Usporedba petrografskog sastava paleogenskih pješčenjaka Banovine i Požeške gore.

Zadravec, Jure

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:088549

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET

GEOLOŠKI ODSJEK

JURE ZADRAVEC

USPOREDBA PETROGRAFSKOG SASTAVA PALEOGENSKIH PJEŠČENJAKA BANOVINE I POŽEŠKE GORE

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

Zagreb, 2020.

Ovaj je diplomski rad izrađen u prostorijama Geološkog odsjeka pod vodstvom doc. dr. sc. Borne Lužar–Oberitera, u sklopu Diplomskog studija geoloških znanosti na Prirodoslovno–matematičkom fakultetu (PMF) Sveučilišta u Zagrebu.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno–matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

USPOREDBA PETROGRAFSKOG SASTAVA PALEOGENSKIH PJEŠČENJAKA BANOVINE I POŽEŠKE GORE

JURE ZADRAVEC

Rad je izrađen: Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Sažetak: Glavni cilj ovoga rada je usporedba sastava uzoraka pješčenjaka sa Zrinske i Požeške gore, sličnih sedimentoloških karakteristika te paleogenske starosti, koja pruža bitan uvid u njihove provenijencije. Analizirani su uzorci pješčenjaka uzeti sa izdanaka paleogenskih naslaga u blizini Gornje Bačuge kod Petrinje i u dolini potoka Stupnica na Zrinskoj gori, te sela Škrabutnik na Požeškoj gori. Iz uzoraka su izrađeni petrografski preparati na kojima je provedena kvantitativna analiza petrografskog sastava Gazzi-Dickinson-ovom metodom. Napravljena je usporedba rezultata mikroskopiranja te brojanja zrna iz uzoraka sa dva istraživana područja te su podaci interpretirani u smislu regionalnog geotektonskog smještaja. Rezultatima je dokazano da istraživani paleogenski pješčenjaci imaju slična izvorišta materijala, koji većinom potječe od erodiranog vulkanskog luka. Te naslage ugradile su se u akrecijsku prizmu koju danas predstavlja Sava zona. Također, postoji mogućnost da su naslage formirane u istom taložnom bazenu.

Ključne riječi: provenijencija, petrografija,, pješčenjaci, paleogen, Banovina, Zrinska gora, Požeška gora

Rad sadrži: 31 stranica, 38 slika, 1 tablicu, 46 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, Prirodoslovno–matematički fakultet, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Mentori: doc. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter , prof. dr. sc. Marijan Kovačić, doc. dr. sc. Katarina Gobo

Rad prihvaćen: 28.02.2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Graduated Magister Thesis
PETROGRAPHIC COMPOSITION COMPARISON OF PALEOGENE SANSTONES OF BANOVINA AND POŽEŠKA GORA

JURE ZADRAVEC

Thesis completed in: Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Abstract: The main objective of this thesis is the composition comparison of the seemingly similar sanstone samples of Paleogene age from Požeška and Zrinska gora, which provides important insights into their provenance. The collected sandstone samples from the Palaeogene deposits of Gornja Bačuga in the vicinity of Petrinja, the and the village of Škrabutnik atop the Požeška gora were analysed. The samples were processed into thin sections, which were quantitively analysed using the Gazzi-Dickinson method. The final results from the two researched areas were compared, and the data interpreted in a way it would provide useful information about the regional geotectonic setting. The results have proven that the researched sandstones have had similar provenance. The detrital material is mostly made up from an eroded magmatic arc. The deposits have been embed into an accretionary prism, which is today represented by the Sava zone. There is also a possibility that the deposits were formed in the same sedimentation basin.

Keywords: provenance, petrography, sandstone, Palaeogene, Banovina, Zrinska gora, Požeška gora

Thesis contains: 31 pages, 38 figures, 1 table, 46 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological Library, Department of Geology, Faculty of Science, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Supervisors: doc. dr. sc. Borna Lužar–Oberiter

Reviewers: doc. dr. sc. Borna Lužar–Oberiter, prof. dr. sc. Marijan Kovačić, doc. dr. sc. Katarina Gobo

Thesis accepted: 28.02.2020.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svome mentoru doc. dr. sc. Borni Lužar-Oberiteru na stručnom vodstvu kroz ovaj rad, te zanimljivoj temi. Isto tako zahvaljujem se članovima komisije doc. dr. sc. Katarini Gobo i prof. dr. sc. Marijanu Kovačiću na lektoriranju i korisnim napomenama.

Zahvaljujem se svim profesorima te kolegama koji su moj studentski put svojim kvalitetnim radom ili pomoći učinili utoliko lakšim.

Svesrdna zahvala mojoj ženi i obitelji na potpori i strpljenju tijekom svih ovih godina studija geoloških znanosti.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1
2. GEOLOŠKI SMJEŠTAJ I GRAĐA 2
2.1. Regionalna geologija i smještaj 2
2.2. Geološka građa Požeške gore 5
2.3. Geološka građa Zrinske gore 7
3. MATERIJALI I METODE RADA 9
3.1. Terenski rad 9
3.2. Priprema uzoraka 13
3.3. Petrografska analiza i brojanje zrna 13
3.1. Provenijencija pješčenjaka i geotektonski okoliši 16
4. REZULTATI 18
4.1. Kvalitativni sastav 18
4.1.1. Uzorci s Zrinske gore 20
4.1.2. Uzorci s Požeške gore 23
4.2. Kvantitativni sastav 24
5. RASPRAVA 26
6. ZAKLJUČCI 30
7. LITERATURA 31

1. UVOD

Vuku li tri izdanaka paleogenskih naslaga, udaljena preko 110 kilometara zračne linije, na suprotnim stranama doline rijeke Save jednako podrijetlo, odnosno provenijenciju? Ovo pitanje predstavlja glavnu pretpostavku ovoga rada, koja je razrađena kroz provedenu kvalitativnu i kvantitativnu mikroskopsku analizu Gazzi-Dickinsonovom metodom brojanja detritarnih čestica kako bi se utvrdio sastav pješčenjaka.

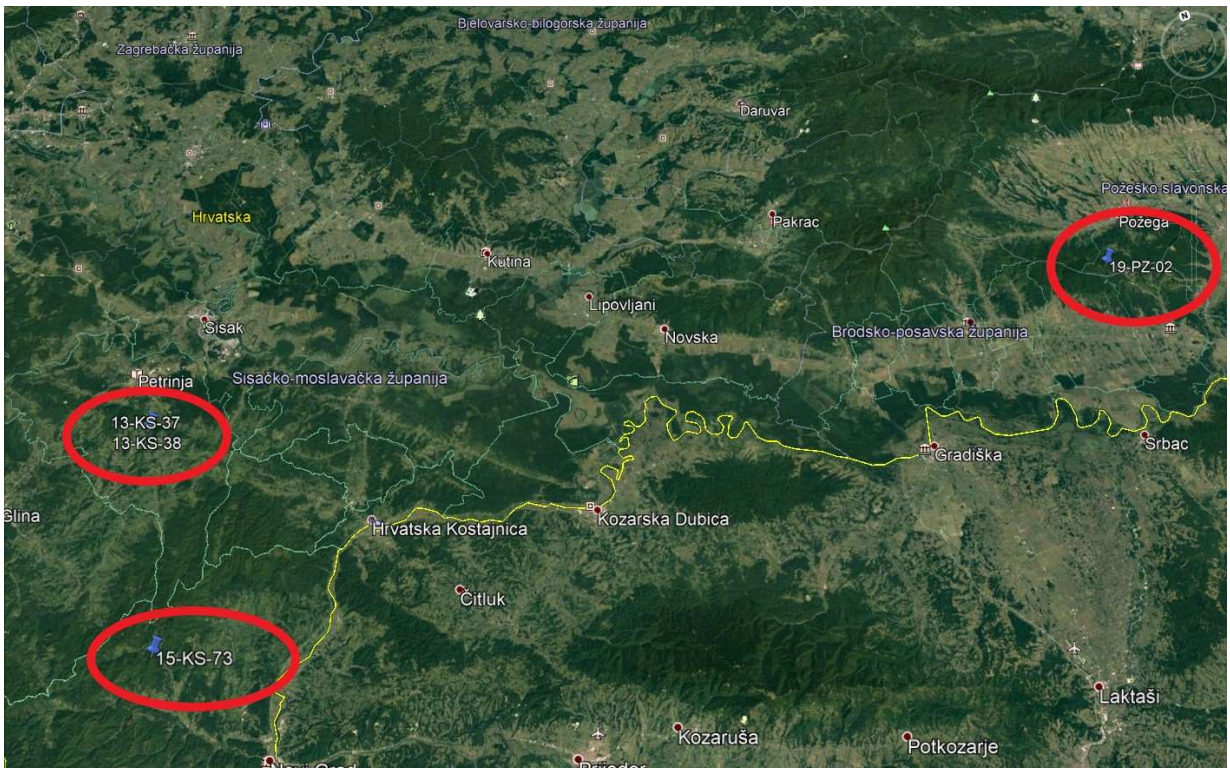
Ovi pješčenjaci geološki su zanimljivi, jer izdanaka paleogenskih naslaga na istraživanom području ima vrlo malo, te predstavljaju izolirane pojave koje potencijalno nose bitne informacije za rekonstrukciju regionalne geologije i paleodinamke tijekom paleogena, koje je teško povezati radi tektonske kompleksnosti predneogenske podloge i pokrivenosti mlađim naslagama Panonskog bazena.

Provenijencija stijenskog materijala koji izgrađuje klastični sediment odnosi se na njegovo podrijetlo, odnosno izvornost samog detritusa. Za njeno određivanje potrebna je rekonstrukcija cjelokupnog paleookoliša, paleodinamike i litologije. Pod pojmom paleookoliš podrazumijevaju se procesi trošenja, transporta čestica te taložni okoliši. Paleodinamika nam može više reći o tektonskim položajima bitnih jedinica te struktura, te u kakvim su međusobnim odnosima kroz geološku prošlost bile. Treća, možda i najbitnija stvar otkriva se poglavito mikroskopskom analizom, a to je litološki sastav detritusa. Imajući sve to na umu, može se dati znanstvena interpretacija problema koji se razrađuje, a u ovom konkretnom slučaju to se odnosi na podrijetlo materijala, odnosno detritarnih zrna, koja se nalaze u istraživanim paleogenskim pješčenjacima.

Kroz mikroskopsku analizu i brojanjem zrna u izrađenim preparatima utvrdio se sastav izabranih uzoraka pješčenjaka. Osim identifikacije glavnih sastojaka, dodatna pažnja posvećena je teksturama stijenskih fragmenata te utvrđivanjem njihove razdiobe, prisutnosti inkluzija u zrnima (monokristali kvarca, plagioklasa i feldspata) te akcesornih minerala koji daju informacije o izvorišnim stijenama.

U sljedećim poglavljima razrađena je problematika geološke građe dva istraživana područja (slika 1) Požeške i Zrinske gore kao i njihov regionalni kontekst. Opisane su korištene terenske i kabinetske metode, te rezultati kvalitativnog i kvantitativnog određivanja petrografskog sastava analiziranih pješčenjaka. Rezultati i interpretacija

provenijencije istraživanih sedimenata razmotreni su u kontekstu postojećih modela regionalne paleogeografije i geodinamike tijekom paleogena. Rezultati koje ovaj rad daje, potvrditi će neka prethodna istraživanja, te osvijetliti put novima. U okviru trenutnog geološkog i geografskog položaja, smisleno su pozicionirana nekadašnja područja te njihova paleodinamika.



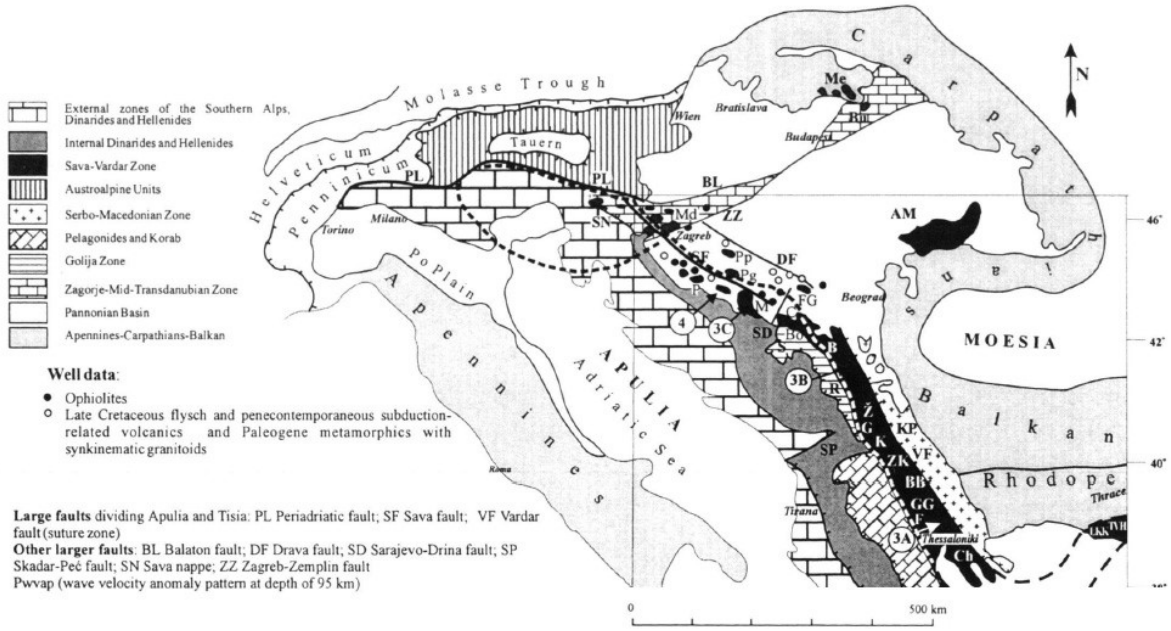
Slika 1. Satelitska snimka dijela Banovine, Slavonije te doline rijeke Save, s označenim mjestimaa izdanaka odakle su uzeti uzorci pješčenjaka. Preuzeto 01.02. 2020 sa Google Earth.

