

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

**Tomislav Kurečić**

SEDIMENTOLOGIJA I PALEOEKOLOGIJA PLIOCENSKIH *VIVIPARUS* SLOJEVA  
VUKOMERIČKIH GORICA

Doktorska disertacija  
predložena Geološkom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog stupnja  
doktora prirodnih znanosti  
znanstveno polje geoznanosti, grana geologija

Zagreb, 2017.

Ova je doktorska disertacija izrađena u Hrvatskom geološkom institutu u Zagrebu pod vodstvom dr. sc. Marijana Kovačića, izvanrednog profesora Prirodoslovno-matematičkog fakulteta i dr. sc. Anite Grizelj, znanstvene suradnice Hrvatskog geološkog instituta, u sklopu Poslijediplomskog studija geoloških znanosti na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

*Mojim roditeljima*

## **Zahvale**

*Disertacija je napisana uz nesebičnu pomoć brojnih kolega kojima na ovom mjestu želim zahvaliti, a poimence onima koji su bili izravno uključeni u istraživanje.*

*Mentorici dr. sc. Aniti Grizelj hvala na velikom trudu i iznimnoj pomoći kod terenskih i laboratorijskih istraživanja, te na brojnim sugestijama koje su bile nit vodilja kroz svo vrijeme izrade disertacije.*

*Mentoru profesoru Marijanu Kovačiću zahvaljujem na pomoći kod terenskih istraživanja, diskusijama, savjetima i na velikom trudu oko recenziranja teksta. Bez povjerenja i poticaja ovo istraživanje bi bilo znatno teže privesti kraju.*

*Članovima povjerenstva za ocijenu rada profesoru Darku Tibljašu, profesorici Jasenki Sremac i profesoru Davoru Paveliću zahvaljujem na ažurnom radu na tekstu i korisnim primjedbama koje su poboljšale kvalitetu disertacije.*

*Na idejama koje su u znatnoj mjeri odredile smjer ovog rada, brojnim savjetima, te na odredbi makrofaune zahvaljujem dr. sc. Olegu Mandiću.*

*Dr. sc. Jadranki Mauch Lenardić hvala na nesebičnoj pomoći oko analize ostataka kralježnjaka.*

*Paleontologinjama s HGI-a dr. sc. Koraljki Bakrač i dr. sc. Valentini Hajek Tadesse hvala na palinološkim analizama i odredbama ostrakoda, a Moniki Špišić na korisnim savjetima.*

*Na pomoći oko terenskih istraživanja i podršci tokom izrade disertacije hvala dr. sc. Hrvoju Posiloviću i dr. sc. Radovanu Avaniću. Hrvoju hvala na brojnim diskusijama vezanim uz pliocenske naslage, a Radovanu A. na konstruktivnim savjetima kod opisa i interpretacije facijesa.*

*Cimerici Lari zahvaljujem na brojnim raspravama, ohrabrenju i podršci tokom izrade doktorske disertacije.*

*Dr. sc. Mariji Horvat hvala na velikoj podršci, razumijevanju i pomoći kod prikupljanja arhivske građe.*

*Radovanu Filjku, dipl. ing. geol. hvala na pomoći kod prikupljanja bušotinskih podataka.*

*Dr. sc. Mirku Belaku i dr. sc. Tončiju Grgasoviću zahvaljujem na pomoći kod mikroskopskih analiza stijena.*

*Hvala i dr. sc. Patricku Grunertu na analizama stabilnih izotopa kisika i ugljika.*

*Mati Pikiji, dipl. ing. geol. hvala na korisnim savjetima i smjernicama za odabir pogodnih lokaliteta.*

*Profesorici Blanki Cvetko Tešović hvala za pomoć i savjete kroz obaveze na poslijediplomskom studiju na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu.*

*Hvala kolegama iz laboratorija Zavoda za geologiju, gospođi Vlasti Jurišić Mitrović, dipl. ing. kem. na pomoći oko analize sadržaja karbonata, a tehničarkama i tehničarima iz laboratorija Dragici, Đurđici, Mirjani, Tončeku i Damiru na pomoći oko pripreme uzoraka i izrade preparata.*

*Gospodinu Ivi Suši hvala na pomoći oko uređivanja grafičkih priloga.*

*Hvala i svim ostalim djelatnicima Hrvatskog geološkog instituta i PMF-a koji su mi na bilo koji način pomogli pri izradi disertacije.*

*Hvala Ministarstvu znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske i Hrvatskom geološkom institutu (Zavod za geologiju) koji su financirali ovo istraživanje. Predstojniku Zavoda za geologiju dr. sc. Damiru Slovenecu hvala na razumijevanju, a njegovom prethodniku dr. sc. Ivanu Hećimoviću na poticaju za istraživanje problematike pliocenskih naslaga.*

*Posebno hvala svima onima koje nisam poimence nabrojao, a koji su se trudili razumjeti i bili mi potpora da ustrajem.*

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. GEOGRAFSKI I GEOLOŠKI SMJEŠTAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	5
2.1. Geografski smještaj istraživanog područja.....	5
2.2. Geološki razvoj šireg prostora.....	6
2.3. Geološka građa Vukomeričkih gorica.....	10
3. METODE ISTRAŽIVANJA.....	13
3.1. Terenske metode.....	13
3.2. Laboratorijske metode.....	14
3.2.1. Granulometrijske analize.....	15
3.2.2. Analize mineralnog i petrografskog sastava pijesaka i šljunaka.....	16
3.2.3. XRD analize pelitnih sedimenata.....	17
3.2.4. Analize kemijskog sastava.....	19
3.2.4.1. Analiza sadržaja karbonata.....	19
3.2.4.2. Analiza glavnih elemenata i elemenata u tragovima.....	20
3.2.4.3. Analiza stabilnih izotopa.....	20
3.2.4.4. Točnost i preciznost kemijskih analiza.....	21
3.2.5. Paleontološke analize.....	25
3.2.6. SEM (Skenirajući elektronski mikroskop) – fotografije.....	26
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	27
4.1. Sedimentološki stupovi i facijesi.....	27
PRILOG 1 – sedimentološki stupovi.....	41
4.2. Rezultati mineraloško-petrografskih analiza.....	54
4.2.1. Sastav litičnih čestica iz pijesaka.....	54
4.2.2. Modalni sastav pijesaka.....	58
4.2.3. Mineralni sastav pelitnih sedimenata.....	66
4.3. Kemijski sastav sedimenata.....	69
4.3.1. Glavni elementi i elementi u tragovima.....	69
4.3.2. Stabilni izotopi kisika ( $\delta^{18}\text{O}$ ) i ugljika ( $\delta^{13}\text{C}$ ).....	76
4.4. Paleontološke odredbe.....	79
4.4.1. Odredba makrofaune.....	79

4.4.2.	Odredba mikrovertebrata.....	82
4.4.3.	Mikropaleontološka analiza.....	84
4.4.4.	Palinološka analiza.....	86
5.	RASPRAVA.....	89
5.1.	Provenijencija.....	89
5.1.1.	Modalni sastav.....	90
5.1.2.	Kemijski sastav.....	93
5.1.3.	Geotektonski položaj izvorišta.....	105
5.1.3.1.	Geotektonski položaj izvorišta na temelju modalnog sastava.....	105
5.1.3.2.	Geotektonski položaj izvorišta na temelju kemijskog sastava.....	106
5.2.	Taložni okoliši i klimatske promjene prema fosilnom zapisu.....	108
5.2.1.	Makrofauna mekušaca.....	108
5.2.2.	Ihtiofauna i ostali mali kralježnjaci.....	110
5.2.3.	Mikrofauna.....	111
5.2.4.	Palinozajednice.....	113
5.3.	Taložni okoliši i klimatske promjene prema izotopnom sastavu.....	114
5.4.	Evolucija taložnog prostora.....	117
6.	ZAKLJUČAK.....	125
7.	SAŽETAK.....	127
8.	EXTENDED ABSTRACT.....	131
9.	LITERATURA.....	135
9.1.	Publicirani radovi.....	135
9.2.	Nepublicirani radovi.....	148
10.	ŽIVOTOPIS.....	150

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Doktorska disertacija

### **SEDIMENTOLOGIJA I PALEOEKOLOGIJA PLIOCENSKIH *VIVIPARUS* SLOJEVA VUKOMERIČKIH GORICA**

TOMISLAV KUREČIĆ

Rad je izrađen u Hrvatskom geološkom institutu, Sachsova 2, 10000 Zagreb

**Sažetak:** Klastični sedimenti poznati kao *Viviparus* slojevi predstavljaju posljednju fazu jezerske sedimentacije u južnom dijelu PBS-a. Stratigrafski pripadaju pliocenu, a taloženi su unutar kata cernik u vremenskom rasponu od 4,5 – 2 milijuna godina. Na prostoru Vukomeričkih gorica, gdje su površinski najrasprostranjeniji, dokazano je taloženje donjih i gornjih *Viviparus* slojeva. Analizom facijesa i fosilnog sadržaja utvrđeno je da se njihovo taloženje odvijalo u plitkom slatkovodnom jezerskom i aluvijalnom okolišu. Donji *Viviparus* slojevi diskonformni su na miocensku podlogu, pripadaju zoni *Viviparus kochanskyae* i taloženi su u vrijeme umjereno tople i vlažne klime s izraženim sezonskim oscilacijama sezonalnošću. Gornji *Viviparus* slojevi taloženi su u uvjetima pliocenskog klimatskog optimuma, bez izražene sezonalnosti, a pripadaju zoni *Viviparus hoernesii*. Međusobno ispreplitanje jezerskih i aluvijalnih okoliša ukazuje na oscilacije razine vode uz zapadni rub tadašnjeg jezera Slavonija, a izostanak srednjih *Viviparus* slojeva pokazatelj je smanjenja površine jezera, odnosno jake regresije u srednjem cerniku. Modalni i kemijski sastav klastičnog detritusa ukazuje na njegovo dominantno podrijetlo iz starijih sedimentnih i kiselih magmatskih stijena čija su izvorišta bila lokalno izdignuta gorja i pretaloženi gornjomiocenski materijal alpske provenijencije.

**Ključne riječi:** *Viviparus* slojevi, pliocen, Vukomeričke gorice, jezero Slavonija, facijesi, provenijencija, sedimentologija

**Rad sadrži:** 153+XI stranica, 58 slika, 26 tablica, 12 priloga, 169 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen u:** Knjižnici Hrvatskog geološkog instituta, Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici i knjižnici Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta.

**Mentori:** Dr. sc. Marijan Kovačić, izvanredni profesor, PMF, Zagreb

Dr. sc. Anita Grizelj, znanstvena suradnica, HGI, Zagreb

**Ocjenjivači:** Dr. sc. Darko Tibljaš, redoviti profesor, PMF, Zagreb

Dr. sc. Jasenka Sremac, izvanredna profesorica, PMF, Zagreb

Dr. sc. Davor Pavelić, redoviti profesor, RGNF, Zagreb

**Rad prihvaćen:** 10. veljače, 2017.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

Doctoral Thesis

### **SEDIMENTOLOGY AND PALEOECOLOGY OF PLIOCENE *VIVIPARUS* BEDS FROM THE AREA OF VUKOMERIČKE GORICE**

TOMISLAV KUREČIĆ

Thesis completed in Croatian geological survey, Sachsova 2, Zagreb

**Abstract:** Clastic sediments known as *Viviparus* beds represent the last phase of lacustrine sedimentation in the southern part of Pannonian Basin System. Based on stratigraphy they belong to the Pliocene epoch, within time period from 4.5 to 2 Ma as a part of the Cernikian stage. In the area of Vukomeričke gorice two stratigraphic horizons have been detected, Lower *Viviparus* beds and Upper *Viviparus* beds. Facies analysis and fossil content have shown that the deposition of these freshwater sediments occurred in predominantly shallow lacustrine and alluvial environment. The Lower *Viviparus* beds lay disconformly on Miocene sediments, they belong to the *Viviparus kochanskyae* zone and they are deposited in the moderately warm and humid climate with strong seasonality. Upper *Viviparus* beds, belonging to *Viviparus hoernesy* zone, were deposited under conditions of the Pliocene climate optimum, without strong seasonality. Alternation of lacustrine and alluvial environment indicates the fluctuations of water level along the western edge of the former lake Slavonia while the absence of middle *Viviparus* beds suggests a decrease in the lake's surface or its regression in the Middle Cernikian. Modal and chemical composition of clastic detritus indicates that it originates from the older sedimentary rocks as well as predominantly acidic igneous rocks whose source were locally raised mountains and resedimented material of Alpine provenance from Upper Miocene.

**Keywords:** *Viviparus* beds, Pliocene, Vukomeričke gorice, Lake Slavonija, facies, provenance, sedimentology

**Thesis contains:** 153+XI pages, 58 figures, 26 tables, 169 references

**Original in:** Croatian

**Thesis deposited in:** Library of the Croatian geological survey, the National Library and Library of the Geological department of the Faculty of Science

**Supervisors:** Dr. sc. Marijan Kovačić, associate professor, Faculty of Science, Zagreb

Dr. sc. Anita Grizelj, scientific associate, Croatian geological survey, Zagreb

**Reviewers:** Dr. sc. Darko Tibljaš, professor, Faculty of Science, Zagreb

Dr. sc. Jasenka Sremac, associate professor, Faculty of Science, Zagreb

Dr. sc. Davor Pavelić, professor, Faculty of Mining, Geology and Petroleum, Zagreb

**Thesis accepted:** February 10th, 2017.



## POPIS SLIKA U TEKSTU

**Slika 1.1.** Površinsko rasprostiranje *Viviparus* slojeva na prostoru Republike Hrvatske.

**Slika 2.1.** Prostorni smještaj istraženih profila na području Vukomeričkih gorica i Slavonije.

**Slika 2.2.** Karta položaja istraživanog područja (crvena boja) unutar PBS-a.

**Slika 2.3.** Prikaz raspodjele taložnih okoliša, litologije, vulkanizma i tektonske evolucije PBS-a na širem području Savske depresije.

**Slika 2.4.** Paleogeografska rekonstrukcija pliocena i prikaz maksimalnog prostornog rasprostiranja jezera Slavonija i okolnih pliocenskih jezera.

**Slika 2.5.** Korelacija geokronoloških i kronostratigrafskih jedinica pliocena Panonskog bazena i okolnih bazena.

**Slika 2.6.** Geološka karta područja Vukomeričkih gorica koja predstavlja isječak Geološke karte Republike Hrvatske 1:300000.

**Slika 4.1.** Sivi i žuto-smeđi glinoviti silt facijesa F1 u bazi sedimentološkog stupa Kravarsko.

**Slika 4.2.** Masivni sivi glinoviti silt facijesa F1 sa stupa Subocka.

**Slika 4.3.** Bioturbirani silt facijesa F1 sa sedimentološkog stupa Ključić Brdo.

**Slika 4.4.** Horizontalno laminirani pijesak facijesa F2 na stupu Strezojevo-II.

**Slika 4.5.** Setovi kose slojevitosti unutar srednjezrnatog pijeska facijesa F3 na stupu Petracec.

**Slika 4.6.** Erozijski kontakt na stupu Strezojevo-I između pijeska facijesa F2 u podini i normalno graduiranog šljunka facijesa F4 u krovini.

**Slika 4.7.** Prugasta izmjena pijeska i glinovitog silta unutar heterolitnog facijesa F5 sa stupa Kravarsko.

**Slika 4.10.** Mikrofotografije litičnih čestica iz preparata krupnog pijeska na ostatku sa sita s promjerima otvora 0,9 mm i 1,25 mm.

**Slika 4.11.** Mikrofotografije litičnih čestica iz preparata krupnog pijeska na ostatku sa sita s promjerima otvora 0,9 mm i 1,25 mm.

**Slika 4.12.** Mikrofotografije litičnih čestica iz preparata krupnog pijeska na ostatku sa sita s promjerima otvora 0,9 mm i 1,25 mm.

**Slika 4.13.** Klasifikacija pjeskovitih sedimenata *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica i Slavonije na temelju sastava lake mineralne frakcije pijesaka (0,09-0,16 mm).

**Slika 4.14.** Grafički prikaz međusobnih odnosa prozirnih minerala teške mineralne frakcije iz uzoraka pijeska s Vukomeričkih gorica i Slavonije.

**Slika 4.15.** Mikrofotografije teških minerala iz pjeskovitih uzoraka *Viviparus* slojeva snimljene na preparatima frakcije od 0,09-0,16 mm sa stupova Čakanec, Lipnica, Ključić Brdo i Strezojevo.

**Slika 4.16.** Mikrofotografije teških minerala iz pjeskovitih uzoraka *Viviparus* slojeva snimljene na preparatima frakcije od 0,09-0,16 mm sa stupova Lipnica i Sibinj.

**Slika 4.17.** Difraktogram cjelovitih praškastih uzoraka Cak-I 11/1, Str-II 2/1, Kra-I 1/1 i Sib-I 5/2 (*Viviparus* slojevi s područja Vukomeričkih gorica i Slavonije).

**Slika 4.18.** Usporedba difraktograma orijentiranog uzorka Cak I 11/1 snimljenog: netretiranog (crveno), tretiranog etilen-glikolom (zeleno), žarenog na 400°C (sivo) i nakon žarenja na 550°C (plavo).

**Slika 4.19.** Rentgenogram ljuštore roda *Potomida* pokazuje njezin aragonitni sastav.

**Slika 4.20.** Prikaz raspona mjerenih izotopnih vrijednosti ( $\delta^{13}\text{C}$  /  $\delta^{18}\text{O}$ ) prema vrstama mekušaca u uzorcima donjih *Viviparus* slojeva s područja Kravarskog (Vukomeričke gorice).

**Slika 4.21.** Prikaz raspona mjerenih izotopnih vrijednosti ( $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$ ) prema vrstama mekušaca u uzorcima gornjih *Viviparus* slojeva s područja Kravarskog (Vukomeričke gorice).

**Slika 4.22.** Pliocenski jezerski puževi iz *Viviparus* slojeva na području Kravarskog (Valvatidae, Neritidae i Viviparidae).

**Slika 4.23.** Pliocenski jezerski puževi iz *Viviparus* slojeva na području Kravarskog (Melanopsidae, Bithyniidae, Hydrobiidae i Lithoglyphidae).

**Slika 4.24.** Pliocenski jezerski školjkaši iz *Viviparus* slojeva na području Kravarskog (Unionidae i Sphaeridae).

**Slika 4.25.** Zubi malih kralježnjaka iz *Viviparus* slojeva okolice Kravarskog (lokalitet: VGK 39).

**Slika 4.26.** SEM mikrofotografije odabranih ostrakoda iz okolice Kravarskog (Vukomeričke gorice).

**Slika 4.27.** Palinofacijes sedimentološkog stupa Kravarsko.

**Slika 4.28.** Palinofacijes sedimentološkog stupa Lipnica.

**Slika 4.29.** Palinofacijes sedimentološkog stupa Sibinj.

**Slika 4.30.** Palinofacijes sedimentološkog stupa Sibinj.

**Slika 5.1.** Diskriminantni dijagram za razlikovanje vrsta izvornih stijena sedimentata *Viviparus* slojeva s područja Vukomeričkih gorica.

**Slika 5.2.**  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -( $\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}$ )- $\text{K}_2\text{O}$  trokomponentni dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica.

**Slika 5.3.** Dijagram za razlikovanje vrsta izvornih stijena pelitnih i pjeskovitih sedimentata s područja Vukomeričkih gorica na temelju odnosa Th/Co-La/Sc.

**Slika 5.4.** Dijagram za razlikovanje vrsta izvornih stijena pelitnih i pjeskovitih sedimentata s područja Vukomeričkih gorica na temelju odnosa Th/Sc-Cr/Th.

**Slika 5.5.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Čak-I.

**Slika 5.6.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup KBr-I.

**Slika 5.7.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Kra-I.

**Slika 5.8.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Lip-I.

**Slika 5.9.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Pet-I.

**Slika 5.10.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Str-I.

**Slika 5.11.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Str-II.

**Slika 5.12.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Vuk-I.

**Slika 5.13.** Spajder dijagram za uzorke s južnog rubnog dijela Vukomeričkih gorica – lokaliteti Bašića Brdo (BBr-1) i Orleković (Orl-1).

**Slika 5.14.** Skupni spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica – prikazuje polje unutar kojeg se kreću koncentracije elemenata rijetkih zemalja svih analiziranih uzoraka.

**Slika 5.15.** Dijagram za određivanje geotektonskog smještaja izvornih predjela pjeskovitih sedimentata s primjenom na pliocenske pijeske *Viviparus* slojeva s područja Vukomeričkih gorica i Slavonije: **a.** QmL<sub>t</sub>F - baziran na izvornim stijenama; **b.** QtLF - baziran na zrelosti materijala.

**Slika 5.16.** Tektonski diskriminantni dijagram na osnovi odnosa  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  i  $\text{SiO}_2$  (wt%) za pjeskovite i pelitne sedimente *Viviparus* slojeva s područja Vukomeričkih gorica.

**Slika 5.17.** Trokomponentni dijagrami za određivanje geotektonskog smještaja izvornih predjela sedimentata – primjenjeni na pliocenskim pelitnim i pjeskovitim sedimentima s područja Vukomeričkih gorica: **a.** na temelju odnosa La-Th-Sc; **b.** na temelju odnosa Th-Sc-Zr/10.

**Slika 5.18.** Stratigrafska korelacija detektiranih biozona jezera Slavonija (područje Vukomeričkih gorica) s jedinicama Dacijskog bazena.

**Slika 5.19.** Sklerokronološka analiza fosilnih mekušaca roda *Viviparus*: **a** – *Viviparus kochanskyae*, **b** – *Viviparus dezmanianus*, **c** – *Viviparus hoernesii*.

**Slika 5.20.** Prikaz razvoja *Viviparus* slojeva, njihovog odnosa sa sedimentima podine i krovine, te razlika s obzirom na geografski položaj.

**Slika 5.21.** Maksimalno rasprostiranje pliocenskog jezerskog okoliša na prostoru Savske depresije u vrijeme taloženja donjih *Viviparus* slojeva zahvatilo je prostor današnjih Vukomeričkih gorica (označeno elipsom).

**Slika 5.22.** Reducirani jezerski okoliš na prostoru Savske depresije u vrijeme taloženja srednjih *Viviparus* slojeva. Položaj današnjih Vukomeričkih gorica označen je elipsom.

**Slika 5.23.** Rasprostiranje jezerskih okoliša u Savskoj depresiji tokom perioda taloženja gornjih *Viviparus* slojeva. Položaj današnjih Vukomeričkih gorica označen je elipsom.

## POPIS TABLICA U TEKSTU

**Tablica 3.1.** Abecedni popis uzorkovanih lokaliteta s pripadajućim geografskim koordinatama.

**Tablica 3.2.** Kriteriji za determinaciju pojedinih minerala glina na osnovu njihovih bazalnih difrakcijskih maksimuma, ovisno o primjenjenom tretmanu.

**Tablica 3.3.** Točnost rezultata analize glavnih elemenata tehnikom ICP-MS i ICP-ES za interne ACME laboratories standarde (SO-18, GS311-1, GS910-4), rezultati su izraženi u težinskim %.

**Tablica 3.4.** Točnost rezultata analize elemenata u tragovima tehnikom ICP-MS i ICP-ES za interni ACME laboratories standard SO-18, rezultati su izraženi u ppm.

**Tablica 3.5.** Točnost rezultata analize elemenata u tragovima (nastavak tablice) tehnikom ICP-MS i ICP-ES za interne ACME laboratories standarde (DS10 i OREAS45EA), rezultati su izraženi u ppm.

**Tablica 3.6.** Točnost rezultata analize elemenata rijetkih zemalja tehnikom ICP-MS i ICP-ES za interni ACME laboratories standard SO-18, rezultati su izraženi u ppm.

**Tablica 3.7.** Preciznost rezultata analize glavnih elemenata tehnikom ICP-MS i ICP-ES na temelju ponovljenog uzorka Str-II 7/1, rezultati su izraženi u težinskim %.

**Tablica 3.8.** Preciznost rezultata analize elemenata u tragovima tehnikom ICP-MS i ICP-ES na temelju ponovljenog uzorka Str-II 7/1, rezultati su izraženi u težinskim %.

**Tablica 3.9.** Preciznost rezultata analize elemenata u tragovima (nastavak tablice) tehnikom ICP-MS i ICP-ES na temelju ponovljenog uzorka Cak-I 7/1, rezultati su izraženi u težinskim %.

**Tablica 3.10.** Preciznost rezultata analize elemenata rijetkih zemalja tehnikom ICP-MS i ICP-ES na temelju ponovljenog uzorka Str-II 7/1, rezultati su izraženi u težinskim %.

**Tablica 4.1.** Pregledna tablica s popisom sedimentoloških stupova i na njima izdvojenim facijesima.

**Tablica 4.2.** Granulometrijski sastav uzoraka.

**Tablica 4.3.** Rezultati kompleksometrijskog određivanja karbonatne komponente.

**Tablica 4.4.** Modalni sastav lake frakcije (0,09-0,16 mm) pijesaka *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica i Slavonije, te okolnih podinskih i krovinskih naslaga.

**Tablica 4.5.** Modalni sastav teške mineralne frakcije (0,09-0,16 mm) pijesaka *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica i Slavonije, te okolnih podinskih i krovinskih naslaga.

**Tablica 4.6.** Rezultati kvantitativne i semikvantitativne analize frakcije  $<2 \mu\text{m}$  iz pelitnih uzoraka *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica.

**Tablica 4.8.** Sadržaj glavnih elemenata u analiziranim uzorcima izražen u težinskim %.

**Tablica 4.9.a.** Sadržaj elemenata u tragovima u analiziranim uzorcima izražen u ppm – prvi dio.

**Tablica 4.9.b.** Sadržaj elemenata u tragovima u analiziranim uzorcima izražen u ppm – drugi dio.

**Tablica 4.10.** Sadržaj elemenata rijetkih zemalja (REE) u analiziranim uzorcima izražen u ppm.

**Tablica 4.11.** Prikaz odnosa  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ , CIA i ICV. Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove.

**Tablica 4.12.** Prikaz odnosa La/Co, Th/Co, Th/Sc, La/Sc, Th/Cr, Eu/Eu\*, LREE/HREE i  $\Sigma$  REE.

**Tablica 4.13.** Vrijednosti stabilnih izotopa kisika i ugljika ( $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta^{13}\text{C}$ ) na odabranim kućicama malakofaune.

**Tablica 4.14.** Tablica prikazuje vrste mekušaca koje su određene na fosilifernim izdancima iz okolice Kravarskog (Vukomeričke gorice).

**Tablica 4.15.** Vrste ostrakoda određene na litostratigrafskom stupovima Kra-I, Lip-I i lokalitetu VGK 39 na području Kravarskog (Vukomeričke gorice), te na sedimentološkim stupovima Sib-I i Sub-I iz Slavonije.

**Tablica 5.1.** Prikaz odnosa  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$ ,  $\text{La}/\text{Sc}$ ,  $\text{Th}/\text{Sc}$ ,  $\text{La}/\text{Co}$ ,  $\text{Th}/\text{Co}$  i  $\text{Th}/\text{Cr}$  za klastične sedimente porijeklom iz bazičnih i kiselih stijena, PAAS i UC, uspoređen s rasponom vrijednosti unutar sedimenata *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica.

## POPIS PRILOGA U TEKSTU

**Prilog 1.1.** – Legenda sedimentoloških stupova.

**Prilog 1.2. Sedimentološki stup Kravarsko-I (Kra-I); a)** ortofoto snimka (ARKOD) lokaliteta Kra-I s vidljivim aktivnim kliznim plohama; **b)** panoramska fotografija izdanka Kra-I s naznačenim položajem sedimentološkog stupa Kravarsko i mjestima uzorkovanja makrofaune.

**Prilog 1.3. Sedimentološki stup Sibinj - I (Sib - I); a)** Sitno do srednjeznati pijesak facijesa F2 bez vidljivih tekstura; **b)** Izmjena kalcitičnog glinovitog silta i žućkastog srednjeznatog pijeska facijesa F5; **c)** Zona s karbonatnim konkrecijama, detalj iz facijesa F2; **d)** Postupni prijelaz sitnozrnatog pijeska facijesa F2 u glinovite siltove facijesa F1; **e)** Detalj facijesa F1 – makro fauna donjih *Viviparus* slojeva.

**Prilog 1.4. Sedimentološki stup Subocka - I (Sub - I); a)** Detalj izmjene glina, glinovitih siltova i sitnozrnatog pijeska facijesa F5; **b)** Kontakt limonitiziranog facijesa F5 i planarno koso uslojenih pijesaka facijesa F3; **c)** Makrofauna donjih *Viviparus slojeva* u bazi glinovitih siltova facijesa F1; **d)** Oštra i ravna granica između pijesaka facijesa F2 i masivnih sivih glinovitih siltova facijesa F1.

**Prilog 1.5. Sedimentološki stup Lipnica - I (Lip - I); a)** Pretaložena i imbricirana ljuštura školjkaša u bazi facijesa F2; **b)** Detalj, set koso laminiranog pijeska facijesa F2; **c)** Glinoviti proslojak omeđen limonitnim korama unutar paketa srednjeznatog pijeska facijesa F2; **d)** in situ ljuštura Unionida u bazi paketa sivih siltova facijesa F1.

**Prilog 1.6. Sedimentološki stup VGK 35; a)** Detalj neravne granice između paketa srednjeznatog pijeska i siltoznog sitnozrnatog pijeska unutar facijesa F2. Vidljivi su pretaloženi ostaci faune mekušaca gornjih *Viviparus* slojeva.

**Prilog 1.7. Sedimentološki stup Ključić Brdo - I (KBr - I); a)** Detalj erozijske granice između paketa silta i pijeska unutar facijesa F5; **b)** Panoramska fotografija i skica koritnih formi na izdanku Ključić Brdo, s naznačenim položajem sedimentološkog stupa KBr – I.

**Prilog 1.8. Sedimentološki stup Petravec-I (Pet-I); a)** Setovi kose tangencijalne slojevitosti u srednjeznatim pijescima facijesa F3 (uz gornji rub mjerilice nalazi se ravna oštra granica prema srednjeznatim pijescima facijesa F2); **b)** Pjeskoviti šljunci facijesa F4 čija se donja erozijska granica nalazi u razini mjerilice.

**Prilog 1.9. Sedimentološki stup Čakanec-I (Cak-I); a)** Sitnozrnati žućkasti pijesak facijesa F2 sa slabo izraženom horizontalnom laminacijom; **b)** Pojava glinovito siltoznih proslojaka i leća, te limonitiziranih zona u vršnom dijelu paketa pijeska facijesa F2; **c)** Krupnozrnati pijesak koritne ispune unutar facijesa F2 s brojnou faunou pretaloženih ljuštura Unionida.

**Prilog 1.10. Sedimentološki stup Strezojevo-I (Str-I); a)** Detalj slabo sortiranog pjeskovitog šljunka facijesa F4; **b)** Paket tangencijalne kose slojevitosti s donje strane omeđen limonitnom korom, a s gornje erozijskom granicom; **c)** Decimetarske izmjene koso uslojenih i masivnih paketa pijeska; **d)** Detalj uz mjerilicu prikazuje leću šljunka koja po svojim karakteristikama odgovara facijesu F4

**Prilog 1.11. Sedimentološki stup Strezojevo-II (Str-II); a)** Izmjena srednjeznatih limonitiziranih pijesaka i proslojaka sivih glina unutar facijesa F2; **b)** Positnjavanje prema gore u loše sortiranom šljunku facijesa F4, te njegov postupni prijelaz u krupnozrnati pijesak koji je vidljiv pri vrhu fotografije; **c)** Setovi kose slojevitosti u srednjeznatom pijesku facijesa F3.

**Prilog 1.12. Sedimentološki stup Vukomerić-I (Vuk-I); a)** Fotografija prikazuje sitnozrnati žuti pijesak facijesa F2, a u razini lopatice je vidljiva gornja ravna i oštra granica prema glinovitom siltu heterolitnog facijesa (granica je markirana limonitnom korom).

## 1. UVOD

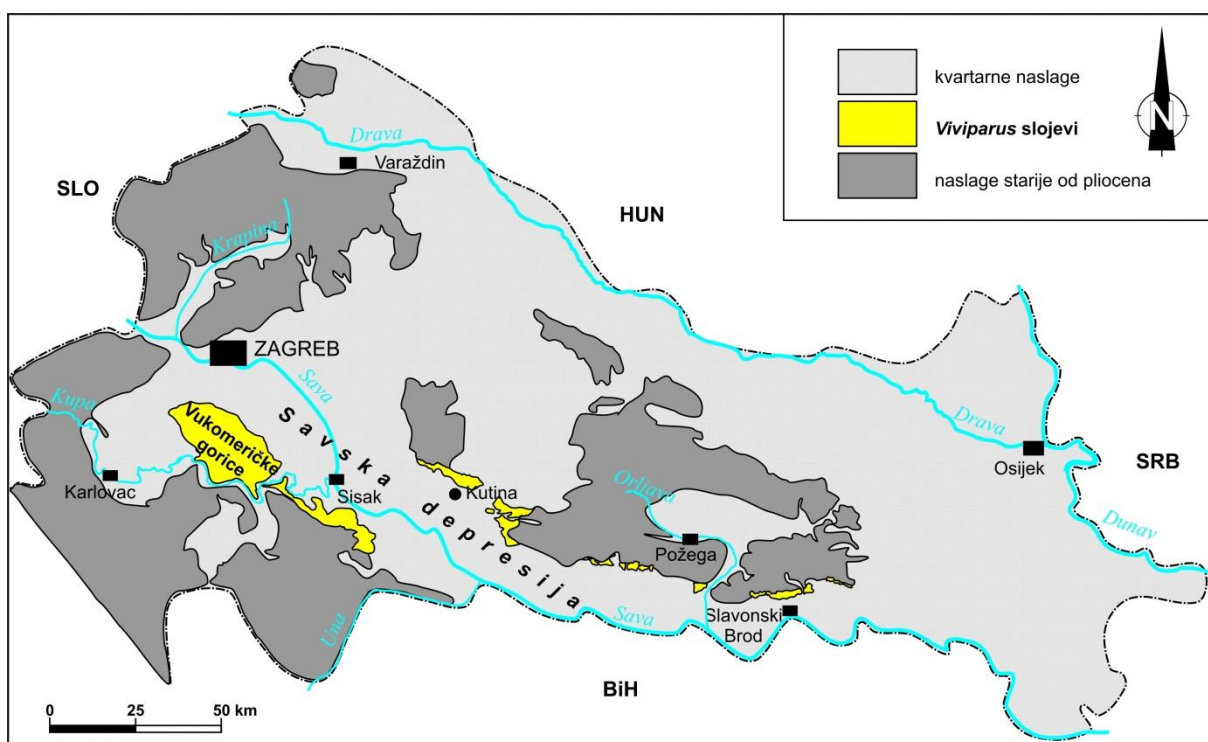
Pliocenska epoha mlađe je razdoblje neogenskog perioda, a obuhvaća vremenski period od prije 5,33 do 2,58 milijuna godina (COHEN i dr., 2013). U najvećem dijelu Panonskog bazenskog sustava (PBS) to je razdoblje karakterizirano taloženjem pretežito aluvijalnih sedimenata i sedimenata taloženih u močvarama i manjim slatkovodnim jezerima (MAGYAR i dr., 1999). Samo se duž južnog ruba bazena nalazilo veliko slatkovodno jezero čija je duljina bila veća od 600 km (NEUBAUER i dr., 2015). To paleojezero su NEUMAYR i PAUL (1875) nazvali Paludinsko jezero, a danas je poznato pod nazivom jezero Slavonija (HARZHAUSER i MANDIĆ, 2008; NEUBAUER i dr., 2015). NEUMAYR i PAUL (1875) dali su ime jezeru prema paludinama, slatkovodnim puževima čiji je razvojni niz poslužio za razdiobu pliocenskih naslaga južnog dijela PBS-a na donje, srednje i gornje *Paludinske* slojeve. Naknadno je ime roda *Paludina* zamijenjeno imenom *Viviparus*, tako da danas govorimo o donjim, srednjim i gornjim *Viviparus* slojevima.

Debljina *Viviparus* slojeva na prostoru Republike Hrvatske mjestimice doseže i nekoliko stotina metara (GALOVIĆ, 1952; SAFTIĆ i dr., 2003; CVETKOVIĆ, 2013). Međutim, njihovo površinsko rasprostiranje vrlo je ograničeno. Naime, najveći dio tih naslaga prekriven je mlađim kvartarnim sedimentima, pa na površini u značajnijoj mjeri izdanjuju samo na obodima Savske depresije, i to najčešće u obliku vrlo uske i često isprekidane zone (slika 1.1.). U središtu znanstvenog interesa bile su pred više od stotinu godina kada su NEUMAYR i PAUL (1875) u pliocenskim sedimentima Malino potoka na južnim obroncima Dilj gore opisali znameniti filogenetski niz puža *Viviparus*, da bi nakon toga zanimanje znanstvenika za njih znatno splasnulo. Tako danas za *Viviparus* slojeve možemo reći da predstavljaju jedne od najslabije istraženih naslaga taloženih u jugozapadnom dijelu PBS-a. Razlozi bolje istraženosti starijih i mlađih naslaga leže u činjenici da podinske miocenske naslage predstavljaju najznačajnije matične i rezervoarske stijene ugljikovodika u prostoru Panonske nizine (SAFTIĆ i dr. 2003), dok su mlađi kvartarni sedimenti znatno izloženi na površini (slika 1.1.), a samim time i dostupniji geološkim istraživanjima.

Vukomeričke gorice predstavljaju prostor niskih brežuljaka smješten u središnjem dijelu Hrvatske južno od Zagreba uz jugozapadni rub Savske depresije na kojem *Viviparus* slojevi izdanjuju na površini veličine pedesetak kilometara kvadratnih (slika 1.1.). Tijekom miocena i dijela pliocena predstavljale su stabilno područje koje se tektonski aktiviralo u vrijeme srednjeg i gornjeg pliocena i kvartara. Sam prostor je boran i izdignut za vrijeme



pleistocena (KOCH, 1917; TOMLJENović i CSONTOS, 2001), a sastoji se od više horstova manjih dimenzija koji su nastali kao posljedica vertikalnih kretanja duž rasjednih linija (FILJAK, 1951\*) dominantno dinarskog smjera pružanja (VELIĆ, 1983). Debljina *Viviparus* slojeva na Vukomeričkim goricama kreće se između 200 m i 400 m i postupno se povećava u smjeru Savske depresije (GALOVIĆ, 1952; PIKIJA 1987a; VELIĆ, 1983). Slaba zastupljenost fosilnih mekušaca nije omogućila njihovu jednoznačnu raščlambu. Tako su JOVIĆ i VRSALKOVIĆ (1964\*) na temelju razlika u zajednici teških minerala izdvojili donje i srednje *Viviparus* slojeve, dok je ŠIMUNIĆ (1964\*) na osnovu podatka dobivenih kartiranjem sjeveroistočnog dijela prostora utvrdio da su na prostoru Vukomeričkih gorica razvijeni samo donji i gornji *Viviparus* slojevi. Izostanak srednjih *Viviparus* slojeva objašnjen je regresijom nakon taloženja donjih *Viviparus* slojeva, a razlike u mineralnom sastavu unutar *Viviparus* slojeva tumačene su postojanjem različitih izvorišta.



**Slika 1.1.** Površinsko rasprostranje *Viviparus* slojeva na prostoru Republike Hrvatske (pojednostavljeno prema HGI, 2009).

Ni kod najopsežnijih geoloških istraživanja Vukomeričkih gorica provedenih u sklopu izrade OGK SFRJ, list Sisak (PIKIJA, 1987a; 1987b) nije načinjena podjela *Viviparus* slojeva jer je utvrđeno da se fosilni mekušci karakteristični za pojedini nivo naslaga na nekim lokalitetima pojavljuju zajedno. To je pak učinio CVETKOVIĆ (2013) koji je

multidisciplinarnim istraživanjima pliocenske sedimente Lonja formacije u Savskoj depresiji raščlanio na pet članova. On je za prostor Vukomeričkih gorica pretpostavio izdanjivanje naslaga članova Hrastilnica i Ravneš za koje smatra da pripadaju ranom pliocenu, te naslaga kasnopliocenskog člana Vrbak.

Osim raščlambe naslaga, nije jasan ni odnos *Viviparus* slojeva s podinskim miocenskim sedimentima. Tako je PIKIJA (1987a) pretpostavio njihov diskordantni odnos, dok je CVETKOVIĆ (2013) na profilima koji obuhvaćaju jugoistočni rubni dio Vukomeričkih gorica, naznačio kontinuitet taloženja na granici miocena i pliocena.

Obzirom da prostor Vukomeričkih gorica predstavlja najveći cjeloviti prostor izdanjivanja *Viviparus* slojeva u Republici Hrvatskoj i da prema dosadašnjim spoznajama, predstavlja krajnji zapadni doseg taloženja *Viviparus* slojeva (slika 1.1.), a litološki je vrlo raznolik i mjestimice bogat fosilnom florom i faunom, pogodan je za istraživanje pliocenskih sedimenata jugozapadnog dijela PBS-a. Naime, zbog slabe istraženosti *Viviparus* slojeva, osim njihove raščlambe i odnosa s podinskim i krovinskim naslagama, postoji čitav niz otvorenih pitanja kao što su primjerice porijeklo klastičnog detritusa i smjerovi njegovog donosa, vertikalni i lateralni raspored taložnih okoliša i njihova povezanost s klimatskim promjenama i tektonskim događanjima. Rješavanje tih pitanja doprinjelo bi ne samo boljem poznavanju razvoja pliocenskih naslaga u JZ dijelu PBS-a nego bi omogućilo rekonstrukciju evolucije čitavog prostora PBS-a tijekom pliocenskog razdoblja. Poznato je naime, da je to razdoblje u JZ dijelu PBS-a karakterizirano kompresijskom tektonikom koja je dovela do izdizanja pojedinih blokova i njihove erozije (TOMLJENOVIĆ i CSONTOS, 2001) što je stvorilo do tada nepostojeća, nova lokalna izvorišta klastičnog detritusa. Osim toga, pliocenske klimatske oscilacije opisane na susjednim prostorima, prvenstveno izmjene suhih i vlažnih perioda (FEDOROV i dr., 2013; WILLEIT i dr., 2013), morale su imati svoj odraz u količini i vrsti deriviranog klastičnog detritusa, u načinu i duljini transporta materijala, a najviše u promjenama taložnih okoliša i sadržaju fosilne flore i faune.

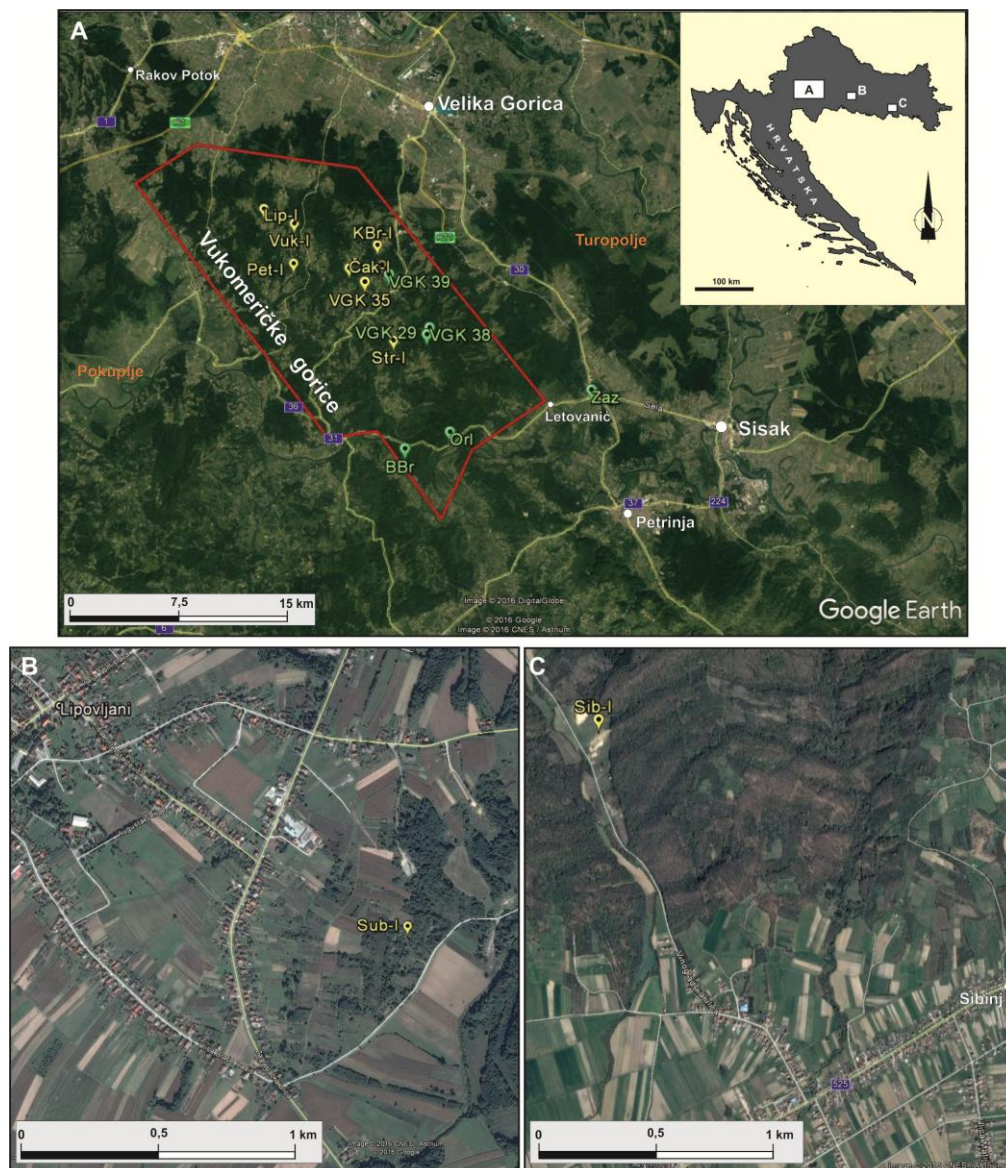
Iz svega navedenog jasno je vidljivo da postoji čitav niz neriješenih pitanja vezanih uz postanak i razvoj pliocenskih naslaga JZ dijela PBS-a. Stoga su ciljevi ovoga rada da se detaljnim terenskim i laboratorijskim istraživanjima uz kombinaciju raznovrsnih mineraloško-petrografskih, kemijskih i paleontoloških istraživanja utvrde uvjeti i okoliši taloženja *Viviparus* slojeva s područja Vukomeričkih gorica. Mineraloško-petrografske analize u kombinaciji s kemijskim analizama i rezultatima terenskih mjerenja trebale bi odgovoriti na pitanje o porijeklu materijala, sastavu izvorišnih stijena i položaju izvorišta. Revizija prisutne fosilne zajednice omogućiti će precizniju stratigrafsku kalibraciju naslaga i korelaciju

istraživanih naslaga s istovremenim pliocenskim sedimentima na širem području. Nadalje, analiza stabilnih izotopa kisika i ugljika na ljušturama mekušaca olakšat će rekonstrukciju paleoekoloških uvjeta unutar taložnog prostora rubnog dijela tadašnjeg jezera, a uz to i kalibraciju utvrđenih biozona s globalnim referentnim krivuljama. U konačnici, rezultati istraživanja dobiveni s prostora Vukomeričkih gorica, zajedno s rezultatima istraživanja istovrsnih naslaga s odabranih lokaliteta u Slavoniji trebali bi pridonijeti boljem poznavanju evolucije PBS-a tijekom pliocena.

## 2. GEOGRAFSKI I GEOLOŠKI SMJEŠTAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

### 2.1. Geografski smještaj istraživanog područja

Glavno područje istraživanja u sklopu izrade ove doktorske disertacije bile su Vukomeričke gorice. Vukomeričke gorice predstavljaju niz niskih brežuljaka u središnjem dijelu Republike Hrvatske. Smještene su dvadesetak kilometara južno od Zagreba, a pružaju se smjerom SZ-JI u dužini od približno 30 km (slika 2.1. a).



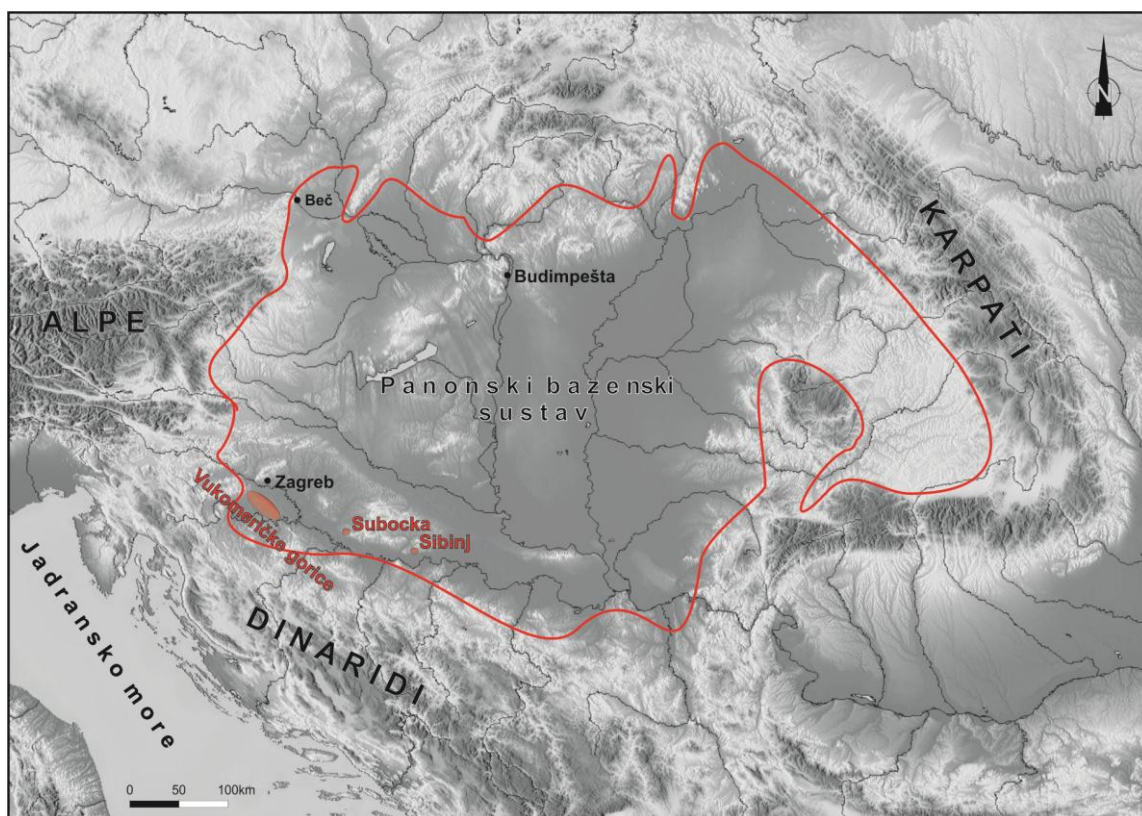
**Slika 2.1.** Prostorni smještaj istraženih profila na području Vukomeričkih gorica (A) i Slavonije (B i C). Žutim markerima su obilježeni položaji snimljenih sedimentoloških stupova, dok su zelenim markerima obilježene lokacije ostalih uzorkovanih lokaliteta (podloga je preuzeta od <http://www.google.com/earth/download/ge/>).

Prosječna nadmorska visina im je oko 200 metara. Prirodne granice ovog niza su sa SZ prijevaj Rakovog Potoka, a na JZ rijeka Kupa i široka ravnica Pokuplja koja se od Letovaničkog vrha stapa s ravnicom Turopolja. Ravnica Turopolja je prirodna granica Vukomeričkih gorica sa sjeveroistočne strane. Čitavo područje gravitira okolnim velikim gradovima poput Zagreba, Velike Gorice i Siska, a kao središnje naselje Vukomeričkih gorica izdvaja se naselje Kravarsko koje je prostorno smješteno u njihovom središnjem dijelu.

Osim Vukomeričkih gorica u ovome radu istraženi su i obronci Psunja i Dilj gore u Slavoniji na kojima na površini izdaju pliocenske naslage. Detaljnije su istražena područja na jugozapadnim padinama Psunja u blizini sela Subocka kod Lipovljana (slika 2.1. b) te područje oko Sibirja na južnim obroncima Dilj gore (slika 2.1. c.).

## 2.2. Geološki razvoj šireg prostora

U geološkom smislu istraživani prostor Vukomeričkih gorica nalazi se u jugozapadnom dijelu PBS-a (slika 2.2.), taložnog prostora smještenog u središnjem i jugoistočnom dijelu Europe, koji je tijekom miocena i pliocena paleogeografski pripadao prostoru Središnjeg Paratethysa (RÖGL i STEININGER, 1984).



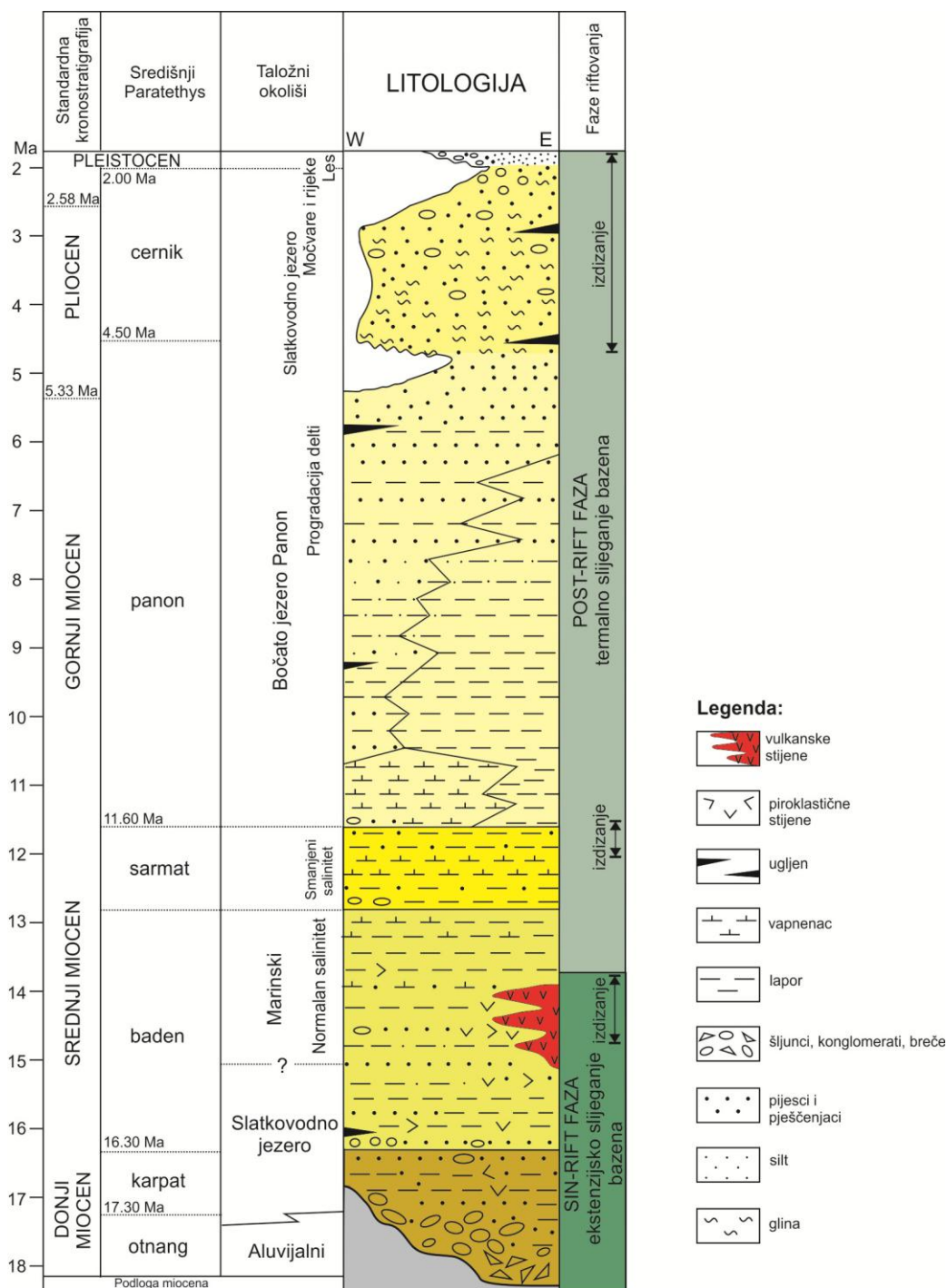
Slika 2.2. Karta položaja istraživanog područja (crvena boja) unutar granica PBS-a (<http://maps-for-free.com/>).

PBS je formiran kao rezultat zalučne ekstenzije i formiranja polugraba između Alpsko-Karpatkog i Dinaridskog planinskog pojasa, do kojih je došlo uslijed kolizije i subdukcije Europske ploče pod Afričku ploču (ROYDEN, 1988; TARI i dr. 1992; HORVATH, 1995; KOVAČ i dr. 1998; MATENCO i RADIVOJEVIĆ, 2013). Formiranje sustava započelo je u donjem miocenu, a u njegovom razvoju razlikujemo dvije faze; ranu ili syn-rift fazu i kasnu ili post-rift fazu. Rana faza karakterizirana je tektonskim stanjivanjem kore i izostatskim tonjenjem bazenskog dna uz izraženu vulkansku aktivnost, dok je u kasnoj fazi tonjenje bazenskog dna uzrokovano hlađenjem litosfere, a vulkanska aktivnost je znatno manjeg intenziteta (ROYDEN, 1988). U JZ dijelu PBS-a kasna faza razvoja bazena započela je u gornjem badenu, a traje i danas (PAVELIĆ, 2001).

Taloženje naslaga u PBS-u bilo je pod snažnim utjecajem ekstenzijske tektonike uz pojedine kompresijske faze (ROYDEN, 1988; HORVATH 1993). Pri tome ju u dijelovima PBS-a koji se nalaze bliže zoni navlačenja u Karpatima istaložen slijed sinriftnih sedimenata znatno deblji od postriftnih, a u južnim dijelovima PBS-a, koji se nalaze dalje od zone navlačenja, situacija je obrnuta (ROYDEN, 1988). Tako primjerice, u Savskoj depresiji koja se proteže blizu južnog ruba PBS-a, debljina sinriftnih sedimenata ne doseže 2000 m, dok postriftni sedimenti imaju debljinu veću od 4000 m (VRBANAC, 2002; SAFTIĆ i dr., 2003).

U Sjevernojhrvatskom bazenu koji obuhvaća najveći dio panonskog dijela Hrvatske, najstarije naslage predstavljaju aluvijalni i slatkovodni jezerski sedimenti čije je taloženje započelo tijekom starijeg miocena prije oko 18 milijuna godina (MANDIĆ i dr., 2012) (slika 2.3.). U srednjem miocenu, tj. u srednjem badenu (prije oko 15 milijuna godina), čitav jugozapadni dio PBS-a postaje dio morskog prostora Središnjeg Paratethysa (ĆORIĆ i dr., 2009). Morski režim taloženja zadržao se do kraja srednjeg miocena kada je prije 11,6 milijuna godina došlo do konačne izolacije bazena (RÖGL, 1996a,b; PILLER i HARZHAUSER, 2005). Nakon toga PBS evoluirao kao zasebni sedimentacijski prostor. To je dovelo do formiranja velikog bočatog jezera Panon i razvoja endemske faune mekušaca (MÜLLER i dr., 1999; HARZHAUSER i MANDIĆ, 2008; NEUBAUER i dr., 2015). Posljedica endemizma je problem u korelaciji gornjomiocenskih sedimenata PBS-a s istovremenim sedimentima u ostalim bazenima nekadašnjeg Paratethysa (RÖGL i STEININGER, 1984; NAGYMAROSY i MÜLLER, 1988; STEININGER i dr., 1988). Izoliranost bazena, zajedno s donosom velike količine klastičnog detritusa s obližnjih planinskih lanaca, dovela je prema kraju miocena do postupnog smanjenja površine bočatog jezera. Početkom pliocena najveći dio jezera Panon već je bio ispunjen materijalom kojeg su s

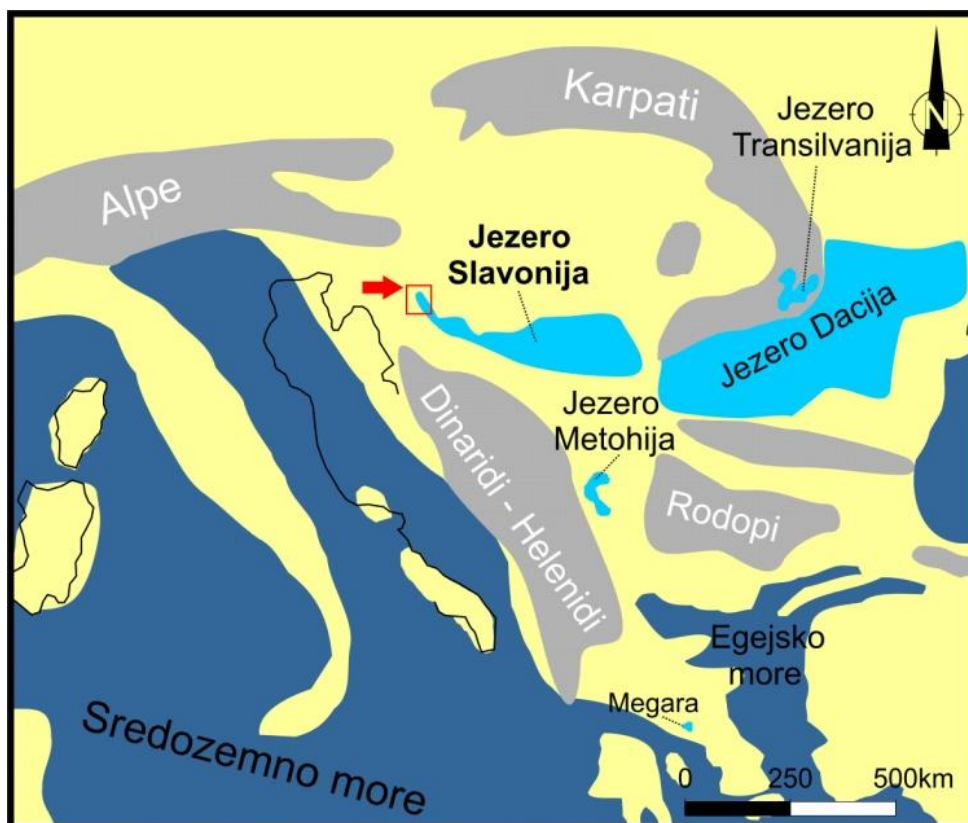
prostora Alpa i Karpata donosili progradirajući klastični riječno-deltne sustavi (MAGYAR i dr., 1999; KOVAČIĆ i dr., 2004; KOVAČIĆ i GRIZELJ, 2006).



**Slika 2.3.** Prikaz raspodjele taložnih okoliša, litologije, vulkanizma i tektonske evolucije PBS-a na širem području Savske depresije. Stup je kompiliran prema podacima iz PAVELIĆ (2001), PAVELIĆ i dr. (2003), KOVAČIĆ (2004), ČORIĆ i dr. (2009), MANDIĆ i dr. (2015) i GRIZELJ i dr. (2017).

U južnom dijelu PBS-a, jezero Panon nije pretvoreno u aluvijalnu ravnicu, nego je tijekom pliocena zamijenjeno slatkovodnim jezerom koje su NEUMAYR i PAUL (1875)

nazvali Paludinsko jezero, a u novije vrijeme uveden je naziv jezero Slavonija (HARZHAUSER i MANDIC, 2008; NEUBAUER i dr., 2015). To se jezero tijekom pliocena rasprostiralo od zapadne Rumunjske na istoku do Vukomeričkih gorica na zapadu (NEUBAUER i dr., 2015) (slika 2.4.).



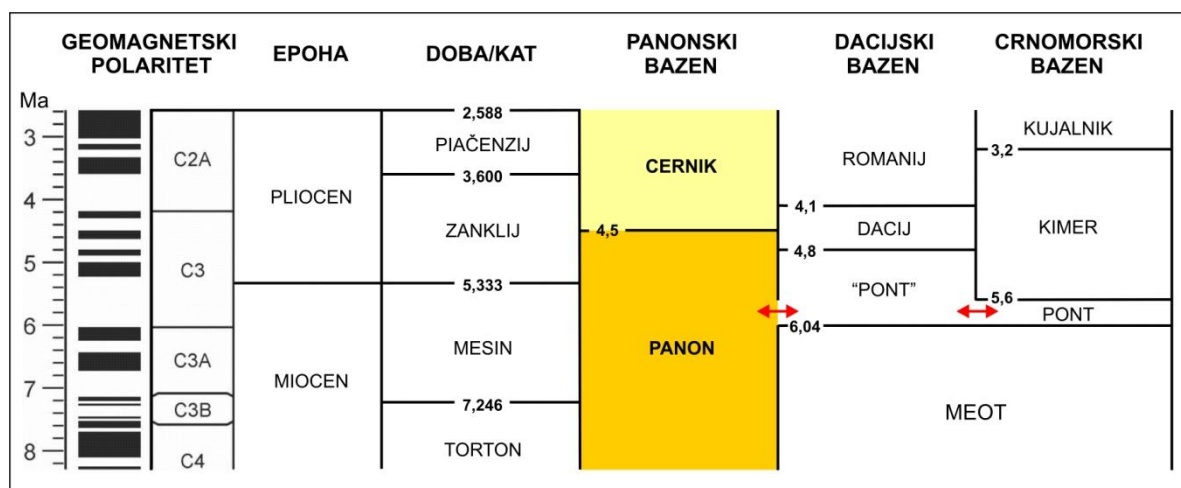
**Slika 2.4.** Paleogeografska rekonstrukcija pliocena i prikaz maksimalnog prostornog rasprostriranja jezera Slavonija i okolnih pliocenskih jezera. Preuzeto i modificirano prema MANDIC i dr. (2015) i NEUBAUER i dr. (2015). Crvena strelica i pravokutnik pokazuju položaj Vukomeričkih gorica.

Početak razvoja jezera Slavonija karakteriziran je izumiranjem bočatih organizama nakon kojeg je slijedio nagli endemski razvoj puževa roda *Viviparus* (NEUMAYR i PAUL, 1875; STEVANOVIĆ i dr., 1990). Upravo prema spomenutom rodu puža pliocenske naslage taložene u jezeru Slavonija poznate su pod nazivom „Paludinski slojevi“ ili *Viviparus* slojevi, a prema njegovom razvojnom nizu podijeljene su na donje, srednje i gornje *Viviparus* slojeve (NEUMAYR i PAUL, 1875; JENKO, 1944; LUBENESCU i LUBENESCU, 2008). Na temelju istraživanja koja čine i dio ove doktorske disertacije MANDIC i suradnici (2015) su za područje PBS-a predložili uvođenje novog kata unutar neogena koji obuhvaća vremenski raspon od 4,5 – 2 milijuna godina i predložili naziv cernik (slika 2.5). Također su predložili



izbacivanje kata pont opisanog u istočnom dijelu Paratethysa jer se pokazao neodgovarajućim za opisivanje razvoja u njegovom središnjem dijelu tj. unutar taložnog prostora jezera Panon.

Već krajem miocena, a intenzivno tijekom pliocena i pleistocena dolazi do obnove tektonskih pokreta koji u potpunosti mijenjaju odnose unutar taložnog prostora PBS-a. Tektonika poprima kompresijski karakter, a kompresijski događaji u jugozapadnom dijelu PBS-a dovode do izdizanja i erozije starijih sedimenta istaloženih u bazenu kao i stijena iz pred-miocenske podloge PBS-a (PAVELIĆ, 2001; TOMLJENović i CSONTOS, 2001). Izdignuti reljef je bio podložan snažnoj eroziji, a sedimentacija se odvijala u malim slatkovodnim depresijama i fluvijalnim sistemima (VRSALJKO i dr., 2007). To je u konačnici prije oko 2 milijuna godina dovelo do nestanka jezera Slavonija (GAUDENY i dr., 2015).



