Mineraloške i geokemijske značajke tufova s lokaliteta Nježić, Papuk

Gavran, Antonela

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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:217:647510

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

GEOLOŠKI ODSJEK

ANTONELA GAVRAN

MINERALOŠKE I GEOKEMIJSKE ZNAČAJKE TUFOVA S LOKALITETA NJEŽIĆ, PAPUK

ZAGREB, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

GEOLOŠKI ODSJEK

ANTONELA GAVRAN

MINERALOŠKE I GEOKEMIJSKE ZNAČAJKE TUFOVA S LOKALITETA NJEŽIĆ, PAPUK

ZAGREB, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO- MATEMATIČKI FAKULTET

GEOLOŠKI ODSJEK

ANTONELA GAVRAN

MINERALOŠKE I GEOKEMIJSKE ZNAČAJKE TUFOVA S LOKALITETA NJEŽIĆ, PAPUK

Diplomski rad

predložen Geološkom odsjeku

Prirodoslovno-matematičkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog stupnja

magistra geologije

Zagreb, 2015.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Mineraloško petrografskom zavodu u akademskoj godini 2014./2015., pod vodstvom prof. dr. sc. Marijana Kovačića u sklopu Diplomskog studija geologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvala

Željela bih zahvaliti svom mentoru prof.dr.sc Marijanu Kovačiću na velikom strpljenju, trudu i svom vremenu koje je uložio kako bi se ovaj rad realizirao.

Hvala asistentu Frani Markoviću koji je svojim savjetima, znanjem i strpljenjem značajno pridonio pisanju ovog rada.

Veliko hvala gospodinu Dejanu Vončini koji je svojim velikim znanjem i vještinom pri radu u pripremi uzoraka za obradu uvelike pomogao.

Zahvaljujem i prof. dr. sc Darku Tibljašu na pomoći prilikom rada na XRD-u i pri samoj obradi dobivenih podataka.

Želim zahvaliti i svojoj obitelji, prijateljima i dečku koji su mi tijekom svih godina studiranja bili velika potpora. Isto tako veliko hvala i mojim kolegama bez kojih neke nedoumice nikada ne bi bile riješene.

Sadržaj

1. **Uvod** ..... 1.-4. Str
2. **Geologija i tektonika istraživanog područja** ……..….. 5.-11. Str
   - **2.1. Geologija Panonskog bazena (opisano prema PAVELIĆ et al., 2003.)**…. 5.-8. Str
   - **2.2. Geologija Papuka** ……... 9.-11. Str
3. **Tufovi** ……12.- 14. Str
4. **Metode istraživanja** …….. 15.-18. Str
   - **4.1. Terenske metode istraživanja** ……. 15. Str
   - **4.2. Laboratorijske metode** ……..…. 16.-18. Str
     - **4.2.1. Izrada mikroskopskih preparata** ……. 16. Str
     - **4.2.2. Mikroskopiranje-optičke metode** ……..……...… 16. Str
     - **4.2.3. Izrada praha za potrebe rendgenske analize i ICP-MS-a** ...…….. 17. Str
     - **4.2.4. Rendgenska difrakcijska analiza (eng. X-Ray diffraction)** …….. 17. Str
     - **4.2.5. Masena spektrometrija s induktivno spregnutom plazmom** …… 18. Str
5. **Rezultati istraživanja** …… 19.-40. Str
   - **5.1. Makroskopski opis uzoraka** ……..……..... 19.-20. Str
   - **5.2. Mikroskopski opis uzoraka** ……..…… 21.-26. Str
   - **5.3. Rezultati XRD analize** ……...……27.-32. Str
   - **5.4. Rezultati analiza ICP-MS metodom** ……..... 33.-40. Str
6. **Rasprava** ……...……..… 41.-43. Str
7. **Zaključak** ……... 44.-45. Str
8. **Popis literature** …….. 46.-47. Str
9. **Popis slika** ……..……. 48.-50. Str
10. **Popis tablica** ……...…….. 51. Str