2. GEOLOŠKI SMJEŠTAJ I GRAĐA

2.1. Regionalna geologija i smještaj

Zatvaranjem oceanskih prostora između Jadranske ploče (Adrije) i Europe krajem krede je započeo novi ciklus sedimentacije koji je trajao kroz veći dio paleogena, popraćen vulkanskom aktivnošću i metamorfizmom (PAMIĆ, 1998). Upravo ovaj geološki raspon te razumijevanje procesa koji su se tada odvijali biti će od ključnoga značaja te temelj pri odredbi završne pretpostavke ovoga rada.

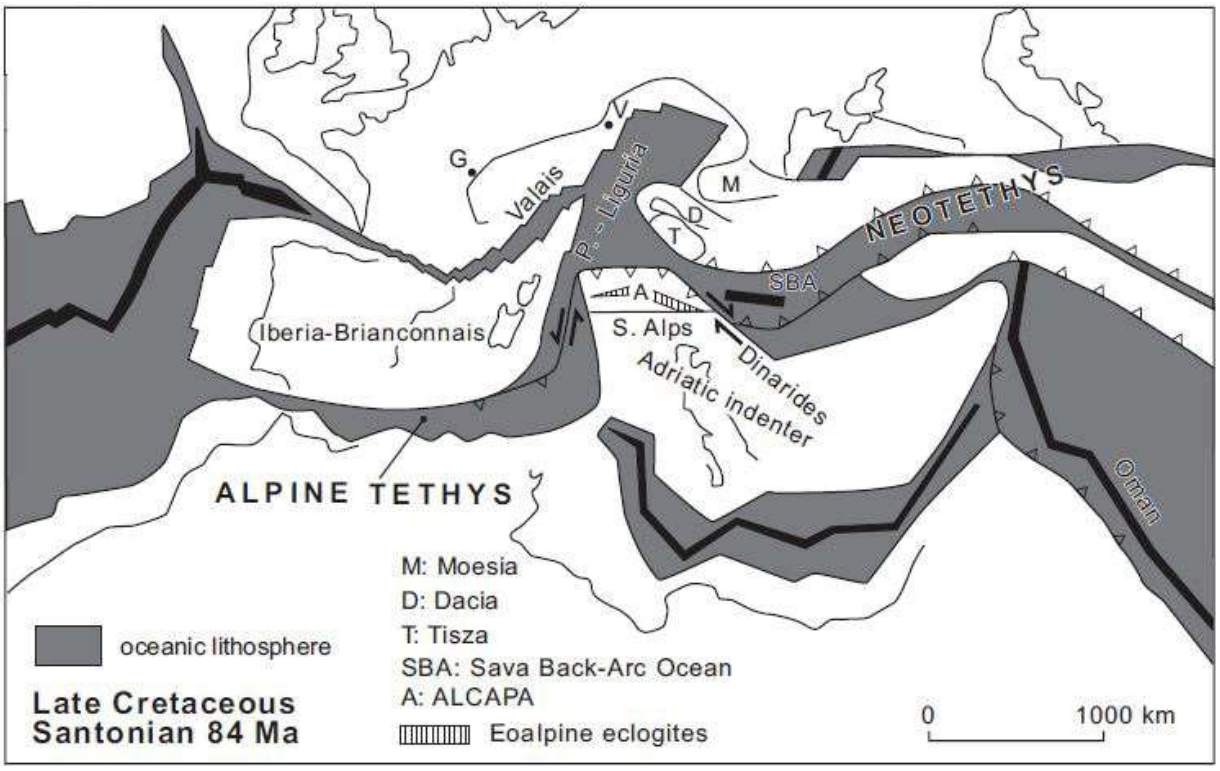
U zadnjih 50-ak godina, za područje Dinarida i okolice koristili su se različiti nazivi i podjele za tektonske jedinice te njihova geografska pružanja. Do današnje strukture ovo područje prošlo je kroz riftovanje u trijasu te posljedično širenje oceanskog dna, intraoceansku subdukciju i obdukciju ofiolita Neotethys oceana preko Jadranske ploče u kasnoj juri, te višestruke faze navlačenja tijekom krede i paleogena, te značajne rotacijske i lateralne pomake (SCHMID et al, 2008, USTASZEWSKI et al, 2010).



Slika 2. Područje Sava-Vardar zone (označeno crno) te okolnih geoloških regija. Modificirano prema te preuzeto iz PAMIĆ (2002.).

Zatvaranjem Neotethys oceana i početkom subdukcije Jadranske ploče ispod Europske, razvila se akrecijska prizma koja je evoluirala tijekom prvih stadija kolizije dvaju kontinenata, a u nju su se inkorporirali siliciklastični sedimenti s rubova Jadranske ploče. (USTASZEWSKI et al 2010). PAMIĆ (1993, 2002) je prvi povezao slične jedinice koje se protežu između Zagreba i Beograda, te dalje prema jugu kroz Makedoniju u jedinstvenu „Sava-Vardar zonu“. (slika 2 i 3). To je dio kenozojske granice Jadranske i Europske ploče, te predstavlja zapravo njihovu suturu. Ujedno je i posljednji dio ugrađen u Dinaride i Helenide tokom Alpinske orogeneze. Vardarski segment (ili „Vardar zona“) je područje između Pelagonida na zapadu i Rodopa na istoku široko između 40 i 70 kilometara. Ovu

zonu treba razlikovati od zapadno vardarske ofiolitne zone u Bosni i Hercegovini koja je inicijalno formirana krajem jure (SCHMID et al, 2008).



Slika 3. Područje Sava zone u kasnoj kredi, ovdje opisane kao *eng. Sava Back-Arc Ocean*, gdje je vrlo vjerojatno dolazilo do bazaltnog vulkanizma. Preuzeto iz SCHMID et al. (2008.).

Savski segment Sava-Vardar zone ili „Sava zona“ (PAMIĆ 1993, SCHMID et al, 2008) obuhvaća područje koje prati današnji tok rijeke Save između Zagreba i Beograda, gdje je veći dio predneogenske podloge prekriven naslagama Panonskog bazena.

U ovoj zoni postoje indikatori dubokomorskih taložnih prostora, u obliku pelagičkih sedimenata taloženih zajedno sa bazičnim efuzivima na oceanskoj kori, koji su trajali barem do kampana (USTASZEWSKI et al., 2009). Isti autori govore i da kasnokredni magmatski i sedimentni sljedovi tektonski naliježu na paleogenske sedimente. Uz sedimente, ovu zonu karakterizira pojava bimodalne vulkanske asocijacije unutar koje nalazimo gabro, dolerite, pillow bazalte, kisele tufove, vulkanoklastite, alkalno-feldspatske riolite, granite, itd. (ŠPARICA & PAMIĆ 1986). Sjeverni dijelovi Sava zone građeni su od flišnih sekvenci, koje se proslojavaju s bazaltima, riolitima i ignimbritima, ofiolitnim melanžom, kasnopaleogenskim metamorfnim sekvencama, te glaukofanskim škriljavcima (PAMIĆ 2002). Sava zona u sjeverozapadnoj Bosni i Hercegovini većinom je pokrivena flišnim

sekvencama, a ispod nje nalaze se slojevi krednih sekvenci koji su slabo očuvani (JELASKA 1978, PAMIĆ 1998). Niži dijelovi kasnokrednog do ranopaleogenskog fliša mjestimice su proslojeni s bazaltima, riolitima i ignimbritima, intrudiranih sa A-tipom granita (PAMIĆ et al, 2000). Razlika u geološkim i izotopskim starostima bimodalne asocijacije bazalta i riolita prouzrokovanih subdukcijom i ekstenzijom zalučnog bazena (72 Ma), te A, I i S tipova završnih granitnih plutonizma (48 Ma), mogla bi predstavljati trajanje (cca 24 Ma) zalučnog sustava Dinaridsko-Helenidskoga Tethys-a (PAMIĆ, 2002).

Taj kasnokredno-paleogenski vulkanski i sedimentni kompleks bio je naknadno metamorfoziran, pod utjecajem više tipova granitnog plutonizma (PAMIĆ 1993). Uvjete metamorfizma dao je USTASZEWSKI et al. (2010), odredivši relevantne raspone temperature od 550 do 630 stupnjeva Celjzijusevih, te tlakove između 5 i 7 kilobara.

Sava zona predstavlja, kako po geološkom smještaju, tako i po sastavu, akrecijsku prizmu u koju su se ugrađivali materijali potekli sa Adrije, Tisije te iz ofiolitnog kompleksa koji je navučen na Adriju (usmena komunikacija Borna Lužar-Oberiter). Tisija je pred-neogenska baza Panonskog bazena, koje se rasprostije sjeverno od Savaa zone. Od Europskog kopna odvojila se u gornjoj juri (SCHMID et al., 2008).

Prethodno spomenuti dinarski ofioliti nastali su navlačenjem oceanskih mafita Tethys-a preko subducirane Jadranske ploče tijekom srednjeg do kasnog mezozoika. Kroz ova velika gibanja ploča, Alpska orogeneza je među ostalima uzdigla i Karpate, Kavkaz, Atlas, Himalaja, Pireneje,.. Jadranska ploča se još uvijek pomiče prema sjeveroistoku, nezavisno od kretanja Eurazijske ploče (DEVOTI et al., 2002). To uzrokuje relativno česte potrese srednjih jačina, rijetko i snažnih na njenim rubovima. Primjer posljedica tih tektonskih aktivnosti je poznati potres koji je skoro sravnio Dubrovnik još 1662. godine. Krajem 2019. snažan potres 6,4 po Richteru odnio je 52 života u Albaniji.

2.2. Geološka građa Požeške gore

Požeška gora jedna je od pet gora koje okružuju Požešku kotlinu. Smještena je na granici Sava zone – tranzicijskoga područja između Tisije i unutarnjih Dinarida. Nalazi se na njenom sjevernom rubu, te na njoj nalazimo navučene neogenske sedimentne stijene, asocirane sa kasnokrednim do paleogenskim vulkanitima i sedimentima (PAMIĆ, 1998).

Vrh Kapavac najviša je točka ove gore sa svojih 618 metara. Vulkanska masa ove gore volumenom je najveća u Hrvatskoj, a tek STUR (1862) prvi spominje njenu geologiju te vulkanske stijene koje je pronašao naziva felsičnim porfirima i tufom.

KOCH (1917), TAKŠIĆ (1944) i ŠPARICA et al. (1979,1980) ustanovili su da rioliti, alkalno-feldspatski graniti i bazalti na Požeškoj Gori pripadaju paleogeno/neogenu. Pronalazak „scaglia“ vapnanaca koji su interstratificirani sa navedenim vulkanitima navode PAMIĆ & ŠPARICA (1983) da stijenama pripišu gornjokrednu starost. Oni nose fosile globotrunkanskih foraminifera, koji uvelike olakšavaju relativno datiranje. Nakon toga pojavila se pretpostavka da stijene pripadaju alohtonom bloku trijaske starosti sukladno sličnim asocijacijama pronađenim na ostalim mjestima u Dinaridima (MAJER & TAJDER 1982). Naposlijetku, K-Ar analizama PAMIĆ et al. (1988) utvrdili su apsolutnu starost stijena od 71,5+-2,8 Ma, što ih je ponovno postavilo u doba gornje Krede. Naknadna mjerenja daju starosti bazalta između 66 i 48 Ma (PAMIĆ 1993).

Bazalti ove jedinice pojavljuju se ponajviše jugoistočno od Požege (BELAK et al. 1998) između sela Vidovci i Komušina, te južno od Drškovaca. U kontaktu su sa granitima riolitima i riolitnim tufovima, te djelomice natkriveni neogenskim sedimentima. Ove stijene većinom su uslojene i alterirane, s varirajućim strukturno-teksturnim značajkama. Postoje i podvodne efuzije koje možemo okarakterizirati kao pillow lave, nastale u ekstenzijskim zonama u kontinentalnoj kori. Kontakt tih bazalta sa sedimentnim stijenama je karakterističan, te je često oštar, s izmijenjenim granicama i rekristaliziranim vapnencima. BELAK et al. (1998) ovdje govore o enklavama vapnenaca u razdoblju vulkanskih aktivnosti. Autori daju i mineraloški opis bazalta: bazični plagioklasi, albiti i pirokseni kao glavne komponente, te klorit, epidot, kalcit, kvarc i ostali kao sekundarne te ilmenit, magnetit i apatit kao akcesorne. Plagioklasi su većinom alterirani u kiselije članove niza, a teksturne karakteristike se razlikuju – od sitno zrnatih preko porfirskih do vezikularnih bazalta. Pripadaju toleiitnoj seriji, a većinom su spilitizirani, te se svježi nalaze tek dublje.

Iz ovoga razdoblja pronađeni su i intruzivi; dijabazi i gabrodijabazi, koji se nalaze kao žile u granitima, no ipak su mlađi od bazalta, čija ih magmatska tijela sijeku. Ove vulkanske stijene na Požeškoj gori su alohtoni, te svoje korijene vuku iz gornjokrednog vulkanizma sjevernih Dinarida, iz zone Prosara-Motajica-Cer-Bukulja (PAMIĆ, 1987). Riolitni vulkanizam započeo je subdukcijom Jadranske ploče te parcijalnim taljenjem kore. Tadašnji tektonski procesi subdukcije te posljedičnog uzdizanja u Eoalpinskoj orogenezi podigla su

teren sjevernih Dinarida, koji se naposljetku istrošio (BELAK et al., 1995). Bazalti su tako dio bazenskog vulkanizma gornjoplaštnog protolita koji je bio odvojen od riolitne diferencirane taljevine subducirane ploče, te je trajao sve do pirinejske orogeneze kada je bazen zatvoren.

