

Provenijencija kredno-paleogenskih klastita Banovine

Lozić, Stjepan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:347997>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

**PROVENIJENCIJA KREDNO-PALEOGENSKIH KLASTITA
BANOVINE**

STJEPAN LOZIĆ

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

Zagreb, 2019.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta pod vodstvom doc. dr. sc. Borne Lužar-Oberitera, u sklopu diplomskog studija Geologije zaštite okoliša.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

DIPLOMSKI RAD

PROVENIJENCIJA KREDNO-PALEOGENSKIH KLASTITA BANOVINE

STJEPAN LOZIĆ

Rad je izrađen na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb

Sažetak: Tema ovog rada je provenijencija pješčenjaka uzorkovanih na izdancima dubokomorskih naslaga kredne i paleocenske starosti sa područja Banovine. Metodom kvantitativne analize teških frakcija pomoću polarizacijskog mikroskopa proučeno je podrijetlo siliciklastičnog detritusa u pješčenjacima kredne i paleocenske starosti. Teška mineralna frakcija ovih pješčenjaka sastoji se od apatita, cirkona, turmalina, rutila i različitih količina Cr-spinela. Pješčenjaci su dominantno su sastavljeni od kvarca, sedimentnih i metamorfnih čestica vrlo niskog do niskog stupnja, zajedno s mafičnim litičnim česticama. Sastav mastrihtskih pješčenjaka vjerojatno odražava eroziju ekshuiranih dijelova kore u kolizijskoj zoni. Porijeklo detritusa u paleocenskim pješčenjacima vjerojatno je bilo povezano s erozijom magmatskog luka koji je nastao duž područja subdukcije jadranske ploče ispod Europe, kao i metamorfnih jedinica ekshumiranih u akrecijskom klinu i / ili eventualno iz jedinica Tisza ploče.

Ključne riječi: Banovina, pješčenjaci, gornja kreda, paleocen, Dinaridi, polarizacijski mikroskop

Rad sadrži:

Rad je pohranjen: u Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, Zagreb

Jezik izvornika: hrvatski

Mentor: dr. sc. Borna Lužar-Oberiter, v. pred.

Ocjenjivači:

Rad je prihvaćen:

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

GRADUATION THESIS

PROVENENCE OF CRETACEOUS-PALEOGENE CLASTICS FROM BANOVINA

STJEPAN LOZIĆ

Thesis completed at the Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb

Abstract: The topic of this paper is the provenance of sandstones sampled on the outcrops of deep-sea Cretaceous and Paleocene ages from the Banovina area. The origin of siliciclastic detritus in Cretaceous and Paleocene sandstones was investigated by quantitative heavy fraction analysis using a polarization microscope. The heavy mineral fraction of these sandstones is composed of apatite, zircon, tourmaline, rutile and various amounts of Cr-spinel. The sandstones are predominantly composed of quartz, sedimentary and metamorphic particles of very low to low grade, together with mafic lithic particles. The composition of the Maastrichtian sandstones probably reflects the erosion of exhumed kontinental units in the collision zone. The origin of detritus in the Paleocene sandstones was probably related to the erosion of the igneous arch that occurred along the subduction zone of the Adriatic plate beneath Europe, as well as metamorphic units exhumed in the accretionary wedge and / or possibly from Tisza plate units.

Keywords: Banovina, sandstones, upper Cretaceous, paleocene, Dinarides, polarization microscope

Thesis contains:

Original in: Croatian

Thesis deposited: in Central Geological Library at Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb

Supervisor: dr. sc. Borna Lužar-Oberiter Associate Profesor

Reviewers:

SADRŽAJ:

1. Uvod.....	1
2. Provenijencija sedimenata	2
3. Geografski i geološki smještaj	5
3.1 Geografski smještaj	5
3.2. Geološki smještaj	7
3.1. Pregled geologije unutrašnjih Dinarida.....	7
3.2. Kredno-paleogenski klastiti Savske zone.....	12
3.3. Opis istraživanog lokaliteta potoka Stupnice (Zrinska gora).....	13
4. Metode istraživanja.....	16
4.1 Laboratorijske metode.....	16
4.2 Kabinetske metode	17
4.2.1 Kvantitativna analiza teških minerala.....	18
4.2.2 Petrografska analiza.....	18
5. Rezultati	19
5.1. Kvantitativne analize teških minerala	19
5.2. Petrografske analize uzoraka.....	23
6. Rasprava	30
7. Zaključak.....	33
8. Literatura.....	34

1. Uvod

Tema ovog rada je provenijencija pješčenjaka uzorkovanih na izdancima dubokomorskih naslaga kredne i paleocenske starosti sa područja Banovine. U dolini potoka Stupnice na južnim obroncima Zrinske gore otkriven je taložni slijed sastavljen od pelagičkih vapnenaca koji prelaze u klastične naslage uz postepeni porast siliciklastične komponente i veličine zrna. Taj slijed predstavlja donji dio dominantno paleocenskih i eocenskih bazenskih naslaga koje prekrivaju veći dio Zrinske gore (Šikić, 2014). Navedene naslage pripadaju rubnom području tkz. Savske zone, važne regionalne geotektonske jedinice unutrašnjih Dinarida koja predstavlja suturu između tektonskih elemenata Afrike i Europe (Pamić, 2002; Ustaszewski et al., 2010). Najveći dio ove zone, tj. stjena koje su nastale u tektonskom okruženju subdukcije i kolizije krajem krede i tijekom paleogena, je danas prekriven mlađim naslagama Panonskog bazena. Stoga je proučavanje i rekonstrukcija tektonskih događaja znatno otežano. Istraživanje provenijencije klastita koji su taloženi u tom području nam može dati važne informacije o stjenskim kompleksima koji su tektonski udizani i erodirani tijekom tog vremena, te pomoći u rasvjetljavanju regionalnih tektonskih i paleogeografskih odnosa.

Cilj rada je na mikroskopskim preparatima uz pomoć polarizacijskog mikroskopa analizirati pješčenjake sa lokaliteta potoka Stupnice te na temelju dobivenih rezultata odrediti podrijetlo detritusa. U tu svrhu iz tri uzorka kredne i paleocenske starosti izdvojena je frakcija teških minerala i izrađeni su petrografski preparati. Na preparatima teške frakcije izrađena je kvantitativna analiza teških minerala, dok je petrografski sastav opisan kvalitativno.

2. Provenijencija sedimenata

Osnovni cilj studija provenijencije je rekonstruirati povijest sedimenta i interpretirati karakteristike izvorišnih područja (Weltje & Von Eynatten, 2004).

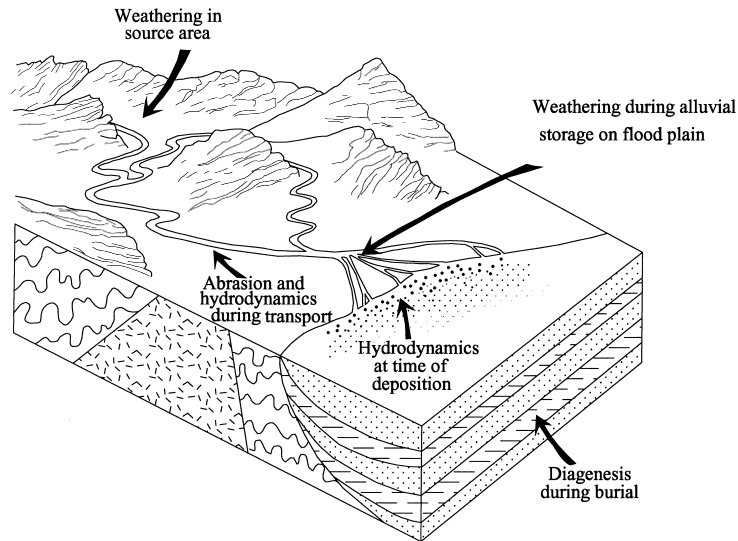
Prilikom proučavanja provenijencije sedimenata postoje 3 najčešća pristupa koja se koriste:

1. analiza cijele stijene (petrografija, geokemijska analiza cijele stijene)
2. analiza pojedinih grupa minerala (kvantitativna analiza teških minerala)
3. analiza pojedinačnih mineralnih zrna (kemijski sastav, morfologija zrna, radiometrijsko datiranje)

U ovom radu provenijencija je istraživana na temelju kvantitativne analize teških minerala i kvalitativnog opisa petrografskog sastava. Analiza sastava teških mineral u stijeni predstavlja jednu od najčešće korištenih metoda za proučavanje provenijencije sedimenta. Iako obično predstavljaju samo ~ 1% od ukupnog sastava sedimenta, mnoge teške mineralne vrste imaju specifičanu paragenezu i njihova uspješna identifikacija unutar sedimenta može dati informaciju o vrsti matične stijene iz koje su ti teški minerali potekli.

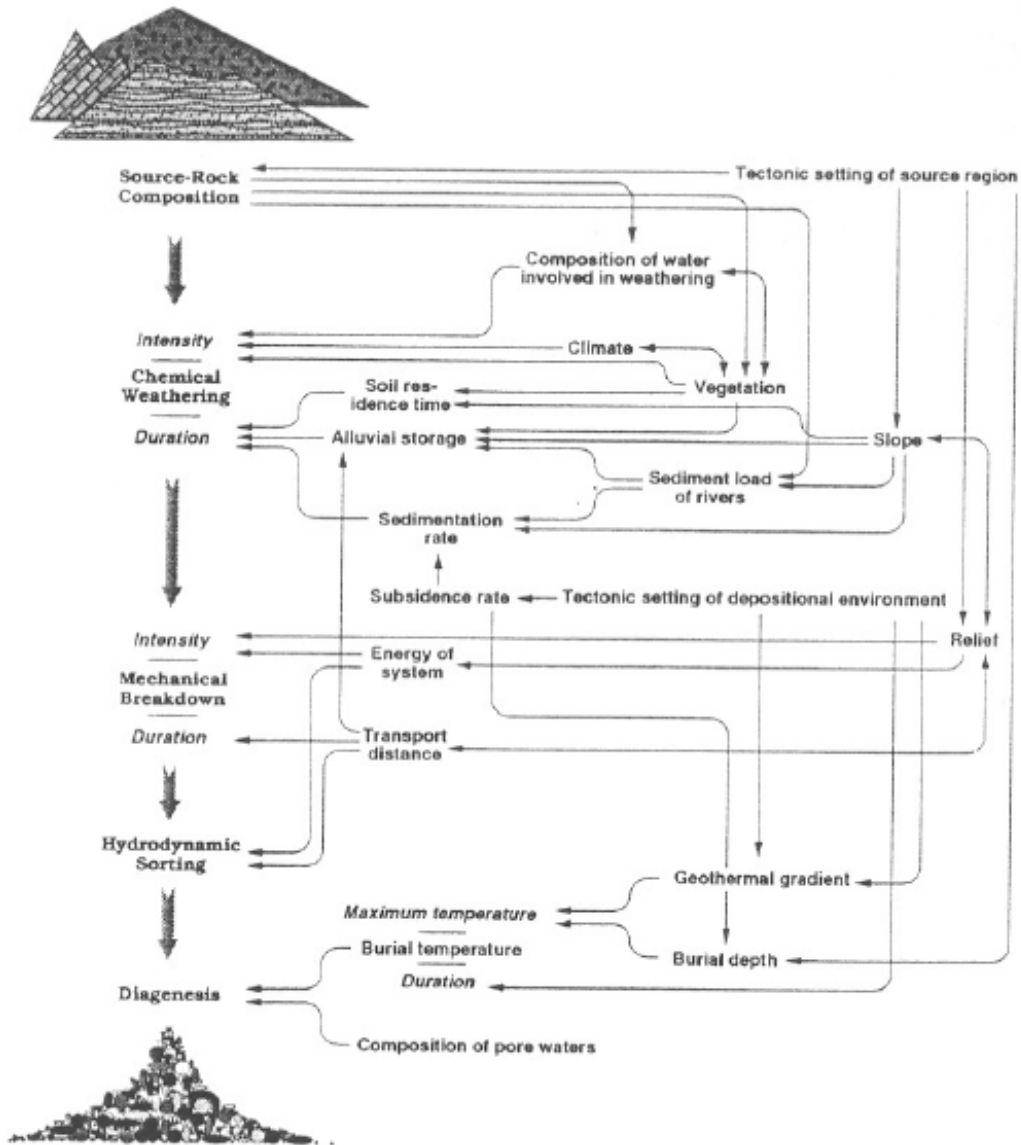
Od kakvih teških minerala se sastoji proučavani sediment ne ovisi samo o matičnoj stijeni, on isto ovisi i o procesima koji su se naknadno dogodili. Iz tog razloga sastav teških minerala u sedimentu zbog pretaloživanja i alteracije ne mora biti isti kao i u matičnoj stijeni. Isto tako teški minerali u stijeni mogu imati slični postanak ali mogu biti iz više različitih izvora što može utjecati na rezultate.

Procesi koji utječu na sastav teške frakcije su 1) sortiranje teških mineral prilikom transporta što utječe i na njihovu koncentraciju u samom sedimentu 2) mehaničko trošenje što utječe na njihov oblik, veličinu i nakon dugotrajnog i učestalog transporta zrna postaju teško prepoznatljiva i 3) kemijsko trošenje tijekom različitih faza taložnog ciklusa što uključuje, trošenje na izvoru, alteracije tijekom transporta i privremenog odlaganja u nemarinskim okolišima, tijekom zalijeganja, te trošenje na izdanku koji je naknadno otkriven (Slika 1.; Morton & Hallsworth, 1999).



Slika 1. Procesi koji utječu na sastav stijena i sedimenta u različitim fazama sedimentacije (Morton & Hallsworth, 1999)

Unatoč njihovoj raznolikosti i specifičnosti teški minerali predstavljaju tek manji dio sastava pješčenjaka. Stoga je bitno pri razmatranju provenijencije uzeti u obzir i petrografski sastav. Sastav čitave sedimentne stijene je od interesa kod studija provenijencije jer većim dijelom ovisi o sastavu izvorišnih stijena. Međutim, ovdje također procesi koji djeluju tijekom pedogeneze, erozije, transporta, taloženja i zalijeganja se moraju uzeti u obzir jer mijenjaju sastav detritarnog materijala tijekom taložnog ciklusa (Slika 2; Johnsson, 1993). Iz tog razloga sediment nikada nije identična preslika izvorišnih stijena. Unatoč tome, petrografski sastav pješčenjaka pruža osnovni uvid u vrste stijena koje su bile prisutne u izvorišnom području, čiji litoklasti se mogu potencijalno identificirati u preparatima.