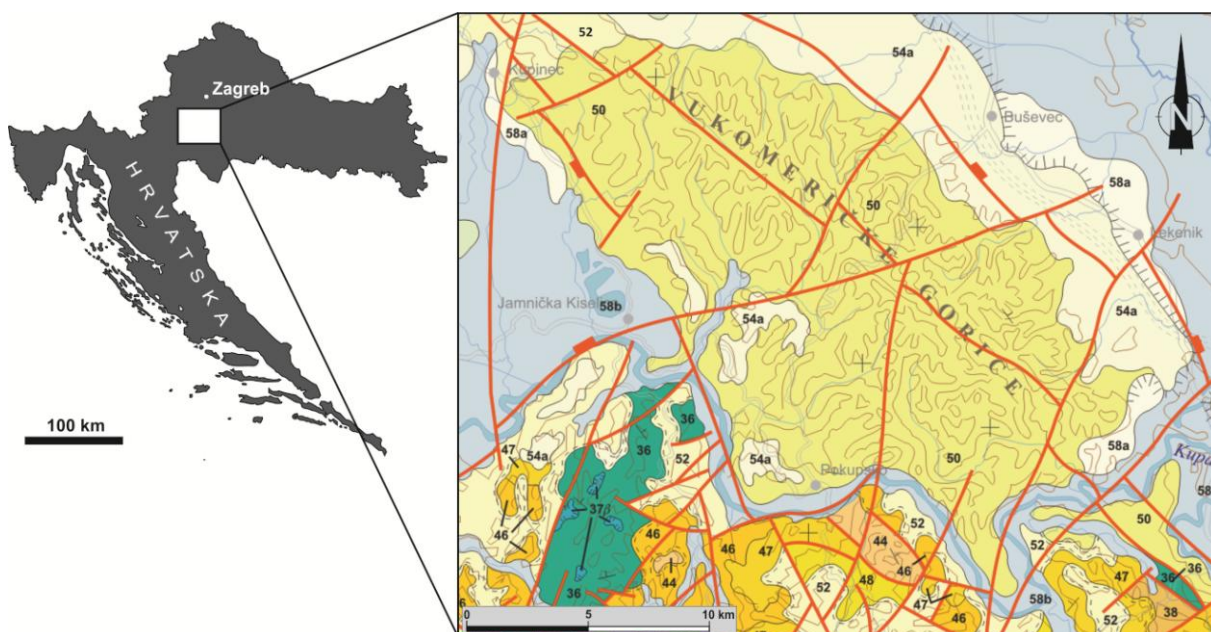
**Slika 2.5.** Korelacija geokronoloških i kronostratigrafskih jedinica pliocena Panonskog bazena i okolnih bazena (preuzeto od i modificirano prema MANDIĆ i dr., 2015).

### 2.3. Geološka građa Vukomeričkih gorica

Vukomeričke gorice u geološkom smislu predstavljaju prostor izgrađen od ostataka više horstova manjih dimenzija koji su posljedica vertikalnih kretanja duž rasjeda dominantno dinarskog smjera pružanja (FILJAK, 1951; VELIĆ, 1983). Duž mlađih poprečnih rasjeda odvijala su se horizontalna pomicanja blokova (PIKIJA, 1987a; 1987b). Najstarije naslage koje izdanjuju na površini, a ujedno i prekrivaju najveći dio Vukomeričkih gorica su pliocenski sedimenti za koje je pretpostavljeno da pripadaju daciju odnosno romaniju (slika 2.6.). Samo je sjeverni dio Vukomeričkih gorica površinski pokriven pliokvartarnim

naslagama (ŠIKIĆ i dr., 1978; 1979), a uz sjeveroistočni rubni dio Vukomeričkih gorica pliocenske naslage prekrivene su pleistocenskim sedimentima (slika 2.6.) (PIKIJA, 1987a; 1987b).

Pliocenske naslage na prostoru Vukomeričkih gorica na OGK SFRJ 1:100.000, list Sisak (PIKIJA, 1987a; 1987b), kao i na Geološkoj karti Republike Hrvatske 1:300.000 (HGI, 2009) opisane su kao *Viviparus* slojevi. Obzirom na litološke razlike pretpostavljen je njihov diskordantni odnos s podinskim sedimentima gornjeg miocena (PIKIJA, 1987a). Unutar samih naslaga nije načinjena podjela na donje, srednje ili gornje *Viviparus* slojeve. Međutim, na temelju fosilne zajednice mekušaca pretpostavljeno je da su na prostoru Vukomeričkih gorica taloženi sedimenti donjih i gornjih *Viviparus* slojeva, dok za srednje *Viviparus* slojeve nisu nađeni fosilni dokazi (PIKIJA, 1987a).



**Slika 2.6.** Geološka karta područja Vukomeričkih gorica koja predstavlja isječak Geološke karte Republike Hrvatske 1:300000 (HGI, 2009). **Stratigrafska legenda:** **36** – karbonatni klastiti i „scaglia vapnenci“ (gornja kreda); **37** – vulkanske stijene (gornja kreda, paleogen); **38** – karbonatni fliš i klastiti (paleocen, eocen); **46** – litavac i klastične naslage s vulkanitima (baden); **47** – vapnenačko klastične naslage (sarmat, panon); **48** – klastiti i ugljen (pont); **50** – **paludinske naslage (dacij, romanij)**; **52** – **klastične naslage (pliokvartar)**; **54a** – kopneni les (pleistocen); **57b** – barske naslage (holocen); **58a** – deluvijalno-proluvijalne naslage (holocen); **58b** – aluvijalne naslage (holocen).

Pliokvartarni sedimenti na krajnjem sjeveru Vukomeričkih gorica stratigrafski su određeni kao pliocen – donji pleistocen (slika 2.6.). Radi se o fluvijalno-jezerskim sedimentima sastavljenima od izmjene šljunaka pijeska i glina za koje se pretpostavlja da predstavljaju djelomični ekvivalent gornjih *Viviparus* slojeva (ŠIKIĆ i dr., 1979).

Pleistocenske naslage koje prekrivaju velike površine u sjeveroistočnom rubnom području Vukomeričkih gorica, a kao manje površine utvrđene su i na jugozapadnom dijelu terena, čini kopneni les (slika 2.6.). Radi se o pedogenetski izmijenjenom beskarbonatnom lesu taloženom u vrijeme pleistocenskih glacijala (PIKIJA, 1987a).

Donji *Viviparus* slojevi su izgrađeni od raznobojnih glina, pijesaka i pješčenjaka. Prevladavaju plastične „plavo“ obojene gline, ali im boja može varirati od žute, crvenožute, smeđe i sive, pa sve do crne. Gline su mjestimice pomiješane s pijeskom i šljunkom. U njima je pronađena dobro očuvana fauna od koje su najznačajnije kućice roda *Viviparus* (ŠIMUNIĆ, 1964\*). Prevladava vrsta *Viviparus fuchsi* sa svojim raznim prelaznim oblicima, te *Melanopsis astathemeta* (SKENDEROVIĆ, 1964\*). Pijesak je uglavnom žute i smeđe boje, razne granulacije, ponekad prelazi u sitnozrnati šljunak. Također su zabilježeni prelazi između pijesaka i glina. Općenito u donjim *Viviparus* slojevima prevladavaju gline. Primjerice u bušotinama odnos glina:pijesak varira između 2:1 i 3:1 u korist glina. Zabilježene su i rijetke pojave pješčenjaka kao i slojevi lignita (JURKOVIĆ i ANIĆ, 1949\*; ŠEBEČIĆ, 2010).

Gornji *Viviparus* slojevi utvrđeni su na sjeveroistočnom dijelu Vukomeričkih gorica gdje se protežu u obliku uskog pojasa koji okružuje donje *Viviparus* slojeve (ŠIMUNIĆ, 1964\*). Leže izravno na donjim *Viviparus* slojevima. Izgrađeni su od sivih i žutosmeđih pijesaka, žutih, plavih i sivih glina, te sitnozrnatog šljunka. Ponegdje sadrže tanke leće lignita debljine do 1 metar. Modalni sastav pijesaka im se značajnije ne razlikuje od sastava pijesaka iz donjih *Viviparus* slojeva. Pijesak je mjestimice vezan limonitnim vezivom te prelazi u limonitizirani pješčenjak. Gline su manje zastupljene nego u donjim *Viviparus* slojevima, njihov odnos prema pijesku je ovdje 1:4 do 1:6. U glinama je pronađena i determinirana dobro očuvana fauna. U gornjim *Viviparus* slojevima prevladavaju vrste *Viviparus vukotinovići*, a od melanopsida *Melanopsis hybostoma* i *Melanopsis recurrens*, te *Unio sp* (SKENDEROVIĆ, 1964\*).

### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

Metode koje su korištene u istraživanju možemo podijeliti na dvije skupine: terenske metode i laboratorijske metode.

Pripremna faza istraživanja je obuhvaćala prikupljanje literaturnih podataka o istraživanom području. Iz fonda stručne dokumentacije Hrvatskog geološkog instituta izdvojeni su izvještaji o kartiranju te primijenjenim istraživanjima na području Vukomeričkih gorica. Primarno područje istraživanja zahvaća listove Osnovne geološke karte SFRJ 1:100.000 Zagreb, Karlovac, Sisak i Ivanić Grad, a prošireno još i područje listova Nova Kapela i Kutina. Iz terenskih dnevnika pisanih prilikom izrade spomenutih karata izdvojeni su izdanci koji su izgledali perspektivno za snimanje geoloških stupova. Glavni kriteriji izdvajanja izdanaka bili su njihova veličina (radi se pretežito o pjeskokopima, gliništima, dubokim jarcima i zasjecima puteva), te neka specifična obilježja poput nalaza fosila, ugljeni slojevi i sl. Izdvojen je popriličan broj izdanaka koji je kasnije reduciran na stotinu, te je stvorena baza podataka u tabličnom obliku. Baza je prostorno vezana uz topografsku kartu koja je služila za prospekciju terena. Nekoliko potencijalno perspektivnih izdanaka je dodatno izdvojeno iz ortofoto i satelitskih snimaka korištenjem servisa Arkod - Preglednik i Google Earth.

#### 3.1. Terenske metode

Istraživanja su započela pregledom izdvojenih lokaliteta u pripremnoj fazi. Nakon prospekcije odbačen je veliki dio izdanaka jer su zarasli u bujnu vegetaciju (istraživani teren kartiran je prije tridesetak i više godina). U konačnici je izdvojeno deset najboljih lokaliteta za snimanje geoloških stupova unutar *Viviparus* slojeva i nekoliko lokaliteta za dodatna uzorkovanja sedimenta i fosila. Također su uzorkovani lokaliteti koji predstavljaju sedimente podine (Bašića Brdo) i krovine (Žažina). Prilikom odabira lokaliteta vodilo se računa o tome da izdanci budu reprezentativni i da su zastupljena dva osnovna litotipa, pješćani i siltozno glinoviti. Nakon toga pristupilo se snimanju geoloških stupova i uzorkovanju. Geološki stupovi su najčešće imenovani prema najbližem toponimu pa tako imamo sljedeće stupove: Čakanec (Cak-I), Ključić Brdo (KBr-I), Kravarsko (Kra-I), Lipnica (Lip-I), Petravec (Pet-I), Strezojevo (Str-I i Str-II), Sibinj (Sib-I), Subocka (Sub-I), VGK 35 (Novo Brdo) i Vukomerić (Vuk-I). U tablici 3.1. nalaze se geografske koordinate istraživanih sedimentoloških stupova i ostalih uzorkovanih lokaliteta. Na lokalitetu Ključić Brdo na kojem je moguće pratiti bočno

rasprostiranje naslaga skiciran je čitavi izdanak. Skica je napravljena zbog lakše interpretacije bočnih odnosa facijesa. Tokom snimanja mjerena je debljina slojeva, bilježen karakter slojnih ploha, vertikalne i lateralne promjene, veličina i sortiranost zrna, a uz to je pomoću lupe i 5% klorovodične kiseline terenski opisan sastav sedimenta (granulometrijski sastav i sadržaj karbonata). Geološkim kompasom mjerena je položaj slojeva i kosih lamina radi utvrđivanja smjera paleontransporta. Većina značajnijih teksturnih i strukturnih elemenata je detaljno fotografirana, a uz to napravljene su i panoramske fotografije na skiciranom izdanku KBr-I. Na snimljenim stupovima i okolnim lokalitetima ukupno su prikupljena osamdeset i tri uzorka. Zbog nedostupnosti otvorenih profila površinski podaci su korelirani s arhivskim bušotinskim podacima i dostupnim jezgrama, podacima s Osnovne geološke karte SFRJ, listovi Sisak (PIKIJA, 1987a; 1987b) i Zagreb (ŠIKIĆ i dr., 1978; 1979), te litostratigrafskom raščlambom trećega neogensko-kvartarnog megaciklusa Savske depresije (CVETKOVIĆ, 2013).

**Tablica 3.1.** Abecedni popis uzorkovanih lokaliteta s pripadajućim geografskim koordinatama (geografske kordinate su prikazane u sustavu WGS 84).

Lokalitet/sedimentološki stup	N	E
Bašića Brdo (BBr)	45.46914°	16.06199°
Čakanec (Cak-I)	45.59288°	16.00605°
Ključić Brdo (KBr-I)	45.60887°	16.03337°
Krvarsko (Kra-I)	45.59540°	16.03805°
Lipnica (Lip-I)	45.63275°	15.92241°
Novo Brdo (VGK 35)	45.58277°	16.02144°
Orlekovići (Orl)	45.48081°	16.10571°
Petravec (Pet-I)	45.59572°	15.95175°
Sibinj (Sib-I)	45.19997°	17.88408°
Strezojevo (Str-I i Str-II)	45.54374°	16.05010°
Subocka (Sub-I)	45.39257°	16.90678°
Donji Hruševac (VGK 29)	45.54726°	16.08239°
Donji Hruševac (VGK 38)	45.55190°	16.08503°
Krvarsko (VGK 39)	45.58799°	16.04504°
Vukomerić (Vuk-I)	45.62290°	15.95211°
Žažina (Zaz)	45.51033°	16.24305°

### 3.2. Laboratorijske metode

Većina prikupljenih uzoraka je rastresita pa je sav takav materijal (osim paleontoloških uzoraka) četvrtan na Johnsonovom razdjeljivaču da bi se dobili homogeni i

reprezentativni uzorci za pojedine laboratorijske analize. Analize na nevezanim sedimentima možemo podijeliti u nekoliko grupa: mineraloško-petrografske analize, geokemijske analize i paleontološke analize. Sve laboratorijske analize, osim dijela geokemijskih i paleontoloških, napravljene su u laboratoriju Hrvatskog geološkog instituta (HGI-a). Geokemijske analize napravljene su u ACME Analytical Laboratories LTD u Vancouveru u Kanadi. Paleontološke i dio geokemijskih analiza (analiza stabilnih izotopa kisika i ugljika) su napravljene u suradnji HGI-a s Austrijskim znanstvenim ustanovama, Prirodoslovnim muzejem u Beču i Institutom za geoznanosti Sveučilišta u Grazu (NAWI Graz Geozentrum), te na Zavodu za paleontologiju i geologiju kvartara Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (HAZU) u Zagrebu.

### **3.2.1. Granulometrijske analize**

Za granulometrijske analize je izdvojeno 38 uzoraka. Svi uzorci su osušeni na zraku te nakon toga četvrtani da bi se dobila reprezentativna količina uzorka. Poluvezani uzorci su prethodno namočeni u vodi, te dezintegrirani korištenjem ultrazvučne kade. Za analizu je izdvojeno oko 100 g uzorka. S obzirom na sastav uzorkovanih sedimenata u ovom je istraživanju najčešće korištena metoda suhog sijanja sa setom laboratorijskih sita promjera otvora od 0,09 mm do 4,0 mm. Korišten je set od pet do sedam laboratorijskih pletenih sita postavljenih na vibrirajuću podlogu. Iz odnosa ukupne mase uzorka i mase dijelova uzorka koji su prošli kroz pojedino sito izračunat je maseni udio svake pojedine frakcije.

Na sitnijim sedimentima napravljena je analiza metodom areometriranja, te laserskim difraktometrom tipa *Shimadzu Laser Diffraction Particle Size Analyzer SALD-2300*. Metoda areometriranja se temelji na promjeni gustoće suspenzije u ovisnosti o brzini taloženja čestica. Areometrom se mjeri gustoća tekućine u točno određenim vremenskim intervalima potrebnim da se istalože čestice određenog promjera iz čega su izračunati udjeli pojedinih frakcija.

Za granulometrijsku analizu pomoću laserskog difraktometra potrebno je izdvojiti cca 0,1 g reprezentativnog praškastog uzorka iz kojega se prethodno ukloni organska tvar. Točnu količinu uzorka treba eksperimentalno odrediti ovisno o tipu sedimenta. U konkretnom slučaju na sedimentima analiziranim u ovom radu testirani su uzorci mase 0,1 g, 0,2 g i 0,3 g. Nakon odvage uzorci su prebačeni u staklene čaše te im je dodano 5 cm<sup>3</sup> pirofosfata (Na<sub>6</sub>P<sub>6</sub>O<sub>18</sub>) i deionizirana voda do volumena od 25 cm<sup>3</sup>. Uzorak je potom suspendiran na tresilici. Vrijeme trešnje je također testirano, pokazalo se da se uzorak dobro dispergira ako se

na tresilici ostavi preko noći ili minimalno šest sati. Princip rada instrumenta se temelji na raspršivanju svjetlosti na česticama u suspenziji. Laserska zraka emitirana iz izvora se provodi kroz kolimator i pretvara u tanku zraku koja je usmjerena na grupu čestica u suspenziji. Potom uređaj mjeri intenzitet raspršenog svjetla u raznim smjerovima, što je funkcija veličine čestica. Pokazalo se da je metoda pogodna za glinovite i siltozne sedimente dok su se kod pjeskovitih pojavljivali problemi s postizanjem homogene suspenzije, a posljedično i problemi s dobivanjem stabilne tj. reprezentativne granulometrijske krivulje.

Uvjeti mjerenja su bili sljedeći:

- svako mjerenje ponavljano je pet puta iz čega je izračunata prosječna krivulja
- svaki uzorak tretiran je sonikatorom (ultrazvučnom tresilicom) dva puta (prvi test u trajanju 30 sekundi, drugi test 90 sekundi) kako bi se razdvojile čestice koje su ostale sljepljene
- uzorak je u uređaju razrjeđivan destiliranom vodom na način da se apsorbanca drži na razini između 50 i 60
- brzina pumpe 8

Rezultati granulometrijskih analiza su prikazani tablično.

### **3.2.2. Analize mineralnog i petrografskog sastava pijesaka i šljunaka**

Mineralni i petrografski sastav pjeskovito šljunkovitih sedimenata utvrđen je pomoću optičkog mikroskopa. Za analizu je korišten polarizacijski mikroskop Leitz Wetzlar. Ukupno je za analizu pripremljeno 35 uzoraka nevezanih sedimenata i 9 petroloških preparata iz krupnijeg pijeska i sitnog šljunka. Petrološki preparati/izbrusci napravljeni su iz frakcija 0,90 – 1,25 mm i 1,25 – 2,80 mm, a njihov je sastav opisan i uspoređen sa sastavom okolnih stijena da bi se utvrdilo izvorišno područje detritusa.

Modalni sastav pijesaka utvrđen je analizom teške i lake mineralne frakcije na ukupno 35 uzorka. Uzorci su nakon četvrtanja tretirani s 4% HCl kako bi se otopila karbonatna komponenta, a potom je napravljena separacija lake i teške mineralne frakcije. Separacija je načinjena pomoću bromoforma ( $\text{CHBr}_3$ ), tekućine čija gustoća iznosi  $2.9 \text{ g/cm}^3$ . Iz izdvojenih frakcija izrađeni su mikroskopski preparati. Za analizu modalnog sastava korištena je frakcija između 0,063 mm i 0,16 mm, pri čemu je kvalitativni i kvantitativni sastav lake i teške mineralne frakcije određen metodom trake na 300 zrna u obje frakcije (MANGE i MAURER,

1992). Kod prikazivanja kvantitativnog udjela pojedinih mineralnih vrsta u teškoj mineralnoj frakciji posebno su kao grupe izdvojeni opaki minerali, klorit, biotit i prozirni teški minerali. Kod lake mineralne frakcije izdvojena su zrna kvarca, feldspata, muskovita i čestica stijena. Mineralna zrna iz lake frakcije grupirana su prema metodi koju je koristio DICKINSON (1985).

Kvarc je grupiran u tri kategorije:

- monokristalini kvarc (Qm)
- polikristalini kvarc - uključuje čestice rožnjaka i kvarcita (Qp)
- ukupni kvarc ( $Q_t = Q_m + Q_p$ ).

Kod feldspata su izdvojene grupe:

- plagioklasi (P)
- alkalijski feldspati (K)
- sumirano ukupni feldspati ( $F = P + K$ )

Litične čestice su izdvojene kao:

- nestabilni litični fragmenti (L)
- polikristalini kvarc (Qp)
- ukupno fragmenti stijena ( $L_t = L + Q_p$ )

### 3.2.3. XRD analize pelitnih sedimenata

Za utvrđivanje kvalitativnog i kvantitativnog mineralnog sastava pelitnih sedimenata korištena je rentgenska difrakcija (XRD) metodom praha. Rentgenska difrakcijska analiza je metoda koja se zasniva na difrakciji rendgenskih zraka na mrežnim ravninama kristala. Uzorci su analizirani na PANalytical X'Pert PRO MPD vertikalnom rendgenskom goniometru Hrvatskog geološkog instituta pri čemu je korišteno bakreno zračenje. Uređaj se u osnovi sastoji od rendgenske cijevi tj. izvora zračenja i sustava za registriranje difraktiranog zračenja. Da bi na pojedinim mrežnim ravninama došlo do difrakcije potrebno je zadovoljiti Braggov zakon koji glasi:  $n\lambda = 2d_{(hkl)}\sin\theta$  pri čemu je:

n - cijeli broj

$\lambda$  - valna duljina rendgenskog zračenja

$d_{(hkl)}$  - međumrežni razmak za hkl mrežne ravnine



## $\theta$ - kut difrakcije

Brojač bilježi na koliko je stupnjeva  $\theta$  došlo do difrakcije s određene mrežne ravnine i intenzitet difraktiranog zračenja. Kod determinacije mineralnog sastava dobiveni difraktogrami su obrađeni pomoću softvera X'PertHighScore Plus (PANalytical, 2008) za očitavanje intenziteta i položaja difrakcijskih maksimuma.

Uvjeti mjerenja su bili sljedeći:

- napon 45kV, jakost struje 40mA
- PW 3018/00 PIXcel - detektor
- divergencija primarnog snopa  $\frac{1}{4}^\circ$
- kontinuirano snimanje ( $0,01^\circ 2\theta/\text{sek}$ )
- snimljeno područje:  $4-65^\circ 2\theta$

Uzorci za kvalitativnu XRD analizu su pripremljeni grubim mljevenjem na Retsch RM 200 ahatnom mlinu, a kasnije su dodatno usitnjeni u ahatnom tarioniku da bi se materijal dobro homogenizirao i usitnio u fini prah. Kod uzoraka koji sadrže karbonate obavezno je kontrolirano otapanje karbonata pomoću acetatne soli ( $\text{NH}_4\text{Ac}$ ) puferirane na pH 5 s 1M octenom kiselinom. Metodu je uveo JACKSON (1956). Za određivanje minerala glina snimljeni su orijentirani preparati frakcije sitnije od  $2\ \mu\text{m}$ . Da bi se izdvojila ta frakcija uzorci su suspendirani u destiliranoj vodi. Izdvajanje frakcije  $< 2\ \mu\text{m}$  napravljeno je pomoću centrifuge. Centrifugiranje je prema parametrima centrifuge Tehtnica Centric 322A trajalo 2 minute na 1600 okretaja u minuti, nakon čega je pipetiranjem odvojena željena frakcija. Orijetirani preparati su pripremljeni nakapavanjem na predmetna stakalca pri čemu sušenjem na zraku listićavi minerali „legnu“ na plohu baznog pinakoida. Minerali glina su točno određeni pomoću standardnih testova (STARKEY i dr., 1984) koji se sastoje od snimanja uzorka sušenog na zraku, tretiranog etilen-glikolom, žarenog na  $400^\circ\text{C}$  i  $550^\circ\text{C}$ . Uzorak je s etilen-glikolom tretiran najmanje četiri sata pri temperauri od  $60^\circ\text{C}$ . Žarenje uzorka na određenoj temperaturi trajalo je najmanje 30 minuta. Proučavanjem promjena na difraktogramu izazvanih bubrenjem s etilen-glikolom ili otpuštanjem vode, te mjenjanjem i djelomičnim razaranjem kristalne rešetke mogu se točno determinirati minerali glina (tablica 3.2.).

Kvanitativna XRD analiza je napravljena pomoću softvera RockJock (EBERL, 2003). Princip kvantitativnog određivanja mineralnog sastava putem RockJock-a se temelji na usporedbi intenziteta pojedinih mineralnih faza u smjesi s intenzitetom standarda (ZnO). Uzorci izdvojeni za kvantitativnu analizu su pripremljeni korištenjem McCrone-ovog mlina.

Postupak pripreme se sastoji od dodavanja 0,111 g ZnO na 1,000 g uzorka. Takva smjesa je prosijana kroz McCrone-ovo sito, a potom joj je dodano 4 ml metanola. Tekući uzorak je stavljen u McCrone-ov mlin na pet minuta uz korištenje valjčića od korunda. Uzorak je potom osušen i ponovno prosijan kroz sito s otvorima od 400-500  $\mu\text{m}$ . Nakon homogenizacije uzorci su stavljeni u nosače uzoraka i snimljeni pomoću vertikalnog rendgenskog goniometra. Rezultati izračuna u RockJock-u su prikazani tablično kao lista minerala s njihovim težinskim postocima u uzorku. Gline su određene semikvantitativno i prikazane po grupama u kojima je: + = <1%; \* = 1% do 10%; \*\* = 10% do 30%; \*\*\* = 30% do 60%; \*\*\*\* = 60% do 100%.

**Tablica 3.2.** Kriteriji za determinaciju pojedinih minerala glina na osnovu njihovih bazalnih difrakcijskih maksimuma, ovisno o primjenjenom tretmanu (metoda prema STARKEY i dr., 1984).

MINERAL	BEZ TRETMANA	TRETMAN ETILEN-GLIKOLOM	ŽARENJE (400°C)	ŽARENJE (550°C)
Klorit	14Å	14Å	14Å	rast intenziteta
Vermikulit	14Å	moгуć slab porast d vrijednosti	10Å	bez promjene ili slab pad intenziteta
Dioktaedrijski vermikulit	10-14Å	nema promjene ili slab rast intenziteta	slab kolaps	dalnji kolaps
Smektit i illit-smektit	10-14Å	17Å	10Å	10Å
Illit	10Å	10Å	bez promjene ili oštiji maksimum	bez promjene ili slab porast intenziteta
Kaolinit	7Å	7Å	bez promjene ili slab pad intenziteta	nestaje

### 3.2.4. Analize kemijskog sastava

#### 3.2.4.1. Analiza sadržaja karbonata

Za određivanje sadržaja  $\text{CaCO}_3$  i  $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$  korištena je metoda kompleksometrijskog određivanja količine karbonata. Reprezentativni uzorci su usitnjeni u ahatnom mlinu Retsch RM 200. Svaki uzorak je mljeven 15 minuta. Pripremljeno je dvadeset uzoraka koji su nakon toga otopljeni u razrijeđenoj klorovodičnoj kiselini (1:3) uz dodatak želatine, da bi oborili silicijeve spojeve. Talog je odfiltriran, a iz alikvotnog dijela u filtratu je određen  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ . Titiranjem s EDTA uz dodatak calceina kao indikatora određen je  $\text{Ca}^{2+}$ , a  $\text{Mg}^{2+}$  uz dodatak indikatora metiltimol plavo. Analize je napravila Vlasta Jurišić-Mitrović, dipl. ing. kem.

### 3.2.4.2. Analiza glavnih elemenata i elemenata u tragovima

Osnovna priprema tj. usitnjavanje krupnozrnatih uzoraka u prah, napravljena je pomoću mlina Retsch RM 200, te se pristupilo otapanju karbonata u uzorcima koji ga sadrže. Karbonati su otopljeni kontrolirano pomoću acetatne soli ( $\text{NH}_4\text{Ac}$ ) puferirane na pH 5 s 1M octenom kiselinom (JACKSON, 1956).

Analiza glavnih elemenata (makroelemenata) i elemenata u tragovima (mikroelemenata) na cjelovitim uzorcima i netopivom ostatku provedena je metodama emisijske spektroskopije s induktivno-spregnutom plazmom ICP-ES i masenim spektroskopom s induktivno-spregnutom plazmom ICP-MS u ACME Analytical Laboratories LTD u Vancouveru. ICP-ES metoda korištena je za utvrđivanje udjela glavnih elemenata, a ICP-MS za utvrđivanje udjela elemenata u tragovima. Sadržaj makroelemenata i mikroelemenata je analiziran prevođenjem uzorka u taljevinu pomoću litij-metaborata ( $\text{LiBO}_2$ ). Plemeniti metali i osnovni metali analizirani su nakon otapanja uzorka u zlatotopki ( $\text{HNO}_3+3 \text{HCl}$ ).

Analizirana su 24 uzorka pijeska i 10 uzoraka pelita sa svrhom definiranja sastava izvorišta, zrelosti sedimenta i geotektonskog okoliša nastanka istraživanih sedimenata. Za određivanje sastava izvorišnih stijena analiziranih pijesaka i pelita na temelju kemijskog sastava izračunati su omjeri udjela pojedinih glavnih elemenata i elemenata u tragovima (omjeri  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , Cr/Th, La/Co, La/Sc, Th/Co, Th/Sc, LREE/HREE). Izračun iznosa europije anomalije napravljen je prema izrazu  $\text{Eu}/\text{Eu}^* = \text{Eu}_{\text{ch}} / (\text{Sm}_{\text{ch}} \times \text{Tb}_{\text{ch}})^{1/2}$  predloženom od MILEUSNIĆ (2007) (modificirano prema TAYLOR i MCLENNAN, 1985). Pored toga korišteni su dijagrami za razlikovanje vrsta izvornih stijena temeljeni na diskriminantnim funkcijama koje su predložili ROSER i KORSCH (1988) bazirani na sadržaju makroelemenata, te dijagrami bazirani na odnosima mikroelemenata Th/Co-La/Sc i Th/Sc-Cr/Th (CULLERS, 2002; TOTTEN i HANAN, 2000). Za određivanje geotektonskog okoliša nastanka istraživanih pjeskovitih i pelitnih sedimenata na temelju makroelemenata korištena je metoda prema primjeru iz ROSER i KORSCH (1986), dok su za određivanje geotektonskog okoliša na temelju mikroelemenata korišteni trokomponentni dijagrami La-Th-Sc i Th-Sc-Zr/10 (prema primjeru BHATIA i CROOK, 1986).

### 3.2.4.3 Analize stabilnih izotopa

Analiza stabilnih izotopa kisika ( $\delta^{18}\text{O}$ ) i ugljika ( $\delta^{13}\text{C}$ ) napravljena je na 52 odabrane kućice puževa na način da su zastupljene sve prisutne vrste u oba detektirana horizonta *Viviparus* slojeva. Tako je pokriven široki raspon mikrookoliša unutar paleojezera s ciljem određivanja vrste i razine okolišnih promjena koje su se odvijale tokom taloženja *Viviparus* slojeva.

Korištene su dobro očuvane aragonitne ljuštore. Njihov je mineralni sastav utvrđen korištenjem XRD-a. Naime, kod očuvanog izvornog mineralnog sastava izotopni sastav ljuštura može se koristiti za paleookolišne i paleotemperaturne rekonstrukcije. Primjerice mogu se dobiti podaci o temperaturnim promjenama i omjeru precipitacije/evaporacije ( $\delta^{18}\text{O}$ ), te također o promjenama u ciklusu i produkciji nutrijenata ( $\delta^{13}\text{C}$ ) za ciljani stratigrafski interval. Kisikovi izotopi su dokazano kvalitetan paleotermometar u marinskim i jezerskim sedimentima (LENG i MARSHAL, 2004).

Najočuvanije ljuštore malakofaune izdvojene su iz sedimenta ispiranjem na laboratorijskim sitima. Ljuštore su isprane i očišćene korištenjem destilirane vode i ultrazvučne kade izbjegavanjem bilo kakvih dodatnih tretmana. Nije korišten standardni postupak s vodikovim peroksidom kako se ne bi promijenio kemizam uzorka. Nakon sušenja manje kućice su samljevene u prah, a veće su uzorkovane mikro bušilicom duž zona prirasta (sklerokronološki) s ciljem utvrđivanja varijacija u izotopnom sastavu tokom ontogeneze.

Kisikovi i ugljikovi izotopi su određeni nakon reakcije uzoraka sa 100% fosfornom kiselinom pri 70°C u Finnigan Kiel II automatiziranom reakcijskom sustavu, a mjerenje je napravljeno pomoću Finnigan Delta Plus masenog spektrometra u Institutu za geoznanosti Sveučilišta u Grazu uz korištenje standarda NBS-19 i internog standarda. Dobivene vrijednosti su prikazane u promilima u odnosu na Vienna Pee Dee Belemnite (V-PDB). Pri mjerenju pomoć je pružio dr. sc. Patrick Grünert.

### 3.2.4.4. Točnost i preciznost kemijskih analiza

Pomoću točnosti i preciznosti vrednuje se pouzdanost kemijskih analiza. Pojam točnost podrazumijeva mjeru za odstupanje izmjerene vrijednosti koncentracije nekog elementa u uzorku, od pravih vrijednosti. Preciznost je ponovljivost rezultata mjerenja

neovisno o stupnju odstupanja srednje izmjerene vrijednosti od prave vrijednosti (višestrukim analiziranjem uzorka uz primjenu iste metode) (ROSE i dr., 1979).

Točnost određivanja sadržaja makro i mikroelemenata metodama ICP-MS i ICP-ES provjerena je korištenjem pet standarada: SO-18, DS10, GS311-1, GS910-4 i OREAS45EA (interni standardi ACME laboratorija). Generalno analiza je točnija što je omjer srednje analizirane vrijednosti i preporučene vrijednosti bliži jedinici. Rezultati izračuna (tablice 3.3.-3.6.) su pokazali da je točnost zadovoljavajuća za sve elemente osim za Sb (x/RV=2,00) i Se (x/RV=2,33). Točnost određivanja sadržaja karbonata nije određena u sklopu ovog istraživanja.

**Tablica 3.3.** Točnost rezultata analize glavnih elemenata dobivenih mjerenjem za interne ACME laboratories standarde (SO-18, GS311-1, GS910-4), rezultati su izraženi u težinskim %. Legenda: LOI - gubitak žarenjem, TOT/C – ukupni ugljik, TOT/S – ukupni sumpor, x-izmjerena vrijednost, a RV-preporučena vrijednost.

stan.\elem.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	LOI	Sum	TOT/C	TOT/S
GS311-1 (x)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,99	2,45
GS311-1 (RV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,02	2,35
GS311-1 (x/RV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,97</b>	<b>1,04</b>
GS910-4 (x)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,62	8,08
GS910-4 (RV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,65	8,27
GS910-4 (x/RV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>
SO-18 (1)	58,20	14,10	7,57	3,38	6,35	3,67	2,15	0,69	0,78	0,39	0,549	1,9	99,75	-	-
SO-18 (2)	58,40	14,04	7,53	3,34	6,34	3,62	2,14	0,69	0,79	0,40	0,539	1,9	99,75	-	-
SO-18 (x)	58,30	14,07	7,55	3,36	6,35	3,65	2,15	0,69	0,79	0,40	0,54	1,90	99,75	-	-
SO-18 (RV)	58,47	14,23	7,67	3,35	6,42	3,71	2,17	0,69	0,83	0,39	0,55	-	-	-	-
SO-18 (x/RV)	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>1,00</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,99</b>	<b>1,00</b>	<b>0,95</b>	<b>1,01</b>	<b>0,99</b>	-	-	-	-

**Tablica 3.4.** Točnost rezultata analize elemenata u tragovima dobivenih mjerenjem za interni ACME laboratories standard SO-18, rezultati su izraženi u ppm. Legenda: x-izmjerena vrijednost, a RV-preporučena vrijednost.

stan.\elem.	Ni	Sc	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr
SO-18 (1)	47	24	499	<1	25,2	6,4	15,9	9,0	18,0	27,0	15	378,8	6,3	9,3	14,5	199	13,8	279,1
SO-18 (2)	38	23	487	<1	25,3	6,6	16,9	9,2	18,0	27,8	14	389,7	6,4	9,4	15,6	197	14,6	280,2
SO-18 (x)	42,5	23,5	493,0	-	25,3	6,5	16,4	9,1	18,0	27,4	14,5	384,3	6,4	9,4	15,1	198,0	14,2	279,7
SO-18 (RV)	44	25	514	-	26,2	7,1	17,6	9,8	19,3	28,7	15	407,4	7,4	9,9	16,4	200	14,8	290
SO-18 (x/RV)	<b>0,97</b>	<b>0,94</b>	<b>0,96</b>	-	<b>0,96</b>	<b>0,92</b>	<b>0,93</b>	<b>0,93</b>	<b>0,93</b>	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>	<b>0,94</b>	<b>0,86</b>	<b>0,94</b>	<b>0,92</b>	<b>0,99</b>	<b>0,96</b>	<b>0,96</b>

**Tablica 3.5.** Točnost rezultata analize elemenata u tragovima (nastavak tablice) dobivenih mjerenjem za interne ACME laboratories standarde (DS10 i OREAS45EA), rezultati su izraženi u ppm. Legenda: x-izmjerena vrijednost, a RV-preporučena vrijednost.

stan.\elem.	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
DS10 (X)	12,8	172,8	165,0	403	83,3	48,0	2,6	7,6	12,5	2,1	78,7	0,27	5,3	2,0
DS10 (RV)	14,7	154,6	150,6	370	74,6	43,7	2,5	8,2	11,7	2,0	91,9	0,30	5,1	2,3
DS10 (x/RV)	<b>0,87</b>	<b>1,12</b>	<b>1,10</b>	<b>1,09</b>	<b>1,12</b>	<b>1,10</b>	<b>1,04</b>	<b>0,92</b>	<b>1,07</b>	<b>1,04</b>	<b>0,86</b>	<b>0,9</b>	<b>1,04</b>	<b>0,87</b>
OREAS45EA (x)	1,7	713,4	15,5	32	383,5	11,6	<0.1	0,4	0,3	0,3	52,1	<0.01	<0.1	1,4
OREAS45EA (RV)	1,4	709,0	14,3	29	381,0	9,1	0,0	0,2	0,3	0,3	53,0	-	0,1	0,6
OREAS45EA (x/RV)	<b>1,22</b>	<b>1,01</b>	<b>1,08</b>	<b>1,11</b>	<b>1,01</b>	<b>1,27</b>	-	<b>2</b>	<b>1,15</b>	<b>1,15</b>	<b>0,98</b>	-	-	<b>2,33</b>

**Tablica 3.6.** Točnost rezultata analize elemenata rijetkih zemalja dobivenih mjerenjem za interni ACME laboratories standard SO-18, rezultati su izraženi u ppm. Legenda: x-izmjerena vrijednost, a RV-preporučena vrijednost.

stan.\elem.	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
SO-18 (1)	30,3	12,2	24,8	3,22	12,7	2,64	0,82	2,83	0,47	2,85	0,66	1,74	0,26	1,84	0,26
SO-18 (2)	28,9	11,5	24,2	3,13	13,1	2,66	0,81	2,86	0,47	2,82	0,61	1,80	0,28	1,75	0,28
SO-18 (x)	29,60	11,85	24,50	3,18	12,90	2,65	0,82	2,85	0,47	2,84	0,64	1,77	0,27	1,80	0,27
SO-18 (RV)	29	12,3	27,1	3,45	14	3	0,89	2,93	0,53	3	0,62	1,84	0,27	1,79	0,27
SO-18 (x/RV)	<b>1,02</b>	<b>0,96</b>	<b>0,90</b>	<b>0,92</b>	<b>0,92</b>	<b>0,88</b>	<b>0,92</b>	<b>0,97</b>	<b>0,89</b>	<b>0,95</b>	<b>1,02</b>	<b>0,96</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

Preciznost određivanja sadržaja makro i mikroelemenata metodama ICP-MS i ICP-ES provjerena je ponavljanjem mjerenja na tri odabrana uzorka (Str-II 7/1, Pet-I 1/1 i Cak-I 7/1). Kao mjera preciznosti najčešće se koristi koeficijent varijacije (CV) definiran kao:  $CV = 100s / x$  (%), kod čega je s-standardna devijacija, a x-srednja vrijednost ponovljenih analiza. Modernim analitičkim metodama koeficijenti varijacije za geokemijska istraživanja mogu se spustiti na varijaciju od 3 do 10% (ROSE i dr., 1979). Rezultati izračuna pokazali su zadovoljavajuću preciznost (tablice 3.7.-3.10.) za sve makro i mikroelemente (vrijednosti  $CV < 10\%$ ) osim kod Sn ( $CV=33,33\%$ ), Ta ( $CV=20\%$ ) i W ( $CV=10\%$ ). Preciznost određivanja sadržaja karbonata nije određena u sklopu ovog istraživanja.

**Tablica 3.7.** Preciznost rezultata analize glavnih elemenata dobivenih mjerenjem ponovljenog uzorka Str-II 7/1, rezultati su izraženi u težinskim %. Legenda: LOI - gubitak žarenjem, TOT/C – ukupni ugljik, TOT/S – ukupni sumpor, CV-koeficijent varijacije, s-standardna devijacija, x-srednja vrijednost ponovljenih analiza.

uzorak\element	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	LOI	Sum	TOT/C	TOT/S
Str-II 7/1 (1)	84,31	6,98	2,53	0,50	0,31	0,80	1,37	0,39	0,07	0,06	0,007	2,6	99,95	0,05	<0.02
Str-II 7/1 (2)	84,27	7,00	2,51	0,51	0,32	0,81	1,38	0,40	0,07	0,06	0,007	2,6	99,93	-	-
Str-II 7/1 (x)	84,29	6,99	2,52	0,51	0,32	0,81	1,38	0,40	0,07	0,06	0,01	2,60	99,94	0,05	-
Str-II 7/1 (s)	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	-	-
Str-II 7/1 (CV)	0,02	0,14	0,40	0,99	1,59	0,62	0,36	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	-	-

**Tablica 3.8.** Preciznost rezultata analize elemenata u tragovima dobivenih mjerenjem na temelju ponovljenog uzorka Str-II 7/1, rezultati su izraženi u težinskim %. Legenda: CV-koeficijent varijacije, s-standardna devijacija, x-srednja vrijednost ponovljenih analiza.

uzorak\el.	Ni	Sc	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr
Str-II 7/1 (1)	24	5	219	<1	9,2	2,2	6,6	3,1	5,7	48,9	2	43,8	0,4	5,7	1,3	41	1,1	114,5
Str-II 7/1 (2)	23	5	222	1	9,6	1,9	6,9	3,1	6,1	49,4	1	43,6	0,6	5,5	1,3	50	0,9	124,2
Str-II 7/1 (x)	23,50	5,00	220,50	1,00	9,40	2,05	6,75	3,10	5,90	49,15	1,50	43,70	0,50	5,60	1,30	45,50	1,00	119,4
Str-II 7/1 (s)	0,50	0,00	1,50	0,00	0,20	0,15	0,15	0,00	0,20	0,25	0,50	0,10	0,10	0,10	0,00	4,50	0,10	4,85
Str-II 7/1 (CV)	2,13	0	0,68	0	2,13	7,32	2,22	0	3,39	0,51	33,33	0,23	20	1,79	0	9,89	10	4,06

**Tablica 3.9.** Preciznost rezultata analize elemenata u tragovima (nastavak tablice) dobivenih mjerenjem na temelju ponovljenog uzorka Cak-I 7/1, rezultati su izraženi u težinskim %. Legenda: CV-koeficijent varijacije, s-standardna devijacija, x-srednja vrijednost ponovljenih analiza.

uzorak\element	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
Cak-I 7/1 (1)	0,1	7,1	7,9	45	18,5	1,7	<0.1	0,2	0,1	<0.1	<0.5	0,07	<0.1	<0.5
Cak-I 7/1 (2)	0,1	7,1	8,3	46	19,8	1,7	<0.1	0,2	0,1	<0.1	<0.5	0,07	<0.1	<0.5
Cak-I 7/1 (x)	0,10	7,10	8,10	45,50	19,15	1,70	-	0,20	0,10	-	-	0,07	-	-
Cak-I 7/1 (s)	0,00	0,00	0,20	0,50	0,65	0,00	-	0,00	0,00	-	-	0,00	-	-
Cak-I 7/1 (CV)	0,00	0,00	2,47	1,10	3,39	0,00	-	0,00	0,00	-	-	0,00	-	-

**Tablica 3.10.** Preciznost rezultata analize elemenata rijetkih zemalja dobivenih mjerenjem na temelju ponovljenog uzorka Str-II 7/1, rezultati su izraženi u težinskim %. Legenda: CV-koeficijent varijacije, s-standardna devijacija, x-srednja vrijednost ponovljenih analiza.

uzorak\element	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Str-II 7/1 (1)	12,1	15,1	32,8	3,42	12,8	2,37	0,45	2,24	0,37	2,14	0,48	1,31	0,22	1,48	0,21
Str-II 7/1 (2)	12,9	14,1	31,3	3,43	12,7	2,37	0,49	2,35	0,37	2,20	0,48	1,41	0,23	1,47	0,22
Str-II 7/1 (x)	12,50	14,60	32,05	3,43	12,75	2,37	0,47	2,30	0,37	2,17	0,48	1,36	0,23	1,48	0,22
Str-II 7/1 (s)	0,40	0,50	0,75	0,01	0,05	0,00	0,02	0,06	0,00	0,03	0,00	0,05	0,01	0,01	0,01
Str-II 7/1 (CV)	3,02	3,42	2,34	0,15	0,39	0,00	4,26	2,40	0,00	1,38	0,00	3,68	2,22	0,34	2,33

### 3.2.5. Paleontološke analize

Paleontološke analize korištene su za definiranje okoliša taloženja, klime i korelaciju sa sličnim naslagama na području Savske depresije.

Uzorci koji sadrže makrofaunu su osušeni, a potom potopljeni u vodu da bi se dezintegrirali. Za odredbu makrofaune uzet je isprani ostatak sa sita s promjerom otvora od 0,90 mm. Kod dodatnog čišćenja uzoraka korištena je 2% vodena otopina vodikovog peroksida i ultrazvučna kupelj (osim kod uzoraka predviđenih za izotopne analize). U daljnju proceduru su ušle samo kućice koje su bile potpuno očuvane ili one kojima su bili očuvani osnovni elementi identifikacije (ušće, vrh). Ostalo kršje iz uzoraka nije obrađivano. Osušeni uzorci su pregledani, determinirani i fotografirani u Prirodoslovnom muzeju u Beču uz pomoć dr. sc. Olega Mandica.

Za mikropaleontološku analizu prikupljeno je sedam uzoraka. Uzorci su dezintegrirani potapanjem u otopinu vodikovog peroksida. Nakon tretmana od 24 sata uzorak je ispran kroz seriju laboratorijskih sita (0,5; 0,25; 0,125; 0,09; 0,063 mm) i osušen. Nekim uzorcima je bilo potrebno dodatno čišćenje pa je ponovljen tretman vodikovim peroksidom, a potom su uronjeni u ultrazvučnu kupelj na dvadesetak sekundi. Ljušturice ostrakoda i ostali mikrofossilni ostaci (kućice puževa, operculumi, rizoliti i sl.) su pregledani pod stereomikroskopom, izdvojeni, pobrojani i određeni. Ostrakodi su izdvojeni na način da vjerno predstavljaju sastav zajednice. Mikropaleontološka analiza je napravljena u Zavodu za geologiju HGI-a na mikroskopu Carl Zeiss Stemi 2000. Odredbe je napravila dr. sc. Valentina Hajek-Tadesse.

Posebnu grupu fosilnog materijala čine ostaci mikrovertebrata. Priprema uzoraka je napravljena na sličan način kao kod pripreme uzoraka za mikropaleontološke analize (ostrakodi i neki gastropodi). Bitna je razlika u količini ispranog uzorka. Za odredbe mikrovertebrata (zubi i skeletni ostaci) uzorkovano je oko 70 kg materijala s klizišta VGK 39. Uzorci su osušeni na zraku, a potom dezintegrirani potapanjem u vodi. Nakon dezintegriranja materijal je prosijan kroz seriju laboratorijskih sita (2,00; 0,75; 0,25; 0,09 mm). U prvoj fazi je izdvojena frakcija iznad 2,00 mm, a preostali materijal je prije nastavka sijanja tretiran u vodenoj otopini vodikovog peroksida. Zubi i skeletni ostaci su ručno izdvojeni iz materijala krupnijeg od 0,75 mm. Materijal koji je zahtijevao dodatno čišćenje ponovno je tretiran vodenom otopinom vodikovog peroksida i pranjem u ultrazvučnoj kupelji. Fotografije i odredba skeletnih ostataka kralježnjaka su napravljene u suradnji sa dr. sc. Jadrankom Mauch Lenardić iz Zavoda za geologiju i paleontologiju kvartara HAZU-a.



Palinološka analiza napravljena je s ciljem odredbe stratigrafske pripadnosti naslaga i dopune paleookolišne rekonstrukcije. Uzorci su pripremljeni standardiziranom tehnikom za izdvajanje organske tvari (MOORE i dr., 1991), a odredbe je napravila dr. sc. Koraljka Bakrač u Zavodu za geologiju HGI-a pomoću mikroskopa Olympus BH-2.

### **3.2.6. SEM (Skenirajući elektronski mikroskop) – fotografije**

Kao nadopuna mikropaleontološkoj analizi korišten je JEOL JSM-35 skenirajući elektronski mikroskop Hrvatskog geološkog instituta za fotografiranje odabranih primjeraka fosilne flore i faune. Uzorci za fotografiranje su odabrani korištenjem lupe, a potom su zalijepljeni na nosač dvostranom ljepljivom trakom. Da bi se postigla vodljivost površine uzorka kao nužan preduvjet za SEM analizu svi su uzorci napareni filmom zlata (debljine 25 nm). Za snimanje je korišten detektor sekundarnih elektrona (SE), a napon pri skeniranju je iznosio 20 kV. Korištena su povećanja u rasponu od 50x do 60x.

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Sedimentološki stupovi i facijesi

Ukupno je snimljeno jedanaest sedimentoloških stupova (prilog 1.) na kojima je izdvojeno 5 litofacijesa. Popis stupova s njihovom debljinom, stratigrafskom pripadnošću i facijesima naveden je u tablici 4.1. Facijesi su izdvojeni na temelju sedimentnih tekstura i struktura, fosilnog sadržaja i sastava sedimenta te su imenovani na sljedeći način:

**F1** – Facijes glinovitih siltova

**F2** – Facijes masivnih i laminiranih pijesaka

**F3** – Facijes koso uslojenih pijesaka i šljunkovitih pijesaka

**F4** – Facijes masivnih i normalno građuiranih šljunaka

**F5** – Heterolitni facijes

**Tablica 4.1.** Pregledna tablica s popisom sedimentoloških stupova i na njima izdvojenim facijesima. Crnim slovima su označeni litostratigrafski stupovi s područja Vukomeričkih gorica, a plavim sedimentološki stupovi s područja Slavonije.

Sedimentološki stup	Debljina	Stratigrafska pripadnost	Facijesi
Kravarsko (Kra-I)	3,2 m	Donji <i>Viviparus</i> slojevi	F1 i F5
Sibinj (Sib-I)	20,8 m	Donji <i>Viviparus</i> slojevi	F1, F2 i F5
Subocka (Sub-I)	19,4 m	Donji <i>Viviparus</i> slojevi	F1, F2, F3 i F5
Novo Brdo (VGK 35)	2,4 m	Gornji <i>Viviparus</i> slojevi	F1 i F2
Lipnica (Lip-I)	6,8 m	Gornji <i>Viviparus</i> slojevi	F1, F2 i F3
Ključić Brdo (KBr-I)	5,8 m	<i>Viviparus</i> slojevi	F1, F2, F3 i F5
Petravec (Pet-I)	4,3 m	<i>Viviparus</i> slojevi	F2, F3 i F4
Čakanec (Čak-I)	6,2 m	<i>Viviparus</i> slojevi	F2 i F3
Strezojevo I (Str-I)	5,9 m	<i>Viviparus</i> slojevi	F2, F3 i F4
Strezojevo II (Str-II)	6,9 m	<i>Viviparus</i> slojevi	F2, F3 i F4
Vukomerić (Vuk-I)	3,2 m	<i>Viviparus</i> slojevi	F2 i F5
<b>Ukupno: 11</b>	<b>84,7 m</b>		<b>5</b>

## F1 – Facijes glinovitih siltova

### Opis facijesa:

Facijes glinovitih siltova (F1) zastupljen je na šest lokaliteta s područja Vukomeričkih gorica i Slavonije: Kra-I (prilog 1.2.), Sib-I (prilog 1.3.), Sub-I (prilog 1.4.) Lip-I (prilog 1.5.), V GK 35 (prilog 1.6) i KBr-I (prilog 1.7.). Najvećim dijelom sastoji se od vrlo loše sortiranih glinovitih siltova, a rjeđe pjeskovito glinovitih siltova (tablica 4.2).

**Tablica 4.2.** Granulometrijski sastav uzoraka. Različitim bojama su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. Klasifikacija pijesaka je napravljena prema TREFETHEN (1950) i KONTA (1973)

OZNAKA UZORKA	Facijes	Md	So	%				ODREDBA	SORTIRANOST
				šlj.	pij.	silt	gli.		
Čak-I 7/1	F2	0,15	1,314	0	85	15	0	pijesak (Konta)	dobra
Čak-I 17/1	F3	0,076	1,900	0	60	40	0	siltovni pijesak (Konta)	slaba
Čak-I 24/1	F2	0,047	2,371	0	40	50	10	pjeskoviti silt (Trefethen)	vrlo loša
Čak-I (bočno 2)	F2	0,55	1,350	0	100	0	0	pijesak (Konta)	dobra
KBr-I 1/1	F2	0,24	1,640	0	86	14	0	pijesak (Konta)	srednja
KBr-I 7/1	F1	0,038	2,432	0	33	54	13	pjeskovito-glinoviti silt (Trefethen)	vrlo loša
KBr-I 8/1	F1	0,0065	3,446	0	6	54	40	glinoviti silt (Trefethen)	vrlo loša
KBr-I 11/1	F3	0,18	1,516	0	81	19	0	pijesak (Konta)	srednja
Lip-I 5/1	F2	0,22	1,236	0	95	5	0	pijesak (Konta)	dobra
Lip-I 10/1	F2	0,26	1,354	0	92	8	0	pijesak (Konta)	dobra
Lip-I 21/1	F2	0,35	3,302	21	59	11	9	siltovno-šljunkoviti pijesak (Konta)	vrlo loša
Lip-I 22/1	F2	0,30	1,378	0	91	9	0	pijesak (Konta)	dobra
Lip-I 28/1	F2	0,086	1,759	0	67	33	0	siltovni pijesak (Konta)	slaba
Str-I 1/1	F2	0,20	16,329	4	60	9	27	glinoviti pijesak (Trefethen)	vrlo loša
Str-I 2/1	F2	0,42	1,164	0	100	0	0	pijesak (Konta)	vrlo dobra
Str-I 4/1	F2	0,011	5,683	0	18	46	36	pjeskovito-glinoviti silt (Trefethen)	vrlo loša
Str-I 5/1	F4	0,42	3,464	23	55	9	13	siltovno-šljunkoviti pijesak (Konta)	vrlo loša
Str-II 3/1	F2	0,07	1,751	0	57	35	8	siltovni pijesak (Trefethen)	slaba
Str-II 5/1	F4	1,45	3,291	36	47	17	0	siltovno-šljunkoviti pijesak (Konta)	vrlo loša
Str-II 5/1 (crni)	F4	0,61	1,476	8	92	0	0	pijesak (Konta)	srednja
Str-II 7/1	F2	0,24	1,436	0	100	0	0	pijesak (Konta)	srednja
Kra-I 1/1	F1	0,015	2,091	0	4	77	19	glinoviti silt (Trefethen)	vrlo loša
Kra-I 5/1	F1	0,015	2,395	0	8	69	23	glinoviti silt (Trefethen)	vrlo loša
Vuk-I 1/1	F2	0,10	2,022	0	67	33	0	siltovni pijesak (Konta)	vrlo loša
Vuk-I 5/1	F2	0,031	2,979	0	29	55	16	(Trefethen)	vrlo loša
Vuk-I 5/2	F2	0,075	2,041	0	58	42	0	siltovni pijesak (Konta)	vrlo loša
Vuk-I 10/1	F2	0,064	1,707	0	53	47	0	siltovni pijesak (Konta)	srednja
Sib-I 1/1	F2	0,13	2,121	0	75	25	0	siltovni pijesak (Trefethen)	vrlo loša
Sib-I 1/2	F2	0,22	1,816	0	81	19	0	pijesak (Trefethen)	slaba
Sib-I 2/1	F5	0,14	1,103	0	83	17	0	pijesak (Trefethen)	vrlo dobra
Sib-I 2/2	F5	0,0067	1,420	0	10	76	14	glinovito-pj. silt (Trefethen)	srednja
Sib-I 3/1	F2	0,09	1,623	0	90	10	0	pijesak (Trefethen)	srednja
Sib-I 5/1	F2	0,06	1,245	0	48	52	0	siltovni pijesak (Trefethen)	dobra
Sub-I 2/1	F5	0,16	1,571	0	79	21	0	siltovni pijesak (Trefethen)	srednja
Sub-I 4/1	F2	0,18	1,598	0	81	19	0	pijesak (Trefethen)	srednja
Sub-I 6/2	F3	0,18	1,326	0	87	13	0	pijesak (Trefethen)	dobra
Sub-I 8/1	F1	0,017	4,572	0	15	54	31	pjeskovito-glinoviti silt (Trefethen)	vrlo loša
Sub-I 9/1	F2	0,19	1,511	0	80	20	0	siltovni pijesak (Trefethen)	srednja

Sedimenti ovog facijesa ne sadrže karbonatnu komponentu ili je njen udio manji od 10%, osim u bazi stupa Kra-I gdje je udio karbonata znatno viši (tablica 4.3). Najčešće su sive ili zeleno-sive boje, međutim mogu biti vrlo različito obojeni (slika 4.1). Ukupna debljina facijesa F1 nije utvrđena, a najveća je zabilježena na stupovima Kra-I i Sub-I. Na stupu Sub-I proteže se kroz dva odvojena horizonta pri čemu je donji horizont debljine 7 m, a gornji horizont debljine 1,2 m (prilog 1.4.). Na stupu Kra-I također se javlja u dva intervala, nižem u bazi stupa debljine 1,4 m i višem u vrhu stupa čija debljina iznosi preko 2 m (prilog 1.2.). Stvarnu debljinu gornjeg paketa glinovitih siltova na stupu Kra-I nije bilo moguće utvrditi zbog pokrivenog terena i poremećenog slijeda naslaga na aktivnom klizištu. Na stupovima KBr-I, Lip-I i VGK 35 debljina facijesa je manja i kreće se između 0,5 m do 1 m (prilozi 1.7.; 1.5.; 1.6.).



**Slika 4.1.** Sivi i žuto-smeđi glinoviti silt facijesa F1 u bazi sedimentološkog stupa Kravarsko.

U podini facijesa F1 na stupovima Sub-I (prilog 1.4. d), Lip-I (prilog 1.5.) i VGK 35 (prilog 1.6.) nalaze se sedimenti facijesa pijesaka (F2), a na stupovima KBr-I (prilog 1.7.) i Kra-I (prilog 1.2.) sedimenti heterolitnog facijesa (F5).

Krovinu facijesa F1 čine sedimenti facijesa F5 (stup Kra-I, prilog 1.2.), facijesa F2 (stup Lip-I, prilog 1.5 i Sub-I, prilog 1.4.) i šljunkoviti pijesci facijesa F3 (stup KBr-I, prilog 1.7.).

Donja granica facijesa F1 je najčešće oštra ili valovita/neravna. Gornja granica je oštra, erozijska, mjestimice markirana jače limonitiziranom zonom debljine 2-3 cm, koja se očituje u promjeni boje iz sive u žućkasto smeđu. Posebno je izražena na stupu KBr-I, gdje je ravna i izrazito erozijska na kontaktu sa šljunkovitim pijescima facijesa F3 u krovini stupa (prilog 1.7. b).

Sedimenti ovog facijesa najčešće su masivnog izgleda (slika 4.2). Vrlo često su bioturbirani, a bioturbacija se očituje u mrljastoj izmjeni smeđeg i sivog silta, kao primjerice na stupu KBr-I (slika 4.3). Generalno se čini da je primarna boja silta siva do smeđa no često je maskirana limonitiziranim zonama koje ga mrljasto bojaju ili se javljaju prugasto u obliku limonitnih kora. Mjestimice se u siltu mogu zapaziti i crne mrlje koje predstavljaju nakupine organske tvari, a nisu rijetke ni vapnenačke konkrecije. Vrlo rijetko unutar sedimenata ovog facijesa zapaža se horizontalna laminacija. Najbolje je vidljiva na stupu Lip-I, gdje se unutar jače pjeskovitog silta smeđe boje uočava izmjena tamnijih i svjetlijih lamina.



**Slika 4.2.** Masivni sivi glinoviti silt facijesa F1 sa stupa Subocka.

Facijes F1 najbogatiji je fosilnom faunom od svih opisanih facijesa. Pronađeni su brojni ostaci makrofaune mekušaca, faune vertebrata (slika 4.25.) i mikrofaune (tablica 4.15, slika 4.26). Temeljem tih nalaza utvrđeno je da se facijes F1 pojavljuje u donjem i gornjem horizontu *Viviparus* slojeva. Pripadnost donjem horizontu je dokumentirana nalazima slatkovodne faune mekušaca na stupovima Kra-I (prilog 1.2. b), Sub-I (prilog 1.4. c) i Sib-I

(prilog 1.3.) (rodovi *Viviparus*, *Melanopsis*, *Theodoxus* i sl.). U bazi siltova na stupu Lip-I pojavljuje se fosilizirana slatkovodna makrofauna školjkaša roda *Unio* (prilog 1.5. d) koju zbog loše očuvanosti nije bilo moguće detaljnije determinirati. Međutim, utvrđena palinozajednica u siltovima facijesa F1 na stupu Lip-I ukazuje na hladniju klimu koja je karakteristična za razdoblje kad su taloženi gornji *Viviparus* slojevi. Rezultati paleontoloških odredbi na koje se poziva u ovom opisu su detaljno prikazani u okviru poglavlja 4.4.



**Slika 4.3.** Bioturbirani silt facijesa F1 sa sedimentološkog stupa Ključić Brdo.

#### Interpretacija facijesa:

Fosilna fauna koja je brojna u pojedinim dijelovima litofacijesa F1 upućuje na sedimentaciju u slatkovodnoj sredini. Pronalazak rodova *Viviparus*, *Melanopsis*, *Theodoxus* i sl. svjedoči o uspostavi povoljnih uvjeta za život mekušaca, a palinozajednica ukazuje na taloženje u proksimalnoj oligotrofnoj slatkovodnoj sredini (jezerski litoral) s velikim donosom terigenog materijala. Zajednica ostrakoda ukazuje na taloženje u stalnom vodenom tijelu bogatom vegetacijom, niske energije okoliša i dubine oko 3 m. Također, mjestimično brojni nalazi malih kralježnjaka u kojima prevladavaju riblje vrste, vodozemci i mali sisavci karakteristični za obalne zone upućuju na taloženje u slatkovodnoj sredini.

Taloženje čestica silta i gline odvijalo se iz suspenzije u plitkom priobalnom jezerskom okolišu, dok je pjeskovita komponenta zajedno s biljnim trunjem povremeno donošena kao rezultat djelovanja obližnjih riječnih tokova. Taj donos se mogao događati za vrijeme poplava. Više od šest metara debeli slijed naslaga ovog facijesa na stupu Sub-I (prilog 1.4) koji samo u svom donjem dijelu sadrži zajednicu fosilnih mekušaca, a karakterizira ga

povećan udio glinovite komponente (tablica 4.2) ukazuje na postupno produbljavanje taložnog okoliša. Takve masivne pojave pelitnih sedimenata često su rezultat obaranja čestica gline procesom flokulacije iz suspenzije (BASILICI, 1997; IELPI, 2012). Mjestimično slabo vidljiva horizontalna laminacija (stup Lip-I, prilog 1.5) ukazuje da su siltovi primarno mogli biti laminirani, a kasnije bioturbirni pa je laminacija slabo očuvana.

**Tablica 4.3.** Rezultati kompleksometrijskog određivanja karbonatne komponente. Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. Dodatno su sivom ispunom odvojeni pelitni uzorci od pjeskovitih. **Legenda:** DVS – donji *Viviparus* slojevi; GVS – gornji *Viviparus* slojevi; VS – *Viviparus* slojevi.

Uzorak	Stratigrafska pripadnost	Facijes	% CaO	% MgO	% CaCO <sub>3</sub>	% CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Kra-I 1/1	DVS	F1	11,66	-	20,81	-
Kra-I 5/1	DVS	F1	7,80	2,54	7,61	11,61
Lip-I 5/1	GVS	F2	11,92	4,11	6,21	18,81
Lip-I 10/1	GVS	F2	9,56	3,93	7,29	17,98
Lip-I 26/1	GVS	F2	23,86	3,11	34,87	14,18
Lip-I 28/1	GVS	F2	9,82	3,14	9,72	14,37
Čak-I 7/1	VS	F2	6,78	2,48	5,94	11,33
Čak-I 11/1	VS	F2	7,85	1,82	9,48	8,33
Čak-I 17/1	VS	F3	5,21	3,12	1,59	14,18
Čak-I 24/1	VS	F2	8,08	2,84	7,37	12,99
Čak-I (b. 2)	VS	F2	0,45	0,37	0	1,47
Pet-I 2/1	VS	F2	4,91	1,77	4,37	8,09
Pet-I 9/1	VS	F4	2,69	0,81	3,61	2,86
Pet-I 10/2	VS	F4	16,63	0,00	29,67	0
Str-II 2/1	VS	F2	4,54	2,68	1,45	12,26
Vuk-I 1/1	VS	F2	9,76	1,81	12,91	8,29
Vuk-I 5/1	VS	F2	17,38	0,62	29,46	2,86
Vuk-I 5/2	VS	F2	10,54	1,93	14,01	8,85
Vuk-I 7/1	VS	F5	14,72	3,72	17,01	17,06
Vuk-I 10/1	VS	F2	7,57	2,90	6,31	13,26

Dobiveni rezultati pokazuju dakle, da su siltozno-glinoviti sedimenti facijesa F1 taloženi u plitkom jezerskom okolišu, tj. u jezerskom priobalju. Takav primjer je zabilježen i dobro opisan kao litofacijes B unutar donjeg *Viviparus* horizonta Sremskih Karlovaca (RUNDIĆ i dr., 2016).

## F2 – Facijes masivnih i laminiranih pijesaka

### Opis facijesa:

Facijes masivnih i laminiranih pijesaka je najšire rasprostranjeni facijes na istraživanom području Vukomeričkih gorica i dijela Slavonije, izostaje samo na stupu Kra-I

(prilog 1.2.). Na većini stupova je izrazito dominantan, a pojavljuje se u čestoj izmjeni s ostalim facijesima. Ukupna mu debljina iznosi oko 40 m. Sedimenti ovog facijesa sadrže najviši udio karbonatne komponente među opisanim facijesima, mjestimično oko 30% (tablica 4.3). Ipak, u većini slučajeva pojavljuju se u beskarbonatnom obliku. Boja pijesaka varira između sive i žute (slika 4.4.), a ponegdje je maskirana izraženom limonitizacijom sedimenta.