Ova jedinstvena vulkanogeno-sedimetna formacija leži navlačno na neogenske sedimente (PAMIĆ, 1987). Graniti zajedno s riolitima predstavljaju istu seriju magme koja potječe iz gornjeg plašta (BELAK et al. 1998). Bazalti su pak podvodni efuzivi iz ekstenzijske zone, te sačinjavaju magmatski dio spomenutog kompleksa na sjeveru gore. Cijelu formaciju presijecaju još i dajkovi dijabaza te nešto veća tijela A tipa granita. Na južnom dijelu gore nalaze se metamorfiti u obliku kvarcnih-muskovitnih škriljavaca, filita i kvarcita. Ove stijene mogu se pozitivno korelirati sa svojim jugoistočnim susjedima, gorama Prosarom i Motajicom u sjevernoj Bosni (ŠPARICA & PAMIĆ 1986).

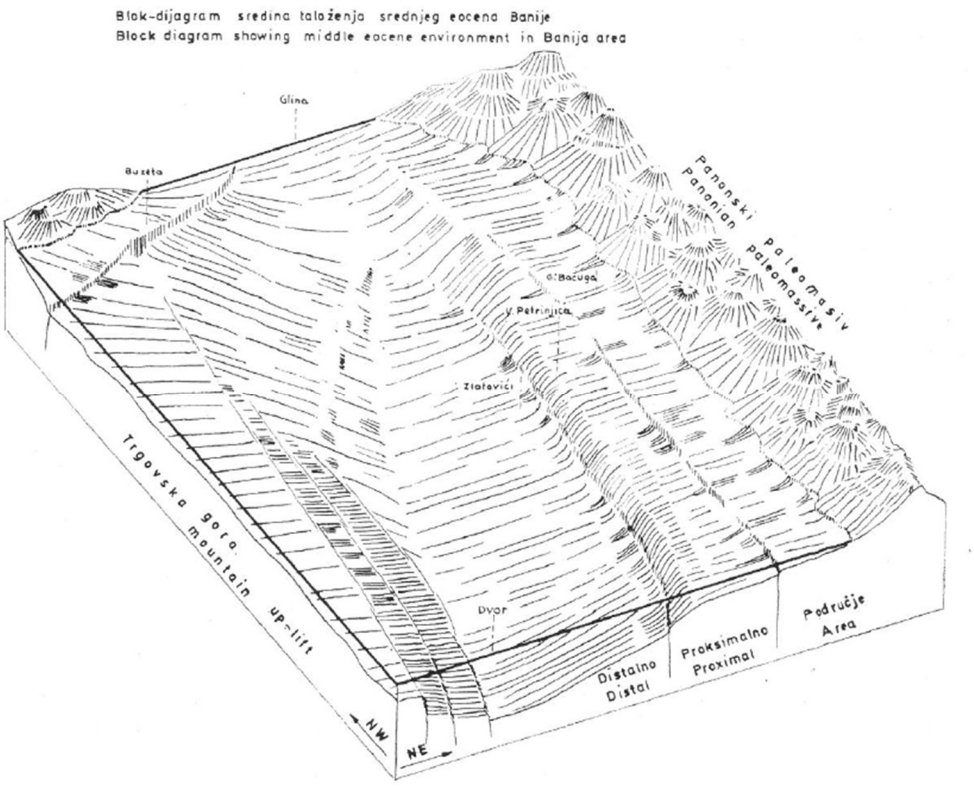
Na Požeškoj gori je upravo bimodalni vulkanizam toleiitnih bazalta i riolita taj koji se proslojava s fosilifernim senonskim vapnencima, mastrihtskim šejlovima, tufovima i pješčenjacima.

2.3. Geološka građa Zrinske gore

Zrinska gora je široko gorsko područje u južnoj Banovini, topografski okruženo s rijekama Majom, Glinom, Kupom i Savom. Njeno glavno područje naziva se Šamarica, gdje leži i najviši vrh od 616 metara nadmorske visine. Paleogenski sedimenti čine najviši dio ovoga područja, a neogenske naslage čine rubne dijelove, te uzrokuju probleme s klizištima na kosinama zbog visokog udjela glina.

Pomicanjem prema jugu gore, sedimenti i metamorfiti paleogenskih starosti gube većinski karakteristični sastav koji je proizašao iz mogućih alteriranih bazalta i riolita/granita, te pokazuju sve jače karakteristike provenijencije oceanske kore i ofiolita, u vidu akcesornih minerala, npr. kromspinela (JURKOVIĆ, 2019). Konglomerati s područja Banovine sadrže valutice granitoida, čak i do decimetarskih dimenzija, koje nam govore da one moraju poticati iz kontinentalnog vulkanizma, a ne iz ofiolita ili zalučnih bazalta (MAJER, 1983). Dio paleogenskih sedimenata sastavljen je od fliša, gdje nalazimo izmjene vapnenaca, pješčenjaka, lapora, itd. Ovdje imamo tipičan taložni slijed predgorskog bazena

(slika 4) koji svoj razvoj počinje s pelagičkim sedimentima, preko fliša do molase (COVEY, 1986, SINCLAIR & ALLEN, 1992, De CELLES & GILLES, 1996). Sličan razvoj postoji i na području Požeške gore te gora sjeverne BiH, gdje nalazimo gornjokredne krupnozrnate klastite, pjeskovite turbidite i pelagičke vapnence, a koji se proslojavaju s vulkanitima diskordantno prekrivenima s paleogenski mkonglomeratima (PAMIĆ & ŠPARICA 1983, PAMIĆ ET AL 1990, JAMIČIĆ, 2007).



Slika 4. Prikaz pretpostavljenog izgleda taložnog bazena tijekom srednjeg eocena na području Banovine. Preuzeto iz Jelaska et al. (1969).

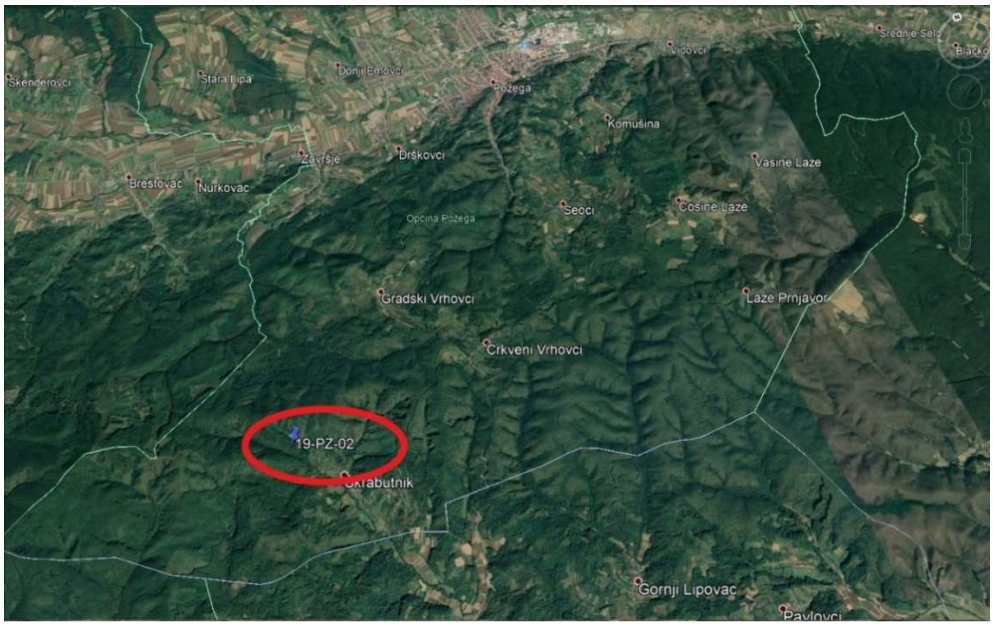
Na lokalitetu u blizini Gornje Bačuge, gdje su uzeti uzorci 13-KS-37 i 13-KS-38, JELASKA (1969) govori kako nisu zapažene karakteristike turbidita na slojevima. Ustanovljena su 52 sloja, debljina od 10cm do 10m. To su konglomerati valutica veličine šljunka, čak blokovskih dimenzija, koje su sastavljene od raznih granitoida, dijabaza, kvarcnih pješčenjaka i škriljavaca. Pješčenjaci su srednjezrnati te su miješani s konglomeratima, sa nepotpunom gradacijskom slojevitosti te oštrim prijelazima između slojeva. Tijekom eocena glavne izvorišne stijene bile kiseli i bazični eruptivi te "kristalasti škriljci". Također govori da se pješčenjaci s najviše karbonatne komponente nalaze na

jugozapadnim dijelovima Šamarice. MAJER (1983.) daje opširni opis litološkog sastava fragmenata pronađenih u eocenskim konglomeratima. Od metamorfnih stijena navodi gnajs, kvarcit, kvarc-muskovitni škriljavac, kloritni škriljavac i „kalkšist“. Od sedimentnih stijena pronađeni su litični fragmenti pješčenjaka, vapnenaca, rožnjaka i šejlova. Možda najvažnije za temu ovoga rada su pronađeni fragmenti magmatskih stijena: gabro, dijabazi, keratofiri, spiliti, kvarckeratofiri i „cijela serija hipoabisalnih i intruzivnih kiselih stijena“ s granitima, plagiogranitima i albitsnik granitima.

3. MATERIJALI I METODE RADA

3.1. Terenski rad

Za potrebe izrade ovoga rada na terenu je uzeto devet uzoraka s tri lokaliteta, jednog s Požeške gore i dva sa Zrinske gore. Uzorci s Požeške gore uzeti su na izdanku u dolini potoka sjeverozapadno od sela Škrabutnik (slika 5). Ovdje se pojavljuju paleogenske naslage u kojima dominiraju slabo sortirani konglomerati (slika 6). Valutice unutar konglomerata su dobro zaobljene te im veličina varira od sitnog šljunka do decimetarskih dimenzija. Mjestimično se pojavljuju leće i proslojci pješčenjaka iz kojih su uzeti uzorci za potrebe ovog rada (uzorci 19-PZ-02A, B, C, D i E).



Slika 5. Satelitska snimka sjevernog dijela Požeške gore, s označenim mjestom izdanka odakle su uzeti uzorci 19-PZ-02 (A-E). Preuzeto 01.02. 2020 sa Google Earth.

Slika 6. Paleogenski konglomerati u blizini sela Škrabutnik na Požeškoj gori. Dominiraju slabo sortirani konglomerati unutar kojih se mjestimično pojavljuju proslojci i leće pješčenjaka.

Na sjevernom kraju Zrinske gore uzeta su dva uzorka (13-KS-37 i 13-KS-38) s usjeka stare i neaktivne željezničke pruge Petrinja-Glina. JELASKA (1969) ovim pješčenjacima utvrđuje eocensku starost. Na navedenom izdanku sa Zrinske gore moguće je jasno prepoznavanje te razdjeljivanje slojeva konglomerata i pješčenjaka. Konglomerati su opisani već ranije u radu, a sadrže zaobljene valutice granitoida, vidljivih teksturnih i strukturnim karakteristika na terenu. Pješčenjaci su srednjezrnati, na izdanku sivih do smeđih nijansi. Nije primijećena gradacija zrna, a od konglomerata odvojeni su vidljivim slojnim plohama, koje nisu uvijek pravilne (slike 7, 8 i 9). Izmjeren je položaj slojeva pješčenjaka: 250/59.

Slike 7 i 8. Izmjena slojeva konglomerata i pješčenjaka (lijevo) i krupnozrnati konglomerati (desno) kod Gornje Bačuge (Zrinska gora).

Na južnom dijelu Zrinske gore (slike 10 i 11), u dolini potoka Stupnica uzet je uzorak (15-KS-73) iz slijeda naslaga koje se odlikuju izmjenom lapora i turbiditnih pješčenjaka. Na temelju nanoplanktona utvrđena je paleocenska starost uzorkovanih naslaga (usmena komunikacija Borna Lužar-Oberiter)

Slike 9. Satelitska snimka sjevernog dijela Zrinske gore, s označenim mjestima izdanka odakle su uzeti uzorci 13-KS-37 i 13-KS-38. Preuzeto 01.02. 2020 sa Google Earth.

Slika 10. Slojevi pješčenjaka iz kojih je uzet uzorak 13-KS-73.

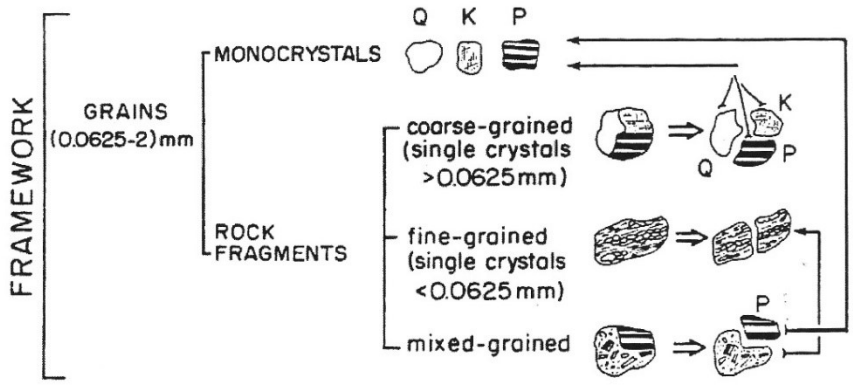
Slika 11. Satelitska snimka južnog dijela Zrinske gore, s označenim mjestom izdanka odakle je uzet uzorak 13-KS-73. Preuzeto 01.02. 2020 sa Google Earth.

