	3,5	0,002	0,4	1,7	0,4	384	0,1	0,004	4	1	1,1
721-722	163	1,2	0,456	2,9	0,003	0,5	1,5	0,5	367	0,2	0,005	<1	2	1,3
735-736	180	1,2	0,484	3,9	0,002	0,3	1,3	0,5	424	0,1	0,003	<1	1	1
750-751	192	1	0,343	4	0,003	0,4	1,3	0,5	427	0,2	0,004	2	3	1,1
765-766	219	1,8	0,482	4,3	0,004	0,5	1,4	0,6	495	0,1	0,005	3	2	1,4
776-777	224	1,4	0,544	5	0,004	0,6	3	0,6	541	0,3	0,009	2	8	2,5
790-791	258	1	0,432	4,7	0,005	0,4	1,9	0,6	522	0,2	0,005	2	2	1,6
805-806	271	0,8	0,357	4	0,005	0,5	2,1	0,6	518	0,2	0,006	<1	2	1,8
810-811	142	0,7	0,363	3,7	0,004	1,1	3,7	0,6	510	0,6	0,012	<1	3	3,8
815-816	145	0,9	0,306	13,5	0,012	5,6	25,8	0,7	451	3,5	0,073	12	17	22,9
828-829	166	0,9	0,398	13,7	0,014	6,1	27,4	0,5	449	3,7	0,077	13	19	26,6
845-846	164	1	0,217	13,1	0,012	6	27,2	0,6	481	3,5	0,076	14	17	25,5
859-860	229	1,2	0,289	17,7	0,016	7,7	38,6	1	437	4,5	0,102	17	23	36
876-877	270	2	0,464	14	0,008	4,9	19,4	0,3	572	2,2	0,052	18	16	16,8
885-886	224	2,7	0,466	11,7	0,007	4,4	16,2	0,4	611	1,8	0,046	10	14	14,1
898-899	348	1,2	0,256	19,4	0,013	7,6	34,7	0,4	438	4,4	0,101	24	23	30,6
912-913	315	1,1	0,374	27,8	0,018	12,1	61,9	0,1	332	7,8	0,176	56	40	54,6
917-918	453	1	0,336	26,4	0,016	11,2	48,5	0,1	332	6,6	0,153	55	32	46,9
925-926	475	0,9	0,359	28,7	0,017	12,1	56,2	<0,1	337	7,5	0,167	68	35	50,4
934-935	433	0,5	0,247	19,7	0,011	8	36,7	<0,1	372	4,8	0,116	35	24	33,6
940-941	480	0,7	0,173	11,4	0,009	4,6	19,3	0,1	402	2,5	0,06	11	14	19,2
950-951	510	0,4	0,284	9,3	0,008	3,9	17,8	<0,1	421	2,2	0,054	16	13	16,7
965-966	526	0,3	0,267	7,9	0,007	2,4	9,7	<0,1	432	1,3	0,032	5	7	10,3
980-981	475	0,7	0,291	22	0,01	5,9	31,4	<0,1	431	3,8	0,096	24	20	27,9
995-996	532	0,5	0,136	12,9	0,008	3,5	15,2	0,2	461	1,9	0,047	9	10	14,6
1010-1011	421	0,7	0,163	18,7	0,009	4,1	18,2	0,2	410	2,3	0,059	8	16	18,3
1023-1024	507	0,3	0,221	11	0,008	3,4	15,8	0,1	401	2	0,049	<1	11	15,6
1037-1038	398	0,4	0,134	10,7	0,007	3,3	15,5	0,3	403	2	0,048	6	11	15,2
1052-1053	344	1	0,165	11,8	0,01	5	26,1	<0,1	318	3,1	0,073	17	16	23,4
1070-1071	370	0,3	0,2	13,3	0,01	5,3	26,5	<0,1	386	3,3	0,08	15	19	25,2
1096-1101	414	0,7	0,275	22,8	0,013	9,7	47,5	<0,1	443	5,8	0,137	31	33	35,3

Uzorak	Al	As	Ba	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg
cm	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	%
0-1	1,56	<1	45	28,1	0,6	15	2,9	31	14,5	0,59	0,26	7,7	19,4	0,28
5-6	1,05	2	36	38,52	0,4	11	2	20	6,8	0,29	0,17	6,6	12,2	0,21
10-11	1,12	4	42	32,69	0,5	12	2,1	21	7,3	0,36	0,18	7,4	12,7	0,2
15-16	1,03	2	39	35,3	0,4	11	1,9	20	6,8	0,37	0,17	6,2	11,1	0,19
20-21	1,22	<1	46	32,2	0,3	14	2,7	19	7,7	0,45	0,2	7,5	13,7	0,2
25-26	0,92	3	43	35,83	0,3	11	1,8	15	6,2	0,33	0,16	6,1	10,3	0,18
30-31	0,89	3	58	32,49	0,4	10	1,9	17	6,3	0,34	0,19	5,3	9,4	0,19
36-37	1,47	3	192	29,82	0,3	17	3,3	21	11,5	0,55	0,55	9	10,1	0,32
40-41	0,75	4	33	35,71	0,4	8	1,7	16	5	0,3	0,13	4,3	7,6	0,17
45-46	0,53	<1	26	>40	0,2	6	1,1	12	3,7	0,2	0,09	3,3	5,1	0,15
50-51	0,91	2	36	>40	0,4	10	1,8	18	5,3	0,33	0,15	5,7	9,6	0,19
55-56	1,01	<1	37	35,29	0,3	11	2,4	19	5,8	0,34	0,15	6,1	10,7	0,19
60-61	0,93	1	38	39,84	0,5	10	1,8	15	6	0,31	0,15	5,3	9,8	0,18
65-66	0,71	1	31	38,75	0,4	8	1,6	14	5	0,29	0,12	4,8	7,2	0,16
70-71	0,51	<1	28	>40	0,2	6	1	12	4,6	0,21	0,09	3,2	5,8	0,15
75-76	0,74	3	31	39,23	0,4	8	1,6	15	6,1	0,21	0,13	4,4	7	0,16
80-81	0,75	3	37	>40	0,4	8	1,5	15	5,9	0,25	0,13	4,6	8,3	0,16
85-86	0,73	<1	33	33,04	0,6	9	1,7	16	5,9	0,38	0,12	4,6	7,9	0,19
90-91	0,75	8	34	>40	0,4	8	1,4	14	5,6	0,23	0,13	4,5	7,1	0,16
95-96	0,3	1	22	>40	0,4	10	0,5	11	4,3	0,1	0,05	1,7	2,8	0,14
100-101	0,7	2	35	>40	0,4	7	1,3	14	5,4	0,26	0,11	4,2	6,1	0,15
105-106	0,64	<1	33	38,64	0,3	7	1,3	13	5,3	0,26	0,11	3,9	5,9	0,15
110-111	0,71	<1	43	37,85	0,4	8	1,1	13	5,5	0,2	0,14	4,6	6,3	0,16
115-116	0,67	<1	33	39,59	0,4	7	1	14	4,9	0,25	0,11	4,4	6,8	0,16
120-121	0,61	2	29	>40	0,3	7	1	13	4,6	0,17	0,1	3,6	6,4	0,15
125-126	0,64	<1	30	>40	0,3	7	1,4	13	4,6	0,15	0,11	3,6	7,2	0,16
130-131	0,59	<1	30	>40	0,4	6	1,2	13	4,3	0,22	0,1	3,3	6,7	0,17
135-136	0,73	<1	32	39,25	0,3	8	1,6	14	4,4	0,26	0,12	4,3	8,5	0,17
140-141	0,16	<1	16	>40	<0,1	2	<0,2	6	3,5	<0,01	0,02	1,1	1,8	0,14
145-146	0,77	2	35	>40	0,5	9	1,5	15	5,5	0,21	0,13	4,7	8,7	0,19
150-151	0,78	4	37	>40	0,5	9	1,8	15	6,1	0,45	0,13	4,8	8,1	0,19
155-156	0,68	5	34	>40	0,4	8	1,6	14	5,3	0,38	0,12	4,6	7,5	0,18
161-162	0,38	<1	23	>40	0,4	4	0,8	10	3,4	0,11	0,06	3,1	4,5	0,15
165-166	0,37	<1	22	>40	0,2	4	0,6	10	4,3	0,1	0,06	2,3	4,4	0,15
170-171	0,37	<1	24	>40	0,2	4	0,6	9	4,8	0,1	0,06	2,8	4,6	0,15
175-176	0,36	3	22	>40	0,2	4	0,6	9	3,5	0,09	0,06	2,2	4,5	0,14
180-181	0,37	<1	24	>40	0,2	4	0,7	9	3,4	0,11	0,06	2,9	4,4	0,14
185-186	0,33	<1	23	>40	0,1	4	0,7	12	3,1	0,08	0,06	2,4	3,9	0,14
190-191	0,29	<1	20	>40	0,1	3	0,4	9	3	0,07	0,04	2,1	3,6	0,14
195-196	0,2	2	17	>40	<0,1	3	<0,2	7	2,4	0,03	0,03	1,6	2,7	0,14
200-201	0,13	2	16	>40	0,1	2	<0,2	6	1,9	<0,01	0,02	1,3	1,8	0,13
205-206	0,12	<1	16	>40	0,1	2	<0,2	6	1,8	<0,01	0,02	1,1	1,5	0,14
210-211	0,12	<1	15	>40	<0,1	2	<0,2	6	1,8	<0,01	0,02	1	1,4	0,13
215-216	0,28	6	19	>40	0,1	3	0,4	9	2,9	0,07	0,04	1,8	3,4	0,14
220-221	0,84	<1	38	33,22	0,4	10	2,5	16	6,5	0,38	0,13	5,3	9,8	0,18
225-226	0,8	3	37	38,59	0,5	9	2,2	15	5,2	0,32	0,12	4,7	9,3	0,17
230-231	0,85	4	40	37,72	0,5	10	2,4	16	5,6	0,35	0,13	5,3	9,4	0,18
235-236	0,81	2	39	39	0,5	9	2,2	15	5,1	0,33	0,12	5,3	9,5	0,18
240-241	0,7	3	35	>40	0,4	8	1,6	14	5,4	0,26	0,11	4,1	8	0,16
245-246	0,19	<1	16	>40	0,2	2	0,3	7	2,9	<0,01	0,02	1,4	2,1	0,12
251-252	0,57	4	30	39,41	0,3	7	1,5	12	4,1	0,21	0,09	3,7	6,6	0,16
255-256	0,62	6	31	>40	0,4	7	1,8	13	4,4	0,23	0,09	4	6,8	0,16
295-296	0,11	3	13	>40	<0,1	1	<0,2	6	2,2	<0,01	0,01	1,1	1,2	0,13
300-301	0,1	<1	14	>40	0,1	1	<0,2	6	1,8	<0,01	0,01	0,7	1,4	0,13
310-311	0,09	<1	13	>40	<0,1	1	<0,2	6	1,6	<0,01	0,01	1,4	1,4	0,12
320-321	0,08	5	13	>40	<0,1	1	<0,2	6	1,8	<0,01	0,01	1,2	1,1	0,13
330-331	0,08	<1	13	>40	<0,1	1	<0,2	5	1,9	<0,01	<0,01	0,8	1,1	0,14
340-341	0,09	3	12	>40	<0,1	1	<0,2	4	2,1	<0,01	0,01	1	1,2	0,12
350-351	0,13	2	13	>40	0,1	2	<0,2	6	1,9	<0,01	0,02	1,2	2	0,13
360-361	0,13	2	14	>40	<0,1	2	<0,2	6	1,4	<0,01	0,02	1,2	1,9	0,1
370-371	0,2	<1	16	>40	<0,1	3	<0,2	7	2,3	<0,01	0,02	2,4	2,5	0,1
380-381	0,9	5	41	>40	0,5	10	3	17	6,2	0,41	0,14	5,5	9,2	0,18
390-391	0,75	<1	35	39,82	0,3	9	1,9	14	4,9	0,3	0,11	5	8,8	0,16
400-401	0,41	5	25	>40	0,2	5	1,3	12	3,7	0,22	0,06	2,8	5,1	0,14
410-411	1,03	4	46	32,26	0,4	12	2,9	20	6,2	0,45	0,16	6	10,9	0,19