Podina i krovina facijesa F2 su najčešće koso uslojeni šljunkoviti pijesci facijesa F3 s kojima se izmjenjuje na stupu Lip-I (prilog 1.5.), Pet-I (prilog 1.8.), Čak-I (prilog 1.9.), Str-I (prilog 1.10.) i Str-II (prilog 1.11.). Osim toga u podini i krovini dolaze i svi ostali opisani facijesi. Primjerice na stupu Lip-I između dva paketa facijesa F2 nalazimo sitnozrnati paket silta iz facijesa F1 (prilog 1.5. d). Facijes F1 također dolazi kao krovinski paket i na stupu VGK 35 (prilog 1.6.), dok je na stupu Sub-I (prilog 1.4.) u vršnom dijelu pijesak prekriven najsitnozrnatijim sedimentom facijesa F1. Na stupovima Str-I, Str-II i Pet-I u krovini i podini se pojavljuju šljunci i pijesci facijesa F4, u tim slučajevima su granice između facijesa izrazito oštre i erozijske. Ponegdje se kao ulošci unutar većih paketa pijeska F2 pojavljuju manji paketi heterolitnog facijesa F5. Donja granica facijesa F2 je oštra i ravna erozijska ili neravna. Gornja granica je najčešće oštra i neravna, mjestimice izrazito erozijska (na kontaktu s facijesom F3). Također gornja granica je ponekad markirana limonitnim korama, mjestimice nejasna ili pokrivena.

Najveći dio pijeska se doima masivnim, a osim njih u ovome facijesu često se javljaju horizontalno laminirani pijesci (slika 4.4.) i pijesci s planarnom kosom laminacijom. Mjerenje položaja kosih lamina je pokazalo slijedeće srednje vrijednosti: stup Lipnica – 178/20 (prilog 1.5.); stup Pet-I – 165/21 (prilog 1.8.); stup Str-I – 290/22 (prilog 1.10.). Mjestimično je zapaženo i normalno graduiranje unutar pijeska. Laminacija koja se mjestimično nazire unutar masivnih pijesaka daje naslutiti da su i ti paketi pijeska primarno bili laminirani, ali je laminacija naknadno uništena bioturbacijom. Unutar pijeska pojavljuju se tanki proslojci gline koji su često razlomljeni. Granulometrijski pijesci variraju od izrazito sitnozrnatih do krupnozrnatih, kakvi su vidljivi u vršnim paketima stupa Sub-I. Sortiranost pijesaka je vrlo varijabilna, od vrlo loše do dobre (tablica 4.2). Mineraloški u pijescima dominiraju zrna kvarca, čiji udio u lakoj mineralnoj frakciji uglavnom prelazi 60%. Među prozirnim mineralima u teškoj mineralnoj frakciji dominiraju rezistentna zrna granata, a slijede ih zrna stauroлита i epidota. Detaljniji prikaz mineralogije pijesaka vidljiv je iz tablica 4.4 i 4.5.



Sedimenti ovog facijesa ne sadrže dobro očuvanu provodnu *in situ* faunu, pa je njihovu stratigrafsku pripadnost teško definirati. Iz mjestimičnih nalaza pretaloženog kršja puževa roda *Viviparus* (na stupu VGK 35, prilog 1.6. a) i školjkaša roda *Unio* (na stupu Lip-I, prilog 1.5. a; 1.5. d) i superpozicijskih odnosa s ostalim facijesima može se pretpostaviti da na području Vukomeričkih gorica facijes F2 češće dolazi unutar gornjih *Viviparus* slojeva. Na lokalitetima snimljenim u Slavoniji (prilozi 1.3; 1.4) facijes F2 je dio paketa naslaga koji pripada donjem horizontu *Viviparus* slojeva.



**Slika 4.4.** Horizontalno laminirani pijesak facijesa F2 na stupu Strezojevo-II.

#### Interpretacija facijesa:

Nalazi makrofaune unutar sedimenata ovoga facijesa ukazuju da se njihovo taloženje odvijalo u slatkovodnoj jezerskoj sredini (prilog 1.5. a; 1.5. d; 1.6. a; 1.9. c). Masivni pijesci prema MIALLU (1996) mogu predstavljati Sm pijeske tj. talog pješčanog gravitacijskog toka, a primarni nedostatak laminacije može biti posljedica izrazito brzog taloženja dobro sortiranog pijeska (COLLINSON i THOMPSON, 1989). Masivni pijesci mogu se odlagati i iz kvazistabilnih struja pridnenih tokova koje ne odlažu sediment naglo već teku dalje, a sediment agradira (KNELLER i BRANNEY, 1995). Pojavljuju se kad se prilikom ulaska u

jezero hladnija riječna voda s velikom količinom materijala spušta na dno zbog razlike u gustoći/temperaturi, te tamo odlaže sediment. Vjerojatnije se ipak radi o naknadnoj izmjeni i maskiranju primarnih laminacija pri čemu horizontalno laminirani pijesci pripadaju Sh tipu pijesaka. Takvi su pijesci taložni iz toka bogatog pijeskom vučnim mehanizmima u uvjetima gornjeg režima (REINECK i SINGH, 1972). Prelazak u koso laminirane pijeske upućuje na pad energije okoliša i pojavu strujnih riplova u uvjetima donjeg režima toka (REINECK i SINGH, 1972). Taloženje proslojaka silta i gline ukazuje na potpuno smirivanje uvjeta i sedimentaciju iz suspenzije. Široka rasprostranjenost velikih količina pijesaka ovog facijesa kao i njihov kontakt s jezerskim sedimentima facijesa F1 može upućivati na taloženje frikcijskim mehanizmima u okolišu manjih ušćevnih prudova za vrijeme velikih poplava (npr. WRIGHT i COLEMAN, 1974; WRIGHT, 1977).

### **F3 – Facijes koso uslojenih pijesaka i šljunkovitih pijesaka**

#### Opis facijesa:

Facijes koso uslojenih pijesaka i šljunkovitih pijesaka (F3) razvijen je na sedam istraživanih stupova: Sub-I (prilog 1.4.), Lip-I (prilog 1.5.), KBr-I (prilog 1.7.), Pet-I (1.8.), Čak-I (prilog 1.9.), Str-II (prilog 1.11.) i Vuk-I (prilog 1.12.). Pojavljuje se u vidu tanjih paketa debljine do 1 m unutar pjeskovitih facijesa, osim na stupu KBr-I (prilog 1.7. b) gdje zauzima čitavi vršni dio izdanka.

U podini facijesa F3 najčešće dolaze pijesci facijesa F2 (primjerice na stupu Lip-I prilog 1.5), osim na stupu Str-II gdje mu podinu čine šljunkoviti sedimenti facijesa F4 (prilog 1.11. c; 1.11. b) i na stupu KBr-I, gdje se u podini nalaze sedimenti heterolitnog facijesa F1 (prilog 1.7. b). Krovinu facijesa F3 također najčešće grade sedimenti facijesa F2, kao primjerice na stupovima Lip-I (prilog 1.5.), Pet-I (prilog 1.8), Čak-I (prilog 1.9), Str-I (prilog 1.10.) i Str-II (prilog 1.11). Na stupu Sub-I krovinu ovog facijesa čine siltovi facijesa F1, no sam kontakt između dva facijesa je pokriven (prilog 1.4).

Donja granica facijesa F3 je erozijskog karaktera, najčešće neravna kao primjerice na stupu Pet-I (prilog 1.8.), a ponekad i izrazito oštra i ravna kao na stupu KBr-I (prilog 1.7. b). Mjestimice, (na stupu Str-II, prilog 1.11. c) donja granica nije oštra, nego je obilježena postupnim prijelazom iz facijesa F4 u facijes F3. Gornja granica je najčešće oštra i ravna ili ponegdje s postupnim prijelazom u facijes F2.

Pijesci ovog facijesa pokazuju dobro izraženu kosu slojevitost (slika 4.5.). Dominiraju tangencijalna i planarna kosa slojevitost debljine setova do 15 centimetara, a na stupu Sub-I i

koritno kosa slojevitost (prilog 1.4. b). Mjerenje položaja planarno kosih i tangencijalno kosih slojeva je pokazalo slijedeće vrijednosti: stup Čakanec – 90/26, 40/18 (prilog 1.9.); stup Pet-I – 160/35, 180/27 (prilog 1.8.); stup Str-II – 285/25, 280/10 (prilog 1.11.). Na stupu Sub-I izmjeren je položaj osi korita duž pravca čije je pružanje smjerom 165-345 (prilog 1.4.).

Izdanak KBr-I otkriva i bočne varijacije unutar facijesa. Vidljivi su setovi koritno kose slojevitosti, planarne kose slojevitosti i ispune kanala debljine do 1 m (prilog 1.7. b). Setovi planarne kose slojevitosti pokazuju slijedeće nagibe slojeva: 250/8, 255/15, 220/19 i 110/10 (prilog 1.7. b). Unutar facijesa nalazimo široki raspon veličina čestica, od sitnog pijeska do šljunka.



**Slika 4.5.** Setovi kose slojevitosti unutar srednjezrnatog pijeska facijesa F3 na stupu Petracev.

Pijesak je najčešće žuto obojen. Dobro je sortiran, no mjestimično se pojavljuju i slabo sortirani siltozni pijesci (tablica 4.2.). Sedimenti ovog facijesa nisu fosiliferi, a stratigrafski se pojavljuju unutar donjih i gornjih *Viviparus* slojeva.

#### Interpretacija facijesa:

Krupnije zrnati pijesci i šljunkoviti pijesci upućuju na visoku energiju vode i često izrazitu promjenu u taložnom okolišu (npr. na kontaktu s facijesom F1 stupa KBr-I). Rijetke pojave kršja slatkovodne makrofaune potvrđuju preradu u slatkovodnom okolišu pa bi ovaj sediment mogao predstavljati setove pijesaka i šljunaka kakvi nastaju migracijom riječnih prudova (stup Pet-I), najsličnije Sp tipu facijesa i migraciji 2-D dina (MIALL, 1996.). Takve pijeske karakterizira planarna kosa slojevitost nagiba između 15° i 30°. Uz to pojavljuju se u setovima koji su omeđeni oštrim donjim i gornjim graničnim plohamama. Takve karakteristike

odgovaraju opisanim pijescima facijesa F3, a najjasnije su izražene u donjem dijelu stupa Pet-I (prilog 1.8. a). Mjestimične pojave međusobno isprepletenih kanalskih formi (stup KBr-I) upućuju na postojanje sustava riječnih korita poput onih kakve poznajemo u sustavima prepletenih rijeka. Koritasto koso uslojeni pijesci odgovaraju tipu St pijesaka (MIALL, 1996) i mjestimično sadržavaju loše sortirane valutice šljunka u obliku lag sedimenta (TIŠLJAR, 2004). Slične okoliše opisuju RUNDIĆ i dr. (2016) na lokalitetu u Sremskim Karlovcima. Iako neki lokaliteti Vukomeričkih gorica pokazuju izrazitu podudarnost s litofacijesom C u Sremskim Karlovcima treba naglasiti da se facijes F3 na istraživanom području često javlja u manjim paketima van konteksta dobro razvijene prepletene rijeke. Takve manje pojave unutar jezerskih facijesa mogu se objasniti progradacijom riječnog kanala u jezero prilikom kratkotrajnog pada razine tj. pulsacija razine jezera.

#### **F4 – Facijes masivnih i normalno graduiranih šljunaka**

##### Opis facijesa:

Facijes masivnih i normalno graduiranih šljunaka razvijen je unutar stupova Pet-I (prilog 1.8.), Str-I (prilog 1.10.) i Str-II (prilog 1.11.). Ukupna debljina nije mu poznata, a pojavljuje se u paketima debljine od 0,5 m do 1 m. Boja sedimenta je najčešće crvenkasto smeđa do žuta. Crvenkasto smeđe zone su često rezultat limonitizacije sedimenta, a mjestimično predstavljaju odraz boje valutica koje grade glavninu facijesa F4. Udio karbonatne komponente je nizak. Viši udio karbonata je zabilježen samo u uzorku Pet-I 10/2 (tablica 4.3.), što se može povezati s kršjem slatkovodne makrofaune koja je pronađena u analiziranom horizontu (prilog 1.8.) i sastavom pojedinih detričnih čestica (slika 4.10. c-4.10. f).

U podini facijesa F4 na svim stupovima nalazi se facijes F2. Krovinu na stupovima Str-I i Str-II izgrađuju sedimenti facijesa F2, a na stupu Pet-I sedimenti facijesa F3. Donja granica je isključivo erozijska, izrazito markantna (slika 4.6.; prilog 1.8. b). Gornja granica nije tako izražena, mjestimice je ravna, a prema facijesu F3 postupna.

Šljunak facijesa F4 je uglavnom normalno graduiran, a positnjavanjem često postupno prelazi u decimetarski paket pijeska u kojemu je u vršnom dijelu vidljiva kosa laminacija (prilog 1.11. b). Šljunak je loše sortiran s visokim udjelom pijeska i silta, mjestimice je udio sitnije frakcije izrazito visok pa je sediment određen kao siltozno-šljunkoviti pijesak (tablica 4.2.). Među valuticama ima dosta zaobljenih fragmenata gline i kršja slatkovodnih puževa.

Kao i kod facijesa F3, ni sedimenti ovog facijesa ne sadrže autohtonu fosilnu zajednicu pa je njegov stratigrafski položaj određen prema fosilifernim podinskim ili krovinskim naslagama.



**Slika 4.6.** Erozijski kontakt na stupu Strezojevo-I između pijeska facijesa F2 u podini i normalno graduiranog šljunka facijesa F4 u krovini.

#### Interpretacija facijesa:

Pojave šljunaka facijesa F4 predstavljaju nagle događaje visoke energije u slatkovodnom okolišu (kršje slatkovodne makrofaune, stup Pet-I, prilog 1.8. b) što je vidljivo iz izrazito erozijskog karaktera njihove donje granice. Masivan karakter šljunka u bazi facijesa F4 može se opisati kao Gcm (klastpotporni, masivan) šljunak (MIALL, 1996) koji positnjavanjem prelazi u koso laminirane pijeske Sr (kosolaminirani pijesci s riplovima), a pokazuje karakteristike pseudoplastičnog turbulentnog toka i postupan pad energije kroz positnjavanje prema gore i pojavu kose laminacije. U bazi stupa Str-I šljunak facijesa F4 ima karakteristike litofacijesa Gmm (MIALL, 1996) koji se odlikuje lošom sortiranošću, izostankom klastne potpore i visokim udjelom sitnozrnatih frakcija sedimenta, a često prelazi u litofacijes Gmh koji pokazuje blagu gradaciju klata. Takvi se sedimenti mogu taložiti kao rezultat procesa u tokovima visoke viskoznosti i velike snage, a često ispunjavaju starije kanalske, riječne forme (TIŠLJAR, 2004). Moguće je ipak da predstavljaju progradaciju prudova preko facijesa F2.

## F5 – Heterolitni facijes

### Opis facijesa:

Heterolitni facijes pojavljuje se na pet sedimentoloških stupova. Na području Vukomeričkih gorica razvijen je unutar tankih paketa na stupovima KBr-I (prilog 1.7. a), Kra-I (prilog 1.2.; slika 4.7.) i Vuk-I (prilog 1.12.), a debljina im ne prelazi 0,5 m. Na stupovima u Slavoniji obuhvaća znatno veći paket naslaga. Na stupu Sib-I (prilog 1.3. b) razvijen je u jednom intervalu debljine 5 m, a na stupu Sub-I (prilog 1.4. a; 1.4. b) ukupna debljina mu iznosi 4 m (unutar tri manja intervala).

Podinu facijesa F5 na stupovima Kra-I i Sub-I čini glinovitiji dio facijesa F1 (prilozi 1.2. i 1.4.), te pijesci facijesa F2 na stupovima Sib-I, Sub-I, KBr-I, i Vuk-I (prilozi 1.3., 1.4., 1.7. i 1.12). U krovini na stupu Kra-I i KBr-I dolaze siltovi facijesa F1, potom facijes F2 na stupovima Sib-I, Sub-I i Vuk-I te F3 na stupu Sub-I. Donja granica je najčešće erozijska što se najbolje vidi na stupovima Sub-I i Kra-I, a djelomično se nazire i na stupu Sib-I. Na istim stupovima Sib-I i Sub-I u vrhu facijesa F5 također nalazimo erozijsku ili neravnu granicu, dok je na ostalim stupovima ili ravna ili nejasna, markirana limonitnim zonama i korama.



**Slika 4.7.** Prugasta izmjena pijeska i glinovitog silta unutar heterolitnog facijesa F5 sa stupa Kravarsko.

Facijes se sastoji od centimetarskih do decimetarskih izmjena slojeva pijeska i siltoznih glina do glinovito-pjeskovitih siltova. Sortiranost sedimenta je najčešće srednja do vrlo dobra u pjeskovitim intervalima (tablica 4.2). Pijesci su najčešće normalno graduirani, a na stupovima u Slavoniji gdje je taj facijes najbolje razvijen mjestimice je vidljiva slabo izražena kosa laminacija. U bazi stupa Sub-I naziru se karakteristike valovite slojevitosti

(prilog 1.4. a). u vidu izmjena kontinuiranih siltozno-glinovitih proslojaka s pješčanim proslojcima u kojima je slabo vidljiva kosa laminacija.

Na području Vukomeričkih gorica manje intervale heterolitnog facijesa također čini izmjena sitnozrnatog pijeska i siltoznih glina, pri čemu su donje granice slojeva pijeska erozijske. U sastavu sedimenta najčešće nema karbonatne komponente, osim sporadične pojave zabilježene u siltoznom intervalu sa stupa Vuk-I (tablica 4.3.). Boja sedimenta je varijabilna ovisno o promatranom intervalu. Pijesci se pojavljuju u žutim nijansama, dok su glinoviti i siltozni paketi najčešće sivi. Primarne boje su mjestimice maskirane izraženom limonitizacijom sedimenta (prilog 1.4. b). Unutar facijesa F5 u bazi stupa Sub-I pojavljuju se pretaloženi primjerci (kršje) puževa iz roda *Viviparus*. In situ fosila nema, a prema superpozicijskom slijedu facijes F5 se pojavljuje unutar naslaga donjeg horizonta *Viviparus* slojeva.

#### Interpretacija facijesa:

Taloženje siltoznih glina do glinovitih siltova se zasigurno odvijalo iz suspenzije u mirnom okolišu. Izostanak primarnih tekstura i fosilnog sadržaja otežava interpretaciju, no pojava šarene, mrljaste obojenosti siltova može ukazivati na početak pedogenetskih izmjena u uvjetima taloženja na poplavnoj ravnici (COLLINSON, 1996). Izmjene s krupnozrnatim pjeskovitim materijalom mogu biti odraz varijacija u istom okolišu. Pijesci su taloženi za vrijeme jačih riječnih poplava, a laminacije i positnjavanje prema gore ukazuju na postupno slabljenje toka. Karakteristike su to koje često nalazimo u sedimentima probojnih lepeza (crevasse splay) (READING, 1996).

Sedimenti ovog facijesa utvrđeni u bazi stupa Sub-I u kojima se nazire valovita slojevitosti mogli su eventualno biti taloženi i u jezeru ili na čelima malih jezerskih delta (VAN DIJK i dr., 1978; DIMITRIJEVIĆ, 1989). Pojave manjih paketa sedimenata ovog facijesa unutar facijesa F1 (prilog 1.2.) ukazuju na donos krupnijezrnatog materijala u jezero prilikom poplavnih događaja.

## **Prilog 1. – Sedimentološki stupovi**

**Prilog 1.1.** – Legenda sedimentoloških stupova

**Prilog 1.2.** – Sedimentološki stup Kravarsko (Kra-I)

**Prilog 1.3.** – Sedimentološki stup Sibinj (Sib-I)

**Prilog 1.4.** – Sedimentološki stup Subocka (Sub-I)

**Prilog 1.5.** – Sedimentološki stup Lipnica (Lip-I)

**Prilog 1.6.** – Sedimentološki stup VGK 35 (Novo Brdo)

**Prilog 1.7.** – Sedimentološki stup Ključić Brdo (KBr-I)

**Prilog 1.8.** – Sedimentološki stup Petravec (Pet-I)

**Prilog 1.9.** – Sedimentološki stup Čakanec (Čak-I)

**Prilog 1.10.** – Sedimentološki stup Strezojevo I (Str-I)






**Prilog 1.11.** – Sedimentološki stup Strezojevo II (Str-II)

**Prilog 1.12.** – Sedimentološki stup Vukomerić (Vuk-I)









# LEGENDA

## FACIJESI

	heterolitni facijes
	facijes masivnih i normalno graduiranih šljunaka
	facijes koso uslojenih pijesaka i šljunkovitih pijesaka
	facijes masivnih i laminiranih pijesaka
	facijes glinovitih siltova

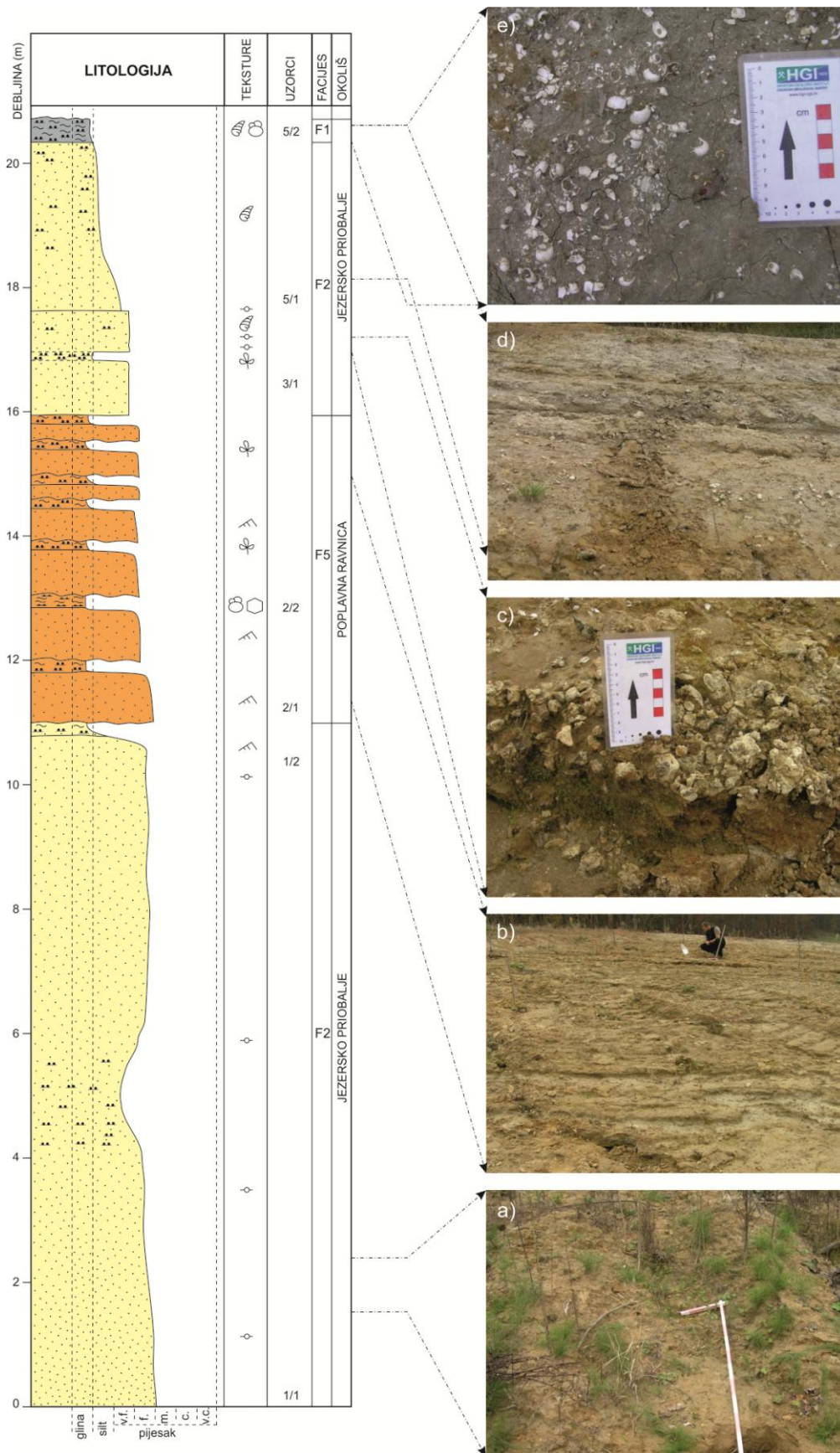
## LITOLOGIJA

	šljunak
	pijesak
	silt
	glina
	položaj fotografiranog detalja
	oznaka uzorka

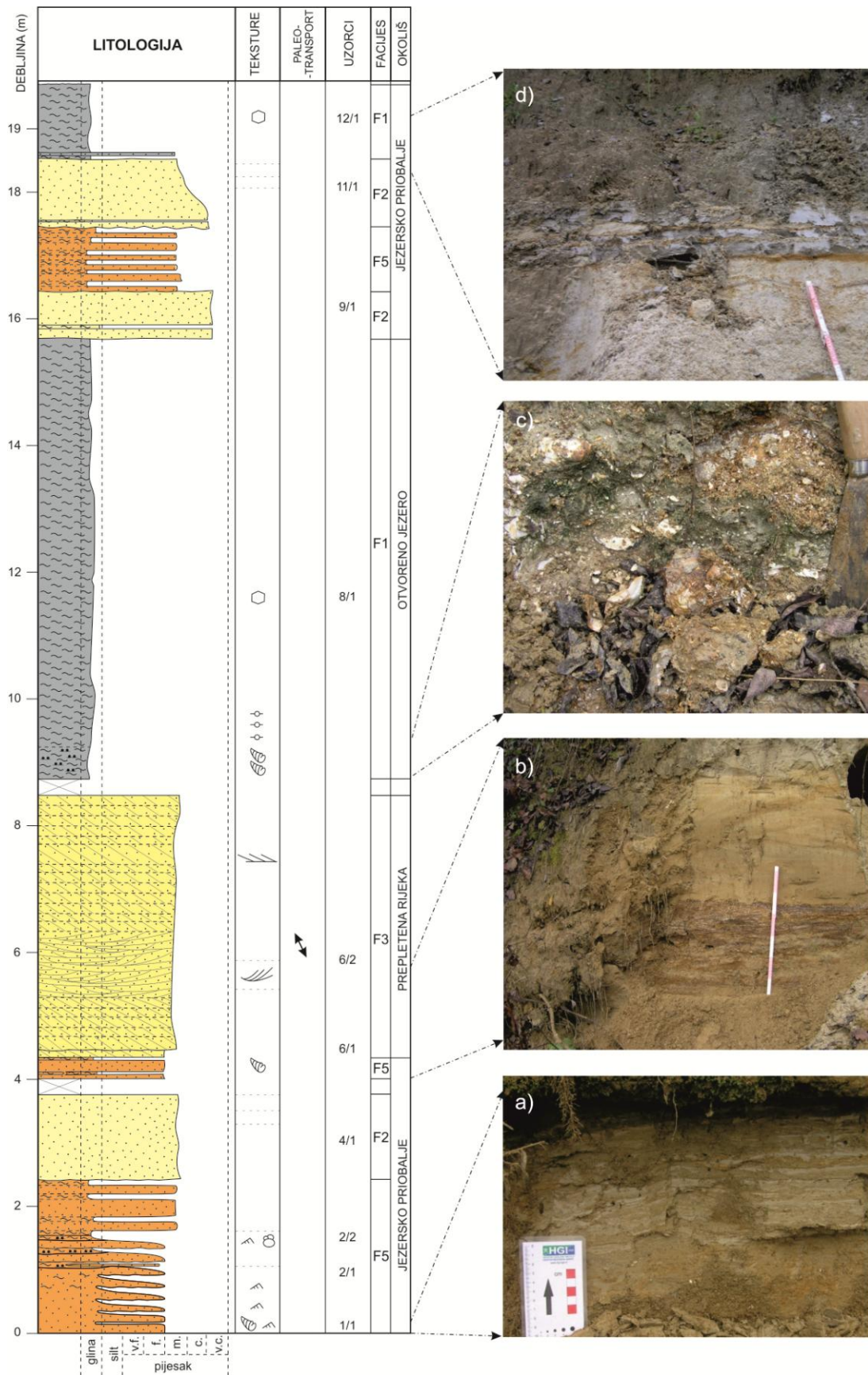
## TEKSTURE

	kosa laminacija
	horizontalna laminacija
	planarna kosa slojevitost
	koritna kosa slojevitost
	erozijska granica
	ravna granica
	postupni prijelaz
	erozijski kanal
	klasti gline
	bioturbacija
	karbonatne konkcije
	limonitna kora
	paleotlo
	smjer paleotransporta
	slatkovodna makrofauna
	slatkovodna mikrofauna
	makroflora
	mikroflora

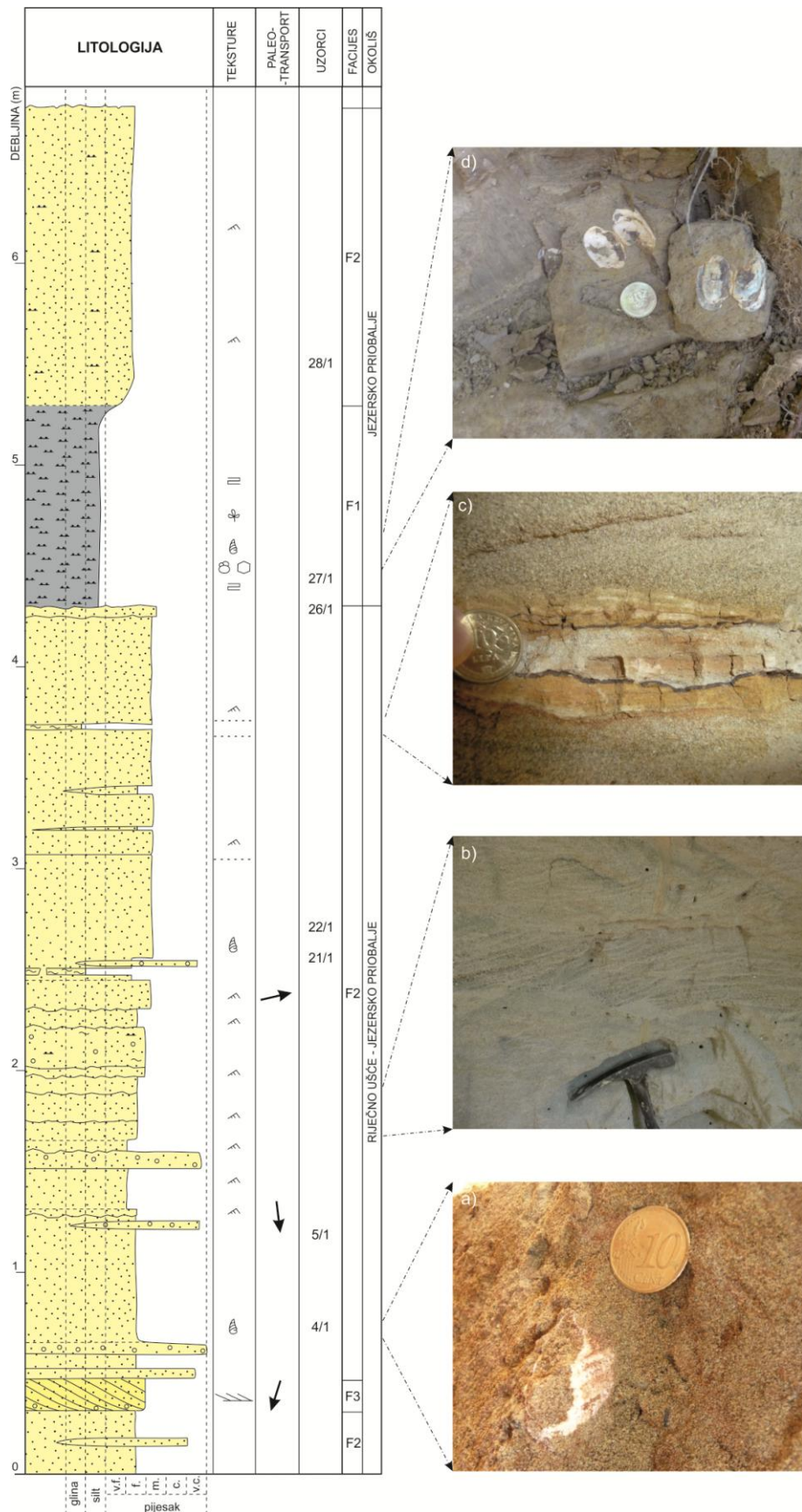




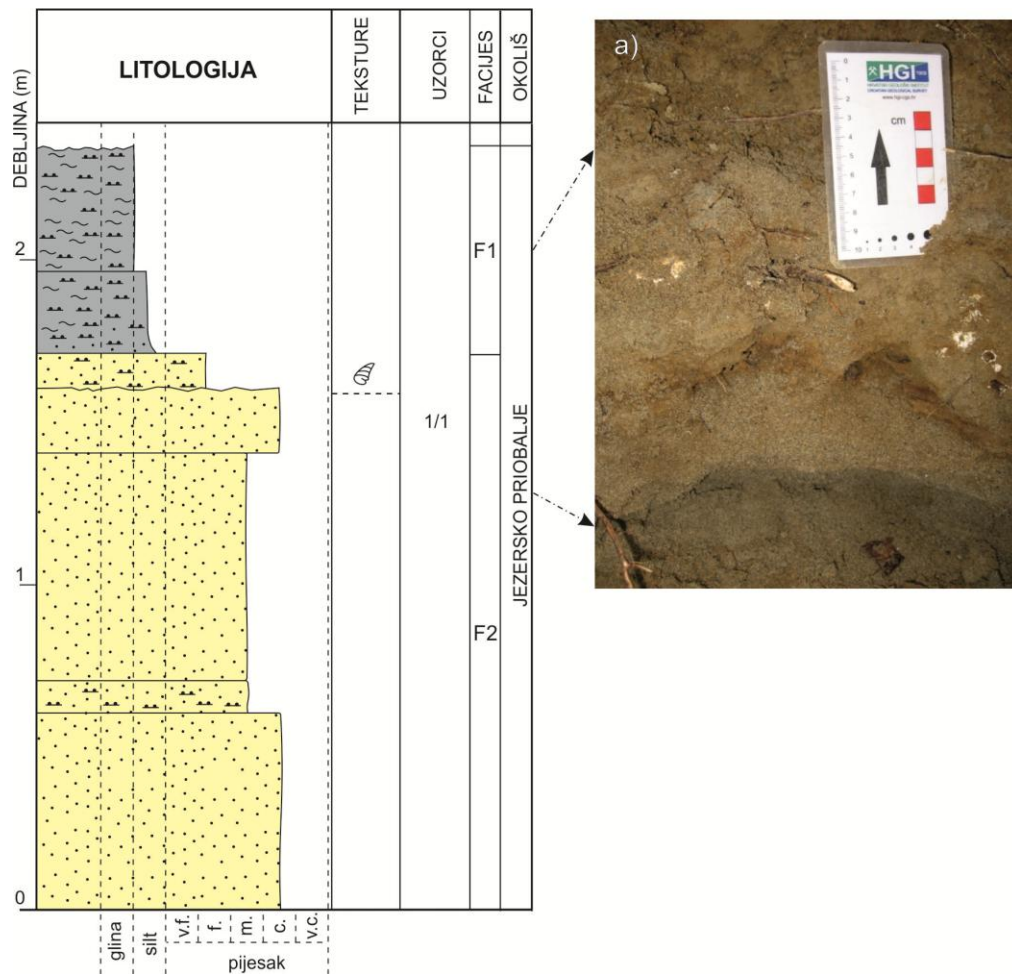
**Prilog 1.3. Sedimentološki stup Sibinj - I** (Sib - I); **a)** Sitno do srednjeznati pijesak facijesa F2 bez vidljivih tekstura; **b)** Izmjena kalcitičnog glinovitog silta i žućkastog srednjeznatog pijeska facijesa F5; **c)** Zona s karbonatnim konkrecijama, detalj iz facijesa F2; **d)** Postupni prijelaz sitnozrnatog pijeska facijesa F2 u glinovite siltove facijesa F1; **e)** Detalj facijesa F1 – makro fauna donjih *Viviparus* slojeva.



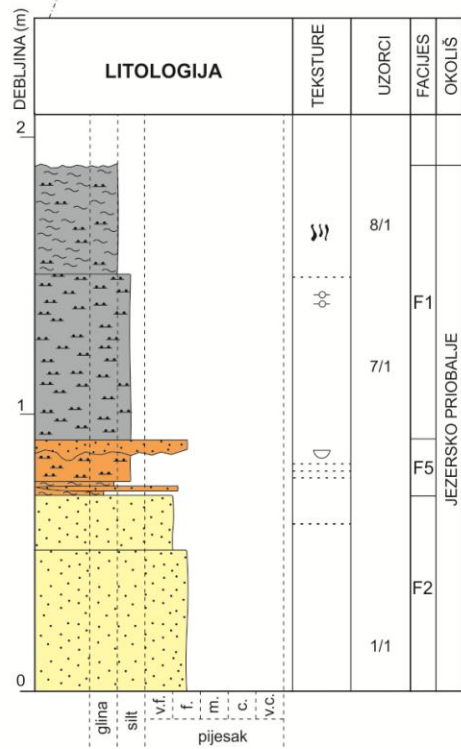
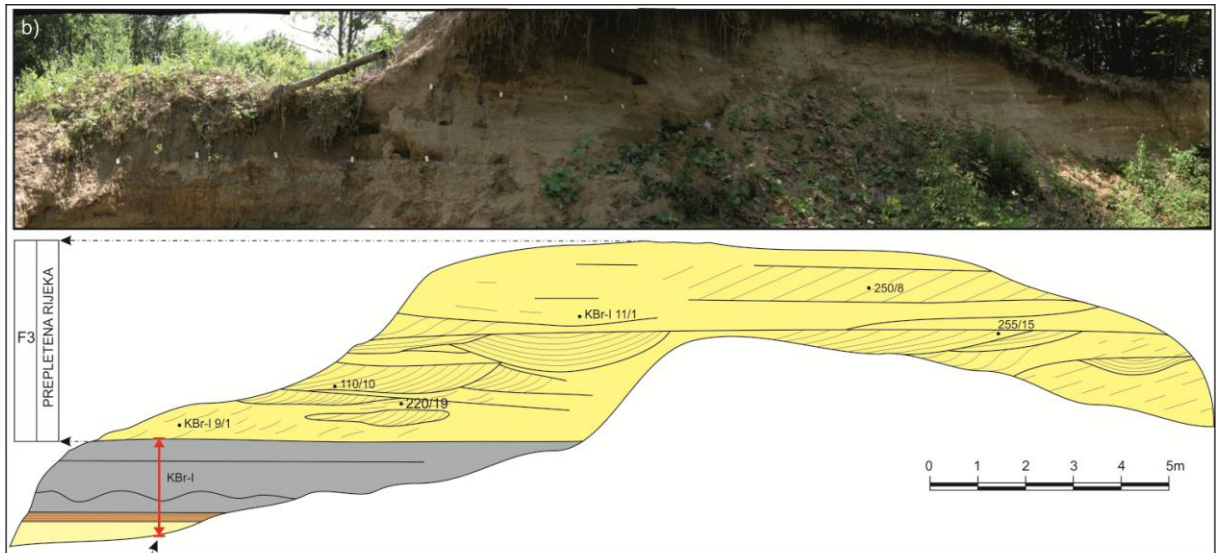
**Prilog 1.4. Sedimentološki stup Subocka - I (Sub - I); a) Detalj izmjene glina, glinovitih siltova i sitnozrnatog pijeska facijesa F5; b) Kontakt limonitiziranog facijesa F5 i planarno koso uslojenih pijesaka facijesa F3; c) Makrofauna donjih *Viviparus* slojeva u bazi glinovitih siltova facijesa F1; d) Oštra i ravna granica između pijesaka facijesa F2 i masivnih sivih glinovitih siltova facijesa F1.**



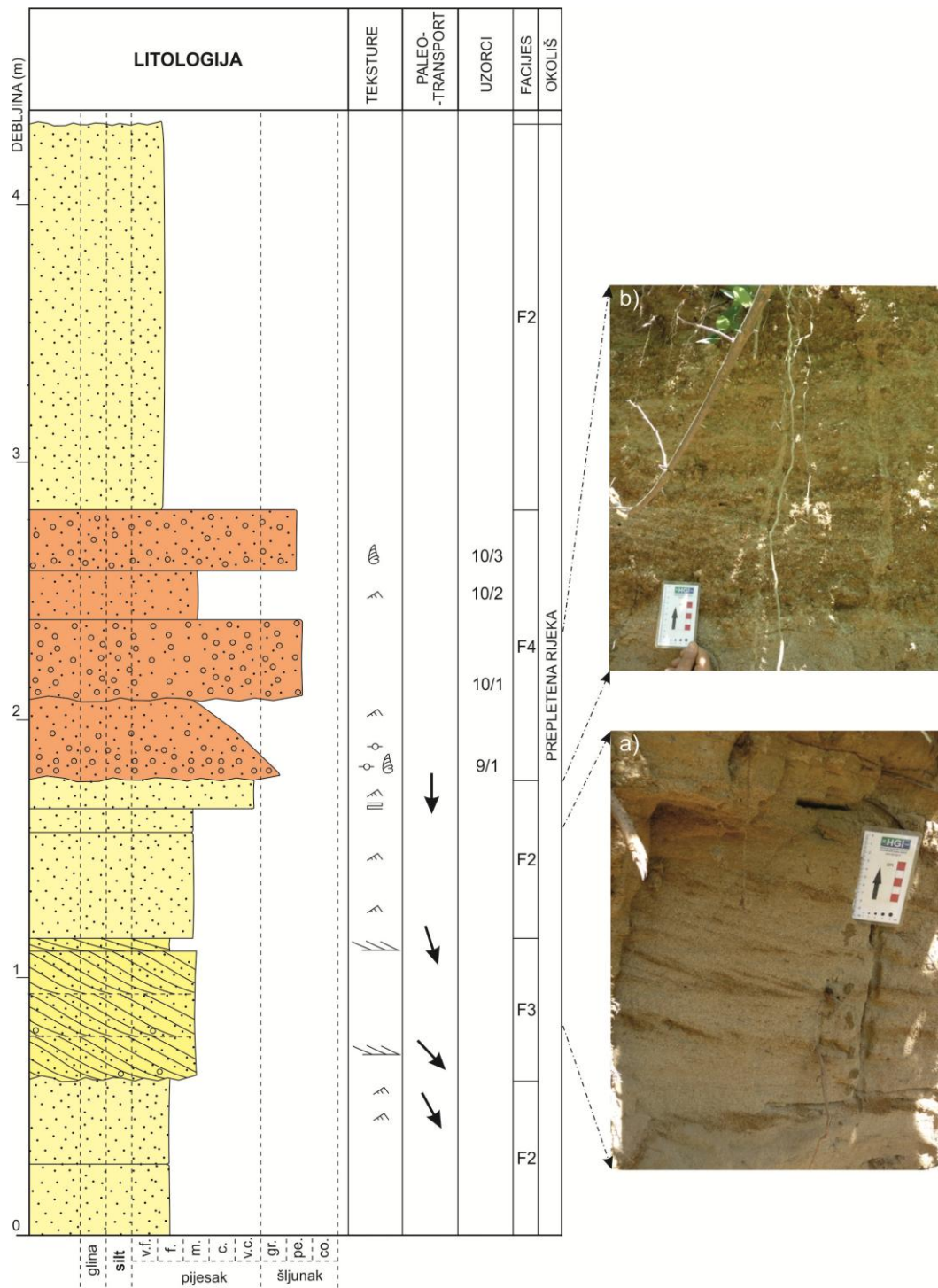
**Prilog 1.5. Sedimentološki stup Lipnica - I (Lip - I); a)** Pretaložena i imbricirana ljuštura školjkaša u bazi facijesa F2; **b)** Detalj, set koso laminiranog pijeska facijesa F2; **c)** Glinoviti proslojak omeđen limonitnim korama unutar paketa srednjeznatog pijeska facijesa F2; **d)** in situ ljuštore Unionida u bazi paketa sivih siltova facijesa F1.



**Prilog 1.6. Sedimentološki stup VGK 35; a)** Detalj neravne granice između paketa srednjezrnatog pijeska i siltoznog sitnozrnatog pijeska unutar facijesa F2. Vidljivi su pretaloženi ostaci faune mekušaca gornjih *Viviparus* slojeva.

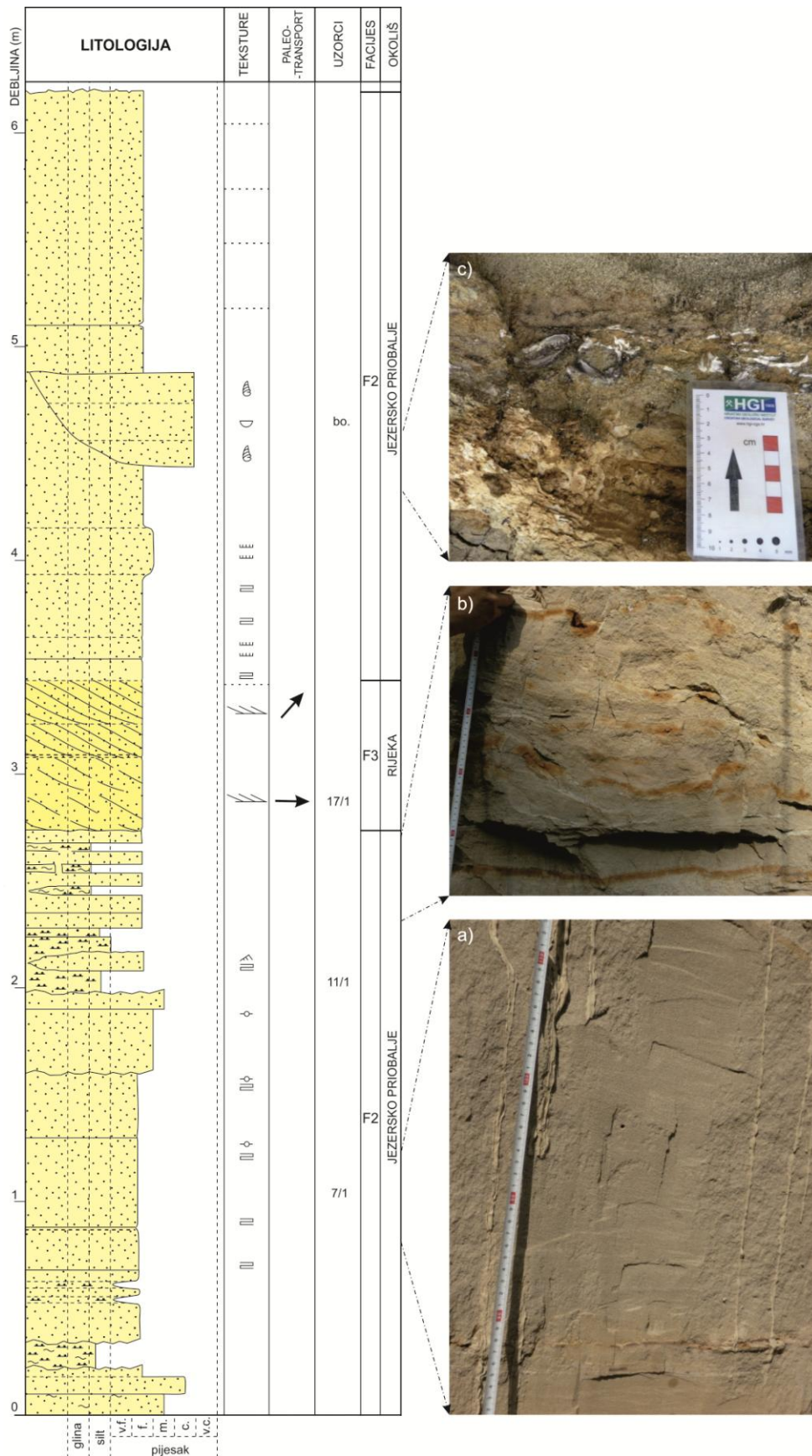


**Prilog 1.7. Sedimentološki stup Ključić Brdo - I (KBr - I); a) Detalj erozijske granice između paketa silta i pijeska unutar facijesa F5; b) Panoramska fotografija i skica koritnih formi na izdanku Ključić Brdo, s naznačenim položajem sedimentološkog stupa KBr - I.**

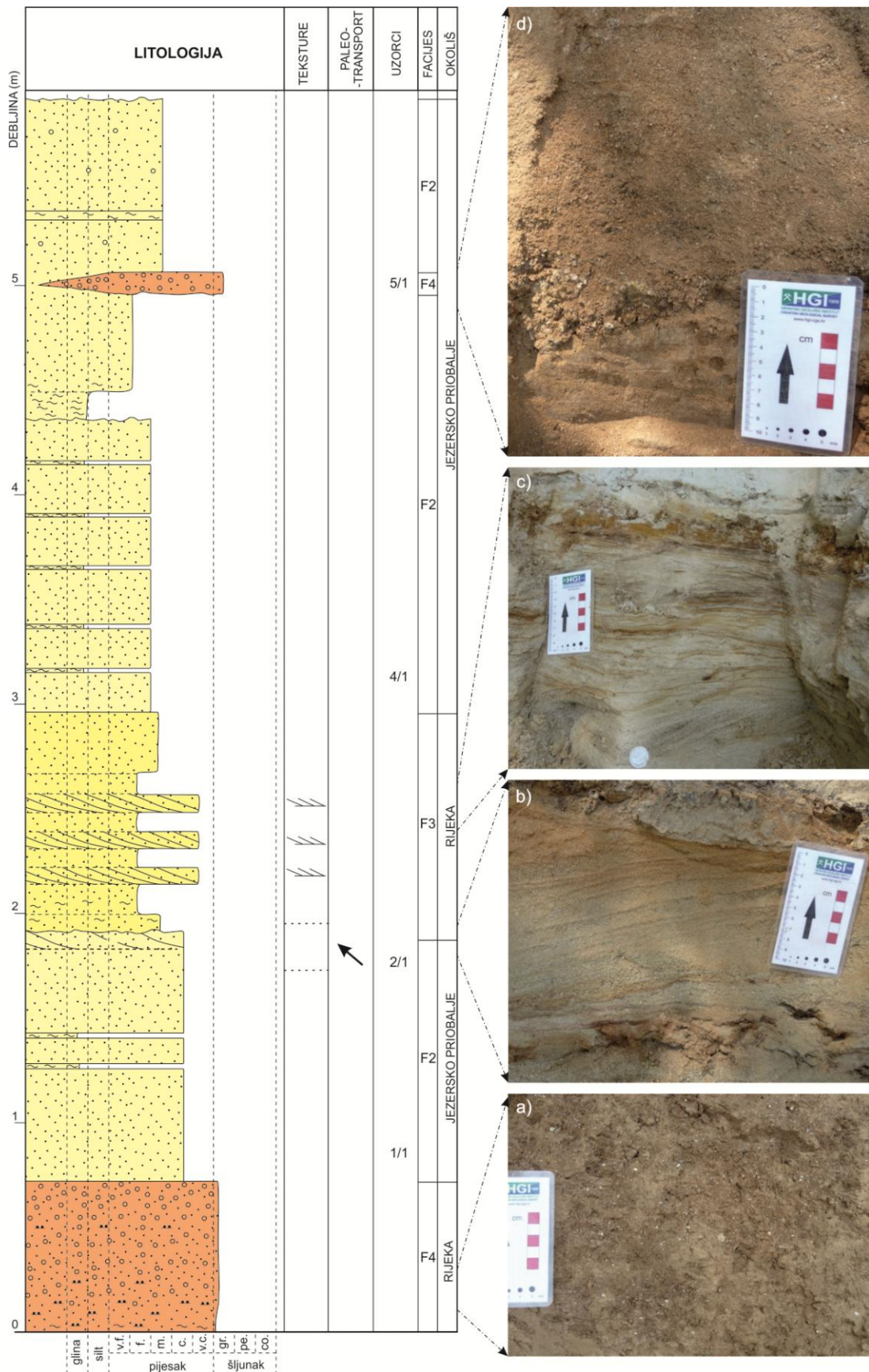


**Prilog 1.8. Sedimentološki stup Petracec-I (Pet-I); a)** Prikaz setova kose tangencijalne slojevitosti u srednjezrnatim pijescima facijesa F3 (uz gornji rub mjerilice nalazi se ravna oštra granica prema srednjezrnatim pijescima facijesa F2); **b)** Pjeskoviti šljunci facijesa F4 čija se donja erozijska granica nalazi u razini mjerilice.

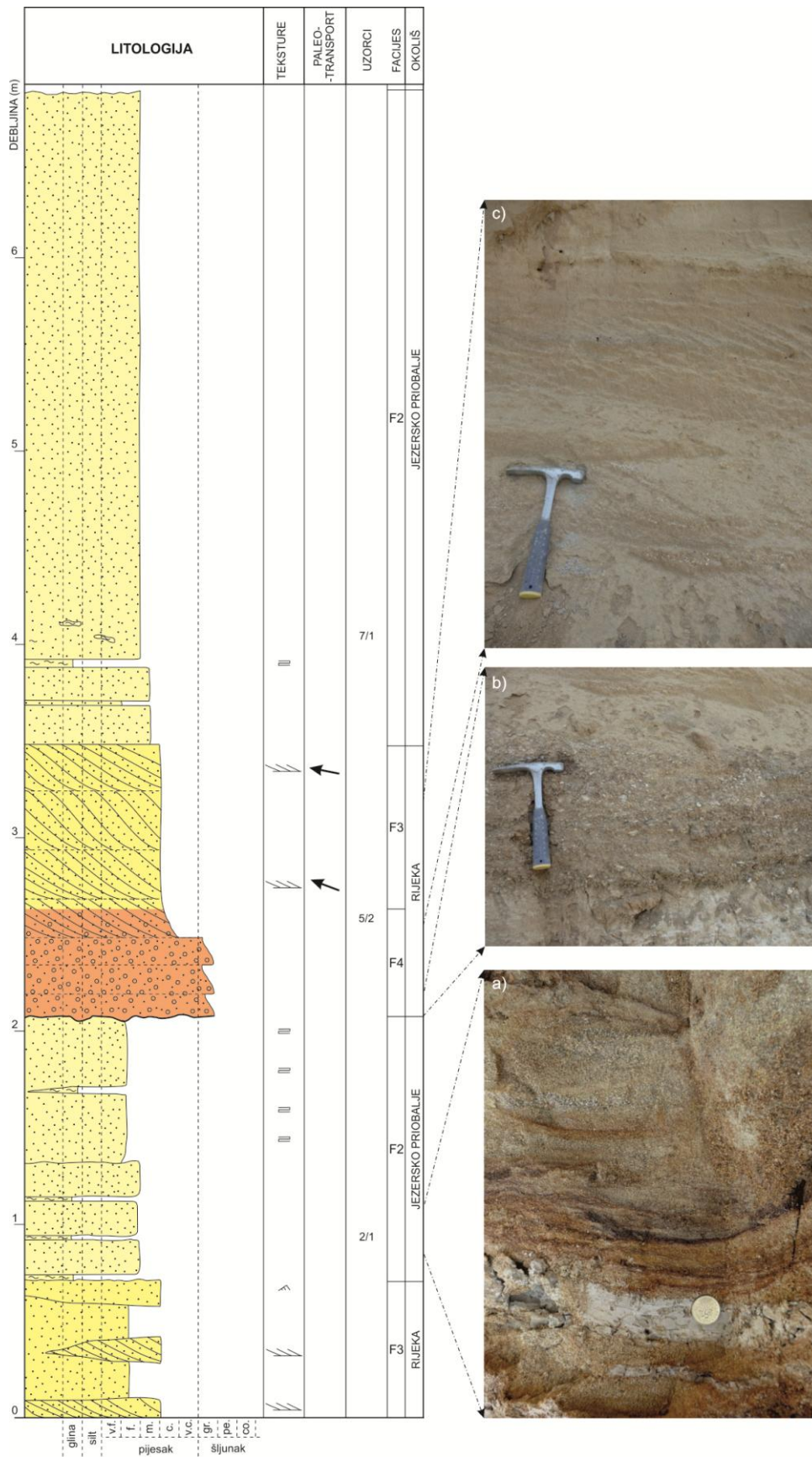




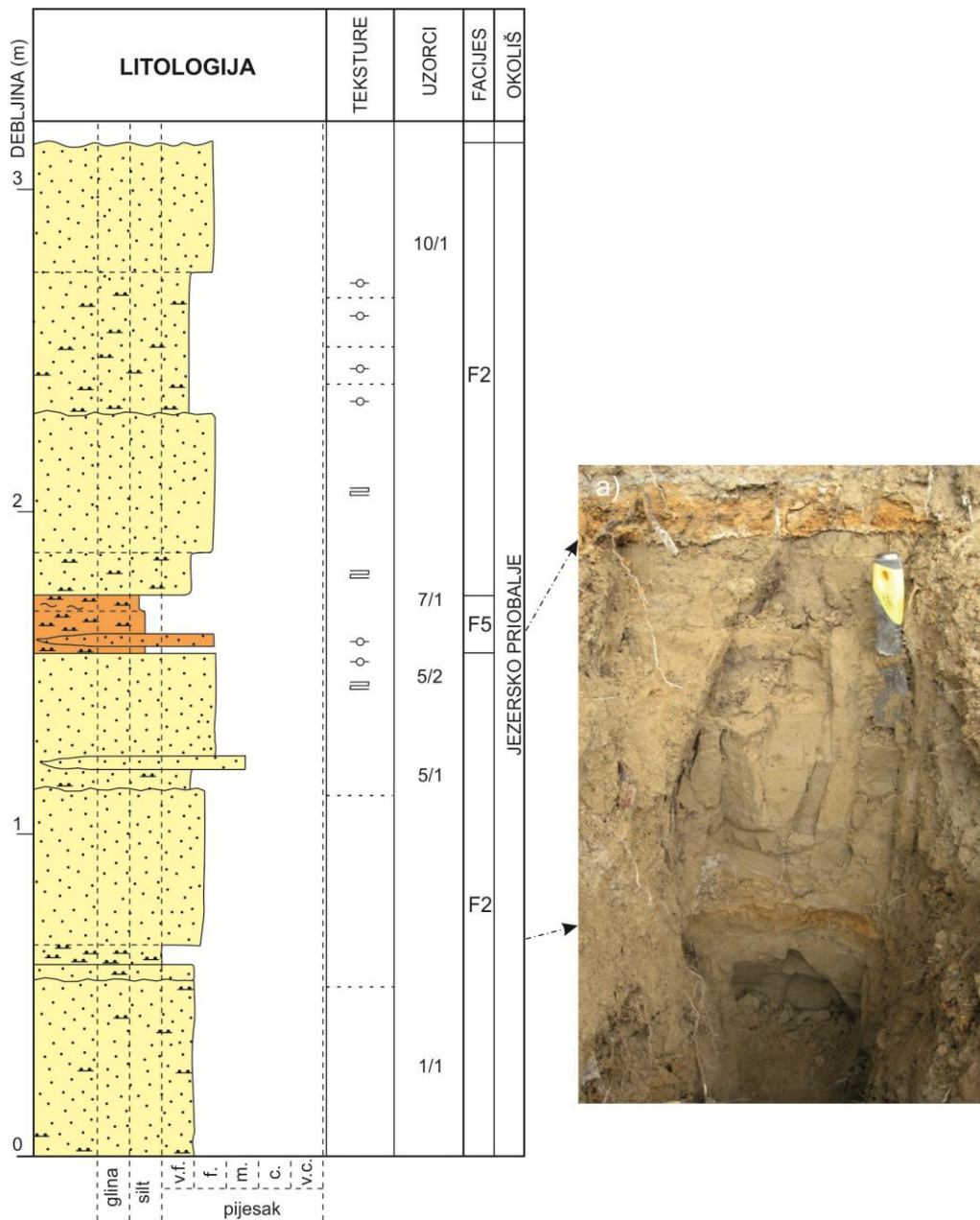
**Prilog 1.9. Sedimentološki stup Čakanec-I (Cak-I); a)** Sitnozrnat žučkasti pijesak facijesa F2 sa slabo izraženom horizontalnom laminacijom; **b)** Pojava glinovito siltoznih proslojaka i leća, te limonitiziranih zona u vršnom dijelu paketa pijeska facijesa F2; **c)** Krupnozrnat pijesak koritne ispune unutar facijesa F2 s brojnom faunom pretaloženih ljuštura Unionida.



**Prilog 1.10. Sedimentološki stup Strezojevo-I (Str-I); a)** Detalj slabo sortiranog pjeskovitog šljunka facijesa F4; **b)** Paket tangencijalne kose slojevitosti s donje strane omeđen limonitnom korom, a s gornje erozijskom granicom; **c)** Decimetarske izmjene koso uslojenih i masivnih paketa pijeska; **d)** Detalj uz mjerilicu prikazuje leću šljunka koja po svojim karakteristikama odgovara facijesu F4.



**Prilog 1.11. Sedimentološki stup Strezojevo-II (Str-II); a)** Izmjena srednjezrnatih limonitiziranih pijesaka i proslojaka sivih glina unutar facijesa F2; **b)** Positnjavanje prema gore u loše sortiranom šljunku facijesa F4, te njegov postupni prijelaz u krupnozrnati pijesak koji je vidljiv pri vrhu fotografije; **c)** Setovi kose slojevitosti u srednjezrnatom pijesku facijesa F3.



**Prilog 1.12. Sedimentološki stup Vukomerić-I (Vuk-I); a)** Fotografija prikazuje sitnozrnati žuti pijesak facijesa F2, a u razini lopatice je vidljiva gornja ravna i oštra granica prema glinovitom siltu heterolitnog facijesa (granica je markirana limonitnom korom).

## 4.2. Rezultati mineraloško-petrografskih analiza

### 4.2.1. Sastav litičnih čestica iz pijesaka

Analize izbrusaka načinjenih iz krupnijih frakcija pijeska pokazale su da nema razlike između frakcije zaostale na situ promjera 0,9 mm u odnosu na nešto krupnije čestice zaostale na situ promjera 1,25 mm. U obje analizirane frakcije pojavljuju se čestice starijih sedimentnih stijena, kiseli do bazični efuzivi i metapsamiti. Uzorci se međusobno razlikuju po kvantitativnom udjelu pojedinih skupina čestica.

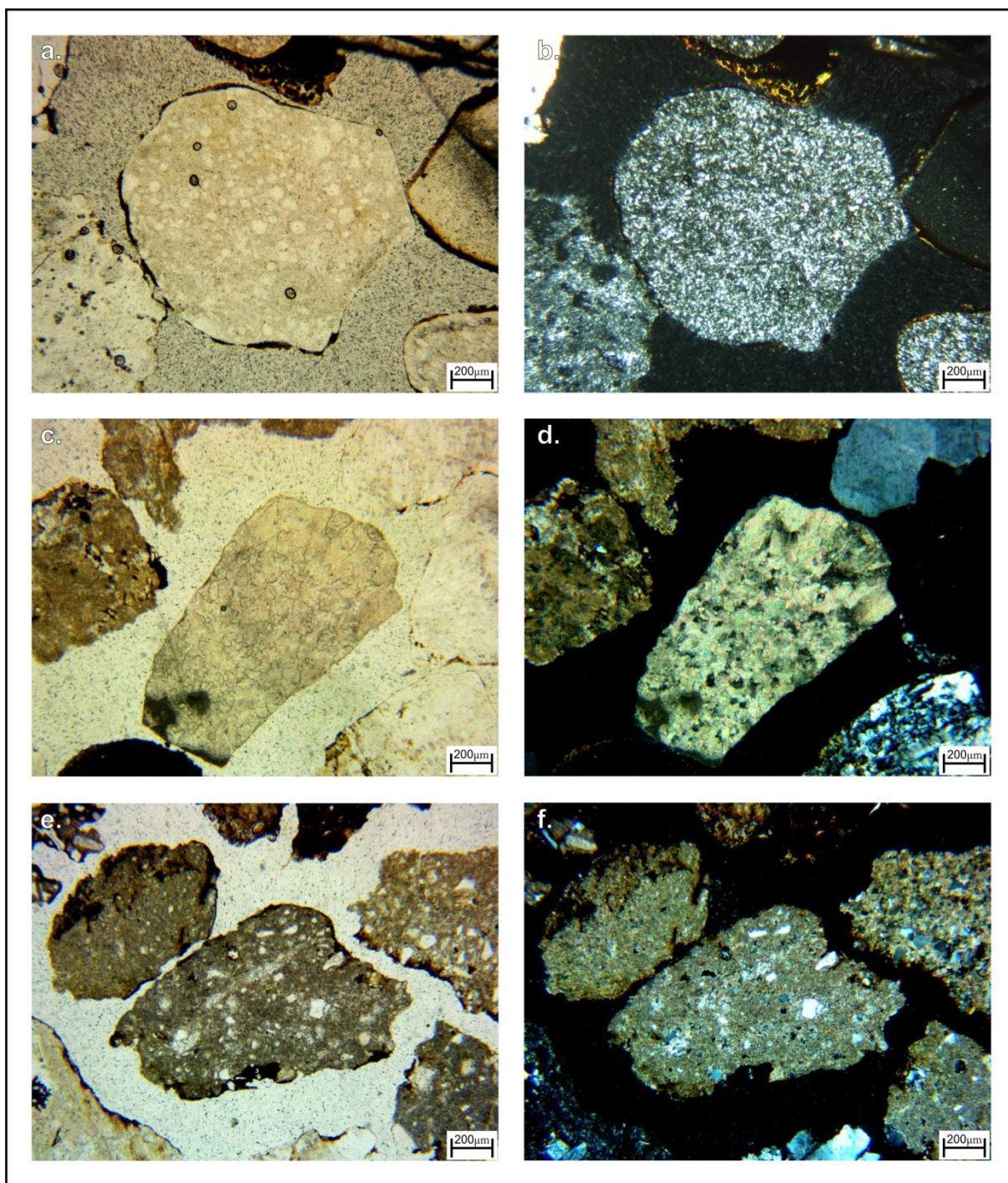
U uzorcima s sedimentoloških stupova Strezojevo-I (Str-I ) i Strezojevo-II (Str-II) prevladavaju zrna radiolarita (slika 4.10.a. i 4.10.b.) i kvarciti (slika 4.12.b.). Čestice radiolarita čine oko 40% do 50%, a kvarciti oko 20% svih čestica. Približno 20% litičnih fragmenata čine bazične stijene bazalt-dijabazi, spilitizirani bazalti (slika 4.11.a., 4.11.b, 4.11.c. i 4.11.d.). Bazični do neutralni andezit-bazalti i andeziti su slabije zastupljeni, a u uzorku Str-I 1/1 i potpuno izostaju. Od ostalih brojnijih čestica značajno mjesto zauzimaju metapsamiti (metapješčenjaci do kvarc sericitni škriljavci). Na jednoj čestici u uzorku Str-I 5/1 je vidljivo mikropertitsko proraštanje (slika 4.12.e.) karakteristično za granitoidne stijene, a nađena je i planktonska foraminifera *Globigerina sp.* (slika 4.12.f.), vjerojatno pretaložena iz marinskih miocenskih sedimenata (ŠPIŠIĆ, usmeno priopćenje).

Krupnozrnati pješčani i sitnošljukoviti detritus sa stupova Lipnica-I , Ključić Brdo-I i na izdanku Orleković sličan je onome na lokalitetu Strezojevo. Ipak, uočene su neke razlike. Tako detritus sa stupa Lipnica-I od čestica tipa rožnjaka sadrži samo radiolarijske rožnjake (slika 4.12.a.), a njihov udio je znatno manji nego na lokalitetu Strezojevo. Također, u uzorcima s ovog lokaliteta klasti neutralno-kiselih magmatskih stijena u potpunosti izostaju, dok je udio metamorfnih stijena, najčešće metapsamita, oko 10% (slika 4.12.c. i 4.12.d.).