3.2. Priprema uzoraka

Prikupljeni uzorci obrađeni su u mikroskopske preparate u tehničkom laboratoriju Mineraloško-petrografskog zavoda na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu. Uzorci su piljeni, dimenzionirani te izbrušeni na debljinu od oko 20 do 30 μm, odnosno do razine gdje zrna kvarca (koja su prisutna u svakom uzorku) pod analizatorom nisu dobila karakterističnu sivu interferencijsku boju. Izbrušeno je 11 preparata, koji su kasnije korišteni za petrografsku analizu te brojanje zrna Gazzi-Dickinsonovom metodom.

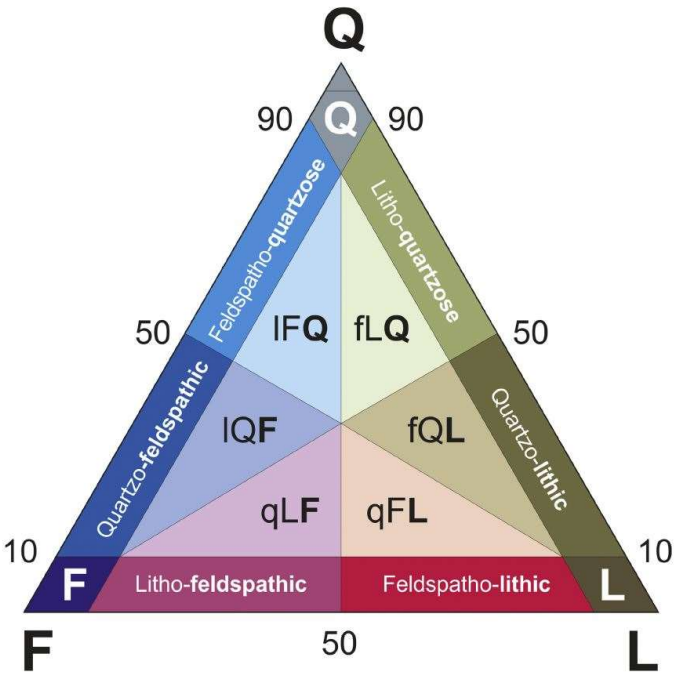
3.3. Petrografska analiza i brojanje zrna

Izrađeni preparati analizirani su pod polarizacijskim mikroskopom te fotografirani uz pomoć kamere spojenom sa DinoCapture softverom na računalu. Uzorci su fotografirani u prolaznom svjetlu sa uključenim analizatorom (N+) ili bez njega (N-). Osim standardne petrografske kvalitativne analize, korištena je i Gazzi-Dickinsonova metoda brojanja zrna, gdje se u jednakim razmacima u preparatu broje zrna kvarca (Q), feldspata (F) i litičnih fragmenata (L). Uz brojanje ovih zrna poželjno je voditi računa i dodatno brojati pojavljivanja drugih mineralnih zrna i tipova, odnosno varijeteta pojedinih zrna ili litičnih fragmenata koje mogu dati dodatan uvid u problematiku provenijencije. Gazzi-Dickinsonova metoda brojanja bazira se na više radova koji su se bavili problematikom sastava i nazivlja pješčenjaka, npr.: DICKINSON (1970), GAZZI (1966), GAZZI et al (1973), GRAHAM et al. (1976), te INGERSOLL & SUCZEK (1979), ZUFFA (1985).



Slika 12. Način odredbe zrna u Gazzi-Dickinson-ovoj metodi brojanja. Preuzeto iz Zuffa (1985).

Kod takvoga brojanja kao granica za određivanje zrna od matriksa uzima se veličina od 0,0625mm, odnosno 0,63μm. Kako navode INGERSOLL et al. (1984), glavna prednost ove metode je ta da omogućuje usporedbu uzoraka različite dobre sortiranosti. Svrha korištenja ove metode je smanjivanje varijacije u određivanju sastava sa veličinom zrna. To znači da treba naglasiti da ukoliko imamo monomineralno zrno, koje zbog svoje rezistentnosti ostalo ili se odvojilo od fragmenta stijene, ili zrno veće od 0,63μm unutar fragmenta, ona se svrstavaju kao monomineralno zrno (slika 12). Također se preporučuje ignoriranje, ukoliko je to moguće odrediti, autigenih zrna iz taložnoga bazena. GARZANTI (2016) je predložio QFL dijagram organiziran je u 15 polja (slika 13), gdje svako polje imenom odražava sastav pješčenjaka, te time pruža kvalitetniju klasifikaciju od one tradicionalne, pa i zastarjele podjele na arkoze (eng. *arcose*) i grauvake (eng. *graywacke*). Još je FOLK (1968) u svome radu napisao: „Grauvake su vrlo čvrste, ružne, prljave tamne stijene o kojima se na terenu ne može previše zaključiti“. GARZANTI (2018) kaže da tradicionalna podijela na arkoze i grauvake ne daje nikakve podatke o tektonskom položaju, hidrodinamici ili mehaničkoj i kemijskoj izdržljivosti izvorišnog područja. Brojne druge klasifikacije pješčenjaka po KLEIN (1963), OKADA (1971), SCHOELLE (1979) također su se koristile, ali nisu pogodne jer ne daju potpuno razumijevanje prirode dijageneze i cementa, te ne pružaju pomoć pri uvidu u geodinamsku paradigmu. Također, neke tradicionalne podjele su tumačile povezanost tekstura sa strukturom pješčenjaka, što je stvaralo dodatne nesuglasice i iznimke kod nazivlja (INGERSOLL et al. 1984), te preklapanje kategorija.



Slika 13. Q-F-L trokomponentni dijagram, preuzeto iz Garzanti et al. (2018), Na dijagramu su označena polja nazivlja pješčenjaka.

Naravno, potpuni geodinamski kontekst neće se u potpunosti moći izvući iz QFL dijagrama, te je osnovna ideja ove metode upotpunjavanje iste sa znanjima o sastavu sedimenata, kako bi se povukle paralele sa geodinamikom.

Bitno je naglasiti, da se kod ovakve metode brojanja mora pažljivo pregledati svako zrno, njegovi rubovi i prisutnost alteracija. Zrna se klasificiraju uzimajući u obzir teksturu i prirodu minerala koji su unutar njih pronađeni. Primjera radi, zrno litičnog fragmenta koje je sastavljeno od suturiranih zrna kvarca, feldspada te plagioklasa, s mogućim popratnim muskovitima ili biotitima svrstava se u metamorfne litične fragmente. Takvo zrno moglo je nastati metamorfozom iz kiselih intruziva, kiselih efuziva ili pješčenjaka. Posljedično, ono ima ulogu u određivanju provenijencije. Drugi izvrstan primjer su zrna s pregrštom zelenih klorita, epidota s popratnim relativno svježijim plagioklasom te nešto feldspata. To zrno prošlo je kroz alteraciju, možda i metamorfizam nekog stupnja, a poteklo je iz mafitnijih stijena, npr. bazalta, gdje su se bazični silikati kao što su pirokseni i amfiboli alterirali u klorite, epidote i granate.

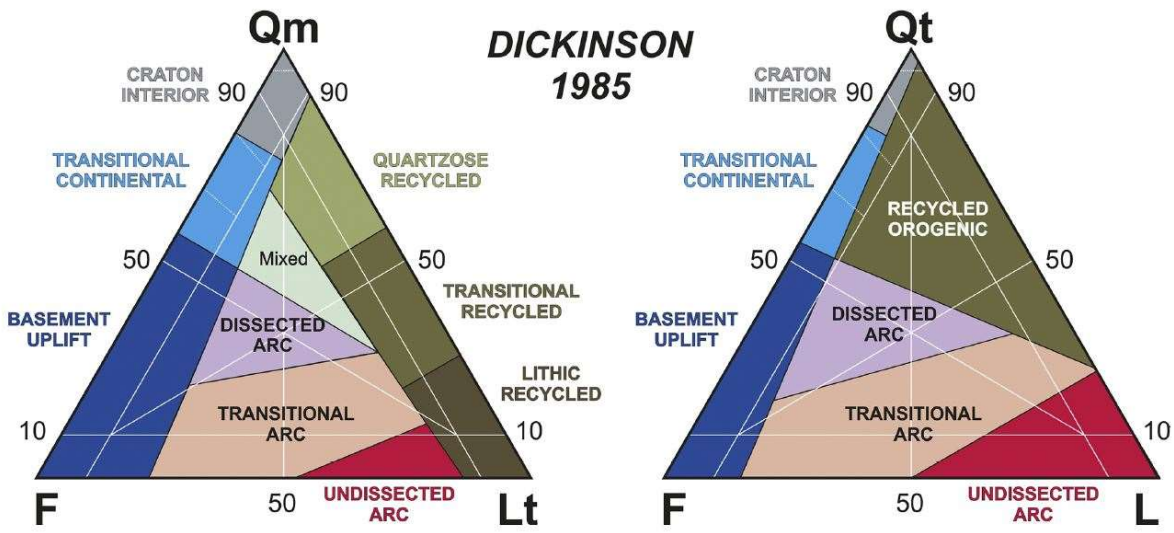
S druge strane, zrna koja su monomineralna, nekoć su bila u sastavu većih valutica odnosno litičnih fragmenata, koja su se kroz trošenje i transport odvojila od toga zrna. Faktor koji najviše utječe na sastav pješčenjaka je tektonski položaj izvorišne stijene (INGERSOLL et

al. 1984). Tako do izražaja dolaze faktori kao što su klima, mehanizam transporta, okoliš taloženja i naposlijetku dijagenetske promjene. Na taj način, imajući u vidu ukupnosti značajki koje su stvorile stijenu dobiju se mnogo bolji rezultati istraživanja originalnog detritalnog sastava.

Zrna su pri brojanju podijeljena u 3 glavne skupine: Q (kvarc), F (feldspati) i L (litični fragmenti). Q se dalje može podijeliti na Qm (monokristalni kvarc) i Qp (polikristalni kvarc). U Qm spadaju zrna kvarca veća od 0,63μm (što vrijedi i za zrna feldspata i plagioklasa), bilo da su prisutna kao zasebna zrna ili dio fragmenta. U Qp spadaju sva zrna čistog polikristalnog kvarca ili čerta. Feldspati se mogu također podijeliti u 2 česte kategorije: K (kalijski feldspati, dalje u radu oznaka K) i P (plagioklasi, dalje u radu oznaka P). Pertitna zrna sa vidljivim izlučivanjem izdvajanjem, broje se kao alkalijski feldspati (DICKINSON, 1985). Naposljetku, fragmenti stijena mogu se podijeliti na Lv (fragment vulkanske stijene), Lm ili Ls. Ovdje valja razjasniti da fragment stijene koji sadrži i najmanje nečistoće biva brojen kao Lm (fragment metamorfne stijene), odnosno Ls (fragment sedimentne stijene). Ovakva podjela dati će pri izradi i tumačenju grafova najkorisnije rezultate. Pertitna zrna sa vidljivim izlučivanjem izdvajanjem, broje se kao alkalijski feldspati (DICKINSON, 1985). Da bi se otklonila varijacija sastava unutar preparata, u svakom preparatu izbrojilo se minimalno 300 zrna.

3.1. Provenijencija pješčenjaka i geotektonski okoliši

Općenito, grupiranjem različitih tipova zrna u dijagrame (slika 14), možemo dobiti različita saznanja o nastanku pješčenjaka (DICKINSON, 1985). Na taj način, trokomponentnim dijagramima prikazujemo različita polja te im pridružujemo različita značenja i nazive. Najveći tipovi kontinentalnih izvorišta detritusa pješčenjaka su stabini kratoni, *basement uplift*, vulkanski lukovi te reciklirani orogeni. Omjeri utjecaja takvih izvorišta mogu se dobiti kroz korištenje modalnoga sastava pješčenjaka u trokomponentnim dijagramima. Tako evolucijski trendovi pješčenjaka u pojedinim bazenima mogu ukazivati na promjenu tektonskog položaja područja odakle materijal dolazi, odnosno promjenu sastava zbog uznapredovale erozije.



Slika 14. F-Qm-Lt i F-Qt-L trokomponentni dijagrami, preuzeto iz Garzanti et al, 2018., modificirano prema Dickinson, 1985. Prikazuju kategorije, odnosno tektonske položaje izvorišta materijala ovisno o normativnom sastavu komponenata dijagrama.

Za potrebe analize provenijencije koristili su se opisi te značajke tipova provenijencije koje je dao DICKINSON (1985) u svome radu. Kako je već prije navedeno, razdioba koja daje najbolje te značajne rezultate pri određivanju detritalnih provincija je na stabilne kratone, uzdignuća bazena, vulkanske lukove te reciklirane orogene.

Tektonski položaj stabilnih kratona može se opisati kao unutrašnjost kontinenta, odnosno pasivna platforma. Ovaj tip provenijencije bogat je kvarcnim (Q) detritusom, s visokim omjerom Qm/Qt te K/P. Qt predstavlja ukupna kvarcna zrna, odnosno jednostavnije Q.

Basement uplift odnosi se na ekstenzijska područja koja se zbog tektonike, odnosno kretanja plašta uzdignu. To se događa na riftnim područjima te transformnim rupturama. Trošenjem daju detritus bogat kvarcom i feldspatima (Qm i F), sa niskim sadržajem L te K/P i Qm/F omjerima sličnim temeljnoj stijeni. Sadržaja je sličnoga kao temeljne stijene (mafiti).