Uzorak	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Sr	Th	Ti	V	Zn	Zr
cm	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
0-1	103	0,6	0,25	17	0,027	11,1	25,8	0,8	202	2,7	0,065	26	24	25,9
5-6	91	0,3	0,206	7,7	0,02	7,1	16,5	0,3	254	2,1	0,045	13	13	18,2
10-11	88	0,3	0,195	9,4	0,022	7,3	17,5	0,3	253	2,2	0,049	15	14	20,7
15-16	108	0,2	0,184	7,8	0,024	6,1	15,7	0,3	268	2	0,046	14	12	17,9
20-21	110	0,3	0,192	11,3	0,027	6,4	18,6	0,5	269	2,5	0,053	19	16	21,7
25-26	107	0,3	0,179	7,4	0,025	5,4	14,9	0,3	283	2,1	0,04	16	13	17,6
30-31	121	0,2	0,199	6,9	0,027	5,2	14,6	0,4	281	1,8	0,037	14	13	15,8
36-37	182	0,6	0,314	9,4	0,046	8,1	35,1	0,4	333	3,3	0,067	26	15	28,9
40-41	118	0,3	0,15	5,3	0,02	5	11,4	0,3	274	1,4	0,029	13	11	12,5
45-46	118	0,1	0,132	3,8	0,018	3,9	8,2	0,6	327	1	0,022	8	7	9,1
50-51	129	0,3	0,2	7	0,026	6,7	13,4	0,5	312	1,8	0,037	18	12	15,5
55-56	153	0,4	0,18	8,2	0,029	6,9	15	0,6	293	1,9	0,041	18	14	17,4
60-61	105	0,3	0,182	7	0,027	5,6	14,5	0,7	301	1,9	0,039	19	14	17,4
65-66	117	0,3	0,21	5,8	0,023	4,9	10,3	0,5	278	1,4	0,028	14	11	12,1
70-71	102	0,2	0,155	4,6	0,019	3,7	7,9	0,4	271	1	0,022	16	8	8,7
75-76	110	0,2	0,162	6,4	0,025	3,8	10,6	0,3	234	1,4	0,029	14	12	12,1
80-81	90	0,2	0,163	5,1	0,024	3,7	11,4	0,4	234	1,4	0,03	16	12	13,4
85-86	111	0,4	0,181	7,8	0,027	4,9	10,8	0,4	245	1,3	0,04	13	14	11,9
90-91	91	0,3	0,163	5,6	0,026	3,8	10,6	0,3	198	1,3	0,031	16	12	12,2
95-96	113	0,3	0,122	2,9	0,015	3,9	4,4	0,4	280	0,5	0,012	9	7	5,4
100-101	107	0,4	0,158	5,9	0,029	3,2	8,8	0,5	193	1,1	0,025	16	11	11,6
105-106	121	0,4	0,143	4,4	0,024	3,1	9,1	0,3	189	1,1	0,025	13	10	10,7
110-111	90	0,2	0,16	5,1	0,024	3,6	11,2	0,2	205	1,4	0,029	12	11	13,1
115-116	91	0,3	0,133	3	0,025	3,7	9,9	0,6	199	1,3	0,028	14	10	12
120-121	116	0,1	0,168	4,6	0,022	3,2	8,8	0,3	187	1,1	0,025	14	8	10,4
125-126	126	0,2	0,142	4,2	0,022	4,8	9,1	0,3	256	1,2	0,027	13	9	12,1
130-131	126	0,2	0,158	4,1	0,022	4,1	8,6	0,4	295	0,3	0,025	13	9	3,6
135-136	111	0,3	0,12	4,4	0,021	4	10,3	0,4	307	1,3	0,03	12	10	12,6
140-141	60	<0,1	0,057	<0,1	0,006	0,9	2	0,3	333	0,3	0,006	4	4	3,3
145-146	177	0,2	0,149	4,7	0,025	6	11,2	0,3	361	1,5	0,034	15	11	13,5
150-151	191	0,5	0,166	5,5	0,043	3,4	11,2	0,8	363	1,4	0,033	21	12	13,5
155-156	179	0,5	0,123	3,9	0,023	3,5	9,8	0,5	339	1,2	0,029	18	10	11,9
161-162	168	0,7	0,099	1,3	0,014	1,7	5,4	0,3	347	0,7	0,017	12	6	7,6
165-166	138	0,4	0,07	1,5	0,013	1,7	5,2	0,3	350	0,7	0,015	14	6	7,2
170-171	187	0,4	0,079	1	0,015	1,8	5,7	0,4	348	0,7	0,016	11	4	7,8
175-176	167	0,6	0,083	0,8	0,014	1,7	5,1	0,4	337	0,6	0,015	7	6	7,2
180-181	153	0,4	0,112	1,8	0,015	1,9	5,3	0,4	336	0,7	0,015	8	5	7
185-186	148	0,4	0,064	0,9	0,013	1,6	4,7	0,3	351	0,6	0,013	5	5	6,4
190-191	141	0,5	0,067	2,9	0,012	1,4	4,4	0,5	377	0,6	0,012	5	4	5,7
195-196	113	0,2	0,063	1,2	0,011	1,9	3,3	0,4	392	0,4	0,01	3	5	4,9
200-201	112	0,1	0,082	0,4	0,009	0,7	2,1	0,3	400	0,2	0,006	3	3	3,5
205-206	130	0,1	0,056	0,3	0,009	0,7	2	0,3	421	0,3	0,005	6	3	2,7
210-211	130	0,2	0,063	0,1	0,009	0,6	2	0,3	422	0,2	0,006	4	2	2,8
215-216	121	0,2	0,063	1,3	0,01	1,5	4,6	0,2	364	0,5	0,012	8	9	5,8
220-221	289	0,3	0,074	7,5	0,039	3,8	12,2	0,5	360	1,6	0,035	16	13	15,2
225-226	285	0,3	0,086	5,6	0,024	3,5	11,3	0,4	353	1,5	0,032	14	12	14,1
230-231	322	0,4	0,082	6,7	0,026	3,9	12	0,4	355	1,6	0,035	18	12	16
235-236	290	0,3	0,068	4,9	0,036	3,6	11,9	0,4	353	1,5	0,034	16	12	15,6
240-241	314	0,6	0,065	3,8	0,024	3,2	10,3	0,3	357	1,4	0,028	14	9	12,9
245-246	119	0,8	0,044	0,5	0,011	1	3,1	0,2	361	0,3	0,008	6	6	4
251-252	237	0,5	0,048	4,2	0,019	2,6	8,5	0,4	344	1,1	0,024	12	8	10,1
255-256	253	0,6	0,062	5,4	0,028	2,7	8,8	0,4	356	1,1	0,026	14	10	10,8
295-296	55	0,4	0,009	0,8	0,006	0,6	1,7	0,2	359	0,2	0,005	4	2	2,5
300-301	55	0,5	0,009	0,4	0,006	0,5	1,6	0,2	365	0,2	0,004	3	1	2,2
310-311	68	0,7	0,01	0,1	0,006	0,7	1,5	0,2	375	0,2	0,003	<1	1	2,2
320-321	78	1	0,01	0,6	0,007	0,4	1,3	0,3	391	0,2	0,004	3	1	2,1
330-331	55	0,5	0,011	0,3	0,005	0,6	1,2	0,3	374	0,1	0,003	3	3	1,8
340-341	58	0,3	0,01	1,4	0,007	0,4	1,4	0,2	345	0,2	0,004	2	2	2,1
350-351	68	0,3	0,01	1,9	0,007	0,6	2,2	0,3	330	0,2	0,005	3	2	2,7
360-361	62	0,1	0,01	1,6	0,007	1,2	2,2	0,3	316	0,3	0,006	<1	2	2,7
370-371	64	0,5	0,011	1,8	0,009	1	3,3	0,2	340	0,5	0,009	8	4	4,9
380-381	298	0,5	0,024	7,3	0,028	3,8	12,7	0,5	368	1,7	0,039	21	13	15,5
390-391	245	0,3	0,02	6,2	0,023	3,4	11,1	0,4	370	1,4	0,033	15	10	14,6
400-401	242	0,5	0,014	3,5	0,019	1,7	5,9	0,5	393	0,8	0,018	16	5	8,8
410-411	209	0,3	0,03	9,5	0,031	4	14,5	0,4	316	2	0,045	21	15	18,8