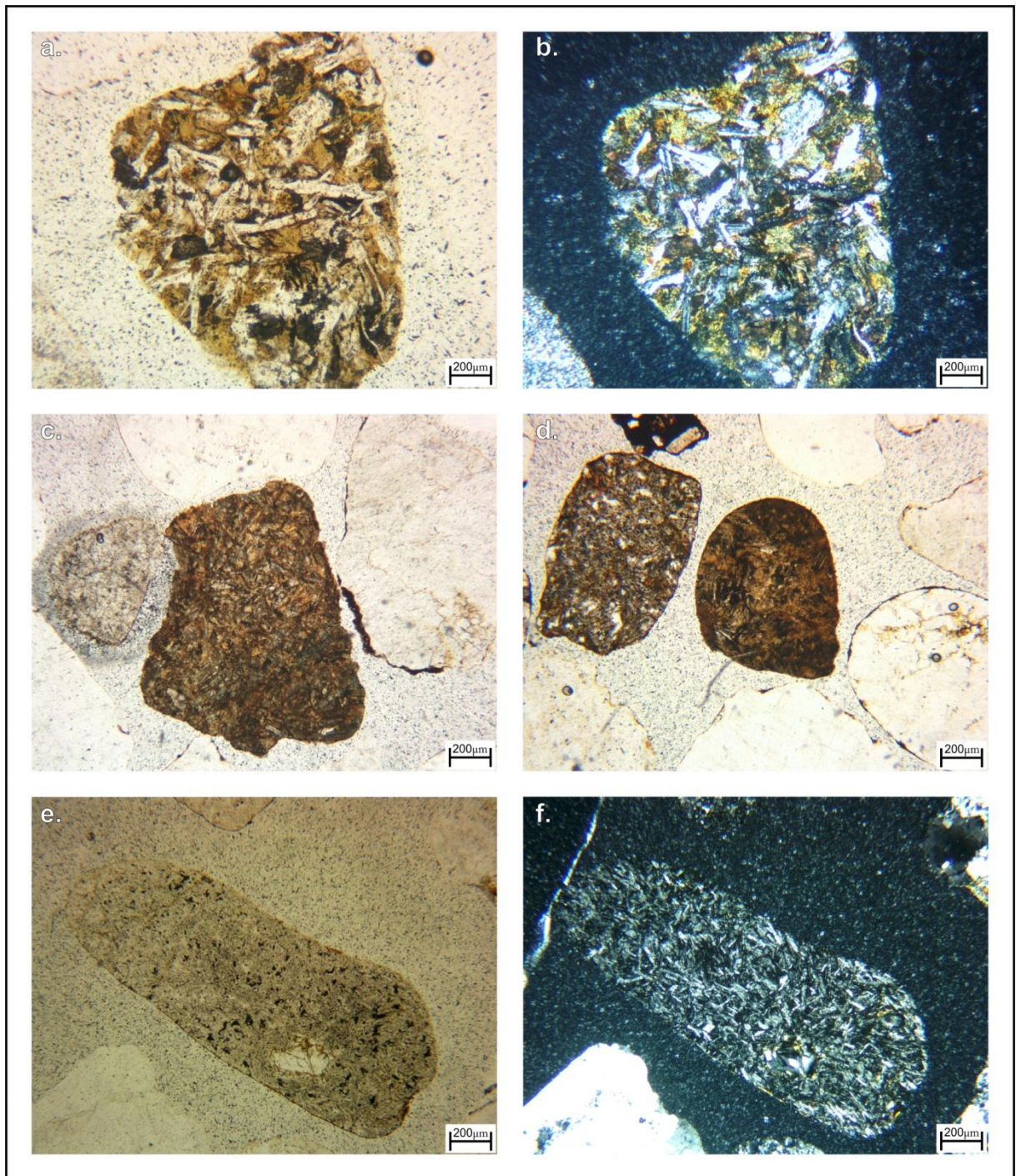
Za detritus sa stupa Ključić Brdo karakteristično je da sadrži nešto veći udio kiselih magmatskih stijena u odnosu na lokalitet Strezojevo, dok je za onaj s lokaliteta Orleković karakteristično da sadrži vrlo malo čestica rožnjaka.

Sastav siliciklastičnog detritusa uzoraka s lokaliteta Petracec je vrlo sličan uzorcima s prethodno opisanih lokaliteta, a karakterizira ga gotovo potpuni izostanak čestica radiolarita te smanjeni udio čestica spilitiziranih bazalta i dijabaza. Bitna značajka koja izdvaja lokalitet Petracec od svih ostalih lokaliteta je pojava karbonatnih zrna. Karbonatna zrna čine 30-40 % detritusa, a radi se o zrnima rekristaliziranih (slika 4.10.c i 4.10.d.) i pjeskovitih mikritnih

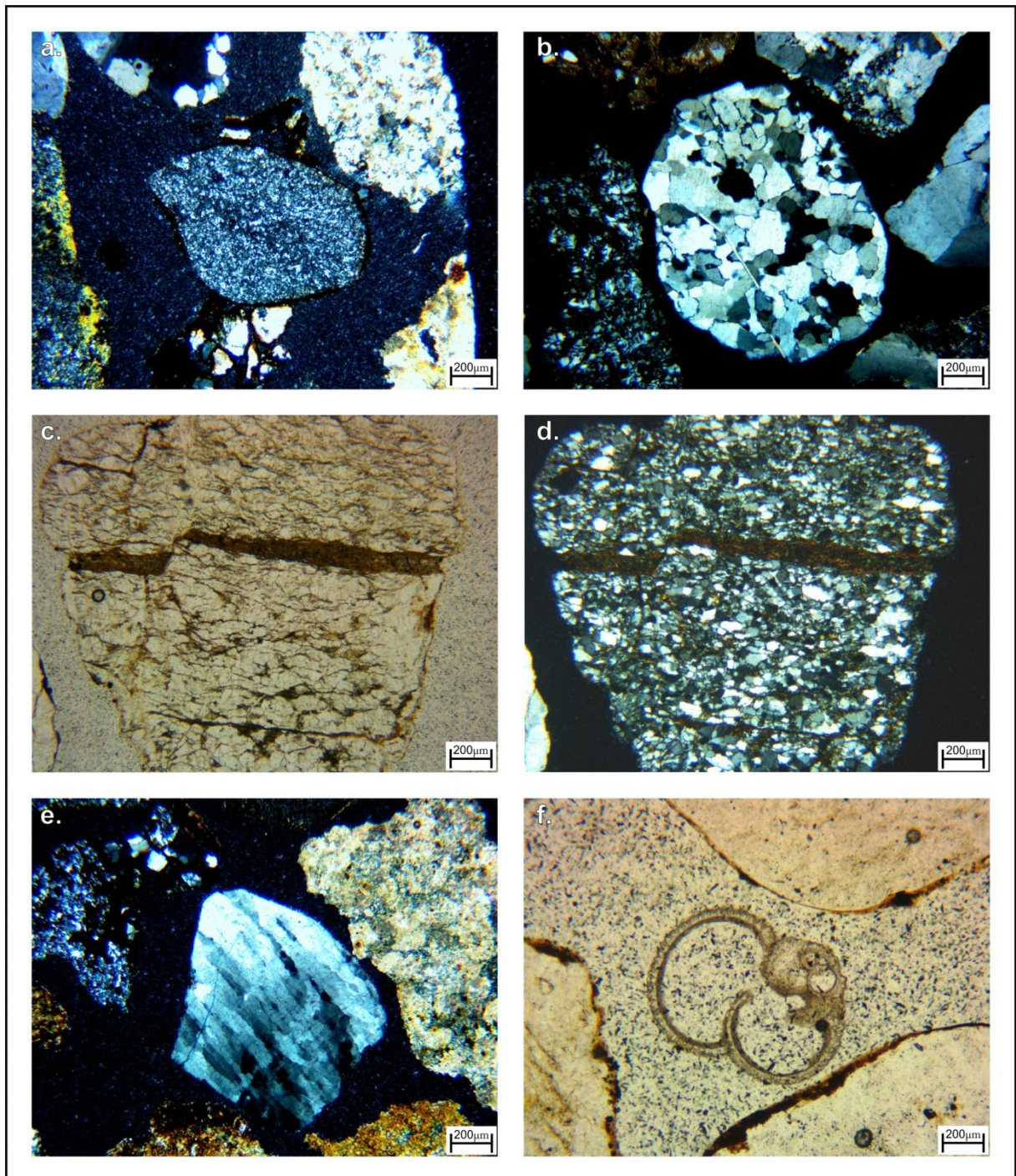
vapnenaca (slika 4.10.e. i 4.10.f.), ponekad dolomitiziranih. Osim toga zabilježena je i karbonatna čestica koju čini fosilni ostatak crvene alge.



**Slika 4.10.** Mikrofotografije litičnih čestica iz preparata krupnog pijeska na ostatku sa sita s promjerima otvora 0,9 mm i 1,25 mm: **4.10.a.** – radiolarit iz uzorka Str-I 5/1, fotografirano bez uključenog analizatora, **4.10.b.** – radiolarit iz uzorka Str-I 5/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.10.c.** – rekristalizirani vapnenac iz uzorka Pet-I 10/2, fotografirano bez uključenog analizatora, **4.10.d.** – rekristalizirani vapnenac iz uzorka Pet-I 10/2, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.10.e.** – pjeskoviti vapnenac iz uzorka Pet-I 10/2, fotografirano bez uključenog analizatora i **4.10.f.** – pjeskoviti vapnenac iz uzorka Pet-I 10/2, fotografirano s uključenim analizatorom.



**Slika 4.11.** Mikrofotografije litičnih čestica iz preparata krupnog pijeska na ostatku sa sita s promjerima otvora 0,9 mm i 1,25 mm: **4.11.a.** – dijabaz iz uzorka Str-I 5/1, fotografirano bez uključenog analizatora, **4.11.b.** – dijabaz iz uzorka Str-I 5/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.11.c.** bazalt/dijabaz iz uzorka KBr-I, fotografirano bez uključenog analizatora, **4.11.d.** bazalt/dijabaz iz uzorka KBr-I, fotografirano bez uključenog analizatora, **4.11.e.** andezit-bazalt iz uzorka KBr-I, fotografirano bez uključenog analizatora i **4.11.f.** andezit-bazalt iz uzorka KBr-I, fotografirano s uključenim analizatorom.



**Slika 4.12.** Mikrofotografije litičnih čestica iz preparata krupnog pijeska na ostatku sa sita s promjerima otvora 0,9 mm i 1,25 mm: **4.12.a.** – rožnjak iz uzorka Lip-I 21/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.12.b.** – kvarcit iz uzorka Str-I 5/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.12.c.** – metapsamit iz uzorka Lip-I 21/1, fotografirano bez uključenog analizatora, **4.12.d.** – metapsamit iz uzorka Lip-I 21/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.12.e.** – mikropertitsko proraštanje iz uzorka Str-I 5/1, fotografirano s uključenim analizatorom i **4.12.f.** – *Globigerina sp.* iz uzorka Str-I 5/1, fotografirano bez uključenog analizatora.



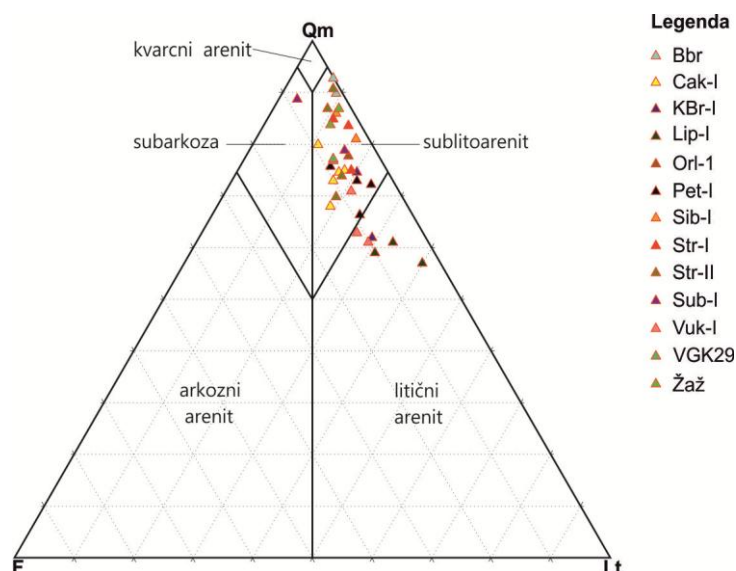
## 4.2.2. Modalni sastav pijesaka

Laka i teška mineralna frakcija (između 0,09 mm i 0,16 mm) analizirane su u pijescima sa svih istraženih sedimentoloških stupova na području Vukomeričkih gorica i Slavonije. Utvrđena je izrazita dominacija siliciklastičnih čestica, a rezultati analize modalnog sastava prikazani su u tablicama 4.4. i 4.5.

**Tablica 4.4.** Modalni sastav lake frakcije (0,09-0,16 mm) pijesaka *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica i Slavonije, te okolnih podinskih i krovinskih naslaga s detritičnim modovima prema DICKINSON (1985) prikazan u %. Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. **Legenda:** Qm=monokristalini kvarc; Qp=polikristalini kvarc; Qt=Qm+Qt; L=ostale čestice stijena; Lt=Qp+L, K=alkalijski feldspati; P=plagioklasi; ms=muskovit; DVS – donji *Viviparus* slojevi; GVS – gornji *Viviparus* slojevi; VS – *Viviparus* slojevi; Q – kvartar; P – gornji panon.

uzorak	stratigrafska pripadnost	Qm	Qp	Qt	L	Lt	K	P	ms
Sib-I 1/1	DVS	82	8	90	9	17	2	-	-
Sib-I 5/1	DVS	87	7	94	4	11	3	-	-
Sub-I 2/1	DVS	79	11	90	5	16	5	-	+
Sub-I 9/1	DVS	89	1	90	2	3	8	-	+
Lip-I 5/1	GVS	61	14	75	19	33	6	+	-
Lip-I 22/1	GVS	57	11	68	29	40	3	-	-
Lip-I 28/1	GVS	59	7	66	24	31	10	-	-
VGK 29	VS	78	7	85	8	15	8	-	-
Vuk-I 1/1	VS	77	6	83	9	15	8	+	-
Vuk-I 5/1	VS	61	7	68	22	29	10	1	-
Vuk-I 5/2	VS	71	6	77	15	21	8	-	+
Vuk-I 10/1	VS	63	4	67	22	26	11	-	1
Str-I 1/1	VS	83	5	88	9	14	2	-	-
Str-I 2/1	VS	75	5	80	14	19	6	-	-
Str-I 5/1	VS	85	4	89	7	11	4	-	-
Str-II 3/1	VS	91	5	96	3	8	1	-	-
Str-II 5/1	VS	87	5	92	4	9	4	-	-
Str-II 5/1c	VS	74	8	82	10	18	8	-	-
Str-II 7/1	VS	70	5	75	14	19	11	-	-
Pet-I 1/1	VS	73	9	82	12	21	6	-	-
Pet-I 2/1	VS	75	6	81	9	15	9	-	-
Pet-I 9/1	VS	67	11	78	14	25	9	-	-
Pet-I 10/2	VS	73	9	82	15	24	4	-	-
KBr-I 1/1	VS	74	10	84	10	20	5	-	-
KBr-I 11/1	VS	62	20	82	9	29	9	-	-
Cak-I 7/1	VS	75	2	77	16	18	7	-	-
Cak-I 11/1	VS	80	3	83	8	11	9	-	-
Cak-I 17/1	VS	68	6	74	13	19	13	-	+
Cak-I 24/1	VS	74	6	80	11	17	8	-	-
Cak-I b2	VS	73	3	76	14	17	10	-	-
Orl-1	Q?	77	4	81	13	17	5	-	-
Žažina 2	Q	87	4	91	7	11	2	-	-
Žažina 1	Q	84	5	89	6	11	5	-	-
BBr-1	P?	90	4	94	5	9	1	-	-
BBr-2	P?	93	4	97	3	7	-	-	-

Kao što se vidi iz tablice 4.4. u sastavu lake mineralne frakcije prevladavaju zrna monokristalnog kvarca, a njihov udio kreće se između 57% i 90%. Monokristalini kvarc je zastupljen uglatim i rijede slabo zaobljenim zrnima jednoličnog i valovitog potamnjenja. Udio čestica stijena kreće se u rasponu od 3% do 40%. Među njima najzastupljenije su čestice rožnjaka i kvarcita (Qt u tablici 4.4), a utvrđene su i tufitične čestice kao i fragmenti škrljavih stijena niskog stupnja metamorfizma. Feldspati su zastupljeni u vidu trošnih kalijevih feldspata, a njihov ukupni udio nigdje ne prelazi 15%. Tinjci (muskovit) se pojavljuju samo sporadično u koncentracijama manjim od 1% u vidu prozirnih listića zaobljenih rubova. Prema klasifikaciji koju su predložili PETTIJOHN i dr. (1987), a koja se zasniva na udjelu kvarca, feldspata i litičnih čestica zaključeno je da sastav pijesaka odgovara sastavu sublitoarenita i litičnih arenita. (slika 4.13.).



**Slika 4.13.** Klasifikacija pjeskovitih sedimenata *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica i Slavonije na temelju sastava lake mineralne frakcije pijesaka (0,09-0,16 mm) prema PETTIJOHN i dr. (1987). Objašnjenje oznaka: Qm=monokristalini kvarc; Lt=čestice stijena (polikristalini kvarc+ostale litične čestice); F=feldspati (K+P).

Rezultati analize lake mineralne frakcije pijesaka nisu pokazali da postoje značajnije razlike u sastavu ovisno o mjestu uzorkovanja ili stratigrafskoj pripadnosti pliocenskih sedimenata.

U teškoj mineralnoj frakciji, čiji se udio kreće između 0,6% i 9%, dominiraju opaki minerali i prozirni teški minerali, dok je udio dolomita, biotita i klorita u pravilu manji od 1% (tablica 4.5). Među prozirnim teškim mineralima u većini uzoraka najzastupljeniji su granati, a osim njih redovito su značajno zastupljeni epidot i staurolit. Cirkon, rutil i turmalin, najrezistentniji prozirni teški minerali, kao i amfiboli, zastupljeni su u svim uzorcima, ali s

nešto manjim udjelom. Ostali prozirni teški minerali se pojavljuju samo mjestimice ili s vrlo malim udjelom (tablica 4.5).

**Tablica 4.5.** Modalni sastav teške mineralne frakcije (0,09-0,16 mm) pijesaka *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica i Slavonije, te okolnih podinskih i krovinskih naslaga. Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. **Legenda:** tu – turmalin; zrn – cirkon; rt – rutil; px – pirokseni; am – amfiboli; ep – epidot; zo/czo – coisit/klinocoisit; grt – granati; ky – disten; st – staurolit; ttn – titanit; cr – kromit; br/an – brukit/anatas; x – neodređena mineralna zrna; op – opaki minerali; dol – dolomit; bi – biotit; co – klorit; pm – prozirni teški minerali; DVS – donji *Viviparus* slojevi; GVS – gornji *Viviparus* slojevi; VS – *Viviparus* slojevi; Q – kvartar; P – gornji panon.

Uzorak	strat. prip.	% tmf	Sastav teške min. frakcije (%)										Sastav prozirnih teških minerala (%)								
			op	dol	bi	co	pm	tu	zrn	rt	px	am	ep	zo	grt	ky	st	ttn	cr	br/an	x
Sib-I 1/1	DVS	0,85	28	1	-	-	71	10	1	5	8	6	23	1	24	13	5	2	-	1	1
Sib-I 5/1	DVS	0,67	33	-	-	-	67	9	2	8	3	7	19	1	33	8	7	-	-	-	3
Sub-I 2/1	DVS	1,65	43	-	-	-	57	8	7	12	1	10	10	-	40	2	14	-	-	-	1
Sub-I 9/1	DVS	5,96	51	-	-	-	49	6	8	14	1	6	8	1	43	1	6	-	-	-	3
Lip-I 5/1	GVS	9,04	52	-	-	-	48	4	4	4	3	5	12	1	57	2	5	-	-	-	4
Lip-I 22/1	GVS	4,28	44	-	-	-	56	5	1	3	2	4	9	-	64	1	8	1	-	-	3
Lip-I 28/1	GVS	1,22	60	-	+	+	39	4	2	3	-	14	17	5	40	2	7	-	-	-	5
VGK 29	VS	2,97	60	-	-	-	40	5	5	5	-	7	12	-	39	3	23	-	1	1	2
Vuk-I 1/1	VS	1,19	58	-	-	-	42	5	12	9	-	4	7	-	43	3	15	1	-	-	2
Vuk-I 5/1	VS	0,94	61	-	-	1	38	9	6	6	1	3	13	2	44	3	10	-	-	-	3
Vuk-I 5/2	VS	0,78	58	-	-	-	42	3	5	11	-	2	10	1	51	2	12	-	-	-	3
Vuk-I 10/1	VS	0,74	59	-	-	+	41	8	6	10	-	4	6	-	48	4	11	-	-	-	4
Str-I 1/1	VS	1,53	78	-	-	-	22	23	17	12	1	1	18	1	1	2	21	-	-	-	2
Str-I 2/1	VS	0,61	81	-	+	-	19	12	11	11	2	12	14	4	2	4	23	-	-	-	7
Str-I 5/1	VS	3,35	80	-	-	-	20	12	25	16	-	12	5	-	13	-	11	-	1	-	5
Str-II 3/1	VS	0,97	78	-	-	-	22	24	10	7	-	10	8	3	6	1	21	-	6	-	6
Str-II 5/1	VS	1,95	71	-	-	-	29	6	15	8	-	2	8	3	39	1	11	-	2	-	3
Str-II 5/1c	VS	1,2	78	+	-	-	22	9	9	6	-	12	9	-	32	1	18	-	-	-	4
Str-II 7/1	VS	2,97	56	-	-	-	44	4	6	6	-	10	11	+	52	1	7	-	1	-	3
Pet-I 1/1	VS	3,86	41	-	-	-	59	3	2	2	3	6	10	6	60	1	7	-	-	-	3
Pet-I 2/1	VS	1,64	50	-	-	-	50	6	3	4	3	6	14	2	42	1	13	-	-	-	6
Pet-I 9/1	VS	2,69	72	-	-	-	28	2	3	3	2	4	11	1	57	-	16	-	-	-	4
Pet-I 10/2	VS	3,21	59	-	-	-	41	3	6	7	3	5	11	4	52	1	6	-	-	-	3
KBr-I 1/1	VS	3,22	50	-	-	1	49	3	5	7	2	4	9	1	59	2	2	-	-	-	3
KBr-I 11/1	VS	2,81	54	-	-	1	45	8	8	4	1	4	25	1	35	1	11	-	-	-	3
Cak-I 7/1	VS	1,89	52	-	-	-	48	9	2	4	-	2	8	1	49	1	19	-	-	-	4
Cak-I 11/1	VS	1,31	65	-	-	+	35	5	13	12	-	2	2	1	48	2	11	-	2	-	3
Cak-I 17/1	VS	1,2	60	-	-	+	40	9	9	7	-	3	11	4	41	1	12	-	-	-	4
Cak-I 24/1	VS	1,17	64	1	-	1	34	8	6	3	3	2	8	2	46	2	15	-	1	-	4
Cak-I b2	VS	1,33	63	-	-	+	36	8	-	4	-	9	14	-	37	1	22	1	-	-	5
Orl-1	Q?	1,13	67	-	-	-	33	16	1	8	2	13	13	4	6	5	27	1	-	-	5
Žažina 1	Q	1,45	77	-	-	-	23	15	18	4	-	7	21	5	10	-	15	-	1	-	4
Žažina 2	Q	1,67	74	-	-	-	26	9	27	10	-	12	9	1	10	-	14	-	5	-	4
BBr-1	P	0,87	83	-	-	-	17	19	13	14	-	10	6	1	-	-	12	-	19	-	4
BBr-2	P	0,91	85	-	-	-	15	26	11	11	-	14	3	-	-	1	8	3	19	-	3

Udio opakih minerala ili minerala sa željezovitim prevlakama je relativno visok, često prelazi 50% sastava teške mineralne frakcije. Zapažaju se potpuno neprozirna crna zrna i zrna koja uz rubove prosijavaju crvenkasto smeđe.

Klorit se pojavljuje u manjem broju uzoraka u koncentracijama do 1% (tablica 4.5.). Zelene je boje i listićavog habitusa. Zrna su poluzaobljena bez uočljivog pleokroizma. Sličnog su habitusa i rijetka smeđa zrna biotita (slika 4.15.e).

Iz tablice 4.5 i grafičkog prikaza raspodjele teških minerala u analiziranim uzorcima (slika 4.14.) jasno je vidljiva dominacija granata u sastavu prozirnih teških minerala kod većine analiziranih uzoraka s područja Vukomeričkih gorica. Njihova koncentracija na stupu Petravec prelazi 60%. Odstupanja su uočljiva na litostratigrafskom stupu Strezojevo, te na izdancima Bašića brdo i Žažina. Na navedenim lokalitetima smanjuje se udio granata. Zrna granata su često sferična i slabo zaobljena, no javljaju se također i u obliku uglatih zrna/krhotina oštih rubova. Boja im varira od ružičaste (slika 4.15.d) do potpuno bezbojnih varijeteta.

Drugi najzastupljeniji mineral u analiziranim uzorcima je epidot. Njegov udio u pojedinim uzorcima je od 20-25% no češće mu koncentracija varira između 10% i 20%. Zelenkast je do žućkast u formi nepravilnih zrna. Uglavnom je trošne površine i poluzaobljen, ponekad kratkoprizmasti (slika 4.15.a, b; slika 4.16.d, f). Opaža se i blagi pleokroizam od žućkaste do žutozelene boje.

Staurolit je podjednako zastupljen kao i epidot, nalazi se u svim uzorcima. U pravilu je karakteristične medenožute boje, a ponekad i gotovo bezbojan sa živim interferencijskim bojama (slika 4.15.e; slika 4.16.a, b). Zrna su nepravilnih oblika, svježija i prozirna. Rijetki su kristali s očuvanim plohami prizme.

Turmalin poput epidota i staurolita dolazi u koncentracijama do maksimalno 24% no ipak najčešće oko 10%. Pojavljuje u vidu hipidiomorfnih zrna, najčešće sa sačuvanim plohami prizme. Na vrhovima je ponekad zaobljen (slika 4.15.f; slika 4.16.d). Jasno je vidljiv pleokroizam u prevladavajućoj smeđoj boji dok ostali varijeteti nisu zabilježeni.

Rutili su nešto rijetki no ipak prisutni u svim uzorcima. Javlja se u blago zaobljenim formama, često prizmatškog habitusa ili kao krhotine kristala. Boja mu je najčešće crvenosmeđa ili tamnocrvena (slika 4.15.b, d, e; 4.16.e, f).

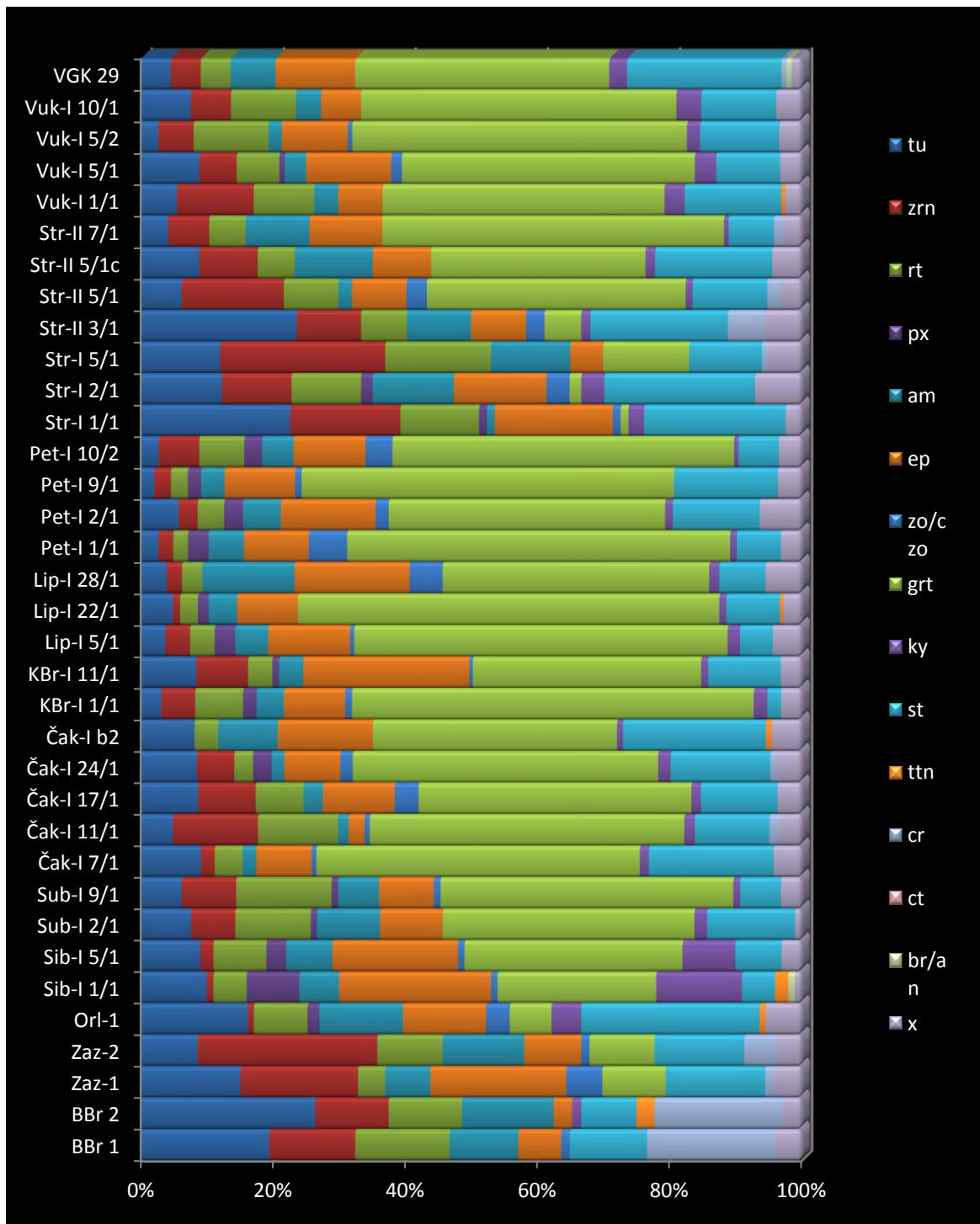
Cirkoni su prisutni u svim uzorcima. Najbrojniji su međutim u kvartarnom sedimentu s lokaliteta Žažina gdje im koncentracija među prozirnim teškim mineralima prelazi 20%. Uglavnom su kratkoprizmatski, hipidiomorfni, a u većini slučajeva i dobro zaobljeni. Rijetki su krhotine kristala ili pravilni kristali (slika 4.15.a, b; 4.16.d).

Udio kyanita u pravilu ne prelazi 5%, osim iznimno na stupu Sibirij gdje mu koncentracija doseže 13%. Prisutan je u većini analiziranih uzoraka. Karakteriziraju ga pločasta i uglavnom izdužena zrna, iznimno rijetko dolazi potpuno nepravilan. Bezbojan je, a interferira u niskim sivim i žutim interferencijskim bojama (slika 4.16.b, c). Uglavnom je jasno izražena kalavost po (100) i (010).

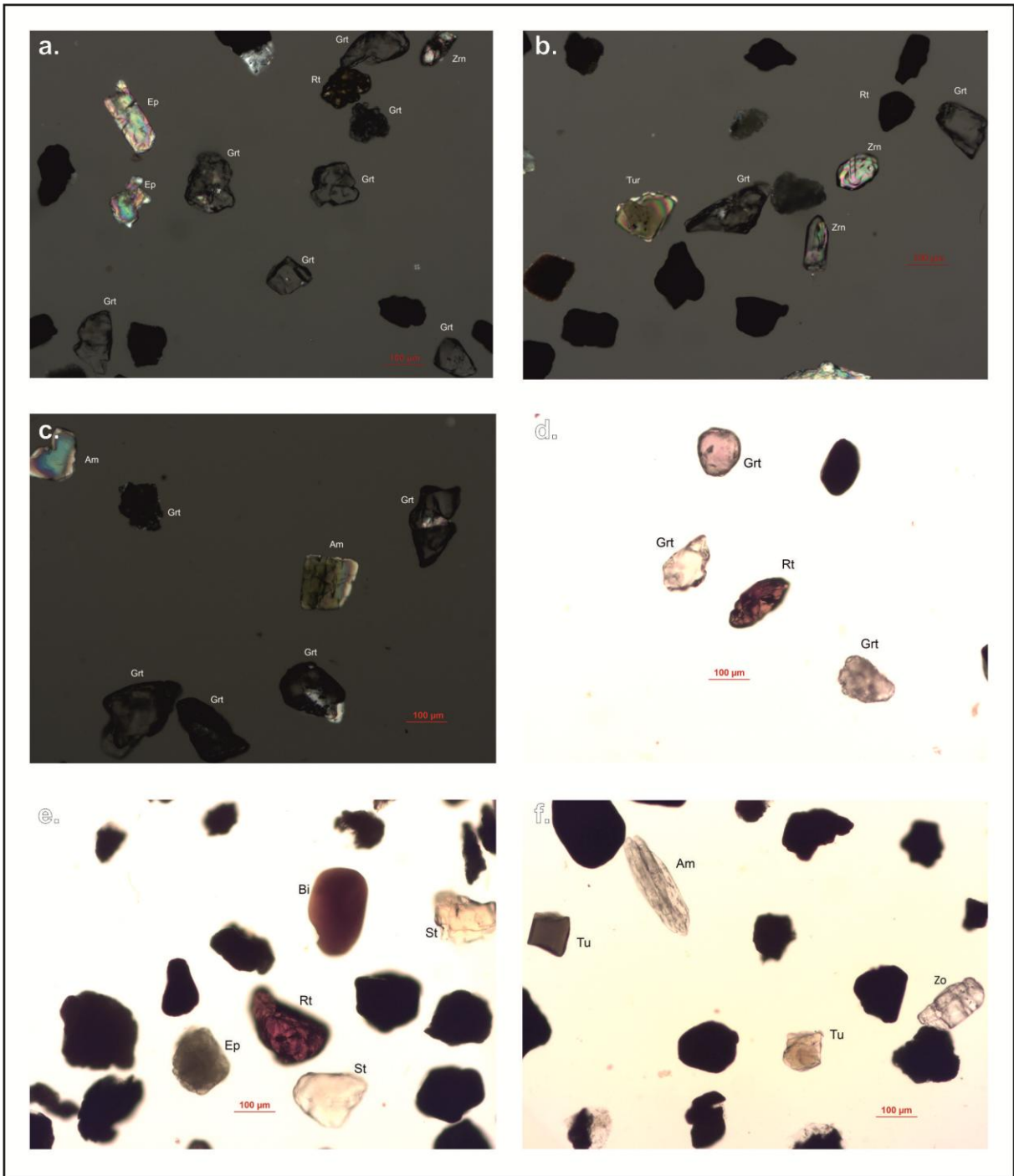
Amfiboli su nešto češći od piroksena. Dolaze u zelenoplavkastim do zelenim varijetetima i bezbojni (slika 4.15.c, f; slika 4.16.a, d, e). Po habitusu su najčešće blago izduženi s poluzaobljenim do zaobljenim vrhovima i vidljivim plohama prizmatske kalavosti. Mjestimično ima pojava nepravilnih prozirnih zrna, bez vidljive kalavosti i s blagim zelenkasto-plavim pleokroizmom.

Pojava piroksena je rijetka, osim na lokalitetu Sibirij gdje čine do 8% sastava prozirnih minerala teške frakcije (tablica 4.5). Uočljiv je visok reljef, a pojavljuju se u zelenim i bezbojnim varijetetima sa živim interferencijskim bojama (slika 4.16.a, e).

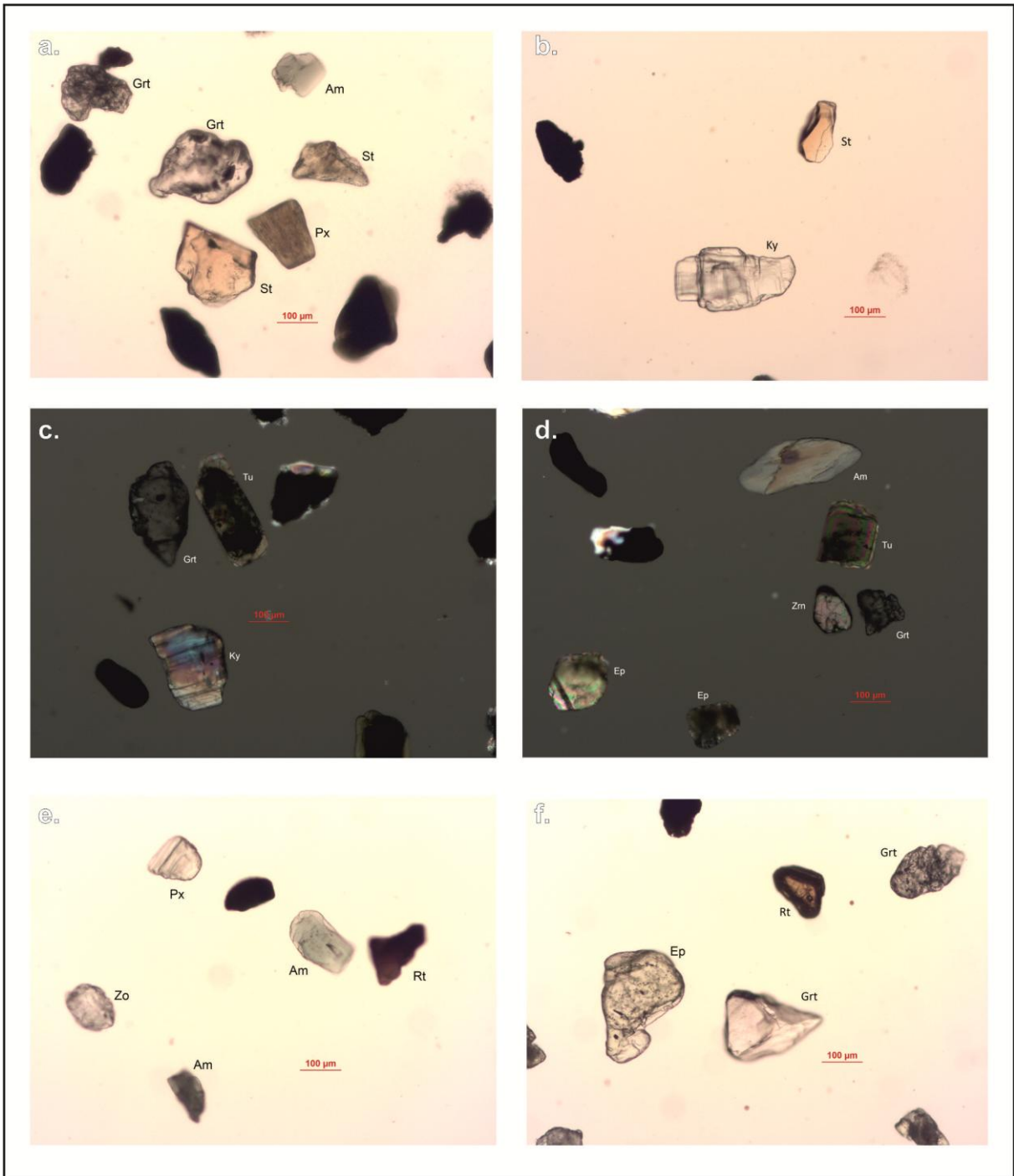
Od ostalih prozirnih mineralnih vrsta u teškoj frakciji se u nižim koncentracijama povremeno javljaju još zrna coisit/klinocoisita (slika 4.15.f; 4.16.e), titanita, kromita i brukit/anatasa.



**Slika 4.14.** Grafički prikaz međusobnih odnosa prozirnih minerala teške mineralne frakcije iz uzoraka pijeska s Vukomeričkih gorica i Slavonije (*Viviparus* slojevi + kvartarni lokalitet Žažina i panonski Bašića brdo). **Legenda:** tu – turmalin; zrn – cirkon; rt – rutil; px – pirokseni; am – amfiboli; ep – epidot; zo/czo – coisit/klinocoisit; grt – granati; ky – disten; st – staurolit; ttn – titanit; cr – kromit; ct – kloritoid; br/an – brukit/anatas; x – neodređena mineralna zrna.



**Slika 4.15.** Mikrofotografije teških minerala iz pjeskovitih uzoraka *Viviparus* slojeva snimljene na preparatima frakcije od 0,09-0,16 mm sa stupova Čakanec, Lipnica, Ključić Brdo i Strezojevo: **4.15.a.** – Čak-I 17/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.15.b.** – Čak-I 17/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.15.c.** – Lip-I 22/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.15.d.** – KBr-I 1/1, fotografirano bez uključenog analizatora, **4.15.e.** – Str-I 2/1, fotografirano bez uključenog analizatora i **4.15.f.** – Str-I 2/1, fotografirano bez uključenog analizatora. **Legenda** oznaka minerala: Bi-biotit; Zrn-cirkon; Am-amfibol; Rt-rutil; Ep-epidot; Grt-granat; Tu-turmalin; St-stauroilit.



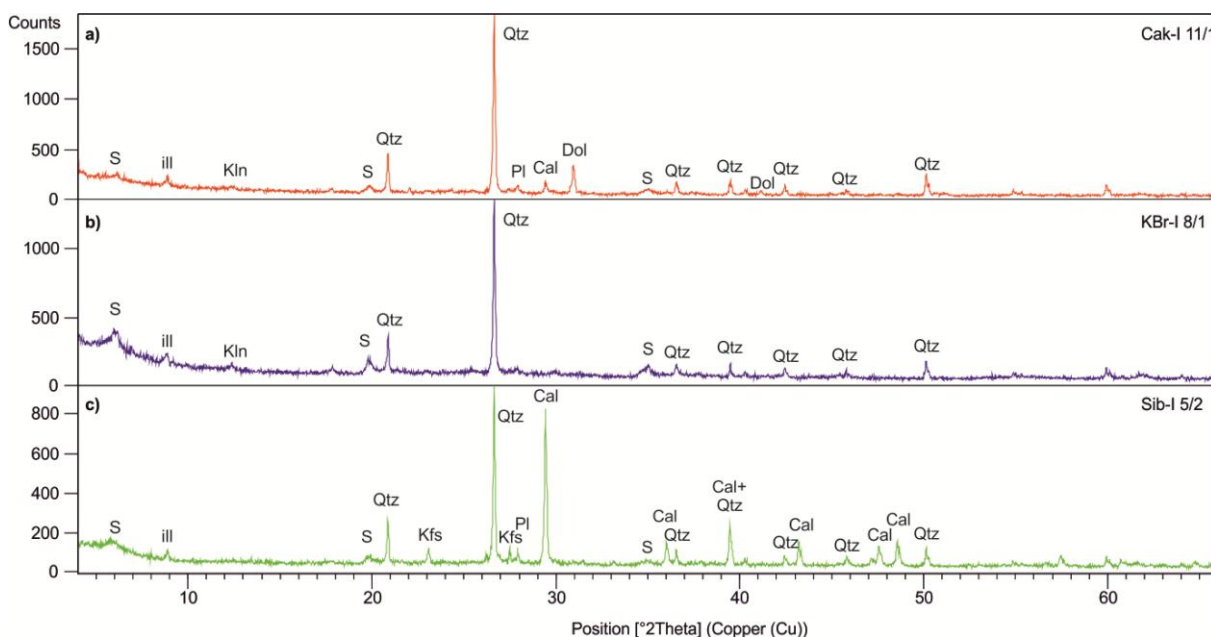
**Slika 4.16.** Mikrofotografije teških minerala iz pjeskovitih uzoraka *Viviparus* slojeva snimljene na preparatima frakcije od 0,09-0,16 mm sa stupova Lipnica i Sibinj: **4.16.a.** – Lip-I 22/1, fotografirano bez uključenog analizatora, **4.16.b.** – Lip-I 22/1, fotografirano bez uključenog analizatora, **4.16.c.** – Lip-I 22/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.16.d.** – Sib-I 1/1, fotografirano s uključenim analizatorom, **4.16.e.** – Sib-I 1/1, fotografirano bez uključenog analizatora i **4.16.f.** – Sib-I 1/1, fotografirano bez uključenog analizatora. **Legenda** oznaka minerala: Px-piroksen; Am-amfibol; Rt-rutil; Zo-coisit; Ep-epidot; Grt-granat; Tu-turmalin; Ky-kianit; St-staurolit.



### 4.2.3. Mineralni sastav pelitnih sedimentata

Mineralni sastav sedimenta metodom XRD analize na cjelovitim praškastim uzorcima određen je na deset odabranih lokaliteta. Rezultati pokazuju da je kvarc mineralna vrsta koja se uz minerale glina pojavljuje na svim istraživanim lokalitetima dok sadržaj ostalih mineralnih vrsta (kalcit, dolomit, aragonit i minerali iz grupe feldspata) varira od uzorka do uzorka.

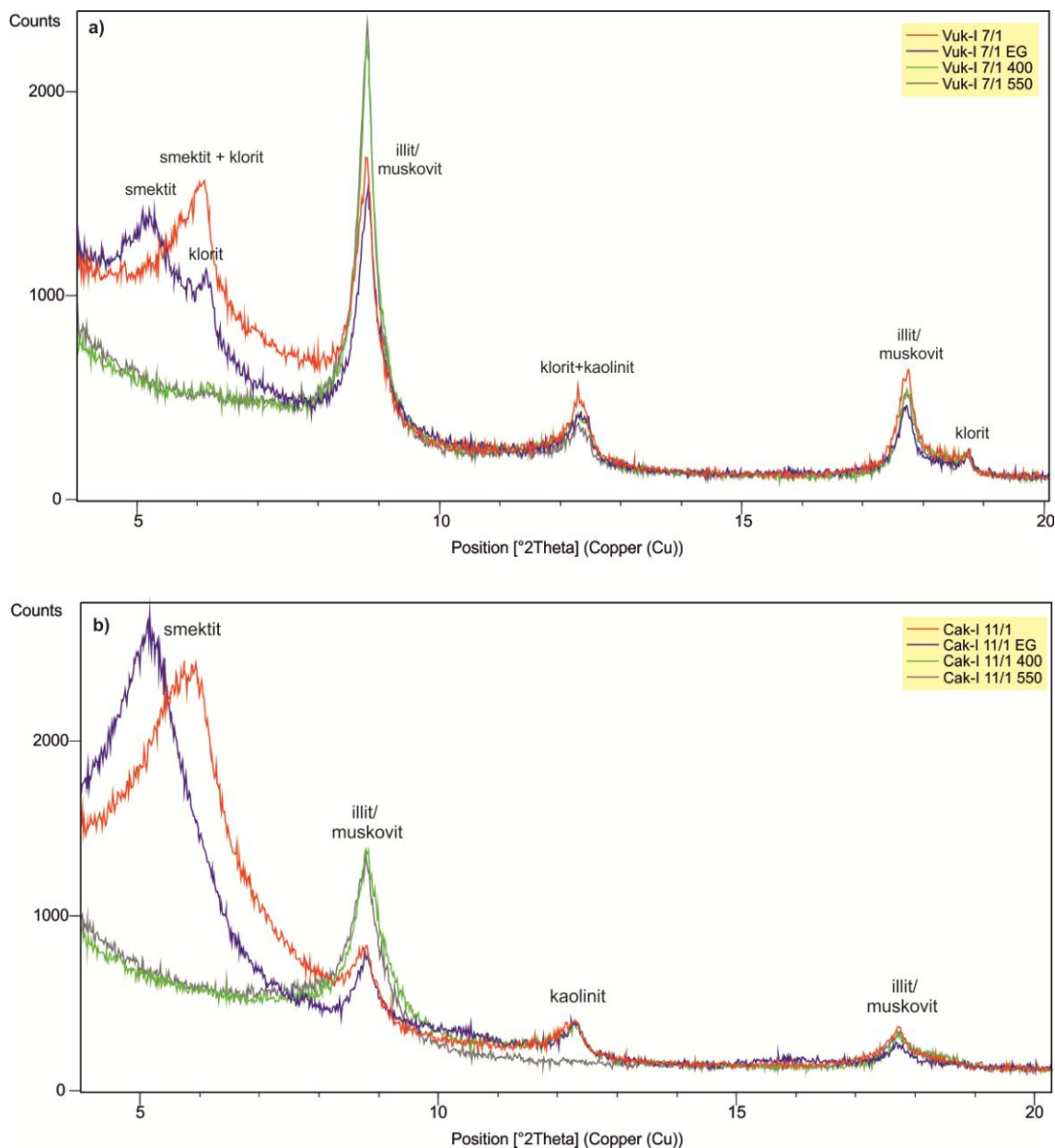
Primjer difraktograma sa slike 4.17. prikazuje usporedbu uzoraka Cak-I 11/1, KBr-I 8/1 i Sib-I 5/2 sa sedimentoloških stupova Čakanec, Ključić Brdo i Sibinj. Utvrđeno je da se isti sastoje od kvarca, kalcita, dolomita, smektita, kaolinita, illita, kalijevih feldspata i plagioklasa. Vidljivi su najintenzivniji pikovi kvarca pri  $20,8^{\circ}2\theta$  i  $26,67^{\circ}2\theta$ , plagioklasa oko  $27,9^{\circ}2\theta$ , kalcita na  $29,43^{\circ}2\theta$ , dolomita na  $30,98^{\circ}2\theta$ , illita na  $8,8^{\circ}2\theta$  i  $17,8^{\circ}2\theta$ , te kaolinita na  $12^{\circ}2\theta$  i smektita na  $6,3^{\circ}2\theta$ .



**Slika 4.17.** Difraktogram cjelovitih praškastih uzoraka Cak-I 11/1 (a), KBr-I 8/1 (b) i Sib-I 5/2 (c) (*Viviparus* slojevi s područja Vukomeričkih gorica i Slavonije). **Legenda:** S – smektit; Kln – kaolinit; ill – illit; Q – kvarc; Pl – plagioklasi; Kfs – kalijevski feldspati; Cal – kalcit; Dol – dolomit.

Snimanjem orijentiranih uzoraka frakcije  $<2 \mu\text{m}$  utvrđen je sastav minerala glina. Na slici 4.18. prikazani su primjeri usporednih difraktograma orijentiranih uzoraka Vuk-I 7/1 (Slika 4.18. a) i Cak-I 11/1 (Slika 4.18. b) frakcije  $<2 \mu\text{m}$  koji su snimljeni nakon provedenih standardnih testova (STARKEY i dr., 1984) za determinaciju minerala glina. Utvrđeno je da uzorci sadrže smektit, illit, kaolinit i klorit. Difrakcijski maksimum smektita se nakon

tretmana etilen-glikolom pomaknuo s  $\approx 14 \text{ \AA}$  na  $\approx 17 \text{ \AA}$ , a žarenjem je kolapsirao na  $10 \text{ \AA}$ . Illit kod tretmana etilen-glikolom nije pokazao nikakvu promjenu, dok mu je nakon žarenja intenzitet pika porastao jer je smektit prešao u illit. Struktura kaolinita se raspala pri  $550^\circ\text{C}$ . Klorit je ostao stabilan.



**Slika 4.18.** Usporedba difraktograma orijentiranih uzorka Vuk-I 7/1 (a) i Cak I 11/1 (b) snimljenih:

- netretirano (crveno)
- tretirani etilen-glikolom (zeleno)
- žareni na  $400^\circ\text{C}$  (sivo)
- nakon žarenja na  $550^\circ\text{C}$  (plavo)

Mineralni sastav ostalih uzoraka prikazan je u tablici 4.6. u okviru koje su prezentirani i rezultati kvantitativne analize mineralnog sastava korištenjem programskog alata Rock Jock (EBERL, 2003). Sadržaj minerala glina je prikazan semikvantitativno.

**Tablica 4.6.** Rezultati kvantitativne i semikvantitativne analize frakcije <2 µm iz pelitnih uzoraka *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica. Analiza je napravljena putem programskog alata Rock Jock (EBERL, 2003.).

Uzorak	Čak-I 11/1	KBr-I 8/1	Kra-I 1/1	Kra-I 5/1	Sib-I 5/2	Str-II 2/1	Sub-I 8/1	Vuk-I 7/1	Žažina 2	Žažina b
Kvarc	21	12	16	14	14	16	21	8	18	15
Kalcit	8		6	8	7	4		9		
Dolomit	8		9	7				6		
Aragonit										
Plagioklas	13		6	3	+	+			6	
K - feldspat		+			+					4
<b>Ukupno</b>	<b>49</b>	<b>12</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>19</b>
<b>Semikvantitativna odredba minerala glina</b>										
Smektit	***	****	***	**	***	***	***	***	***	****
Illit/Muskovit	**	**	**	*	**	***	**	*	**	**
Kaolinit	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Klorit				**			+?	**		
<b>Ukupno - gline</b>	<b>51</b>	<b>88</b>	<b>63</b>	<b>68</b>	<b>79</b>	<b>80</b>	<b>79</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>81</b>

100 - 60 = \*\*\*\*

60 - 30 = \*\*\*

30 - 10 = \*\*

1 - 10 = \*

< 1 = +

fos. – aragonit koji potječe iz ljušturica mekušaca

## 4.3. Kemijski sastav sedimenata

### 4.3.1. Glavni elementi i elementi u tragovima

Rezultati kemijske analize glavnih i elemenata u tragovima prikazani su pomoću tablica, a podaci su kasnije kroz diskusiju obrađeni i korišteni za kemijske klasifikacije i analizu provenijencije.

Priložene tablice prikazuju:

- Rezultate analize glavnih elemenata pomoću ICP-ES-a u tablici 4.8.
- Rezultate analize elemenata u tragovima pomoću ICP-MS-a u tablici 4.9.a. i 4.9.b.
- Rezultate analize elemenata rijetkih zemalja pomoću ICP-MS-a u tablici 4.10.
- Izračunate odnose oksida  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  u tablici 4.11.
- Izračunate odnose elemenata La/Co, Th/Co, Th/Sc, La/Sc, Th/Cr, Eu/Eu\*, LREE/HREE i  $\sum \text{REE}$  u tablici 4.12.

**Tablica 4.8.** Sadržaj glavnih elemenata u cjelovitim uzorcima i netopivom ostatku (\*) izražen u težinskim %. LOI - gubitak žarenjem, TOT/C – ukupni ugljik, TOT/S – ukupni sumpor. Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. Dodatno su sivom ispunom odvojeni pelitni uzorci od pjeskovitih. **Legenda:** DVS – donji *Viviparus* slojevi; GVS – gornji *Viviparus* slojevi; VS – *Viviparus* slojevi; Q – kvartar; P – gornji panon.

uzorak	strat. prip.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	LOI	Sum	TOT/C	TOT/S
Kra-I 1/1*	DVS	63,27	17,27	4,56	1,69	0,76	0,70	2,97	0,91	0,11	0,09	7,5	99,83	0,20	<0.02
Kra-I 5/1*	DVS	59,16	18,54	3,52	2,38	1,76	0,56	3,20	0,90	0,11	0,02	9,7	99,83	0,67	<0.02
Kra-I 6/1*	DVS	59,22	18,37	4,88	1,97	1,54	0,51	2,58	0,91	0,09	0,23	9,5	99,82	0,57	<0.02
Kra-I 7/1*	DVS	59,09	19,28	4,48	1,53	0,88	0,49	2,57	0,85	0,06	0,03	10,5	99,83	0,25	<0.02
Lip-I 5/1*	GVS	80,40	7,68	2,05	1,30	1,33	0,81	1,52	0,43	0,07	0,01	4,3	99,93	0,45	<0.02
Lip-I 10/1*	GVS	83,48	6,93	1,86	0,85	0,78	0,80	1,42	0,34	0,06	0,01	3,4	99,95	0,21	<0.02
Lip-I 27/2*	GVS	62,31	15,25	6,14	2,04	1,46	0,75	2,66	0,79	0,10	0,12	8,2	99,83	0,51	<0.02
Lip-I 28/1*	GVS	73,99	10,24	2,82	1,71	1,66	0,94	1,87	0,66	0,07	0,02	5,9	99,87	0,61	<0.02
Cak-I 7/1*	VS	83,24	8,27	1,87	0,60	0,28	0,90	1,64	0,55	0,06	0,02	2,5	99,93	0,06	<0.02
Cak-I 11/1*	VS	69,27	14,19	3,78	1,50	0,83	0,83	2,45	0,78	0,09	0,06	6,1	99,86	0,26	<0.02
Cak-I 17/1*	VS	78,61	10,46	2,45	0,84	0,41	0,97	1,97	0,66	0,09	0,04	3,4	99,90	0,09	<0.02
Cak-I 24/1*	VS	70,01	12,76	3,16	1,78	1,53	0,87	2,24	0,74	0,09	0,04	6,6	99,87	0,51	<0.02
KBr-I 1/1	VS	84,21	7,81	1,66	0,53	0,29	0,77	1,55	0,45	0,06	0,02	2,6	99,94	0,04	<0.02
KBr-I 7/1	VS	71,12	13,68	3,96	1,00	0,36	0,76	2,24	0,78	0,07	0,05	5,8	99,85	0,09	<0.02
KBr-I 8/1	VS	57,14	19,69	5,55	1,72	0,67	0,39	2,69	0,84	0,06	0,05	11,0	99,82	0,15	<0.02
KBr-I 11/1	VS	78,58	10,22	2,94	0,83	0,22	0,90	1,96	0,50	0,04	0,03	3,7	99,91	0,06	<0.02
Pet-I 1/1	VS	87,56	5,80	1,99	0,37	0,28	0,71	1,21	0,31	0,05	0,05	1,6	99,95	0,04	<0.02
Pet-I 2/1*	VS	86,50	5,88	2,22	0,35	0,23	0,80	1,28	0,28	0,07	0,03	2,3	99,96	0,08	<0.02
Pet-I 9/1*	VS	90,95	3,81	1,72	0,18	0,18	0,63	0,96	0,17	0,05	0,03	1,3	99,97	0,05	<0.02
Pet-I 10/2*	VS	77,22	7,92	6,47	0,51	0,46	0,61	1,42	0,42	0,10	0,30	4,5	99,93	0,10	<0.02
Str-I 1/1	VS	74,63	11,39	4,80	0,58	0,04	0,27	1,28	0,44	0,08	0,06	6,3	99,90	0,11	<0.02
Str-I 1/2	VS	76,78	10,23	4,36	0,52	0,04	0,25	1,16	0,40	0,07	0,07	6,0	99,92	0,14	<0.02
Str-I 2/1	VS	88,66	5,43	1,48	0,29	0,06	0,49	1,21	0,23	0,03	0,01	2,1	99,97	0,04	<0.02
Str-I 4/1	VS	68,47	13,91	5,63	0,90	0,03	0,18	2,13	0,98	0,05	0,02	7,5	99,85	0,17	<0.02
Str-II 2/1*	VS	62,09	18,12	3,97	1,66	0,61	0,57	3,04	0,83	0,08	0,03	8,8	99,84	0,12	<0.02
Str-II 3/1	VS	86,36	6,55	1,28	0,43	0,20	0,17	1,08	0,78	0,03	0,02	2,9	99,89	0,05	<0.02
Str-II 5/1	VS	88,96	4,00	1,73	0,25	0,31	0,47	0,84	0,18	0,05	1,05	2,1	99,94	0,04	<0.02
Str-II 7/1	VS	84,31	6,98	2,53	0,50	0,31	0,80	1,37	0,39	0,07	0,06	2,6	99,95	0,05	<0.02
Vuk-I 1/1*	VS	78,95	9,70	2,89	0,78	0,38	0,93	1,84	0,61	0,08	0,03	3,7	99,91	0,09	<0.02
Vuk-I 7/1*	VS	53,83	20,78	2,58	3,39	2,68	0,65	3,87	0,80	0,06	0,03	11,1	99,80	1,35	<0.02
Vuk-I 5/2*	VS	75,14	10,88	3,38	0,88	0,44	0,97	1,98	0,68	0,09	0,04	5,4	99,88	0,29	<0.02
Vuk-I 10/1*	VS	73,65	11,39	3,81	1,09	0,72	0,92	1,98	0,71	0,14	0,05	5,4	99,88	0,24	<0.02
Orl-1	Q?	81,77	8,80	2,42	0,60	0,20	0,79	1,73	0,51	0,04	0,04	3,0	99,92	0,07	<0.02
BBr-1	P	84,11	6,92	2,63	0,39	0,15	0,21	1,07	0,80	0,04	0,06	3,5	99,89	0,34	<0.02

**Tablica 4.9.a.** Sadržaj elemenata u tragovima u cjelovitim uzorcima i netopivom ostatku (\*) izražen u ppm – prvi dio. Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. Dodatno su sivom ispunom odvojeni pelitni uzorci od pjeskovitih. **Legenda:** DVS – donji *Viviparus* slojevi; GVS – gornji *Viviparus* slojevi; VS – *Viviparus* slojevi; Q – kvartar; P – gornji panon.

uzorak	strat. prip.	Cr	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W
Kra-I 1/1*	DVS	233,9	458	<1	14,5	9,0	19,5	6,1	15,0	129,3	4	81,5	1,1	13,4	3,3	125	3,4
Kra-I 5/1*	DVS	233,9	417	<1	11,4	10,4	20,4	5,8	14,8	141,2	4	90,2	1,1	14,6	3,8	128	2,7
Kra-I 6/1*	DVS	263,1	455	<1	22,2	9,2	21,4	5,8	15,5	127,7	4	77,7	1,2	14,0	3,7	140	3,2
Kra-I 7/1*	DVS	248,5	370	<1	21,6	11,9	22,1	5,1	13,9	163,1	4	78,5	1,0	13,6	2,8	151	3,5
Lip-I 5/1*	GVS	58,5	219	<1	5,8	2,3	7,4	3,0	6,4	53,6	2	46,6	0,5	5,7	1,5	42	2,1
Lip-I 10/1*	GVS	58,5	215	<1	6,5	2,0	6,0	3,0	4,9	48,6	1	44,8	0,5	5,6	1,5	40	1,8
Lip-I 27/2*	GVS	204,6	385	2	13,5	7,8	17,7	5,8	13,3	120,7	4	80,2	1,1	12,3	3,0	123	2,8
Lip-I 28/1*	GVS	146,2	277	<1	5,6	4,1	11,2	6,7	10,5	77,7	2	65,4	0,9	8,8	2,4	67	1,7
Cak-I 7/1*	VS	102,3	242	2	5,4	3,1	8,7	3,9	9,1	62,7	2	53,5	0,7	6,5	1,7	46	1,6
Cak-I 11/1*	VS	219,2	346	<1	12,3	7,1	16,1	6,6	13,4	109,3	3	69,5	1,0	10,5	2,6	101	2,4
Cak-I 17/1*	VS	131,5	273	<1	8,6	4,1	11,2	5,8	10,3	77,7	2	59,1	0,8	8,1	2,2	67	3,2
Cak-I 24/1*	VS	175,4	310	<1	11,1	5,8	13,1	7,0	11,3	94,4	3	66,2	1,0	9,9	2,7	82	2,2
KBr-I 1/1	VS	58,5	243	<1	7,9	2,5	8,1	4,3	6,6	57,4	1	42,8	0,6	7,3	1,6	42	1,0
KBr-I 7/1	VS	175,4	341	1	14,8	5,4	14,4	7,9	11,6	91,7	3	57,4	1,0	11,5	2,6	92	3,1
KBr-I 8/1	VS	277,7	400	<1	12,7	11,8	21,5	4,8	13,3	140,0	4	87,7	1,0	14,7	3,6	146	2,4
KBr-I 11/1	VS	102,3	299	<1	11,3	3,6	11,1	3,6	8,0	76,4	2	53,5	0,7	8,0	1,9	60	1,5
Pet-I 1/1	VS	73,1	205	2	6,0	1,8	5,0	3,0	4,9	42,3	1	40,9	0,4	5,4	1,3	30	0,9
Pet-I 2/1*	VS	58,5	192	3	5,1	2,0	5,2	2,5	4,3	45,7	<1	38,3	0,3	4,5	1,1	37	0,6
Pet-I 9/1*	VS	29,2	143	<1	3,8	1,1	3,2	1,8	2,6	30,3	<1	29,6	0,3	3,6	0,9	19	1,3
Pet-I 10/2*	VS	102,3	244	<1	18,6	3,8	8,4	3,7	6,8	62,7	2	43,1	0,6	7,0	2,0	54	1,8
Str-I 1/1	VS	146,2	240	<1	14,2	4,2	11,6	2,8	7,1	70,5	2	31,5	0,6	8,8	2,3	84	1,7
Str-I 1/2	VS	160,8	225	1	14,8	3,8	10,6	2,8	6,3	62,6	2	29,3	0,5	8,0	2,1	73	1,5
Str-I 2/1*	VS	29,2	194	1	4,8	1,6	4,6	2,4	3,7	40,8	<1	27,3	0,3	4,8	1,3	24	2,0
Str-I 4/1	VS	672,3	262	2	7,9	7,4	15,1	8,8	15,2	86,4	3	41,1	1,3	11,8	3,5	127	3,3
Str-II 2/1*	VS	219,2	363	<1	10,9	10,7	21,7	5,2	13,6	142,7	4	88,6	1,1	13,0	3,2	131	2,8
Str-II 3/1	VS	906,2	154	<1	7,7	3,1	6,7	12,1	11,3	41,4	2	28,6	0,8	7,7	2,6	50	2,1
Str-II 5/1	VS	58,5	424	<1	23,7	1,3	4,1	2,0	2,7	27,9	<1	31,0	0,3	4,0	1,0	27	1,1
Str-II 7/1	VS	102,3	219	<1	9,2	2,2	6,6	3,1	5,7	48,9	2	43,8	0,4	5,7	1,3	41	1,1
Vuk-I 1/1*	VS	131,5	271	<1	7,0	4,2	10,5	5,2	10,0	76,1	2	58,5	0,9	7,5	2,0	62	1,9
Vuk-I 7/1*	VS	160,8	524	4	8,3	14,6	23,9	5,1	15,4	171,7	5	95,4	1,2	16,3	3,6	105	2,9
Vuk-I 5/2*	VS	146,2	304	<1	9,3	5,2	11,9	6,3	11,0	84,6	3	61,3	0,7	8,7	2,2	73	1,9
Vuk-I 10/1*	VS	160,8	304	1	8,5	5,4	11,8	7,2	12,1	84,3	3	66,5	1,1	9,6	2,3	80	2,7
Orl-1	Q?	116,9	273	<1	6,5	3,2	8,9	3,9	7,6	65,8	2	55,1	0,7	7,5	1,9	53	1,8
BBr-1	P	511,6	197	1	11,8	4,0	8,5	9,8	13,6	52,2	2	52,0	1,1	9,1	3,7	69	4,7

**Tablica 4.9.b.** Sadržaj elemenata u tragovima u cjelovitim uzorcima i netopivom ostatku (\*) izražen u ppm – drugi dio. Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. Dodatno su sivom ispunom odvojeni pelitni uzorci od pjeskovitih. **Legenda:** DVS – donji *Viviparus* slojevi; GVS – gornji *Viviparus* slojevi; VS – *Viviparus* slojevi; Q – kvartar; P – gornji panon; \* – netopivi ostatak.