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

Diplomski rad

MINERALOŠKE I GEOKEMIJSKE ZNAČAJKE TUFOVA S LOKALITETA NJEŽIĆ, PAPUK

ANTONELA GAVRAN

Rad je izrađen: Horvatovac 95, 10 000 Zagreb

Sažetak: Na jugozapadnim obroncima Papuka u blizini naselja Nježić u naslagama srednjeg miocena snimljen je geološki profil na temelju kojega je konstruiran geološki stup. Unutar geološkog stupa uočava se izmjena nekoliko vrsta stijena: metagabro, algalni vapnenac, lapor, bioklastični vapnenac i tuf koji je detaljnije obrađen u ovom radu. Makroskopskim analizama definirana je zeleno- smeđa do smeđa boja uzoraka, povećana tvrdoća i praškasta površina. Provedene mikrokopske analize utvrdile su dominaciju vulkanskog stakla i plovučca u odnosu na mineralne faze koje čine plagioklasi, kremen, biotit, amfibol i apatit. Unutar uzoraka detektirana je određena količina fosilnog sadržaja. Analiza XRD-om utvrdila je prisutnost plagioklasa, kremena i montmorillonita u svim uzorcima. Udio SiO_2 u svim uzorcima ukazuje na neutralni do kiseli magmatizam koji je doveo do formiranja navedenih tufova. Svi analizirani uzorci s obzirom na udjele makro i mikro elemenata i njihove međuodnose mogu se svrstati u trahit, trahiandezit, dacit, riolit i riodacit.

Ključne riječi: tuf, miocen, Panonski bazen, Nježić, Papuk

Rad sadrži: 51 stranica, 41 sliku, 10 tablica, 19 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: prof.dr.sc. Marijan Kovačić

Ocjenjivači: prof.dr. sc. Marijan Kovačić

prof. dr. sc. Dražen Balen

doc. Đurđica Pezelj

Rad prihvaćen: 11.09.2015.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Graduated Engineer Thesis

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF TUFF FROM NJEŽIĆ LOCALITY, PAPUK

ANTONELA GAVRAN

Thesis complited in: Horvatovac 95, 10 000 Zagreb

Abstract: On the south-western slopes of Papuk near the village Nježić inside of the Middle Miocene layers was recorded the geological profile on the basis of which is constructed geological column. Inside of the geological column it can be seen several types of rocks: metagabro, algal limestone, marl, bioclastic limestone and tuff which has been further elaborated in this paper. Macroscopic analysis defined green- brown to brown color patterns , increased hardness and powdery surface of tuffs. Conducted microscopic analysis determined dominance of volcanic glass and pumice in relation to the mineral phase which is consisting of plagioclase , quartz, biotite , amphibole and apatit. Within the samples is detected a certain amount of fossil content. XRD analysis defined the presence of plagioclase, quartz and montmorillonite in all samples. SiO_2 content in all samples indicates a neutral to acidic magmatism which led to the formation of the before mentioned tuffs. All analyzed samples considering to shares of macro and micro elements and their interrelationships detected in them can be classified as trachyte, trachyandesite, dacite, rhyolite and riodacit.

Keywords: tuff, Miocen, Panonnian basin, Nježić, Papuk

Thesis consists: 51 pages, 41 figures, 10 tables, 19 references

Original in: Croatian

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

Supervisor: Marijan Kovačić, Professor Ph.D.