Uzorak	Al	As	Ba	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg
cm	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	%
420-421	0,99	5	41	38,79	0,4	11	2,6	20	6,4	0,47	0,15	5,5	10,7	0,17
430-431	0,94	3	39	39,69	0,4	11	2	18	5,9	0,21	0,14	5,5	10,3	0,15
440-441	0,87	2	36	37,31	0,4	9	1,5	14	5,5	0,2	0,12	5,4	9,4	0,14
450-451	0,67	<1	34	>40	0,3	8	1,1	13	4,6	0,12	0,11	5,2	5,9	0,13
455-456	0,76	2	50	>40	0,2	9	1,4	13	4,9	0,15	0,16	4,9	6,7	0,15
456-457	0,7	5	49	39,81	0,4	9	1,1	12	4,5	0,14	0,15	5,1	5,4	0,14
460-461	0,44	2	24	39,24	0,2	5	0,7	11	3,6	0,06	0,07	2,9	4,2	0,12
464-465	0,29	<1	22	37,84	0,3	4	1,1	9	3	0,2	0,05	2,5	3	0,13
470-471	0,26	<1	21	38,89	0,2	3	0,8	9	2,5	0,17	0,05	2	2,8	0,14
480-481	0,44	<1	26	37,86	0,3	5	1,2	12	3,4	0,29	0,07	2,9	4,8	0,14
490-491	0,31	<1	26	36,98	0,2	4	0,9	10	2,6	0,21	0,06	2,4	2,5	0,15
500-501	0,86	2	47	33,29	0,4	10	1,9	15	4,7	0,31	0,14	5,4	7,3	0,19
504-505	2,56	2	261	25,5	0,4	33	5,5	21	11,7	0,89	1,05	17,4	15,5	0,6
505-506	1,62	<1	156	29,83	0,4	20	3,2	17	8,4	0,64	0,6	11,2	11,8	0,39
510-511	0,38	<1	24	38,01	0,3	5	1,3	10	2,9	0,29	0,06	2,6	3,9	0,15
520-521	0,36	<1	22	35,31	0,3	4	1,1	9	2,4	0,25	0,04	2,3	3,7	0,12
530-531	0,44	<1	23	35,57	0,3	5	1,3	11	3,4	0,27	0,05	3,3	4,2	0,12
540-541	0,43	<1	22	34,56	0,3	5	1,3	11	3,3	0,29	0,06	3	5	0,13
550-551	0,77	<1	34	33,42	0,4	10	2,1	14	4	0,4	0,1	5,4	8,5	0,14
554-555	0,55	<1	26	35,24	0,4	7	1,7	13	3,5	0,34	0,07	3,9	6,1	0,13
560-561	0,48	<1	26	34,86	0,3	6	1,4	12	2,7	0,27	0,06	3,4	4,9	0,13
570-571	0,48	<1	29	36,1	0,4	6	1,5	11	3,4	0,28	0,06	3,3	4,4	0,13
574-575	0,35	3	21	35,51	0,4	4	1,3	10	2,7	0,26	0,05	2,7	3,8	0,12
595-596	0,34	<1	20	36,25	0,3	4	1	10	3	0,24	0,04	2,4	3,6	0,12
600-601	0,28	<1	18	37,09	0,1	3	0,7	9	2,7	0,18	0,03	1,9	2,7	0,12
610-611	0,43	<1	23	36,81	0,3	5	1,2	11	2,8	0,26	0,04	2,9	4,5	0,12
620-621	0,29	1	18	36,93	0,5	4	1	9	3,1	0,22	0,03	2	3,4	0,11
630-631	0,32	<1	19	35,77	0,3	4	1	10	2,2	0,23	0,04	2,3	3,2	0,12
640-641	0,39	<1	20	36,94	0,2	5	1,2	11	2,9	0,25	0,05	3	3,8	0,12
649-650	0,43	3	23	38,11	0,3	5	1,2	11	2,9	0,3	0,04	2,9	4,1	0,12
660-661	0,49	6	26	36,38	0,4	7	1,4	11	2,9	0,27	0,07	3,8	5	0,13
670-671	0,7	4	31	36,81	0,3	9	1,6	14	3,8	0,35	0,08	5	6	0,13
680-681	0,79	<1	35	35,46	0,5	11	2,3	14	4,5	0,42	0,1	6,1	9,2	0,13
690-691	0,96	<1	39	33,49	0,4	13	2,3	18	4,7	0,41	0,13	6,9	10,4	0,14
700-701	1,65	<1	61	30,98	0,5	22	3,9	24	7	0,6	0,23	12,3	17,7	0,18
710-711	1,33	<1	50	31,64	0,5	18	3,3	20	6,2	0,53	0,18	9,9	13,8	0,16
720-721	0,9	2	38	33,77	0,4	12	2,6	17	4,8	0,42	0,11	6,6	9,9	0,13
730-731	1,23	<1	48	32,87	0,5	16	2,7	16	5,3	0,47	0,16	9	12,8	0,15
740-741	1,43	<1	55	33,36	0,5	18	3,2	19	6,4	0,58	0,18	10,2	14,6	0,16
750-751	0,49	<1	26	37,1	0,3	6	1,6	13	2,9	0,33	0,06	3,5	5,8	0,11
760-761	0,84	4	36	36,49	0,4	11	2,1	16	5,8	0,43	0,11	6,2	9	0,14
770-771	2,31	3	84	29,14	0,9	30	4,2	34	9	0,79	0,3	16,9	21,7	0,21
774-775	2,77	2	99	28,54	0,8	36	5,1	44	10,7	0,98	0,39	19,6	25,9	0,24
780-781	2,27	4	78	32,43	0,8	30	4,8	34	7,4	0,85	0,32	15,9	21,4	0,2
790-791	2,2	<1	72	32,95	0,6	28	4,1	33	7,8	0,83	0,31	15,5	21,3	0,19
796-797	3,05	6	103	29,98	0,7	39	6,8	45	9,7	1,12	0,42	20,2	28,1	0,24
800-801	2,73	5	94	29,12	1	36	5,9	42	8,3	1,03	0,39	19,4	27	0,23
804-805	3,04	7	103	29,6	0,8	38	5,3	47	9,2	1,12	0,42	21,2	30,5	0,24
810-811	2,1	4	74	31,09	0,7	27	4,3	32	4,9	0,82	0,3	14,7	18,9	0,19
820-821	1,59	<1	55	31,64	0,3	21	3,1	24	6,6	0,62	0,22	10,6	17,8	0,16
830-831	0,86	2	36	35,78	0,2	11	2,1	16	3,8	0,46	0,12	6,5	7,9	0,13
835-836	0,79	3	35	38,49	0,2	10	2	15	4,2	0,41	0,11	5	7,6	0,13