uzorak	strat. prip.	Zr	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se	Sc
Kra-I 1/1*	DVS	225,1	0,6	31,3	28,6	93	43,0	6,9	0,1	0,5	0,4	<0.1	1,5	0,18	0,2	<0.5	15
Kra-I 5/1*	DVS	203,5	0,2	31,7	21,7	84	37,8	2,2	<0.1	0,4	0,4	<0.1	0,7	0,20	0,2	<0.5	16
Kra-I 6/1*	DVS	203,1	0,8	38,8	35,5	89	56,9	20,8	0,2	0,3	0,4	<0.1	1,2	0,26	0,3	<0.5	16
Kra-I 7/1*	DVS	178,1	0,4	28,8	24,8	106	47,3	14,1	<0.1	<0.1	0,4	<0.1	2,6	0,22	0,2	<0.5	18
Lip-I 5/1*	GVS	112,8	<0.1	8,4	9,0	43	19,7	7,5	<0.1	0,2	0,1	<0.1	<0.5	0,06	<0.1	<0.5	6
Lip-I 10/1*	GVS	105,1	<0.1	7,9	9,3	43	22,3	5,7	<0.1	0,3	<0.1	<0.1	<0.5	0,08	<0.1	<0.5	5
Lip-I 27/2*	GVS	218,0	1,1	32,1	26,6	105	61,5	10,9	0,3	0,4	0,3	<0.1	<0.5	0,20	0,2	<0.5	15
Lip-I 28/1*	GVS	252,8	0,2	13,8	13,5	55	19,9	6,1	<0.1	0,2	0,2	<0.1	<0.5	0,10	<0.1	<0.5	8
Cak-I 7/1*	VS	144,6	0,1	7,1	7,9	45	18,5	1,7	<0.1	0,2	0,1	<0.1	<0.5	0,07	<0.1	<0.5	6
Cak-I 11/1*	VS	249,3	0,1	18,9	16,9	81	35,2	2,3	0,2	0,3	0,3	<0.1	0,7	0,16	0,2	<0.5	12
Cak-I 17/1*	VS	207,5	<0.1	12,5	13,4	55	23,4	2,8	0,1	0,2	0,1	<0.1	<0.5	0,08	<0.1	<0.5	8
Cak-I 24/1*	VS	253,7	0,1	17,5	15,8	65	28,6	1,5	<0.1	0,3	0,2	<0.1	2,1	0,10	0,1	<0.5	10
KBr-I 1/1	VS	153,3	<0.1	10,8	14,9	45	19,7	2,0	<0.1	0,3	0,1	<0.1	<0.5	0,07	<0.1	<0.5	6
KBr-I 7/1	VS	287,1	1,0	23,8	24,8	65	35,7	9,1	0,2	0,4	0,3	<0.1	0,9	0,22	0,1	<0.5	12
KBr-I 8/1	VS	168,5	0,5	37,8	30,6	94	43,8	4,8	0,1	0,3	0,5	<0.1	1,7	0,28	0,2	<0.5	17
KBr-I 11/1	VS	129,5	0,5	14,1	17,7	55	36,5	9,6	0,2	0,3	0,2	<0.1	0,5	0,06	0,1	<0.5	8
Pet-I 1/1	VS	108,7	<0.1	3,7	8,1	28	16,1	4,1	0,1	0,1	<0.1	<0.1	<0.5	0,07	<0.1	<0.5	4
Pet-I 2/1*	VS	86,6	0,3	5,2	8,8	32	12,4	9,9	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	<0.5	0,07	<0.1	<0.5	4
Pet-I 9/1*	VS	66,8	0,3	2,9	7,4	21	8,6	11,3	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	<0.5	0,07	<0.1	<0.5	2
Pet-I 10/2*	VS	139,0	0,4	11,0	23,8	48	32,9	15,4	0,3	0,3	0,1	<0.1	<0.5	0,13	0,2	<0.5	7
Str-I 1/1	VS	104,2	0,4	18,4	23,0	58	35,8	13,8	0,2	0,3	0,2	<0.1	<0.5	0,08	0,2	<0.5	10
Str-I 1/2	VS	98,3	0,5	17,5	25,0	55	31,5	14,3	0,2	0,3	0,2	<0.1	<0.5	0,10	0,2	<0.5	9
Str-I 2/1	VS	86,3	<0.1	5,5	10,4	27	14,6	3,6	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0,08	<0.1	<0.5	3
Str-I 4/1	VS	313,6	0,4	34,9	29,1	77	39,0	5,8	0,1	0,3	0,3	<0.1	<0.5	0,13	0,2	<0.5	16
Str-II 2/1*	VS	191,9	<0.1	19,2	17,7	85	28,3	2,8	<0.1	<0.1	0,3	<0.1	<0.5	0,20	0,2	<0.5	16
Str-II 3/1	VS	466,0	<0.1	13,4	15,8	29	19,0	2,4	<0.1	0,2	0,1	<0.1	0,9	0,09	<0.1	<0.5	6
Str-II 5/1	VS	70,9	1,4	12,7	17,4	48	33,1	9,0	1,5	0,3	<0.1	<0.1	0,9	0,07	0,1	<0.5	3
Str-II 7/1	VS	114,5	0,1	7,6	12,1	39	23,3	4,0	<0.1	0,3	0,1	<0.1	<0.5	0,05	<0.1	<0.5	5
Vuk-I 1/1*	VS	191,3	0,3	12,6	13,3	58	23,5	4,1	<0.1	0,2	0,2	<0.1	<0.5	0,13	<0.1	<0.5	7
Vuk-I 7/1*	VS	180,5	<0.1	8,9	19,1	63	21,6	<0.5	<0.1	<0.1	0,5	<0.1	<0.5	0,20	0,1	<0.5	14
Vuk-I 5/2*	VS	227,8	0,4	15,1	14,1	61	27,7	4,3	<0.1	0,3	0,2	<0.1	1,0	0,14	0,1	<0.5	8
Vuk-I 10/1*	VS	271,7	0,3	16,1	15,0	64	22,7	2,4	<0.1	0,3	0,2	<0.1	<0.5	0,11	<0.1	<0.5	9
Orl-1	Q?	148,0	0,1	11,5	11,4	48	21,4	3,3	<0.1	0,2	0,1	<0.1	<0.5	0,09	<0.1	<0.5	7
BBr-1	P	389,3	0,5	12,5	19,7	29	14,7	5,1	<0.1	0,2	0,2	<0.1	1,1	0,05	<0.1	<0.5	7

**Tablica 4.10.** Sadržaj elemenata rijetkih zemalja (REE) u cjelovitim uzorcima i netopivom ostatku (\*) izražen u ppm. Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. Dodatno su sivom ispunom odvojeni pelitni uzorci od pjeskovitih. **Legenda:** DVS – donji *Viviparus* slojevi; GVS – gornji *Viviparus* slojevi; VS – *Viviparus* slojevi; Q – kvartar; P – gornji panon.

uizorak	strat. prip.	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Kra-I 1/1*	DVS	27,3	35,5	70,5	8,09	30,0	5,57	1,08	5,18	0,81	4,82	1,03	2,89	0,48	3,14	0,47
Kra-I 5/1*	DVS	26,9	38,1	72,7	8,68	32,4	5,85	1,06	5,18	0,83	4,92	1,02	2,82	0,47	3,06	0,47
Kra-I 6/1*	DVS	26,5	37,2	77,5	8,36	30,7	5,83	1,14	5,29	0,83	4,91	1,02	2,89	0,48	3,07	0,47
Kra-I 7/1*	DVS	25,0	35,3	71,8	8,03	28,8	5,10	0,95	4,37	0,73	4,28	0,94	2,76	0,45	2,96	0,45
Lip-I 5/1*	GVS	13,5	15,7	30,4	3,60	13,1	2,37	0,46	2,43	0,39	2,43	0,51	1,65	0,23	1,50	0,22
Lip-I 10/1*	GVS	12,8	13,8	28,4	3,25	12,5	2,34	0,43	2,22	0,38	2,24	0,49	1,52	0,24	1,50	0,23
Lip-I 27/2*	GVS	31,5	32,4	68,5	7,77	28,2	5,87	1,08	5,56	0,92	5,61	1,12	3,34	0,53	3,33	0,51
Cak-I 7/1*	VS	14,7	18,4	35,9	4,22	15,6	2,91	0,56	2,65	0,42	2,66	0,57	1,69	0,27	1,69	0,28
Cak-I 11/1*	VS	24,5	28,6	54,8	6,56	24,8	4,70	0,88	4,12	0,67	4,16	0,89	2,68	0,41	2,66	0,44
Cak-I 17/1*	VS	18,3	22,0	45,3	5,18	20,5	3,79	0,73	3,48	0,54	3,40	0,72	2,07	0,34	2,19	0,34
Cak-I 24/1*	VS	20,3	25,4	50,4	5,95	21,3	3,95	0,72	3,67	0,61	3,75	0,82	2,35	0,38	2,47	0,38
KBr-I 1/1	VS	14,2	20,3	40,3	4,60	17,2	3,16	0,58	2,84	0,42	2,61	0,53	1,63	0,24	1,60	0,25
KBr-I 7/1	VS	28,1	31,6	63,2	7,50	28,2	5,72	1,09	5,34	0,83	5,09	0,99	3,02	0,46	2,94	0,47
KBr-I 8/1	VS	32,4	39,1	82,4	9,30	35,7	7,19	1,51	6,72	1,11	6,23	1,30	3,63	0,54	3,52	0,55
KBr-I 11/1	VS	22,1	23,6	43,1	5,61	21,7	4,22	0,85	3,88	0,63	3,93	0,81	2,37	0,35	2,24	0,34
Lip-I 28/1	VS	22,5	23,0	44,9	5,38	19,9	3,81	0,72	3,78	0,67	3,82	0,79	2,33	0,36	2,47	0,38
Pet-I 1/1	VS	13,1	16,6	32,5	3,87	13,8	2,47	0,50	2,43	0,38	2,29	0,45	1,29	0,21	1,34	0,22
Pet-I 2/1*	VS	11,7	11,4	25,3	2,95	10,8	2,12	0,44	2,18	0,35	2,00	0,44	1,17	0,19	1,29	0,20
Pet-I 9/1*	VS	8,6	9,8	20,1	2,35	8,7	1,67	0,32	1,56	0,26	1,44	0,32	0,95	0,16	1,01	0,15
Pet-I 10/2*	VS	21,0	20,5	48,6	4,80	18,1	3,64	0,70	3,62	0,57	3,42	0,75	2,15	0,33	2,07	0,33
Str-I 1/1	VS	27,0	29,0	59,7	7,64	29,5	5,96	1,28	5,77	0,89	4,90	1,02	2,85	0,41	2,56	0,39
Str-I 1/2	VS	25,2	25,9	54,3	6,86	27,2	5,38	1,17	5,26	0,79	4,55	0,94	2,54	0,38	2,35	0,35
Str-I 2/1	VS	10,4	10,8	22,6	2,61	10,0	2,02	0,39	1,81	0,29	1,80	0,39	1,14	0,17	1,19	0,18
Str-I 4/1	VS	35,8	35,9	67,1	9,23	37,1	7,30	1,54	7,11	1,12	6,51	1,33	3,93	0,60	3,87	0,61
Str-II 2/1*	VS	23,5	32,3	64,8	7,56	28,1	4,87	0,90	4,38	0,68	3,89	0,86	2,65	0,41	2,60	0,42
Str-II 3/1	VS	20,7	21,0	44,0	5,02	19,2	3,37	0,67	3,46	0,58	3,55	0,77	2,33	0,38	2,55	0,40
Str-II 5/1	VS	13,4	18,5	32,6	4,55	18,0	3,45	0,79	3,34	0,51	2,66	0,55	1,40	0,22	1,33	0,20
Str-II 7/1	VS	12,1	15,1	32,8	3,42	12,8	2,37	0,45	2,24	0,37	2,14	0,48	1,31	0,22	1,48	0,21
Vuk-I 1/1*	VS	18,1	21,4	42,4	5,08	18,4	3,49	0,67	3,20	0,53	3,13	0,66	1,91	0,32	1,99	0,31
Vuk-I 7/1*	VS	24,6	41,0	77,5	9,04	32,5	5,01	0,86	4,28	0,67	4,18	0,87	2,66	0,42	2,72	0,44
Vuk-I 5/2*	VS	19,8	22,4	44,8	5,48	19,9	3,69	0,70	3,48	0,56	3,55	0,72	2,21	0,34	2,22	0,36
Vuk-I 10/1*	VS	22,2	26,2	53,3	6,34	23,0	4,21	0,75	3,80	0,62	3,77	0,84	2,34	0,36	2,47	0,40
BBr-1	P	24,5	25,4	51,4	6,28	23,5	4,65	0,86	4,22	0,66	3,98	0,87	2,74	0,41	2,68	0,43
Orl-1	Q?	16,8	20,5	40,9	5,07	18,5	3,51	0,71	3,35	0,52	2,97	0,69	1,94	0,27	1,79	0,29



**Tablica 4.11.** Prikaz odnosa  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ , kemijskog indeksa alteracije (engl. skrać. CIA, NESBIT i YOUNG, 1982) i ICV indeksa (COX i dr., 1995) u cjelovitim uzorcima i netopivom ostatku (\*). Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. Dodatno su sivom ispunom odvojeni pelitni uzorci od pjeskovitih. **Legenda:** DVS – donji *Viviparus* slojevi; GVS – gornji *Viviparus* slojevi; VS – *Viviparus* slojevi; Q – kvartar; P – gornji panon.

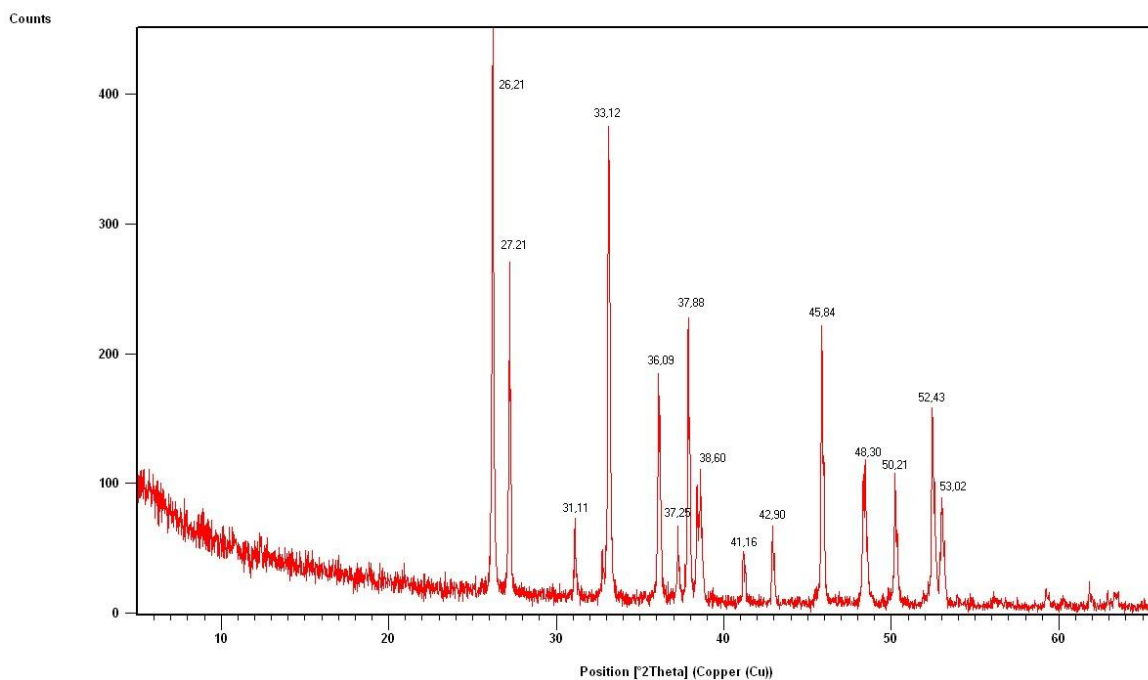
uzorak	stratigrafska pripadnost	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$	CIA	ICV
Kra-I 1/1*	DVS	3,66	0,17	0,24	79,59	0,68
Kra-I 5/1*	DVS	3,19	0,17	0,18	77,06	0,67
Kra-I 6/1*	DVS	3,22	0,14	0,20	79,87	0,69
Kra-I 7/1*	DVS	3,06	0,13	0,19	83,03	0,56
Lip-I 5/1*	GVS	10,47	0,20	0,53	67,72	0,97
Lip-I 10/1*	GVS	12,045	0,20	0,56	69,79	0,87
Lip-I 27/2*	GVS	4,09	0,17	0,28	75,80	0,92
Lip-I 28/1*	GVS	7,23	0,18	0,50	69,61	0,95
Cak-I 7/1*	VS	10,07	0,20	0,55	74,57	0,71
Cak-I 11/1*	VS	4,88	0,17	0,34	77,54	0,72
Cak-I 17/1*	VS	7,52	0,19	0,49	75,74	0,70
Cak-I 24/1*	VS	5,49	0,18	0,39	73,33	0,81
KBr-I 1/1	VS	10,78	0,20	0,50	74,95	0,67
KBr-I 7/1	VS	5,20	0,16	0,34	80,28	0,67
KBr-I 8/1	VS	2,90	0,14	0,14	84,00	0,60
KBr-I 11/1	VS	7,69	0,19	0,46	76,84	0,72
Pet-I 1/1	VS	15,10	0,21	0,59	72,50	0,85
Pet-I 2/1*	VS	14,71	0,22	0,63	71,79	0,88
Pet-I 9/1*	VS	23,87	0,25	0,66	68,28	1,02
Pet-I 10/2*	VS	9,75	0,18	0,43	76,08	1,29
Str-I 1/1	VS	6,55	0,11	0,21	87,75	0,66
Str-I 1/2	VS	7,51	0,11	0,22	87,59	0,66
Str-I 2/1	VS	16,33	0,22	0,40	75,52	0,69
Str-I 4/1	VS	4,92	0,15	0,08	85,60	0,71
Str-II 2/1*	VS	3,43	0,17	0,19	81,11	0,59
Str-II 3/1	VS	13,18	0,16	0,16	81,88	0,60
Str-II 5/1	VS	22,24	0,21	0,56	71,17	1,21
Str-II 7/1	VS	12,08	0,20	0,58	73,78	0,85
Vuk-I 1/1*	VS	8,14	0,19	0,51	75,49	0,77
Vuk-I 7/1*	VS	2,59	0,19	0,17	74,27	0,67
Vuk-I 5/2*	VS	6,91	0,18	0,49	76,24	0,77
Vuk-I 10/1*	VS	6,47	0,17	0,46	75,88	0,81
Orl-1	Q?	9,29	0,20	0,46	76,39	0,71
BBr-1	P	12,15	0,15	0,20	82,87	0,77

**Tablica 4.12.** Prikaz odnosa La/Co, Th/Co, Th/Sc, La/Sc, Th/Cr, Eu/Eu\*, LREE/HREE i  $\Sigma$  REE u cjelovitim uzorcima i netopivom ostatku (\*). Prilikom izračuna vrijednosti Eu anomalije korišteni su podaci normalizirani na vrijednost C1 hondrita prema EVENSEN (1978). Različitim bojama slova su razdvojene grupe uzoraka koje predstavljaju pojedine litostratigrafske stupove. Dodatno su sivom ispunom odvojeni pelitni uzorci od pjeskovitih. **Legenda:** DVS – donji *Viviparus* slojevi; GVS – gornji *Viviparus* slojevi; VS – *Viviparus* slojevi; Q – kvartar; P – gornji panon.

Uzorak	stratigrafska pripadnost	La/Co	Th/Co	Th/Sc	La/Sc	Th/Cr	Eu/Eu*	LREE/HREE	$\Sigma$ REE
Kra-I 1/1*	DVS	2,45	0,92	0,90	2,40	0,06	0,7	13,4	196,9
Kra-I 5/1*	DVS	3,34	1,28	0,90	2,40	0,06	0,6	14,0	204,5
Kra-I 6/1*	DVS	1,68	0,63	0,90	2,30	0,05	0,7	14,1	206,2
Kra-I 7/1*	DVS	1,63	0,63	0,80	2,00	0,05	0,6	14,3	191,9
Lip-I 5/1*	GVS	2,71	0,98	1,00	2,60	0,10	0,6	11,8	88,5
Lip-I 10/1*	GVS	2,12	0,86	1,10	2,80	0,10	0,6	11,5	82,3
Lip-I 27/2*	GVS	2,40	0,91	0,80	2,20	0,06	0,6	11,8	196,2
Lip-I 28/1*	GVS	4,11	1,57	1,10	2,90	0,06	0,6	11,5	134,8
Cak-I 7/1*	VS	3,41	1,20	1,10	3,10	0,06	0,7	12,5	102,5
Cak-I 11/1*	VS	2,33	0,85	0,90	2,40	0,05	0,6	12,5	160,9
Cak-I 17/1*	VS	2,56	0,94	1,00	2,80	0,06	0,7	12,4	128,9
Cak-I 24/1*	VS	2,29	0,89	1,00	2,50	0,06	0,6	12,2	142,5
KBr-I 1/1	VS	2,57	0,92	1,20	3,40	0,12	0,7	14,2	110,5
KBr-I 7/1	VS	2,14	0,78	1,00	2,60	0,07	0,7	12,4	184,6
KBr-I 8/1	VS	3,08	1,16	0,90	2,30	0,05	0,7	12,7	231,2
KBr-I 11/1	VS	2,09	0,71	1,00	3,00	0,08	0,7	11,7	135,7
Pet-I 1/1	VS	2,77	0,90	1,40	4,20	0,07	0,7	13,8	91,5
Pet-I 2/1*	VS	2,24	0,88	1,10	2,90	0,08	0,7	11,9	72,5
Pet-I 9/1*	VS	2,58	0,95	1,80	4,90	0,12	0,6	12,4	57,4
Pet-I 10/2*	VS	1,10	0,38	1,00	2,90	0,07	0,6	12,6	130,6
Str-I 1/1	VS	2,04	0,62	0,90	2,90	0,06	0,7	12,7	178,9
Str-I 1/2	VS	1,75	0,54	0,90	2,90	0,05	0,7	12,7	163,2
Str-I 2/1	VS	2,25	1,00	1,60	3,60	0,16	0,7	11,8	65,8
Str-I 4/1	VS	4,54	1,49	0,70	2,20	0,02	0,7	11,2	219,1
Str-II 2/1*	VS	2,96	1,19	0,80	2,00	0,06	0,6	14,5	177,9
Str-II 3/1	VS	2,73	1,00	1,30	3,50	0,01	0,6	11,1	128,0
Str-II 5/1	VS	0,78	0,17	1,30	6,20	0,07	0,8	13,8	101,5
Str-II 7/1	VS	1,64	0,62	1,10	3,00	0,06	0,6	13,1	87,5
Vuk-I 1/1*	VS	3,06	1,07	1,10	3,10	0,06	0,6	12,7	121,6
Vuk-I 7/1*	VS	4,94	1,96	1,20	2,90	0,10	0,6	16,3	206,8
Vuk-I 5/2*	VS	2,41	0,94	1,10	2,80	0,06	0,6	12,1	130,2
Vuk-I 10/1*	VS	3,08	1,13	1,10	2,90	0,06	0,6	12,9	150,6
Orl-1	Q?	3,15	1,15	1,10	2,90	0,06	0,7	12,9	117,8
BBr-1	P	2,15	0,77	1,30	3,60	0,02	0,6	12,0	152,6

### 4.3.2. Stabilni izotopi kisika ( $\delta^{18}\text{O}$ ) i ugljika ( $\delta^{13}\text{C}$ )

Rendgenogram ljuštore vrste *Potomida seljani* iz *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica pokazao je difrakcijske maksimume aragonita (slika 4.19.).

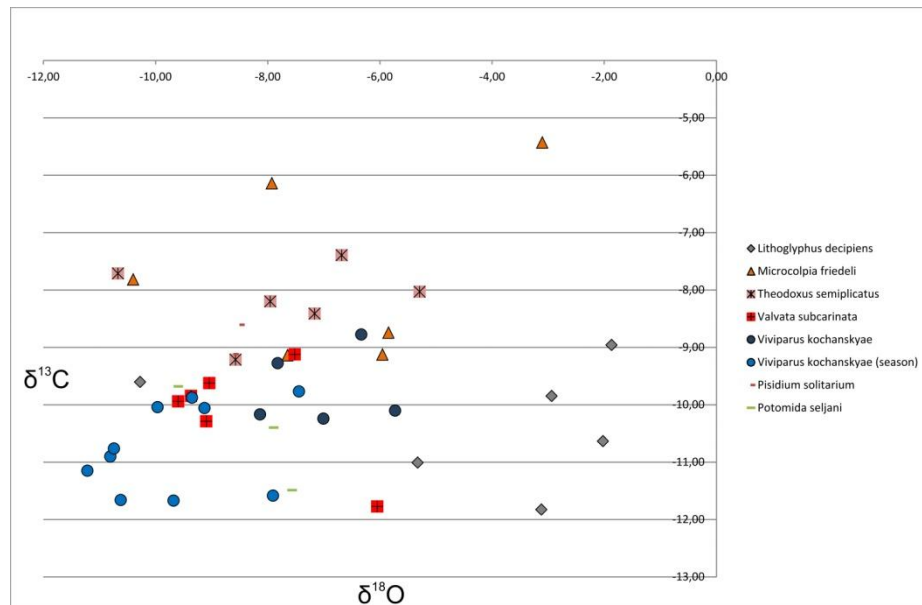


**Slika 4.19.** Rendgenogram ljuštore roda *Potomida* pokazuje njezin aragonitni sastav.

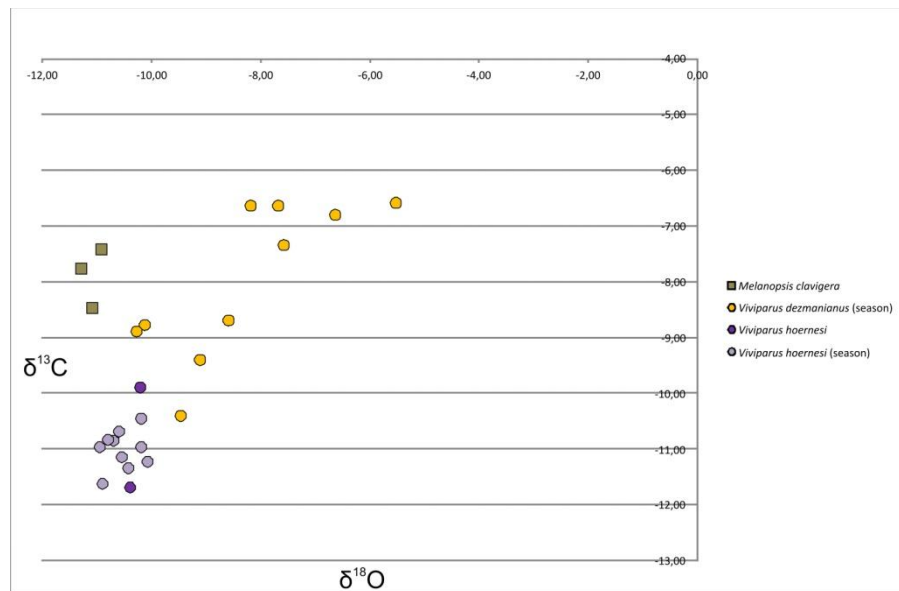
Analize stabilnih izotopa kisika i ugljika na 52 odabrane ljuštore iz sedam rodova malakofaune pokazuju široki raspon izmjerenih vrijednosti. Vrijednosti u svim analiziranim uzorcima variraju u rasponu od -1,9‰ do -11,3‰ za  $\delta^{18}\text{O}$ , dok vrijednosti  $\delta^{13}\text{C}$  variraju između -5,4‰ do -11,8‰. U tablici 4.13. prezentirane su sve izmjerene vrijednosti.

Odabrani uzorci malakofaune predstavljaju dvije biozone, *Viviparus kochanskyae* zonu iz gornjeg dijela donjeg cernika, te *Viviparus hoernesii* zonu iz donjeg dijela gornjeg cernika koja se dobro korelira s razdobljem pliocenskog klimatskog optimuma (MANDIC i dr., 2015). Razdvajanjem podataka za oba detektirana horizonta unutar *Viviparus* slojeva pokazalo se da najširi raspon vrijednosti imaju uzorci iz naslaga donjeg cernika.  $\delta^{18}\text{O}$  vrijednosti se kreću u rasponu od -11,2‰ do -1,9‰ (VPDB), a vrijednosti  $\delta^{13}\text{C}$  variraju u rasponu od -11,8‰ to -5,4‰ (VPDB) (slika 4.20.). U gornjem cernika vrijednosti  $\delta^{18}\text{O}$  pokazuju manje rasipanje i variraju od -11,3‰ do -10,1‰, a  $\delta^{13}\text{C}$  vrijednosti u rasponu od -11,7‰ do -7,4‰ (slika 4.21.). Iz navedenog proizlazi da je raspon  $\delta^{13}\text{C}$  vrijednosti u oba

istražena horizonta manji od raspona vrijednosti  $\delta^{18}\text{O}$ . Nasuprot tome iznos  $\delta^{18}\text{O}$  pokazuje veće rasipanje u uzorcima iz donjeg cernika u odnosu na gornji.



**Slika 4.20.** Prikaz raspona mjerenih izotopnih vrijednosti ( $\delta^{13}\text{C} / \delta^{18}\text{O}$ ) prema vrstama mekušaca u uzorcima donjih *Viviparus* slojeva s područja Kravarskog (Vukomeričke gorice).



**Slika 4.21.** Prikaz raspona mjerenih izotopnih vrijednosti ( $\delta^{13}\text{C} / \delta^{18}\text{O}$ ) prema vrstama mekušaca u uzorcima gornjih *Viviparus* slojeva s područja Kravarskog (Vukomeričke gorice).

Tablica 4.13. Vrijednosti stabilnih izotopa kisika i ugljika ( $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta^{13}\text{C}$ ) na odabranim kućicama malakofaune.

Uzor.	Vrsta	Lokalitet	Biozona	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	Uzor.	Vrsta	Lokalitet	Biozona	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
1	<i>Neumayria vukotinovici</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-7,90	-7,59	41	<i>Valvata subcarinata</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,12	-7,52
2	<i>Neumayria vukotinovici</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,42	-8,56	42	<i>Valvata subcarinata</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,29	-9,10
3	<i>Lithoglyphus decipiens</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,85	-2,93	43	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,78	-6,33
4	<i>Lithoglyphus decipiens</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,64	-2,02	44	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,28	-7,82
5	<i>Lithoglyphus decipiens</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,61	-	45	<i>Melanopsis clavigera</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-7,42	-10,92
6	<i>Microcolpia friedeli</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-7,82	10,40	46	<i>Melanopsis clavigera</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-8,46	-11,08
7	<i>Microcolpia friedeli</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-6,14	-7,92	47	<i>Melanopsis clavigera</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-7,78	-11,29
8	<i>Microcolpia friedeli</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-5,43	-3,10	48	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-9,89	-10,21
9	<i>Microcolpia friedeli</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-5,74	-8,67	49	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-11,69	-10,39
10	<i>Microcolpia friedeli</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-6,11	-9,75	<b>Sklerokronološka mjerenja</b>					
11	<i>Microcolpia friedeli</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-6,61	-9,59	50s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,59	-7,90
12	<i>Theodoxus sagittifera</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-7,71	-	51s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,67	-9,68
13	<i>Theodoxus sagittifera</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-7,39	-6,68	52s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,66	-10,62
14	<i>Theodoxus sagittifera</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,20	-7,96	53s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,90	-10,81
15	<i>Valvata subcarinata</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,62	-9,04	54s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,76	-10,74
16	<i>Valvata subcarinata</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,94	-9,60	55s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,15	-11,21
17	<i>Valvata subcarinata</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,85	-9,37	56s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,77	-7,44
18	<i>Viviparus fuchsi</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,10	-5,73	57s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,06	-9,13
19	<i>Viviparus fuchsi</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,17	-8,14	58s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,04	-9,96
20	<i>Viviparus fuchsi</i>	Kra-I	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,24	-7,00	59s	<i>Viviparus kochanskyae</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,88	-9,35
21	<i>Neumayria vukotinovici</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,12	-4,25	60s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,41	-9,11
22	<i>Neumayria vukotinovici</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,47	-8,92	61s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,41	-9,46
23	<i>Viviparus neumayri</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,36	-	62s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,77	-10,12
24	<i>Viviparus neumayri</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,64	-5,91	63s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,89	-10,28
25	<i>Viviparus neumayri</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,51	-9,52	64s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,69	-8,60
26	<i>Lithoglyphus decipiens</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,96	-1,87	65s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-6,58	-5,52
27	<i>Lithoglyphus decipiens</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,83	-3,12	66s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-6,63	-7,68
28	<i>Lithoglyphus decipiens</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,01	-5,33	67s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-6,64	-8,19
29	<i>Microcolpia friedeli</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,13	-5,95	68s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-6,81	-6,63
30	<i>Microcolpia friedeli</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,14	-7,65	69s	<i>Viviparus dezmanianus</i>	VGK38	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-7,35	-7,58
31	<i>Microcolpia friedeli</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,74	-5,85	70s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-10,68	-10,60
32	<i>Pisidium solitarium</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,12	-8,60	71s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-11,23	-10,08
33	<i>Pisidium solitarium</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,61	-8,50	72s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-11,35	-10,43
34	<i>Theodoxus sagittifera</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,03	-5,29	73s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-10,85	-10,69
35	<i>Theodoxus sagittifera</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-8,41	-7,16	74s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-10,46	-10,20
36	<i>Theodoxus sagittifera</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,22	-8,57	75s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-11,14	-10,53
37	<i>Potomida seljani</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,49	-7,56	76s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-10,97	-10,19
38	<i>Potomida seljani</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-10,40	-7,89	77s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-10,84	-10,79
39	<i>Potomida seljani</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-9,68	-9,59	78s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-10,96	-10,95
40	<i>Valvata subcarinata</i>	VGK39	<i>Viviparus kochanskyae</i>	-11,77	-6,05	79s	<i>Viviparus hoernesii</i>	VGK35	<i>Viviparus hoernesii</i>	-11,63	-10,89

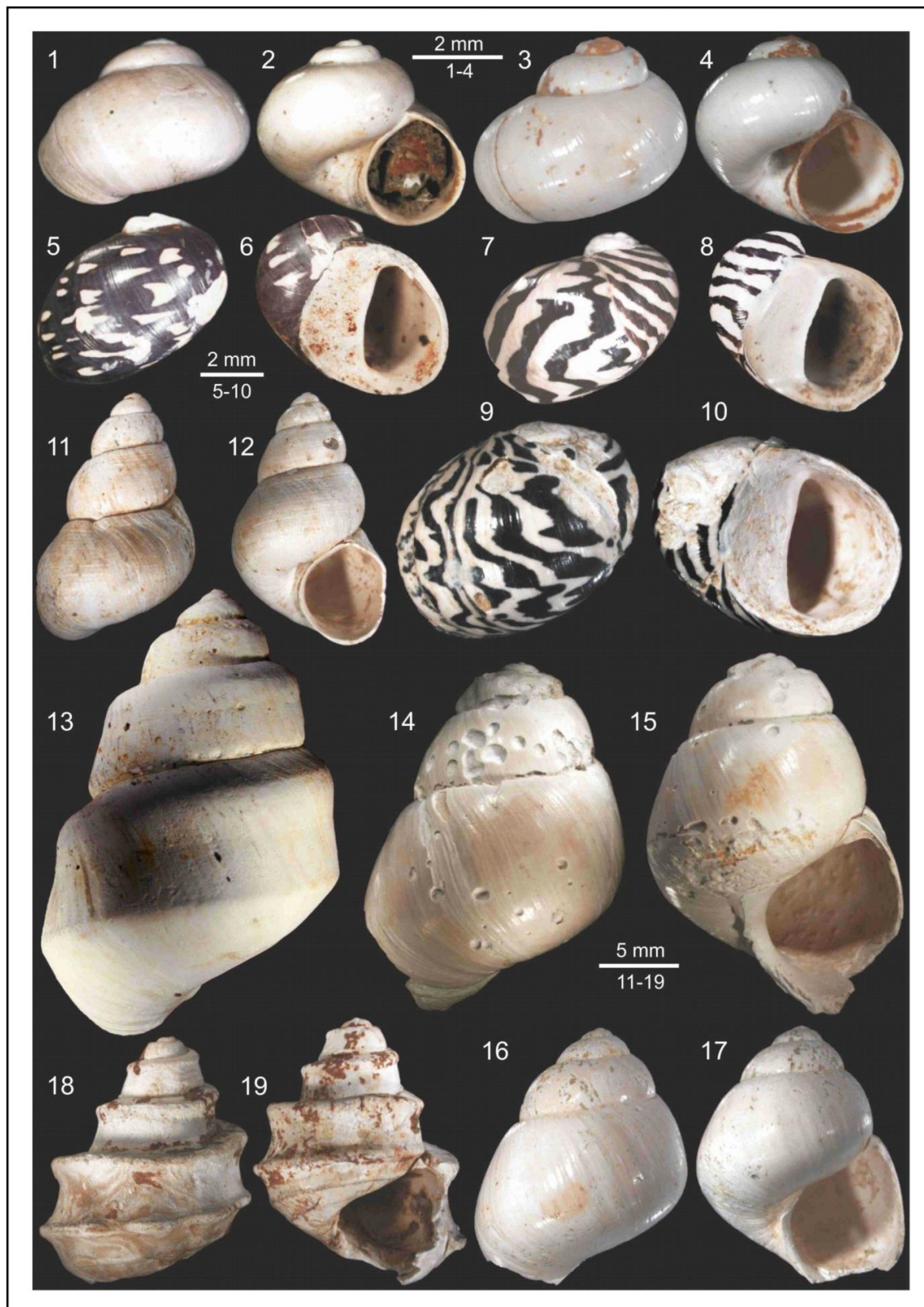
## 4.4. Paleontološke odredbe

### 4.4.1. Odredba makrofaune

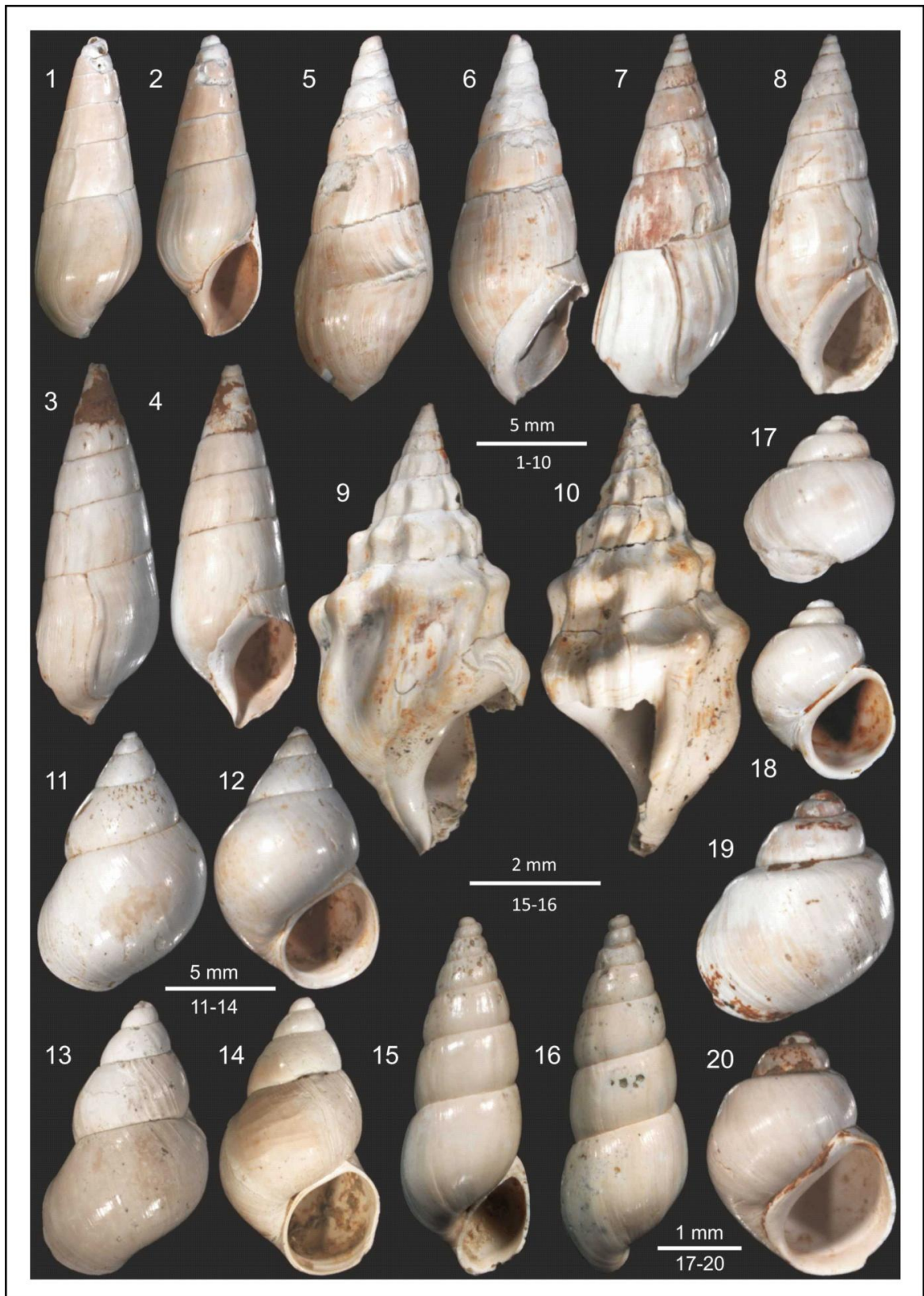
Rezultati odredbe makrofaune u okviru ovog istraživanja većim su dijelom publicirani u članku MANDIC i dr. (2015). Na lokalitetima Vukomeričkih Gorica utvrđena je prisutnost 13 fosilnih vrsta jezerskih mekušaca, od čega 11 vrsta puževa i 2 vrste školjkaša (slika 4.22. – 4.24.; tablica 4.14.). Najveća raznolikost je utvrđena kod porodice viviparida (4 vrste), potom melanopsida i hydrobiida (svaka skupina po 2 vrste). Ostale porodice (Valvatidae, Neritidae, Bithyniidae, Unionidae i Sphaeriidae) su zastupljene svaka s po jednom vrstom (MANDIC i dr., 2015). Najveći broj vrsta je zabilježen na lokalitetu VGK 39. Primjerci s tog lokaliteta su također i najbolje očuvani. Detektirano je deset vrsta, a najbrojnija je melanopsid *Microcolpia friedeli*, potom hydrobiid *Prososthenia? slavonica*. Na lokalitetu Kra-I kućice gastropoda su blago obojane limonitom, djelomično trošne, a ukupan broj vrsta je manji (6). Sve vrste s litostratigrafskog stupa Kra-I su zabilježene i na lokalitetu VGK 39. Na oba lokaliteta je pronađena vrsta *Viviparus kochanskyae*. Na lokalitetu VGK 35 (Novo brdo) pronađene su samo dvije loše očuvane vrste. Unatoč tome pronalazak je značajan jer se zajednica razlikuje od one u Kravarskom - određene su vrste *Viviparus hoernesii* i *Melanopsis clavigera*.

**Tablica 4.14.** Tablica prikazuje vrste mekušaca koje su određene na fosiliferim izdancima iz okolice Kravarskog (Vukomeričke gorice). Vrste koje prethodno nisu bile poznate u središnjoj Hrvatskoj su označene zvijezdicom.

Razred	Porodica	Vrsta	Kra-I	VGK-39	VGK-38	VGK-35
Gastropoda	Valvatidae	<i>Valvata subcarinata</i>	x	x		
	Neritidae	<i>Theodoxus semiplicatus</i>	x	x		
	Viviparidae	<i>Viviparus kochanskyae</i>	x	x		
		<i>Viviparus hoernesii</i>				x
		<i>Viviparus aulacophorus*</i>		x		
		<i>Viviparus dezmanianus</i>			x	
	Melanopsidae	<i>Melanopsis clavigera*</i>				x
		<i>Microcolpia friedeli</i>	x	x		
	Bythiniidae	<i>Bythinia vukotinovi</i>	x	x		
	Hydrobiidae	<i>Prososthenia? slavonica*</i>		x		
<i>Lithoglyphus decipiens*</i>		x	x			
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium solitarium*</i>		x		
	Unionidae	<i>Potomida seljani</i>		x		

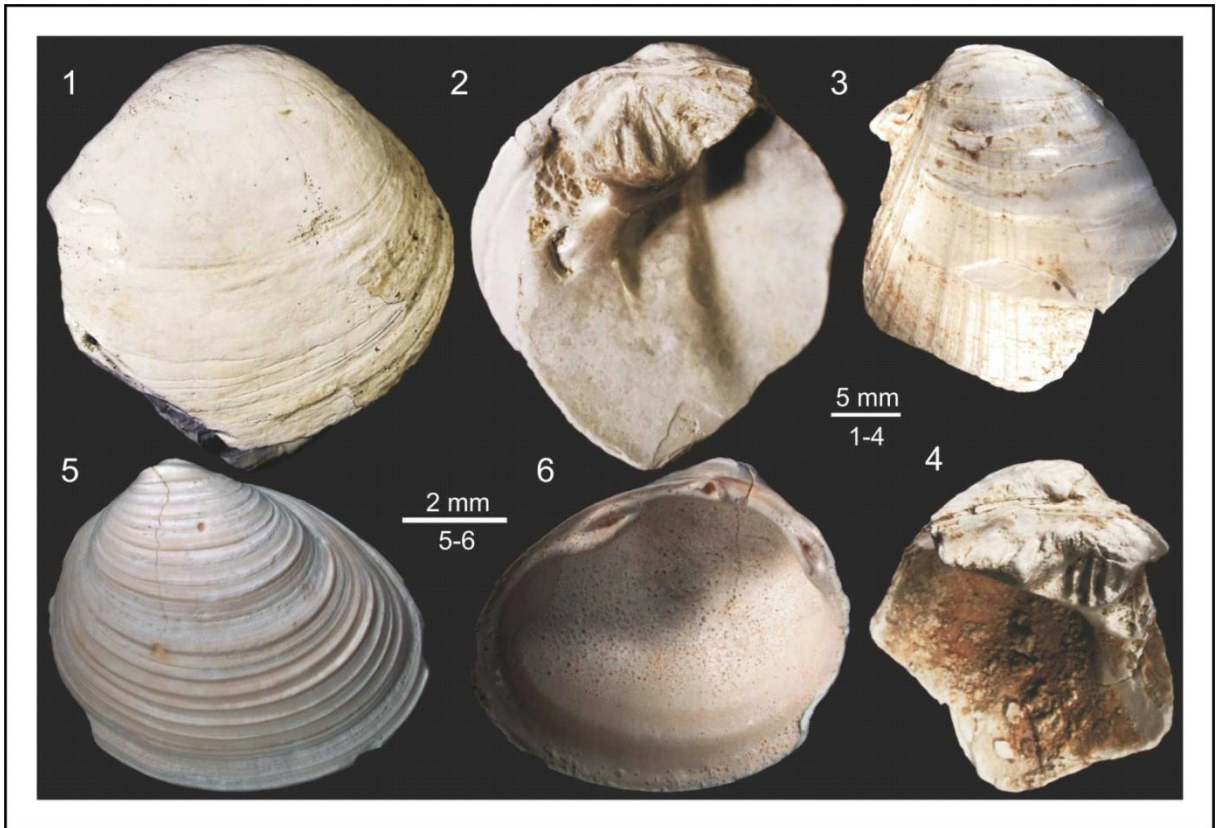


**Slika 4.22.** Pliocenski jezerski puževi iz *Viviparus* slojeva na području Kravarskog (Valvatidae, Neritidae i Viviparidae): **1-4** – *Valvata subcarinata* BRUSINA, 1878; 1-2 – VGK-39 uzorak br. 36; **3-4** – Kra-I uzorak br. 26. **5-10** – *Theodoxus semiplicatus* (NEUMAYR u HERBICH & NEUMAYR, 1875); **5-6** – VGK-39 uzorak br. 34; **7-8** – VGK-39 uzorak br. 34; **9-10** – Kra-I uzorak br. 25. **11-12** – *Viviparus aulacophorus* BRUSINA, 1874; VGK-39 uzorak br. 31. **13** – *Viviparus dezmanianus* BRUSINA, 1874; **13** – VGK-38 uzorak br. 19. **14-17** – *Viviparus kochanskyae* n. sp.; **14-15** – VGK-39 uzorak br. 37; **16-17** – Kra-I uzorak br. 27. **18-19** – *Viviparus hoernesi* NEUMAYR, 1869; **18-19** – VGK-35 uzorak br. (Foto: dr. sc. Oleg Mandić, iz MANDIĆ i dr., 2015).



**Slika 4.23.** Pliocenski jezerski puževi iz *Viviparus* slojeva na području Kravarskog (Melanopsidae, Bithyniidae, Hydrobiidae i Lithoglyphidae) ; **1-8** – *Microcolpia friedeli* (BRUSINA, 1885); 1-2 – VGK-39 uzorak br. 33; **3-4** – Kra-I uzorak br. 23; **5-6** – VGK-39 uzorak br. 33; **7-8** – Kra-I uzorak br. 24. **9-10** – *Melanopsis clavigera* (NEUMAYR u NEUMAYR & PAUL, 1875); VGK-35 uzorak br. 28. **11-14** – *Bithynia vukotinovici* (BRUSINA, 1874); **11-12** – Kra-I uzorak br. 21; **13-14** – VGK-39 uzorak br. 30. **15-16** – *Prososthenia? slavonica* (BRUSINA, 1874); VGK-39 uzorak br. 38. **17-20** – *Lithoglyphus decipiens* BRUSINA, 1885; 17-18 – VGK-39 uzorak br. 32; **19-20** – Kra-I uzorak br. 22. (Foto: dr. sc. Oleg Mandić, iz MANDIĆ i dr., 2015).





**Slika 4.24.** Pliocenski jezerski školjkaši iz *Viviparus* slojeva na području Kravarskog (Unionidae i Sphaeridae); **1-2** – *Potomida seljani* (BRUSINA, 1902); **1-2** – VGK-39 uzorak br. 35; **3-4** – VGK-39 uzorak br. 35. **5-6** – *Pisidium solitarium* (NEUMAYR, 1875); **5-6** – VGK-39 uzorak br. 13. (Foto: dr. sc. Oleg Mandić, iz MANDIĆ i dr., 2015).

#### 4.4.2. Ostaci mikrovertebrata

Od ukupno sakupljenih nalaza malih kralježnjaka (mikrovertebrata) s lokaliteta VGK 39 ukupno je izdvojeno 376 komada skeletnih ostataka, koji pripadaju ribama, vodozemcima i sisavcima. Najbrojniji su ostaci riba, uglavnom kralješci, potom različiti zubi i ostale cjelovite ili fragmentirane kosti. Od 326 ostataka 277 je bilo teško ili nemoguće preciznije determinirati. Radi se uglavnom o sitnim fragmentima kostiju ili zuba. Odredljivi riblji ostaci pripadaju dvjema porodicama – Cyprinidae RAFINESQUE, 1815 (ciprinidi ili šarani) i Esocidae CUVIER, 1817 (štuke), koje predstavljaju sljedeći rodovi/vrste: *Abramis brama* LINNAEUS, 1758 (deverika), ?*Barbus* CUVIER i CLOQUET, 1816 (mrena), *Carassius* NILSSON, 1832 (karas), *Esox lucius* LINNAEUS, 1758 (štuka; slika 4.25.b), *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) (crvenperka; Slika 4.25. a), i *Tinca tinca* Linnaeus, 1758 (linjak; slika 4.25.c – d). Nadalje, pronađena su dva fragmenta kostiju žabljih udova čija detaljnija taksonomska odredba nije moguća.

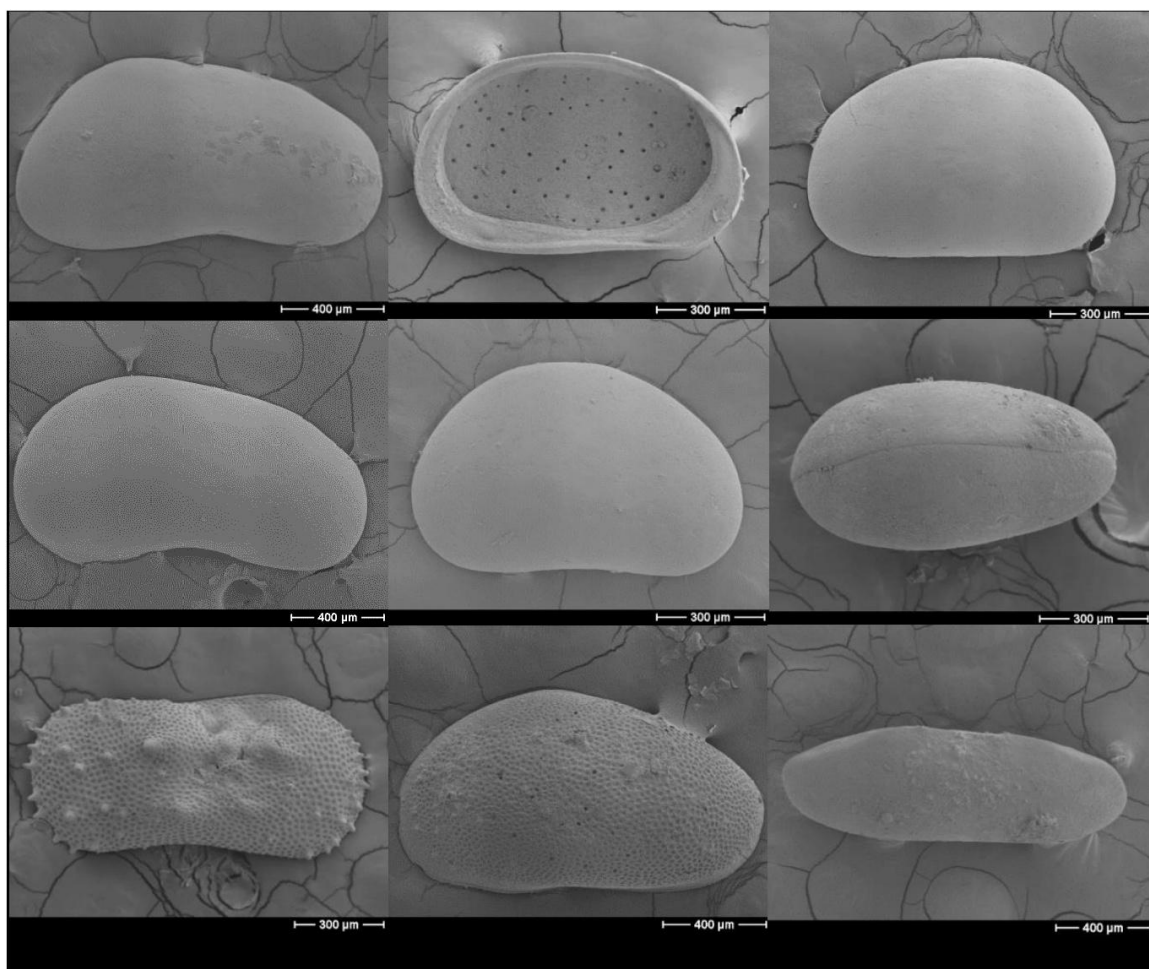
U istom uzorku iz Kravarskog dokumentirani su i predstavnici faune sisavaca. Pronađen je jedan kutnjak roda *Desmana* GÜLDENSTÄDT, 1777 (odredio L. C. Maul, osobno priopćenje). Desman je životinja iz reda kukcojeda (Eulipotyphla WADDEL, OKADA i HASEGAWA, 1999), odnosno porodice krtica (Talpidae FISCHER, 1814), i prvi je nalaz ove životinje u Hrvatskoj. U uzorku su također pronađeni i ostaci glodavaca. Dva od sedam zubiju voluharica ili arvikolida (potporodica Arvicolinae GRAY, 1821) determinirani su kao drugi i treći gornji kutnjak vrste *Mimomys* cf. *pliocaenicus* FORSYTH MAJOR, 1889 (slika 4.25.e–f). Jedna kompletna metapodijalna kost pripada neodredivom malom sisavcu, dok preostale neodredive kosti i zubi pripadaju glodavcima.



**Slika 4.25.** Zubi malih kralježnjaka iz *Viviparus* slojeva okolice Kravarskog (lokalitet: VGK 39): **a** – *Scardinius erythrophthalmus*, ždrijelni zub, bočni pogled (inv. br.: VGK 39/mv-12); **b** – *Esox lucius*, nepčani zub (inv. br.: VGK 39/mv-17); **c** – *Tinca tinca*, ždrijelni zub, lateralno (inv. br.: VGK 39/mv-6); **d** – *idem*, žvačna površina; **e** i **f** – drugi lijevi (?) gornji kutnjak ( $M^2$  sin. ?; odredba: L.C. Maul) vrste *Mimomys* cf. *pliocaenicus* (inv. br.: VGK 39/mv-2); **e** – žvačna površina; **f** – bukalno?. Foto: dr.sc. J. Mauch Lenardić (Zavod za paleontologiju i geologiju kvartara Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti). Mjerilo: 0,5 mm (a–d), 1 mm (e–f).

### 4.4.3. Mikropaleontološka analiza

U uzorcima iz okolice Kravarskog na Vukomeričkim goricama (s izdanka VGK 39, sedimentološkog stupa Kra-I i sedimentološkog stupa Lip-I; slika 2.1., tablica 2.1., prilog 1.3, prilog 1.4.) te na stupovima Sub-I i Sib-I (slika 2.1.; tablica 2.1.; prilog 1.10; prilog 1.11.) određena je mikrofossilna, pretežno ostrakodna fauna. Odabrani uzorci s Vukomeričkih gorica su snimljeni korištenjem skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM) i prikazani na slici 4.26.



<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>

**Slika 4.26.** SEM mikrofotografije odabranih ostrakoda iz okolice Kravarskog (Vukomeričke gorice): **1, 4** - *Candona neglecta* (SARS), **1** - Kra I 7/1, desna ljuštura, vanjski izgled, **4** - VGK 39, desna ljuštura, vanjski izgled; **2, 3** - *Scottia tumida* (JONES), **2** - Kra I 6/1, lijeva ljuštura, unutarnji izgled, **3** - Kra I 6/1, lijeva ljuštura, vanjski izgled; **5, 6** - *Scottia browniana* (JONES), **5** - VGK, desna ljuštura, vanjski izgled; **6** - VGK 39, dorzalni pogled. **7** - *Ilyocypris monstifera* (NORMAN), - Kra I 7/1, lijeva ljuštura, vanjski izgled. **8** - *Eucypris dulcifons* (DIEBEL i PIETRZENIUK), Kra I 7/1, lijeva ljuštura, vanjski izgled. **9** - *Fabaeformiscandona holzkampfi* (HARTWIG), VGK 39, desna ljuštura, vanjski izgled.

Na području Vukomeričkih gorica ukupno je određeno devet vrsta ostrakoda (tablica 4.15.) u šest uzoraka koji pripadaju obiteljima Candonidae, Ilyocypridae i Cyprididae. Primjerci ostrakoda su generalno dobro očuvani u *in situ* stanju na vršnom dijelu stupa Kra-I i na lokalitetu VGK 39. Nasuprot tome u nižim dijelovima stupa Kra-I očuvanje je uglavnom loše. Diverzitet vrsta je nizak. Najveći broj vrsta (5) je zabilježen u uzorku VGK 39. U uzorku Kra-I 7/1 dokumentirane su četiri vrste dok su u ostalim uzorcima zabilježene po dvije vrste. Najčešće vrste su *Scottia tumida* (JONES), te *Candona neglecta* SARS i *Scottia browniana* (JONES). Ostalih šest vrsta se javljaju u manjem broju: *Herpetocypris* sp., *Candona* sp., *Fabaeformiscandona holzkampfi* (HARTWIG), *Eucypris dulcifons* DIEBEL & PIETRZENIUK, *Ilyocypris monstifrica* (NORMAN) i *Hemicytheria* sp. (tablica 4.15.). U uzorku Kra-I 1/1 pronađena je jedna pretaložena ljušturica gornjomiocenske vrste *Hemicytheria* sp.

**Tablica 4.15.** Vrste ostrakoda određene na litostratigrafskom stupovima Kra-I, Lip-I i lokalitetu VGK 39 na području Kravarskog (Vukomeričke gorice), te na sedimentološkim stupovima Sib-I i Sub-I iz Slavonije. Tablica prikazuje brojnost determiniranih vrsta u pojedinim uzorcima.

Uzorak \ vrsta	<i>Candona neglecta</i>	<i>Fabaeformiscandona holzkampfi</i>	<i>Candona</i> sp.	<i>Scottia browniana</i>	<i>Scottia tumida</i>	<i>Scottia</i> sp.	<i>Herpetocypris</i> sp.	<i>Eucypris dulcifons</i>	<i>Ilyocypris cf bradyi</i>	<i>Ilyocypris monstifrica</i>	<i>Hemicytheria</i> sp	<i>Psychrodromus</i> sp	<i>Darwinula stevensoni</i>	<i>Cypria</i> sp.	<i>Herpetocypris</i> sp.	<i>Cyclocypris</i> sp.
Kra-I 1/1				1							1					
Kra-I 5/1					1		1									
Kra-I 6/1	8				40											
Kra-I 7/1	38				19			2		3						
Lip-I 27/1	10		20							1						
VGK 39	18	4	3	19	29											
Sib-I 5/2	6		5						40			1	4	12		
Sub-I 2/2			1						1					1	1	
Sub-I 6/1						1										12

U bazi stupa Sibinj nema ostrakodne faune osim jedne neodredive juvenilne ljušturice i operkuluma, a dominiraju rizoliti. Dominacija rizolita u bazi stupa Sibinj ukazuje na vlažan kopneni okoliš. Prema vrhu stupa zajednica ostrakoda postaje raznolikija, dominiraju ostrakodne vrste koje su karakteristične za izvorišta i potoke, ali nalaze se i vrste stabilne plitke vodene sredine. Fauna ima karakteristike *in situ* zajednice (zastupljeni su svi životni stadiji). U najkrupnijoj frakciji dominira fauna gastropoda.

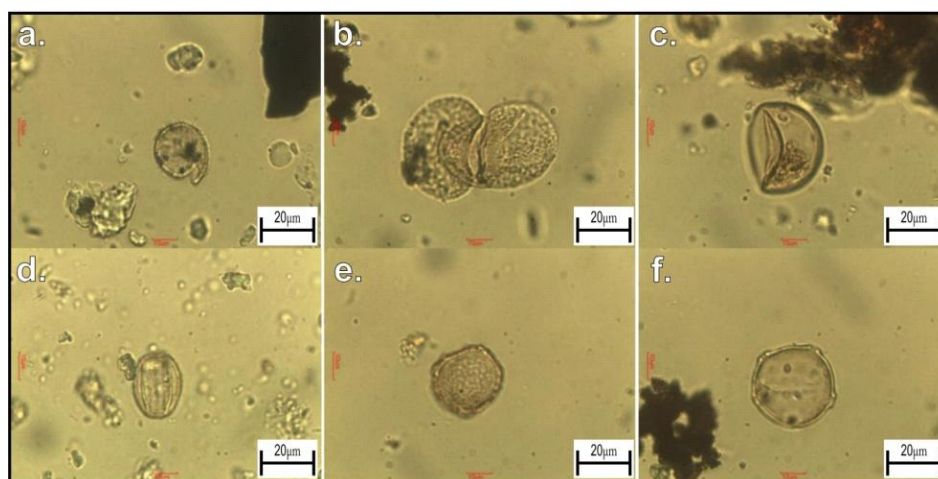
Mikrofossilna zajednica stupa Subocka ima karakteristike malih, plitkih slatkovodnih bazena u blizini izvorišta. Uzorak Sub-I 2/2 je siromašan fosilnim sadržajem dok u uzorku Sub-I 6/1 uz ostrakode ima rizolita i gastropoda. U uzorku Sub-I 6/1 prevladavaju cijele ljušturice koje upućuju na brzo taloženje i pretaložavanje ostrakodne faune (nisu prisutne juvenilne jedinke).

#### 4.4.4. Palinološka analiza

Palinološke analize su napravljene na četiri istražena stupa: Kravarsko (Kra-I), Lipnica (Lip-I), Subocka (Sub-I) i Sibinj (Sib-I). Rezultati su se pokazali dobrima za paleookolišne rekonstrukcije, dok je zbog slabe zastupljenosti i očuvanosti palinomorfa bilo teže donositi zaključke o stratigrafskoj pripadnosti istraženih naslaga.

##### Kra-I

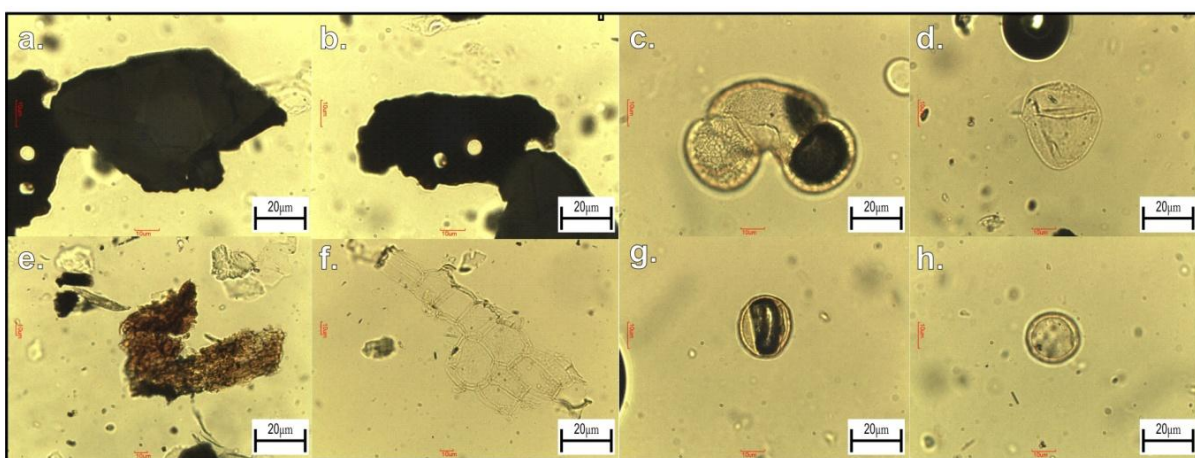
U palinofacijesu stupa Kravarsko, koji je siromašan organskom materijom, dominiraju nesortirani, različito zaobljeni opaki fitoklasti, te gelificirani fitoklasti, dok je amorfna organska tvar različitog stupnja fluorescencije slabije zastupljena. U fosilnom sadržaju postoji vrlo malo peluda listopadnog drveća *Carpinus*, *Ulmus*, *Quercus*, cf. *Corylus* i trava Poaceae, dok je alga *Sigmopollis* nešto brojnija (slika 4.27.). U nižim horizontima stupa Kravarsko u siromašnom organskom ostatku dominira amorfna organska tvar različitog stupnja fluorescencije, dok su opaki i gelificirani fitoklasti slabije zastupljeni. Taložni okoliš je također prijelazni kopнено – jezerski.



Slika 4.27. Palinofacijes sedimentološkog stupa Kravarsko: a. *Sigmopollis*; b. *Cathaya*; c. Poaceae; d. *Quercus*; e. *Ulmus*; f. *Carpinus*.

## Lip-I

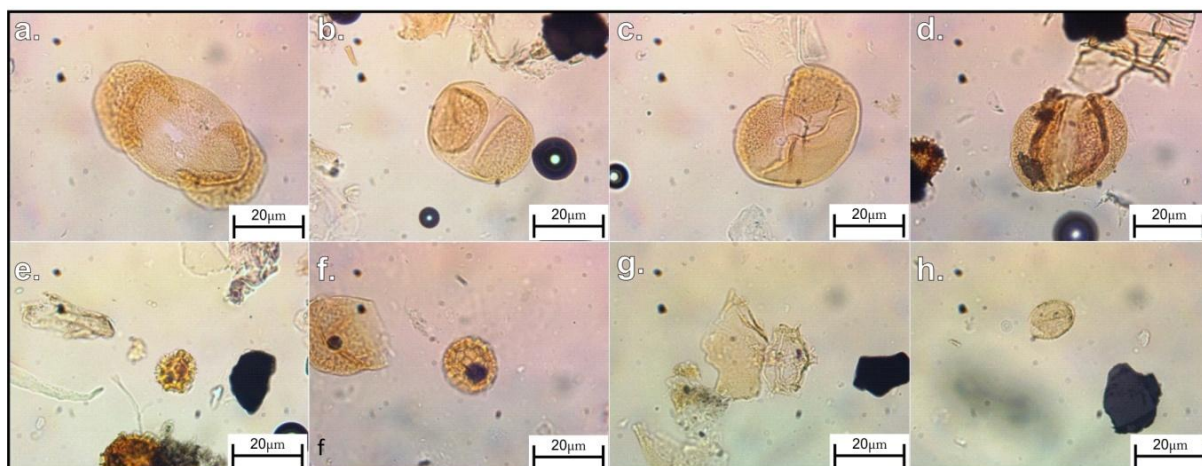
Analizom palinofacijesa s sedimentološkog stupa Lipnica utvrđeno je da sadrži vrlo malo organskog ostatka mješovitog sastava. Uglavnom su to nesortirani inertinitni klasti (slika 4.28.a.; 4.28.b.) različitog stupnja sferičnosti i zaobljenosti i slabo strukturirani (djelomično gelificirani) vitrinitni klasti (slika 4.28.e.), te kutinit (slika 4.28.f.). Također postoji i vrlo malo palinomorfi – svega nekoliko peludnih zrna. Stupanj očuvanosti zrna je relativno loš, tj. na većini zrna su uništeni detalji strukture i skulpture, pa je onemogućena preciznija odredba. Determinirano je svega nekoliko peludnih zrna: *Pinus* sp (slika 4.28.c.), cf. *Carex* sp. (slika 4.28.d.), *Quercus* sp. (slika 4.28.g.) i poliporatno zrno cf. *Plantago lanceolata* (slika 4.28.h).