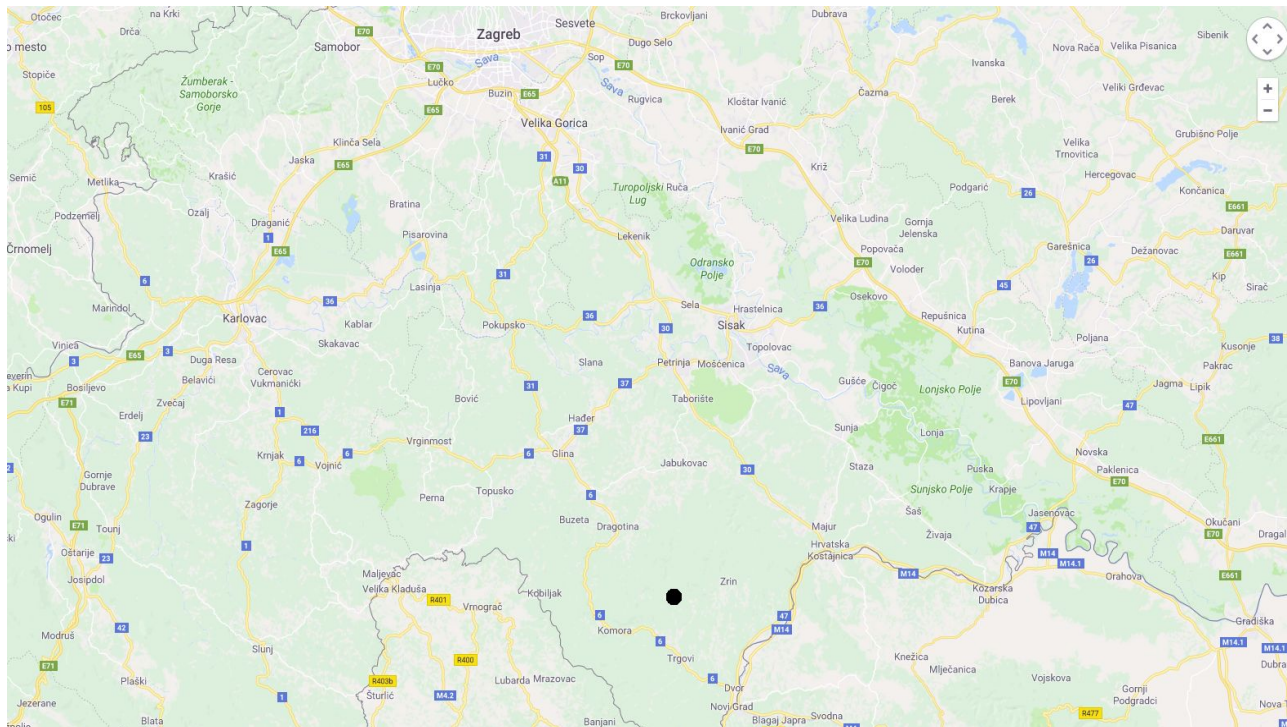


Slika 2. Prikaz sustava koji kontrolira sastav klastičnih sedimenata. Strelice ukazuju na parametre koji međusobno utječu jedni na druge (JOHNSSON, 1993).

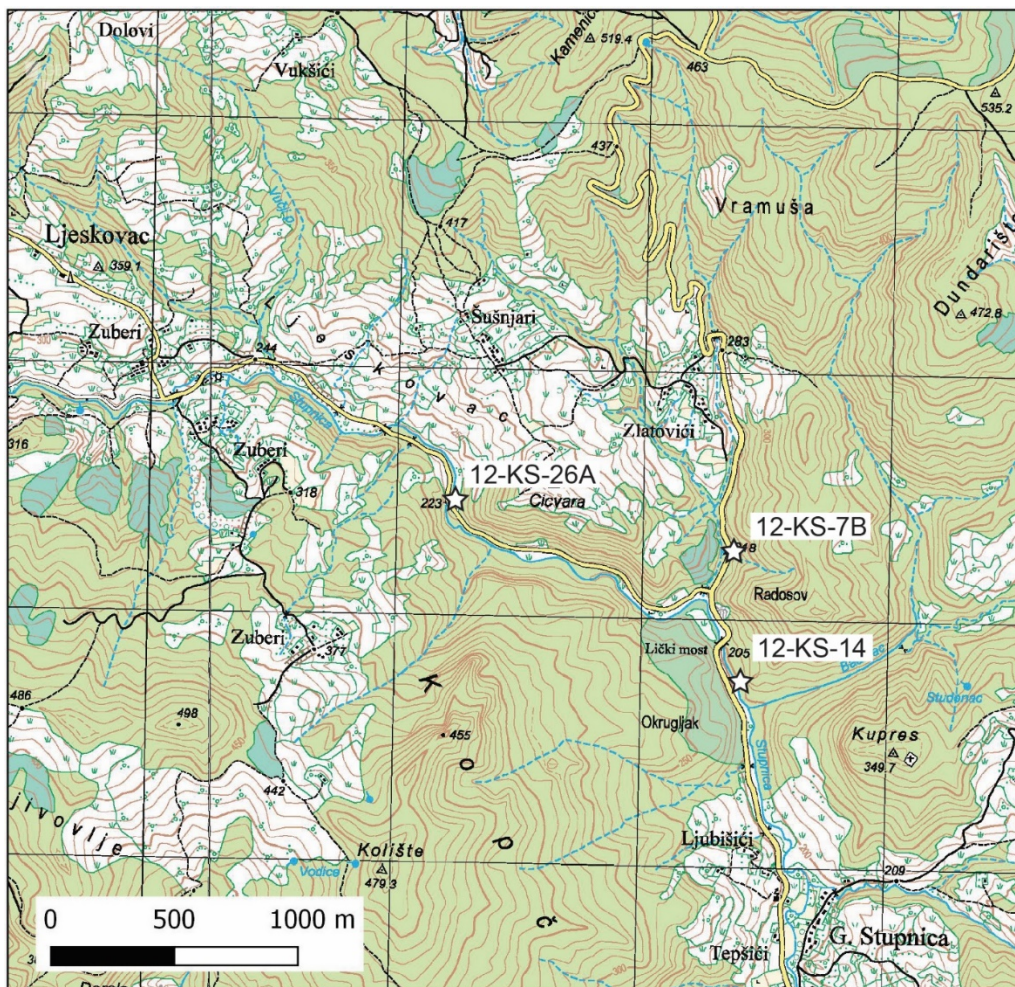
3. Geografski i geološki smještaj

3.1 Geografski smještaj

Istraživano područje nalazi se na području sjeverne Hrvatske južno od Siska blizu granice sa BiH (Slika 3). To područje je slabo naseljeno i obraslo vegetacijom tako da su izdanci uglavnom vezani uz ceste, kamenolome i korita potoka gdje se izdanci mogu vidjeti. Lokacije sa kojih su uzeti uzorci nalaze se na južnom dijelu Zrinskog gorja (Banovina), u dolini potoka Stupnice, približno kilometar i pol sjeverno od sela Gornja Stupnica. Lokacije sa kojih su uzeti uzorci sa odgovarajućim oznakama 12-KS-14, 12-KS-25A i 12-KS-7B detaljnije su prikazane su na Slici 4.



Slika 3 Geografski položaj promatranog područja na karti je označena sa crnom točkom (preuzeto sa Google Maps 2.2.2018.)



Slika 4. Geografski položaj točaka sa kojih su uzeti uzorci označen na topografskoj karti 1:25000 (izvor Državna Geodetska Uprava <https://geoportal.dgu.hr/>)

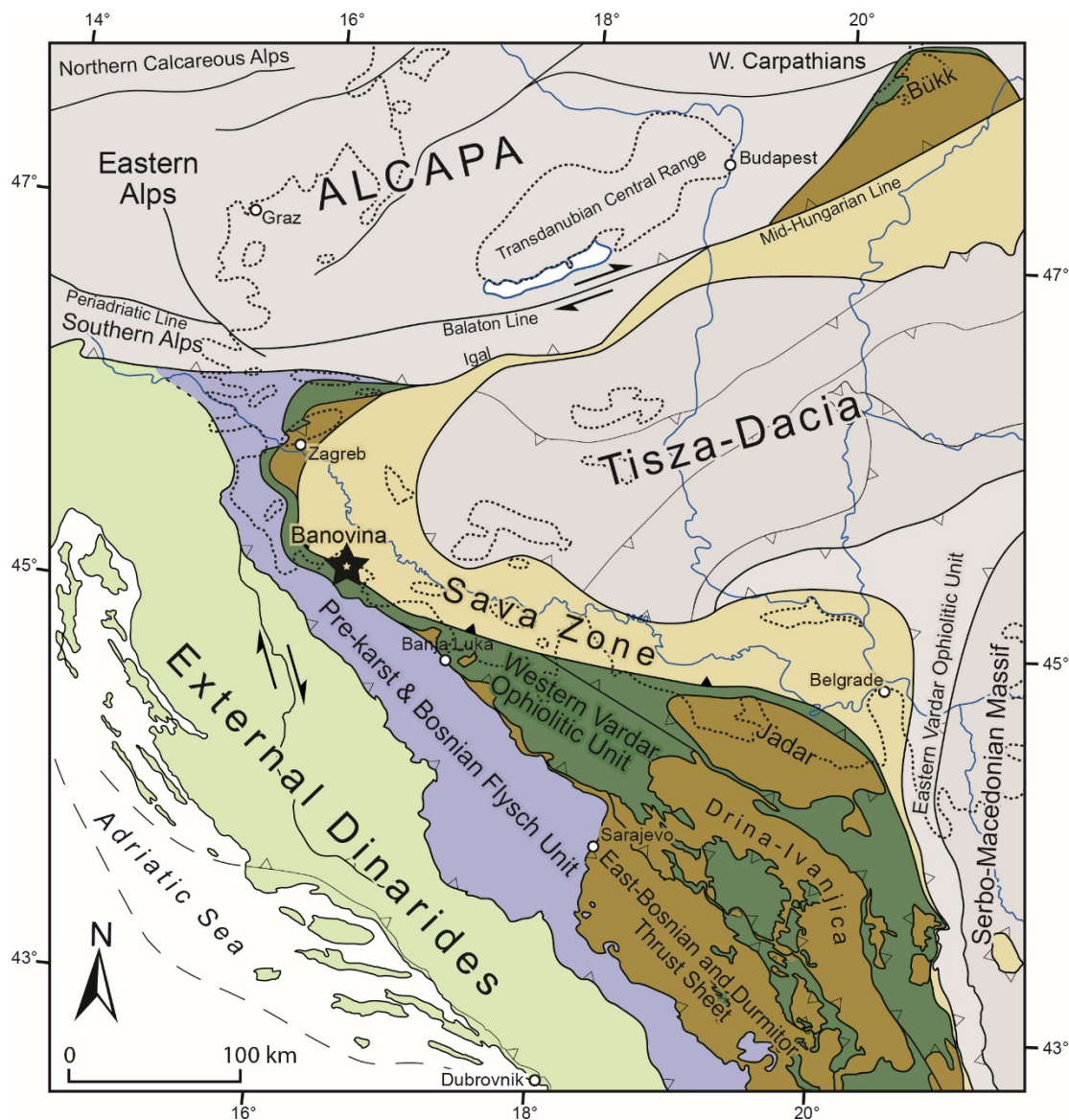
3.2. Geološki smještaj

3.1. Pregled geologije unutrašnjih Dinarida

Planinski lanac Dinarida se može podijeliti na dvije glavne zone: područje unutarnjih i vanjskih Dinarida. Oni zajedno pripadaju širem pojasu koji je dio Alpskog orogena. Dinaridi imaju pružanje SZ-JI, na sjeveru su omeđeni južnim Alpama i na jugu se nastavljaju na Helenide. Različiti autori su do danas koristili različite podjele i nomenklaturu za izdvajanje tektonskih zona unutar Dinarida (Aubouin et al, 1970; Pamić et al, 1998; Dimitrijević, 1982; 2001; Schmid et al, 2008). Njihova današnja struktura je posljedica dugotrajne deformacijske povijesti koja uključuje riftovanje u trijasu i širenje oceana, obdukciju ofiolita tijekom kasne jure i nekoliko faza navlačenja tijekom krede i paleogena, iza kojih su sljedili značajni lateralni i rotacijski pomaci (Babić et al. 2002; Schmid et al. 2008; Tomljenović et al. 2008; Ustaszewski et al. 2009, 2010). S obzirom da se proučavano područje nalazi unutar unutarnjih Dinarida oni će biti detaljnije opisani. Prema Schmid et al. (2008) područje unutarnjih Dinarida može se podijeliti na 4 glavne jedinice (slika 5):

1) Jedinica pred-krša i Bosanskog fliša

Pred-krš predstavlja prijelaznu zonu između vanjskih i unutarnjih Dinarida. Zapadnije od te jedinice se nalaze gornjo trijaski do gornjo kredni karbonati Jadranske karbonatne platforme a istočnije donjo kredni klastiti u kojima dominira ofiolitni detritus. Paleogeografski to područje je činilo tranzicijsku zonu između plitkomorskih okoliša Jadranske karbonatne platforme i dubokomorskih bazenskih prostora distalnog ruba Jadranske ploče (Blanchet et al. 1970; Vlahović et al. 2005). Naslage se sastoje od gornjo trijaskih do gornjo krednih plitkomorskih, padinskih i dubokomorskih karbonata koji su prekriveni klastitima gronjokredne starosti (Babić, 1973, 1974; Dragičević & Velić, 2002). Navedeni klastiti pripadaju tkz. Ugar formaciji u kojoj dominira karbonatni detritus i sastoje se od interkalacija lapora, kalkarenita i pješčenjaka, te debelih slojeva krupnozrnatih gravitacijskih tokova. U unutarnjim dijelovima ove jedinice taloženje fliša (Bosanski fliš ili Vranduk formacija) počelo je u gornjoj Juri i nastavilo se u donjoj kredi (Blanchet et al, 1969; Mikes et al, 2008).



Slika 5. Karta Dinarida–Alpsko–Panonskog prostora koja prikazuje glavne strukturne jedinice Dinarida (modificirano prema SCHMID et al. 2008, LUŽAR-OBERITER et al., 2012). ALCAPA: tektonska mega-jedinica što uključuje navlake Austroalpina i zapadnih Karpata. Pozicija područja istraživanja je označen zvjezdom.