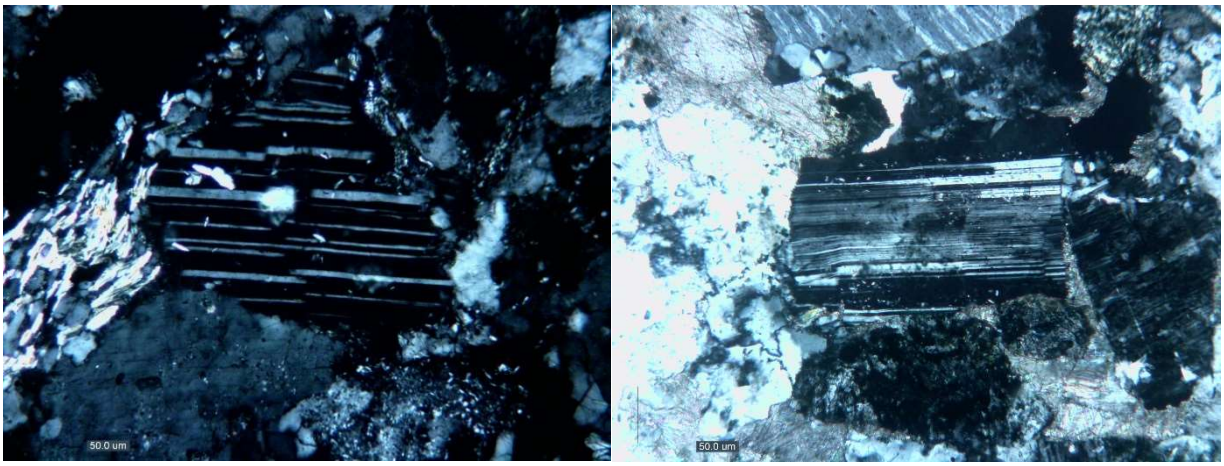
Magmatski lukovi mogu biti ili otočni, ili kontinentalni. Daju feldspatolitične (F i L) pijeske s visokim omjerom P/K i Lv/Ls.

Reciklirani/trošeni orogeni karakteristični su provenijencijski tip kada je u pitanju tektonski položaj koji odgovara subdukcijskom kompleksu ili pojasu rasjedanja i navlačenja (*eng. fold-thrust belt)*. Karakterizira ih detritus bogat kvarcom (Q) i litičnim fragmentima (L), siromašan sa F i Lv, te s varijabilnim omjerima Qm/Qp i Qp/Ls.

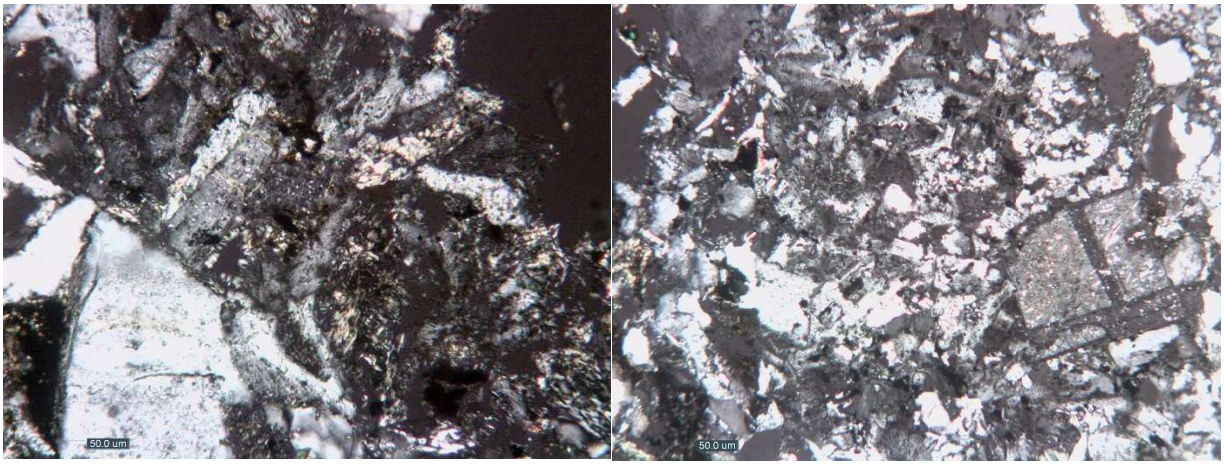
4. REZULTATI

4.1. Kvalitativni sastav

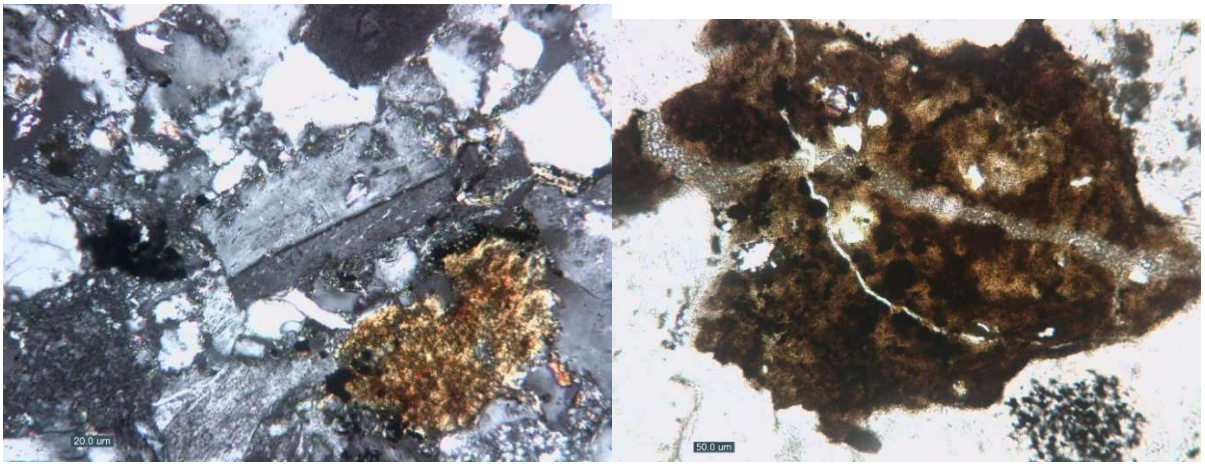
Nakon provedene petrografske analize, ustanovljeno je da svi analizirani pješčenjaci imaju srednje sortirana zrna, sa pojavama većih dimenzija fragmenata od >2mm. Preparati iz uzoraka 19-PB-02A i 19-PB-02B imaju zrna većih dimenzija koja su zaobljenija. Svi uzorci spadaju u arenite, čiji su glavni sastojci kvarc, feldspati, plagioklasi i litični fragmenti. U svim preparatima vidljive su deformacije unutar pojedinih zrna plagioklasa i tinjaca, undulozna potamnjenja u feldspatima i kvarcu, njihova izlučivanja te aktinolitne i rjeđe muskovitne inkluzije u Q i F. Vrlo rijetko pojavljuju se i zrna vapnenca. Zrna granofelsa predstavljaju vulkanski protolit. Pod pojmom granofels u ovome radu podrazumijevati će se granoblastična metamorfna zrna felsičnoga protolita kao što su granitoidne sitjene. Karakterizirani su granoblastičnom teksturom te suturiranim šavovima među zrnima kvarca, feldspata i plagioklasa koji su vidljivih karakteristika dovoljnih za determinaciju. Alkalijski feldspati su većih dimenzija zrna nego kvarc i plagioklasi, koji pokazuju sraslačke lamele (vidljivo iz slika 15 i 16).



Slika 15 i 16. Primjerci zrna plagioklasa iz preparata 13-KS-38B(lijevo) i E (desno) s deformiranim sraslačkim lamelama (N+).



Slika 17 i 18. Primjerak litičnog fragmenta vulkanske teksture moguće potekao od alteriranog bazalta (lijevo) odnosno riolita (desno) iz preparata 13-KS-37-1 (N+).



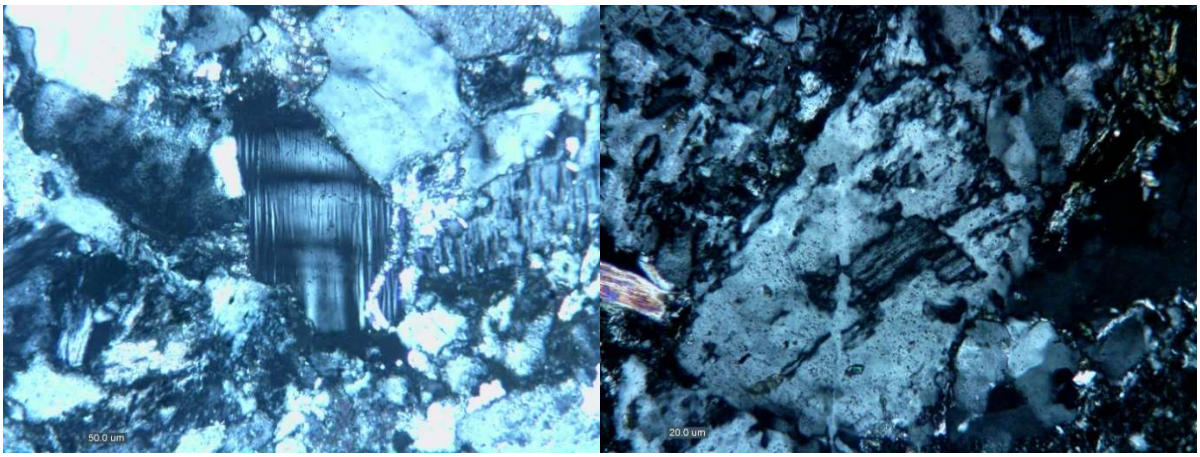
Slika 19 i 20. Zrno sanidina (N+) i sedimentnog litičnog fragmenta muljnjaka iz preparata 13-KS-37-1.

4.1.1. Uzorci s Zrinske gore

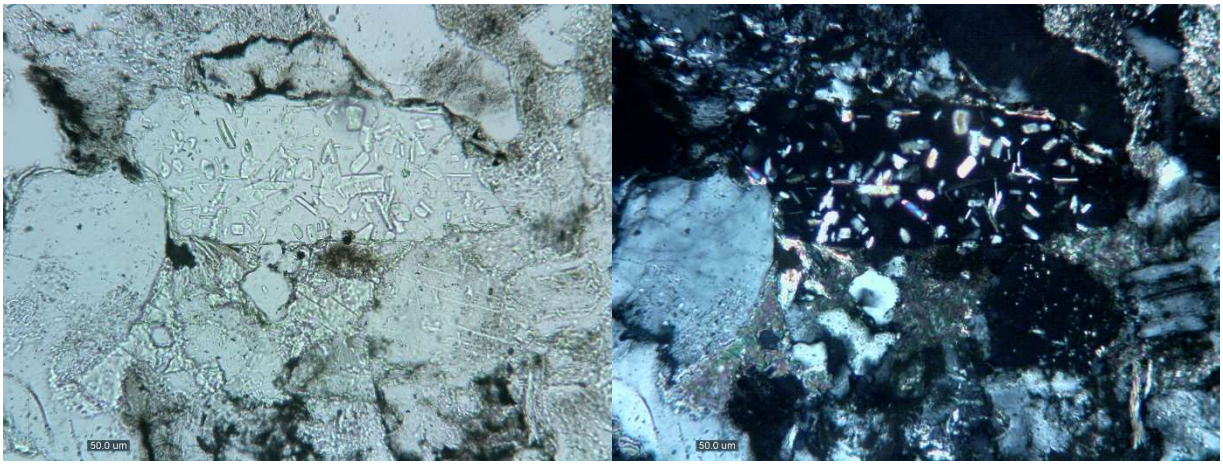
Sa Zrinske gore uzeta su tri uzorka, 13-KS-37, 13-KS-38 i 13-KS-73. Od njih su napravljena 4 mikroskopska preparata: 13-KS-37-1, 13-KS-37-2. 13-KS-38B i 13-KS-73.

U preparatima 13-KS-37-1 i -2 nema kalcitnog cementa. Cement je filosilikatni, gdje se mogu razaznati kloriti. U ovim preparatima pronađena su zrna zelenih škriljavaca s lineacijom te aktinolitima i kloritima. Vrlo su česta zrna potekla iz mogućih alteriranih riolita i bazalta (slike 17 i 18), koja su često trošena te alterirana. U tim fragmentima efuzivnih stijena glavni su sastojci kvarc, plagioklasi te zrna sanidina koja su karakteristična po svom lagano izduženom obliku (slika 19), rezistentnosti te srastanju po karlovarskom zakonu (010 ravnina sraštanja). Litične fragmente felsične vulkanske teksture moguće poteklih od alteriranih bazalta (slika 17) odmah razlikujemo od zrna riolita (slika 18) po višem udjelu klorita koji su nastali alteracijom feromagnezijskih minerala (amfibola i piroksena) te manjem udjelu kvarca. Pojavljuju se rijetka zrna sedimentnih litičnih fragmenata, na primjer muljnjaka (slika 20).