**Slika 4.28.** Palinofacijesa sedimentološkog stupa Lipnica: **a.** i **b.** inertinitni klasti; **c.** *Pinus* sp.; **d.** cf. *Carex* sp.; **e.** vitrinitni klasti; **f.** kutinit; **g.** *Quercus* sp.; poliporatno zrno cf. *Plantago lanceolata*.

## Sib-I

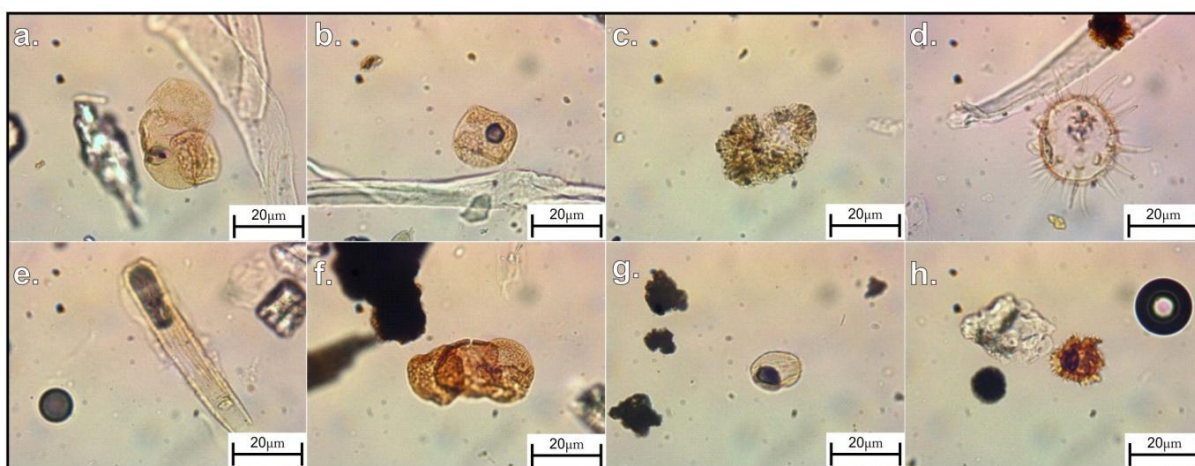
Analize palinofacijesa s sedimentološkog stupa Sibinj pokazale su da sedimenti sadrže vrlo malo organskog ostatka u kojem dominira kutinit uz inertinit, a zastupljeni su i vitrinit i sporinit. Osim brojnog peluda četinjača (uglavnom *Picea* – slika 4.29.c, te *Pinus haploxylon* – slika 4.29.b, *Pinus diploxylon* – slika 4.29.a i *Cathaya* – slika 4.29.d), peluda glavočika *Cichoriaceae* – slika 4.29.e postoje rijetke pretaložene panonske dinociste (*Spiniferites bentorii pannonicus* – slika 4.29.g), alga *Sigmopollis* – slika 4.29.h i rijedak pelud listopadnog drveća *Quercus robur* te zeljanica *Polygonum* – slika 4.29.f.



**Slika 4.29.** Palinofacijes sedimentološkog stupa Sibinj: **a.** *Pinus diploxylon*; **b.** *Pinus haploxylon*; **c.** *Picea*; **d.** *Cathaya*; **e.** *Cichoriaceae*; **f.** *Polygonum*; **g.** *Spiniferites bentorii pannonicus*; **h.** *Sigmopollis*.

### Sub-I

U uzorku s lokaliteta Subocka ima vrlo malo organskog ostatka u kojem dominira inertinit, a zastupljeni su i vitrinit i sporinit. U fosilnom sadržaju osim malobrojnog peluda četinjača (uglavnom *Pinus haploxylon* – slika 4.30.b, *Pinus diploxylon* – slika 4.30.a i *Podocarpus* – slika 4.30.f), cijanobakterije *Gloeotrichia* – slika 4.30.e i rijedak pelud *Taxodium*-a i listopadnog drveća *Quercus robur* – slika 4.30.g, *Alnus* te pelud glavočika *Cichoriaceae* – slika 4.30.h i šaševa *Cyperaceae*. Postoje rijetke pretaložene miocenske dinociste (*Lingulodinium machaerophorum* – slika 4.30.d, *Spiniferites*), zelene alge *Botryococcus braunii* – slika 4.30.c i zigospore *Pseudoschizaea circula* koje ukazuju na eroziju miocenskih naslaga.



**Slika 4.30.** Palinofacijes sedimentološkog stupa Sibinj: **a.** *Pinus diploxylon*; **b.** *Pinus haploxylon*; **c.** *Botryococcus braunii*; **d.** *Lingulodinium machaerophorum*; **e.** *Gloeotrichia*; **f.** *Podocarpus*; **g.** *Quercus robur*; **h.** *Cichoriaceae*.

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Provenijencija

Sastav klastičnog detritusa u nekom taložnom prostoru prvenstveno ovisi o sastavu izvorišnih stijena, a taj je sastav ovisan o geotektonskom smještaju izvorišnih područja. Ipak, rekonstrukcija provenijencije klastičnog detritusa često je vrlo složen problem jer modalni sastav detritusa gotovo nikad ne predstavlja direktni odraz sastava stijena iz kojeg je detritus nastao. Razlog tome su brojni čimbenici koji mogu u većoj ili manjoj mjeri modificirati sastav detritusa kako na mjestu njegovog nastanka, tako i za vrijeme transporta, taloženja i dijagenoze (BASU, 1985). Intenzitet modifikacije sastava ovisi prvenstveno o načinu trošenja starijih stijena, obliku reljefa, klimatskim uvjetima, duljini i načinu transporta, hidrodinamskim osobinama pojedinih detritičnih čestica kao i o dijagenetskim procesima. Tako topla i vlažna klima te zaravnjen reljef pogoduju kemijskom raspadanju nestabilnih mineralnih sastojaka, dok strmi reljef i aridna klima pogoduju njihovom mehaničkom raspadanju. Također, do modifikacije modalnog sastava sedimenta dolazi i uslijed mehaničke separacije detritičnih čestica ovisno o njihovoj veličini, gustoći i obliku. Osim toga značajan faktor modifikacije sastava predstavljaju dijagenetski procesi i sam mineralni i petrološki sastav sedimenta. S obzirom na navedeno jasno je da sastav detritičnih čestica nije nužno pokazatelj sastava stijena izvorišnog područja, već je rezultat skupnog djelovanja brojnih modificirajućih čimbenika. Osim modalnog sastava, važan alat u interpretaciji provenijencije su i podaci o smjeru donosa klastičnog detritusa.

Istraživani prostor Vukomeričkih gorica smješten je u jugozapadnom rubnom području PBS-a i relativno blizu potencijalnih izvorišta materijala, kao što su Dinaridi i Alpe, ali isto tako i lokalno izdignute gore na Banovini, Medvednica, Žumberak i Moslavačka gora (slika 2.2.). Slično tome, detritus *Viviparus* slojeva u prostoru zapadne Slavonije mogao bi potjecati iz udaljenih izvorišta, ali i s prostora Slavonskih planina ili planina Sjeverne Bosne. Naime, za razliku od kasnog miocena kada su glavno izvorište detritusa taloženog u JZ dijelu Panonskog bazena bile Alpe, a prostor je zapunjavao iz smjera sjeverozapada (ŠIMUNIĆ i ŠIMUNIĆ, 1987; MAGYAR i dr. 1999; KOVAČIĆ i GRIZELJ, 2006; MAGYAR i dr., 2013) i kada je utjecaj južnih i lokalnih izvorišta bio zanemariv, tijekom pliocena, uslijed inverzije bazena uzrokovane kompresijskom tektonikom koja je dovela do izdizanja pojedinih blokova unutar JZ dijela Panonskog bazena (TOMLJENović i CSONTOS, 2001), moguće je očekivati i utjecaj lokalnih izvorišta.



Podaci dobiveni mjerenjem direkcionih tekstura u sklopu ovoga rada pokazali su da je tijekom pliocena klastični detritus na prostor Vukomeričkih gorica donasan iz različitih smjerova (prilozi 1.1.-1.12.). Isto tako dobiveni podaci pokazuju da nije bilo donosa detritusa iz smjera jugoistoka, što je i očekivano ako se zna da se jugoistočno od Vukomeričkih gorica nalazi Savska depresija (slika 1.1.; slika 1.2.). Vrlo loša do srednja sortiranost znatnog dijela pješčanog detritusa (tablica 4.2) ukazuje na njegov relativno kratak transport, dok bi dobra zaobljenost dijela detritusa mogla biti rezultat više ciklusa pretaložavanja sedimenta.

### 5.1.1. Modalni sastav

Analize modalnog sastava klastičnog detritusa *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica pokazale su da je taj detritus nastao trošenjem raznovrsnih sedimentnih, metamorfnih i magmatskih izvorišnih stijena. Sastav litičnih fragmenata u pješčanom detritusu sugerira da su u sastavu izvorišnih stijena zastupljeni rožnjak/radiolariti, kvarcit, bazične magmatske stijene (dijabaz bazalti, spilitizirani bazalti) i metapsamiti (slika 4.10.; slika 4.11.; slika 4.12.), te karbonatne sedimentne stijene i kisele vulkanske stijene.

Bazične magmatske stijene mogle bi biti porijeklom iz ofiolitnog melanža kakav se danas pojavljuje na površini Medvednice (ŠIKIĆ i dr., 1979; BASCH, 1983a; BASCH 1983b). Rekristalizirani i pjeskoviti mikritni vapnenci, ponekad dolomitizirani, kakvi su zabilježeni primjerice na stupu Petracec (prilog 1.5.) slični su donjetrijaskim karbonatnim sedimentima kakvih ima u okolnim područjima Banovine, Žumberka i Medvednice. Međutim, čestice radiolarita, koje se javljaju zajedno s karbonatnim česticama nemaju karakteristike Žumberačkih radiolarita (GRGASOVIĆ, usmeno priopćenje), pa se za njih može pretpostaviti da su porijeklom s Banovine i Medvednice. Činjenica da su relativno nestabilni karbonatni klasti ostali očuvani zajedno s prevladavajućim siliciklastičnim detritusom ukazuje na slab utjecaj modificirajućih faktora, što zajedno sa slabom sortiranošću sedimenta ukazuje na kratak transport, tj. lokalno porijeklo materijala.

Fragmenti kiselih magmatskih stijena mogli bi potjecati iz granitnog kompleksa Moslavačke gore (CRNKO, 1990; CRNKO i VRAGOVIĆ, 1990), međutim svojim značajkama više upućuju na porijeklo iz starijih paleogenskih klastita Banovine (BELAK, usmeno priopćenje). Naime, u sastavu tih konglomerata bogato su zastupljene valutice i fragmenti kiselih eruptiva (PIKIJA, 1987a).

Sastav zajednice teških minerala u pješčanom detritusu *Viviparus* slojeva iz Vukomeričkih gorica također ukazuje na litološku složenost izvorišnih područja. Dominacija granata u većini uzoraka, kao i značajan udio epidota, a mjestimice i amfibola (tablica 4.5.; slika 4.14.; slika 4.15.; slika 4.16.) ukazuje da je značajan dio detritusa mogao nastati pretaložavanjem iz najmlađih miocenskih sedimenata. Naime, upravo je ta mineralna zajednica karakteristična za sedimente gornjeg miocena na čitavom prostoru JZ dijela Panonskog bazena (ŠIMUNIĆ i ŠIMUNIĆ, 1987; KOVAČIĆ i dr., 2004; KOVAČIĆ i GRIZELJ, 2006). Ti se sedimenti danas nalaze na površini uz obode gora sjeverozapadne Hrvatske (ŠIKIĆ i dr., 1979; BASCH, 1983a), grade sjeverni dio Banovine (PIKIJA, 1987a), a uz to čine veliki dio ispune okolnih depresija (Karlovačke i Savske depresije), te sinklinorija Hrvatskog zagorja (ŠIMUNIĆ i dr., 1983). U prilog zaključku da je značajan dio detritusa porijeklom iz starijih sedimentnih stijena, tj. da je prošao više od jednog ciklusa pretaložavanja govori i dominacija dobro zaobljenih najrezistentnijih čestica u sastavu lake mineralne frakcije kao što su to kvarc, kvarcit i rožnjak (tablica 4.4.; slika 4.13.). Razlike u sastavu zajednice teških minerala u *Viviparus* slojevima s područja Vukomeričkih gorica u odnosu na one s južnih obronaka Dilj gore ukazuju na različito porijeklo detritusa, što pak sugerira lokalna izvorišta. Tako povećani udio piroksena u detritusu iz Slavonije (tablica 4.5.) upućuje na porijeklo dijela materijala iz Bosne. Što se pak Vukomeričkih gorica tiče, ujednačenost sastava pješčanog detritusa na čitavom istraživanom području i u vertikalnom slijedu naslaga ukazuje da za vrijeme taloženja *Viviparus* slojeva nije dolazilo do značajnijih promjena izvorišta. Uočene razlike, kao primjerice udio granata u uzorcima, najvjerojatnije su posljedica većeg ili manjeg utjecaja pojedinih izvorišta, no nisu omogućile izdvajanje pojedinih područja ili stratigrafskih nivoa na temelju sastava detritusa. Do istog zaključka došao je i PIKIJA (1987a) koji nije prepoznao nikakvu pravilnost u bočnom ili vertikalnom rasporedu mineralnih vrsta. Pravilnost raspodjele amfibola kao „provodnih minerala“ koje je koristio ŠIMUNIĆ (1964\*) za odvajanje donjih od gornjih *Viviparus* slojeva u ovome radu nije potvrđena.

Uzorci s rubnog, južnog dijela Vukomeričkih gorica (Bašića brdo i Žažina) karakterizirani su visokim udjelom kvarca u lakoj mineralnoj frakciji (tablica 4.4.) i povišenim udjelom opakih minerala u teškoj mineralnoj frakciji (tablica 4.5.). Blago odstupanje modalnog sastava od ostalih uzoraka odraz je njihovog stratigrafskog položaja. Naime lokalitet Bašića Brdo predstavlja sedimente podloge (panon), dok su na lokalitetu Žažina taloženi kvartarni sedimenti koji sastavom odgovaraju sedimentu Kupe (GRIZELJ,

usmeno priopćenje). Takvi, kvarcom bogati sedimenti opisani su u uzvodnom dijelu toka rijeke Kupe iz okolice Karlovca (KASTMÜLLER, 2005).

Minerali glina i kvarc dominantni su sastojci u istraživanim pelitnim sedimentima (tablica 4.6.). Među mineralima glina najzastupljeniji su smektiti čija prisutnost može ukazivati na povećanje vulkanske aktivnosti u taložnom prostoru (CHAMLEY, 1989). Međutim, obzirom da nema nikakvih drugih dokaza vulkanske aktivnosti vjerojatnije je porijeklo smektita vezano uz donos s okolnog područja ili pretaloživanje iz starijih naslaga. Porijeklo illita, drugog najzastupljenijeg minerala glina, najvjerojatnije je vezano uz detritus nastao trošenjem metapsamita čija je prisutnost utvrđena analizom litičnih čestica (slika 4.12. c, d), a dio je vjerojatno nastao procesom ilitizacije feldspata koji su također zastupljeni u pjeskovitoj frakciji istraživanih sedimenata (tablica 4.4.). Nizak udio klorita indikator je intenzivnijeg kemijskog trošenja sedimenta (CHAMLY, 1989; WEAWER, 1989) što posljedično dovodi do zaključka da su istraživani sedimenti taloženi u području relativno tople i humidne klime. Ipak, sastav minerala glina u jezerskim okolišima uglavnom je odraz sastava izvorišnog područja (WEAWER, 1989) pa zbog toga ima značajniju primjenu u interpretaciji vrste izvorišnog područja od interpretacije uvjeta u samom jezeru.

Porijeklo kvarca u istraživanim pelitnim sedimentima vjerojatno je isto kao i u pješčanom detritusu. Najveći dio karbonatnog materijala, prvenstveno kalcit i dolomit, također je detritičnog porijekla i potječe iz okolnog gorja. Na takav zaključak navodi činjenica da pješčani detritus s istih lokaliteta sadrži čestice dolomita i fragmente vapnenačkih stijena (tablica 4.5.; slika 4.10. c-f). Jedino se za aragonit može pretpostaviti da je biogenog porijekla jer je zabilježen samo u uzorku s fosilnom faunom.

Sve navedeno govori u prilog tome da detritus *Viviparus* slojeva potječe iz lokalnih izvorišta, a njegov mineralni sastav je rezultat zajedničkog utjecaja trošenja raznovrsnih starijih stijena iz lokalnih izvorišta, te pretaloživanja sedimenata gornjeg miocena. S obzirom na to, sastav sedimenta odraz je geološke građe lokalno izdignutih područja, a uz to je zadržao dio mineralnog zapisa Alpske provenijencije. Dobiveni rezultati o lokalnom porijeklu detritusa koji je tijekom pliocena taložen u prostoru jugozapadnog dijela PBS-a pokazuju da je na prijelazu iz miocena u pliocen došlo do velike promjene izvorišta detritusa. Naime, tijekom kasnog miocena na čitavom prostoru jugozapadnog dijela PBS-a taložen je detritus vrlo ujednačenog modalnog sastava koji je deriviran u području Alpa i zapadnih Karpata (KOVAČIĆ i GRIZELJ, 2006; ŠIMUNIĆ i ŠIMUNIĆ, 1987; GRIZELJ i dr., 2017a), dok pliocenski detritus karakteriziraju lokalna izvorišta. Takva promjena najvjerojatnije je uzrokovana inverzijom bazena uslijed kompresijske tektonike, koja je u PBS-u započela krajem miocena, a intenzivirala se u pliocenu i kvartaru (TOMLJENOVIĆ i CSONTOS, 2001; PAVELIĆ, 2001). Uslijed kompresije pojedini blokovi uz rub bazena ili unutar njega

su izdignuti, a njihova erozija dala je klastični detritus taložen u okolnim depresijama u jugozapadnom dijelu PBS-a.

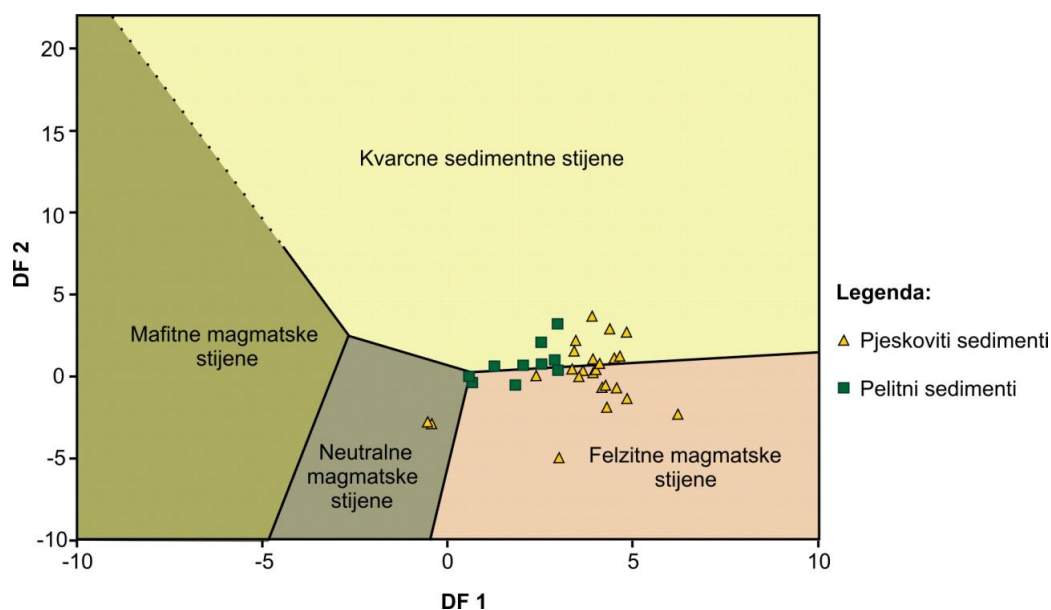
### 5.1.2. Kemijski sastav

Analiza provenijencije temeljena na modalnom sastavu je upotpunjena rekonstrukcijom provenijencije na temelju rezultata geokemijskih analiza. ROSER i KORSCH (1988) su predložili model geokemijskog razlikovanja provenijencije, tj. razlikovanja vrsta izvornih stijena pomoću diskriminantnih funkcija koje su bazirane na sadržaju određenih makroelemenata. U ovom istraživanju su iskorištene funkcije DF1 i DF2 definirane na sljedeći način:

$$DF1 = 30,638TiO_2/Al_2O_3 - 12,541Fe_2O_3/Al_2O_3 + 7,329MgO/Al_2O_3 + 12,031Na_2O/Al_2O_3 + 35,402K_2O/Al_2O_3 - 6,382$$

$$DF2 = 56,500TiO_2/Al_2O_3 - 10,879Fe_2O_3/Al_2O_3 + 30,875MgO/Al_2O_3 - 5,404Na_2O/Al_2O_3 + 11,112K_2O/Al_2O_3 - 3,89.$$

Rezultati geokemijskih analiza prikazani u dijagramu na slici 5.1. potvrdili su rezultate analiza modalnog sastava detritusa prema kojima on potječe iz starijih siliciklastičnih sedimentnih stijena te kiselih i neutralnih magmatskih stijena. Međutim, prema tim analizama detritus ne potječe iz mafitnih magmatskih stijena, što se jasno vidi u modalnom sastavu pješčanog detritusa. Geokemijske analize pokazale su također da pelitni sedimenti imaju



**Slika 5.1.** Diskriminantni dijagram prema ROSER i KORSCH (1988) za razlikovanje vrsta izvornih stijena sedimentata *Viviparus* slojeva s područja s područja Vukomeričkih gorica. Uzorci su grupirani temeljem granulometrijskog sastava i podijeljeni na pelitne i pjeskovite sedimente.

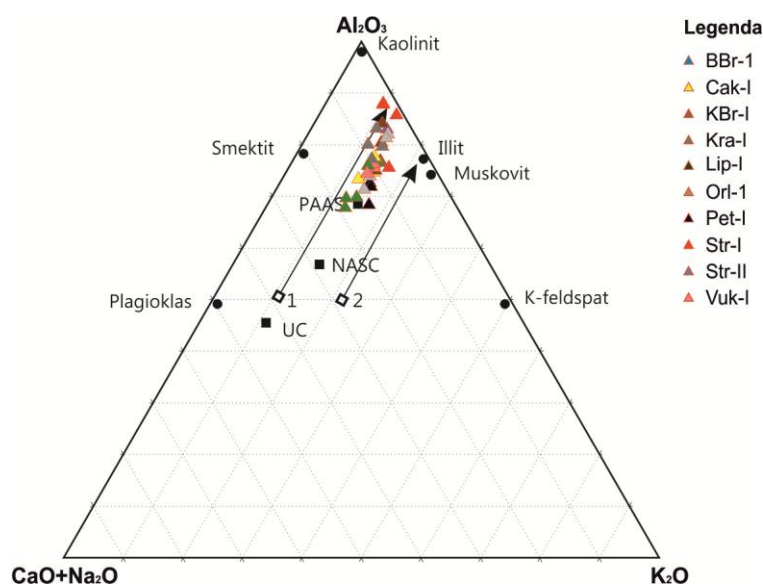
homogeniji kemijski sastav od pjeskovitih sedimentata i da su pretežno grupirani oko granice polja felzitnih magmatskih i kvarcnih sedimentnih stijena. Pješćani materijal ima šire rasprostiranje kroz polje neutralnih i felzitnih magmatskih stijena, te kvarcnih sedimentnih stijena. Veća koncentracija kvarca u krupnije zrnatim sedimentima je razlog pomicanja navedene grupe uzoraka prema polju felzitnih magmatskih i kvarcnih sedimentnih stijena.

Izračunati odnosi makroelemenata koji su prikazani u tablici 4.11. govore o zrelosti sedimentata i njihovom porijeklu tj. vrsti izvorišnih stijena. Tako omjer oksida  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  u pijescima varira u širokom rasponu od 5,20 do 23,87, dok je u pelitnim sedimentima raspon znatno uži i to od 2,59 do 4,88. Omjer  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  je mjerilo zrelosti sedimentata (POTTER, 1978; CULLERS, 2000), a prema navedenim visokim vrijednostima možemo zaključiti da su analizirani uzorci mineraloški zreli, što je u suglasju s rezultatima analize lake mineralne frakcije pijesaka (tablica 4.4.). Visoki udio  $\text{SiO}_2$  dobro se korelira s visokim udjelima minerala kvarca. Odnos  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  može se koristiti kao pokazatelj sastava izvorišnih stijena (COX i dr., 1995) s obzirom da se značajno razlikuje za minerale glina i feldspate. Prema COX i dr. (1995) vrijednosti odnosa  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  za minerale glina kreću se u rasponu od 0,0-0,3, dok kod feldspata variraju u rasponu od 0,3-0,9. Prosječni odnos  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  u analiziranim pelitnim uzorcima iznosi 0,16 (tablica 4.11.) i ukazuje na prerađene starije pelitne sedimente. Niska vrijednost omjera  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  koja varira između 0,08 i 0,38 (tablica 4.11.) u analiziranim pelitnim uzorcima upućuje na vezanost tih elemenata za minerale glina. U pjeskovitim uzorcima je taj omjer nešto šireg raspona, varira od 0,16-0,66 (tablica 4.11.).

Osim za rekonstrukciju provenijencije, sastav glavnih elemenata u sedimentima može poslužiti za utvrđivanje stupnja kemijskog trošenja izvorišnih stijena. NESBIT i YOUNG (1982) su u svojem istraživanju predložili kemijski indeks alteracije ili CIA indeks. CIA indeks računa se prema sljedećem izrazu:  $\text{CIA} = (\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})) \times 100$ . Bitno je naglasiti da količina CaO prikazuje samo kalcij sadržan u silikatnim mineralima, dok su karbonati otopljeni prije kemijske analize. CIA vrijednosti za prosječni šejl iznose 70-75, a za illit i montmorillonit 75-85 (NESBIT i YOUNG, 1982). U analiziranim uzorcima izračunata prosječna vrijednost iznosi 76,9 (za pelite prosječno 79,8; za pijeske prosječno 75,7) i upućuje na visoki intenzitet kemijskog trošenja izvorišnih stijena (tablica 4.11.).

Intenzitet trošenja izvorišnih stijena moguće je interpretirati i putem trokomponentnog dijagrama baziranog na odnosima  $\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}) - \text{K}_2\text{O}$  (NESBIT i YOUNG, 1982; 1984) prikazanog na slici 5.2. Za usporedbu su na dijagramu dani prosječni odnosi navedenih elemenata za prosječni PAAS i gornju koru (UC) (iz TAYLOR i McLENNAN, 1985), te za

kompozit sjevernoameričkog šejla (NASC) (iz GROMET i dr.,1984). Pored toga označeni su idealni sastavi plagioklasa, K-feldspata, kaolinita, illita i muskovita uz trendove trošenja granita i granodiorita (NESBITT i YOUNG, 1984). Analizirani uzorci s područja Vukomeričkih gorica grupirani su u blizini linije  $Al_2O_3$ - $K_2O$  i prate trend trošenja granodiorita ukazujući na to da su izvorišne stijene prošle kroz proces intenzivnog trošenja. Pjeskoviti i pelitni uzorci sastavom su bliži PAAS-u nego gornjoj kori ili kompozitu sjevernoameričkog šejla.

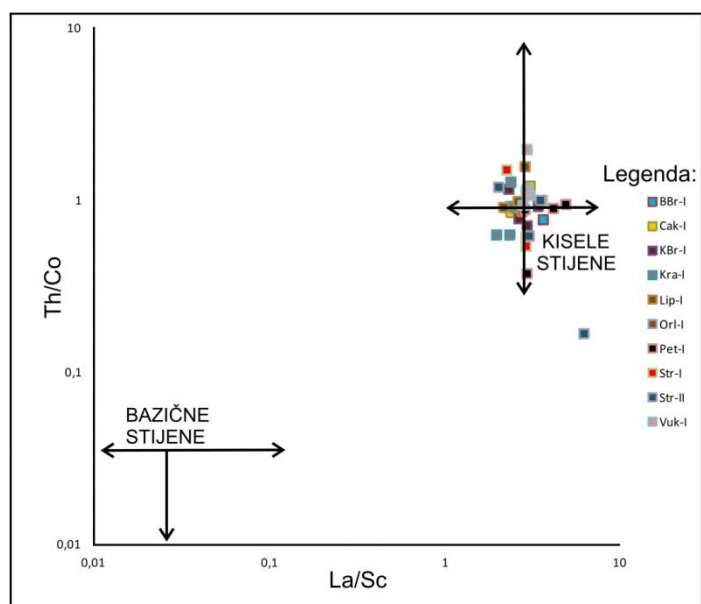


**Slika 5.2.**  $Al_2O_3$ - $(CaO+Na_2O)$ - $K_2O$  trokomponentni dijagram (prema NESBITT i YOUNG, 1982; 1984) za uzorke s područja Vukomeričkih gorica. Podatci su uspoređeni s postarhajskim australskim šejlom (PAAS) i sastavom gornje kore (UC) (prema TAYLOR i McLENNAN, 1985), te s kompozitom sjevernoameričkog šejla (NASC) (prema GROMET i dr.,1984). Crni krugovi prikazuju idealizirani sastav plagioklasa, K-feldspata, kaolinita, muscovita, illita i smektita. Brojevima 1 i 2 su označeni trendovi promjene sastava granodiorita (1) i granita (2) kao rezultat trošenja (prema NESBITT i YOUNG, 1984)

Kao mjera zrelosti sastava pelitnih sedimenata često se koristi ICV indeks (Index of Compositional Variability) koje su predložili COX i dr. (1995). Taj indeks predstavlja odnos aluminijska prema ostalim glavnim kationima, a računa se prema sljedećem izrazu  $ICV = (Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO + MgO + MnO + TiO_2) / Al_2O_3$ . S obzirom da minerali glina sadrže viši udio  $Al_2O_3$  u odnosu na ostale silikatne minerale njihov ICV indeks je generalno niži, a najniži je u grupi kaolinita. Pri tome zreli pelitni sedimenti s visokim udjelom minerala glina, a niskim udjelom ostalih silikatnih minerala imaju ICV indeks niži od jedan. Analizirani pelitni sedimenti iz *Viviparus* slojeva s područja Vukomeričkih gorica imaju ICV indeks koji prosječno iznosi 0,68 što ih prema tome svrstava u relativno zrele pelitne

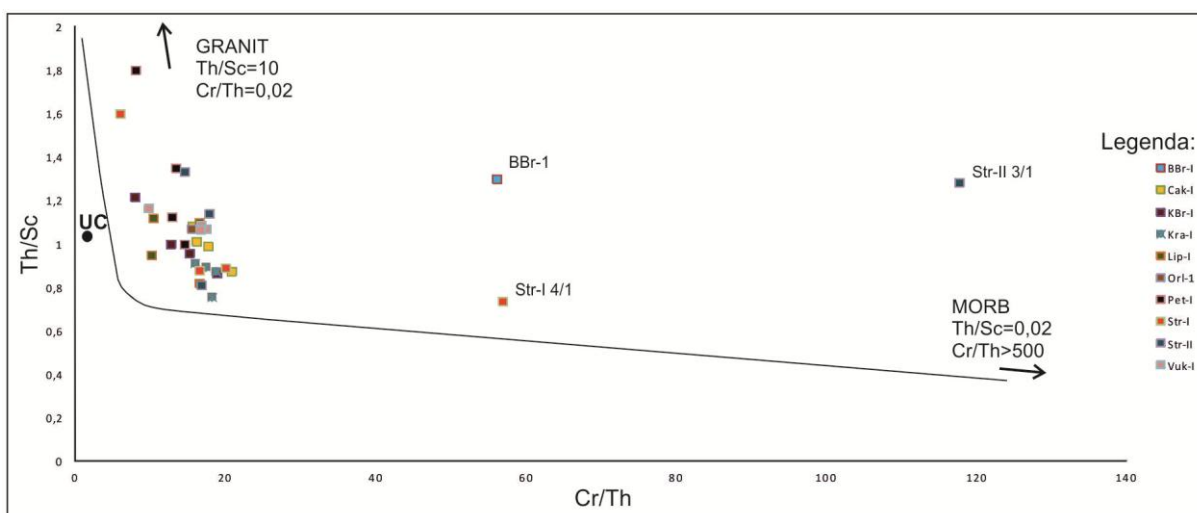
sedimente. Takvi sedimenti se generalno vežu uz tektonski mirna područja ili kratone (WEAWER, 1989) s višestruko recikliranim sedimentima, no mogu nastati i kao produkt intenzivnog kemijskog trošenja materijala unutar prvog ciklusa (BARSHAD, 1966). Slične rezultate na pelitnim sedimentima gornjeg miocena (koji često grade podlogu pliocena) su dobili GRIZELJ i dr. (2007). U njihovom istraživanju ICV indeks pelitnih sedimenata gornjeg miocena Hrvatskog zagorja iznosi 0,67.

Sastav mikroelemenata također može poslužiti za razlikovanje izvorišnih stijena klastičnog detritusa. U te svrhe najčešće se koristi dijagram koji u međusobni odnos stavlja omjere Th/Co i La/Sc (iz CULLERS, 2002) i dijagram koji uspoređuje odnose Th/Sc i Cr/Th (iz TOTTEN i HANAN, 2000) (slika 5.3. i slika 5.4.).



**Slika 5.3.** Dijagram za razlikovanje vrsta izvornih stijena pelitnih i pjeskovitih sedimenata s područja Vukomeričkih gorica na temelju odnosa Th/Co-La/Sc prema primjeru iz CULLERS, 2002. Različitim bojama su prikazani uzorci s različitih sedimentoloških stupova i izdanaka.

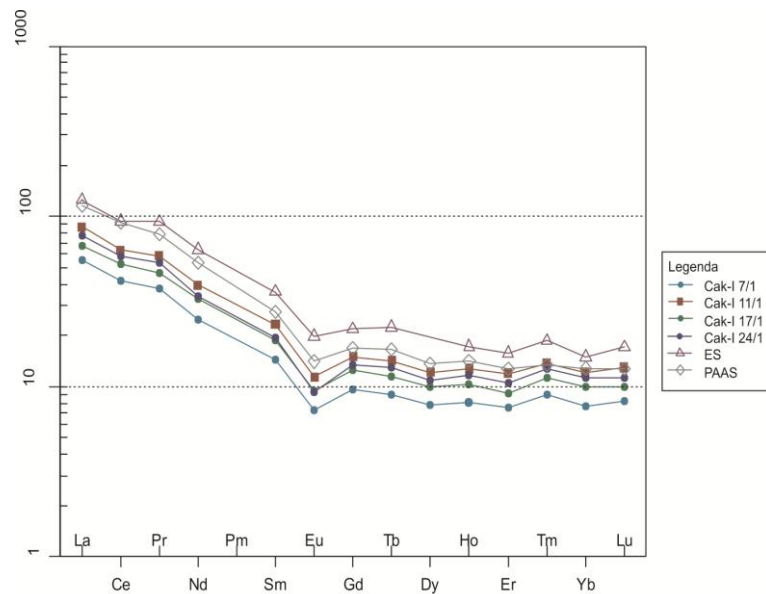
Dijagram baziran na odnosu Th/Co-La/Sc (slika 5.3.) jasno ukazuje na kisele stijene kao izvor detritusa. Dijagram na slici 5.4. uspoređuje analizirane uzorke s prosječnom gornjom oceanskom korom (UC), prosječnim granitom i bazaltom srednjooceanskih grebena (MORB). Većina uzoraka pokazuje dominantno kontinentalno izvorišno područje sastavljeno od kiselijih stijena, a nekoliko ih se približava području mafitnog izvorišta. Uzorci koji sugeriraju mafitno izvorište mogu se povezati uz pojave bazičnih stijena (bazalta) na okolnom gorju, primjerice na Medvednici, Banovini i Žumberku (ŠIKIĆ i dr., 1979; BASCH, 1983a; PIKIJA, 1987a). Takav utjecaj u skladu je s analizom sastava litičnih čestica prikazanom na slici 4.11., a kojom su dokumentirane pojave bazičnih do neutralnih efuziva.



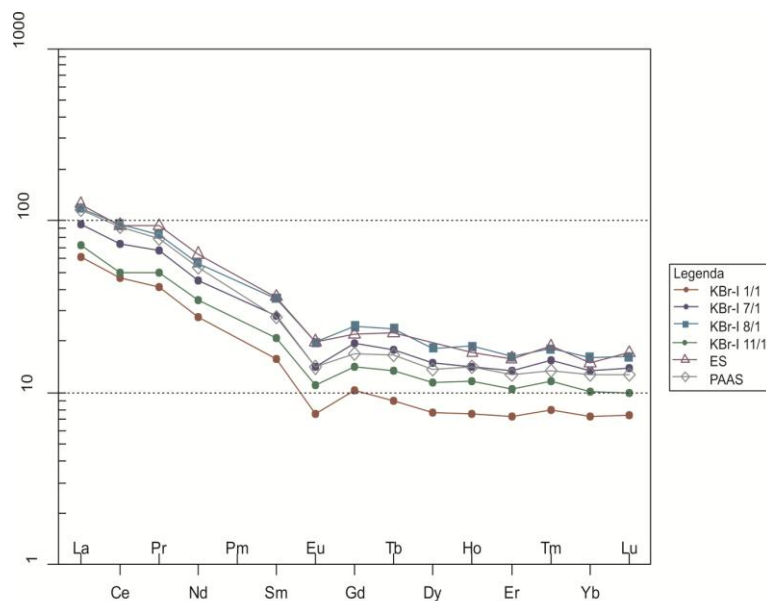
**Slika 5.4.** Dijagram za razlikovanje vrsta izvornih stijena pelitnih i pjeskovitih sedimentata s područja Vukomeričkih gorica na temelju odnosa Th/Sc-Cr/Th prema primjeru iz TOTTEN i HANAN, 2000. Različitim bojama su prikazani uzorci s različitih sedimentoloških stupova i izdanaka. Legenda: UC – gornja kontinentalna kora; MORB – bazalt srednjeoceanskog grebena.

Spajder dijagramima prikazan je sadržaj elemenata rijetkih zemalja normaliziranih na vrijednosti hondrita (NAKAMURA, 1974) i uspoređen s vrijednostima kompozita Europskog šejla (ES) (HASKIN i HASKIN, 1966), te postarhajskog prosječnog australskog šejla (PAAS) (TAYLOR i McLENNAN, 1985). Uzorci su grupirani prema sedimentološkim stupovima/lokalitetima i na taj način zasebno prikazani u odnosu na ES i PAAS na slikama 5.5. do 5.13., te kao polje vrijednosti svih uzoraka u odnosu na ES i PAAS na slici 5.14.. U svim uzorcima uočljiva je negativna Eu anomalija i snižene koncentracije u području težih elemenata rijetkih zemalja (HREE). Također trendovi se dobro koreliraju s vrijednostima za ES i PAAS. Takvi odnosi lakih i teških elemenata rijetkih zemalja prisutni su na svim analiziranim lokalitetima, a izračun vrijednosti LREE/HREE dan je u tablici 4.12.. Prema tome, odnosi elemenata rijetkih zemalja ukazuju na kiselo izvorišno područje, što potvrđuje i izražena negativna Eu anomalija prisutna kod svih uzoraka. To nužno ne znači da su izvorišne stijene bile isključivo magmatske kisele stijene, nego može ukazivati na prerađene starije sedimentne i metamorfne stijene koje su imale izvorište u starijim kiselim stijenama (CULLERS, 2002).

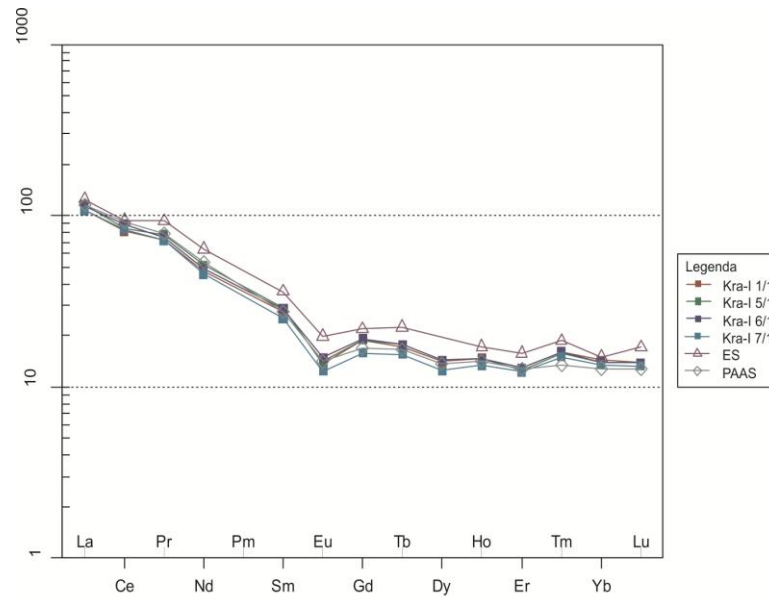




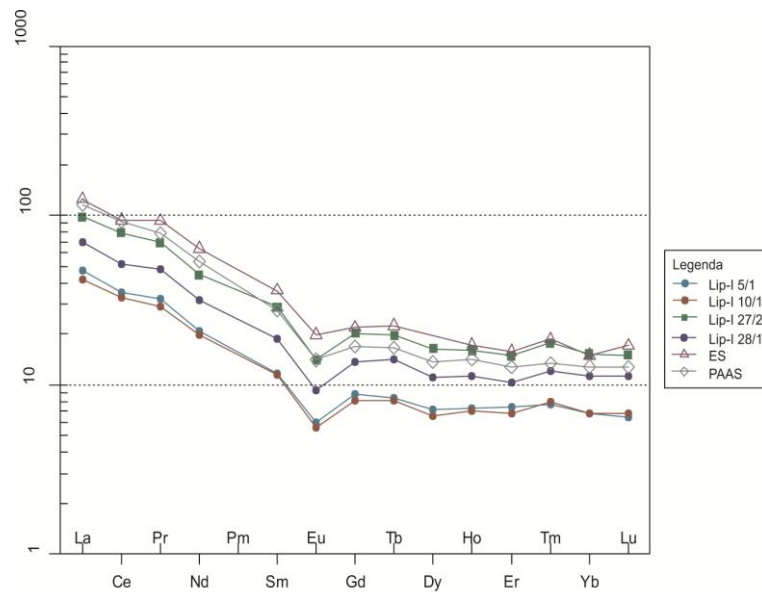
**Slika 5.5.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Čak-I. Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).



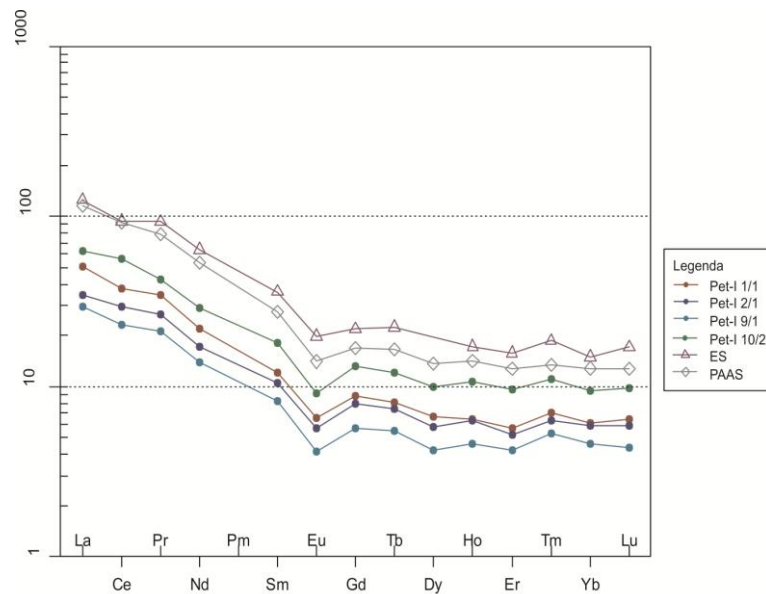
**Slika 5.6.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup KBr-I. Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).



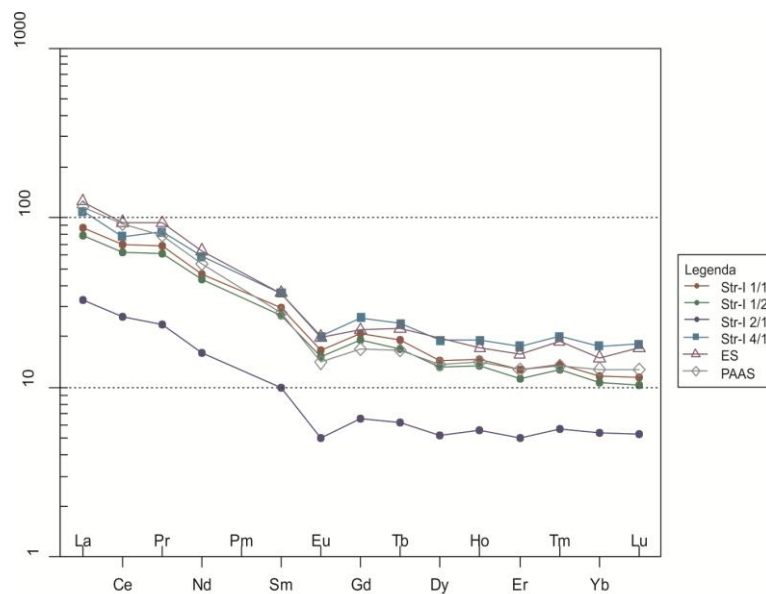
**Slika 5.7.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Kra-I. Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).



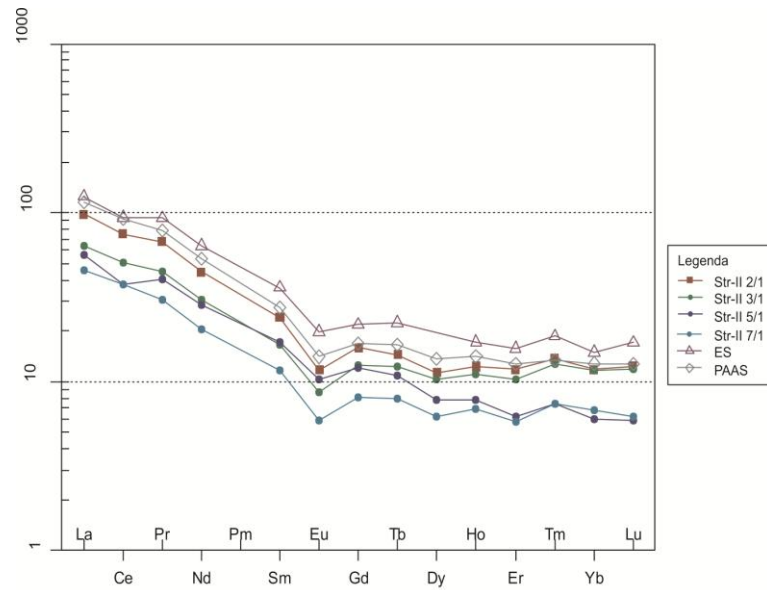
**Slika 5.8.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Lip-I. Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).



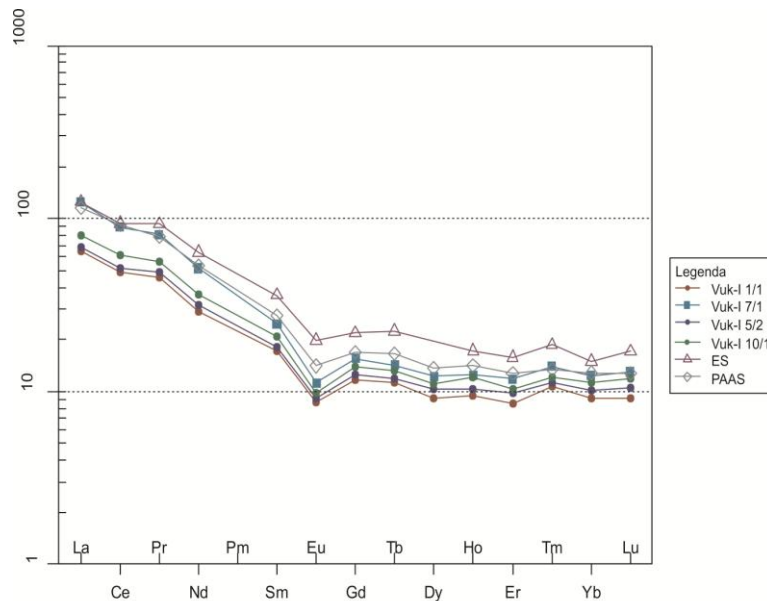
**Slika 5.9.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Pet-I. Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).



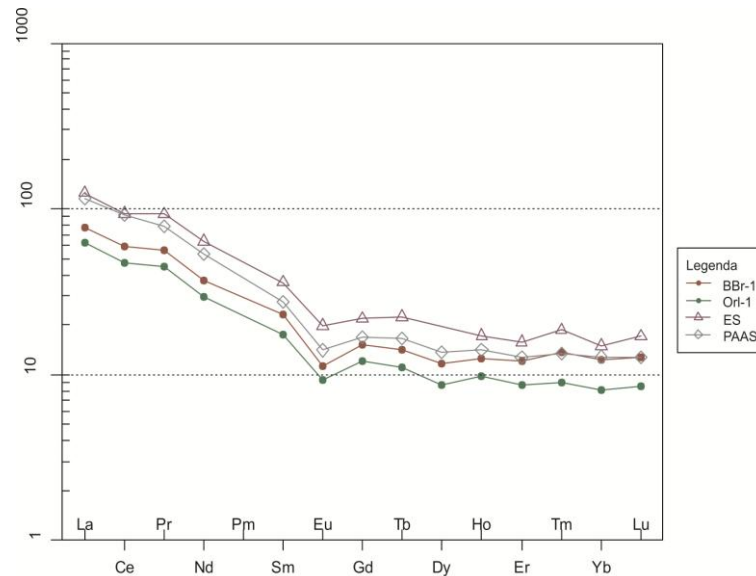
**Slika 5.10.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Str-I. Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).



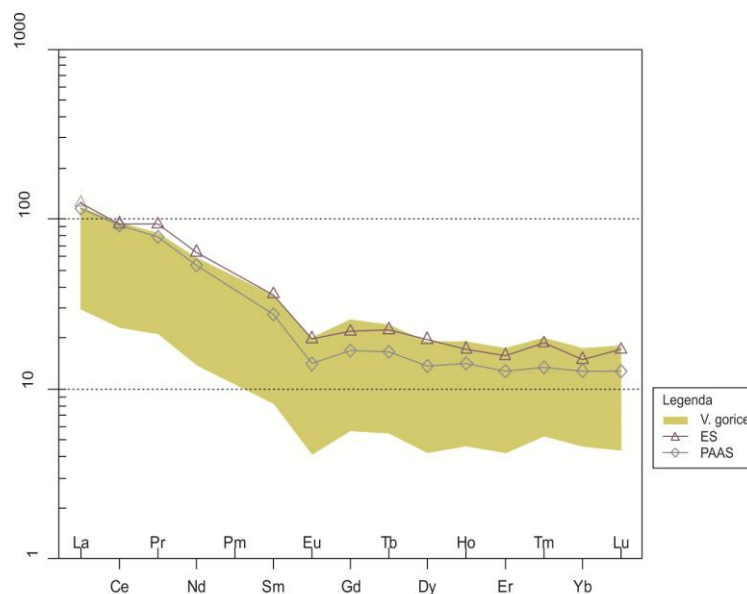
**Slika 5.11.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Str-II. Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).



**Slika 5.12.** Spajder dijagram za uzorke s područja Vukomeričkih gorica - sedimentološki stup Vuk-I. Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).



**Slika 5.13.** Spajder dijagram za uzorke s južnog rubnog dijela Vukomeričkih gorica – lokaliteti Bašića Brdo (BBr-1) i Orleković (Orl-1). Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).



**Slika 5.14.** Skupni spajder dijagram za područje Vukomeričkih gorica – prikazuje polje unutar kojeg se kreću koncentracije elemenata rijetkih zemalja svih analiziranih uzoraka. Rezultati analiza elemenata rijetkih zemalja normalizirani su na vrijednosti za hondrit (NAKAMURA, 1974) i prikazani u odnosu na vrijednosti za ES (HASKIN i HASKIN, 1966) i PAAS (TAYLOR i McLENNAN, 1985).

U tablici 4.12. prikazani su omjeri pojedinih mikroelemenata (La/Co, Th/Co, Th/Sc, La/Sc, Th/Cr, Eu/Eu\*, LREE/HREE i  $\Sigma$  REE) koji služe kao indikatori provenijencije i

sastava izvorišnih stijena (CULLERS, 2000). Navedeni elementi su relativno imobilni u procesima trošenja i transporta te im koncentracija odražava sastav izvorišnih stijena (ROLLINSON, 1993). Izračunate vrijednosti iz tablice 4.12. uspoređene su s vrijednostima za postarhajski prosječni australski šejl (PAAS) i gornju kontinentalnu koru (UC) (TAYLOR i McLENNAN, 1985), te s rasponima vrijednosti za sedimente porijeklom iz bazičnih i kiselih magmatskih stijena (CULLERS, 2000). Usporedba literaturnih podataka s rezultatima kemijske analize pliocenskih sedimenata Vukomeričkih gorica prikazana je u tablici 5.1. Iz navedenog se može zaključiti da kemijski „fingerprint“ *Viviparus* slojeva temeljen na mikroelementima upućuje na kisele stijene kao primarni izvorišni materijal. Naime kisele stijene karakterizira viša koncentracija Th, La i elemenata lakih rijetkih zemalja. Nasuprot tome bazično izvorišno područje karakterizira povišena koncentracija elemenata teških rijetkih zemalja, Co, Sc, Cr i Ni. Obzirom na granulometrijski sastav, nisu zapažene velike razlike u izračunatim omjerima mikroelemenata između pelitnih i pjeskovitih uzoraka, barem ne u toj mjeri da bi ukazivale na drugo izvorišno područje. Nešto više vrijednosti Eu/Eu\* u krupnozrnatijim sedimentima (tablica 5.1.) mogu se objasniti prisutnošću feldspata (pokazuju više vrijednosti Eu/Eu\*) i manjom koncentracijom feromagnezijskih minerala i minerala glina (pokazuju niže vrijednosti Eu/Eu\*) u pjeskovitim sedimentima (CULLERS, 2000).

**Tablica 5.1.** Prikaz odnosa Eu/Eu\*, La/Sc, Th/Sc, La/Co, Th/Co i Th/Cr za klastične sedimente porijeklom iz bazičnih i kiselih stijena (prema CULLERS, 2000), postarhajski prosječni australski šejl (PAAS) i gornju kontinentalnu koru (UC) (prema TAYLOR i McLENNAN, 1985), uspoređen s rasponom vrijednosti unutar sedimenata *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica (žuto).

Odnosi	Bazične stijene (peliti)	Bazične stijene (pjesak)	Kisele stijene (peliti)	Kisele stijene (pjesak)	PAAS	UC	<i>Viviparus</i> slojevi (peliti)	<i>Viviparus</i> slojevi (pjesak)	<i>Viviparus</i> slojevi (prosječno)
Eu/Eu*	0,70-1,02	0,71-0,95	0,32-0,83	0,40-0,94	0,66	0,65	0,60-0,70	0,60-0,80	<b>0,70</b>
La/Sc	0,40-1,10	0,43-0,86	0,70-27,70	2,50-16,30	2,40	2,73	2,00-2,90	2,50-6,20	<b>2,97</b>
Th/Sc	0,05-0,40	0,05-0,22	0,64-18,10	0,84-20,50	0,91	0,97	0,70-1,20	0,90-1,80	<b>1,06</b>
La/Co	-	0,14-0,38	1,40-22,40	1,80-13,80	1,65	3,00	1,63-4,94	0,78-4,11	<b>2,56</b>
Th/Co	-	0,04-1,4	0,30-7,50	0,67-19,40	0,63	1,07	0,63-1,96	0,17-1,57	<b>0,94</b>
Th/Cr	0,002-0,045	0,018-0,046	0,067-4,00	0,13-2,70	0,13	0,30	0,02-0,10	0,01-0,16	<b>0,07</b>

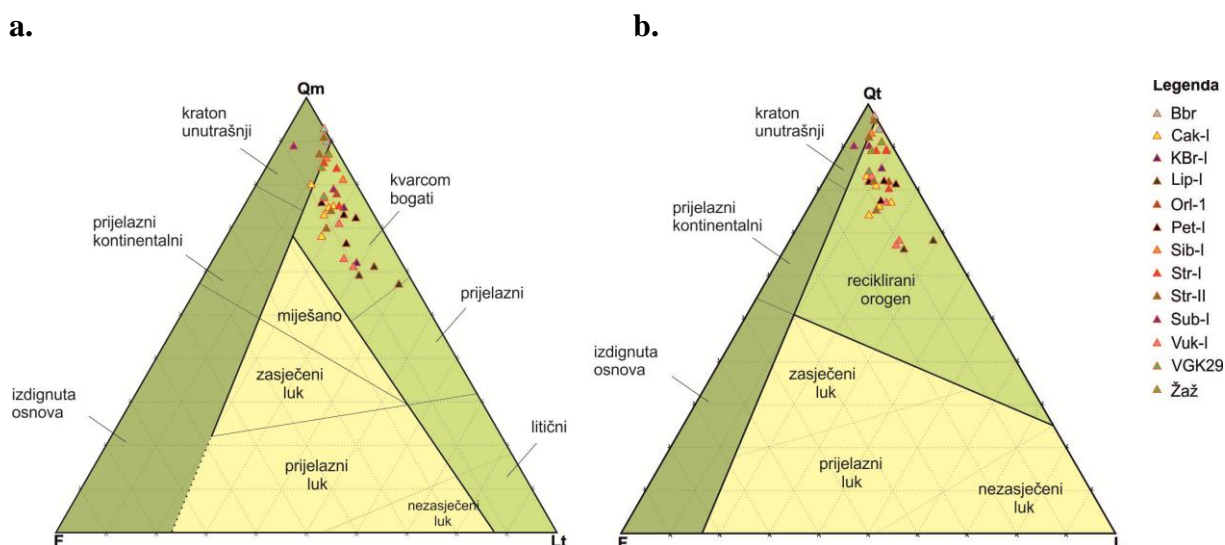
Dobiveni rezultati analize mikroelemenata u velikoj se mjeri dobro koreliraju s mineralnim i petrografskim sastavom sedimenata, tj. ukazuju na pretežno kiselu izvorišta, te

kao takvi predstavljaju bolji alat za analizu provenijencije od glavnih elemenata. Komparacijom s rezultatima analize provenijencije na temelju mineralnog sastava zaključno se može utvrditi da je pelitni i pjeskoviti materijal koji je tijekom pliocena transportiran u jugozapadni dio PBS-a (taložni prostor jezera Slavonija) donesen pretežno iz okolnog gorja.

### 5.1.3. Geotektonski položaj izvorišta

#### 5.1.3.1. Geotektonski položaj izvorišta na temelju modalnog sastava

Što se tiče geotektonskog smještaja izvornih predjela sastav glavnih detritičnih modova *Viviparus* slojeva ukazuje na orogeno izvorišno područje. Rezultati analiza su uvršteni u klasifikacijske dijagrame i prikazani na slikama 5.15. do 5.17.



**Slika 5.15.** Dijagram za određivanje geotektonskog smještaja izvornih predjela pjeskovitih sedimenata s primjenom na pliocenske pijeske *Viviparus* slojeva s područja Vukomeričkih gorica i Slavonije

**a.** QmLtF - baziran na izvornim stijinama (DICKINSON et al., 1983)

**b.** QtLF - baziran na zrelosti materijala (DICKINSON et al., 1983)

*QmLtF* (slika 5.15.a) dijagram baziran na vrsti izvornih stijena i *QtLF* dijagram baziran na zrelosti sedimenta (slika 5.15.b) ukazuju na porijeklo najvećeg dijela pjeskovitog detritusa iz recikliranog orogena. Primjetan je vrlo visoki udio kvarca, monokristalnog i polikristalnih kvarčnih čestica, što zajedno s fragmentima starijih sedimentnih stijena i niskometamornih stijena (metapsamiti) upućuje na porijeklo pješčanog detritusa iz prostora kolizijskog orogena i predgorskih navlaka (prema DICKINSON i SUCZEK, 1979). Tom zaključku u prilog ide i nizak udio feldspata i čestica vulkanskog porijekla. Znatno manji dio uzoraka ukazuje na porijeklo materijala iz unutrašnjeg kratona. Međutim, kako se istraživano područje Vukomeričkih gorica nalazi u okruženju visokih orogena kao što su Dinaridi i Alpe, za pretpostaviti je da je i taj materijal orogenog porijekla, samo je jače modificiran. Slične rezultate o smještaju izvorišnih područja dobio je i KOVAČIĆ (2004) za gornjomiocenske

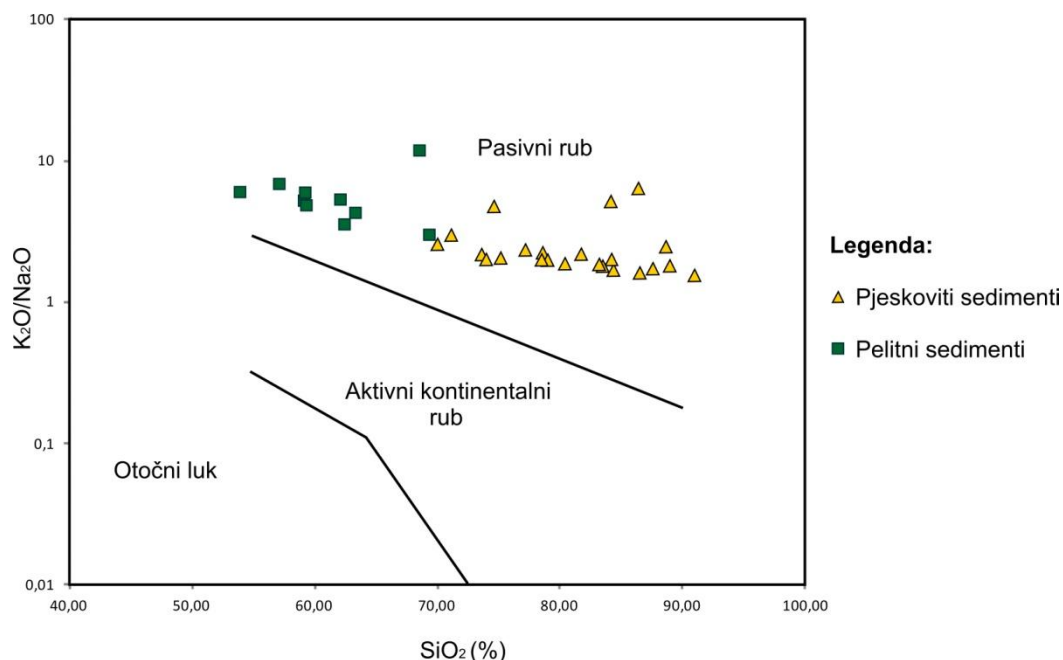


pijeske u jugozapadnom dijelu PBS-a, a koji čine neposrednu podinu pliocenskih *Viviparus* slojeva.

### 5.1.3.2. Geotektonski položaj izvorišta na temelju kemijskog sastava

Diskriminantni dijagram prikazan na slici 5.16., a koji je baziran na sadržaju makroelemenata (prema ROSER i KORSCH, 1986) u pješčanim i pelitnim sedimentima *Viviparus* slojeva pokazuje da su svi uzorci grupirani u polju pasivnog ruba. Polje pasivnog kontinentalnog ruba predstavlja mineraloški zrele (kvarcom bogate) sedimente taložene na kontinentalnim rubovima ili bazenima unutar kratona (ROSER i KORSCH, 1986). Prema BHATIA i CROOK (1986), za pasivne kontinentalne rubove vezane su stijene porijeklom s recikliranog ili kolizijskog orogena, što je u skladu s rezultatima dobivenim na temelju modalnog sastava (slika 5.15.). Isti rezultat dobili su KOVAČIĆ (2004) i GRIZELJ (2008) koji su istraživali podinske miocenske sedimente u jugozapadnom dijelu PBS-a.

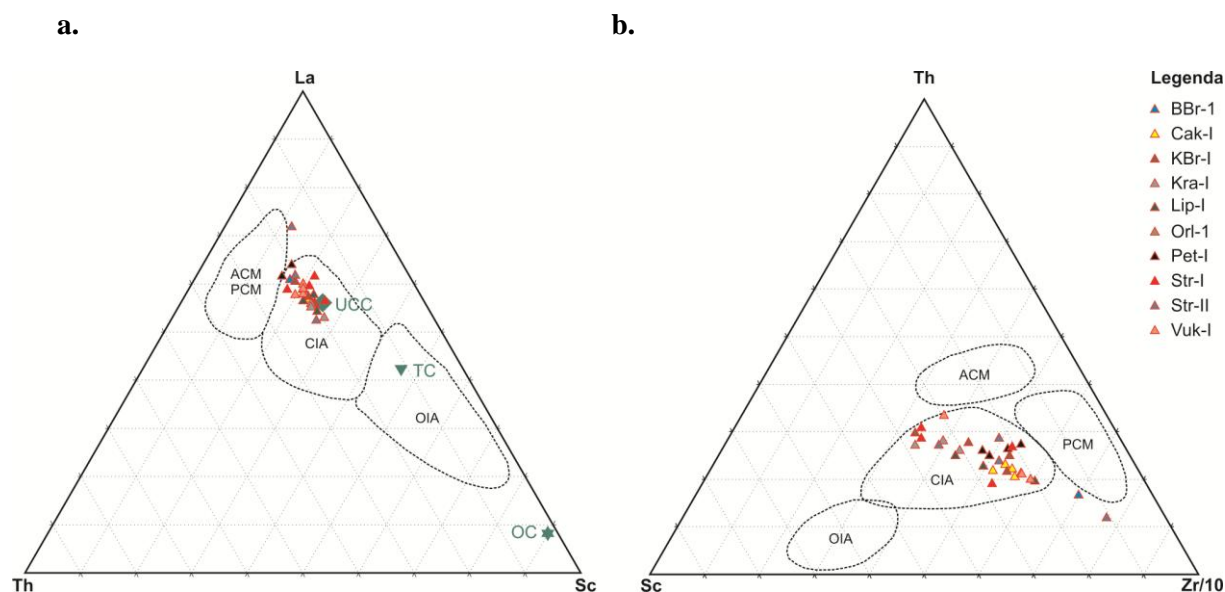
Činjenica da se pelitni i pjeskoviti uzorci odvajaju u dvije u zasebne grupe (slika 5.16.) rezultat je veće koncentracije minerala kvarca u granulometrijski krupnijoj, pješčanoj frakciji u odnosu na pelitne sedimente



**Slika 5.16.** Tektonski diskriminantni dijagram na osnovi odnosa  $K_2O/Na_2O$  i  $SiO_2$  (wt%) (prema primjeru iz ROSER i KORSCH, 1986) za pjeskovite i pelitne sedimente *Viviparus* slojeva s područja Vukomeričkih gorica.

Za određivanje geotektonskog smještaja izvornih predjela pliocenskih pelitnih i pjeskovitih sedimenata pomoću mikroelemenata koriste se dvokomponentni i trokomponentni dijagrami prema BHATIA i CROOK (1986). U ovome radu korišteni su trokomponentni dijagrami jer su se kod istraživanja sličnih miocenskih sedimenata pokazali puno korisnijima od dvokomponentnih (KOVAČIĆ, 2004).