2) Zapadno vardarska ofiolitna jedinica

Ofioliti predstavljaju obducirani slijed oceanske kore i plašni material koji je navučen na jadransku ploču krajem Jure (Pamić et al, 2002). Ofioliti ove jedinice su razlicitog sastava ovisno o položaju unutar jedinice. U ofiolitima u JZ dijelu prevladavaju lherzoliti, a u manjoj mjeri su lokalno prisutni i harzburgiti, dok u njegovom sjeverozapadnom dijelu uglavnom prevladavaju harzburgiti. Raznoliki sastav ofiolita unutar te zone odražava postupni prijelaz iz tektonskog

okruženja gdje dolazi do otvaranja bazena u Trijasu pa do subdukcije i zatvaranja bazena u Juri Schmid et al. (2008).

3) Navlake koje su sastavljene od metamorfoziranih post-Hercinskih stijena

U kontaktu sa elementima Zapadno vardarske ofiolitne zone nalaze se velike navlačne ljske kontinentalne kore sastavljene od metamorfoziranih i nemetamorfoziranih paleozojskih i mezozojskih formacija. One predstavljaju fragmente jadranske ploče inkorporirane u navlačni sustav zajedno sa ofiolitima. Tri su glavne navlake idući od jugozapada prema sjeveroistoku: Istočno Bosanska-Durmitorska navlaka, Drina-Ivanjica navlaka i Jadar-Kopaonik navlaka. U sjeverozapadnim Dinaridima metamorfni kompleks Medvednice predstavlja jedan izdvojeni fragment navedenih navlačnih sustava, dok ofiolitni melanž iste planine (Repno kompleks), kao i onaj prisutan u Banovini pripada Zapadno vardarskoj ofiolitnoj zoni (Babić et al, 2002; Schmid et al, 2008).

4) Savska zona

Savska zona predstavlja konacno zatvaranje oceanskih prostora i suturu između jadranske ploče i Tisze u Paleogenu. Početak i rani razvoj zone kolizije zabilježen je unutar ostataka sinkolizijskih bazena, koji su zajedno s metamorfnim jedinicama i vulkanskim kompleksima koncentrirani uzduž i unutar ove tektonske jedinice koja se danas proteže duž sjevernog ruba Dinarida i južnog ruba Panonskog bazena (Pamić, 1993; Pamić et al., 2000; Ustaszewski, 2010; Jelaska & Bulić, 1975). Gornjokredni ofioliti ukazuju da se ostatak Neotetis oceana vjerojatno održao u ovim prostorima do kraja krede u obliku zalučnog bazena (Pamić et al, 2000, 2002; Ustaszewski et al, 2008).

Nastanak prostora Dinarida može se opisati kroz otvaranje oceana Neotetisa na prijelazu između Perma i Trijasa i njegovim postupnim zatvaranjem od Jure nadalje. Ciklus otvaranja i zatvaranja Neotetisa se može podijeliti na 5 faza: (Slika 6; Pamić et. al. 2002)

1) Intrakontinentalno riftovanje (Perm-Trijas)

Najranija faza odražava se kroz raspad Pangeae početnim riftovanjem i pratećim vulkanizmom počevši u Permu i koje je trajalo 40-50 Ma. Početkom trijasa dolazi do pojačane subsidencije grabena i donosa klastičnog materijala. Tijekom trijasa dolazi do otvaranja bazena odnosno razdvajanja jadranske mikroploče. U aniziku se smanjuje donos siliciklastičnog materijala i talože se uglavnom karbonati. U ladiniku se događa maksimum vulkanizma uz tonjenje pojedinih blokova.

2) Napredno riftovanje i oceanizacija (Jura)

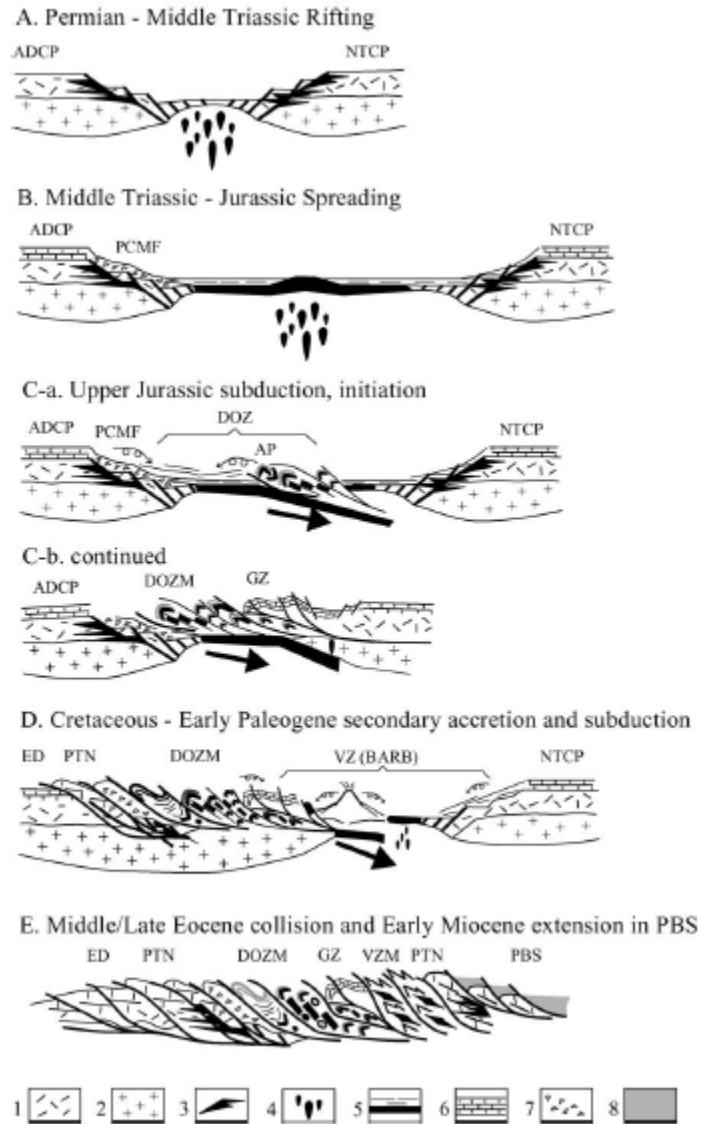
Otvaranje Neotetisa događa se krajem trijasa ili početkom jure. Širenje oceana nastavilo se kroz sljedećih 70-80 Ma. U ovom razdoblju dovršava se formiranje Neotetis oceana i u kasnoj juri već se može primjetiti početak subdukcije jadranske mikroploče.

3) Subdukcija (Jura – Kreda)

Subdukcijom oceanske kore u juri započinje postupno zatvaranje oceana, i kao posljedica te subdukcije i obdukcije nastaje Zapadno vardarska ofiolitna zona. Dijelovi oceanke kore i plašta se krajem jure i početku krede obduciraju na pasivni rub jadranske ploče i dolazi do nastanka ofiolitnog melanga u podini.

4) Kolizija (Paleogen)

U Paleogenu dolazi do konačnog zatvaranja neotetis oceana i kolizije jadranske ploče i Euroazije kada nastaju glavni strukturni elementi Dinarida.

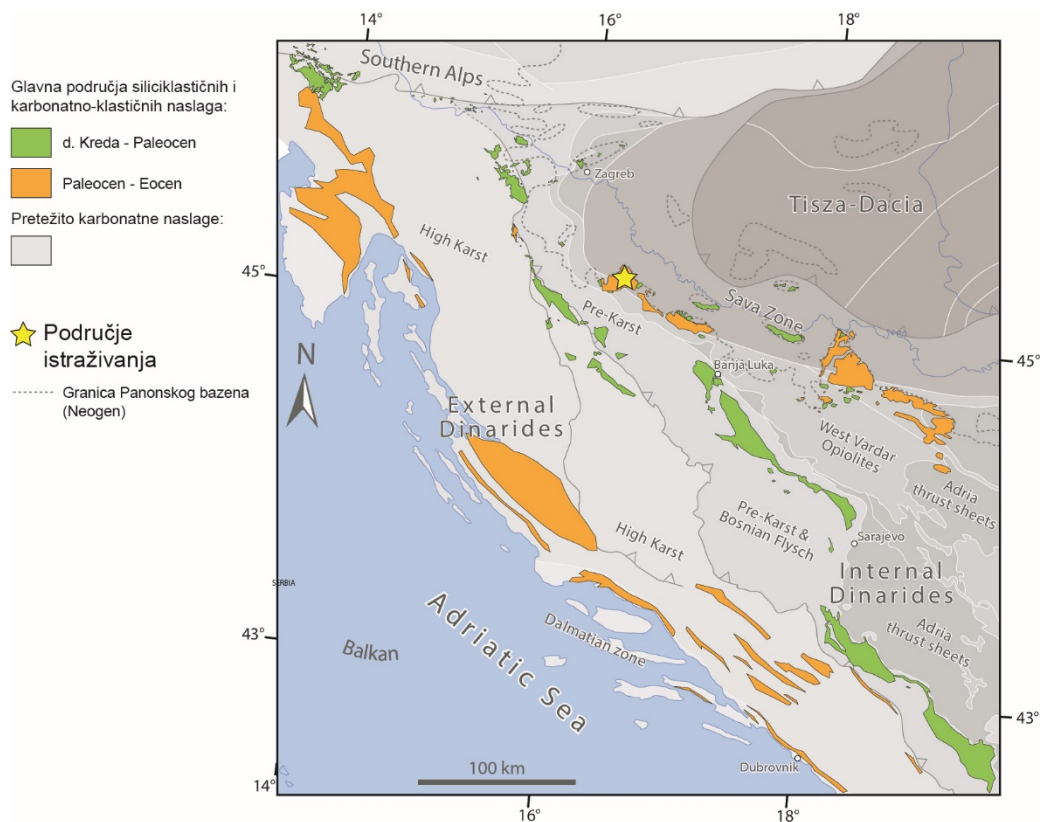


Slika 6. Nastanak Neotetisa i unutarnjih Dinarida (slika 5. Pamić et. al. 2002): 1) Intrakontinentalno riftovanje (Perm-Trijas), 2) Napredno riftovanje i oceanizacija (Jura), 3) Subdukcija (Jura – Kreda) i 4) Kolizija (Paleogen)

3.2. Kredno-paleogenski klastiti Savske zone

Uz rubove Savske zone i u susjednim jedinicama unutrašnjih Dinarida gornjokredne naslage se tipično sastoje od kampanskih pelagičkih vapnenaca (tipa 'Scaglia) koji prelaze u mastrihtsko-paleocenski siliciklastični fliš i kasnije molasu tijekom eocena (Slika 7; Babić & Zupanić, 1976; Jelaska et al., 1969). Taložne jedinice tog dijela Dinarida predstavljaju zapis tipičan za taložni prostor predgorskog bazena koji ima razvoj od početnih pelagičkih taložina, preko fliša do tipičnih naslaga molase (Covey, 1986; Sinclair & Allen, 1992; De Cellis & Gilles, 1996). Primjeri takvog vertikalnog razvoja i promjene facijesa, uz njihovo pokrupnjavanje i podebljavanje, primijećeni su na Zrinskoj gori u području Banovine (Babić & Zupanić, 1976; Jelaska et al., 1969). Sličan razvoj primijećen je istočnije na području Požeške gore i na području sjeverne Bosne. Na području Požeške gore gornjo kredni krupnozrnati klastiti, pjeskoviti turbiditi i pelagički vapnenci pojavljuju se zajedno s vulkanitima koji su diskordantno prekriveni paleogenskim konglomeratima (Pamić & Šparica, 1983; Pamić et al., 1990; Jamičić, 2007). Na području Kozare mastrihtski klastiti predstavljaju distalne turbidite, dok su u usporedbi s njima eocenske taložine vidljivo krupnozrnatije (Jelaska, 1981). Izdanci na području Prosare i Motajice su uglavnom mastrihtske turbiditne sukcesije, dijelom metamorfozirane (Šparica et al., 1980, 1984; Jovanović & Magaš, 1986). Lokaliteti sa kampanskim pelagičkim vapnencima, mastrihtsko-paleocenskim pjeskovitim turbiditima i eocenskim krupno zrnatim klastitima utvrđeni su na Vučjaku, Trebovcu i Majeveci (Jelaska & Bulić, 1975; Jelaska et al., 1976; Bulić, 1978; Jelaska, 1978).

Proučavani uzorci uzeti su iz nižih nivoa gore opisanih klastita, tj. iz mastrihtskih i paleocenskih naslaga koje predstavljaju sam početak siliciklastine turbiditne sedimentacije na području Banovina.