Uzorak cm	Mn mg/kg	Mo mg/kg	Na %	Ni mg/kg	P %	Pb mg/kg	Rb mg/kg	S %	Sr mg/kg	Th mg/kg	Ti %	V mg/kg	Zn mg/kg	Zr mg/kg
420-421	163	0,6	0,021	9,6	0,037	3,9	14,5	0,4	205	1,9	0,042	20	14	17,5
430-431	131	0,2	0,019	7,2	0,024	3,8	14,8	0,1	180	1,9	0,041	14	14	17
440-441	105	0,3	0,018	7,7	0,02	3,3	13,4	0,2	163	1,7	0,037	14	10	15,6
450-451	93	0,2	0,018	6	0,018	2,7	10,2	0,2	174	1,3	0,027	9	8	12,7
455-456	106	0,2	0,03	5,1	0,021	3,1	12,5	0,2	203	1,6	0,031	11	8	14,7
456-457	94	0,1	0,027	6,4	0,02	2,9	11,8	0,1	197	1,5	0,03	9	9	13,6
460-461	93	0,2	0,011	4,3	0,015	1,8	6,6	0,2	193	0,9	0,02	3	6	8,2
464-465	112	0,4	0,014	2,7	0,012	1,4	4,4	0,3	242	0,6	0,014	<1	6	5,5
470-471	105	0,2	0,014	3,1	0,012	1,2	3,6	0,3	268	0,5	0,012	<1	5	4,9
480-481	109	0,4	0,017	4	0,016	2	6,5	0,4	227	0,9	0,021	2	8	7,8
490-491	122	0,4	0,02	3	0,014	1,6	5,2	0,3	280	0,7	0,014	4	6	6,4
500-501	166	0,5	0,036	5,4	0,024	4,4	11,8	0,3	212	2	0,035	8	11	15,6
504-505	282	2,1	0,536	9	0,043	17,8	72,8	0,3	307	9,5	0,093	27	29	71,6
505-506	208	1,3	0,29	7	0,032	9,9	42,6	0,3	276	5,3	0,062	15	19	42,8
510-511	114	0,4	0,015	2,7	0,016	1,9	5,3	0,4	265	0,7	0,018	6	7	6,6
520-521	121	0,3	0,013	1,4	0,015	1,6	4,2	0,4	214	0,7	0,015	<1	5	5,1
530-531	102	0,3	0,013	2,4	0,011	2	5,5	0,4	220	1	0,017	2	7	6,5
540-541	116	0,3	0,012	4,1	0,014	2,1	5,9	0,4	253	1	0,019	3	8	7,3
550-551	119	0,3	0,017	4,4	0,017	3,9	11,1	0,4	253	1,9	0,037	9	13	13,4
554-555	121	0,3	0,012	3,5	0,014	2,7	7,7	0,4	255	1,2	0,024	6	9	9,1
560-561	107	0,2	0,012	2,4	0,014	2,7	6,7	0,4	271	1	0,021	6	6	8
570-571	127	0,3	0,013	4,6	0,016	2,5	6,8	0,4	285	1,1	0,02	7	8	10,7
574-575	114	0,3	0,011	2,7	0,014	1,9	5,3	0,4	259	0,8	0,016	4	7	6,4
595-596	87	0,2	0,008	2,9	0,011	1,8	4,7	0,3	251	0,7	0,014	3	7	5,5
600-601	128	0,4	0,006	1,4	0,011	1,5	3,5	0,3	287	1	0,01	2	4	4,4
610-611	92	0,3	0,01	2,8	0,013	2,1	5,4	0,3	264	1,4	0,016	6	7	6,6
620-621	90	0,2	0,008	2,9	0,013	1,6	3,9	0,4	258	0,8	0,012	5	5	5,1
630-631	114	0,3	0,008	2,4	0,012	1,5	4,6	0,4	259	0,7	0,014	2	7	5,7
640-641	105	0,1	0,009	2,6	0,013	2	5,7	0,5	246	1,1	0,018	4	7	8,3
649-650	91	0,2	0,008	2	0,014	1,8	5,3	0,5	266	0,9	0,016	5	6	6,2
660-661	99	0,1	0,02	2,9	0,018	2,3	7,3	0,4	259	1,2	0,022	3	7	9,5
670-671	113	0,3	0,012	4,4	0,016	3	9,5	0,3	242	2	0,029	6	10	11,8
680-681	136	0,4	0,012	4,5	0,019	3,9	12,6	0,2	227	2,1	0,038	1	12	15,3
690-691	128	0,3	0,015	5,8	0,022	4,8	15,1	0,2	209	2,6	0,047	5	15	17,8
700-701	140	0,3	0,026	10,6	0,03	7,8	27,4	0,2	209	4,7	0,085	12	21	34,6
710-711	154	0,3	0,02	11,2	0,028	6,3	21,7	0,2	208	3,5	0,066	11	19	26,1
720-721	151	0,3	0,014	6,3	0,03	4,3	14,4	0,3	209	2,4	0,042	6	15	17,4
730-731	138	0,4	0,018	8,4	0,024	5,7	19,7	0,2	203	3,2	0,059	13	16	23,9
740-741	130	0,5	0,021	8,5	0,025	6,4	22,4	0,3	213	3,5	0,068	18	20	33,7
750-751	113	0,2	0,01	3,8	0,017	2,4	7,5	0,3	212	1,1	0,022	3	8	8,8
760-761	130	0,2	0,014	5,5	0,02	4,3	13,3	0,3	233	2	0,041	9	12	15,9
770-771	163	0,3	0,037	13,2	0,037	10,2	35,5	0,2	222	6	0,113	27	30	43,1
774-775	181	0,4	0,042	18,3	0,042	12	45,9	0,2	218	7,1	0,14	36	36	54,2
780-781	146	0,4	0,03	16,1	0,033	10,3	36,9	0,2	210	5,5	0,11	35	29	47,4
790-791	164	0,2	0,027	14,9	0,035	9,4	35,2	0,2	217	5,3	0,103	31	26	41,5
796-797	245	0,6	0,037	19,5	0,046	13,1	46,7	0,2	222	7,8	0,143	43	33	58,7
800-801	190	0,6	0,036	17,6	0,042	12,2	45,1	0,2	209	7,2	0,13	42	31	54,3
804-805	185	0,7	0,037	22,7	0,043	13,1	47,3	0,1	216	7,8	0,146	49	37	61,5
810-811	189	0,3	0,029	14,4	0,04	9	32,2	0,2	224	5,7	0,099	30	22	42,4
820-821	152	0,5	0,021	10,2	0,029	6,7	25,2	0,2	242	3,6	0,074	25	20	32
830-831	154	0,4	0,013	7,4	0,025	4,4	14	0,2	268	1,9	0,039	17	11	15,9
835-836	160	0,3	0,011	8,3	0,025	3,5	12,2	0,3	293	1,7	0,033	15	12	13,8

Uzorak (cm)	% N	% C	% TOC	% TIC	C/N
0-1	0,59	7,26	4,51	2,75	7,71
5-6	0,59	7,06	4,57	2,49	7,79
10-11	0,63	7,32	4,91	2,41	7,77
15-16	0,60	8,72	4,73	3,98	7,90
20-21	0,36	11,68	2,76	8,91	7,78
25-26	0,24	11,58	1,82	9,76	7,50
30-31	0,27	11,53	2,10	9,43	7,84
35-36	0,23	11,37	1,75	9,62	7,61
40-41	0,20	11,80	1,42	10,38	7,16
45-46	0,19	11,82	1,19	10,63	6,36
50-51	0,18	11,67	1,29	10,38	7,26
55-56	0,20	11,49	1,49	10,00	7,55
60-61	0,22	11,06	1,61	9,45	7,36
65-66	0,24	9,79	1,87	7,92	7,96
70-71	0,60	13,35	4,73	8,62	7,84
72-73	0,71	13,57	5,28	8,29	7,40
80-81	0,53	10,81	4,31	6,50	8,11
85-86	0,56	9,04	4,69	4,35	8,39
89-90	0,62	9,52	5,26	4,27	8,44
94-95	0,44	11,97	3,41	8,55	7,74
100-101	0,71	10,22	6,10	4,12	8,64
105-106	0,92	9,53	7,79	1,74	8,48
110-111	0,96	9,74	8,18	1,56	8,48
115-116	0,80	8,24	6,78	1,45	8,50
120-121	0,51	5,49	4,18	1,31	8,27
125-126	0,42	4,58	3,49	1,09	8,37
130-131	0,20	2,12	1,51	0,60	7,52
135-136	0,18	2,17	1,37	0,80	7,79
140-141	0,15	2,32	1,24	1,08	8,11
145-146	0,16	2,04	1,22	0,82	7,81
150-151	0,20	2,44	1,76	0,68	8,63
165-166	0,18	1,82	1,43	0,39	7,80
170-171	0,14	1,83	1,10	0,74	7,68
175-176	0,22	2,71	1,95	0,76	8,96
180-181	0,18	1,73	1,41	0,33	8,03
185-186	0,16	2,03	1,43	0,60	9,21
190-191	0,24	2,48	2,16	0,32	9,03
195-196	0,35	3,39	2,98	0,41	8,57
200-201	0,30	2,95	2,62	0,33	8,84
205-206	0,28	2,75	2,41	0,34	8,62
210-211	0,33	5,59	3,18	2,41	9,64
215-216	0,27	2,79	2,31	0,47	8,60
220-221	0,28	3,52	2,43	1,09	8,55
225-226	0,27	2,84	2,21	0,63	8,32
230-231	0,26	2,56	2,18	0,38	8,28
235-236	0,25	2,46	2,12	0,34	8,53
240-241	0,24	2,37	1,99	0,39	8,21
245-246	0,28	2,86	2,28	0,58	8,23
250-251	0,29	3,12	2,43	0,68	8,45
255-256	0,28	3,22	2,50	0,72	8,91
257-258	0,25	3,02	2,30	0,72	9,05
260-261	0,36	4,08	3,20	0,89	8,96
265-266	0,45	5,51	4,33	1,18	9,74
268-269	0,43	5,84	4,16	1,68	9,62
270-271	0,30	3,47	2,63	0,84	8,81
275-276	0,29	3,85	2,31	1,54	7,86
280-281	0,25	3,14	2,03	1,11	8,09
285-286	0,24	2,58	1,77	0,80	7,42