Na temelju odnosa mikroelemenata La-Th-Sc i Th-Sc-Zr/10 pokazalo se da analizirani sedimenti potječu iz područja kontinentalnog otočnog luka (slika 5.17.a; slika 5.17.b). Obzirom da prema BHATIA i CROOK (1986) kontinentalni otočni lukovi predstavljaju otočne lukove formirane na dobro razvijenoj kontinentalnoj kori ili na tankom kontinentalnom rubu, a za njih su kao vrste provenijencije vezani zasječeni magmatski lukovi i reciklirani orogen, može se zaključiti da i dijagrami bazirani na sadržaju mikroelemenata potvrđuju orogeno porijeklo detritusa.



**Slika 5.17.** Trokomponentni dijagrami za određivanje geotektonskog smještaja izvornih predjela sedimenata, prema primjeru iz BHATIA i CROOK (1986) – primjenjeni na pliocenskim pelitnim i pjeskovitim sedimentima s područja Vukomeričkih gorica: **a.** na temelju odnosa La-Th-Sc; **b.** na temelju odnosa Th-Sc-Zr/10. Različitim bojama su prikazani uzorci s različitih sedimentoloških stupova i izdanaka.

Legenda skraćenica:

- ACM-aktivni kontinentalni rub, CIA-kontinentalni otočni luk, OIA-oceanski otočni luk, PCM-pasivni kontinentalni rub
- OC-oceanska kora, TC-ukupna kontinentalna kora, UCC-gornja kontinentalna kora – vrijednosti prema TAYLOR i McLENNAN (1985).

Kada sažmemo sve podatke vezane uz provenijenciju može se zaključiti da je klastični detritus *Viviparus* slojeva nastao u tektonski složenom i litološki heterogenom izvorišnom

području. Trošene su stijene koje su se prvotno nalazile na različitim geotektonskim pozicijama. Međutim, kredno-miocenskom subdukcijom i kontinentalnom kolizijom Europske ploče i nekoliko manjih kontinentalnih fragmenata s juga, stijene koje su nastale u različitim geotektonskim pozicijama dovedene su u međusobni kontakt i izdignute na površinu formirajući velike planinske lance koji okružuju PBS (ROYDEN, 1988). Trošenjem novoizdignutih orogena, prvenstveno Alpa i Zapadnih Karpata, nastale su ogromne količine klastičnog detritusa koji je tijekom gornjeg miocena zapunjavao jugozapadni dio PBS-a (KOVAČIĆ i GRIZELJ, 2006). Kasnije, krajem miocena i tijekom pliocena uslijed kompresije došlo je do izdizanja i pojedinih blokova unutar samog PBS-a (TOMLJENović i CSONTOS, 2001). Pretaloživanjem gornjomiocenskog detritusa alpsko-karpatske provenijencije i trošenjem novoizdignutih starijih stijena unutar jugozapadnog dijela PBS-a, deriviran je materijal koji čini detritus istraživanih *Viviparus* slojeva.

## **5.2. Taložni okoliši i klimatske promjene prema fosilnom zapisu**

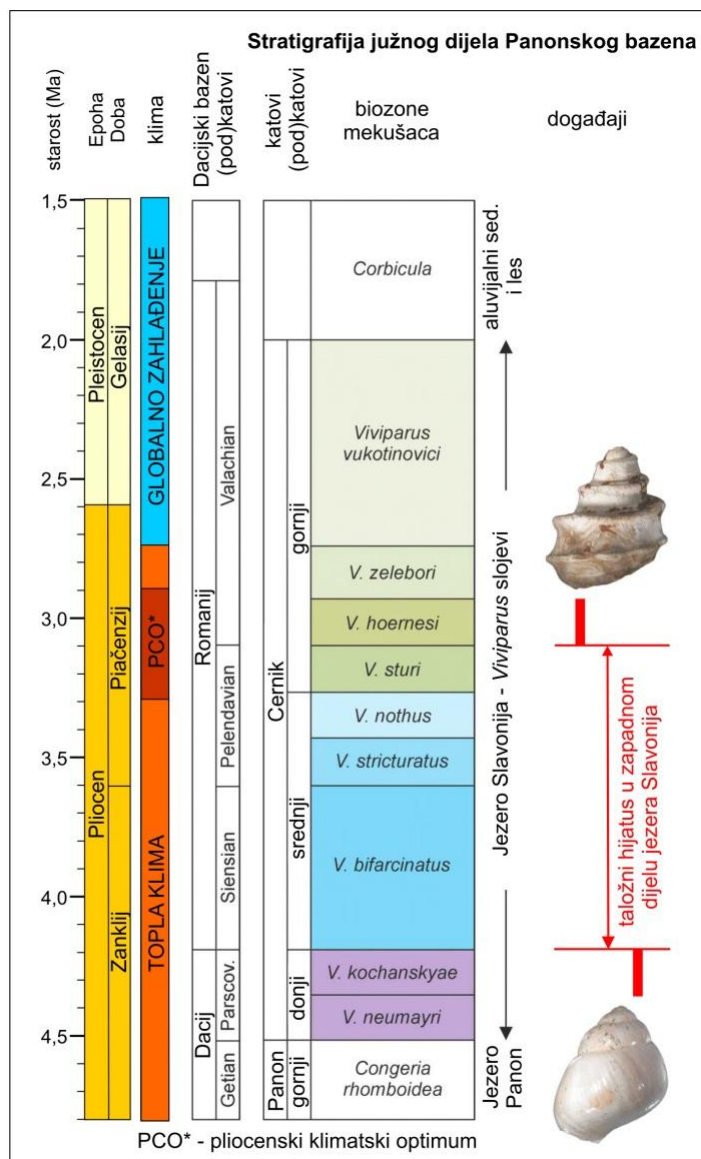
Fosilni ostaci sačuvani u talozima imaju veliku, a ponekad i ključnu ulogu ne samo u određivanju starosti naslaga, nego i u interpretaciji taložnih okoliša. Na temelju fosilnih zajednica i njihovih životnih preferencija ne samo da možemo donositi zaključke o vrsti okoliša nego nam je omogućeno i precizno stratigrafsko kalibriranje naslaga.

### **5.2.1. Makrofauna mekušaca**

Rezultati analize fosilnih mekušaca obrađenih o ovome radu najvećim dijelom su već objavljeni u radu MANDIĆ i suradnici (2015). Zahvaljujući *in situ* makrofosilnim zajednicama nađenim na nekoliko lokaliteta na Vukomeričkim goricama kao primjerice na stupovima Kravarsko-I i VGK 35 (Novo Brdo), klizištu VGK 39 (Kravarsko) i lokalitetu VGK 38 (Donji Hruševac) načinjena je odredba i taksonomska revizija vrsta mekušaca (prikaz determiniranih vrsta u tablici 4.14. i slikama 4.22.-4.24.) što je omogućilo stratigrafsko kalibriranje istraživanih sedimenata s okolnim pliocenskim naslagama.

Sastav fosilne zajednice paleoekološki odgovara zajednici dugoživućeg otvorenog jezera, a sve pronađene vrste, osim vrsta *Lithoglyphus decipiens*, *Bithynia vukotinovići* i

*Theodoxus semiplicatus*, karakteristične su za jezero Slavonija (NEUBAUER i dr., 2015). Posebno je značajan pronalazak vrste *Viviparus kochanskyae* (novo ime za vrstu *Viviparus fuchsi* (NEUMAYR, 1872)) koja je zonalni marker za gornji dio donjeg cernika (slika 5.18.). Osim *Viviparus kochanskyae*, u suglasju s modernom sistematikom (NEUBAUER i dr., 2014a, b; GRAF i CUMMINGS, 2014), uvedene su još tri nove vrste *Microcolpia friedeli*, *Prososthenia? slavonica* i *Potomida seljani*. S druge strane, vrsta *Viviparus hoernesii* određena na lokalitetu VGK 35 (Novo Brdo) zonalni je marker za gornji cernik (slika 5.18.). Na istome lokalitetu utvrđena je i vrsta *Melanopsis clavigera* koja se prema PENECKE (1886) pojavljuje samo u *V. hoernesii* i *V. zelebori* zonama, što lokalitet Novo Brdo (VGK 35) smješta u srednji dio gornjeg cernika.



**Slika 5.18.** Stratigrafska korelacija detektiranih biozona jezera Slavonija (područje Vukomeričkih gorica) s jedinicama Dacijskog bazena (preuzeto i dijelom prerađeno iz MANDIC i dr. 2015).

Pronađene vrste fosilnih mekušaca mogu poslužiti kao indikatori paleookoliša, te su temeljem svojih životnih preferencija dale dobar uvid u razvoj tog prostora i taložnog okoliša facijesa glinovitih siltova (F1) u kojem se najčešće nalaze. Melanopsidi su primjerice generalisti koji se pojavljuju u jezerima i rijekama, a toleriraju i blago boćate sredine (GLAUBRECHT, 1996; BANDEL, 2000). Hidrobiidi su također prisutni u različitim tipovima okoliša i obično su dobro prilagođeni litoralnim uvjetima muljevitog dna (GLÖER, 2002; NEUBAUER i dr., 2013a,b). Vrsta *Valvata piscinalis* preferira slatkovodne jezerske okoliše bogate vegetacijom (ØKLAND, 1990). Gastropod *Theodoxus semiplicatus* je najučestaliji u fluvijalnim okolišima, ali ga je također moguće pronaći u jezerima (JURIŠIĆ-POLŠAK, 1979; WELTER-SCHULTES, 2012). Rod *Bythinia* je generalist koji živi u stajaćim ili vodama sporog toka na detritusom bogatim supstratima (GLÖER, 2002). Viviparidi su pravi stanovnici slatkih voda. Dok neke vrste nastanjuju tekućice, većina nastanjuje jezera. U Ženevskom jezeru su jako brojni u plitkoj litoralnoj zoni (GLÖER, 2002).

Kad se uzmu u obzir ekološki zahtjevi prethodno navedenih mekušaca, dolazi se do zaključka da je tijekom donjeg i gornjeg pliocena odnosno, prema novopredloženoj stratigrafskoj podjeli pliocena za prostor južnog dijela PBS-a (slika 5.18.), tijekom donjeg i gornjeg cernika, na prostoru Vukomeričkih gorica egzistiralo plitko slatkovodno jezero, u čijem su litoralnom dijelu taloženi glinoviti siltovi facijesa F1.

### 5.2.2. Ihtiofauna i ostali mali kralježnjaci

Nalazi kralježnjaka u sedimentima facijesa F1 sa stupa Kra-I i lokaliteta VGK 39 (slika 4.25.) potvrđuju da se radilo o slatkovodnim (najvjerojatnije rubnim jezerskim) okolišima taloženja. Pronađene ciprinidne ribe u današnje vrijeme nastanjuju gotovo sve slatkovodne okoliše Euroazije, Afrike i Sjeverne Amerike, dok vrsta *Esox lucius* ima holoarktičku distribuciju. Rezultati su usporedivi s pliocenskom zajednicom riba koju su opisali TRIF i dr. (2016) na području Dacijskog bazena u Rumunjskoj. U njihovom istraživanju opisani su rodovi *Esox* sp., *Scardinius* sp., *Tinca* sp. i *Silurus* sp., zajednica koja je česta u sastavu ihtiofaune kasnog neogena središnje, jugoistočne i istočne Europe (BÖHME i ILG, 2003). Primjenom aktualističkog pristupa zaključeno je da takva zajednica ukazuje na prisutnost stajaćih vodenih tijela (jezera i bara) ili velikih sporih rijeka bogatih nutrijentima s dobro razvijenom bujnom vegetacijom (TRIF i dr., 2016). Nadalje, navedeni autori su na temelju paleomagnetskih mjerenja, zajednice mikrovertebrata i malakofaune istraživani

horizont korelirali s romanijskim katom apsolutne starosti između 3,2 i 3,0 milijuna godina, a paleomagnetski sa srednjim dijelom gaus epohe (ANDRESCU i dr., 2011, 2013). Nasuprot tome, ako puževe roda *Viviparus* uzmemo kao dobar stratigrafski marker, tada ihtiofaunu sa stupa Kra-I i lokaliteta VGK 39 možemo korelirati s vršnim dijelom kata donji cernik, tj. biozonom *Viviparus kochanskyae* čiji je raspon približno od 4,35 do 4,2 milijuna godina (MANDIĆ i dr., 2015). Nešto ranija pojava iste ihtiofaune na području Vukomeričkih gorica dokaz je da ta fauna nema značajniju stratigrafsku vrijednost u pliocenskoj epohi, no ipak je dobar pokazatelj okoliša taloženja.

Osim ihtiofaune na taložni okoliš ukazuje i kukcojed desman (vodenkrtica). Jedine dvije recentne vrste žive u blizini potoka, mlaka, jezera i ostalih vodenih tijela. Jedna vrsta živi na Pirinejima i sjevernom dijelu Iberskog poluotoka (*Galemys pyrenaicus* (É. GEOFFROY, 1811)), dok druga (*Desmana moschata* (LINNAEUS, 1758)) živi na područjima Rusije, Bjelorusije, Ukrajine i Kazahstana (KERSTING i MÖRS, 2004). U fosilnom zapisu vodenkrtica je dobro poznata od kasnog miocena s mnogih lokaliteta širom Europe, i bila je zastupljena s pet rodova tijekom neogena. Sada je po prvi puta pronađen u Hrvatskoj (KUREČIĆ i LENARDIĆ, 2015).

Određene male kralježnjake s izdanka VGK 39 u Kravarskom može se grupirati u dvije paleo-zajednice: kopnenu i vodenu. Vodena (jezersko-riječna) zajednica je dobro dokumentirana ribama, žabom i vodenkrticom, dok kopnenu predstavljaju voluharice. Na temelju sličnosti s današnjom vrstom voluharice *Arvicola amphibius*, koja je nasljednik roda *Mimomys*, za pronađenu vrstu *Mimomys cf. pliocaenicus* može se pretpostaviti da je živjela u blizini vodenih tijela. Tijekom pliocena rod *Mimomys* bio je široko rasprostranjen na sjevernoj polutki, no početkom pleistocena brojnost vrsta se smanjila (CUENCA-BESCÓS i dr., 2010). Prijelaz iz roda *Mimomys* u rod *Arvicola* dogodio se krajem donjeg i početkom srednjeg pleistocena.

### 5.2.3. Mikrofauna

Većina određenih ostrakodnih vrsta s područja Vukomeričkih gorica (tablica 4.15; slika 4.26.) ima široku geografsku i ekološku distribuciju. Dvije vrste *Scottia tumida* i *Scottia browniana* su široko rasprostranjene forme u sedimentima pleistocena, a uz to su također prepoznate u *Viviparus* slojevima Vukomeričkih gorica (SOKAČ, 1978). Recentne ostrakodne vrste iz roda *Scottia* preferiraju mlake, močvarna staništa u blizini izvora i često

žive u mokrom lišću gdje vode polu-kopneni život (MEISCH, 2000). *Eucypris dulcifons* je vrsta koja nije poznata u današnje vrijeme (FUHRMAN, 2012). Današnje vrste roda *Eucypris* su česte u povremenim vodenim tijelima s puno trava (MEISCH, 2000). Vrsta *Candona neglecta* je česta u uzorcima Kra-I 6/1, Kra-I 7/1 i VGK 39. Poznata je po širokom rasponu vodenih okoliša u kojima živi, a preferira relativno hladniju vodu (MEISCH, 2000). *C. neglecta* je česta u pleistocenskim sedimentima, ali je isto tako pronađena tokom ranijih istraživanja u *Viviparus* slojevima Vukomeričkih gorica i Slavonije (SOKAČ, 1978). Vrsta *Fabaeformiscandona holzkampfi*, koja je pronađena samo na lokalitetu VGK 39, preferira muljevita i močvarna mala vodena tijela, a životni okoliš joj ne prelazi maksimalnu dubinu vode od 3 m (MEISCH, 2000). Vrsta *Ilyocypris monstifica* iz uzorka Kra-I 7/1 poznata je kao aktivni plivač iz stajaćih voda i sporih tekućica s muljevitim dnom. Najčešće ipak živi u litoralnoj zoni jezera te ne postoje nikakvi dokazi da bi nastanjivala povremena vodena tijela (MEISCH, 2000), što upućuje na razvitak pravog slatkovodnog jezera sa stabilnom vodenom razinom.

Zajednička osobina svih pronađenih ostrakodnih vrsta u istraživanim pliocenskim sedimentima je da su živjele u slatkovodnim okolišima. Ti su okoliši povremeno bili nestabilni i vjerojatno vrlo plitki, a povremeno (periodički?) su mogli i presušiti. Također jedna vrsta, *Hemicytheria* sp., u uzorku Kra-I 1/1 dokumentira pretaloživanje starije gornjomiocenske faune u pliocenski sediment. Zajednica iz uzoraka Kra-I 6/1, Kra-I 7/1 i VGK 39 koji pripadaju donjem cerniku upućuje na plitka stalna vodena tijela dubine do 3 m, bogata vegetacijom i općenito okoliš niske energije. Vrsta *Candona neglecta* može upućivati na nešto hladniju klimu (SOKAČ, 1978), no isto tako može biti vezana i za hladniji mikrookoliš primjerice u blizini izvora. Generalno mikrofauna iz facijesa glinovitih siltova (F1) ukazuje na postojanje relativno plitke vodene sredine, dubine do tri metra (donji *Viviparus* slojevi iz okolice Kravarskog). Međutim, u sedimentima istog facijesa na lokalitetu Lipnica (prilog 1.4., tablica 4.15.) utvrđena je *in situ* fosilna zajednica koja, zajedno s rezultatima palinoloških analiza, ukazuje na reduktivne uvjete taloženja i postojanje vrlo plitkog, hladnijeg vodenog okoliša kakav je mogao egzistirati u uvjetima hladnije klime kakva je bila u vršnom dijelu gornjeg cernika (tablica 5.18.)

Što se tiče lokaliteta iz Slavonije, zajednice ostrakoda također su potvrdile postojanje raznolikih slatkovodnih okoliša. Tako dominacija rizolita u facijesu F5 stupa Sibinj (prilog 1.10.) ukazuje na vlažan kopneni okoliš. Prema vrhu stupa zajednica ostrakoda postaje raznolikija, a dominiraju ostrakodne vrste koje su karakteristične za izvorišta i potoke, ali također i za stabilne plitke vodene sredine (u facijesu F2). Fauna ima karakteristike *in situ*

zajednice, što se može zaključiti iz zastupljenosti svih životnih stadija. Mikrofosilna zajednica stupa Subocka (tablica 4.15.) ima karakteristike malih, plitkih slatkovodnih bazena u blizini izvorišta. Zajednica iz baze stupa (facijesi F5 i F3) u skladu je sa sedimentološkim indikatorima okoliša taloženja, koji ukazuju na okoliš više energije. U fosilnoj zajednici ostrakoda nema juvenilnih jedinki, što upućuje na brzu sedimentaciju i pretaložavanje ostrakodne faune.

#### 5.2.4. Palinozajednice

Palinološke analize potvrdile su postojanje različitih paleookoliša, a zbog slabe očuvanosti tek su djelomice poslužile u određivanju stratigrafske pripadnosti istraživanih naslaga. Postojanje taložnog okoliša koji predstavlja prijelaznu zonu kopno jezero dokumentira palinozajednica na lokalitetu Kravarsko (slika 4.27.). Prema njoj vegetaciju istraživanog prostora činila je listopadna šuma (hrast, brijest, grab), s travama u prizemnom sloju. Takva zajednica, osim toga ukazuje donjo- do srednjopliocensku starost i umjereno toplu vlažnu klimu – Cf, budući da u zajednici nisu zastupljeni oblici znakoviti za gornji pliocen ili kvartar. Močvarni (rubni jezerski) okoliš pod jakim fluvijalnim utjecajem sugerira palinozajednica na stupu Lipnica (slika 4.28.). Iako se na temelju nekoliko peludnih zrna nije mogla definirati starost naslaga, ipak se na temelju veće zastupljenosti zeljastog bilja i izostanka termofilnog peluda može pretpostaviti da se radilo o taloženju tijekom razdoblja zahlađenja do kojeg je došlo krajem pliocena i početkom pleistocena.

U Zapadnoj Slavoniji palinozajednica utvrđena na stupu Sibinj (slika 4.29.) ukazuje na postojanje proksimalne eutrofnog-mezotrofne slatkovodne sredine s velikim donosom terigenog materijala iz podinskih panonskih naslaga. Osim toga, palinozajednica sugerira taloženje naslaga tijekom pliocena, odnosno piačenzija. Naime, zajednica palinomorfi koju karakterizira visok udio peluda četinjača *Pinus* i *Picea* bez rodova *Taxodium* i *Tsuga* ali uz malobrojnu pelud roda *Cathaya* može se usporediti sa zajednicom iz sjeverne Italije znakovitom za gornji pliocen - piačenzij (BERTINI, 2010). Vlažna i hladna klima kakvu sugerira utvrđena palinozajednica također je karakteristika mlađeg dijela pliocena (slika 5.18.). Međutim zajednica viviparida glatkih ljuštura utvrđena na istome lokalitetu (prilog 1.3.e) sugerira pripadnost tih naslaga donjim *Viviparus* slojevima.

Palinozajednica utvrđena na stupu Subocka na jugozapadnim obroncima Psunja (slika 4.30.) također sugerira stratigrafsku pripadnost naslaga pliocenu, odnosno piačenziju i



ukazuje na vlažniju i hladniju klimu. Međutim, ona sugerira nešto drugačiji taložni okoliš, odnosno sugerira taloženje u proksimalnoj oligotrofnoj slatkovodnoj sredini (jezerski litoral) s velikim donosom terigenog materijala. Naime, zapažena zigospora *Pseudoschizaea circula* indikator je riječnog donosa biljnog materijala u vrijeme pojačane erozije okolnog tla (HUNT i dr., 2007) što je u suglasju s pretaloženim miocenskim dinocistama.

### 5.3. Taložni okoliši i klimatske promjene prema izotopnom sastavu

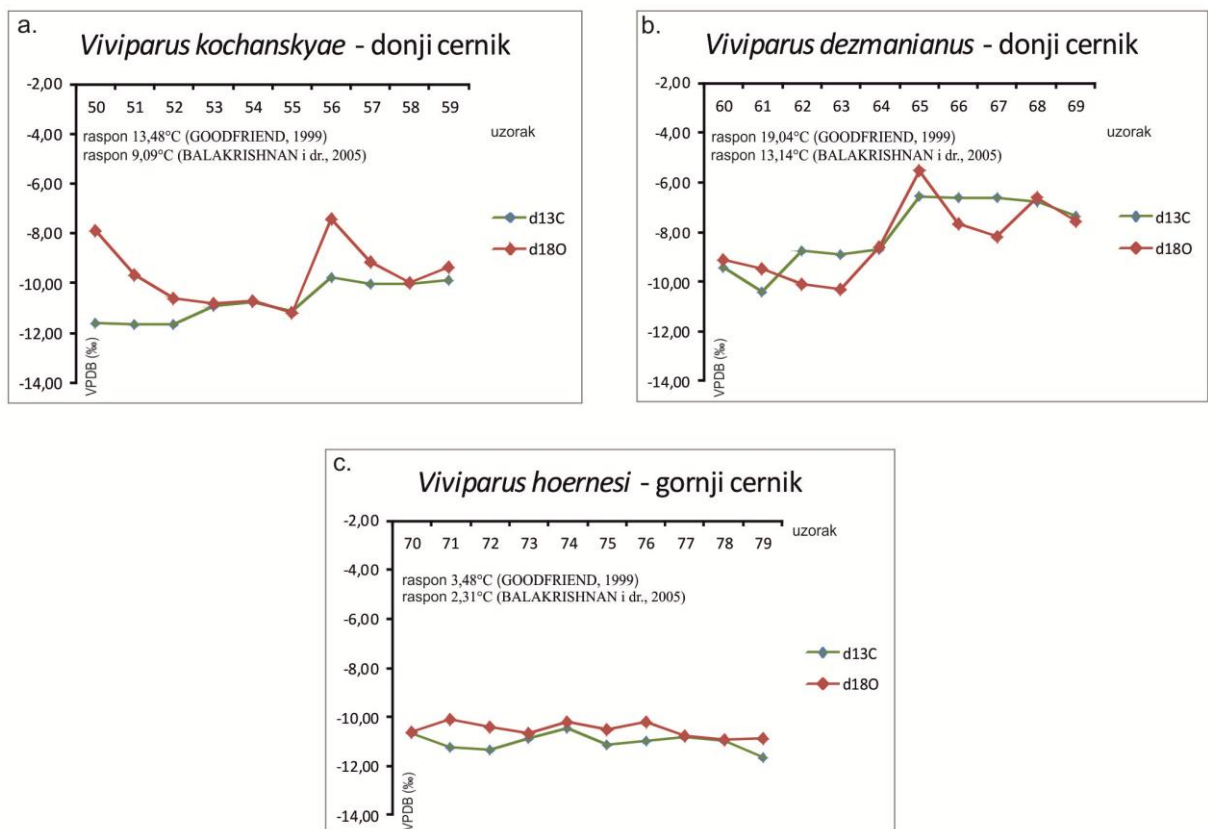
Dodatni zaključci o klimatskim uvjetima u periodu pliocena i ekološkim uvjetima u vodenom taložnom okolišu dobiveni su iz rezultata analize stabilnih izotopa kisika i ugljika (tablica 4.13.). S obzirom da je XRD analiza pokazala da nije došlo do transformacije aragonita u kalcit (slika 4.19.) može se pretpostaviti da je u analiziranim ljušturama sačuvan izvorni izotopni sastav kisika i ugljika (SHENG i dr., 2005). Poznato je naime, da mekušci svoje ljuštire grade u izotopnoj ravnoteži s okolišem (GROSSMAN i KU, 1986).

Glavni faktori koji kontroliraju izotopni sastav u ljušturama mekušaca se bitno razlikuju za stabilne izotope ugljika ( $\delta^{13}\text{C}$ ) i kisika ( $\delta^{18}\text{O}$ ). Na vrijednosti  $\delta^{13}\text{C}$  utječe cijeli niz faktora poput sezonske produktivnosti, načina i vrste prehrane, brzine rasta i reproduktivnog statusa jedinke (GEARY i dr.; 1989, BONADONNA i dr., 1999). Nasuprot tome, primarni faktor koji utječe na vrijednosti  $\delta^{18}\text{O}$  u ljušturama mekušaca je temperatura i izotopni sastav ( $\delta^{18}\text{O}$ ) okolišne vode koji je pak odraz izotopnog sastava kišnice i omjera padaline/evaporacija. Prema tome može se zaključiti da je izotopni sastav analiziranih aragonitnih ljuštura odraz temperature i izotopnog sastava vode u okolišu u kojem su se jedinke razvijale (HARZHAUSER i dr., 2007b).

Rezultati sklerokronološke analize izotopnog sastava kisika na kućicama viviparida nisu omogućili detaljno praćenje temperaturnih promjena zabilježenih unutar jedne godine, tj. jedne zone prirasta. Naime, zbog relativno uskih zona prirasta na kućicama puževa nije bilo moguće napraviti precizno uzorkovanje poput poznatih primjera na subrecentnim i fosilnim oštrigama (FAN i dr., 2011; HARZHAUSER i dr., 2011b). Međutim, sklerokronološka mjerenja na tri primjerka viviparida duž čitave jedinke (od aperture do apeksa) pokazala su da postoje određene razlike u izotopnom sastavu tijekom ontogeneze (tablica 4.13.). Primjerice vrijednosti  $\delta^{18}\text{O}$  značajnije variraju na primjercima puževa vrsta *Viviparus kochanskyae* i *Viviparus dezmaniaus* iz donjih *Viviparus* slojeva u odnosu na vrijednosti  $\delta^{18}\text{O}$  izmjerene kod vrste *Viviparus hoernesii* koja je predstavnik faune gornjih *Viviparus* slojeva. Takav rezultat s velikom varijabilnošću izotopnih vrijednosti unutar jedne jedinke ukazuje na značajnije

temperатурне осцилације у раздоблју доњих *Viviparus* слојева, односно доњег церника, а насупрот томе на стабилније увјете у раздоблју таложења горњих *Viviparus* слојева, односно горњег церника, чију базу на истраживаном подручју чини зона с *Viviparus hoernesii*. На такав закључак упућују израчунати распона температурних осцилација током онтогенеze начинјени према формулама предложеном од GOODFRIEND (1999) и BALAKRISHNAN и др. (2005). Према споменутој формули  $\Omega(^{\circ}\text{C}) = (\delta^{18}\text{O}_{\text{max.}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{min.}}) / 0.5\text{‰} \times 2^{\circ}\text{C}$  (GOODFRIEND, 1999) температурни распон забилежен у кућicama врсте *Viviparus kochanskyae* износи 13,48 $^{\circ}\text{C}$  (слика 5.19.a), док код врсте *Viviparus dezmanianus* износи 19,04 $^{\circ}\text{C}$  (слика 5.19.b). У бази горњих *Viviparus* слојева према истој формули у јединки врсте *Viviparus hoernesii* тај распон износи 3,48 $^{\circ}\text{C}$  (слика 5.19.c).

Примјеном формуле  $\Omega(^{\circ}\text{C}) = (\delta^{18}\text{O}_{\text{max.}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{min.}}) / 0.35\text{‰} \times 1^{\circ}\text{C}$  (BALAKRISHNAN и др., 2005) добивене су нешто другачије вриједности. Израчунати температурни распон код врсте *Viviparus kochanskyae* износи 9,09 $^{\circ}\text{C}$  (слика 5.19.a), а код врсте *Viviparus dezmanianus* 13,14 $^{\circ}\text{C}$  (слика 5.19.b). Насупрот томе у бази горњих *Viviparus* слојева на врсти *Viviparus hoernesii* вриједност забилеженог температурног распона током развоја јединке је 2,31 $^{\circ}\text{C}$  (слика 5.19.c).



**Slika 5.19.** Sklerokronološka analiza fosilnih mekušaca roda *Viviparus*: **a** – *Viviparus kochanskyae*, **b** – *Viviparus dezmanianus*, **c** – *Viviparus hoernesii*. Raspon температурних вриједности је индикатор интензитета сезонских промјена у вријеме доњег и горњег церника.

Bez obzira na razlike u rezultatima izračuna koje su dobivene primjenom različitih metoda jasno su izražene šire oscilacije temperaturnih vrijednosti u donjim *Viviparus* slojevima (slika 5.19.a; slika 5.19.b). To može biti pokazatelj izraženije sezonalnosti što potvrđuje i sastav palinozajednice. Naime, u uzorcima iz facijesa F1 donjih *Viviparus* slojeva na lokalitetu Kravarsko javlja se palinozajednica karakteristična za listopadne šume, koja ukazuje na umjereno toplo vlažnu klimu tipa Cf (slika 4.27.). U bazi gornjih *Viviparus* slojeva unutar biozone *Viviparus hoernesii* oscilacije temperaturnih vrijednosti tijekom ontogeneze (slika 5.19.c) u skladu su s klimatskim uvjetima koji su vladali tokom pliocenskog klimatskog optimuma (PCO). Naime, to razdoblje srednjepliocenskog zatopljenja prema paleoklimatskom modeliranju obilježavaju niske sezonske varijacije (HAYWOOD i dr., 2002). Dodatna je to potvrda dobre korelacije biozone *Viviparus hoernesii* s razdobljem PCO (MANDIC i dr., 2015) (slika 5.8.).

Na ostalih 49 ljuštura koje nisu sklerokronološki analizirane primjećuje se veći raspon vrijednosti  $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta^{13}\text{C}$  unutar *Viviparus kochanskyae* zone, a vjerojatno je uzrokovan različitim preferencijama pojedinih vrsta vezano uz staništa (slika 4.20.). Također širi raspon izmjerenih vrijednosti unutar *Viviparus kochanskyae* zone nasuprot užem rasponu unutar *Viviparus hoernesii* zone proizlazi naprosto iz većeg broja istraženih vrsta u tom horizontu (slika 4.20. i slika 4.21.). Zaključak je donesen na temelju izmjerenih vrijednosti na različitim vrstama unutar dva stratigrafska horizonta (tablica 4.14.). Međutim, ne postoji dovoljno materijala za usporedbu u mladim pliocenskim horizontima da bi se to potvrdilo kao primjerice u starijim, miocenskim jezerskim naslagama na primjerima iz HARZHAUSER i dr. (2007a; 2007b; 2011a). Ipak, usporedbom s navedenim primjerima može se zaključiti da postoje jasni dokazi slatkovodnog okoliša. Naime, izrazito negativne vrijednosti  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$  (tablica 4.14.) u skladu su s rezultatima koje su dobili navedeni autori istraživanjem Dinaridskog jezerskog sistema (DLS) i jezera Panon. Primjerice HARZHAUSER i dr. (2007b) opisuju jasan trend pada vrijednosti  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$  iz starijeg u mlađi panon koji prati trend oslađivanja bazena. Prema tome može se zaključiti da je taj trend nastavljen u pliocen tj. slatkovodno pliocensko jezero Slavonija s izraženim fluvijalnim utjecajem.

$\delta^{13}\text{C}$  karakteriziraju niske vrijednosti s pikovima između -11,83 i -5,43 ‰ (tablica 4.14.). Za vrijednosti  $\delta^{13}\text{C}$  iz aragonitnih ljuštura slatkovodnih mekušaca smatra se da su pod primarnim utjecajem otopljenog anorganskog ugljika (DIC – dissolved inorganic carbon) iz okolišne vode (McCONNAUGHEY i GILLIKIN, 2008). Ipak, to su znatno niže vrijednosti od onih dobivenih analizom autigenog jezerskog karbonata koja je napravljena u DLS-u (HARZHAUSER i dr., 2011a), a koje iznose između -2 i -1‰. Znatno sniženje vrijednosti

$\delta^{13}\text{C}$  može se objasniti prehrabnim navikama pojedinih mekušaca i metaboličkim procesima u njihovom organizmu (primjerice prema istraživanjima DETTMAN, 1999; GEIST i dr., 2005; GAJUREL i dr., 2006). Primjerice HARZHAUSER i dr. (2011a) opisuju da hranjenjem algama organizmi unose ugljik čije  $\delta^{13}\text{C}$  vrijednosti u slatkovodnim sistemima iznose između -36 i -19‰ (STAAL i dr., 2007). Takve vrijednosti se poklapaju s vrijednostima iz C3 biljaka (-20 do -32‰) o kojima ovise mekušci koji se hrane lišćem (LENG i MARSHAL, 2004). Nadalje filtratori koji se hrane slatkovodnim fitoplanktonom konzumiraju organski materijal čije  $\delta^{13}\text{C}$  variraju u rasponu od -42 do -26‰ (LENG i MARSHALL, 2004). Iz izmjerenih vrijednosti  $\delta^{13}\text{C}$  (tablica 4.14.) nije moguće uspostaviti jasnu korelaciju s vrijednostima izotopa ugljika u nutrijentima. Primjerice filtrator *Potomida seljani* pokazuje znatno više vrijednosti  $\delta^{13}\text{C}$  (-9,68 do -11,49‰) od očekivanih -42 do -26‰ prema literaturnim podacima za fitoplankton. Prema tome niske vrijednosti  $\delta^{13}\text{C}$  u odnosu na vrijednosti iz autigenog karbonata, za koje se smatra da su bliže ravnoteži s okolišnom vodom, mogu biti kumulativni efekt unosa ugljika iz vode, te iz organskih nutrijenata. Uz to, izmjerene vrijednosti (tablica 4.14.) dobro se koreliraju s vrijednostima dobivenima analizom slatkovodnih mekušaca PBS-a iz gornjeg panona čije  $\delta^{13}\text{C}$  vrijednosti iznose između -8,30 i -4,20‰ (HARZHAUSER i dr., 2007b). Prema tome, stabilni izotopi ugljika predstavljaju dodatni dokaz postojanja pravog slatkovodnog jezerskog okoliša s izraženim fluvijalnim utjecajem.

#### 5.4. Evolucija taložnog prostora

Rekonstrukcija evolucije nekog taložnog prostora složen je zadatak koji zahtijeva detaljan terenski rad i postojanje kvalitetnih izdanaka, kao i upotrebu raznih analitičkih metoda, od mineraloško-petrografskih do kemijskih i paleontoloških. Istraživano područje Vukomeričkih gorica najvećim dijelom prekriveno je gustom vegetacijom i na njemu ne postoji značajan broj kvalitetnih izdanaka, naročito ne onih koji bi svojom veličinom omogućili neposredan uvid u vertikalni i lateralni raspored facijesa. Stoga su zaključci doneseni na temelju istraživanja većeg broja manje kvalitetnih izdanaka uz korištenje raznovrsnih analitičkih metoda.

Iako sam kontakt *Viviparus* slojeva s podinskim naslagama na prostoru Vukomeričkih gorica nije utvrđen, rezultati istraživanja u ovome radu sugeriraju postojanje stratigrafske praznine. Naime, najstariju pojavu *Viviparus* slojeva na Vukomeričkim goricama predstavljaju

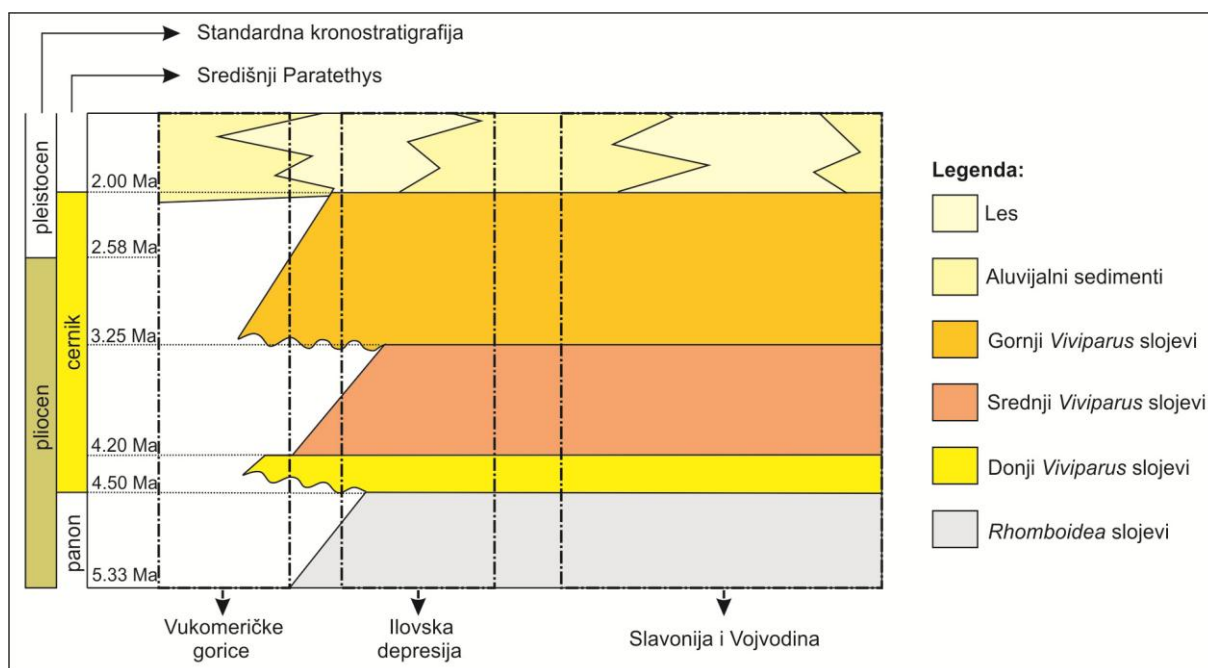
sedimenti s faunom biozone *Viviparus kochanskyae* (tablica 4.14.; slika 5.18.) čije je taloženje započelo prije cca 4.3 milijuna godina (MANDIĆ i dr., 2015), dok fauna karakteristična za *Viviparus neumayri* biozonu, najstariju pliocensku zonu izostaje. Stoga se može zaključiti postojanje hijatusa u rasponu od prije 4.5 do 4.3 milijuna godina odnosno diskontinuitet između sedimenata najmlađeg miocena i pliocena na istraživanom prostoru Vukomeričkih gorica (slika 5.20.). Do sličnog zaključka o diskontinuitetu taloženja na granici *Rhomboidea* i *Viviparus* slojeva došao je i PIKIJA (1987a) koji je utvrdio da na sitnozrnim klastitima najmlađeg miocena leže pliocenski grubi klastiti, ponekad s limonitnim korama. Nasuprot tome CVETKOVIĆ (2013) je temeljem interpretacije dubinskih karotažnih i seizmičkih podataka u području zapadnog dijela Savske depresije utvrdio kontinuitet taloženja na granici miocen-pliocen, a prema njegovim interpretacijama kontinuitet taloženja postoji i na istraživanom području Vukomeričkih gorica. Istočnije od istraživanog područja na širem području utvrđen je kontinuitet taloženja na prijelazu iz najmlađih miocenskih naslaga, *Rhomboidea* slojeva, u donje *Viviparus* slojeve najstarijeg pliocena (slika 5.20.). Tako je BLAŠKOVIĆ (1975) na prostoru Ilovske depresije opisao postupni litološki prijelaz iz *Rhomboidea* slojeva u donje *Viviparus* slojeve. Sama granica fosilno je dokumentirana prvom pojavom viviparida karakterističnih za donje *Viviparus* slojeve, a litološki graničnu zonu karakteriziraju raznobojne gline s umetnutim lećama sitnozrnatih i krupnozrnatih pijesaka koji često završavaju karbonatnim konkrecijama. Takva zona je u okviru ovog istraživanja prepoznata u istočnom dijelu Savske depresije na južnim obroncima Dilj gore u bazi stupa Sibinj (prilog 1.13.). Kontinuitet taloženja iz miocena u pliocen na temelju geološkog kartiranja pretpostavili su ŠPARICA i dr., (1979; 1980; 1983) te ŠPARICA i BUZALJKO (1984) na južnim padinama Požeške i Dilj gore uz sjeverni rub Savske depresije, a JAMIČIĆ i dr. (1986) i JAMIČIĆ i BRKIĆ (1986) na prostoru Požeške kotline. Dalje na istok, kontinuitet sedimentacije na granici miocen-pliocen utvrđen je na sjevernim obroncima Fruške gore u Vojvodini (JANKOVIĆ, 1970; RUNDIĆ i dr., 2016).

Ukupno gledajući može se zaključiti da na istraživanom prostoru Vukomeričkih gorica postoji diskontinuitet sedimentacije između sedimenata *Rhomboidea* naslaga talaženih u plitkim priobalnim dijelovima boćatog jezera Panon i *Viviparus* slojeva koji su tijekom pliocena, odnosno tijekom cernika (MANDIĆ i dr., 2015), taloženi u slatkovodnom jezeru Slavonija. Sudeći prema fosilnoj zajednici mekušaca (tablica 4.14.; poglavlje 4.4.1. i 5.2.1.) taj je prekid trajao oko 0,2 milijuna godina. Istočnije od istraživanog područja, na prostoru Savske depresije, Požeške kotline i u Vojvodini, *Viviparus* slojevi taloženi su konformno na najmlađe miocenske sedimente. U prilog takvom zaključku, osim postupnog litološkog

prijelaza, idu i nalazi vrste *Viviparus neumayri* koji definiraju istoimenu biozonu *Viviparus* slojeva (NEUMAYR i PAUL, 1875; BRUSINA, 1897; BRUSINA, 1902; JENKO, 1944; JANKOVIĆ, 1970; RUNDIĆ, 2016) koja je najstarija biozona *Viviparus* slojeva (MANDIĆ i dr., 2015).

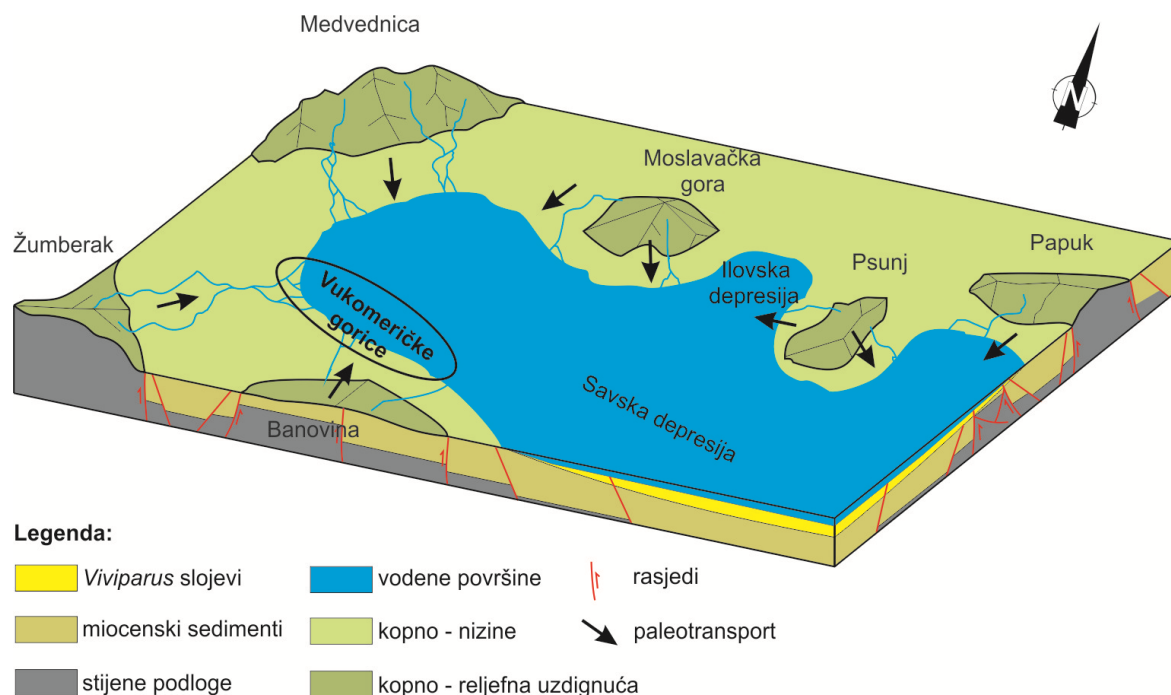
Ovakvi zaključci pokazuju da su se zapadne granice jezera Panon u njegovoj završnoj fazi prije 4.5 milijuna godina, nalazile istočnije od istraživanog prostora Vukomeričkih gorica, što je u skladu s ranijom paleogeografskom rekonstrukcijom (MAGYAR i dr, 1999). U novom transgresivnom ciklusu koji je uslijedio, došlo je do širenja novoformiranog slatkovodnog jezera Slavonija, koje je istraživani prostor Vukomeričkih gorica prekrilo prije oko 4.3 milijuna godina u vrijeme taloženja sedimenata biozone *Viviparus kochanskyae* (slika 5.18.).

Vertikalna sukcesija facijesa *Viviparus* slojeva na Vukomeričkim goricama ovim radom nije jednoznačno utvrđena zbog pokrivenosti terena i nepovezanih manjih izdanaka, te stoga rezultati ne pokazuju pravilnost u pojavljivanju facijesa ovisno o njihovoj stratigrafskoj poziciji (tablica 4.1.). Međutim, rezultati pokazuju da su na istraživanom području površinski zastupljeni donji i gornji *Viviparus* slojevi, dok srednji u potpunosti izostaju (slika 5.20.).



**Slika 5.20.** Prikaz razvoja *Viviparus* slojeva, njihovog odnosa sa sedimentima podine i krovine, te njihovog prostornog rasprostiranja prema rezultatima istraživanja u ovome radu (Vukomeričke gorice) i površinskim podacima za prostor Ilovske depresije (BLAŠKOVIĆ, 1975), Slavonije (ŠPARICA i dr., 1979, 1980, 1983; ŠPARICA i BUZALJKO, 1984; JAMIČIĆ i dr., 1986; JAMIČIĆ i BRKIĆ 1986) i Vojvodine (JANKOVIĆ, 1970; RUNDIĆ i dr., 2016). Vertikalno mjerilo je kronostratigrafsko, ne prikazuje stvarne debljine pojedinih horizonata već vremenski raspon u kojem su taloženi.

Donji *Viviparus* slojevi fosilno su dokazani na više različitih lokaliteta na području Vukomeričkih gorica, primjerice na stupu Kravarsko (prilog 1.2.) i na izdanku VGK 39 gdje je njihov stratigrafski položaj potvrđen odredbom provodne makrofaune (tablica 4.14.) te su smješteni u *Viviparus kochanskyae* zonu. Njihovo taloženje odvijalo se u plitkim priobalnim dijelovima slatkovodnog jezera. Pri tome su u dijelovima jezera koji su bili dalje od riječnih ušća taloženi pretežito glinovito-siltozni sedimenti facijesa F1 (prilog 1.2.-1.4.; poglavlje 4.1.), dok su u dijelovima bliže riječnim ušćima, osim pelitnih sedimenata, taloženi i krupniji pjeskovito-šljunkoviti sedimenti (sedimenti facijesa F2, prilozi 1.3.-1-4; poglavlje 4.1.). Dijelovi tadašnjeg prostora Vukomeričkih gorica nisu bili prekriveni jezerskom vodom, već su predstavljali kopneni prostor s razvijenom mrežom pletenih rijeka. Pri tome je u riječnim kanalima taložen pješčano-šljunkoviti detritus facijesa F3 i F4 (sedimenti facijesa F3, i F4, prilozi 1.4.; 1.5.; 1.7.; 1.8.; 1.9.; 1.10.; 1.11.; poglavlje 4.1.) dok su u međukanalnom prostoru za vrijeme poplava taloženi pelitni i pjeskoviti sedimenti označeni kao heterolitni facijes F5 (prilozi 1.2.-1.4; 1.7.; 1.12., poglavlje 4.1). Prema sastavu palinozajednice i izotopnom sastavu kisika iz kućica puževa (poglavlje 5.2.3.; poglavlje 5.3.), taloženje se odvijalo u uvjetima umjereno tople i vlažne klime s izraženim sezonskim promjenama (slika 5.9.a-5.9.b). Upravo bi te sezonske promjene klime mogle biti uzrok manjih oscilacija vode u jezeru na koje ukazuje proslojavanje jezerskih i riječnih sedimenata zabilježeno, primjerice, na stupovima Sibinj i Subocka (prilozi 1.3.; 1.4.). O postojanju više manjih transgresivno regresivnih ciklusa u vrijeme taloženja donjih *Viviparus* slojeva, odnosno u vrijeme donjeg cernika, pišu i RUNDIĆ i dr. (2016) koji su istraživali prostor Fruške gore u Vojvodini. Proslojavanje jezerskih i riječnih sedimenata ujedno je dokaz da je istraživano područje Vukomeričkih gorica za vrijeme taloženja donjih *Viviparus* slojeva predstavljalo sam zapadni rub tadašnjeg jezera u koje je s lokalno izdignutih gora iz različitih smjerova donosan klastični detritus (slika 5.21.). Osim na Vukomeričkim goricama, donji *Viviparus* slojevi u okviru ovoga rada utvrđeni su na jugozapadnim obroncima Psunja (stup Subocka; prilog 1.4.) kao i na južnim odbroncima Dilj gore (stup Sibinj; prilog 1.3.). Prema ranijim istraživačima spomenuti slojevi predstavljaju najšire rasprostranjeni pliocenski horizont, dokumentiran provodnom makrofaunom i debelim slijedom naslaga na čitavom području Savske depresije (JENKO, 1944; FILJAK, 1951\*; ŠIMUNIĆ, 1964\*; ŠPARICA i dr., 1979, 1980; ŠPARICA i BUZALJKO, 1984; ŠPARICA i dr., 1987; PIKIJA, 1987a; PIKIJA, 1987b; CVETKOVIĆ, 2013), kao i na prostoru Vojvodine (primjerice RUNDIĆ i dr., 2016).



**Slika 5.21.** Maksimalno rasprostriranje pliocenskog jezerskog okoliša na prostoru Savske depresije u vrijeme taloženja donjih *Viviparus* slojeva zahvatilo je prostor današnjih Vukomeričkih gorica (označeno elipsom).

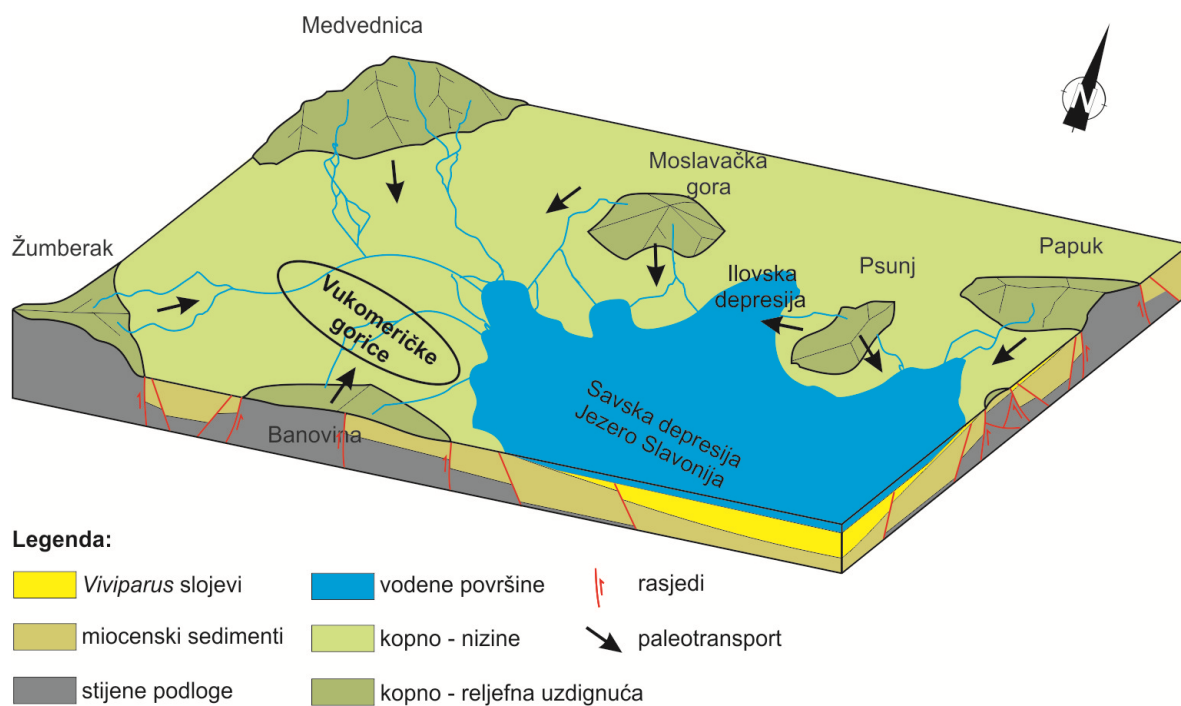
Srednji *Viviparus* slojevi na istraživanom prostoru Vukomeričkih gorica nisu zabilježeni, a nisu utvrđeni ni prilikom višekratnog geološkog kartiranja tog područja u drugoj polovici dvadesetog stoljeća (FILJAK, 1951\*; ŠIMUNIĆ, 1964\*; PIKIJA, 1987a; 1987b). Čak ni u dubokim bušotinama u okolici naselja Dubranec u središnjem dijelu Vukomeričkih gorica, gdje debljina *Viviparus* slojeva doseže i 600m, nije prepoznata zona srednjih *Viviparus* slojeva (GALOVIĆ, 1952).

Izostanak fosilnih mekušaca koji su živjeli u vrijeme srednjeg cernika, odnosno koji definiraju srednje *Viviparus* slojeve sugerira da u to vrijeme nisu postojali uvjeti povoljni za njihov život, a to je plitko slatkovodno jezero. Međutim, dalje na istok, primjerice u Ilovsjoj depresiji BLAŠKOVIĆ (1975) je dokumentirao čitavi neprekinuti slijed pliocenskih naslaga. Litološka sličnost *Viviparus* slojeva s Vukomeričkih gorica, onih s jugozapadnih obronaka Psunja (stup Subocka; prilog 1.4), s južnih obronaka Dilj gore (stup Sibinj; prilog 1.3) kao i onih iz Ilovske depresije (BLAŠKOVIĆ, 1975), karakterizirana izmjenom slojeva pelitnih i pjeskovito-šljunkovitih sedimenata, ukazuje na djelovanje istih ili sličnih mehanizama transporta i taloženja tokom donjeg i srednjeg cernika. Prema tome isti ili slični facijesi morali bi biti prepoznati unutar srednjih *Viviparus* slojeva da su oni bili taloženi na području Vukomeričkih gorica. Spomenuta stratigrafska praznina u vrijeme taloženja srednjih *Viviparus* slojeva na prostoru Vukomeričkih gorica utvrđena u ovome radu, ali i u brojnim



ranijim radovima (FILJAK, 1951\*; GALOVIĆ, 1952; ŠIMUNIĆ, 1964\*; GAGIĆ i SOKAČ, 1970; PIKIJA, 1987a; 1987b), stratigrafski se podudara s diskordancom i djelomičnom redukcijom naslaga na kontaktu donjih i srednjih *Viviparus* slojeva Ilovske depresije koju spominje BLAŠKOVIĆ (1975).

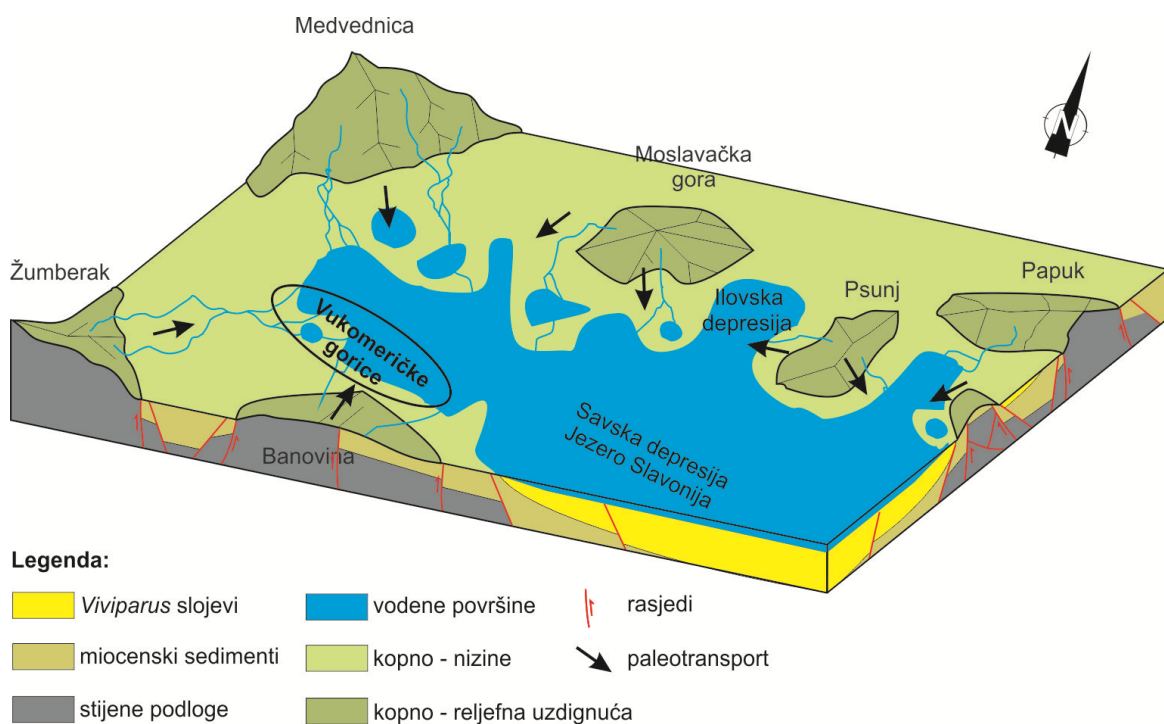
Izostanak taloženja srednjih *Viviparus* slojeva na prostoru Vukomeričkih gorica pokazuje da se površina jezera Slavonija tijekom srednjeg cernika smanjila, te da se rub taložnog bazena pomaknuo prema istoku (slika 5.22.). Razlog tome najvjerojatnije je klimatski uvjetovani pad razine jezera i povlačenje vodenih okoliša prema istoku (MANDIĆ i dr., 2015). Naime, SALZMAN-a i dr. (2011) su modeliranjem klime i okoliša za razdoblje gornjeg dijela srednjeg cernika utvrdili generalno pomicanje aridnijih okoliša savana i pustinja prema sjeveru, preko Mediterana na tlo Europe.



**Slika 5.22.** Reducirani jezerski okoliš na prostoru Savske depresije u vrijeme taloženja srednjih *Viviparus* slojeva. Položaj današnjih Vukomeričkih gorica označen je elipsom.

Nakon hijatusa u vrijeme srednjeg cernika na prostoru Vukomeričkih gorica ponovno je uspostavljena jezerska sedimentacija (slika 5.23). Dokaz tome su nalazi ornamentiranih puževa vrste *Viviparus hoernesii* (tablica 4.14.) na lokalitetu VGK 35 u pijescima (facijes F2) taloženima u jezerskom priobalju (prilog 1.6.). Naime, upravo nalazi spomenute vrste definiraju biozonu *Viviparus hoernesii*, najstariju biozonu gornjeg cernika, i sugeriraju da je druga pliocenska transgresija u jezeru Slavonija područje današnjih Vukomeričkih gorica

zahvatila prije 3.1 milijuna godina (slika 5.18.). Uzrok transgresije mogla je biti humidnija klima u gornjem dijelu pliocenskog klimatskog optimuma (slika 5.18.), no isto tako i aktivna subsidencija u području Savske depresije koja je omogućila otvaranje novog akomodacijskog prostora za taloženje jezerskih sedimenata u periodu pliocena i najranijeg pleistocena (SAFTIĆ i dr., 2003). Vertikalne izmjene sedimenata jezerskih i riječnih taložnih okoliša zabilježene na stupu Lipnica (prilog 1.5.) pokazuju da su i tijekom gornjeg cernika postojale manje oscilacije nivoa vode u jezeru koje su zabilježene u sedimentima donjih *Viviparus* slojeva. Naime, sedimenti na stupu Lipnica sadrže palinozajednicu koja ih stratigrafski svrstava u vršni dio pliocena, a karakteristična je za močvarne sedimente (slika 4.38.; poglavlje 5.2.3.; prilog 1.5.).



**Slika 5.23.** Rasprostiranje jezerskih okoliša u Savskoj depresiji tokom perioda taloženja gornjih *Viviparus* slojeva. Položaj današnjih Vukomeričkih gorica označen je elipsom.

Obzirom da su analize modalnog sastava pokazale da ne postoje jasne razlike u sastavu detritusa donjih i gornjih *Viviparus* slojeva (poglavlja 4.2.1. i 4.2.2.) i da se unutar jednih i drugih izmjenjuju jezerski i riječni sedimenti, ostaje problem određivanja stratigrafske pripadnosti *Viviparus* slojeva koji ne sadrže relevantne fosilne ostatke. Takvi su, primjerice, *Viviparus* slojevi na lokalitetima Ključić Brdo (prilog 1.7.), Petravec (prilog 1.8.), i Strezojevo (prilozi 1.10 i 1.11). Ipak, sudeći prema dosadašnjim spoznajama gornje

*Viviparus* slojeve (gornji cernik) Vukomeričkih gorica karakterizira taloženje krupnije zrnatih sedimentata i generalni trend pokrupnjavanja sedimenta prema kraju pliocena (ŠIMUNIĆ 1964\*). Obzirom da na lokalitetima Ključić Brdo (prilog 1.7.), Petravec (prilog 1.8.), i Strezojevo (prilozi 1.10 i 1.11) dominiraju krupnozrnati, pješčano-šljunkoviti sedimenti (tablica 4.2.) veća je vjerojatnost da oni pripadaju gornjim, nego donjim *Viviparus* slojevima. Takav trend pokrupnjavanja čestica prema kraju pliocena zabilježen je na širem prostoru JZ dijela PBS-a, primjerice u Ilovskoj depresiji (BLAŠKOVIĆ, 1975) i u Vojvodini (JANKOVIĆ, 1970).

Pojava pleistocenskih sedimentata padinskih lepeza i prepletenih rijeka neformalne litostratigrafske jedinice Bistra (ŠIMUNIĆ i AVANIĆ, 1985\*; GRIZELJ i dr., 2017b), te lesa koji leže na sedimentima pliocena i zajedno s holocenskim sedimentima čine obrub današnjeg područja Vukomeričkih gorica (slika 2.5.) ukazuje na definitivni završetak jezerske sedimentacije u zapadnom dijelu taložnog prostora jezera Slavonija. Prestanak taloženja *Viviparus* slojeva na istraživanom području stratigrafski nije jasno definiran. Međutim, zasigurno je vezan uz inverziju bazena koja se reflektirala kroz reaktivaciju normalnih i formiranje vertikalnih rubnih rasjeda Savske depresije. Kompresijom u pleistocenu došlo je do izdizanja i formiranja reljefa sličnog današnjem (PAVELIĆ, 2001), a potom i izdizanja samih Vukomeričkih gorica i smanjivanja akomodacijskog prostora na zapadnom rubu jezera Slavonija. Generalno se za završetak pliocenske jezerske sedimentacije na širem području uzima pojava *Corbicula* slojeva i uspostava aluvijalnih uvjeta na području Vojvodine. Taj događaj datiran je na približno 2 milijuna godina (GAUDENY i dr., 2013; 2015).

## 6. ZAKLJUČAK

- *Viviparus* slojevi Vukomeričkih gorica (VG) sastoje se od raznovrsnih pjeskovito-šljunkovitih i pelitnih sedimenata koji predstavljaju najzapadniju pojavu naslaga istaloženih tijekom pliocena, odnosno novopredloženog kata cernik, u jezeru Slavonija.
- Analizom facijesa definirano je pet različitih litofacijesa koji predstavljaju sedimente plitkog slatkovodnog jezera i aluvijalne sedimente. Ispreplitanje jezerskih i aluvijalnih sedimenata pokazatelj je čestih manjih oscilacija nivoa vode u jezeru, što sugerira da se istraživano područje nalazilo u rubnom dijelu tadašnjeg jezera.
- Analizom fosilnog sadržaja utvrđeno je da su na prostoru VG zastupljeni donji i gornji *Viviparus* slojevi, dok srednji u potpunosti izostaju. Donji *Viviparus* slojevi taloženi su u donjem cerniku, dok se taloženje sedimenata gornjih *Viviparus* slojeva odvijalo tijekom gornjeg cernika. Izostanak srednjih *Viviparus* slojeva ukazuje na, vjerojatno klimatski uvjetovan, pad razine jezera.
- Mjerenja direkcionih tekstura pokazala su da je tijekom pliocena klastični detritus na prostor VG donasan iz raznih smjerova, osim iz smjera jugoistoka tj. prostora Savske depresije.
- Strukturna nezrelost pješčano-šljunkovitog detritusa ukazuje na relativno kratak transport materijala, a njegov modalni sastav pokazatelj je da su najznačajnije izvorišne stijene bili rožnjaci/radiolariti, kvarcit, kisele magmatske stijene, metapsamiti i karbonatne sedimentne stijene te bazične magmatske stijene (dijabaz bazalti, spilitizirani bazalti).
- U mineralnom sastavu pelitnih sedimenata od minerala glina se redovito pojavljuju smektit i illit/muskovit, dok su kaolinit i klorit u maloj količini zastupljeni samo u pojedinim uzorcima.
- Kemijski sastav pjeskovito-šljunkovitih i pelitnih sedimenata ukazuje na njegovo dominantno porijeklo iz starijih siliciklastičnih sedimentnih stijena, te kiselih i neutralnih magmatskih stijena. Pelitni sedimenti imaju homogeniji kemijski sastav, a spadaju u relativno zrele sedimente.
- Kombinacijom mineraloških i geokemijskih metoda utvrđeno je lokalno porijeklo detritusa. Glavna izvorišta bile su starije stijene s izdignutih područja Banovine, Medvednice, Žumberka i Moslavačke gore te detritus pretaložen iz podinskih gornjomiocenskih sedimenata Alpske provenijencije. U *Viviparus* slojevima s prostora Slavonije također je prepoznat utjecaj detritusa Alpske provenijencije, a osim toga također da je dio detritusa porijeklom iz Bosne, odnosno unutarjih Dinarida.