Slika 7. Rasprostranjenost gornjokrednih i paleogenskih klastičnih u području Dinarida (autor slike B. Lužar-Oberiter)

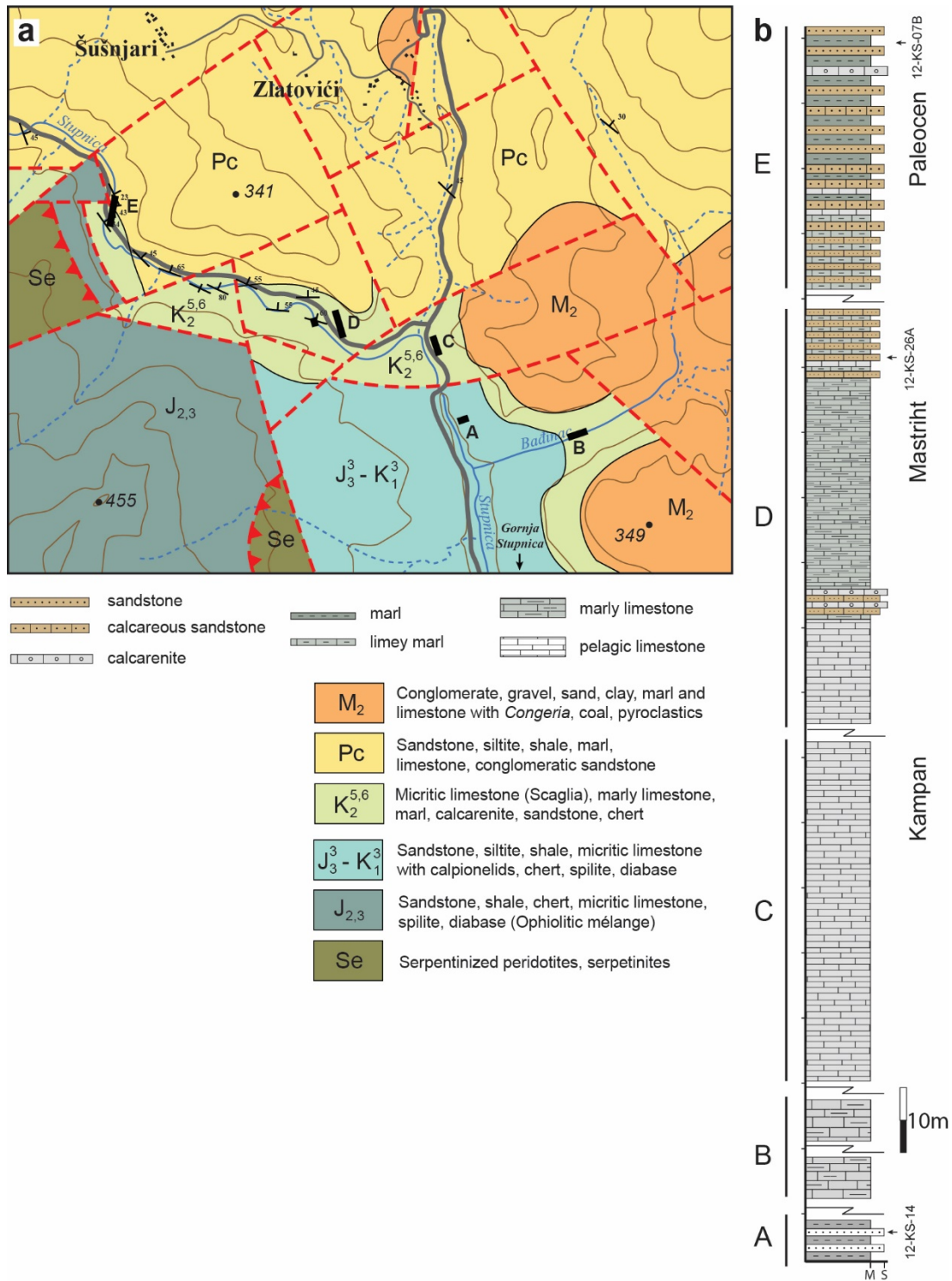
3.3. Opis istraživane lokaliteta potoka Stupnice (Zrinska gora)

Dolina potoka Stupnice u južnom dijelu Zrinske gore otkriva slijed dubokomorskih sedimenata koji se sastoji od pelagičkih vapnenaca koji prelaze u klastične naslage karakterizirane progresivnim povećavanjem veličine zrna i siliciklastične komponente. Sedimenti se najbolje mogu najbolje opažati u napuštenom kamenolomu uz cestu sjeverno od sela Gornja Stupnica, kao i u koritu potoka Stupnice i uz susjedne pritoke (Slika 8). Slijed naslaga je rekonstruirana na temelju detaljnog uzorkovanja izdanaka i biostratigrafskih podataka (Lužar-Oberiter et al., 2019). Stratigrafske odnose unutar sukcesije, kao i one sa susjednim jedinicama, teško je razlučiti na terenu zbog nedostatka kontinuiranih izdanaka i znatne tektonske poremećenosti. Naslage starije od gornje krede su slabo izložene u nekoliko manjih izdanaka, a sastoje se od dubokih vodenih lapora, škriljaca, pješčenjaka i pelagičkih vapnenaca koji su kartirani kao gornja jurska do donja krede i javljaju se u tektonskom kontaktu s jurskom ofiolitnom

melangeom (Šikić, 2014). Prema sličnostima sa naslagama koje se pojavljuju na širem području Banovine moglo bi se raditi o cenomanskim ili donjokrednim dubokomorskim naslagama (usmena komunikacija B- Lužar-Oberiter).

Donji dio gornjokrednog do paleocenskog slijeda naslaga (Slika 8) u potoku Stupnica karakteriziraju sivi mikritni vapnenci tipa scaglia koji su datirani kao srednji kampan na temelju planktonskih foraminifera (Babić & Zupanič, 1976). Ukupna debljina mikritnih vapnenaca je oko 70 m, dok debljina individualni slojeva iznosi oko 5-45 cm. Pri vrhu ovi vapnenci postaju blago laporoviti i pelagički slijed je prekinut oko 2 m debelim intervalom krupnije klastičnih kalkarenita koji se izmjenjuju sa slojevima sitnozrnatih pješčenjaka do silita.

Iznad ovog intervala sedimenti postaju ponovno sitnozrnati, a sastoje se od laminiranih laporovitih vapnenaca koji se nastavljaju sljedećih 30tak metara. Dalje iznad sukcesija se naslage prelaze u izmjenu lapora i pješčenjakam uz povremenu pojavu tankih proslojaka pelagičkih vapnenaca. Pelagičke foraminifere iz ovog dijela sljeda ukazuju na Mاستrihtsku starost dok nanoplakton ukazuje da se ovaj sljed nastavlja u paleocen (Lužar-Oberiter et al., 2019). Prema gore se postepeno povećava udio siliciklastične komponente, debljina slojeva i veličina zrna. Turbiditne sekvencije se sastoje uglavnom od tankih pješčenjaka (3-10 cm) bez vidljivih tekstura i debljih intervala lapora. Povremeno se pojavljuju deblji slojevi pješčenjaka (10-23 cm) koji pokazuju Tb-e i Tc-e sekvence. Rijetki krupnozrnati slojevi kalkarenita se također pojavljuju. Turbidite sequences consist of predominantly thin sandstone beds (3–10 cm) without clear sedimentary structures topped by slightly thicker marl intervals.



Slika 8. a) Geološka karta užeg područja potoka Stupnica (prema Šikić, 2014); b) Pojednostavljeni geološki stup gornjokrednih do paleocenskih naslaga rekonstruiran na temelju izoliranih izdanaka označenih na karti slovima A-C (preuzeto i modificirano prema Lužar-Oberiter et al., 2019).

4. Metode istraživanja

Istraživani lokaliteti sa kojih su uzeti uzorci nalaze se u dolini potoka Stupnice na području Banovine. Ti uzorci su dalje pripremljeni za laboratorijsku obradu i analizu pod polarizacijskim mikroskopom. Obradeni uzorci nose oznake 12-KS-14 (?cenoman ili d. kreda), 12-KS-26A (maastriht) i 12-KS-07B (paleocen).

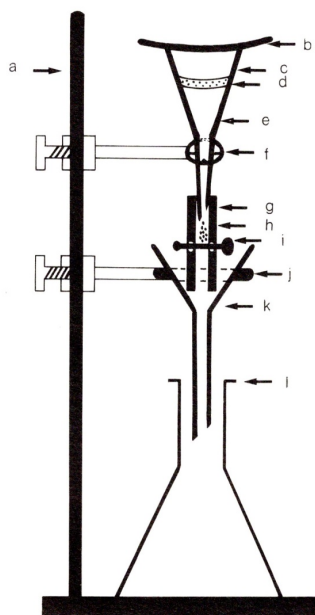
4.1 Laboratorijske metode

Iz uzoraka pješčenjaka su napravljene mikroskopski izbrusci za petrografsku analizu i napravljene su mikroskopski preparati u kojima se nalaze isključivo teške mineralne frakcije koje su korištene za kvantitativnu analizu.

Postupak izrade preparata teških minerala iz uzoraka pješčenjaka se sastoji od nekoliko glavnih koraka:

1. Drobljenje
2. Izdvajanje fragmenata većih od 1 mm suhim sisanjem
3. Otapanje u kiselini
4. Izdvajanje frakcije 63-125 μm mokrim sisanjem
5. Gravitacijska separacija
6. Izrada mikroskopskih preparata teške frakcije

Uzorci za kvantitativnu analizu teških mineral su izmrvljeni te su fragmenti stijene veći od 1 mm tretirani 5% octenom kiselinom kako bi se otopila karbonatna komponenta iz uzorka i olakšala dezintegracija stijene. Rastresiti uzoraka nakon otapanje je zatim sisan kako bi se izdvojila frakcija veličine 63-125 μm iz koje će se izdvajati teški minerali. Iz takvog uzorka teški minerali odvojeni su korištenjem teške otopine standardnim postupkom (Slika 9) uz pomoć ljevka (Mange and Maurer 1992). Nakon separacije teška frakcija je isprana i osušena, te se uz pomoć kanada balzama iz nje napravio mikroskopski preparat za svaki uzorak.



Slika 9. Prikaz laboratorijskog pribora za izdvajanje teških minerala metodom gravitacijske separacije: a) željezni stalak s pločom; b) satno staklo (pokrovno stakalce); c) stakleni lijevak za prah; d) položaj lake mineralne frakcije; e) teška tekućina (u ovome slučaju bromoform); f) držač lijevka; g) gumeno crijevo; h) položaj teške mineralne frakcije; i) metalna štipaljka; j) držač lijevka; k) običan stakleni lijevak s filtrirnim papirom; l) Erlenmeyerova tikvica (ili neka staklena čaša). Preuzeto iz Mange & Maurer (1992).

Za potrebe izrade petrografskih preparata uzorci su prepiljeni na tanke pločice debljine oko 1 mm koje su polirane i ljepljene na stakalce. Nakon brušenja na odgovarajuću debljinu i poliranja uzorci su prekriveni predmetnim stakalcem.

4.2 Kabinetske metode

Analizirano je tri uzorka pješčenjaka. Tri preparata na kojima se nalaze isključivo teški minerali služili su za kvantitativnu analizu teške frakcije, dok su 3 petrografski preparata poslužila za opis glavnih sastojaka pješčenjaka. Sve analize su provedene na Leitz polarizacijskom mikroskopu koji je dio inventara Geološko – paleontološkoga zavoda PMF-a.

4.2.1 Kvantitativna analiza teških minerala

Kvantitativnom analizom uzoraka identificiran je i prebrojan odgovarajući broj zrna teških minerala u svakome uzorku metodom brojanja duž trake (*ribbon counting*). U tu svrhu korišten je polarizacijski mikroskop, a prilikom određivanja minerala konzultiran je priručnik Mange & Maurer (1992). Tijekom rada identificirana su i prebrojana sva zrna koja su upala unutar određene zone (trake) pri pomicanju mikroskopskog preparata po ravnim linijama. To je uključivalo transparentne nelistićave teške minerale, opaka zrna, listićave minerale (klorit, muskovit, biotit) i kompozitne čestice stjena. Udjeli transparentnih nelistićavih teških minerala su preračunati na 100%.

4.2.2 Petrografska analiza

Izbrusci za petrografsku analizu izrađeni su u laboratoriju Mineraloško-petrografskog zavoda. Korišten je polarizacijski mikroskop u ortoskopskim uvjetima, najprije bez uključenog analizatora, a zatim i s uključenim analizatorom. Prilikom određivanja minerala korišteni su priručnici Adams et al. (1984), Mackenzie & Adams (1994), Scholle (1979).

5. Rezultati

5.1. Kvantitativne analize teških minerala

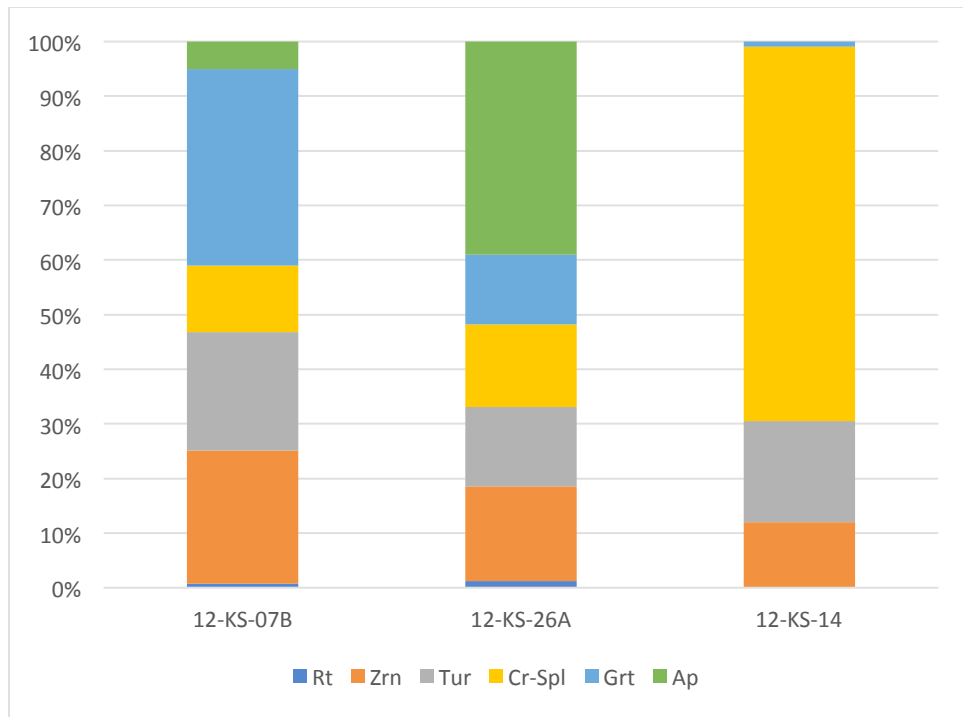
Rezultati kvantitativne analize teških minerala prikazani su u Tablicama 1 i 2, te grafički na Slici 10. Analizirane uzorke, a prvenstveno uzorke 12-KS-14 i 12-KS-26A, karakterizira niski udio transparentnih nelističavih teških minerala što se odrazilo u malom broju prebrojanih zrna te skupine iako se obradilo po dva mikroskopska preparata kod svakog uzorka. Teške frakcije sva tri uzorka također karakterizira mala raznolikost, tako da su identificirane tek 6 mineralne vrsta: cirkoni, rutili, turmalini, apatit, kromspinel i granat.