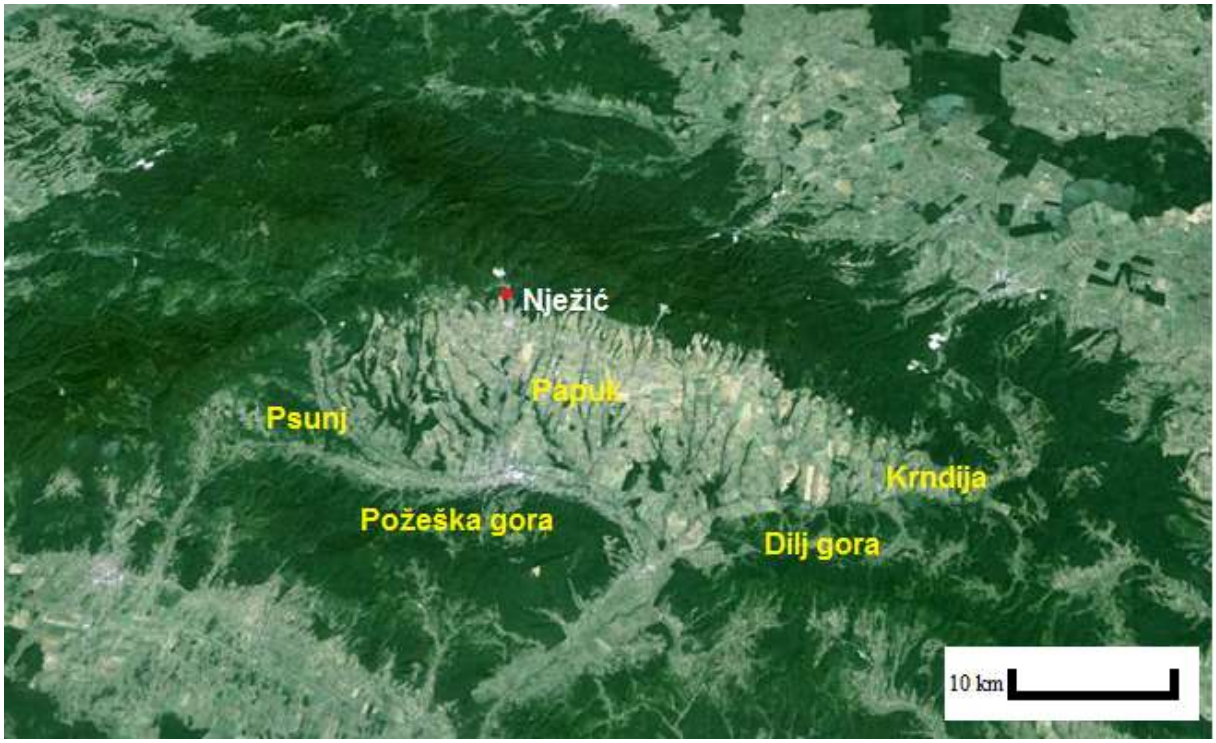
Reviewers: Marijan Kovačić, Professor Ph.D.
Dražen Balen, Professor Ph.D.
Đurđica Pezelj, doc.

Thesis accepted: 11.09.2015.