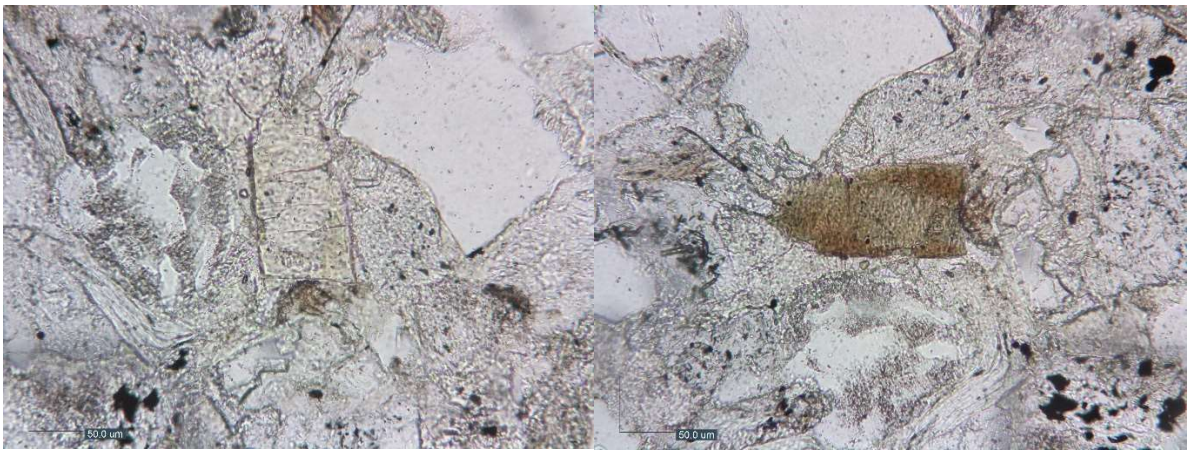
U zrnima bazalta mogu se naći i zrna titanita, klinocoisita i epidota. Zrna granata također su česta, te se nalaze kao slobodna zrna u preparatima. Pronalaze se i biotiti i muskoviti (čak i ruditnih dimenzija). Zrna mikroklina su također prisutna (slika 21), a pronalaze se i rijetka granofirna zrna. Od metamorfnih fragmenata stijena pojavljuju se polikristalna zrna kvarca i suturirana, miješana zrna Q, K i P, gdje se u većim kristalima feldspata može izlučivati kvarc. Izlučivanje faza primijećeno je paralelno uz pukotine kalanja (pravilno), odnosno bez strukturnih pravilnosti. Monomineralna zrna Q, F i L često sadržavaju, a ponekad su prepuna inkluzija muskovita i aktinolita, koji se pojavljuje i u pravilnim, euhedralnim formama. Česte su pojave pertitnih zrna (slika 22).



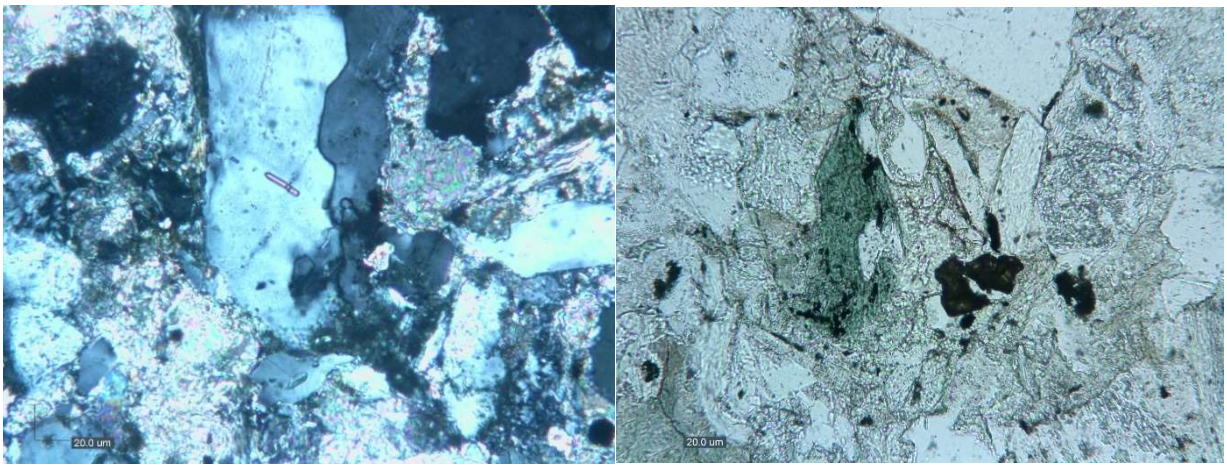
Slika 21 i 22. Zrno mikroklina (N+) i pertitno zrno (N+) u preparatu 13-KS-37-1.



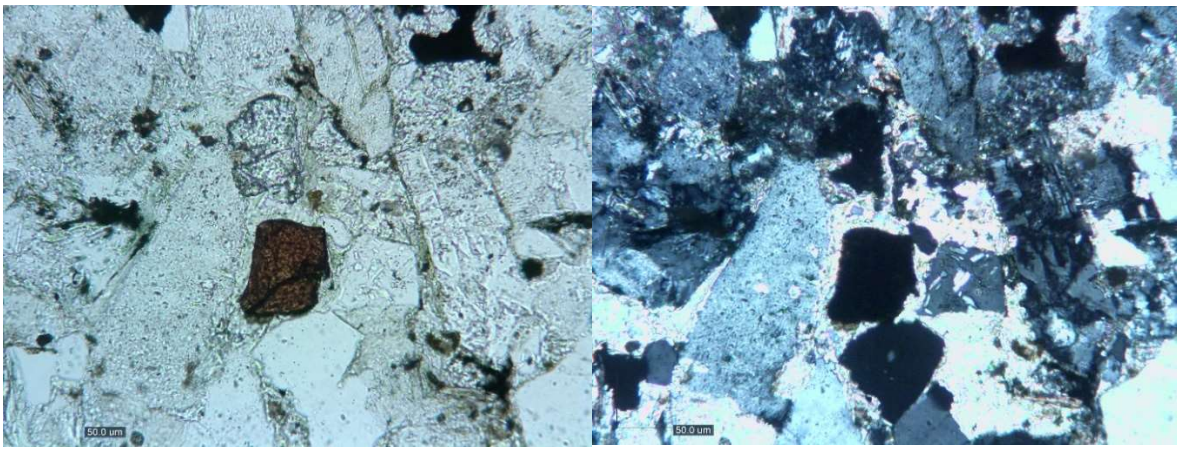
Slika 23 i 24. Primjerak zrna feldspata s uklopcima iz preparata 13-KS-38B (N- i N+).



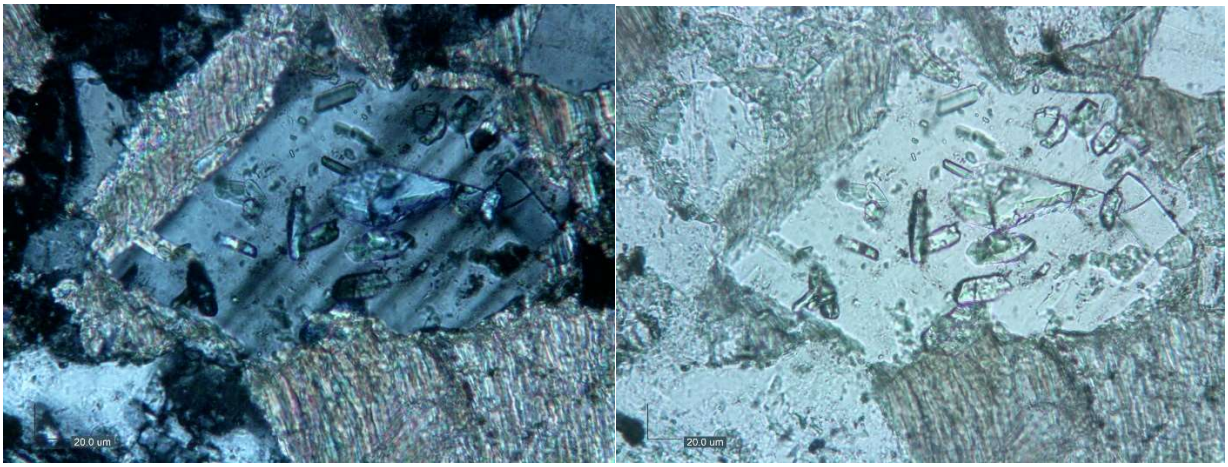
Slika 25 i 26. Primjerak zrna turmalina iz preparata 15-KS-73B (N-).



Slika 27 i 28. Zrno kvarca s mogućom inkluzijom cirkona (N+) i zrna klorita i titanita (N-) u preparatu A.



Slika 29 i 30. Primjerci zrna spinela te granata (u sredini) te zrna s grafičnom teksturom (desno od granata i spinela) iz preparata A.



Slika 31 i 32. Uklopci klinocoisita u zrnu plagioklasa (N+ lijevo, N- desno) iz preparata E.

Preparat 13-KS-73B sadrži oko 50% volumnog udjela karbonatnog matriksa. Kalcit se pojavljuje i kao mineral koji često zamjenjuje plagioklase (pseudomorfoza kalcita po plagioklasu), feldspate i ostala zrna. Kao i u prethodnom preparatu, pojavljuju se zrna škriljavaca, titanita, epidota, granata, klinocoisita i mikroklina. Zrna Q, F i L mogu sadržavati prethodno spomenute inkluzije (slike 23 i 24). Uočljivi su rijetki fragmenti alteriranih bazalta i riolita, te je dobiven veći normativni udio kvarca, oko 50%. Uočeno je i zrno turmalina, sa karakterističnim štapićastim oblikom i pleokroizmom iz smeđe u bezbojnu (slike 25 i 26).

Preparat 13-KS-38B sadržava oko 30% kalcitnog matriksa. Kalcit se ponovno pojavljuje kao matriks i psedomorfoza. Prethodno opisani fragmenti vjerojatno potekli od bazalta i riolita su prisutni. Nalaze se zrna granata, grupe epidota, titanita, kloriti, tinjci i fragmenti škriljavaca.

4.1.2. Uzorci s Požeške gore

S Požeške gore uzeti su uzorci 19-PZ-2 A, B, C, D i E. U preparatima A i B zrna su nešto veća, na granici arenitnih, te ponekad lutitnih dimenzija. Većinom su to zrna kvarca i feldspata, bez kalcita te s filosilikatnim cementom, prilično gusto pakirana. U preparatu A pronađena je moguća inkluzija izduženog cirkona u monomineralnom zrnu kvarca (slika 27). Nalazimo fragmente riolita, bazalta, škriljavaca, zrna mikroklina, titanita (slika 28), granata (slike 29 i 30), biotita, te grupe epidota.

Preparat C bliži je po sastavu onima sa Zrinske gore. Sadržava kalcit. Inkluzije u zrnima Q, K i P su češće nego u zrnima A i B te su bolje sortirana.

Preparati D i E su strukturno i sadržajno vrlo slični. U zrnima Q, K i P česte su inkluzije muskovita, poglavito aktinolita koji mogu imati vrlo dobro razvijene forme. Glavne konstituente prate fragmenti bazalta, riolita, škriljavaca, te zrna mikroklina, minerala grupe epiota, klorita, titanita, opakih minerala, biotita, granata te bijelih tinjaca.

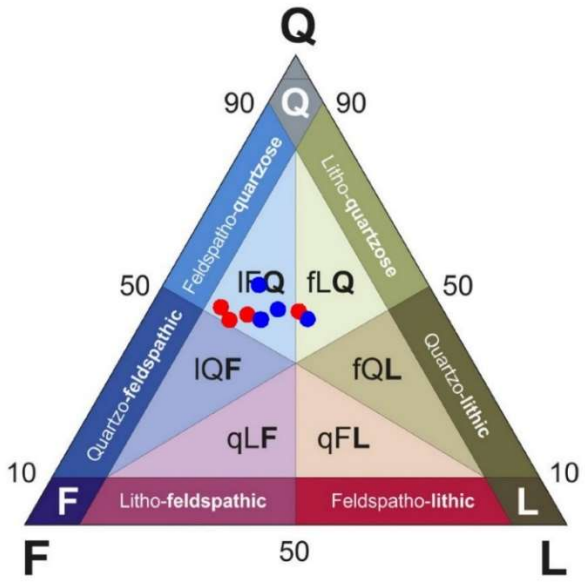
U zrnu plagioklasa česte su popratne inkuzije klinozoisita, koja se prepoznaju po karakterističnom visokom reljefu i anomalnoj plavoj interferencijskoj boji (slike 31 i 32).

4.2. Kvantitativni sastav

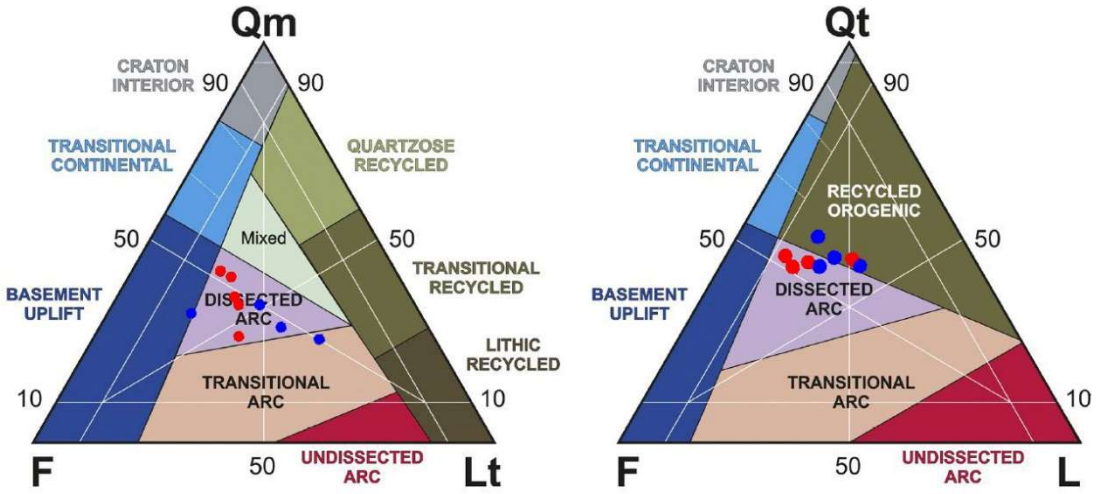
Rezultati brojanja Gazzi – Dickinsonovom metodom prikazani su u tablici 1. Radi lakše interpretacije te odredbe nazivlja proučavanih pješčenjaka, korišteni su trokomponentni dijagrami Q-F-L, F-Qm-Lt i F-Qt-L. Lt predstavljaju sve litične fragmente, kojima je pridodan i Qp.

Tablica 1. Tablica sa normativnim udjelom frakcija kvarca (Q), feldspata (F) i litičnih fragmenata (L) u preparatima.