Uzorak (cm)	% N	% C	% TOC	% TIC	C/N
290-291	0,30	3,36	2,38	0,98	8,01
295-296	0,41	6,20	3,29	2,91	8,03
300-301	0,54	8,00	4,40	3,60	8,14
305-306	0,66	9,55	5,88	3,67	8,98
310-311	0,68	10,29	6,74	3,55	9,94
315-316	0,59	9,87	6,06	3,81	10,27
320-321	0,76	12,98	7,78	5,20	10,27
325-326	0,73	13,87	7,77	6,10	10,59
331-332	0,50	13,37	5,06	8,31	10,08
335-336	0,20	10,16	1,82	8,34	9,03
337-338	0,40	12,34	3,85	8,49	9,66
340-341	0,29	11,28	2,89	8,38	9,98
343-344_S	0,07	9,09	0,66	8,42	9,10
343-344_T	0,23	10,97	3,13	7,84	13,37
345-346	0,58	11,41	5,87	5,54	10,09
350-351	0,62	10,39	6,22	4,16	10,10
355-356	0,63	10,40	6,90	3,51	10,98
360-361	0,63	10,06	6,57	3,49	10,45
365-366	0,65	10,17	6,74	3,43	10,43
370-371	0,47	8,07	5,20	2,88	10,96
375-376	0,21	4,57	2,32	2,26	10,82
380-381	0,16	3,87	1,36	2,51	8,69
385-386	0,06	8,77	0,57	8,20	10,19
390-391	0,05	8,98	0,56	8,41	10,63
395-396	0,05	8,57	0,47	8,09	8,92
400-401	0,05	8,83	0,46	8,38	8,80
405-406	0,05	8,89	0,40	8,50	7,93
410-411	0,05	8,96	0,38	8,58	7,96
415-416	0,05	9,07	0,37	8,70	8,19
420-421	0,05	9,03	0,34	8,68	7,59
425-426	0,05	8,92	0,39	8,52	8,05
430-431	0,05	9,00	0,35	8,64	7,33
435-436	0,05	8,78	0,37	8,41	7,96
439-440	0,05	8,27	0,34	7,92	6,37
727-728	0,11	9,49	1,21	8,28	10,63
730-731	0,11	9,57	1,14	8,42	10,37
735-736	0,12	9,40	1,20	8,20	10,20
739-740	0,12	9,91	1,18	8,73	10,24
740-745	0,12	10,13	1,25	8,88	10,66

Prilog 3.2. Rezultati CN analiza Bokanjačkog blata (BOK-2)

Uzorak (cm)	% N	% C	% CaCO3	% TIC	% TOC	C/N
10-20	0,21	13,31	97,13	11,66	1,66	7,93
20-30	0,23	13,28	97,45	11,69	1,58	6,90
30-40	0,20	10,37	95,28	11,43	-1,07	-5,46
40-50	0,14	9,93	98,10	11,77	-1,84	-13,35
50-51	0,18	13,08	94,48	11,34	1,74	9,89
51-55	0,21	13,20	95,48	11,46	1,74	8,49
55-60	0,21	13,10	97,90	11,75	1,35	6,52
65-66	0,22	13,22	95,03	11,40	1,82	8,18
70-71	0,13	12,81	100,00	12,00	0,81	6,30
75-76	0,13	12,77	97,48	11,70	1,08	8,55
80-81	0,14	12,80	99,75	11,97	0,83	6,15
85-86	0,12	12,79	100,00	12,00	0,79	6,54
90-91	0,12	12,77	100,00	12,00	0,77	6,72
95-96	0,12	12,83	100,00	12,00	0,83	7,03
101-102	0,13	12,95	100,00	12,00	0,95	7,21
105-106	0,14	13,01	99,00	11,88	1,13	8,07
110-111	0,14	13,09	100,00	12,00	1,09	7,59
115-116	0,15	13,08	100,00	12,00	1,08	7,28
121-122	0,18	13,50	100,00	12,00	1,50	8,36
125-126	0,16	13,16	100,00	12,00	1,16	7,38
130-131	0,16	13,23	100,00	12,00	1,23	7,88
135-136	0,16	13,28	100,00	12,00	1,28	7,87
140-141	0,15	13,20	100,00	12,00	1,20	8,02
145-146	0,13	13,04	100,00	12,00	1,04	7,98
151-152	0,13	13,06	95,75	11,49	1,57	12,20
155-156	0,12	12,88	100,00	12,00	0,88	7,19
160-161	0,13	13,04	100,00	12,00	1,04	7,95
165-166	0,14	13,07	100,00	12,00	1,07	7,84
170-171	0,19	13,71	97,13	11,66	2,06	11,06
173-174	0,16	13,39	98,40	11,81	1,59	10,03
180-181	0,16	13,23	100,00	12,00	1,23	7,61
185-186	0,17	13,29	100,00	12,00	1,29	7,79
190-191	0,11	12,74	100,00	12,00	0,74	6,52
193-194	0,13	12,97	100,00	12,00	0,97	7,74
205-206	0,39	14,98	93,03	11,16	3,82	9,78
215-216	0,10	12,80	98,08	11,77	1,03	10,16
231-232	0,05	10,97	100,00	12,00	-1,03	-19,87
241-242	0,13	12,97	95,90	11,51	1,46	11,38
252-253	0,08	10,80	98,53	11,82	-1,02	-12,58
263-264	0,14	12,92	94,43	11,33	1,59	11,57
273-274	0,15	12,87	95,75	11,49	1,38	9,30
281-282	0,11	12,62	93,05	11,17	1,45	13,08
294-295	0,14	12,70	95,00	11,40	1,30	9,33
300-301	0,10	12,57	93,18	11,18	1,39	13,62
308-309	0,16	12,66	93,75	11,25	1,41	8,84
318-319	0,25	13,36	91,38	10,97	2,40	9,70
328-329	0,18	11,88	91,08	10,93	0,95	5,41
338-339	0,17	12,30	91,23	10,95	1,35	8,03
343-344	0,26	13,35	86,10	10,33	3,02	11,61
349-350	0,19	12,80	93,03	11,16	1,64	8,77
353-354	0,20	13,02	94,58	11,35	1,67	8,31
358-359	0,24	13,20	87,38	10,49	2,71	11,43
364-365	0,22	12,77	86,28	10,35	2,42	11,00
372-373	0,20	12,45	85,43	10,25	2,20	10,93
376-377	0,17	12,18	90,78	10,89	1,29	7,39
382-383	0,16	12,23	90,25	10,83	1,40	8,58
391-392	0,13	12,19	93,30	11,20	1,00	7,72
404-405	0,11	11,98	89,30	10,72	1,26	11,04
409-410	0,11	11,88	91,13	10,94	0,94	8,43

Uzorak (cm)	% N	% C	% CaCO3	% TIC	% TOC	C/N
427-428	0,09	10,53	84,70	10,16	0,37	3,90
434-435	0,09	10,26	74,55	8,95	1,32	15,49
444-445	0,07	9,19	68,88	8,27	0,92	12,46
448-449	0,07	8,99	67,35	8,08	0,91	12,58
454-455	0,07	8,84	66,28	7,95	0,89	13,04
465-466	0,07	9,07	72,90	8,75	0,32	4,70
475-476	0,06	8,33	69,08	8,29	0,04	0,67
484-485	0,06	7,51	54,68	6,56	0,95	16,15
493-494	0,06	7,16	50,88	6,11	1,06	18,19
505-506	0,06	6,21	50,08	6,01	0,20	3,34
515-516	0,07	6,18	44,50	5,34	0,84	11,44
524-525	0,09	6,40	44,48	5,34	1,07	11,84
534-535	0,09	6,58	49,58	5,95	0,64	7,13
545-546	0,12	6,62	43,83	5,26	1,36	11,16
552-553	0,16	6,68	40,28	4,83	1,85	11,76
558-559	0,19	6,79	37,80	4,54	2,26	12,21
563-564	0,23	7,18	39,13	4,70	2,49	11,00
570-571	0,24	7,35	35,28	4,23	3,11	12,92
575-576	0,26	7,36	35,10	4,21	3,15	12,35
580-581	0,22	6,61	33,18	3,98	2,63	11,91
590-591	0,22	6,88	34,05	4,09	2,80	12,83
600-601	0,20	6,58	35,23	4,23	2,36	11,61
610-611	0,19	5,05	22,50	2,70	2,35	12,42
623-624	0,23	6,07	30,68	3,68	2,38	10,32
636-637	0,29	8,82	49,05	5,89	2,93	10,00
645-646	0,13	4,90	30,43	3,65	1,25	9,71
655-656	0,13	3,81	17,05	2,05	1,76	13,33
665-666	0,23	5,47	25,85	3,10	2,37	10,29
675-676	0,23	6,04	25,25	3,03	3,01	13,38
685-686	0,22	6,07	27,45	3,29	2,77	12,72
695-696	0,19	5,18	31,23	3,75	1,43	7,57
710-711	0,27	6,32	28,68	3,44	2,88	10,70
715-716	0,21	5,42	0,00	0,00	5,42	25,57
721-722	0,21	4,71	19,40	2,33	2,38	11,38
731-732	0,18	4,18	19,70	2,36	1,81	10,19
734-735	0,35	9,47	48,30	5,80	3,67	10,53
740-741	0,34	9,02	40,40	4,85	4,18	12,43
750-751	0,36	9,56	44,30	5,32	4,25	11,73
760-761	0,24	7,23	34,50	4,14	3,09	12,64
770-771	0,22	4,51	14,83	1,78	2,74	12,66
777-780	0,12	2,74	3,58	0,43	2,31	18,77

Prilog 3.3. Rezultati CN analiza Vranskog jezera kod Biograda (PP VR-2)