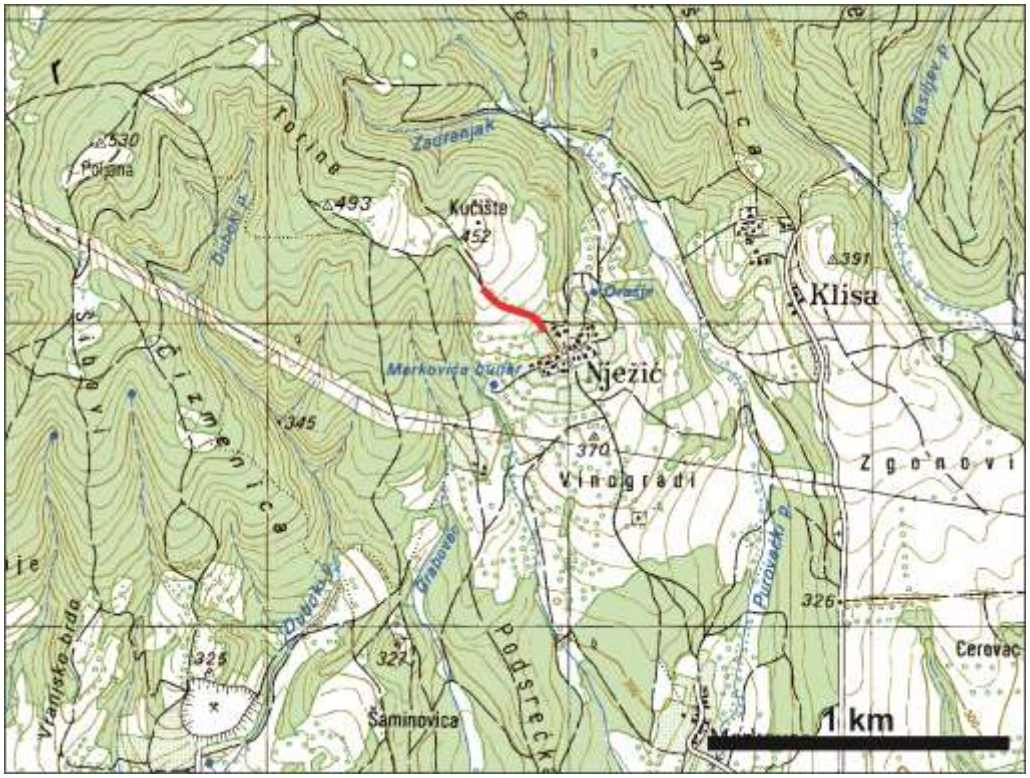
1. Uvod

1.1. Cilj rada i hipoteza

Selo Nježić nalazi se u Slavoniji, a smješteno je na jugozapadnim obroncima Papuka (Sl. 1.1). Sjeverozapadno od sela, duž zasjeka poljskog puta koji vodi prema brdu Kućište (Sl. 1.2) na površinu izdanjuju stijene kristaline jezgre Papuka i naslage srednjeg miocena (Sl. 1.3). Duž tog profila Kovačić i suradnici (2015) snimili su detaljan geološki stup debljine oko 150 metara. Prema spomenutim autorima stijene iz kristaline jezgre Papuka su određene kao metagabri i pripadaju Psunjskom metamorfnom kompleksu. Miocenske naslage, koje zauzimaju preko 90% snimljenog slijeda naslaga, badenske su starosti, taložene su u marinskom okolišu a sastoje se od paketa lapora koji se izmjenjuju sa slojevima vapnenaca i tufova (Sl. 1.4.)



Slika 1.1 Položaj sela Nježić na jugozapadnim obroncima Papuka (preuzeto s www.googlemaps.com)



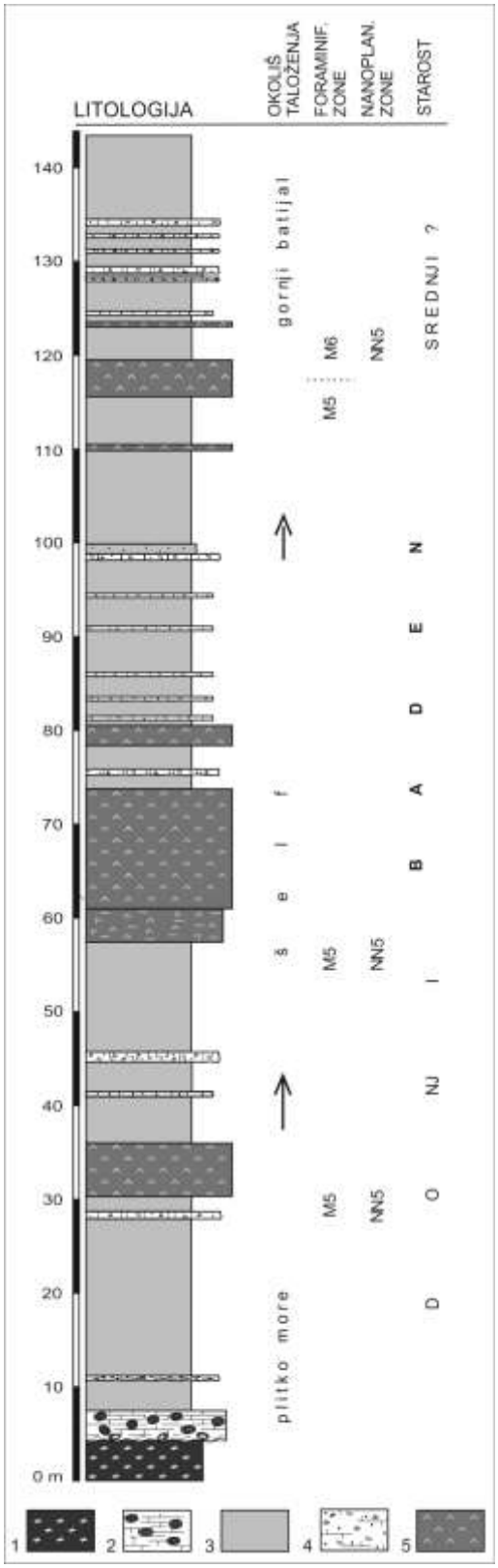
Sl. 1.2 Položaj snimljenog profila.