Tablica 1. Sastav teške frakcije u analiziranim uzorcima (broj prebrojanih zrna). Lf – čestice stijena, Chl. Ms. Bt. – klorit, muskovit, biotit, Zrn – cirkon, Tur – turmalin, Rt – rutil, Grt – granat, Cr-Spl – kromni spinel, Sp – apatit, n.i. – neidentificirani, tablica svih minerala i drugih čestica u uzorku

Uzorak	Teški minerali (n)					Transparentni nelističavi teški minerali (n)							
	Opaki	Lf	Chl/Ms/Bt	THM	Ukupno	Rt	Zrn	Tur	Cr-Spl	Grt	Ap	n.i.	Ukupno
12-KS-07B	126	54	392	288	860	2	68	60	34	100	14	10	288
12-KS-26A	129	29	431	190	779	2	30	25	26	22	67	18	190
12-KS-14	120	28	380	121	649	0	13	20	74	1	0	13	121

Tablica 2. Sastav teške frakcije u analiziranim uzorcima (broj prebrojanih zrna). Lf – čestice stijena, Chl. Ms. Bt. – klorit, muskovit, biotit, Zrn – cirkon, Tur – turmalin, Rt – rutil, Grt – granat, Cr-Spl – kromni spinel, Sp – apatit, n.i. – neidentificirani, tablica svih minerala i drugih čestica u uzorku

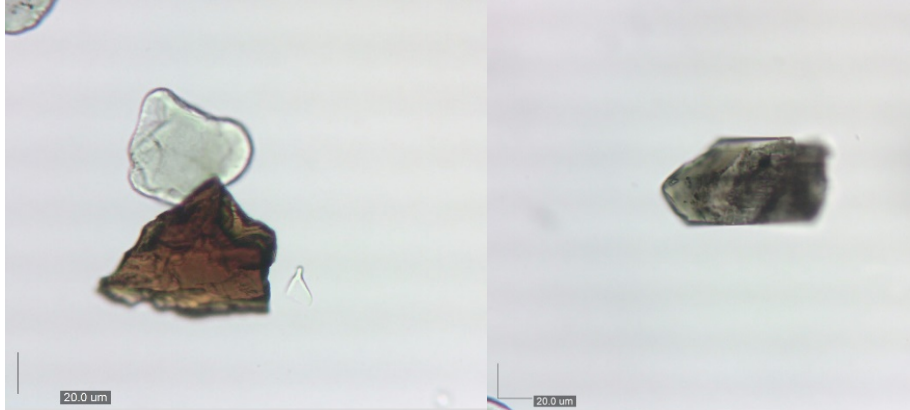
Uzorak	Teški minerali (%)					Transparentni nelističavi teški minerali (%)							
	Opaki	Lf	Chl/Ms/Bt	THM	Ukupno	Rt	Zrn	Tur	Cr-Spl	Grt	Ap	n.i.	Ukupno
12-KS-07B	18	4	59	19	100	1	24	21	12	35	5	3	100
12-KS-26A	15	6	46	33	100	1	16	13	14	12	35	9	100
12-KS-14	17	4	55	24	100	0	11	17	61	1	0	11	100



Slika 10. Udio transparentnih nelistićavih teških minerala u analiziranim uzorcima

Uzorak 12-KS-14

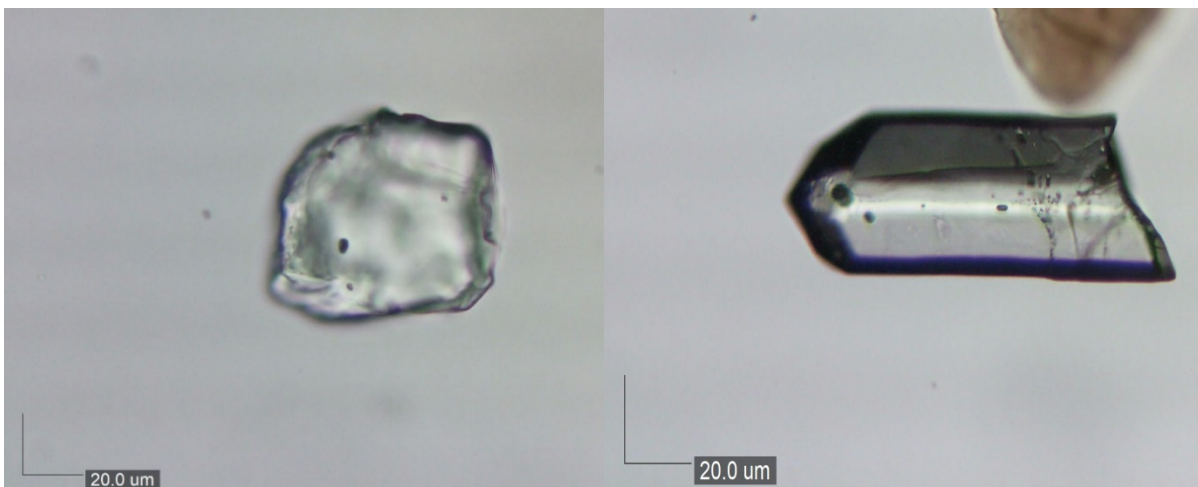
U ovom uzorku dominiraju krom spineli koji su tamno smeđi do crvenkasti sa oštrim rubovima, imaju visok reljef i izotropni su. Pojavljuju se u obliku krupnih zrnaca i fragmenata po preparatu, deblji krom spineli su tamni i opaki dok su tanji prozirniji. (Slika 11) Uz njih se rijede pojavljuju turmalini koji su štapičasti i blago zelenkasti do žućkasti, srednjeg reljefa i uglavnom su fragmentirani (Slika 11). Cirkon i granat se pojavljuju u manjem broju. Cirkoni u uzorku su bezbojni sa vrlo visokim reljefom i često zaobljeni. Iako nisu brojani uz nelistićave prozirne teške minerale, tinjci, opaki minerali i manje čestice stijena se pojavljuju u velikom broju (Tablice 1 i 2).



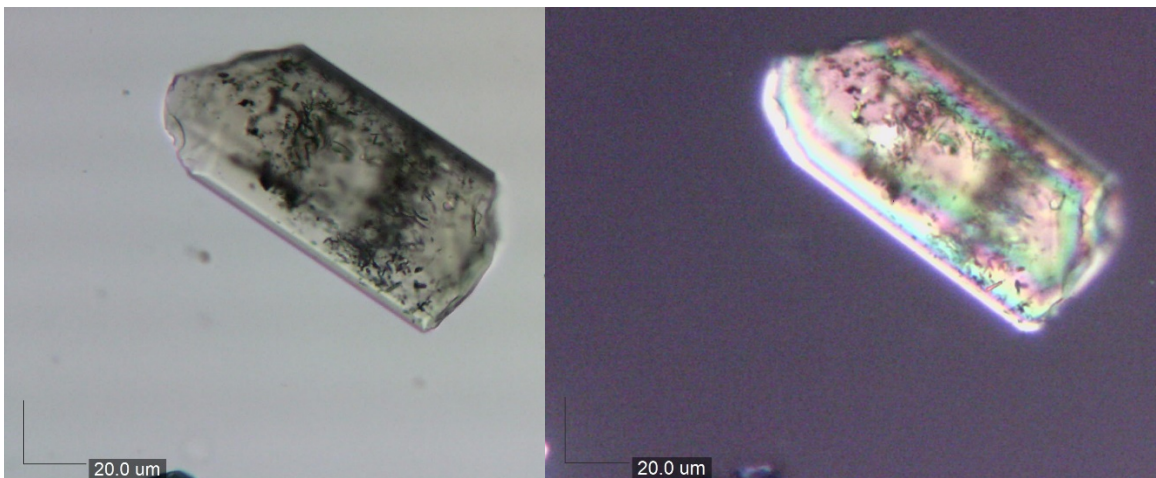
Slika 11. Mikroskopski preparat uzorka 12-KS-14: krom spinel (lijevo) i turmalin (desno)

Uzorak 12-KS-26A

U ovom uzorku nema minerala koji izrazito dominira, pri čemu se najčešće pojavljuju apatiti koji su bezbojni srednje visokog reljefa (Slika 12). Cirkoni koji su često hipidiomorfni do zaobljeni sa jako visokim reljefom i često fragmentirani (Slika 12). Turmalini su štapičasti i blago zelenkasti, srednjeg reljefa i uglavnom su trošeni (Slika 13). Granati imaju visok reljef i uglate rubove, uglate rubove. Krom spineli su tamno crvene do smeđe boje i imaju visok reljef i izotropni su. U velikom broju pojavljuju se tinjci, opaki minerali i čestice stjena (Tablice 1 i 2). Zrna su u uzorku 12-KS-26A manja i zaobljenija u odnosu na uzorke 12-KS-07B i 12-KS-14.



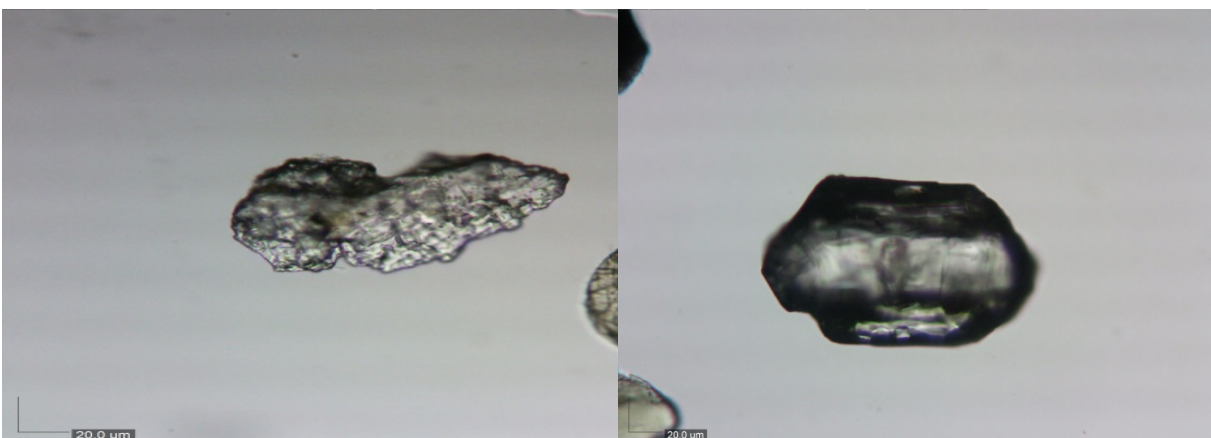
Slika 12. Mikroskopski preparat uzorka 12-KS-26A, slika krom apatita (lijevo) i cirkona (desno)



Slika 13. Mikroskopski preparat uzorka 12-KS-26A: turmalin bez (lijevo) i sa uključenim analizatorom (desno)

Uzorak 12-KS-07B

U ovom uzorku dominiraju granati koji imaju visok reljef, uglate rubove, izotropni su i bezbojni. Kod mnogih zrna granata uočava se visoki stupanj trošnosti, sve do skeletnih oblika (Slika 14). Značajna je i pojava cirkona koji su često zaobljeni sa jako visokim reljefom (Slika 14). Turmalini su štapičasti i blago zelenkasti, srednjeg reljefa. Krom spineli koji su tamno crvene do smeđe boje imaju visok reljef i izotropni. U velikom broju pojavljuju se tinjci, opaki minerali i čestice stjena (Tablice 1 i 2).



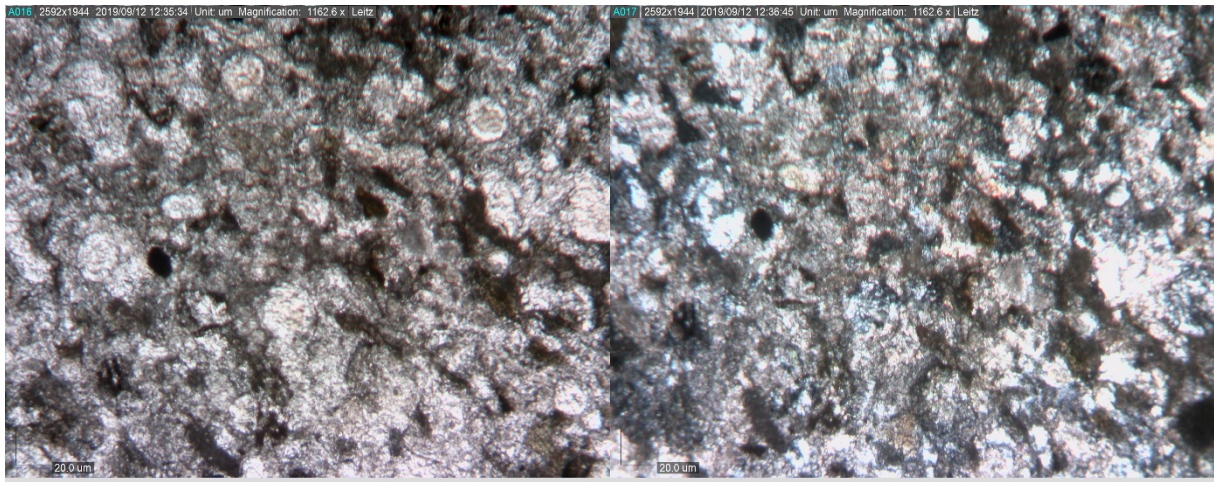
Slika 14. Mikroskopski preparat sa uzorka 12-KS-07B, slika granata (lijevo) i cirkona (desno)

5.2. Petrografske analize uzoraka

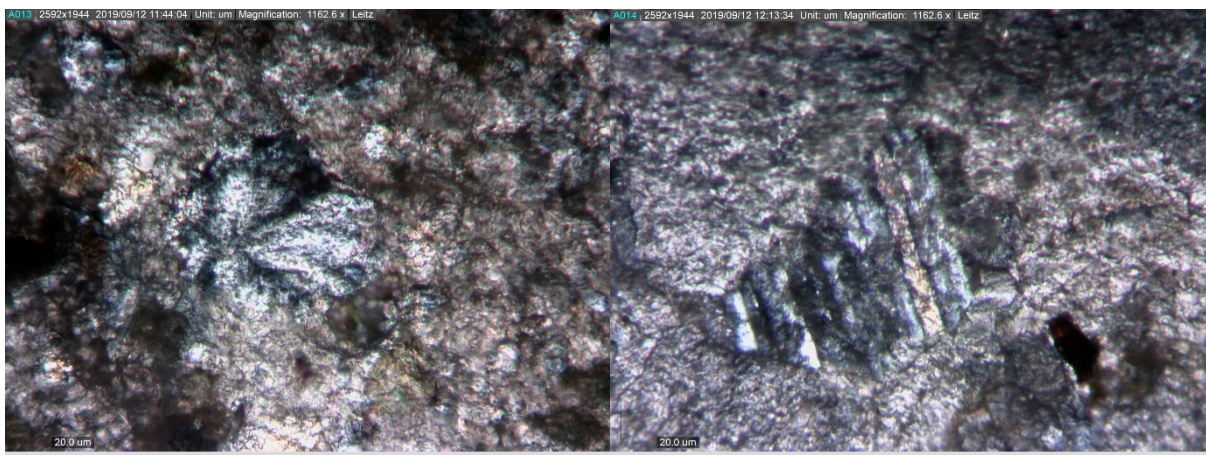
Kod petrografske analize uzoraka određivane su sljedeće značajke, vrste zrna i njihov izgled, udio kvarca, feldspata i litične komponente s obzirom na ukupnu stijenu, struktura, vezivo, kompakcija i eventualne zamjene. Za klasifikaciju sedimentnih stijena koristi se klasifikacija po Folk (1974).