Uzorak (cm)	% N	% C	% CaCO3	% TIC	% TOC	C/N
0-1	0,27	12,40	84,45	10,13	2,27	8,37
5-6	0,14	12,43	83,10	9,97	2,46	17,68
10-11	0,10	12,35	100,00	12,00	0,35	3,49
15-16	0,22	13,93	91,43	10,97	2,96	13,44
20-21	0,37	13,62	92,83	11,14	2,48	6,64
25-26	0,25	12,98	87,18	10,46	2,52	10,20
30-31	0,26	13,39	87,43	10,49	2,90	11,01
35-36	0,29	13,64	91,43	10,97	2,67	9,13
40-41	0,23	13,53	94,58	11,35	2,18	9,32
45-46	0,30	13,61	87,65	10,52	3,09	10,35
50-51	0,21	13,21	95,60	11,47	1,74	8,40
55-56	0,13	12,89	93,75	11,25	1,64	12,30
59-60	0,14	12,75	91,93	11,03	1,72	12,21
64-65	0,21	13,29	87,48	10,50	2,79	13,30
70-71	0,09	13,29	90,33	10,84	2,45	26,38
75-76	0,09	13,09	92,00	11,04	2,05	23,59
80-81	0,14	13,17	91,98	11,04	2,13	15,43
85-86	0,13	13,29	94,63	11,36	1,94	14,68
90-91	0,06	13,13	92,65	11,12	2,01	33,61
95-96	0,10	12,67	98,35	11,80	0,87	8,68
100-101	0,10	12,99	98,28	11,79	1,20	11,99
105-106	0,10	12,91	90,03	10,80	2,11	21,09
110-111	0,12	13,00	86,10	10,33	2,67	22,42
115-116	0,07	13,04	91,58	10,99	2,06	29,48
121-122	0,10	12,53	98,08	11,77	0,76	7,63
124-125	0,15	12,98	87,08	10,45	2,53	16,32
129-130	0,21	13,15	80,73	9,69	3,46	16,34
135-136	0,18	13,07	85,00	10,20	2,87	15,86
140-141	0,17	13,01	86,05	10,33	2,68	15,92
145-146	0,42	13,81	78,90	9,47	4,34	10,36
149-150	0,30	13,71	83,53	10,02	3,69	12,15
154-155	0,25	13,29	83,00	9,96	3,33	13,56
160-161	0,15	13,16	85,83	10,30	2,86	19,15
165-166	0,23	13,13	89,53	10,74	2,39	10,47
171-172	0,21	13,23	89,85	10,78	2,45	11,39
175-176	0,21	13,79	88,55	10,63	3,17	15,23
180-181	0,22	13,41	84,95	10,19	3,21	14,51
185-186	0,27	14,09	88,23	10,59	3,50	13,12
190-191	0,11	13,37	93,68	11,24	2,13	19,00
195-196	0,30	13,61	92,63	11,12	2,50	8,47
200-201	0,21	13,11	95,30	11,44	1,67	8,14
205-206	0,28	13,42	89,70	10,76	2,66	9,44
210-211	0,27	13,53	93,78	11,25	2,27	8,28
216-217	0,23	13,29	93,58	11,23	2,06	9,03
222-223	0,21	13,13	100,00	12,00	1,13	5,33
228-229	0,36	13,95	94,45	11,33	2,61	7,29
234-235	0,29	13,65	95,68	11,48	2,17	7,60
241-242	0,26	13,37	95,80	11,50	1,87	7,14
245-246	0,31	13,60	87,50	10,50	3,10	10,15
258-259	0,37	13,69	83,95	10,07	3,62	9,74
266-267	0,24	13,04	94,65	11,36	1,68	6,94
275-276	0,24	12,83	87,75	10,53	2,30	9,46
300-301	0,23	12,94	91,13	10,94	2,00	8,60
315-316	0,21	12,91	91,30	10,96	1,95	9,52
329-330	0,28	13,44	89,88	10,79	2,66	9,51
346-347	0,22	13,14	92,40	11,09	2,05	9,23
360-361	0,26	13,10	89,80	10,78	2,33	8,89
375-376	0,24	13,59	100,00	12,00	1,59	6,67
388-389	0,26	13,59	95,78	11,49	2,09	8,08
400-401	0,25	13,57	95,60	11,47	2,10	8,31
415-416	0,24	12,02	86,08	10,33	1,69	7,18
434-435	0,23	13,16	92,58	11,11	2,05	9,10
448-449	0,20	13,12	98,15	11,78	1,35	6,86
465-466	0,25	13,34	94,13	11,30	2,04	8,30
480-481	0,18	12,96	96,90	11,63	1,33	7,41
495-496	0,17	12,90	100,00	12,00	0,90	5,40

Uzorak (cm)	% N	% C	% CaCO3	% TIC	% TOC	C/N
510-511	0,17	12,67	99,48	11,94	0,74	4,44
525-526	0,17	12,71	96,25	11,55	1,16	6,99
558-559	0,16	12,74	100,00	12,00	0,74	4,57
575-576	0,17	12,76	100,00	12,00	0,76	4,58
600-601	0,17	12,82	97,03	11,64	1,18	6,95
615-616	0,13	12,39	100,00	12,00	0,39	2,94
630-631	0,14	12,54	90,75	10,89	1,65	11,92
645-646	0,17	12,85	90,53	10,86	1,99	11,50
661-662	0,13	12,62	94,23	11,31	1,31	10,15
675-676	0,21	12,96	95,13	11,42	1,54	7,51
690-691	0,18	12,85	91,65	11,00	1,85	10,23
705-706	0,16	12,83	92,15	11,06	1,77	11,33
721-722	0,17	12,85	87,90	10,55	2,30	13,84
735-736	0,17	12,89	93,20	11,18	1,71	9,78
750-751	0,15	12,73	95,20	11,42	1,31	8,73
765-766	0,20	13,04	93,95	11,27	1,77	8,68
776-777	0,21	12,98	92,35	11,08	1,90	8,86
790-791	0,17	12,82	97,33	11,68	1,14	6,51
805-806	0,17	12,91	91,85	11,02	1,89	10,86
810-811	0,12	12,17	89,45	10,73	1,44	12,05
815-816	0,16	11,15	75,35	9,04	2,11	13,61
828-829	0,15	10,95	77,55	9,31	1,64	11,29
845-846	0,11	10,61	76,75	9,21	1,40	12,42
859-860	0,11	9,89	69,25	8,31	1,58	14,55
876-877	0,16	11,31	81,13	9,74	1,58	10,17
885-886	0,12	11,30	79,58	9,55	1,75	14,54
898-899	0,08	9,76	72,18	8,66	1,09	14,57
912-913	0,07	7,35	56,30	6,76	0,59	8,43
917-918	0,05	8,60	64,53	7,74	0,86	16,84
925-926	0,05	8,07	63,30	7,60	0,47	10,33
934-935	0,04	9,24	73,43	8,81	0,43	10,96
940-941	0,04	10,09	84,45	10,13	-0,05	-1,26
950-951	0,03	10,64	82,00	9,84	0,80	23,13
965-966	0,03	11,15	90,03	10,80	0,34	10,23
980-981	0,03	10,03	80,70	9,68	0,35	11,89
995-996	0,03	10,76	84,55	10,15	0,62	19,05
1010-1011	0,03	10,77	84,98	10,20	0,57	19,43
1023-1024	0,03	10,91	88,90	10,67	0,24	8,51
1037-1038	0,03	10,76	85,18	10,22	0,54	19,52
1052-1053	0,03	10,27	78,98	9,48	0,79	25,83
1070-1071	0,03	10,04	78,93	9,47	0,56	17,96
1096-1101	0,03	8,66	71,63	8,60	0,07	2,07

Rezultati CN analiza Baćinskih jezera (BAJ-7)

Uzorak (cm)	% N	% C	% TOC	% TIC	C/N
0-1	0,21	11,32	1,49	9,84	7,14
5-6	0,14	11,74	0,95	10,79	6,80
10-11	0,10	12,11	1,07	11,04	10,23
15-16	0,12	8,05	1,23	6,82	10,26
20-21	0,21	11,88	1,43	10,45	6,88
25-26	0,20	12,13	1,33	10,80	6,75
30-31	0,21	12,15	1,42	10,74	6,69
36-37	0,20	11,26	1,37	9,88	6,94
40-41	0,19	12,25	1,24	11,01	6,63
45-46	0,15	12,36	1,02	11,34	6,73
50-51	0,19	12,32	1,28	11,03	6,81
55-56	0,22	12,23	1,51	10,71	6,79
60-61	0,20	12,25	1,50	10,75	7,40
65-66	0,20	12,46	1,33	11,12	6,64
70-71	0,16	12,46	1,04	11,42	6,53
75-76	0,19	12,61	1,36	11,25	7,01
80-81	0,18	12,48	1,33	11,15	7,38
85-86	0,19	12,35	1,45	10,90	7,80
90-91	0,19	12,60	1,33	11,28	6,95
95-96	0,12	12,99	0,79	12,19	6,61
100-101	0,17	12,57	1,21	11,36	7,12
105-106	0,16	12,59	1,16	11,43	7,07
110-111	0,16	12,43	1,18	11,24	7,19
115-116	0,16	12,42	1,18	11,25	7,42
120-121	0,14	12,17	1,13	11,03	7,99
125-126	0,15	12,12	1,06	11,06	7,06
130-131	0,15	12,14	1,14	11,00	7,38
135-136	0,14	11,91	1,04	10,88	7,56
140-141	0,05	12,26	0,25	12,00	5,02
145-146	0,18	12,13	1,35	10,78	7,71
150-151	0,18	11,89	1,46	10,43	7,97
155-156	0,16	11,96	1,23	10,73	7,56
161-162	0,13	12,31	0,94	11,37	7,41
165-166	0,13	12,41	0,92	11,50	7,16
170-171	0,11	12,27	1,05	11,21	9,34
175-176	0,12	12,43	0,89	11,53	7,33
180-181	0,12	12,17	0,91	11,27	7,33
185-186	0,11	12,22	0,76	11,46	6,92
190-191	0,10	12,09	0,70	11,38	6,75
195-196	0,08	12,10	0,55	11,55	6,43
200-201	0,07	12,05	0,39	11,66	5,95
205-206	0,07	12,13	0,47	11,66	7,13
210-211	0,07	12,12	0,41	11,71	5,99
215-216	0,10	12,29	0,68	11,62	6,61
220-221	0,20	12,22	1,35	10,87	6,91
225-226	0,19	11,97	1,31	10,66	6,85
230-231	0,18	12,07	1,42	10,65	7,77
235-236	0,18	12,10	1,33	10,77	7,42
240-241	0,16	12,17	1,19	10,98	7,26
245-246	0,09	12,29	0,61	11,68	6,87
251-252	0,13	12,25	1,03	11,21	7,81
255-256	0,15	12,13	1,12	11,02	7,47
295-296	0,07	12,37	0,41	11,96	6,31
300-301	0,06	12,19	0,42	11,77	6,94
310-311	0,07	12,58	0,42	12,15	6,21
320-321	0,07	12,96	0,00	12,96	0,00
330-331	0,07	12,38	0,00	12,38	0,00
340-341	0,06	12,27	0,40	11,88	6,30
350-351	0,07	12,33	0,48	11,86	6,75
360-361	0,06	12,24	0,38	11,85	6,45
370-371	0,07	12,43	0,58	11,84	8,22
380-381	0,20	12,20	1,40	10,80	7,07
390-391	0,17	12,27	1,23	11,04	7,22
400-401	0,13	12,34	0,90	11,44	6,64
410-411	0,23	12,28	1,77	10,51	7,55
420-421	0,19	11,98	1,32	10,66	7,11