Slika 1.3 Zasjek puta jugozapadno od sela Nježić duž kojeg na površinu izdanjuju stijene iz kristaline podloge Panonskog bazena i sedimenti srednjeg miocena.

Predmet istraživanja u ovome radu bili su tufovi koje su prilikom snimanja detaljnog geološkog stupa 2013. godine uzorkovali profesori Dražen Balen i Marijan Kovačić te asistent Frane Marković. Naime, tufovi čine oko jedne četvrtine debljine snimljenih miocenskih naslaga na stupu Nježić, a pojavljuju se u obliku slojeva centimetarskih debljina pa do paketa čija debljina doseže i dvadeset metara (Sl. 1.4).

Cilj ovoga diplomskog rada bio je utvrditi mineralni i kemijski sastav tufova sa stupa Nježić, utvrditi eventualno prisutne vertikalne promjene sastava te usporediti dobivene rezultate sa sličnim naslagama u širem prostoru Panonskog bazena.

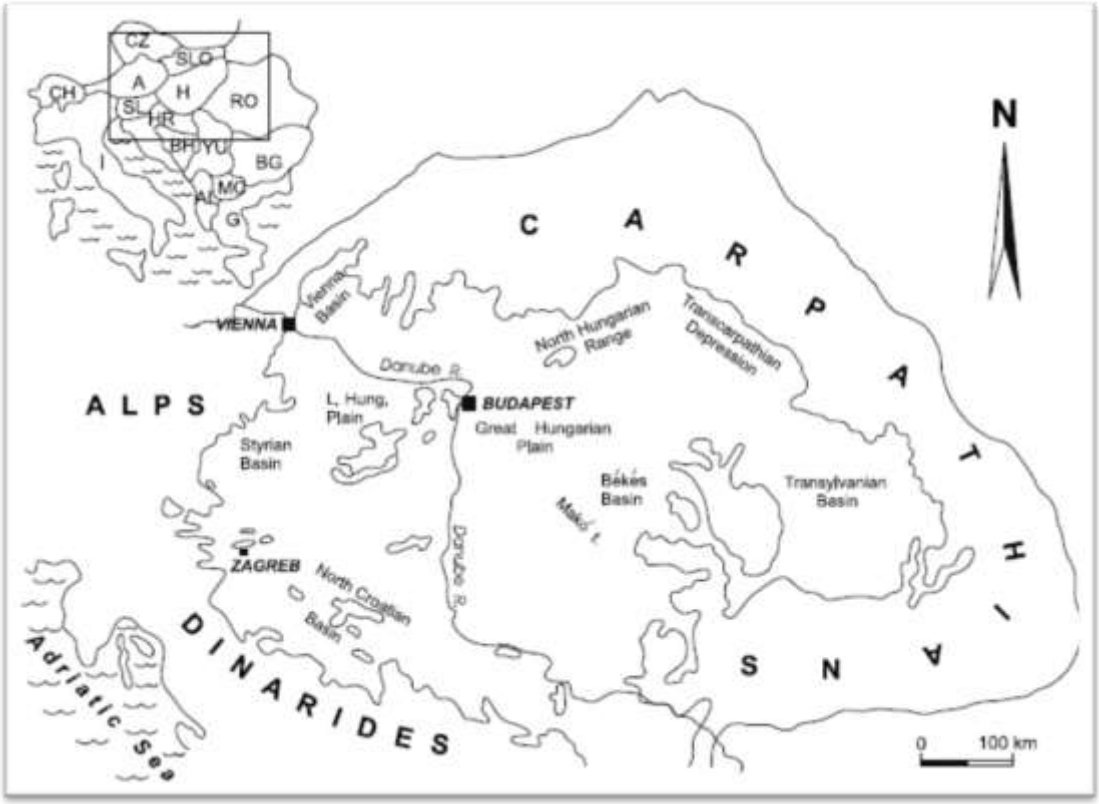