UZORAK	NORMATIVNI UDIO u % (Q + F + L = 100%)							
	Q		F		L			UKUPNO ZRNA Σ
	Qm	Qp	K	P	Ls	Lm	Lv	
13-KS-37-1	24,7	19,1	16	9,9	2,2	20,8	7,3	324
13-KS-37-2	33,3	10,5	28,1	6,5	2,5	13,4	5,8	324
13-KS-38B	31,5	12,3	19,6	9,4	3,8	12,7	6,2	317
13-KS-73B	49,2	3,9	27,9	4,6	2,3	11,4	4,6	305
A	37,9	5,7	28,9	5,7	1,1	14,1	6,5	367
B	41,8	3,7	23,5	3,2	2,6	19,1	6,2	349
C	36	8,9	34,6	7	2	6,4	8	358
D	37,8	7	30,7	5,9	2,4	9,8	6,5	374
E	37,6	11,4	37,4	5,6	0,8	6,8	6,1	358



Slika 33. Dobivene točkane vrijednosti pojedinih preparata na te Q-F-L trokomponentnom dijagramu sa prikazom kategorije naziva. Plavom bojom označeni su uzorci sa Zrinske gore, a crvenom bojom uzorci sa Požeške gore.



Slika 34 i 35. Dobivene točkane vrijednosti pojedinih preparata na F-Qm-Lt (lijevo) te Q-F-L (F-Qt-L) (desno) trokomponentnim dijagramima sa prikazom interpretacijskih vrijednosti tektonskoga područja izvorišnog materijala.

Iz slike 33 vidljivo je da uzorci 13-KS-37-2, 13-KS-38B,13-KS-73B, A, B, C i D spadaju u lFQ kategoriju litično-feldspato-kvarcoznih pješčenjaka (lijeva polovica dijagrama). Preparati 13-KS-37-1 te 19-PZ-2E spadaju u kategoriju fLQ feldspato-litično-kvarcoznih pješčenjaka (desna polovica dijagrama).

Iz slike 34 sa prikaza rezultata F-Qm-Lt dijagrama, vidljivo je da točkane vrijednosti pripadaju kategoriji *eng. dissected arc* (za ove potrebe nazivlja, koristiti će se engleski termini, za koji u dosadašnjoj literaturi nije dano hrvatsko nazivlje), dok je točkana vrijednost preparata 13-KS-37-1 na granici sa *eng. transitional arc* a 13-KS-73B na granici sa podignutim bazenom. Sa slike 35 vidljivo je da F-Qt-L dijagram daje također većinom rezultate u *eng. dissected arc*, a gdje 13-KS-37-1, 13-KS-18-B, 13-KS-73B te B pripadaju recikliranom orogenu.

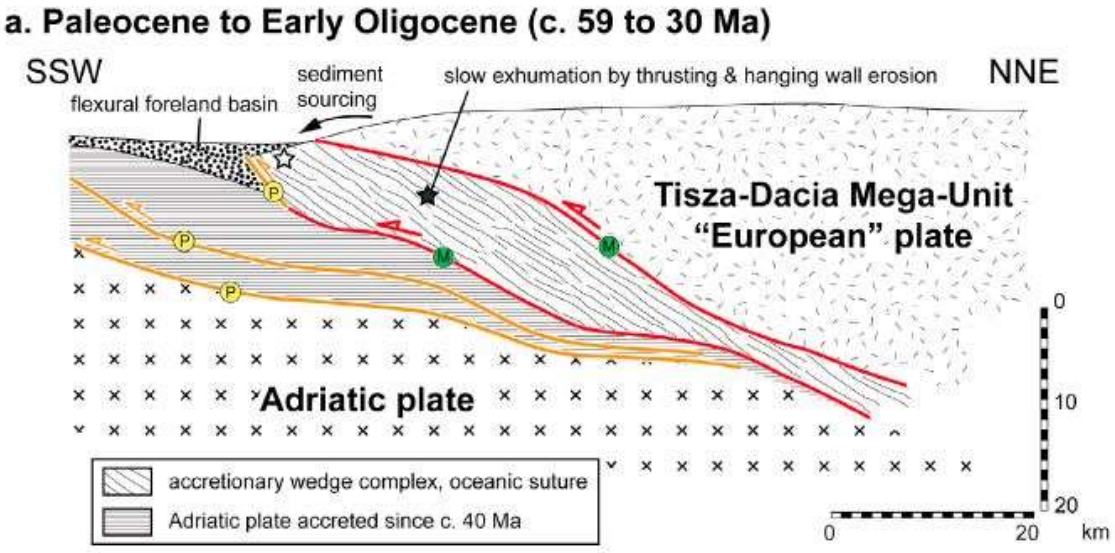
5. RASPRAVA

Razdoblje gornje krede te paleogena ovoga područja okarakterizirano je tektonikom, vulkanizmom, rasjedanjima, navlačenjem te širenjem oceanskoga dna. U paleogenskim konglomeratima prevladava detritus koji potječe od trošenja kiselih, bazičnih te neutralnih vulkanskih efuziva. Također, velik dio detritusa potječe i iz metamorfita raznih stupnjeva metamorfizma. Takav sastav upućuje na porijeklo materijala iz trošenja Sava zone (slike 36 i 37).

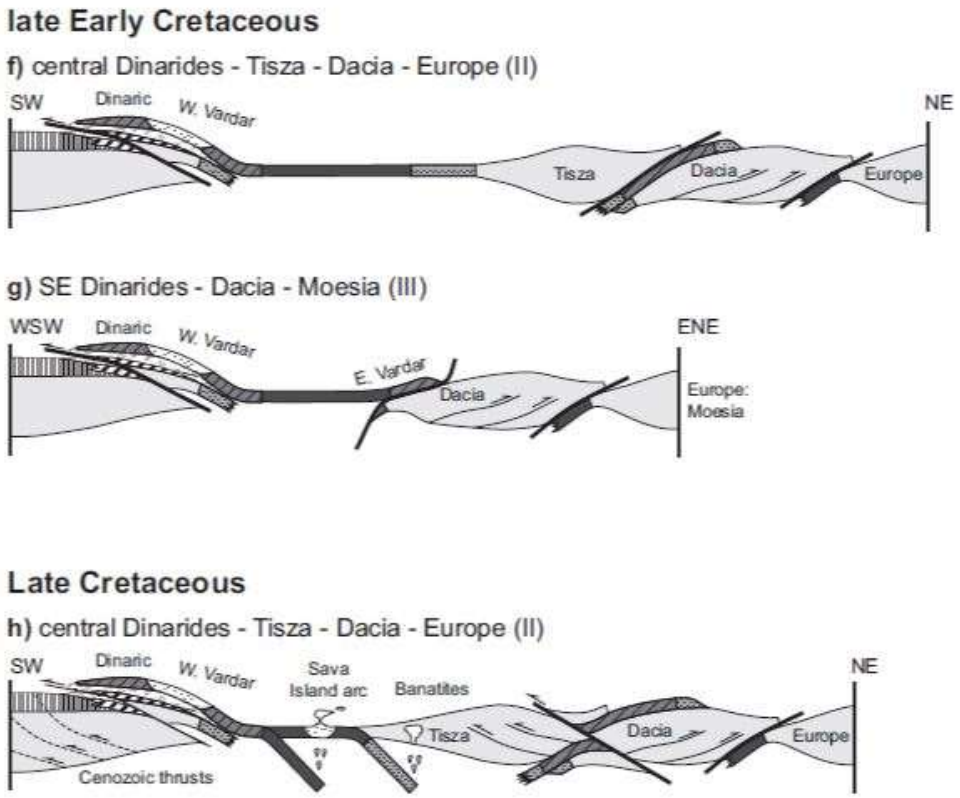
Petrografska analiza pokazala je da su litični fragmenti bazalta u svim uzorcima poprilično trošeni, što dokazuje nepostojane bazičnih minerala kao što su pirokseni ili amfiboli. Oni su alterirani u klorite, a kako su bazalti u radovima (BELAK et al. 1998) opisani kao subakvatske efuzije, te je ovo mogući dokaz te teze. Dio alteracija sigurno je nastao i kroz dijagenetske procese i zalijeganje.

Fragmenti riolita su također trošni, no nešto očuvaniji te lako se razlikuju od litičnih fragmenata bazalta po tome što nemaju, odnosno sadrže manje klorita. (slika 18).

Zrna mikroklina su direktan dokaz granitske/pegmatitske provenijencije dijela materijala, a na to upućuje i prisutnost granofelsa koji kao protolit ima granitoidne stijene.



Slika 36. Prikaz geotektonike istraživanoga područja s naglaskom na suturu Sava zone. te smjera donošenja materijala (s Tisije) u taložni bazen.



Slika 37. Prikaz tektonike i paleodinamike istraživanoga područja u kredi. Preuzeto iz Schmid et al. 2008.

Petrografska analiza je pokazala da u zrnima kvarca, feldspata te plagioklasa nalazimo inkluzije aktinolita, klinocoisita te muskovita. Ovo vrijedi za preparate izrađene od uzoraka s Požeške i Zrinske gore. Za pretpostaviti je da ova zrna imaju istu provenijenciju, vjerojatno iz nekog tipa felsičnog vulkanizma, sudeći po veličini zrna. Čista zrna kvarca, feldspata i plagioklasa također su sadržana u pješčenjacima, te bi to moglo ukazivati na drugačiji tip vulkanizma kao provenijencije. Postoji mogućnost, da su ta zrna nastala kao posljedica lokalnog onečišćenja taljevine.

Također valja primijetiti da postotak karbonatnog cementa varira od 0 do 50% u pojedinim preparatima. JELASKA (1969) navodi se da se pješčenjaci u paleogenu nastavljaju na vapnence iz gornje krede. No, litični fragmenti sedimentnih stijena vrlo su rijetki, a kada su prisutni jednakih su dimenzija kao i druga zrna. Kalcitni cement nastao je tokom dijageneze, te usto i nagrizao rubove te mjestimice u potpunosti zamijenio zrna pijeska.

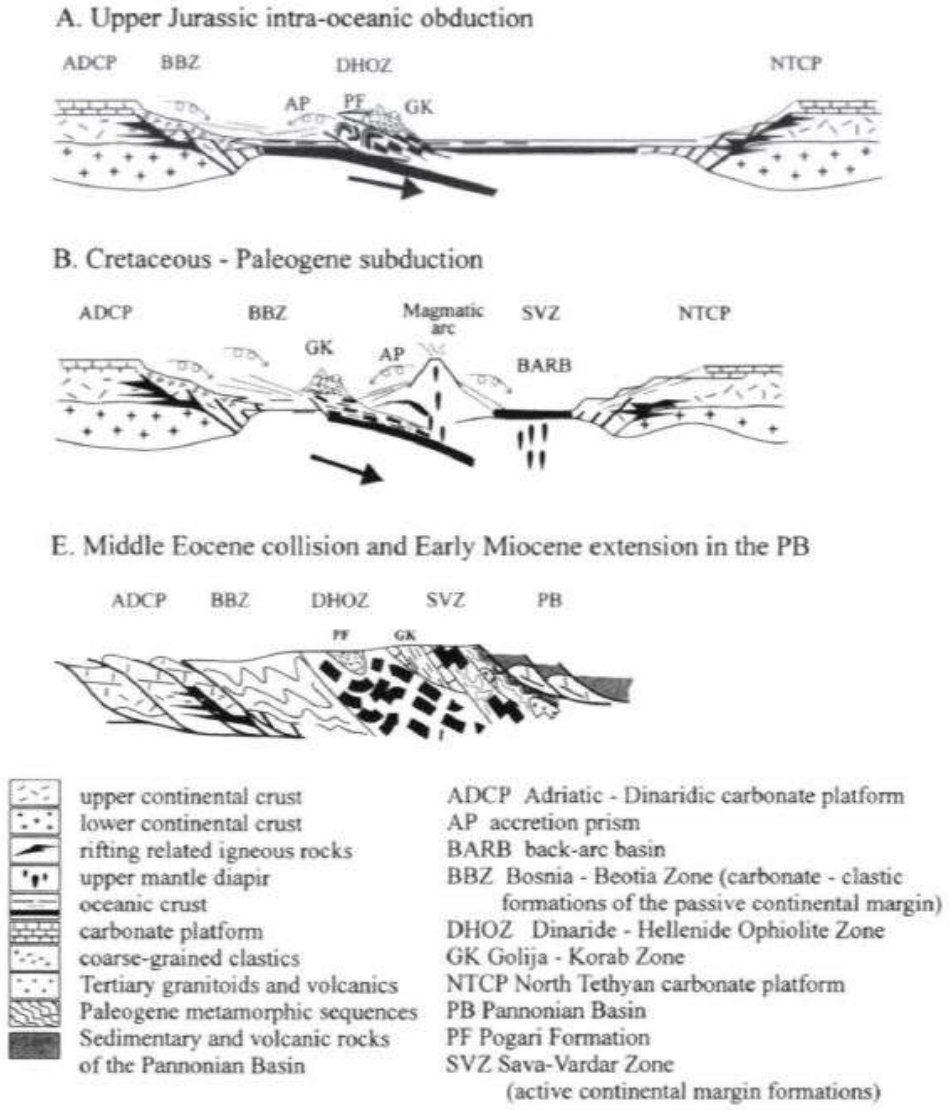
Od bazičnih minerala koji bi služili kao dokaz provenijencije s juga, odnosno ofiolitnog kompleksa Dinarida, osim već dobro shvaćenih i opisanih fragmenata vjerojatno poteklih od bazalta, nema previše primjeraka. Petrografskom analizom utvrđena je prisutnost vrlo rijetkih zrna spinela, koji bi mogli poteći od ultrabazičnih stijena ofiolitske asocijacije. Ovakav tip zrna daje dokaz barem u nekom dijelu, miješanoj provenijenciji.