Uzorak: 12-KS-14

Na mikroskopskom preparatu može se uočiti pravilna izmjena debljih i tanjih lamina. Radi loše kvalitete uzorka nije bilo moguće napraviti detaljniju odredbu. Uzorak je sitnozrnat, pojedina zrna su teško razlučiva (Slika 15). Uočavaju se značajne izmjene poput silifikacije, uz brojne pojave kvarca sa lepezastim potamnjenjem (Slika 16). Od detritiranih zrna dominira kvarc. Rijede su prisutni fragmenti rožnjaka, a sasvim rijetko plagioklasi (Slika 16). Mjestimično se pojavljuju tinjci kao izolirana zrna muskovita.



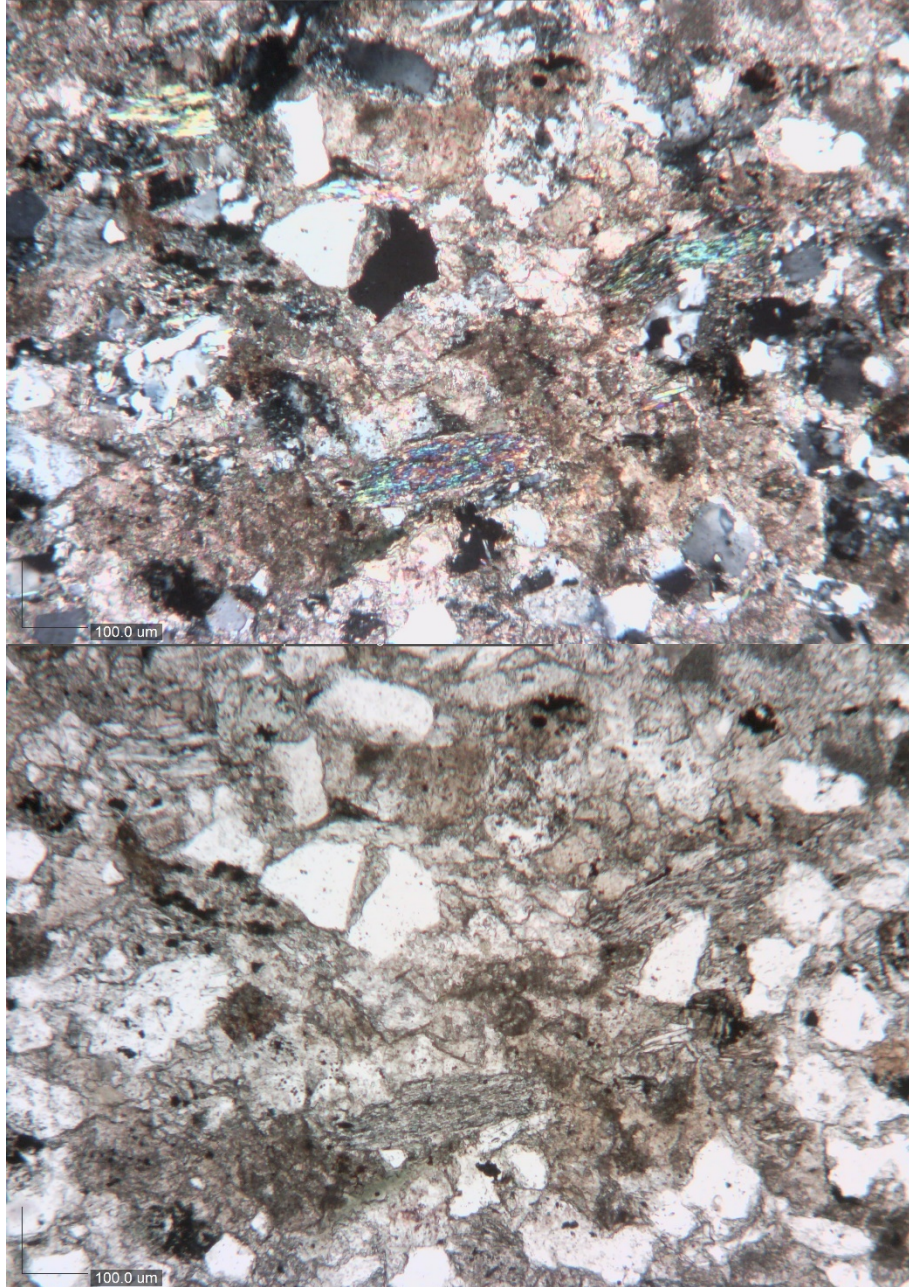
Slika 15. Mikroskopski preparat sa uzorka 12-KS-14 bez analizatora (lijevo), sa analizatorom (desno).



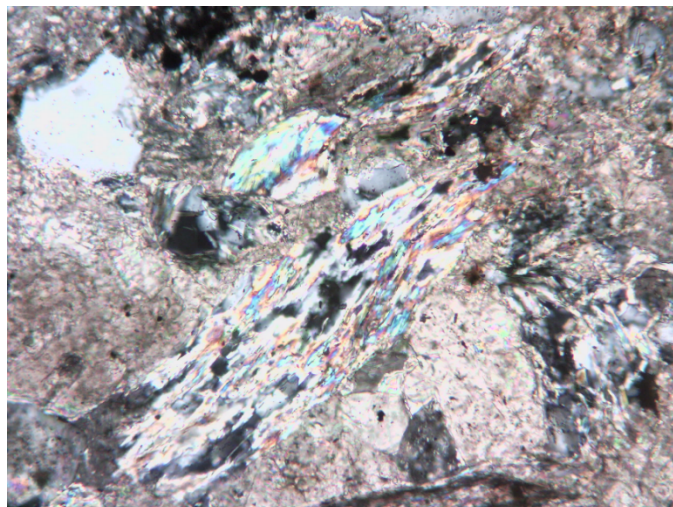
Slika 16. Mikroskopski preparat sa uzorka 12-KS-14 lepezasti fragmenti kvarca (lijevo) i trošni plagioklas (desno)

Uzorak 12-KS-26A

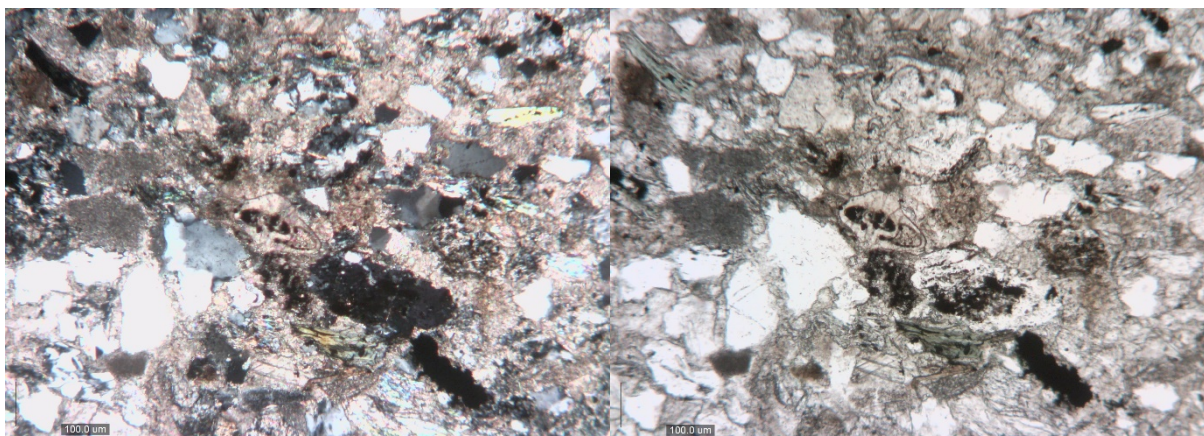
Makroskopski na samom izbrusku može se vidjeti laminacija sa pravilnom izmjenom lamina koje su različite debljine. Uzorak je srednjezrnat, a među česticama dominiraju kvarc i litični fragmenti (Slika 17). Kvarc se pojavljuje kao monokristalna i polikristalna zrna koja su uglavnom uglata do djelomično uglata. Među litičnim česticama prevladavaju zrna metamornih litologija niskog stupnja (Slika 18). Variraju od slejta i metasiltita vrlo niskog ranga s sitnim sericitima, filita i kvarc-sericitnih agregata niskog ranga s dobro razvijenom folijacijom, do šistoznih čestica muskovita, kloritnih, kvarcno-moskvitih i muskovito-kloritnih zrna (klasifikacija prema Garzanti & Vezzoli, 2003). Sedimentne pelitne i muljevite litične čestice su također vrlo česte. Mafične vulkanske čestice i čert se javljaju rijetko. Plagioklas i alkalijski feldspati prisutni su u skromnim količinama i često alterirani. Sitni klorit, moskvit i biotit vrlo su česti kao i u teškim frakcijama minerala. Karbonatna zrna uključuju teško razlučive mikritne i rekristalizirane čestice, povremene fragmente crvenih algi, bodlje ježinaca, te bentičke i planktonske foraminifere (Slika 19).



Slika 17. Mikroskopski preparat sa uzorka 12-KS-26A sa analizatorom (gore) i bez analizatora (dolje).



Slika 18. Mikroskopski preparat sa uzorka 12-KS-26A: metamorfna litična čestica.

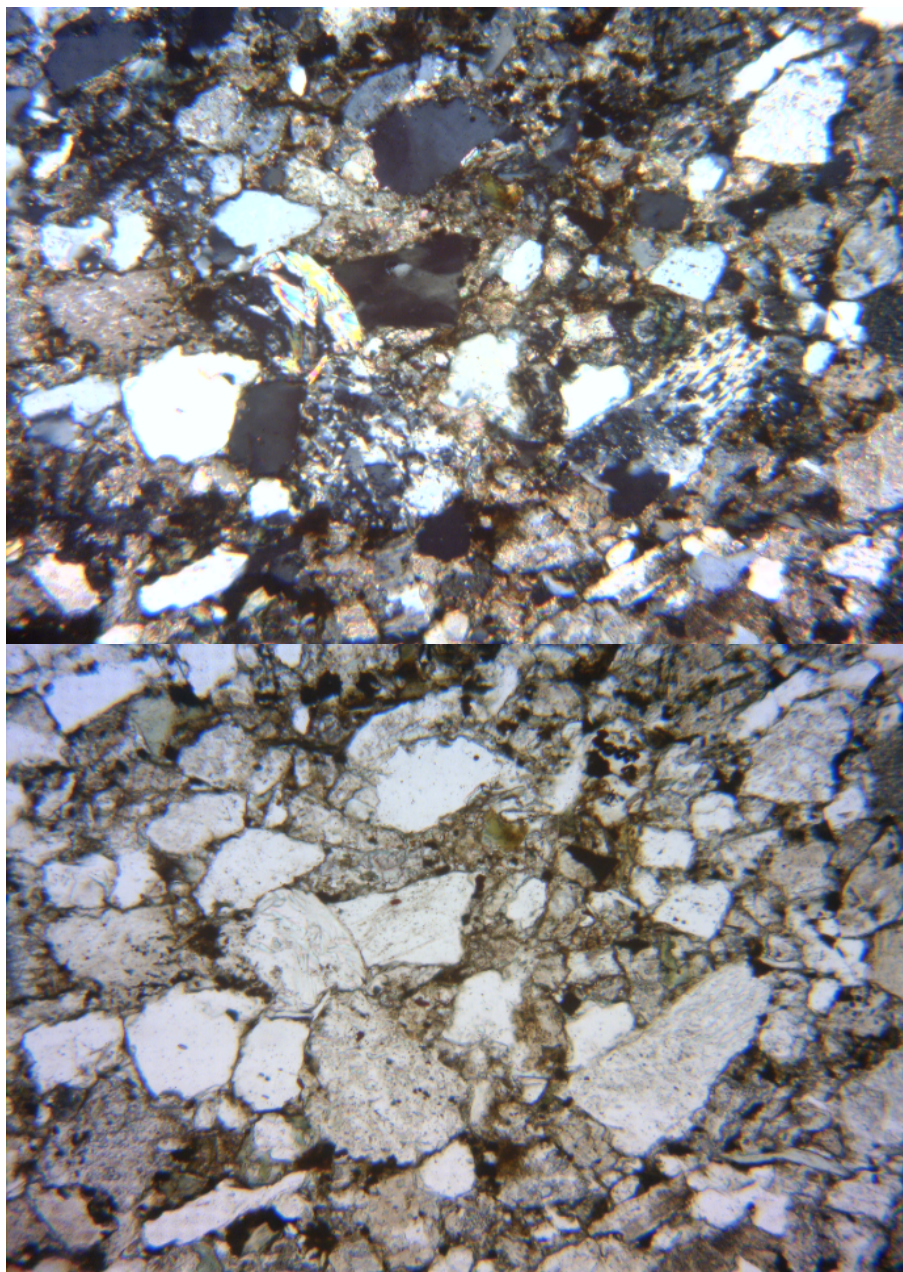


Slika 19. Mikroskopski preparat sa uzorka 12-KS-26A sa (lijevo) i bez analizatora (desno). U središtu slike se se vidi presjek foraminifere.