Slika 1.4. Geološki stup Nježić. Legenda: 1- metagabro, 2- algalni vapnenac, 3- lapor, 4- bioklastični vapnenac, 5- tuf (preuzeto iz KOVAČIĆ i sur., 2015)

2. Geologija i tektonika istraživanog područja

2.1. Geologija Panonskog bazena (opisano prema PAVELIĆ i sur., 2003)

Panonski bazen je jedan od mediteranskih zalučnih bazena čije je formiranje započelo u donjem miocenu kada je došlo do kolizije Europske i Afričke (Apulijske) ploče. Tijekom miocena sastojao se od niza manjih, dubokih depresija zbog čega se umjesto naziva Panonski bazen koristi naziv Panonski bazenski sustav. Razvoj bazena može se podijeliti u dvije faze. Prva ili sinrift faza karakterizirana je snažnom tektonskom i vulkanskom aktivnošću, dok u drugoj fazi, koja je započela u gornjem badenu a traje i danas, dolazi do smanjenja tektonske i vulkanske aktivnosti.



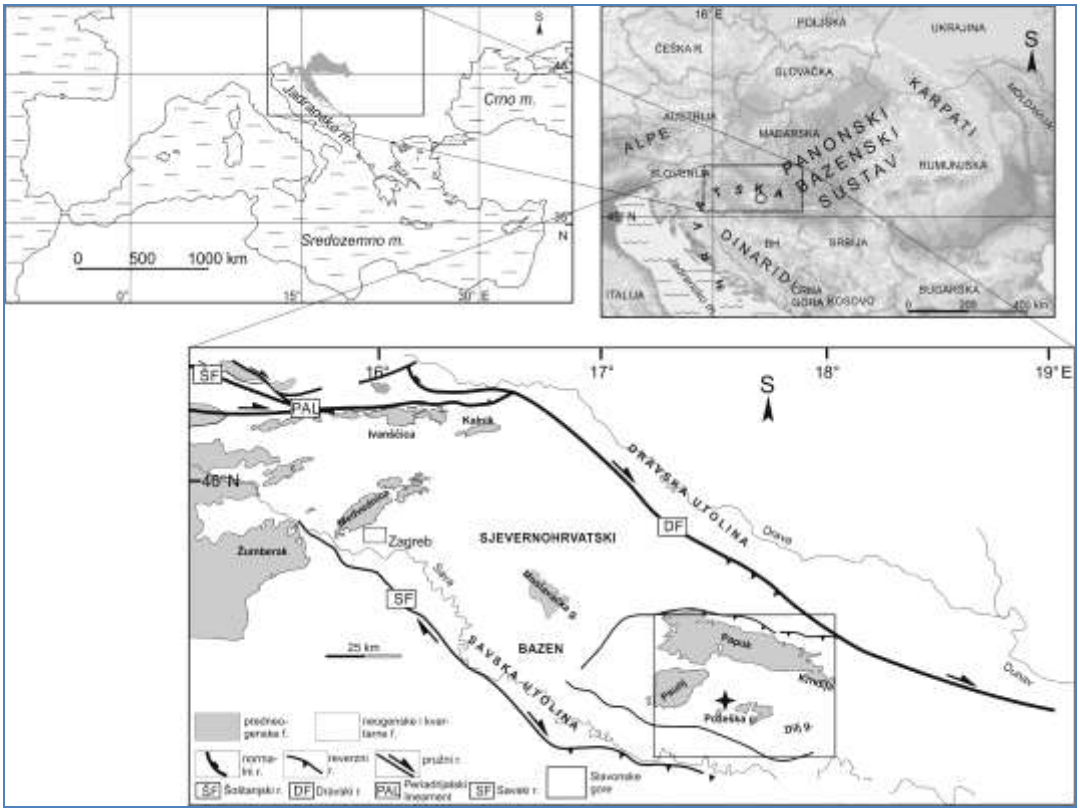
Slika 2.1.1. Položaj Panonskog bazena (preuzeto iz PAVELIĆ i sur., 2003.)