Metamorfni minerali kao što su epidot, klinocoisit, titanit (koji može biti i primaran akcesorni mineral u vulkanitima i intruzivima) i granati pojavljuju se kao slobodna zrna, a rijeđe unutar fragmenata metamorfita, ponajviše škriljavaca. Uz njih česta metamorfna zrna škriljavaca, granofelsa i polikristalnog kvarca ukazuju na to da je izvorišno područje bilo metamorfozirano. Granofelsi/škriljavci su potekli od granitoidnih intruziva. Ostatak škriljavaca sa muskovitima ima sedimentni protolit. Zrna čerta nisu pronađena. Ovo odgovara srednjem stupnju metamorfizma (epidotno-amfibolitni te facijes zelenih škriljavaca), odnosno visokom stupnju metamorfizma – amfibolitnom facijesu.

Bitan dokaz tektonike izvorišnog područja su i mikrodeformacije vidljive u obliku iskrivljenih sraslačkih lamela u zrnima plagioklasa, te u manjoj mjeri kao undulozna potamnjenja u zrnima kvarca i feldspata.

Slika 38 prikazuje razvoj istraživanog područja od jure do miocena. Kod rekonstrukcije terena kroz kredu i paleogen vidljiv je prikaz vulkanskog luka. Kod slika 34 i 35 točke pripadaju na rub područja *dissected arc*-a, odnosno luka koji je u potpunosti erodiran. To je bitan dokaz moguće provenijencije našega materijala (bimodalni vulkanizam), a tako i uznapredovale erozije koja je vjerojatno ukopala teren te dala plutonske fragmente stijena koje nalazimo, to jest litične fragmente moguće potekle od granitoidnog plutonizma.

JELASKA (1969) postavlja mogući geografski raspored taložnih prostora u bazenu tijekom srednjeg eocena (slika 4). Lokalitet Gornje Bačuge tako spada u priobalni taložni okoliš, što dodatno potvrđuju nepostojanja lapora ili drugih dubokovodnih sedimenata.



Slika 38. Prikaz razvoja cjelokupnog područja od jure do miocena. Preuzeto iz Pamić, 2002.

6. ZAKLJUČCI

Kao glavne rezultate ovoga rada te sveukupnoga istraživanja, mogu se dati sljedeći zaključci:

1. Paleogenski pješčenjaci s područja Požeške te Zrinske gore imali su slična izvorišta materijala. To su dominantno stijene bimodalne vulkanske asocijacije (rioliti i bazalti), te manjim dijelom navučeni ofioliti. Tektonsko područje izvorišnih stijena detritusa istraživanih pješčenjaka odgovara snažno erodiranim vulkanskim lukovima (*dissected arc)*, te je kao takvo potkrijepljeno rezultatima kvantitativne i kvalitativne petrografske analize provedene u ovom radu.

2. Mogući litični fragmenti potekli od riolita i metamorfni litični fragmenti većinskog kvarcnog udjela vuku provenijenciju iz riolitnog vulkanizma te metamorfoziranih vulkanskih i sedimentnih stijena i ugrađivanjem istaloženog materijala u akrecijsku prizmu.

3. Mogući litični fragmenti potekli od alteriranih bazalta odraz su subakvatskih efuzija u području zalučnog bazena Sava zone. Rezultat su njegova zatvaranja krajem krede te mogućeg tektonskog uzdizanja, trošenja i transporta u predgorski bazen tijekom paleogena.

4. Stijene ofiolitne asocijacije ugrađene su u akrecijsku prizmu tijekom kolizije. Dokaz tome je prisutnost rijetkih zrna, najvjerojatnije krom spinela u analiziranim mikroskopskim preparatima.

5. Postoji mogućnost da su pješčenjaci sa Požeške i Zrinske gore bili dio istoga taložnoga bazena, no to se ne može sa sigurnošću odrediti.

6. Asocijacija konglomerata i pješčenjaka na lokalitetu Gornje Bačuge, bez popratnih pronađenih dubokovodnih sedimenata, govori o postojanju priobalnog taložnog okoliša kao glavnom mjestu donosa materijala sa magmatskih lukova u Sava zoni.

7. LITERATURA

BELAK, M., PAMIĆ, J., KOLAR-JURKOVŠEK, T., PECKAY, Z. & KARAN, D. (1995): Alpinski reionalnometamorfni kompleks Medvednice. - 1st Croatian Geological Congress, Opatija, Proccedings, 1. 67-70, Zagreb

BELAK, M.,HALAMIĆ, J., MARCHIG V. & TIBLJAŠ D. (1998): Upper Cretaceous – Palaeogene Tholeiitic Basalts of the Southern Margin of the Pannonian Basin: Požeška gora Mt. (Croatia). - Geol. Croat. 51/2, 163-174.

COVEY, M. (1986): The evolution of foreland basins to steady state: evidence from the western Taiwan foreland basin. - 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.

DEVOTI, R., FERRARO, C., GUEGUEN, E. LANOTTE, R., LUCERI, V. NARDI, A., PACIONE, R., RUTIGLIANO, P., SCIARETTA & C., VESPE, F. (2002.): Geodetic control on recent tectonic movements in the central Mediterranean area. - Tectonophysics, 346, 151-167.

DICKINSON, W. R., (1970): Interpreting detrital modes of Graywacke and arkose. – Journal of sedimentary petrology, 40, 2, 695-707.

DICKINSON, W. R. (1985): Interpreting provenance realtions from detrital modes of sandstones. – G. G. Zuffa (ed.), Provenance of Arenites, D. Reidel Publishing Company, 333-361.

FOLK, R.L. (1968): Petrology of Sedimentary Rocks. Austin (USA), - Hemphill Publishing Co., 182 p.

GARZANTI, E. (2016): From static to dynamic provenance analysis – Sedimentary petrology upgraded. Sedimentary Geology, 336, 3-13.

GARZANTI, E. (2018): Petrographic classification of sand and sandstone. - Earth 2754.

GAZZI, P. (1966): Le arenarie del flysch sopracretaceo dell' Appennino modenese: Correlazioni con il flysch di Monghidoro. - Mineralogica Petrographica Acta, 12, 69-97

GAZZI, P., ZUFFA, G.G., GANDOLFI, G. & PAGANELLI, L. (1973): Provenance and

dispersal of the sands of the Adriatic beaches between the Isonzo and Foglia mouths: Regional setting. - Società Geologica Italiana, Memorie, 12, 1-37.

GRAHAM, S.A., INGERSOLL, R.V. & DICKINSON, W.R., (1976): Common provenance for lithic grains in Carboniferous sandstones from Ouachita Mountains and Black Warrior Basin. - Journal of Sedimentary Petrology, 46, 620-632.

INGERSOLL, R.V. & SUCZEK, C.A. (1979): Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal Fans, DSDP Sites 211 and 218. - Journal of Sedimentary Petrology, 49, 1217-1228

INGERSOLL, R. V., BULLARD, T. F., FORD, R. L., GRIMM, J. P., PICKLE & J. D., SARES, S. W. (1984): The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi Dickinson point-counting method. – Journal of sedimentary petrology, 54, 1, March, 1984.

JAMIČIĆ, D. (2007): Upper Cretaceous deposits of the Požeška Gora Mt. (Croatia). – Geologia Croatica, 16, 105–120.

JELASKA, V., BULIĆ, J. & OREŠKI, E. (1969): Stratigrafski model eocenskog fliša Banije. – Geološki vjesnik, 23, 81-94.

JELASKA, V. (1978): Stratigrafski i sedimentološki odnosi senonsko-paleogenskog fliša šireg područja Trebovca (svjev. Bosna). - Geološki vjesnik, 30, 95-118.

JURKOVIĆ, I. (2019):Provenijencija i sedimentološke karakteristike paleogenskih klastita na području Banovine (središnja Hrvatska). – Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

KOCH, F. (1917): Beitraege zur Kenntnis der Verhaeltnisse der Požeška Gora. - Jahesber. ungar. geol. Reichsan. fuer 1916, 465-477, Budapest

KLEIN, G.deV. (1963): Analysis and review of sandstone classifications in the North American geological literature, 1940-1960. - Geological Society of America Bulletin, 74, 555-576.

LOZIĆ, S. (2019): Provenijencija kredno – paleogenskih klastita Banovine. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

MAJER, V. (1983): Magmatske stijene „spilit – keratofirske asocijacije“ iz tercijarnih konglomerata s oboda Zrinske gore u Baniji (Hrvatska, Jugoslavija). – Rad JAZU, 404,

27-52.

MAJER, V., TAJDER, M. (1982): Osnovne karakteristike spilit-keratofirnog magmatizma Slavonije. - Acta geol. 12. 1-22.

OKADA, H. (1971): Classification of sandstone: analysis and proposal. - The Journal of Geology, 79, 509-525.

PAMIĆ, J. (1987): Mladoalpinski alkalijsko-feldspatski graniti (aljaskiti) Požeške gore u Slavoniji. – Geologija 30, 183-205 (1987), Ljubljana.

PAMIĆ, J. (1990): Alpske (?) granitno-metamorfne stijene u podlozi Panonskog bazena u Bilogorsko-Podravskom naftno-plinskom području. - Nafta 41 (10) 433-437 (1990.)

PAMIĆ, J. (1993): Eoalpine to Neoalpine magmatic and metamorphicprocesses in the northwestern Vardar Zone, the easternmost Periadriatic Zone and the southwestern Pannonian Basin. Tectonophysics 226, 503—518.

PAMIĆ, J. (1998): North Dinaridic Late Creataceous-Paleogene subduction-related tectonostratigraphic units od southern Tisia, Croatia. – Geologica Carpatica, 49,5, 341-350.

PAMIĆ, J. (2002):The Sava-Vardar Zone of the Dinarides and Hellenides versus the Vardar Ocean. – ECLOGAE geol. Helv. 95 (2002.) 99-113.

PAMIĆ, J. & ŠPARICA, M. (1983): Starost vulkanita Požeške gore. – Rad JAZU, 404/19, 183-198, Zagreb.

PAMIĆ, J., LANPHERE & M., McKEE, E. (1988): Radiometric ages of metamorphic and associated plutonic rocks of the Slavonian Mountains in the southern part of the Pannonian basin. - Yugoslavia, Rad JAZU, 18. 13-39, Zagreb

PAMIĆ, J., INJUK, J. & JAKŠIĆ, M. (1990): Prilog geokemijskom poznavanju gornjokredne bimodalne vulkanske asocijacije Požeške gore u Slavoniji (sjeverna Hrvatska, Jugoslavija). – Geologija 31, 32, 415-435, Ljubljana.

PAMIĆ, J., BELAK, M., BULLEN, T. D., LANPHERE & M.A., McKEE, E. H. (2000): Geochemistry and geodynamics od a Late Cretaceous bimodal volcanic association from the southern part of the Pannonian Basin in Slavonija (Northern Croatia). – Mineralogy and Petrology (2000) 68: 271-296.

SCHOELLE, P.A. (1979): A color illustrated guide to constituents, textures, cements,

and porosities of sanstones and associated rocks. - Am. Assoc. Petroleum Geologists Mem. 28, 201.

SCHMID, S. M., BERNOULLI, D. FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER,S.,SCHUSTER, R. TISCHLER & M. USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. – Swiss J. Geosci. 101 (2008.) 139-183.

SINCLAIR, H.D. & ALLEN, P.A. (1992): Vertical vs. horizontal deformotions in the Alpine orogenic wedge: stratigraphic response in the foreland basin. - Basin Res., 4, 215–232

STUR, D. (1862): Bericht vom 31. August >>Bericht von Požega<<. - Verh. Geol. Reichsan., 12, 83, Wien

ŠEBEČIĆ, B. (1971): The granulometric and petrographic composition od the Eocene deposits of Zrinska gora and Kozara mountains. – Bulletin scientifique, Section A –16, 3-4 1971.

ŠPARICA, M., JURIŠA, M., CRNKO, J., ŠIMUNIĆ, A., JOVANOVIĆ, Č. & ŽIVANOVIĆ, D. (1980.): Tumač za Osnovnu geološku kartu 1:100000, list Nova Kapela, Sav geol zavod Beograd, 56 pp

ŠPARICA, M. & PAMIĆ, J. (1986): Prilog poznavanju tektonike Požeške gore u Slavoniji. – Rad Jugosl. akad. znan. umjetn., Zagreb, 424, 85-96.

ŠPARICA, M., JURIŠA, M., CRNKO, J. & ŠIMUNIĆ, A. (1979) Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Nova Kapela L33 - 108. - Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd

TAKŠIĆ, A. (1944): O tektonici i morfologiji iztočnog diela Požeške gore (Prethodni izvještaj). - Vjestnik Hrv. drz. geol. zavoda i Hrv. drž. geol. muzeja, II/III, 28, 36, Zagreb

USTASZEWSKI, K., SCHMID, S. M., LUGOVIĆ, B., SCHUSTER, R., SCHALTEGGER, U., BERNOULLI, D., HOTTINGER, L., KOUNOV, A., FŰGENSCHUH, B. & SCHEFER, S. (2009): Late Cretaceous intra-oceanic magmatismin the internal Dinarides (northern Bosnia and Herzegovina): implications for thecollision of the Adriatic and European plates. – Lithos 108:106–125

USTASZEWSKI, K., KOUNOV, A., SCHMID, S. M., SCHALTEGGER, U. & KRENN, E.& FRANK, W. (2010.): Evolution of the Adria-Europe plate boundary in the Tectonics, 29, TC6017, 2010.

ZUFFA, G. G. (1985.): Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results: in ZUFFA G.G., ed… - G. G. Zuffa (ed.), Provenance of Arenites, 165-189, 1985 by D. Reidel Publishing Company.