Uzorak (cm)	% N	% C	% TOC	% TIC	C/N
430-431	0,13	12,02	1,02	11,00	7,69
440-441	0,14	12,18	1,01	11,17	6,97
450-451	0,13	12,19	0,89	11,30	6,83
455-456	0,14	12,19	0,87	11,32	6,10
456-457	0,14	12,24	0,77	11,47	5,65
460-461	0,11	12,55	0,74	11,80	6,54
464-465	0,11	12,66	0,65	12,01	5,79
470-471	0,10	12,64	0,52	12,12	5,08
480-481	0,12	12,62	0,79	11,83	6,65
490-491	0,10	12,61	0,70	11,91	7,21
500-501	0,16	12,31	1,09	11,22	6,93
504-505	0,12	10,39	0,72	9,67	5,81
505-506	0,14	9,26	0,70	8,56	5,06
510-511	0,11	12,71	0,73	11,98	6,87
520-521	0,10	12,65	0,65	12,00	6,33
530-531	0,11	12,71	0,74	11,98	6,78
540-541	0,11	12,61	0,76	11,86	6,85
550-551	0,13	12,28	0,89	11,40	6,86
554-555	0,13	12,55	0,85	11,70	6,62
560-561	0,12	12,56	0,70	11,86	6,07
570-571	0,11	12,61	0,72	11,89	6,28
574-575	0,10	12,69	0,65	12,03	6,24
595-596	0,09	12,77	0,56	12,21	6,28
600-601	0,09	12,86	0,61	12,24	6,95
610-611	0,09	12,65	0,58	12,07	6,75
620-621	0,08	12,70	0,50	12,19	6,10
630-631	0,09	12,51	0,49	12,03	5,44
640-641	0,08	12,77	0,55	12,22	6,50
649-650	0,09	12,82	0,59	12,22	6,53
660-661	0,10	12,60	1,90	10,70	18,95
670-671	0,11	12,59	0,67	11,92	6,20
680-681	0,12	12,39	0,87	11,52	7,14
690-691	0,12	12,17	0,82	11,35	6,90
700-701	0,12	11,44	0,92	10,52	7,44
710-711	0,14	11,87	1,06	10,80	7,58
720-721	0,13	12,22	0,90	11,33	6,81
730-731	0,12	11,89	0,82	11,07	6,81
740-741	0,12	11,83	0,96	10,87	8,08
750-751	0,09	12,57	0,62	11,95	6,79
760-761	0,10	12,21	0,74	11,47	7,35
770-771	0,12	10,87	0,97	9,91	7,86
774-775	0,13	10,22	0,97	9,25	7,27
780-781	0,12	10,87	1,00	9,87	8,45
790-791	0,11	10,95	0,87	10,07	8,18
796-797	0,12	10,26	0,95	9,31	8,17
800-801	0,11	10,25	0,97	9,28	8,68
804-805	0,11	10,14	0,99	9,15	8,73
810-811	0,11	11,08	0,86	10,22	8,05
820-821	0,11	12,36	0,73	11,62	6,86
830-831	0,10	12,83	0,66	12,16	6,54
835-836	0,10	12,43	0,68	11,75	7,05
836-843	0,10	12,16	0,64	11,52	6,71

11. Životopis

Nikolina Ilijanić rođena je 16.11.1983. u Karlovcu. Srednjoškolsko obrazovanje stekla je u Općoj gimnaziji Karlovac. Diplomirala je geologiju, smjer mineralogija i petrologija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu 2007. godine. Od 2008. godine zaposlena je kao asistentica u Zavodu za mineralne sirovine Hrvatskog geološkog instituta. Tijekom svog rada, bila je suradnica na znanstvenim projektima MZOŠ-a „Osnovna geokemijska karta Republike Hrvatske“ (2008.-2013.) i „Holocenski sedimenti kao zapis promjena u okolišu Jadranskih slivova“ (2008.-2013.), zatim na međunarodnom projektu „CC-WaterS: Klimatske promjene i utjecaj na vodoopskrbu“ (2009.-2012.). projektu Parka Prirode Vransko jezero kod Biograda „Paleolimnološka istraživanja Vranskog jezera kod Biograda“ (2012.-2014.).

Tijekom doktorskog studija sudjelovala je na nekoliko radionica:

2009. godine u AIPEA-i Školi za mlade znanstvenike u Bariju, u sklopu konferencije International Clay Conference u Castellaneti Marini, s temom radionice „Interstratificirani minerali glina“;

2010. godine u ERASMUS intenzivnom programu AdvanceClay3 u Szegedu, u sklopu Middle European Clay Conference u Budimpešti, s temom radionice „Koloidna svojstva glina i okolišna primjena“;

2010. godine u Zagrebu, radionica o kvantitativnom određivanju minerala glina koristeći XRD: BGMN program;

2013. godine na DTTG radionici u Karlsruheu, s temom „Kvalitativne i kvantitativne analize glina i minerala glina“.

Dobitnica je stipendije koju dodjeljuje zaklada „British Scholarship Trust“, za akademsku godinu 2013/2014, u trajanju od 3 mjeseca (počinje 1. travnja 2014.). Stipendija je ostvarena u suradnji sa „Centre for Environmental Magnetism and Paleomagnetism“, Lancaster Environment Centre, Sveučilište u Lancasteru, pod mentorstvom profesorice Barbare Maher.

Član je Hrvatskog geološkog društva, Hrvatske grupe za gline i Odbora za geokemiju HAZU.

Objavila je 1 rad u CC bazi i 1 rad u ostalim časopisima. Sudjelovala je na 25 znanstvenih skupova, od toga 14 radova u koautorstvu, 7 radova kao prvi autor s posterskim priopćenjem i 4 usmena priopćenja.

Popis objavljenih radova

Izvorni znanstveni i pregledni radovi u CC časopisima

1. Petrinec, Branko; Franić, Zdenko; **Ilijanić, Nikolina;** Miko, Slobodan; Štrok, Marko; Smodiš, Borut.

   Estimation of Sedimentation Rate in the Middle and South Adriatic Sea Using 137Cs. // Radiation protection dosimetry. 151 (2012) 1; 102-111 (članak, znanstveni).

Znanstveni radovi u drugim časopisima

1. Kovačević Galović, Erli; **Ilijanić, Nikolina**; Peh, Zoran; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren. Geochemical discrimination of Early Palaeogene bauxites in Croatia. // GEOLOGIA CROATICA. 65 (2012) , 1; 53-65 (članak, znanstveni).

2. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Petrinec, Branko; Franić, Zdenko.

   Records of metal deposition in deep sediments from the Central and South Adriatic Sea: Natural and anthropogenic flux along the Eastern Adriatic Current. (predan na recenziju u Geologiu Croaticu).

Sažeci u zbornicima skupova

1. Bakrač, Koraljka; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Krznarić Škrivanko, Maja; **Ilijanić, Nikolina.**

Rezultati geoloških bušenja i peludnih analiza na telu Sopot i širem području // Znanstveni skup "Arheologija na Dunavu" / Marić, Ružica ; Hutinec, Mirela ; Balen, Jacqueline ; Potrebica, Hrvoje (ur.).

Vukovar : Hrvatsko arheološko društvo, 2013. 23-23 (predavanje,domaća recenzija,sažetak,znanstveni).

2. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Bakrač Koraljka; Hajek-Tadesse, Valentina; Banak, Adriano.

The Holocene paleolimnology of Lake Vrana (Biograd) and implications to its formation // Knjiga sažetaka 3. znanstveni skup Geologija kvartara u Hrvatskoj s međunarodnim sudjelovanjem.

Zagreb : HAZU i Geološki zavod Slovenije, 2013. 26-26 (predavanje,sažetak,znanstveni).

3. **Ilijanić, Nikolina**; Razum, Ivan; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Bakrač, Koraljka.

Environmental changes during Holocene in Ravni Kotari region - records stored in the former lake Bokanjačko blato // Knjiga sažetaka 3. znanstveni skup Geologija kvartara u Hrvatskoj s međunarodnim sudjelovanjem.

Zagreb : HAZU i Geološki zavod Slovenije, 2013. 25-25 (poster,sažetak,znanstveni).