Paleogeografski gledano prostor Panonskog bazena pripada području Središnjeg Paratethysa kojeg okružuju Alpe, Karpati i Dinaridi (Sl. 2.1.1). Središnji Paratethys bio je veliki sedimentacijski prostor koji se prostirao od Bavarske do Karpata, a nastao je zatvaranjem Tethyskog oceana u oligocenu. Do mlađeg miocena bio je povremeno povezan s Mediteranskim i Indo-pacifičkim oceanom kada dolazi do prekida veza i evolucije Panonskog bazena kao zasebnog sedimentacijskog prostora. Zbog izoliranosti bazena došlo je do

postupnog pada saliniteta i razvoja endemske faune što je dovelo do problema u korelaciji miocenskih sedimenata Panonskog bazena s istovremenim naslagama u ostalim bazenima nekadašnjeg Paratethysa i uvođenja posebne podjele neogena za područje Centralnog Paratethysa.

Krajem miocena, pojačanim donosom klastičnog materijala iz Alpa, Karpata , Dinarida i velikih planinskih lanaca koji okružuju Panonski bazen (Sl. 3.4) počelo je postupno oplićavanje, sužavanje i zatrpavanje bazena.

Na području sjeverne Hrvatske u vrijeme starijeg miocena došlo je do formiranja dva sedimentacijska bazena. Bazen Hrvatskog zagorja formiran je na sjeverozapadu sjeverne Hrvatske dok se kao drugi bazen razvio Sjevernohrvatski bazen koji pokriva gotovo cijelu sjevernu Hrvatsku (Sl. 2.1.2.). Sjevernohrvatski bazen karakteriziran je s izduženim, tektonski spuštenim utolinama čije pružanje je ZSZ-IJI i u čijoj podlozi je debljina predmiocenskih stijena doseže i do 6.500 m. Tijekom pliocena i kvartara u središnjim dijelovima bazena došlo je do formiranja novog strukturno-tektonskog sklopa, odnosno došlo je do formiranja Slavonskih planina koje čine: Papuk, Krndija, Psunj, Požeška gora i Dilj gora.