- Ujednačenost modalnog i kemijskog sastava sedimenata na čitavom istraživanom području VG u vertikalnom slijedu naslaga ukazuje da za vrijeme taloženja *Viviparus* slojeva nije dolazilo do značajnijih promjena izvorišta.
- Izvorišno područje u geotektonskom smislu predstavljalo je reciklirani orogen.
- Fosilna zajednica mekušaca na prostoru VG potvrdila je postojanje dugoživućeg otvorenog slatkovodnog jezera. Prema zajednici malih kralježnjaka izdvojene su dvije vrste okoliša, jezerski i kopneni, a po prvi puta u Hrvatskoj zabilježen je nalaz vodenkrvice. Fauna ostrakoda karakteristična je za slatke vode stajačice i upućuje na razvitak pravog slatkovodnog jezera sa stabilnom vodenom razinom, ali sugerira i postojanje drugih slatkovodnih okoliša kao što su manja plitka jezera i potoci. Palinozajednica u periodu taloženja donjih *Viviparus* slojeva ukazuje na prevladavajuću umjereno toplu vlažnu klimu – Cf, dok je u vrijeme taloženja sedimenata gornjih *Viviparus* slojeva došlo do zahlađenja.
- Analiza stabilnih izotopa kisika ( $\delta^{18}\text{O}$ ) i ugljika ( $\delta^{13}\text{C}$ ) na ljušturama mekušaca pokazala je postojanje sezonalnosti u vrijeme taloženja donjih *Viviparus* slojeva, te njezin izostanak u vrijeme taloženja gornjih. Također, dobivene vrijednosti ukazuju na postojanje pravog slatkovodnog okoliša.
- Sintezom rezultata rekonstruirana je evolucija taložnog prostora. Najstarije pliocenske naslage VG pripadaju zoni *Viviparus kochanskyae*, čije je taloženje počelo prije cca 4,3 milijuna godina u mlađem dijelu donjeg cernika. Izostanak biozone *Viviparus neumayri* pokazuje da su na prostoru VG *Viviparus* slojevi diskonformni na gornjomiocensku podlogu. Dijelovi tadašnjeg prostora VG koji nisu zahvaćeni jezerskom transgresijom predstavljali su kopneni prostor s razvijenom mrežom prepletenih rijeka. Izostanak fosilnih mekušaca iz vremena srednjeg cernika, koji definiraju srednje *Viviparus* slojeve, sugerira pomicanje obale jezera prema istoku, tj. regresiju jezera Slavonija. Taložnjem sedimenata zone *Viviparus hoernesii* u gornjem cerniku započela je druga pliocenska transgresija na istraživanom području. Dakle prije oko 3,1 milijuna godina ponovno je uspostavljena jezerska sedimentacija kao posljedica humidnije klime u gornjem dijelu pliocenskog klimatskog optimuma. Kraj jezerske sedimentacije na VG predstavlja pojava pleistocenskih sedimenata padinskih lepeza i prepletenih rijeka, te lesa. Prestanak taloženja *Viviparus* slojeva na istraživanom području stratigrafski nije jasno definiran, no zasigurno je vezan uz inverziju bazena uslijed kompresije u pleistocenu, što je dovelo do izdizanja i formiranja reljefa sličnog današnjem, a potom i izdizanja samih VG uz smanjivanje akomodacijskog prostora na zapadnom rubu jezera Slavonija.

## 7. SAŽETAK

Predmet istraživanja u sklopu ove doktorske disertacije bili su pliocenski sedimenti Vukomeričkih gorica. Ti su sedimenti poznati pod nazivom *Viviparus* slojevi, a imenovani su prema razvojnem nizu puževa roda *Viviparus*. *Viviparus* slojevi taloženi su u jezeru Slavonija smještenom u južnom dijelu Panonskog bazenskog sustava u vremenskom rasponu od 4,5 – 2 milijuna godina, što stratigrafski obuhvaća najveći dio pliocena i najstariji dio pleistocena. Najvećim dijelom prekriveni su mlađim, kvartarnim sedimentima, a površinski su značajnije rasprostranjeni samo na istraživanom području Vukomeričkih gorica.

Ciljevi rada bili su detaljnim terenskim i laboratorijskim istraživanjima uz kombinaciju raznovrsnih mineraloško-petrografskih, kemijskih i paleontoloških analiza utvrditi uvjete i okoliše taloženja *Viviparus* slojeva s područja Vukomeričkih gorica, rekonstruirati porijeklo istaloženog materijala, sastav izvorišnih stijena i geotektonski položaj izvorišta. Nadalje, cilj je bio revizijom prisutne fosilne zajednice načiniti precizniju stratigrafsku kalibraciju naslaga kako bi se one mogle korelirati s istovremenim pliocenskim sedimentima na širem području, a analizama stabilnih izotopa kisika i ugljika na ljušturama mekušaca rekonstruirati paleoekološke uvjete u okolišima. U konačnici, cilj je bio rezultate istraživanja dobivene s prostora Vukomeričkih gorica, zajedno s rezultatima istraživanja istovrsnih naslaga s odabranih lokaliteta u Slavoniji iskoristiti za interpretaciju evolucije južnog dijela PBS-a tijekom pliocena.

U okviru terenskih istraživanja na području Vukomeričkih gorica detaljno je obrađeno 9 sedimentoloških stupova i nekoliko dodatnih lokaliteta, a s ciljem korelacije naslaga snimljen je po jedan detaljan sedimentološki stup na jugozapadnim padinama Psunja i južnim obroncima Dilj gore u Slavoniji. U sklopu laboratorijskih istraživanja napravljeno je 38 granulometrijskih analiza, 35 modalnih analiza teške i lake mineralne frakcije, 9 petroloških preparata, 10 XRD analiza pelitnih sedimenata i 34 analize kemijskog sastava uzoraka (glavni i elementi u tragovima, te udio karbonata). Osim navedenog načinjene su brojne paleontološke odredbe makrofaune mekušaca, mikrofaune, odredbe malih kralježnjaka i palinozajednica. Paleontološke odredbe su upotpunjene SEM fotografijama i analizom stabilnih izotopa kisika ( $\delta^{18}\text{O}$ ) i ugljika ( $\delta^{13}\text{C}$ ) na 52 odabrane kućice puževa.

Analizom facijesa i prisutne fosilne zajednice utvrđeno je da su tijekom pliocena na istraživanom području taloženi sedimenti slatkovodnog jezera i aluvijalni sedimenti. Jezerske sedimente čine fosiliferni glinoviti siltovi (facijes F1) taloženi u litoralnom dijelu slatkovodnog oligotrofnog jezera i pjeskoviti sedimenti (facijes F2) taloženi na riječnim

ušćima. Riječne sedimente čine pjeskovito-šljunkoviti sedimenti riječnih kanala (facijesi F3 i F4) kao i heterolitni pelitno-pjeskoviti sedimenti (facijes F5) poplavne ravnice. Vertikalno ispreplitanje jezerskih i aluvijalnih sedimenata pokazatelj je čestih manjih oscilacija nivoa vode u jezeru, što sugerira da se istraživano područje nalazilo u rubnom dijelu jezera. Iako zbog slabe otkrivenosti terena bočni i vertikalni odnosi facijesa nisu u potpunosti jasni, utvrđeno je da su sedimenti gornjih *Viviparus* slojeva (gornji cernik) Vukomeričkih gorica krupnije zrnati od sedimenata iz donjih *Viviparus* (*donji cernik*) i da pokazuju generalni trend pokrupnjavanja čestica prema kraju pliocena.

Mjerenja direkcionalnih tekstura pokazala su da je tokom pliocena klastični detritus na prostor Vukomeričkih gorica donasan iz različitih smjerova, osim iz smjera jugoistoka tj. prostora Savske depresije. Strukturna nezrelost pješčano-šljunkovitog detritusa ukazuje na relativno kratak transport materijala, a njegov modalni sastav pokazatelj je da su najznačajnije izvorišne stijene bili rožnjaci/radiolariti, kvarciti, kisele magmatske stijene, metapsamiti i karbonatne sedimentne stijene te bazične magmatske stijene (dijabaz bazalti, spilitizirani bazalti).

Mineralni sastav pelitnih sedimenata pokazao je da se od minerala glina redovito pojavljuju smektit i illit/muskovit, a kaolinit i klorit su u maloj količini zastupljeni samo u pojedinim uzorcima.

Kemijski sastav pjeskovito-šljunkovitih i pelitnih sedimenata također ukazuje na njegovo porijeklo iz starijih siliciklastičnih sedimentnih stijena, te kiselih i neutralnih magmatskih stijena. Geokemijske analize pokazale su osim toga, da pelitni sedimenti imaju homogeniji kemijski sastav i da prema ICV indeksu spadaju u relativno zrele sedimente. Kisele izvorišne stijene kao glavni izvor detritusa potvrdili su i dobiveni odnosi LREE/HREE kao i spajder dijagrami s izraženom negativnom Eu anomalijom.

Ujednačenost modalnog i kemijskog sastava sedimenata na čitavom istraživanom području Vukomeričkih gorica u vertikalnom slijedu naslaga ukazuje da za vrijeme taloženja *Viviparus* slojeva nije dolazilo do značajnijih promjena izvorišta. Izvorišno područje u geotektonskom smislu predstavljalo je reciklirani orogen. Glavna izvorišta materijala za prostor Vukomeričkih gorica bila su lokalno izdignuta područja Banovine, Žumberka i Medvednice, a značajan dio detritusa pretaložen je iz podinskih gornjomiocenskih sedimenata Alpske provenijencije. Materijal alpske provenijencije predstavlja i glavno izvorište detritusa u istraživanim pliocenskim naslagama na prostoru Slavonije, a prisustvo piroksena u tom detritusu pokazatelj je porijekla dijela materijala iz Bosne, odnosno prostora unutarnjih Dinarida.

Na temelju fosilne zajednice mekušaca na prostoru Vukomeričkih gorica utvrđeno je postojanje dugoživućeg otvorenog slatkovodnog jezera, a potvrđeno je da su razvijeni donji i gornji *Viviparus* slojevi. Fauna donjih *Viviparus* slojeva pripada *Viviparus kohanskyae* biozoni što ih smješta u mlađi dio donjeg cernika. Gornji *Viviparus* slojevi pripadaju biozoni *Viviparus hoernesii*, odnosno starijem dijelu gornjeg cernika.

Izotopni sastav kućica puževa potvrdio je postojanje slatkovodnog jezerskog taložnog okoliša i pokazao da je postojala veća sezonalnost klime u donjem cerniku u vrijeme taloženja biozone *Viviparus kochanskyae* u odnosu na biozonu *Viviparus hoernesii* gornjeg cernika.

Zajednica malih kralježnjaka potvrdila je postojanje dvije vrste okoliša, jezerskog i kopnenog, a po prvi puta u Hrvatskoj zabilježen je nalaz vodenkrvice.

Sastav mikrofaune ostrakoda karakterističan je za slatke vode stajačice i upućuje na razvitak pravog slatkovodnog jezera sa stabilnom vodenom razinom, ali sugerira i postojanje drugih slatkovodnih okoliša kao što su manja plitka jezera i potoci.

Prema palinozajednici u periodu taloženja donjih *Viviparus* slojeva vladala je umjereno topla vlažna klima, dok je u vrijeme taloženja sedimenata gornjih *Viviparus* slojeva došlo do zahlađenja klime.

Sinteza svih dobivenih rezultata omogućila je rekonstrukciju evolucije taložnog prostora. Rezultati su pokazali da su na području Vukomeričkih gorica od pliocenskih sedimenata razvijeni donji i gornji *Viviparus* slojevi, a srednji izostaju.

Najstarije istaložene naslage pripadaju biozoni *Viviparus kochanskyae* što znači da je njihovo taloženje počelo u mlađem dijelu donjeg cernika, prije cca 4,3 milijuna godina. Izostanak sedimenata biozone *Viviparus neumayri* pokazuje da su na prostoru Vukomeričkih gorica *Viviparus* slojevi diskonformni na gornjomiocensku podlogu, odnosno da ne postoji kontinuitet taloženja iz sedimenata jezera Panon u sedimente jezera Slavonija kakav je zabilježen u Savskoj depresiji. Dijelovi tadašnjeg prostora Vukomeričkih gorica, koji nisu zahvaćeni jezerskom transgresijom, predstavljali su kopneni prostor s razvijenom mrežom pletenih rijeka. Proslojavanje jezerskih i riječnih sedimenata ujedno je dokaz da je istraživano područje Vukomeričkih gorica za vrijeme taloženja donjih *Viviparus* slojeva predstavljalo sam zapadni rub tadašnjeg jezera u koje je s lokalno izdignutih gora iz različitih smjerova donosan klastični detritus.

Izostanak fosilnih mekušaca koji su živjeli u vrijeme srednjeg cernika, odnosno koji definiraju srednje *Viviparus* slojeve sugerira pomicanje obale jezera prema istoku, odnosno regresiju jezera Slavonija.



Taloženje sedimenata biozone *Viviparus hoernesii* pokazuje da je drugom pliocenskom transgresijom prije oko 3,1 milijuna godina, na istraživanom području ponovno uspostavljena jezerska sedimentacija. Ta je transgresija vjerojatno posljedica humidnije klime u gornjem dijelu pliocenskog klimatskog optimuma.

Definitivni kraj pliocenske jezerske sedimentacije predstavlja pojava pleistocenskih sedimenata padinskih lepeza i prepletenih rijeka, te lesa. Prestanak taloženja *Viviparus* slojeva na istraživanom području stratigrafski nije jasno definiran, no zasigurno je vezan uz inverziju bazena uslijed kompresije PBS-a u pleistocenu, što je dovelo do izdizanja i formiranja reljefa sličnog današnjem, a potom i izdizanja samih Vukomeričkih gorica i smanjivanja akomodacijskog prostora na zapadnom rubu jezera Slavonija. Kraj pliocenske jezerske sedimentacije na širem području obilježava pojava *Corbicula* slojeva i uspostava aluvijalnih uvjeta prije 2 milijuna godina.

## 8. EXTENDED ABSTRACT

The subject of research within this doctoral thesis were the Vukomeričke gorice hill area Pliocene sediments. These sediments are commonly called *Viviparus* beds after the evolutionary lineage of the gastropod genus *Viviparus*. The *Viviparus* beds were deposited in the ancient Lake Slavonia, situated in the southern part of the Pannonian Basin System (PBS) during most of the Pliocene and the beginning of Lower Pleistocene, between 4.5 and 2 Ma ago. They are mostly covered by younger, Quaternary deposits. Only in the investigated area of Vukomeričke gorice are they significantly widespread and exposed on the surface and so accessible for research.

The aim of this research was, by means of detailed field- and analytical analyses, to determine the sedimentary environments and the environment conditions during the deposition of *Viviparus* beds in the Vukomeričke gorice area. For this purpose, a detailed mineralogical and petrographic, chemical and paleontological analyses were performed, to reconstruct the provenance of the material, the composition of the source rocks, as well as the geotectonic setting of their source area. Furthermore, the aim was also to propose a more precise stratigraphic position of the investigated deposits. Hence, a review of the available fossil assemblage was performed and a correlation with coeval deposits from the wider area was given. Also, a detailed stable isotope analyses ( $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ) on separated mollusc shells were performed for the reconstruction of the paleoecological conditions. Moreover, the goal was, based on obtained results from Vukomeričke gorice, along with the results from same deposits but from selected locations from Slavonia in east Croatia, to reconstruct the evolution of the southern part of the PBS during the Pliocene.

As a part of the fieldwork in the area of Vukomeričke gorice, 9 lithostratigraphic sections and several smaller outcrops/separate locations were surveyed and sampled. For the correlation with similar coeval deposits found in eastern Croatia, geological sections along the SW slopes of Psunj Mt. and S slopes of Dilj Mt. in Slavonia were investigated as well. Altogether, 38 grain-size, 35 heavy and light mineral fraction, 9 thin sections, 10 XRD and 34 chemical analyses (main and trace elements, and carbonate content) were performed on different types of sediments sampled in the investigated area. Furthermore, numerous paleontological determinations of mollusc macrofauna, microfauna, and remains of microvertebrate were performed, as well as the palinological analyses. The paleontological determinations were accompanied by the SEM microphotographs and stable isotope analyses ( $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ) were performed on 52 representative gastropod shells.

Facies analysis and the determined fossil assemblage found in sediments of the investigated area point to freshwater lacustrine and alluvial depositional environments during the Pliocene. Lacustrine sediments are represented by fossiliferous clayey silts (facies F1) deposited in the littoral part of the freshwater, oligotrophic lake, and sandy sediments deposited at the river mouth (facies F2). Fluvial deposits are represented by sandy-gravelly river channel sediments and heterolithic pelitic-sandy overbank sediments (facies F5). The vertical intertwining of lacustrine and alluvial sediments is very likely the result of occasional water level fluctuations in the lake. This suggests that the area under study was situated on a marginal part of the lake. Lateral and vertical facies relations are not completely understood due to sparse exposed outcrops in the investigated area. Nevertheless, it was established that the upper *Viviparus* beds (upper Cernikian) are coarser in grain size compared to the lower *Viviparus* beds (lower Cernikian) in the area of Vukomeričke gorice. Furthermore, these deposits generally show a coarsening upwards trend towards the end of the Pliocene.

The source of the accumulated Pliocene clastic material in Vukomeričke gorice originates from various surrounding areas, except the SE, i.e. the Sava depression, as implied by the paleotransport measurements. The structural immaturity of the sandy-gravelly detritus points to a relatively short transport of the material. Its modal composition clearly indicates that the most important source rocks of the deposits were chert/radiolarite, quartzite, acid and basic (diabase basalts, spilitized basalts) magmatic rocks, metapsamites, as well as carbonate sedimentary rocks.

The clay mineral analysis showed that the most common clay minerals found in pelitic sediments are smectite and illite/muscovite, while kaolinite and chlorite were determined only in a few samples.

The results of chemical analyses of sandy-gravelly and pelitic sediments, further confirm that older siliciclastic sedimentary rocks, as well as acid and neutral magmatic rocks were the dominant source rocks of the deposits. Furthermore, the geochemical analyses also showed that the pelitic sediments have a more homogenous chemical composition compared to sands. The ICV index indicates the relative maturity of the sediments. Older acid source rocks, as the dominant detritus source, were also confirmed by the obtained LREE/HREE ratios, as well as by the REE spider diagrams which show a prominent negative Eu anomaly.

The quite uniform modal and chemical compositions throughout the vertical distribution of the sediments clearly imply that during the deposition of the *Viviparus* beds, the provenance of the material did not change. Geotectonically, the source area was the recycled orogene. The most prominent source areas of the material were the surrounding

partially uplifted areas of Banovina, Žumberak and Medvednica. Furthermore, a significant amount of detritus was redeposited from the Upper Miocene bedrock sediments of the Alpine origin. The Alpine provenance was also the most important/main source of the detritus in the investigated Pliocene deposits from Slavonia. The presence of pyroxenes in the detritus from Slavonia gives evidence for the material input from Bosnia, i.e. from the inner Dinarides.

The fossil mollusc assemblage determined in the analysed samples gives evidence of the existence of a long-lasting open freshwater lake, and the distribution of lower and upper *Viviparus* beds in the investigated area was also confirmed. The determined fauna of the lower *Viviparus* beds belongs to the *Viviparus hoernesii* biozone, which is characteristic of the older part of the upper Cernikian. The fauna of the lower *Viviparus* beds belongs to the *Viviparus kohanskyae* biozone and can be correlated to the younger part of the lower Cernikian.

The existence of a fresh-water lacustrine depositional environment in the investigated area was also confirmed by the isotopic composition of the analysed mollusc remains. Furthermore, it also gives evidence of a higher seasonality of the climate during the lower Cernikian, when the *Viviparus kohanskyae* biozone was deposited, compared to the *Viviparus hoernesii* biozone of the upper Cernikian.

The microvertebrate assemblage confirmed the existence of the two types of depositional environments, lacustrine and terrestrial. Findings of the water mole were registered and determined for the first time in Croatia.

The ostracod assemblage is characteristic for stagnant fresh-waters and points to the evolution of a fresh-water lake with a stable water level. It also suggests the existence of other types of fresh-water environments, like smaller lakes/ponds and streams.

The palinomorph assemblages imply a moderately warm and humid climate during the deposition of the lower *Viviparus* beds. During the accumulation of the upper *Viviparus* beds, the climate cooled.

The obtained results were used for reconstruction of the evolution of the sedimentary environment. The results also show that during the Pliocene, in the area of Vukomeričke gorice, only the lower and upper *Viviparus* beds were deposited. The middle *Viviparus* beds were not recognized in the study area.

The stratigraphically oldest determined deposits in the investigated area belong to the *Viviparus kohanskyae* biozone. Their deposition started during the upper part of the lower Cernikian, about 4.3 Ma ago. *Viviparus* beds disconformly overlie the lower Miocene deposits, as evidenced by the absence of the *Viviparus neumayri* biozone in the Vukomeričke

gorice area. The deposition of sediments in the Lake Pannon and the transition into sediments of the Lake Slavonia was discontinuous, which is in contrast to the sedimentary record in the Sava Depression. Parts of the former area of Vukomeričke gorice, which were not affected by the lacustrine transgression formed terrestrial environments with a well-developed braided river network. During the time of deposition of the *Viviparus* beds, Vukomeričke gorice were situated at the very western marginal part of the lake, as evidenced by the vertical intertwining of the lacustrine and alluvial sediments. The lake was exposed to a significant sediment input from the uplifted surrounding mountains.

The absence of fossil mollusc remains, which usually define the middle *Viviparus* beds, points to the shift of the coastal line of the lake towards the east, i.e. it implies the regression of Lake Slavonia.

The re-establishment of the lacustrine sedimentation in the investigated area was evidenced by the deposition of the *Viviparus hoernesii* biozone sediments, which resulted from the second Pliocene transgression about 3.1 Ma ago. The second transgression is probably a consequence of a more humid climate in the upper part of the Pliocene climate optimum.

The appearance of Pleistocene slope deposits and braided river deposits, as well as the covering loess, testify to the end of Pliocene lacustrine sedimentary conditions. The stratigraphically upper limit of the *Viviparus* beds is not clearly distinguished in the investigated area. Nevertheless, it is clearly related to the basin inversion due to the compression of PBS during the Pleistocene which resulted with the uplift of the surrounding mountains and the formation of the relief very similar to the recent one. Subsequently, Vukomeričke gorice were uplifted and the sediment accommodation area on the western margins of the Lake Slavonia was reduced. The end of the Pliocene lacustrine sedimentation on the wider area is marked by the appearance of the *Corbicula* beds and the establishment of the alluvial sedimentary deposits around 2 Ma ago.

## 9. LITERATURA

### 9.1. Publicirani radovi

1. ANDREESCU, I., CODREA, V., ENACHE, C., LUBENESCU, V., MUNTEANU, T., PETCULESCU, A., ŞTIUCĂ, E., TERZEA, E. (2011): Reassessment of the Pliocene/Pleistocene (Neogene/Quaternary) boundary in the Dacian Basin (Eastern Paratethys), Romania.- *Oltenia. Studii și comunicări. Ştiințele Naturii. Muzeul Olteniei Craiova.* 27(1), 197-220.
2. ANDREESCU, I., CODREA, V., LUBENESCU, V., MUNTEANU, T., PETCULESCU, A., ŞTIUCĂ, E., TERZEA, E. (2013): New developments in the Upper Pliocene-Pleistocene stratigraphic units of the Dacian basin (Eastern Paratethys), Romania.- *Quaternary International. International Union of Quaternary Research. Elsevier. Amsterdam.* 284, 15-29.
3. BALAKRISHNAN, M. i YAPP, C.J. (2004): Flux balance models for the oxygen and carbon isotope composition of land snail shells.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 68, 2007-2024.
4. BANDEL, K. (2000): Speciation among the Melanopsidae (Caenogastropoda). Special emphasis to the Melanopsidae of the Pannonian Lake at Pontian time (Late Miocene) and the Pleistocene and Recent of Jordan. *Mitteilungen aus dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Hamburg* 84, 131-208.
5. BARSHAD, I. (1966): The effect of a variation in precipitation on the nature of clay mineral formation in soils from acid and basic igneous rocks.- *Proc. Intl. Clay Conf.*, 167-173.
6. BASCH, O. (1983a): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Ivanić Grad.- *Inst. za geol. istraž., Zagreb, Sav. geol. zavod*, 66 str., Beograd.
7. BASCH, O. (1983b): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Ivanić Grad.- *Inst. za geol. istraž., Zagreb, Sav. geol. zavod*, Beograd.
8. BASILICI, G. (1997): Sedimentary facies in an extensional and deep lacustrine depositional system: the Pliocene Tiberino Basin, central Italy.- *Sedimentary Geology*, 109, 73-94.

9. BASU, A. (1985): Influence of Climate and Relief on Compositions of Sands released at Source Areas.- In: Provenance of Arenites (Ed. G.G. Zuffa), Reidel Publ. Comp., 1-18, Boston.
10. BERTINI, A. (2010): Pliocene to Pleistocene palynoflora and vegetation in Italy: state of the art. *Quaternary International*, 225, 1, 5–24. doi:10.1016/j.quaint.2010.04.025.
11. BHATIA, M.R. i CROOK, K.A.W. (1986): Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins.- *Contrib. Mineral. Petrol.*, 92, 181-193.
12. BLAŠKOVIĆ, I. (1975): Geološki odnosi područja između Moslavačke gore i Psunja (Ilovska depresija).- Doktorska disertacija, 75 str., Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
13. BONADONNA, F. P., LEONE, G., ZANCHETTA, G. (1999): Stable Isotope analyses on the last 30 ka molluscan fauna from Pampa grassland, Bonaerense region, Argentina.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 154, 289-308.
14. BÖHME, M., ILG, A. (2003): *fosFARbase*. [www.wahre-staerke.com](http://www.wahre-staerke.com)
15. BRUSINA, S. (1897): Gragja za neogensku malakološku faunu Dalmacije, Hrvatske i Slavonije uz neke vrste iz Bosne i Hercegovine i Srbije. *Djela Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti*, 18, 1-43.
16. BRUSINA, S. (1902): *Iconographia molluscorum fossilium in tellure tertiaro Hungariae, Croatiae, Slavoniae, Dalmatiae, Bosniae, Hercegovinae, Serbiae et Bulgariae inventorum. Atlas.*- 30 pls., Zagrabiae.
17. CHAMLEY, H. (1989): *Clay sedimentology.*- Springer-Verlag. Berlin, 623 str.
18. COHEN, K.M., FINNEY, S.M., GIBBARD, P.L., FAN, J.-X. (2013): The ICS International Chronostratigraphic Chart.- *Episodes*, 36(3), 199-204.
19. COLLINSON, J.D. (1996): Alluvial sediments.- In: *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy* (Ed. H.G. Reading), Blackwell, 37-82, Oxford.
20. COLLINSON, J.D. i THOMPSON, D.B. (1989): *Sedimentary structures.*- Chapman & Hall., 207 p., London.
21. COX, R., DENGATE, J. i CULLERS, R.L. (1995): The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 59, 2919-2940.
22. CRNKO, J. (1990): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:100.000, list Kutina L 33-90.- Hrvatski geološki institut Zagreb, 2014.
23. CRNKO, J. i VRAGOVIĆ, M. (1990): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:100.000.- Tumač za list Kutina L 33-94. Hrvatski geološki institut Zagreb, 2014.

24. CVETKOVIĆ, M. (2013): Naftnogeološki potencijal i litostratigrafska raščlamba trećega neogensko-kvartarnoga megaciklusa Savske depresije.– Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 175 str.
25. CUENCA–BESCÓS, G., AGUSTI, J., LIRA, J., MELERO–RUBIO, M. i ROFES, J. (2010): A new species of water vole from the early Pleistocene of Southern Europe. *Acta Palaeontologica Polonica*, 55 (4), 565–580.
26. CULLERS, R.L. (2000): The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: Implications for provenance and metamorphic studies.– *Lithos*, 51, 181–203.
27. CULLERS, R.L. (2002): Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, Co, USA.- *Chemical Geology*, 191, 305-327.
28. ĆORIĆ, S., PAVELIĆ, D., RÖGL, O., VRABAC, S., AVANIĆ, R., VRANJKOVIĆ, A. (2009): Revised middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin system, Central Paratethys).- *Geologia Croatica*, 62, 31–43.
29. DETTMAN, D. L. (1999): Controls on stable isotope composition of seasonal growth bands in aragonitic fresh-water bivalves (unionidea).– *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63, 1049–1057.
30. DICKINSON, W.R. (1985): Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones.- In: *Provenance of Arenites* (Ed. G.G. Zuffa), Reidel Publ. Comp., 333-361, Boston.
31. DICKINSON, W.R. i SUCZEK, C.A. (1979): Plate Tectonics and Sandstone Compositions.- *AAPG*, 63, 2164-2182.
32. DICKINSON, W.R., BEARD, L.S., BRAKENRIDGE, G.R., ERJAVEC, J.L., FERGUSON, R.C., INMAN, F.K., KNEPP, R.A., LINDBERG, F.A. i RYBERG, P.T. (1983): Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting.- *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94, 222-235.
33. DIMITRIJEVIĆ, Mi., DIMITRIJEVIĆ, Ma. (1989): *Depozicioni sistemi klastita*.- Institut za geološka istraživanja, OOUR za geologiju, Zagreb, 458 str.
34. EBERL, D.D. (2003): User's guide to RockJock - A program for determining quantitative mineralogy from powder X-ray diffraction data.- U.S. Geological Survey Open-File Report 2003-78, 47 p.



35. EVENSEN, M. N., HAMILTON, P. J., O'NIONS, R. K. (1978): Rare - earth abundances in chondritic meteorites.- *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 1199-1212.
36. FAN, C., KOENIGER, P., WANG, H., FRECHEN, M. (2011): Ligamental increments of the mid-Holocene Pacific oyster *Crassostrea gigas* are reliable independent proxies for seasonality in the western Bohai Sea, China.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299, 437-448.
37. FEDOROV, A.V., BRIERLEY, C.M., LAWRENCE, K.T., LIU, Z., DEKANS, P.S., RAVELO, A.C. (2013): Patterns and mechanisms of early Pliocene warmth. *Nature*, 496, 44-49.
38. FUHRMAN, R. (2012): Atlas quartärer und rezenter Ostrakoden Mitteldeutschlands. *Naturkundliches Museum Mauritium*, 1-320.
39. GAGIĆ, N. i SOKAČ, A. (1970): Fauna ostrakoda paludinskih naslaga Vukomeričkih gorica.-VII Kongres geologa SFR Jugoslavije, 131-149, Zagreb.
40. GAJUREL, A. P., FRANCE-LANORD, C., HUYGHE, P., GULIMETTE, C., GURUNG, D. (2006): C and O isotope compositions of modern fresh-water mollusc shells and river waters from the Himalaya and Ganga plain.- *Chemical geology*, 233, 156-183.
41. GALOVIĆ, S. (1952): O rezultatima dubokog istražnog bušenja na strukturi Dubranec.- *Nafta*, 11, 360-362.
42. GAUDENYI, T., NENADIĆ, D., JOVANOVIĆ, M., BOGIĆEVIĆ, K. (2013): The stratigraphical importance of the *Viviparus boeckhi* Horizon of Serbia. *Quaternary International* 292, 101-112.
43. GAUDENYI, T., NENADIĆ, D., STEJIC, P., JOVANOVIĆ, M. i BOGIĆEVIĆ, K. (2015): The stratigraphy of the Serbian Pleistocene Corbiculabeds.- *Quatern. Int.*, 357, 4-21.
44. GEARY, D.H., RICH, J.A., VALLEY, J.W., BAKER, K. (1989): Stable isotopic evidence of salinity change: influence on the evolution of melanopsid gastropods in the Late Miocene Pannonian basin.- *Geology*, 17, 981-985.
45. GEIST, J., AUERSWALD, K., BOOM, A. (2005): Stable carbon isotopes in freshwater mussel shells: environmental record or marker for metabolic activity?.- *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, 3545-3554.
46. GLAUBRECHT, M. (1996): Evolutionsökologie und Systematik am Beispiel von Süß- und Brackwasserschnecken (Mollusca: Caenogastropoda: Cerithioidea): Ontogenese-Strategien. *Paläontologische Befunde und Zoogeographie*, Backhuys, Leiden.

47. GLÖER, P. (2002): Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. 2. Auflage. 327 p., (ConchBooks) Hackenheim.
48. GOODFRIEND, G.A. (1999): Terrestrial stable isotope records of Late Quaternary paleoclimates in the eastern Mediterranean region.- *Quat. Sci. Rev.*, 18, 501-513.
49. GRAF, D.L. i CUMMINGS, K.S. (2014): The Freshwater Mussels (Unionoida) of the World (and other less consequential bivalves), updated 15 November 2014. MUSSEL Project Web Site, <http://www.mussel-project.net/>.
50. GRIZELJ, A. (2008): Mineraloške i geokemijske značajke miocenskih pelitnih sedimenata jugozapadnog dijela Panonskog bazena.– Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 192 str.
51. GRIZELJ, A., TIBLJAŠ, D. i KOVAČIĆ, M. (2007): Mineralogy and geochemistry of Upper Miocene pelitic sediments of Zagorje Basin (Croatia): Implication for evolution of Pannonian Basin.– *Geologica Carpathica*, 58/3, 263-276.
52. GRIZELJ, A., PEH, Z., TIBLJAŠ, D., KOVAČIĆ, M., KUREČIĆ, T. (2017a): Mineralogical and geochemical characteristics of Miocene pelitic sedimentary rocks from the south-western part of the Pannonian Basin System (Croatia): Implications for provenance studies.- *Geoscience Frontiers.*, 8/1, 65-80.
53. GRIZELJ, A., BAKRAČ, K., HORVAT, M., AVANIĆ, R., HEĆIMOVIĆ, I. (2017b): Occurance of vivianite in alluvial Quaternary sediments in the area of Sesvete (Zagreb, Croatia).- *Geologia Croatica*, rad prihvaćen za objavljivanje.
54. GROMET, L.P., DYMEK, R.F., HASKIN, L.A. i KOROTEV, R.L. (1984): The “North American shale composite”: Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochim. Cosmochim. Acta* 48, 2469—2482.
55. GROSMAN, E. L., KU, T.-L. (1986): Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effects.- *Chemical Geology* 59: 59-74.
56. HARZHAUSER, M. i MANDIC, O. (2008): Neogene lake systems of Central and South-Eastern Europe: Faunal diversity, gradients and interrelations.– *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 260, 417–434.
57. HARZHAUSER, M., PILLER, W. E., LATAL, C. (2007a): Geodynamic impact on the stable isotope signatures in a shallow epicontinental sea.- *Terra Nova*, 19, 1-7.
58. HARZHAUSER, M., LATAL, C., PILLER, W. A. (2007b): The stable isotope archive of lake Pannon as a mirror of Late Miocene climate change.- *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 249, 335–350.

59. HARZHAUSER, M., MANDIC, O., LATAL, C., KERN, A. (2011a): Stable isotope composition of the Miocene Dinaride Lake System deduced from its endemic mollusc fauna. *Hydrobiologia*, 682/1: 27-46.
60. HARZHAUSER, M., PILLER, W. E., MÜLLEGGER, S., GRUNERT, P., MICHEELS, A. (2011b): Changing seasonality patterns in Central Europe from Miocene Climate Optimum to Miocene Climate Transition deduced from the *Crassostrea* isotope archive.- *Global and Planetary Change*, 76/1-2, 77-84.
61. HASKIN, M. A. i HASKIN, L. A. (1966): Rare earths in European shales: a redetermination.- *Science*, 154, 507-509.
62. HAYWOOD, A. M., VALDES, P. J., SELLWOOD, B. W. (2002): Magnitude of climate variability during middle Pliocene warmth: a palaeoclimate modelling study.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 188, 1-24.
63. HORVÁTH, F. (1993): Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin.- *Tectonophysics*, 226, 333-357.
64. HORVÁTH, F. (1995): Phases of compression during the evolution of the Pannonian Basin and its bearing on hydrocarbon exploration.- *March. Petrol. Geol.*, 12, 147-154.
65. HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT (2009): Geološka karta Republike Hrvatske, M 1:300.000, Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Zagreb.
66. HUNT, C.O., GILBERTSON, D.D. i EL-RISHI, H.A. (2007): An 8000-year history of landscape, climate, and copper exploitation in the Middle East: the Wadi Faynan and the Wadi Dana National Reserve in southern Jordan. *Journal of Archaeological Science*, Volume 34, Issue 8, 1306-1338.
67. IELPI, A. (2012): Anatomy of major coal successions: Facies analysis and sequence architecture of a brown coal-bearing valley fill to lacustrine tract (Upper Valdarno Basin, Northern Apennines, Italy).- *Sedimentary Geology*, 256-266; 163-181.
68. JACKSON, M. L. (1956): Soil chemical analysis.- *Advanced course*. Madison. Wisconsin, published by the author, 984 str.
69. JAMIČIĆ, D. i BRKIĆ, M. (1986): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Orahovica.- *Inst. za geol. istraž.*, Zagreb, Sav. geol. zavod, Beograd.
70. JAMIČIĆ, D., BRKIĆ, M., CRNKO, J., VRAGOVIĆ, M. (1986): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Orahovica.- *Inst. za geol. istraž.*, Zagreb, Sav. geol. zavod, 72 str., Beograd.
71. JANKOVIĆ, P. (1970): Paludinski slojevi Vojvodine.- VII kongres geologa SFRJ, Zagreb, Sadržaji referata, 10-12.

72. JENKO, K. (1944): Stratigrafski i tektonski snošaj Pliocena južnog pobočja Požeške gore i Kasonje brda.– Vjestnik Hrvatskog državnog geološkog zavoda i Hrvatskog državnog geološkog muzeja, 2/3, 89–159.
73. JURIŠIĆ-POLŠAK, Z. (1979): Miocenske i pliocenske neritide u Hrvatskoj.– Palaeontologia Jugoslavica, 22: 1-50, Zagreb.
74. KASTMÜLLER, Ž., KRUK, B., KOVAČIĆ, M. (2005): Mineralne sirovine za ciglarsku industriju – Ležišta ciglarske gline „Rečica“ i kremenog pijeska „Brezovi Rebar“ .– U: 3. Hrvatski geološki kongres - Opatija 2005, 20-21, Hrvatski geološki institut, Zagreb.
75. KERSTING, R. i MÖRS, T. (2004): Water moles (Desmaninae, Lipotyphla) from the Pliocene Reuver Clay of northwest Germany. 18 th International Senckenberg Conference 2004, VI International Palaeontological Colloquium in Weimar: Late Neogene and Quaternary biodiversity and evolution: Regional developments and interregional correlations, Weimar (Germany) 25th – 30th April, 2004, Terra Nostra 2004/2, 135–136.
76. KNELLER, B.C. i BRANNEY, M.J. (1995): Sustained high-density turbidity currents and the deposition of thick massive sands.– Sedimentology, 42, 607-616.
77. KOCH, F. (1917): Levantinska fauna Vukomeričkih gorica.– Glasnik hrvatskoga prirodoslovnoga društva, 29, 7-17.
78. KONTA, J. (1973): Kvantitativni system rezidualnih hornin, sedimentů a vulkanoklastických usazenin.– Universita Karlova, 375 p., Praha.
79. KOVÁČ, M., NAGYMAROSY, A., OSZCZYPKO, N., CSONTOS, L., SLACZKA, A., MARUNTEANU, M., MATENCO, L. i MÁRTON, E. (1998): Palinspatic reconstruction of the Carpathian-Pannonian region during the Miocene. U: RAKÚS, M. (Ur.): Geodynamic Development of the Western Carpathians.– Mineralia Slovaca-Monograph, Bratislava, 189-217.
80. KOVAČIĆ, M. (2004): Sedimentologija gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela Panonskog bazena.– Doktorska disertacija, 203 str., Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
81. KOVAČIĆ, M., GRIZELJ, A. (2006): Provenance of the Upper Miocene clastic material in the southwestern part of the Pannonian Basin.– Geologia Carpathica, 57, 495-510.
82. KOVAČIĆ, M., ZUPANIČ, J., BABIĆ, LJ., VRŠALJKO, D., MIKNIĆ, M., BAKRAČ, K., HEĆIMOVIĆ, I., AVANIĆ, R., BRKIĆ, M. (2004): Lacustrine basin to delta

- evolution in the Zagorje Basin, a Pannonian sub-basin (Late Miocene: Pontian, NW Croatia).—Facies, 50, 19-33.
83. KUREČIĆ, T., MAUCH-LENARDIĆ, J. (2015): Preliminary results of determination of the Pliocene vertebrate fauna from Kravarsko, Croatia.— 4th Scientific meeting Quaternary geology in Croatia and Slovenia, Zagreb: Excursion Guidebook, 20-23.
  84. LENG, M. i MARSHALL, J. D. (2004): Paleoclimate interpretation of stable isotope data from lake sediment archives.— Quaternary Science Reviews 23: 811-831.
  85. LUBENESCU, V. i LUBENESCU, D. (2008): Neogenul superior - strate cu Paludine din Romania.— Studii si Cercetari de Geologie, 51–53, 77–88.
  86. MAGYAR, I., GEARY, D.H. i MÜLLER, P. (1999): Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe.— Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 147, 151–167.
  87. MAGYAR, I., RADIVOJEVIĆ, D., SZTANÓ, O., SYNAK, R., UJSZÁSZI, K. i PÓCSIK, M. (2013): Progradation of the paleo-Danube shelf margin across the Pannonian Basin during the Late Miocene and Early Pliocene.— Global Planet. Change, 103, 168–173.
  88. MANDIĆ, O., DE LEEUW, A., BULIĆ, J., KUIPER, K., KRIJGSMAN, W. i JURIŠIĆ-POLŠAK, Z. (2012): Paleogeographic evolution of the Southern Pannonian Basin: 40Ar/ 39Ar age constraints on the Miocene continental series of Northern Croatia.— Int. J. Earth Sci., 101, 1033–1046.
  89. MANDIĆ, O., KUREČIĆ, T., NEUBAUER, T.A., HARZHAUSER, M. (2015): Stratigraphic and paleogeographic significance of lacustrine mollusks from the Pliocene *Viviparus* beds in central Croatia.— Geologia Croatica : journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society., 68, 179-207.
  90. MANGE, M. A. i MAURER, H. F. W. (1992): Heavy Minerals in Colour.— Chapman i Hall, London, 151 p.
  91. MATENCO, L. i RADIVOJEVIĆ, D. (2013): On the formation and evolution of the Pannonian Basin: Constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides.— Tectonics, 31, 1944–1949.
  92. McCONNAUGHEY, T. A., GILLIKIN, D. P. (2008): Carbon isotopes in mollusk shell carbonates.— Geo-Marine Letters, 28, 287-299.
  93. MEISCH, C. (2000): Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe.— Spektrum Akademischer Verlag. 1-515.
  94. MIALL, A.S. (1996): The Geology of Fluvial Deposits.— Springer, 582 p., Berlin.

95. MILEUSNIĆ, M. (2007): Podrijetlo, uvjeti nastanka i sastav glinovitih naslaga taloženih tijekom aptsko-albske emerzije u Istri.– Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 161 str.
96. MOORE, P.D., WEBB, J.A., COLLINSON, M., (1991): Pollen Analysis (second edition).– Blackwell Sci. Publication. London. 216 p.
97. MÜLLER, P., GEARY, D.H. i MAGYAR, I. (1999): The endemic molluscs of the Late Miocene Lake Pannon: their origin, evolution, and family-level taxonomy.– *Lethaia*, 32, 47–60.
98. NAKAMURA, N. (1974): Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites.– *Geochim Cosmochim Acta*, 38, 757–775.
99. NESBIT, H.W. i YOUNG, G.M. (1982): Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites.– *Nature*, 299, 715-717.
100. NESBIT, H.W. i YOUNG, G.M. (1984): Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations.– *Geochim. Cosmochim. Acta* 48, 1523—1534.
101. NEUBAUER, T.A., MANDIC, O., HARZHAUSER, M. (2013a): The Middle Miocene freshwater mollusk fauna of Lake Gacko (SE Bosnia and Herzegovina): taxonomic revision and paleoenvironmental analysis.– *Fossil Record*, 16, 77-96.
102. NEUBAUER, T.A., MANDIC, O., HARZHAUSER, M., HRVATOVIC, H. (2013b): A new Miocene lacustrine mollusc fauna of the Dinaride Lake System and its palaeobiogeographic, palaeoecologic, and taxonomic implications.– *Palaeontology*, 56 (1), 129–156.
103. NEUBAUER, T.A., HARZHAUSER, M., KROH, A., GEORGOPOULOU, E., MANDIC, O. (2014a): Replacement names and nomenclatural comments for problematic species-group names in Europe's Neogene freshwater Gastropoda.– Part 2. *ZooKeys*, 429, 13-46.
104. NEUBAUER, T.A., HARZHAUSER, M., GEORGOPOULOU, E., MANDIC, O., KROH, A. (2014b): Replacement names and nomenclatural comments for problematic species-group names in Europe's Neogene freshwater Gastropoda.– *Zootaxa* 3785 (3): 453–468.
105. NEUBAUER, T.A., HARZHAUSER, M., KROH, A., GEORGOPOULOU, E. i MANDIC, O. (2015): A gastropod-based biogeographic scheme for the European Neogene freshwater systems.– *Earth-Sci. Rev.*, 143, 98–116.

106. NEUMAYR, M. (1872): Die geologische Stellung der slavonschen Paludinenthone.– Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt, 1872 (4), 69.
107. NEUMAYR, M. i PAUL, C.M. (1875): Congerien- und Paludenschichten Slavoniens und deren Faunen. Ein Beitrag zur Descendenz-Theorie.– Abh. k. k. Geol. R.-A., 7, 1–106.
108. ØKLAND, J. (1990): Lakes and snails. Environment and Gastropoda in 1,500 Norwegian lakes, ponds and rivers.– Backhuys, Oegstgeest, 516 p.
109. PANalytical (2008): X'Pert HighScorePlus, version 2.2d (2.2.4), Almelo, Nizozemska
110. PAVELIĆ, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System.– Basin Res., 13, 359–376.
111. PAVELIĆ, D., AVANIĆ, R., KOVAČIĆ, M., VRŠALJKO, D. i MIKNIĆ, M. (2003): An Outline of the Evolution of the Croatian Part of the Pannonian Basin System.– In: Evolution of Depositional Environments from the Paleozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin (Eds. I. Vlahović i J. Tišljarić), Field Trip Guidebook, 22, IAS, 155-162.
112. PENECKE, K.A. (1886): Beiträge zur Kenntniss der Fauna der slavonschen Paludenschichten - II. Congeria, Pisidium, Cardium und die Gasteropoden.– Beiträge zur Paläontologie Österreich-Ungarns, 4(1): 15-44.
113. PETTIJOHN, F.J., POTTER, P.E. i SIEVER, R. (1987): Sand and sandstone.– Springer-Verlag, 553 p., Berlin.
114. PIKIJA, M. (1987a): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Sisak L33–93.– Geološki zavod, Zagreb (1975–1986), Savezni geološki institut, Beograd, 56 str.
115. PIKIJA, M. (1987b): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Sisak.– Inst. za geol. istraž., Zagreb, Inst. za geol., Sarajevo, Sav. geol. zavod, Beograd.
116. PILLER, W.E., HARZHAUSER, M. (2005): The myth of the brackish Sarmatian Sea.– Terra Nova, 17, 450–455.
117. POTTER, P.E. (1978): Petrology and chemistry of modern big river sands.– J. Geol., 6, 423-449.
118. READING, H. G. (1996): Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy.– Blackwell, 1–557.
119. REINECK, H.E. i SINGH, I.B. (1972): Genesis of laminated sand graded rhythmites in storm-sand layers of shelf mud.– Sedimentology, 18, 123-128.

120. ROLLINSON, R. H. (1993): Using geochemical data: Evaluation, Presentation, Interpretation.– John Wiley i Sons, New York, 352 str.
121. ROSE, A. W., HAWKES, H. E. i WEBB, J. S. (1979): Geochemistry in mineral exploration.– Academic Press., 657 p., London.
122. ROSER, B.P., KORSCH, R.J. (1986): Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio.– *The Journal of Geology* 94, 635-650.
123. ROSER, B.P. i KORSCH, R.J. (1988): Provenance signatures in sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data.– *Chem. Geol.*, 67, 119-139.
124. ROYDEN, L.H. (1988): Late Cenozoic Tectonics of the Pannonian Basin System.– In: *The Pannonian Basin. A study in Basin Evolution* (Eds. L.H. Royden & F. Horváth), AAPG Mem., 45, 27-48, Tulsa.
125. RÖGL, F. (1996a): Migration pathways between Africa and Eurasia–Oligocene–Miocene.– *Paleogeography*, 10, 23–26.
126. RÖGL, F. (1996b): Stratigraphic correlation of the Paratethys Oligocene and Miocene.– *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie-und Bergbaustudenten Österreichs* 41, 65–73.
127. RÖGL, F. i STEININGER, F.F. (1984): Neogene Paratethys, Mediterranean and Indopacific seaways.– In: *Fossils and Climate* (Ed. P. Brenchley), John Wiley & Sons, 171-200, New York.
128. RUNDIĆ, Lj., VASIĆ, N., ŽIVOTIĆ, D., BECHTEL, A., KNEŽEVIĆ, S., CVETKOV, V. (2016): The Pliocene Paludina Lake of Pannonian Basin: New evidence from northern Serbia.– *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 86, 185–209.
129. RÜCKERT-ÜLKÜMEN, N. i YIGITBAŞ, E. (2007): Pharyngeal Teeth, Lateral Ethmoids, and Jaw Teeth of Fishes and Additional Fossils from the Late Miocene (Late Khersonian/Early Maeotian) of Eastern Paratethys (Yalova, Near Istanbul, Turkey) .– *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 211 –224.
130. SAFTIĆ, B., VELIĆ, J., SZTANÓ, O., JUHÁSZ, G. i IVKOVIĆ, Ž. (2003): Tertiary Subsurface Facies, Source Rocks and Hydrocarbon Reservoirs in the SW Part of the Pannonian Basin (Northern Croatia and SouthWestern Hungary).– *Geol. Croat.*, 56/1, 101–122.



131. SALZMAN, U., WILLIAMS, M., HAYWOOD, A. M., JOHNSON, A. L. A., KENDER, S., ZAZASIEWICZ, J.(2011): Climate and environment of a Pliocene warm world.– *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 309, 1-8.
132. SOKAČ, A., (1978): Pleistocene ostracode fauna of the Pannonian Basin in Croatia.– *Palaeont .Jugosl.*, 20, 1-51.
133. SHENG, X., CHEN, J., CAI, Y., CHEN, Y., JI, J. (2005): Aragonite-calcite transformation in fossil snail shells of loess sequences in Loess Plateau, Central China.– *Chinese Science Bulletin*, 50, 891-895.
134. STAAL, M., J., THAR, R., KÜHL, M., VAN LOOSDRECHT, M. C. M., WOLF, G., DE BROUWER, J. F. C., RIJSTENBIL, J. W. (2007): Different carbon isotope fractionation in developing natural phototrophic biofilms.– *Biogeosciences*, 4, 613-626.
135. STARKEY, H.C., BLACKMON P.D., HAUFF P.L., (1984): The Routine Mineralogical Analysis of Clay-Bearing Samples.– *U.S. Geological Survey Bulletin* 1563, Washington, 31 p.
136. STEININGER, F.F., MÜLLER, C. i RÖGL, F. (1988): Correlation of Central Paratethys, Eastern Paratethys, and Mediterranean Neogene Stages.– In: *The Pannonian Basin. A study in Basin Evolution* (Eds. L.H. Royden & F. Horváth), AAPG Mem., 45, 79-87, Tulsa.
137. STEVANOVIĆ, P., NEVESSKAYA, L.A., MARINESCU, F., SOKAČ, A. i JÁMBOR, Á. (1990): Chronostratigraphie und Neostatotypen. Neogen der Westlichen (“Zentrale”) Paratethys, Bd. VIII, Pl1. Pontien.– *Verlag der Jugoslawischen Akademie der Wissenschaften und Künste und der Serbischen Akademie der Wissenschaften und Künste*, Zagreb, Beograd, 952 p.
138. ŠEBEČIĆ, B. (2010): O povijesti istraživanja i eksploatacije Vukomeričkih lignita.– *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 22, 81–90.
139. ŠIKIĆ, K. (1995): Prikaz geološke građe Medvednice.- U: *Geološki vodič Medvednice* (Ur. K. Šikić), Institut za geološka istraživanja, INA-Industrija nafte, 31-40, Zagreb.
140. ŠIKIĆ, K., BASCH, O. i ŠIMUNIĆ, AN. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Zagreb.- *Inst. za geol. istraž.*, Zagreb, Sav. geol. zavod, Beograd.
141. ŠIKIĆ, K., BASCH, O. i ŠIMUNIĆ, AN. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Zagreb.- *Inst. za geol. istraž.*, Zagreb, Sav. geol. zavod, 81 str., Beograd.

142. ŠIMUNIĆ, AN. i ŠIMUNIĆ, AL. (1987): Rekonstrukcija neotektonskih zbivanja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj na temelju analize pontskih sedimenata.- Rad Jugosl. akademije znanosti i umjetnosti, 431, 155-177, Zagreb.
143. ŠIMUNIĆ, AN., PIKIJA, M., HEĆIMOVIĆ, I. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Varaždin.- Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, 75 str., Beograd.
144. ŠPARICA, M., BUZALJKO, R. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Nova Gradiška.- Inst. za geol. istraž., Zagreb, Geoinženjering, Sarajevo, Sav. geol. zavod, 66 str., Beograd.
145. ŠPARICA, M., BUZALJKO, R. i JOVANOVIĆ, Č. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Nova Gradiška.- Inst. za geol. istraž., Zagreb, Geoinženjering, Sarajevo, Sav. geol. zavod, Beograd.
146. ŠPARICA, M., JURIŠA, M., CRNKO, J., ŠIMUNIĆ, AN., JOVANOVIĆ, Č. i ŽIVANOVIĆ, D. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Nova Kapela.- Inst. za geol. istraž., Zagreb, Inst. za geol., Sarajevo, Sav. geol. zavod, Beograd.
147. ŠPARICA, M., JURIŠA, M., CRNKO, J., ŠIMUNIĆ, AN., JOVANOVIĆ, Č. i ŽIVANOVIĆ, D. (1980): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Nova Kapela.- Inst. za geol. istraž., Zagreb, Inst. za geol., Sarajevo, Sav. geol. zavod, 55 str., Beograd.
148. TARI, V., HORVÁTH, F., RUMPLER, J. (1992): Styles of extension in the Pannonian Basin.- *Tectonophysics*, 208, 203-219.
149. TAYLOR, S.R., McLENNAN, S.M. (1985): *The Continental Crust: Its composition and evolution.*- Blackwell, Oxford, 312 pp.
150. TIŠLJAR, J. (2004): *Sedimentologija klastičnih silicijskih taložina.*- Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 426 str.
151. TOMLJENOVIĆ, B. i CSONTOS, L. (2001): Neogene-Quaternary structures in the border zone between Alps, Dinarides and Pannonian Basin (Hrvtsko zagorje and Karlovac Basin, Croatia).-*Geol. Rundschau*, 90, 560-578.
152. TOTTEN, M.W., HANAN, M.A., WEAVER, B.L. (2000): Beyond whole-rock geochemistry of shales. The importance of assessing mineralogic controls for revealing tectonic discriminants of multiple sediment sources for the Ouachita Mountain flysch deposits.- *Geological Society of America Bulletin* 112/7, 1012-1022.
153. TREFETHEN, J.M. (1950): Classification of sediments.- *Am. J. Sci.*, 248, 55-62.

154. TRIF, N., VASILYAN, D., POPESCU, A. (2016): Fossil fish remains from the Romanian of Podari, SW of Romania. The first report.- *Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii.*, 32/1, 12-19.
155. VAN DIJK, D. E., HOBDAJ, D. K., TANKARD, A. J., (1978): Permo-triassic lacustrine deposits in the Eastern Karoo Basin, South Africa.- *IAS Spec. Pub.*, 2, 225-239.
156. VELIĆ, J. (1983): Neotektonski odnosi i razvitak zapadnog dijela Savske potoline.– *Acta geologica*, 13/2, 26-65.
157. VRBANAC, B. (2002): Facies and facies architecture of the Ivanić Grad Formation (Upper Pannonian) Sava Depression, NW Croatia.- *Geologia Croatica*, 55/1, 57–77.
158. VRSALJKO, D., HEĆIMOVIĆ, I., AVANIĆ, R. (2007): Miocene deposits of Northern Croatia. In: 9th International Symposium on Fossil Algae – Croatia 2007, Field Trip Guidebook, 143-153, Croatian Geological Survey, Zagreb.
159. WEAVER, C.E. (1989): Clays, muds, and shales.- *Developments in sedimentology*, Vol. 44 Elsevier, Amsterdam, 721.
160. WELTER-SCHULTES, F.W. (2012): European non-marine molluscs, a guide for species identification. 674 pp. Planet Poster Editions, Göttingen.
161. WILLEIT, M., GANOPOLSKI, A. AND FEULNER, G. (2013): On the effect of orbital forcing on mid-Pliocene climate, vegetation and ice sheets. *Clim. Past Discuss.*, 9, 1703–1734.
162. WRIGHT, L.D. (1977): Sediment transport and deposition at river mouths: A synthesis.- *Geol. Soc. Am. Bull.*, 88/6, 857-868, Boulder.
163. WRIGHT, L.D., COLEMAN, J.M. (1974): Mississippi River mouth processes: effluent dynamics and morphologic development.- *J. Geol.*, 82/6, 751-778..

## **9.2. Npublicirani radovi**

1. FILJAK, R. (1951): Izvještaj o geološkom kartiranju strukture „Kravarsko“.– Institut za geološka istraživanja, Fond struč. dok. Geol. zavoda, 1927, Zagreb.
2. JOVIĆ, P., VRSALKOVIĆ, I. (1964): Izvještaj o sedimentno-petrografskoj obradi pliocenskih pijesaka na području Vukomeričkih Gorica.– Institut za geološka istraživanja, Fond struč. dok. Geol. zavoda, 101/64, Zagreb.
3. JURKOVIĆ, I., ANIĆ, D. (1949): Ugljenonosne naslage područja Kravarskog i Sisačkog Cerja.– Institut za geološka istraživanja, Fond struč. dok. Geol. zavoda, 1629, Zagreb.

4. SKENDEROVIĆ, N. (1964): Izvještaj o makropaleontološkoj obradi uzoraka s područja Vukomeričkih gorica.- Institut za geološka istraživanja, Fond struč. dok. Geol. zavoda, 99/63, Zagreb.
5. ŠIMUNIĆ, An. (1964): Geološko kartiranje sjeveroistočnog dijela Vukomeričkih gorica.– Institut za geološka istraživanja, Fond struč. dok. Geol. zavoda, 98/64, Zagreb.
6. ŠIMUNIĆ, An., AVANIĆ, R. (1985): Korelacija geoloških odnosa na području Medvednice NW dijela Savske potoline i N dijela Vukomeričkih gorica.- Institut za geološka istraživanja, Fond struč. dok. Geol. zavoda, 142/85, Zagreb.

**Web izvori:**

1. <http://www.google.com/earth/download/ge/>
2. <http://maps-for-free.com/>

## 10. ŽIVOTOPIS

Rođen sam 23. travnja 1984. godine u Zagrebu. Osnovnu školu i opću gimnaziju pohađao sam u Zlataru. Nakon završetka opće gimnazije 2002. godine upisao sam studij iz područja geologije na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta. Diplomirao sam 12. ožujka 2010. godine na Mineraloško-petrografskom zavodu PMF-a s temom *Petrografske značajke i porijeklo starije miocenskih konglomerata iz Čučerja*, te stekao zvanje diplomiranog inženjera geologije. Diplomski rad sam izradio pod mentorstvom dr. sc. Dražena Balena i dr. sc. Marijana Kovačića

Od 2011. godine zaposlen sam na Hrvatskom geološkom institutu kao znanstveni novak na projektu „Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:50000“. U okviru projekta sudjelovao sam u terenskim i kabinetskim istraživanjima trijaskih, krednih, paleogenskih, neogenskih i kvartarnih sedimenata na području Istre, Dalmacije, Središnje, Sjeverozapadne i Istočne Hrvatske.

Aktivni sam član Speleološkog odsjeka HPD Željezničar iz Zagreba (speleolog) s iskustvom u organizaciji i vođenju istraživanju dubokih jama Dinarskog krša. Član sam Hrvatskog geološkog društva.

### **SUDJELOVANJA NA RADIONICAMA I ŠKOLAMA:**

1. “Članak je napisan... I što sad?”, Zagreb (HRVATSKA), 17. veljače 2016.
2. Elektronska mikroskopija i difrakcija, Zagreb (HRVATSKA), 11. prosinac 2015.
3. Cenozoic evolution and geodynamics of the Pannonian Basin, Zagreb (HRVATSKA), 16. – 17. lipnja 2015.
4. SPLIT REMOTE SENSING SUMMER SCHOOL, SplitRS 2014, Split (HRVATSKA), 21. -23. svibnja 2014.
5. International Workshop on Sedimentary Facies Analysis, Šibenik (HRVATSKA), 30. travnja – 3. svibnja 2014.
6. RADIONUKLIDI – alati za praćenje sedimentacijskih procesa, Zagreb (HRVATSKA), 19. – 20. prosinca 2013.
7. Seismic Sound Workshop: Impact of Seismic Surveys on Marine Life, Zagreb (HRVATSKA), 19. studeni 2013.
8. Applied Deepwater Exploration, Zagreb (HRVATSKA), 09. – 11. rujna 2013.
9. KLASTITI – od uzorka do interpretacije, Zagreb (HRVATSKA), 13. – 17. veljače 2012.

## **POPIS OBJAVLJENIH RADOVA:**

### **Izvorni znanstveni radovi u CC časopisima:**

1. BRLEK, M., ŠPIŠIĆ, M., BRČIĆ, V., MIŠUR, I., **KUREČIĆ, T.**, MIKNIĆ, M., AVANIĆ, R., VRSALJKO, D., SLOVENEK, D. (2016): Mid-Miocene (Badenian) transgression on Mesozoic basement rocks in the Mt. Medvednica area of northern Croatia.- *Facies*, 62/3, 1-21.
2. GRIZELJ, A., PEH, Z., TIBLJAŠ, D., KOVAČIĆ, M., **KUREČIĆ, T.** (2017): Mineralogical and geochemical characteristics of Miocene pelitic sedimentary rocks from the south-western part of the Pannonian Basin System (Croatia): Implications for provenance studies.- *Geoscience Frontiers.*, 8/1, 65-80.

### **Znanstveni radovi u drugim časopisima:**

1. MANDIĆ, O., **KUREČIĆ, T.**, NEUBAUER, T. A., HARZHAUSER, M. (2015): Stratigraphic and paleogeographic significance of lacustrine mollusks from the Pliocene *Viviparus* beds in central Croatia.- *Geologia Croatica : journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society*, 68/3, 179-207.

### **Drugi radovi:**

1. BALEN, D., BRLEK, M., ILIJANIĆ, N., JERKOVIĆ, I., **KUREČIĆ, T.**, MIŠUR, I., STOLIĆ, J. (2015): Morfologija cirkona - primjena u geološkim istraživanjima.- *Suvremena kristalografija u Hrvatskoj / Popović, Stanko (ur.). Zagreb : Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti. 123-134 (predavanje,domaća recenzija,objavljeni rad,znanstveni).*

### **Sažeci u zbornicima skupova:**

1. **KUREČIĆ, T.**, MANDIĆ, O., GRUNERT, P. (2016): Stable isotope composition ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) of Lake Slavonia mollusks from the Pliocene *Viviparus* beds in the region of Kravarsko (Cernikian, Central Croatia).- *Program & Abstracts. Lake - Basin - Evolution, RCMNS Interim Colloquium 2016 & Croatian Geological Society Limnogeology Workshop, 19-24 May 2016, Zagreb, Croatia / Mandić, Oleg ; Pavelić, Davor ; Kovačić, Marijan ; Sant, Karin ; Andrić, Nevena ; Hrvatović, Hazim (ur.). Zagreb : Hrvatsko geološko društvo / Croatian Geological Society. 36-37.*

2. **KUREČIĆ, T.** (2016): Sedimentologija i paleoekologija pliocenskih *Viviparus* slojeva Vukomeričkih gorica.- Simpozij studenata doktorskih studija PMF-a. Zagreb.
3. **MANDIĆ, O.; KUREČIĆ, T.; NEUBAUER, T.; HARZHAUSER, M.** (2015): Stratigraphic and paleogeographic significance of lacustrine molluscs from the Pliocene *Viviparus* deposits of NW Croatia.- Knjiga sažetaka/Abstracts Book/Međunarodni znanstveni skup – 100-ta obljetnica rođenja akademkinje Vande Kochanski Devide.
4. **AVANIĆ, R.; GRIZELJ, A.; MIKNIĆ, M.; WACHA, L., BAKRAČ, K.; GALOVIĆ, I.; KUREČIĆ, T.; ŠPIŠIĆ, M.** (2015): Egerske i srednjemiocenske naslage u području rijeke Sutle.- Knjiga sažetaka/Abstracts Book / Horvat, M. ; Wacha, L. (ur.). Zagreb : Hrvatski geološki institut. 17-18.
5. **GRIZELJ, A.; MIKNIĆ, M.; AVANIĆ, R.; BANAK, A.; WACHA, L.; KUREČIĆ, T.; BAKRAČ, K.** (2015): Peleoecological and Sedimentological Characteristics of Sarmatian Sediments from the Hrvatsko Zagorje Basin (Croatia).- Abstracts of 31st IAS Meeting of Sedimentology / Blum, M. (ur.). Krakow : Polish Geological Society, Kraków. 217-217.
6. **KUREČIĆ, T.; GRIZELJ, A.** (2015): Mineraloška i geokemijska obilježja pliocenskih sedimenata s područja Vukomeričkih gorica.- 5th Croatian Geological Congress with international participation - Abstracts Book / Marija Horvat & Lara Wacha (ur.). Zagreb : Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey. 149-150.
7. **KUREČIĆ, T.; MAUCH LENARDIĆ, J.** (2015): Preliminary results of determination of the Pliocene vertebrate fauna from Kravarsko, Croatia.- Abstracts, Excursion Guidebook, 4th Scientific meeting Quaternary geology in Croatia and Slovenia / Marjanac, Ljerka (ur.). Zagreb : Croatian Academy of Sciences and Arts. 20-23.
8. **MIŠUR, I.; KUREČIĆ, T.** (2015): Speleološka ekspedicija Meduza 2015.- Zbornik sažetaka - Skup speleologa Hrvatske, Ogulin, 20. - 22. 11. 2015. / Prpić, M., Mihoci, T., Paar, D., Bočić, N. (ur.). Zagreb : Zagrebački speleološki savez. 29-30.
9. **KUREČIĆ, T.; MANDIĆ, O.; GRUNERT, P.** (2014): First stable isotope ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{18}O$ ) results of Pliocene malacofaunas from sediments of Lake Slavonia (Kravarsko, Croatia).- Central European Meeting of sedimentary Geology - Abstracts / Babek, Ondrej ; Grygar, Tomáš Matys ; Uličny, David (ur.). Olomouc : Palacky University. 50-51.
10. **KUREČIĆ, T.; GRIZELJ, A.; KOVAČIĆ, M.; BAKRAČ, K.** (2013): Sedimentological characteristics of Pliocene sediments from the area of Vukomeričke gorice, Croatia.- The 5th International Workshop on the Neogene from the Central and South-Eastern Europe / Ognjanova-Rumenova, Nadja ; Yaneva, Marlena ; Nikolov, Gabriel (ur.). 32-33.

**11. KUREČIĆ, T.; KOVAČIĆ, M.; BALEN, D. (2011):** Petrography and provenance of Early Miocene conglomerates from Medvednica Mt. (Pannonian Basin, Croatia).- Abstracts and Guide of Excursion / Kyška Pipik, Radovan ; Starek, Dušan ; Stanova, Sidonia (ur.). Banska Bystrica, Slovak Republic : Geological Institute, Slovak Academy of Science. 24-25.