4. Hasan, Ozren; Miko, Slobodan; **Ilijanić, Nikolina**; Stroj, Andrej.

Record of anthropogenic (urban) pollution in sediments of the karst lake Modro jezero, Croatia // 20th International Karstological School “Classical Karst” ; Karst Forms and Processes, Guide Book & Abstracts / Mihevc, Andrej ; Gabrovšek, Franci (ur.).

Postojna : Karst Research Institute, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, 2012. 55-56 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

5. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Bakrač, Koraljka.

Environmental changes during Late Pleistocene and Holocene in the karstic lakes along eastern Adriatic coast // 20th International Karstological School “Classical Karst” ; Karst Forms and Processes, Guide Book & Abstracts / Mihevc, Andrej ; Gabrovšek, Franci (ur.).

Postojna : Karst Research Institute, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, 2012. 56-57 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

6. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Bakrač, Koraljka.

Late Pleistocene and Holocene environmental changes in eastern Adriatic coastal karst lakes // 9th ISEG Book of Abstracts / Da Silva, E.F., Reis, A.P., Patinha, C., Pereira, E., Rodrigues, S. (ur.).

Aveiro : PLM-Plural, 2012. 195-195 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

7. **Ilijanić, NIkolina**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren, Šparica Miko, Martina; Mesić, Saša.

Mineralogical approach to BCR extraction procedure of urban playground soils in Zagreb (Croatia) // European Mineralogical Conference, Vol. 1, EMC2012.

Frankfurt am Main, 2012. 685-685 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

8. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Petrinec, Branko; Franić, Zoran.

Anthropogenic trace elements of the bottom sediments from the Middle and South Adriatic Sea // 9th ISEG Book of abstracts / Da Silva, E.F., Reis, A.P., Patinha, C., Pereira, E., Rodrigues, S. (ur.).

Aveiro : PLM-Plural, 2012. 9-9 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

9. Martinuš, Maja; Mesić, Slavena; **Ilijanić, Nikolina**; Bucković, Damir.

Discontinuity surfaces related to subaerial exposure of shallow-water platform carbonates (Early Jurassic of Gorski kotar and Velebit Mt., Croatia) // 20th International Karstological School “Classical Karst” ; Karst Forms and Processes, Guide Book & Abstracts / Mihevc, Andrej ; Gabrovšek, Franci (ur.).

Postojna : Karst Research Institute, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, 2012. 60 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

10. Miko, Slobodan; **Ilijanić, Nikolina**; Hasan, Ozren; Šparica Miko, Martina; Crnojević, Helena.

The Geochemistry of Land Use Change during the Late Holocene in the Istrian-littoral River Basin, Croatia // 9th ISEG Book of Abstracts / Da Silva, E.F., Reis, A.P., Patinha, C., Pereira, E., Rodrigues, S. (ur.).

Aveiro : PLM-Plural, 2012. 194-194 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

11. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Bakrač, Koraljka.

Comparison of the mineralogy and origin of clay minerals of the lake sediments of eastern Adriatic coast (Vrana Lake, Bokanjačko blato and Baćina Lake) // EUROCLAY 2011 Book of abstracts / Karakas, Zehra ; Kadir, Selahattin ; Turkmengolu, Asuman Gunal (ur.).

Antalya : Dumat Ofset, 2011. 44-44 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

12. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Bakrač, Koraljka.

Clay-mineral record in Vrana Lake sediments: The Holocene and Late Glacial transition // Quaternary Research Association, 16th Annual International Postgraduate Symposium.

Durham : QRA, 2011. 25-25 (predavanje,sažetak,znanstveni).

13. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Bakrač, Koraljka.

Geokemijska i mineraloška karakterizacija jezerskih sedimenata kao rezultat promjena u okolišu tijekom kasnog pleistocena i holocena duž istočne obale Jadranskog mora // Knjiga sažetaka 2. znanstveni skup Geologija kvartara u Hrvatskoj s međunarodnim sudjelovanjem.

Zagreb : HAZU i Geološki zavod Slovenije, 2011. 34-34 (poster,sažetak,znanstveni).

14. Marković, Tamara**; Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Larva, Ozren; Brkić, Željka.

Effect of clay content on Fe, Mn-adsorption in overbank sediment of Požega valley // EUROCLAY 2011 Book of Abstracts / Karakas, Zehra ; Kadir, Selahattin ; Turkmengolu, Asuman Gunal (ur.).

Antalya : Dumat Ofset, 2011. 446-446 (poster,međunarodna recenzija,sažetak).

15. Petrinec, Branko; **Ilijanić, Nikolina**; Franić, Zdenko; Miko, Slobodan.

Sedimentation rate using 137Cs and mineralogy of the Middle and South Adriatic Sea // EUROCLAY 2011 Book of Abstracts / Karakas, Zehra ; Kadir, Selahattin ; Turkmengolu, Asuman Gunal (ur.).

Antalya : Dumat Ofset, 2011. 271-271 (poster,međunarodna recenzija,sažetak).

16. Fistrić, Mladen; Ženko, Tomislav**; Ilijanić, Nikolina** & Hrkač, Renato.

Utjecaj serpentina na svojstva i trajnost peridotita kao tehničko-građevnog kamena // 4. Hrvatski geološki kongres, Knjiga sažetaka / Horvat, Marija (ur.).

Zagreb : Hrvatski geološki institut, 2010. 165-166 (poster,domaća recenzija,sažetak).

17. Hasan, Ozren; Miko, Slobodan; Šparica Miko, Martina; Mesić, Saša; Crnojević, Helena; Marković, Tamara; **Ilijanić, Nikolina.**

Trace element fractionation in soils and stream sediments in the Istrian-littoral river basin, Croatia // "Environmental Quality and Human Health" (SEGH2010) : abstracts / Zhang, Chaosheng (ur.).

Galway : Department of Geography, 2010. 60-60 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

18. Hasan, Ozren; Miko, Slobodan; Šparica Miko, Martina; Mesić, Saša; Crnojević, Helena; Marković, Tamara; **Ilijanić, Nikolina.**

IMPACT OF LAND USE ON HEAVY METAL FRACTIONATION IN SOILS AND STREAM SEDIMENTS IN THE ISTRIAN-LITTORAL RIVER BASIN, CROATIA // Conference Schedule & Abstracts / Zhang, Chaoshen (ur.).

Galway : Natinal University of Ireland, 2010. 60-61 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

19. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Posilović, Hrvoje.

Mineralogy and geochemistry of Bronze Age potsherds: weathering influence of a Mediterranean climate (Cres Island, Croatia) // ACTA Mineralogica-Petrographica, Abstract series, Volume 6 (special selection), MECC2010 Budapest / Zaharia, L., Kis, A., Topa, B., Papp, G., Weiszburg, T.G. (ur.).

Szeged : Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrology, University of Szeged, 2010. 117 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

20. Marković, Tamara; Terzić, Josip; Berović, Nicoletta; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; **Ilijanić, Nikolina**; Lukač-Reberski, Jasmina; Dolić, Stjepan.

Utjecaj promjene klime na hidrokemijske pokazatelje podzemne vode: pokusno područje projekta CCWaterS – Bokanjačko blato // 4. Hrvatski geološki kongres - Knjiga sažetaka / Horvat, Marija (ur.).

Zagreb : Hrvatski geološki institut, 2010. 217-218 (poster,domaća recenzija,sažetak,znanstveni).

21. Ženko, Tomislav; Pollak, Davor; Novosel, Tomislav; Podolszki, Laszlo; **Ilijanić, Nikolina**.

Inženjerskogeološki problemi pri iskopu tunela “Kobiljača” // Knjiga sažetaka / Horvat, Marija (ur.).

Zagreb : Hrvatski geološki institut, 2010. 180-181 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

22. **Ilijanić, Nikolina**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Mesić, Saša; Šparica-Miko, Martina; Koch, Georg; Bakrač, Koraljka.

Holocene evolution of the Vransko jezero catchment (Croatia): A reconstruction based on clay mineralogy and geochemistry // XIV International Clay Conference, Book of abstracts, Vol.2, Micro et Nano: Sciantiae Mare Magnum / Fiore, S. ; Belviso, C. ; Giannossi, M.L. (ur.).

Bari, Italy : digilabs s.a.s, 2009. 196 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

23. Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Šparica Miko, Martina; Mesić, Saša; Crnojević, Helena; Marković, Tamara; **Ilijanić, Nikolina**.

Impact of land use on heavy metal fractionation in soils and stream sediments in the Istrian-littoral river basin, Croatia // Book of Abstracts 15th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region with focus on Environmental Threats in the Mediterranean Region: Problems and Solutions / Senesi, N. ; Bergheim, W. (ur.).

Bari : MEASAEP e.V., 2009. 44-44 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni). prilozen text rada

24. Miko, Slobodan; Peh, Zoran; Šparica Miko, Martina; Hasan, Ozren; Mesić, Saša; **Ilijanić, Nikolina**; Kovačević, Erli.

Impact of karst bauxite mining on the geochemistry of topsoil and stream sediments in Dalmatia, Croatia // Book of Abstracts 15th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region with focus on Environmental Threats in the Mediterranean Region: Problems and Solutions / Senesi, N. ; Bergheim, W. (ur.).

Bari : MEASAEP e.V., 2009. 84-84 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

25. Miko, Slobodan; Mesić, Saša; Hasan, Ozren; **Ilijanić, Nikolina**; Koch, Georg; Bakrač, Koraljka.

Late Holocene landuse change record from Vrana Lake catchment on Cres island (Norhern Adriatic, Croatia) // Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften / C. Kunkel, S. Hahn, J. ten Veen, N. Rameil & A. Immenhauser (Hg.) (ur.).

Hannover, 2008. (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).