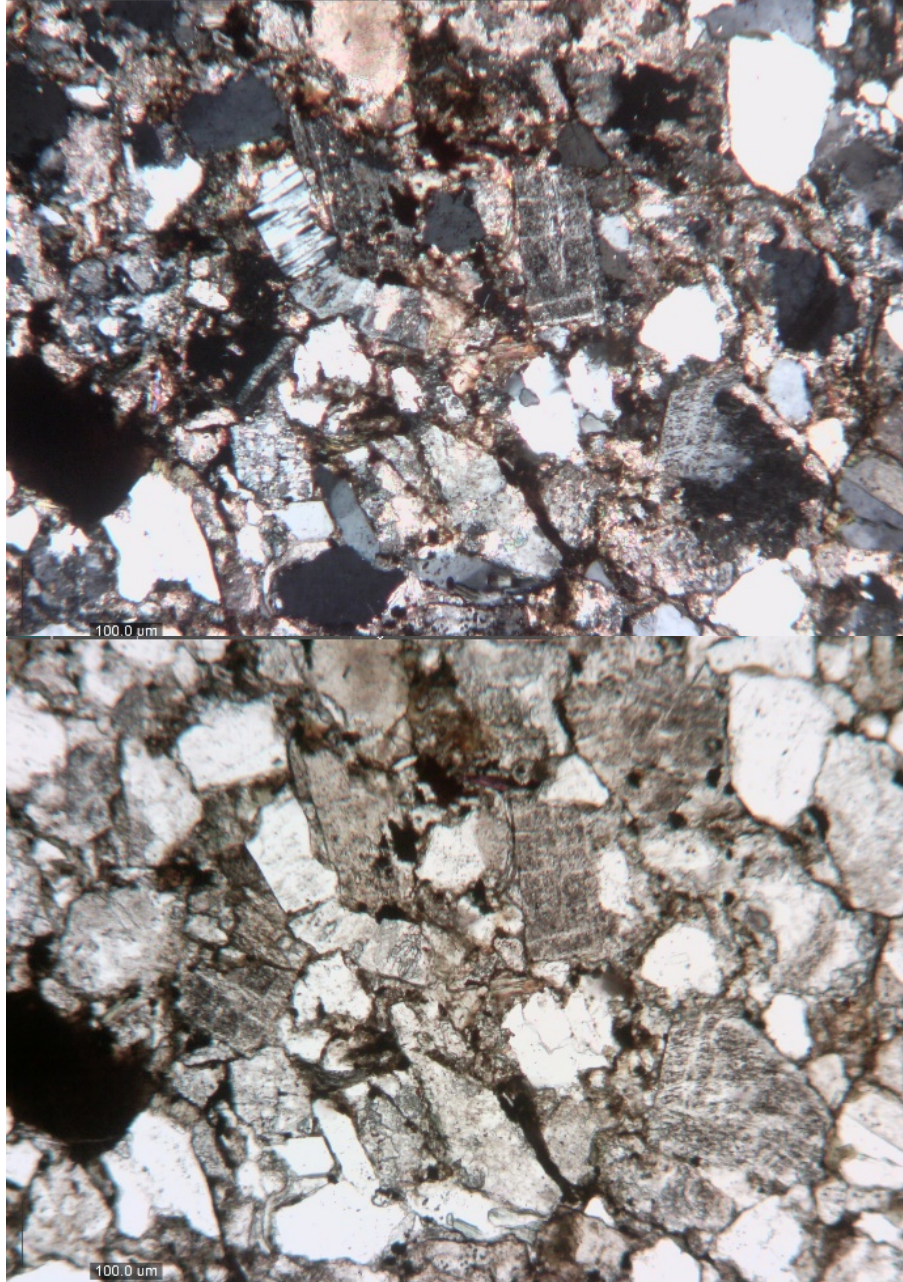
Uzorak: 12-KS-07B

Uzorak je srednjezrnat, a među česticama dominiraju kvarc i litični fragmenti (Slika 20). Zrna su polu zaobljena, umjereno sortirana i međusobno u kontaktu. U ovom uzorku je povećan udio feldspata u odnosu na druga dva analizirana uzorka (Slika 21). Feldspati se pojavljuju kao usamljena zrna ili kao dijelovi kvarcno-feldspatnih čestica (Slika 22), sa ili bez tinjaca granitnog ili metamorfnog porijekla. Feldspati su često alterirani, obično izmijenjenim u sericit i u nekim slučajevima zamijenjeni kalcitom (Slika 22). Uočena su i zrna granofirne teksture (Slika 23). Metamorfne i sedimentne litične čestice niskog stupnja ekvivalentne onima iz uzorka 12-KS-26A su česte, uz zamjetan porast udjela čestica šista sa krupnozrnatijim tinjcima (Slika 24).

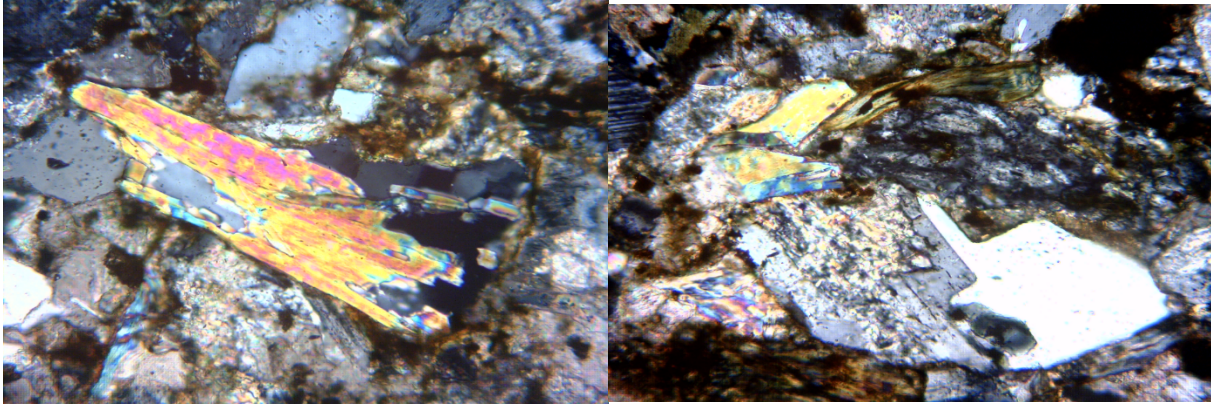
Mafične vulkanske litične čestice s intersertalnom teksturom se redovito pojavljaju, dok su felsične vulkanske čestice također prisutne u manjim količinama.



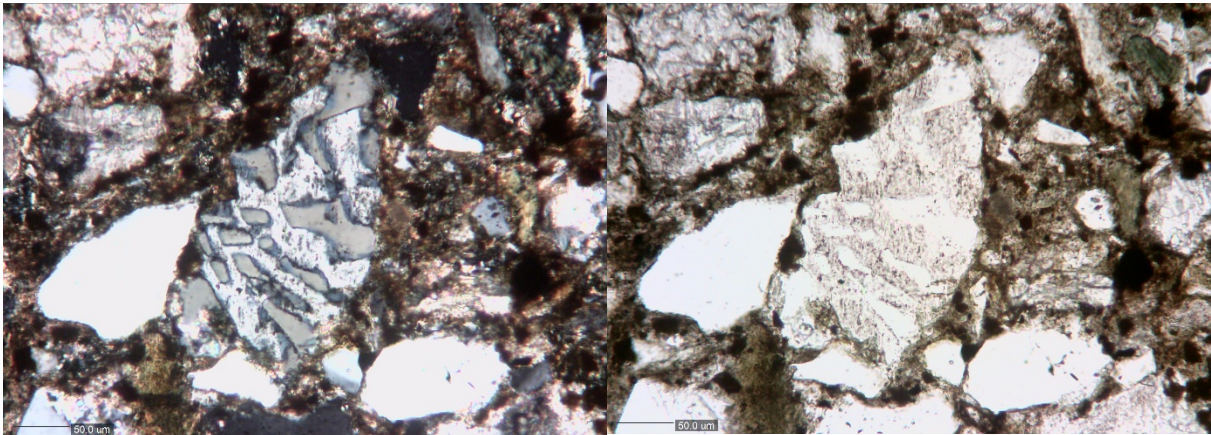
Slika 20. Mikroskopski preparat uzorka 12-KS-07B sa (gore) i bez analizatora (dolje). Sa slikama se mogu primjetiti česta zrna kvarca i metamornih litičnih čestica.



Slika 21. Mikroskopski preparat uzorka 12-KS-07B sa (gore) i bez analizatora (dolje). Sa slikama se može primjetiti učestalost feldspata.



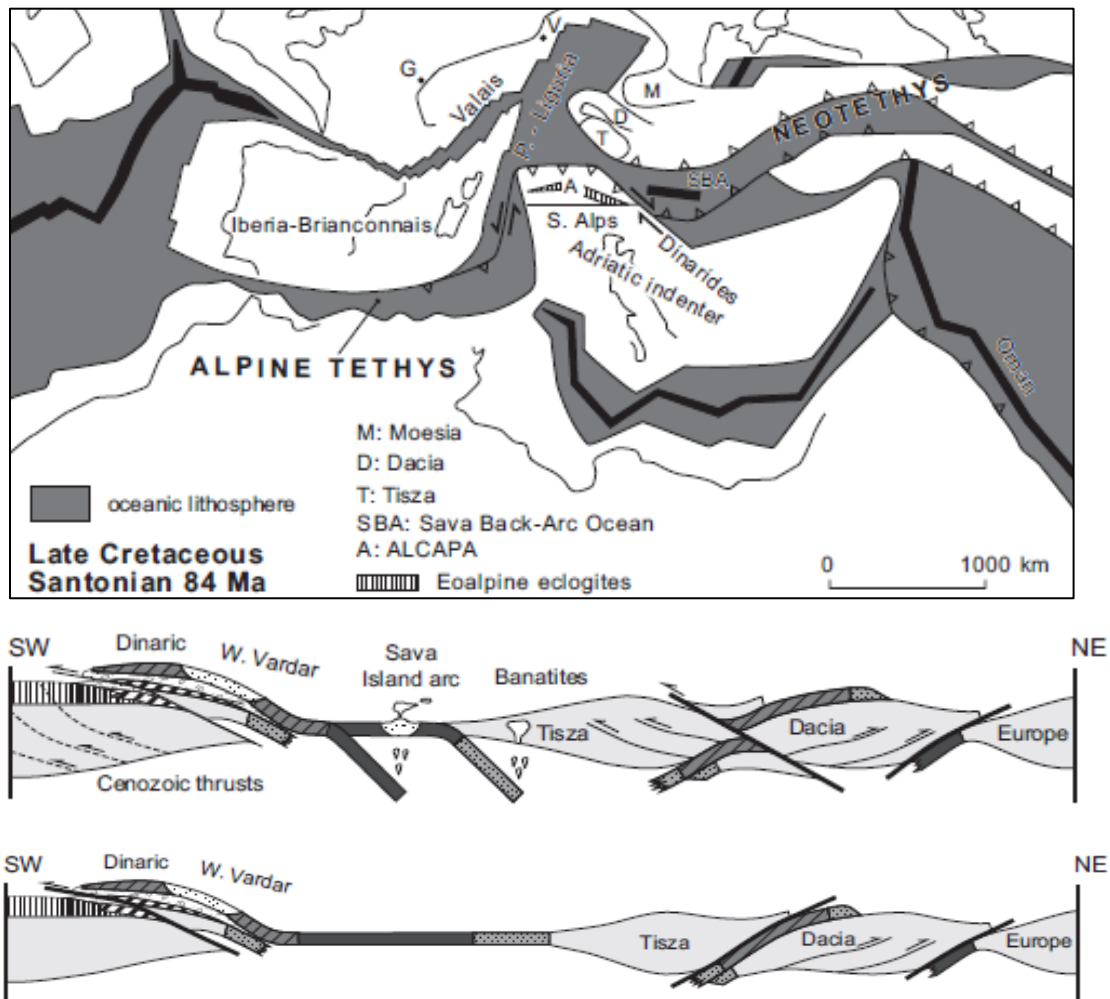
Slika 22. Mikroskopski preparat sa uzorka 12-KS-07B. Metamorfna čestica sa dobro razvijenim muskovitom (lijevo). Kvarcno-feldspatna čestica uz vidljivu djelomičnu alteraciju feldspata (desno).



Slika 23. Mikroskopski preparat sa uzorka 12-KS-07B sa (lijevo) i bez analizatora (desno): litični fragment sa granofirnom teksturom.

6. Rasprava

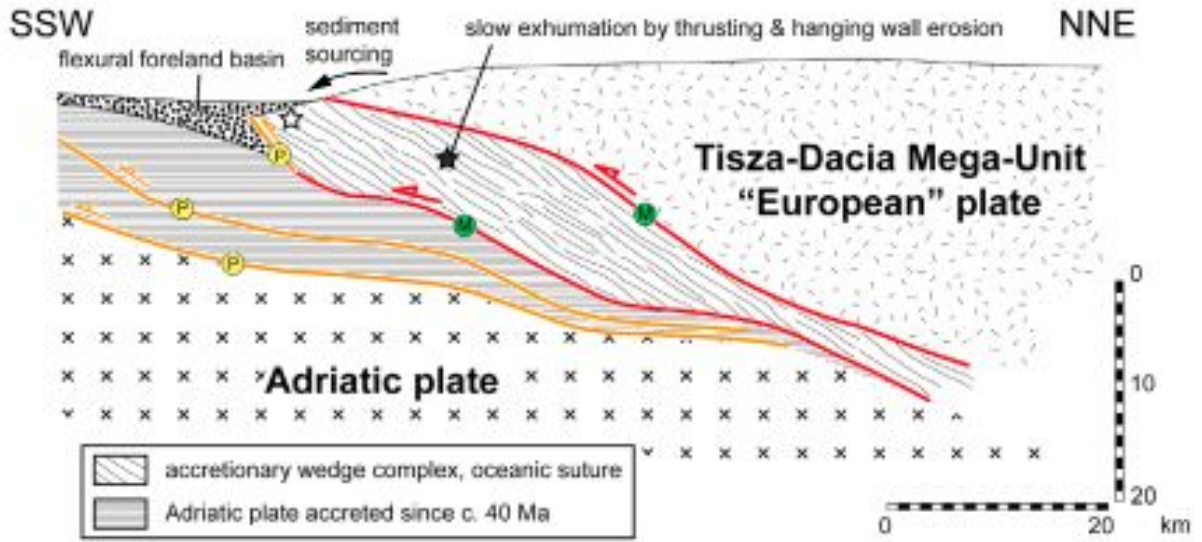
Analizirani uzorci iz doline potoka Stupnice sa Zrinske gore obuhvacaju geološki raspon od krede do paleocena i u geološkom smislu obuhvacaju period kada dolazi do zatvaranja Neotetis oceana i početak formiranja Dinarida. Promatrano područje se u tektonskom smislu nalazi na mjestu kontakta jadranske i euroazijske ploče (Pamić et. al. 2002; Ustaszewski et. al., 2010). Obuhvaćeni sedimenti taloženi su u bazenskim prostorima koji su nastajali unutar kompresijskog režima koji je prethodio i dijelom obuhatio fazu kolizije tih kontinentalnih masa (Babić & Zupanič, 1976; Jelaska et al., 1969; Schmid et. al., 2008; Slika 24).



Slika 24. Regionalni tektonski odnosi u vrijeme gornje krede (gore). Shematski profili koji prikazuju tektonske odnose između jadranske ploče i tektonskih jedinica koje pripadaju u vrijeme gornje (sredina) i donje krede (dolje) (preuzeto i modificirano prema Schmid et. al., 2008).

Najstariji analizirani pješčenjak (12-KS-14) je donjokredne (moguće cenomanske) starosti i istaložen je u vrijeme nakon obdukcije ofiolita (Zapadno vardarska ofiolitna jedinica) na jadransku ploču (Slika 24). Visoki udio Cr-spinela uočen u navedenom uzorku odgovara takvom okruženju, gdje su navlake izgrađene velikim dijelom od stijena plašta snabdjevale materijalom okolne taložne prostore (Lužar-Oberiter et. al., 2009). Kasnije, u kampanu, slijedi jedan period smanjenog donosa klastičnog materijala i raširenog taloženja pelagičnih vapnenaca (Babić & Zupanič, 1976). Nakon tog perioda u Mastrihtu dolazi do naglog porasta siliciklastičnog donosa što vjerojatno odražava napredovanje navlaka povezanih s kontinentalnom kolizijom duž ruba jadranske ploče krajem krede (Ustaszewski et. al., 2010; Slika 24). Sastav frakcije teških mineral u uzorku 12-KS-26A (mastrihtska starost) sugerira da dolazi do određene promjene u izvorištu materijala koji više nije dominantno ofiolitnog karaktera, što se očituje u relativnom manjem udjelu Cr-spinela. Znatan udio litoklasta metamornih stijena moglo bi biti povezano sa početkom ekshumacije prethodno subduciranih dijelova kore u kolizijskoj zoni (Slika 24).

U paleogenu dolazi do sve intenzivnijeg donosa siliciklastičnog materijala. U ovom razdoblju dolazi do daljnjeg navlačenja euroazijske ploče na jadransku što potencijalno dovodi do sve većeg prinosa materijala iz jedinica krovinske ploče (Slika 25; Ustaszewski et.al., 2010). Pojava čestica koje potječu iz magmatskih stijena može ukazivati na trošenje litologija povezanih sa vulkanskim lukom koji je egzistirao u subdukcijskoj zoni krajem krede (Pamić et. al., 2000). Porast udjela litoklasta koji potječu iz stijena višeg stupnja metamorfizma, kao i učestalija pojava granata sugerira da su bile izložene stijene koje su ekshumirane u akrecijskom klinu i / ili eventualno iz jedinica Tisza ploče.



Slika 25 Položaj taloznog bazena u odnosu na Jadransku i Europsku ploču tijekom paleocena i eocena (preuzeto i modificirano prema Ustaszewski et.al., 2010)

7. Zaključak

U razdoblju donje krede na području današnje Zrinske gore talože se dubokomorski sedimenti koji su snabdjevani detritusom iz dominantno ofiolitnih izvorišta. Nešto kasnije, u razdoblju gornje krede do eocena na tom području se uspostavlja predgorni bazen čija ispunu karakterizira početno pelagički sedimenti koji prelazi u fliš i dalje u molasu (Jelaska et al., 1969; Babić & Zupanič, 1976). Nakon razdoblja tektonskog mirovanja i raširenog taloženja pelagičnih vapnenaca u kampanu, relativno brzi porast siliciklastičnog donosa zabilježen u mastrihtu vjerojatno odražava napredovanje navlaka povezanih s kontinentalnom kolizijom duž ruba jadranske ploče). Sastav frakcije teških mineral u uzorku mastrihtske starosti sugerira da dolazi do određene promjene u izvorištu materijala koji više nije dominantno ofiolitnog karaktera, što se očituje u relativnom manjem udjelu Cr-spinela. Znatno udio litoklasta metamorfnih stijena moglo bi biti povezano sa početkom ekshumacije prethodno subduciranih dijelova kore u kolizijskoj zoni. Povećanje udjela litoklasta magmatskih stijena, kao i metamorfita višeg stupnja primjećeno u paleocenskim pješčenjacima vjerojatno je bilo povezano s erozijom magmatskog luka koji je nastao duž područja subdukcije jadranske ploče ispod Europe, kao i metamorfnih jedinica ekshumiranih u akrecijskom klinu i / ili eventualno iz jedinica Tisza ploče.

8. Literatura

- Adams A.E., MacKenzie W.S., Guilford C. (1984): Atlas of sedimentary rocks under the microscope. Longman Scientific & Technical, London, 104.
- Aubouin J, Blanchet R, Cadet J-P, Celet P, Charvet J, Chorowicz J, Cousin M, Rampoux J-P (1970): Essai sur la géologie des Dinarides. Bull Soc Géol Fr (7)12, 1060-1095.
- Babić Lj. (1973): Upper Tithonian to Valanginian basinal sediments west of Bregana [In Croatian with English summary]. Geol vjesn 26, 11-27.
- Babić Lj (1974): Hauterivian to Cenomanian time in the region of Žumberak, Northwestern Croatia: stratigraphy, sediments, paleogeographic and paleotectonic evolution [In Croatian with English summary]. Geol vjesn 27, 11-33.
- Babić, Lj., Zupanič, J. (1976): Sediments and paleogeography of the Globotruncana calcarata zone (Upper Cretaceous) in Banija and Kordun (central Croatia) [in Croatian, with summary in English]. Geološki vjesnik, Zagreb, 29, 49–73.
- Babić Lj, Hochuli PA, Zupanič J (2002): The Jurassic ophiolitic mélange in the NE Dinarides: Dating, internal structure and geotectonic implications. Ecol Geol Helv 95, 263-275.
- Blanchet R, Cadet J-P, Charvet J, Rampoux J-P (1969): Sur l'existence d'un important domaine de flysch tithonique-crétacé inférieur en Yougoslavie: l'unité du flysch bosniaque. Bull Soc Géol Fr, (7), 11: 871–880.
- Blanchet R, Cadet J-P, Charvet J (1970): Sur l'existence d'unités intermédiaires entre la zone du Haut-Karst et l'unité du Flysch Bosniaque, en Yougoslavie: la sous-zone Prékarstique. Bull Soc Géol Fr, (7) 12, 227-236.
- Bulić, J., Bauer, V., Jelaska, V. (1978): O paleocenskim naslagama sjeveroistočne Majevice. Geološki vjesnik, 30, 453–458.
- Covey, M. (1986): The evolution of foreland basins to steady state: evidence from the western Taiwan foreland basin. In: Foreland Basins (Eds. P. A. Allen & P. Homewood). Spec. Publ. Int. Ass. Sed., 8, 77–90.

- De Celles, P., Giles, K. (1996): Foreland basin systems. *Basin Research*, 8, 105–123.
- Dimitrijević MD (1982): Dinarides: An outline of the tectonics, *Earth Evol Sci*, 2: 4-23.
- Dimitrijević MD (2001): Dinarides and the Vardar Zone: a short review of the geology. *Acta Vulcanol*, 13: 1-8.
- Dragičević I, Velić I. (2002): The northeastern margin of the Adriatic Carbonate Platform. *Geol Croat*, 55: 185-232.
- Folk, R.L. (1974): *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Co. Austin, 170 p.
- Garzanti, E. & Vezzoli, G. (2003): A classification of metamorphic grains in sands based on their composition and grade. *Journal of Sedimentary Research*, 73, 830–837.
- Jelaska, V., Bulić, J., Oreški, E. (1969): Stratigraphic model of Eocene flysch sediments in the Banija area [In Croatian with summary in English]. *Geološki vjesnik, Zagreb*, 23, 81–94.
- Jelaska, V. & Bulić, J. (1975): Paleogeografska razmatranja gornjokrednih i paleogenskih klastita sjeverne Bosne i njihovo moguće geološko naftno- značenje. *Nafta*, 26/7-i, 371-385, Zagreb.
- Jelaska, V., Bulić, J., Velimirović, Z., Bauer, V., Benić, J. (1976): Some observations on the stratigraphy of the Vučjak and Trebovac area (northern Bosnia, Yugoslavia) (in Croatian with English abstract), *Geol. Vjesn.*, 29, 389–395.
- Jelaska, V. (1978): Senonian-Paleogene flysch of the Mt. Trebovac area (north Bosnia): stratigraphy and sedimentology [in Croatian, with summary in English]. *Geološki vjesnik, Zagreb*, 30, 95–117.
- Jelaska, V. (1981): Facijalne karakteristike fliša Kozare (Facial characteristics of the Mt. Kozara flysch (North Bosnia) (in Croatian with English summary). *Vesn., Ser. A, Geol.*, 38–39, 137–145.
- Jamičić, D. (2007): Upper Cretaceous deposits of the Požeška Gora Mt. (Croatia). *Geologia Croatica*, 16, 105–120.

- Jovanović, Č., Magaš, N. (1986): Basic geological map of Yugoslavia 1:100.000, Geology of the sheet Kostajnica L33-106 [In Croatian with summary in English]. Federal Geological Institute, Belgrade.
- Lužar-Oberiter, B., Mikes, T., von Eynatten, H., Babić, L., (2009): Ophiolitic detritus in Cretaceous clastic formations of the Dinarides (NW Croatia): evidence from Cr-spinel chemistry. *International Journal of Earth Sciences* 98, 1097–1108.
- Lužar-Oberiter, B., Mikes, T., Dunkl, I., Babić, L., von Eynatten, H. (2012): Provenance of Cretaceous synorogenic sediments from the NW Dinarides (Croatia). *Swiss Journal of Geosciences*, 105 (3), 377–399.
- Lužar-Oberiter B., Moro, A., Aščić. Š., Martinuš, M., Cvetko Tešović, B. (2019): Excursion guidebook – Banovina. STOP 2 Stupnica (Mt. Zrinska Gora). 6. Hrvatski geološki kongres, 9.-12.10.2019., Zagreb.
- MacKenzie W.S., Adams A.E., (1994): A Colour Atlas of Rock and minerals in Thin Section. J. Wiley, 192 p.
- Mange, M.A., Maurer, H.F.W., (1992): Heavy Minerals in Colour. Chapman and Hall, London.
- Mikes T, Christ D, Petri R, Dunkl I, Frei D, Báldi-Beke M, Reitner J, Wemmer K, Hrvatović H, von Eynatten H (2008b): Provenance of the Bosnian Flysch. *Swiss J Geosci.*, Morton, A.C. and C.R. Hallsworth (1999): Processes controlling the composition of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, 124, 3-29.
- Pamić, J. (1993): Eoalpine to Neoalpine magmatic and metamorphic processes in the Northwestern Vardar Zone, the easternmost Periadriatic Zone and the southwestern Pannonian Basin, *Tectonophysics*, 226, 503–518.
- Pamić, J (2002): The Sava-Vardar Zone of the Dinarides and Hellenides versus the Vardar Ocean. *Eclogae geologicae Helvetiae*, 95, 99–113.
- Pamić, J., Šparica, M. (1983): The age of the volcanic rocks of Požeška gora (Croatia, Yugoslavia) [In Croatian with summary in English]. *Rad JAZU (Yugoslav Academy of Sciences)*, Zagreb, 404, 183–198.

- Pamić, J., Injuk, J., Jakšić, M. (1990): Prilog geokemijskom poznavanju gornjokredne bimodalne vulkanske asocijacije Požeške gore u Slavoniji (Sjeverna Hrvatska, Jugoslavija). *Geologija*, 31, 415–435.
- Pamić J, Gušić I, Jelaska V (1998): Geodynamic evolution of the Central Dinarides. *Tectonophys*, 297: 251-268.
- Pamić, J., Belak, M., Bullen, T., Lanphere, M. & McKee, E. (2000): Geochemistry and geodynamics of a Late Cretaceous bimodal volcanic association from the southern part of the Pannonian Basin in Slavonija (Northern Croatia), *Mineralogy and Petrology*, 8, 271-296.
- Pamić, J., Tomljenović, B., Balen, D. (2002) Geodynamic and petrogenetic evolution of Alpine ophiolites from the central and NW Dinarides: an overview. *Lithos*, 65, 113-142.
- Schmid, S.M., D. Bernoulli, B. Fügenschuh, L. Matenco, R. Schuster, S. Schefer, M. Tischler, and K. Ustaszewski (2008): The Alpine–Carpathian–Dinaridic orogenic system: Correlation and evolution of tectonic units. *Swiss J. Geosci.*, 101, 139–183.
- Scholle, P.A. (1979): *Constituents, Textures, Cements and Porosities of Sandstones and Associated Rocks*, American Association Petroleum Geologists Memoir 28, 201 p.
- Sinclair, H.D., Allen, P.A. (1992): Vertical vs. horizontal deformations in the Alpine orogenic wedge: stratigraphic response in the foreland basin. *Basin Res.*, 4, 215–232.
- Šikić (2014): Osnovna geološka karta Hrvatske 1:100 000. List Bosanski Novi. Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- Šparica, M., Bužaljko, R., Jovanović, C. (1980): Basic geological map of Yugoslavia 1:100.000, Geology of the sheet Nova Kapela L 33–108, Fed. Geol. Inst., Beograd.
- Šparica, M., Bužaljko, R., Jovanović, C. (1984): Basic geological map of Yugoslavia 1:100.000. Geology of the sheet Nova Gradiska L 33–107, Fed. Geol. Inst., Beograd.
- Tomljenović B, Csontos L, Márton E, Márton P (2008): Tectonic evolution of the northwestern Internal Dinarides as constrained by structures and rotation of Medvednica Mts., North

- Croatia. In: Siegesmund S, Fügenschuh B, Froitzheim N (eds): Tectonic Aspects of the Alpine-Carpathian-Dinaride System. Geol Soc Spec, Publ 298, 145-167.
- Ustaszewski, K., Schmid, S.M., Fügenschuh, B., Tischler, M., Kissling, E., Spakman, W., (2008): map-view restoration of the Alpine–Carpathian–Dinaridic system for the Early Miocene. *Swiss journal of Geosciences*, 101 (1), 273–294.
- Ustaszewski, K., S. M. Schmid, B. Lugović, R. Schuster, U. Schaltegger, D. Bernoulli, L. Hottinger, A. Kounov, B. Fügenschuh, and S. Schefer (2009): Late Cretaceous intra-oceanic magmatism in the internal Dinarides (northern Bosnia and Herzegovina): Implications for the collision of the Adriatic and European plates. *Lithos*, 108, 106–125.
- Ustaszewski K, Kounov A, Schmid SM, Schaltegger U, Krenn E, Frank W, Fügenschuh B (2010): Evolution of the Adria–Europe plate boundary in the northern Dinarides, from continent–continent collision to back-arc extension. *Tectonics* 29:TC6017.
- Vlahović I, Tišljarić J, Velić I, Matičec D (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 220, 333– 360.
- Weltje, G.J. and Von Eynatten, H. (2004): Quantitative Provenance Analysis of Sediments: Review and Outlook. *Sedimentary Geology*, 171, 1-11.