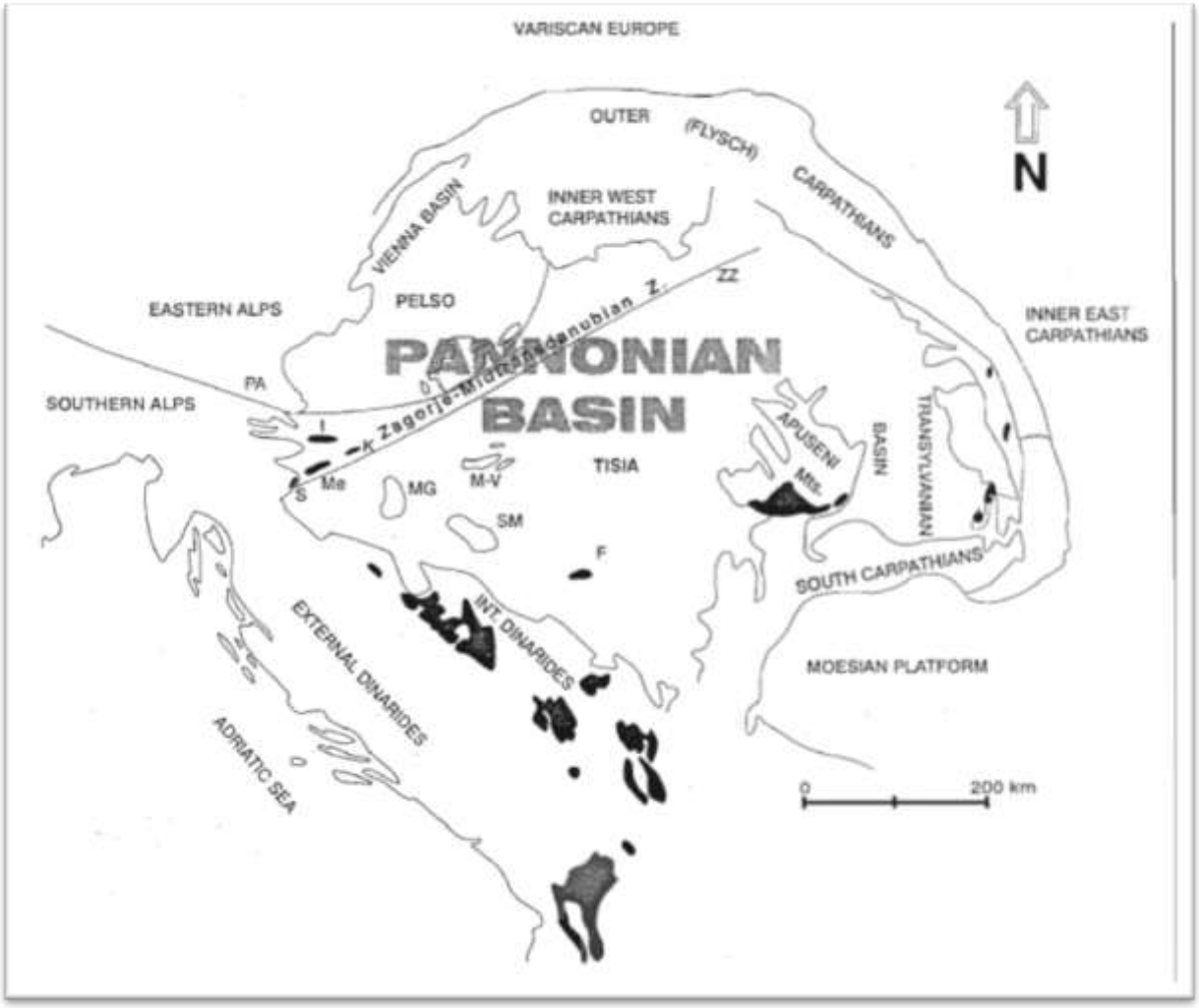


Slika 2.1.2. Položaj Sjevernohrvatskog bazena unutar Panonskoga bazenskog sustava. Glavni rasjedi (preuzeto iz PAVELIĆ i sur., 2003. (prilagođeno))

Podlogu Panonskog bazena čine različiti varijeteti magmatskih i metamorfnih stijena koje su nastale u vrijeme hercinske orogeneze. Zastupljene stijene većinom su iz amfibolitnog facijesa koje se nalaze u kotaktu s granitima i migmatitima. U zajednici s prije navedenim metamorfitima i magmatitima nalaze se silurski i donjokarbonski metapeliti i metapsamiti u koje su intrudirali metabazični silovi. Formacije mezozoika manje su zastupljene u odnosu na ostale no vidljivo je rasprostiranje trijaskih, jurskih i gornjokrednih siliciklastičnih i karbonatnih stijena. Kao rezultat kolizijsko-ekstenzijskih procesa na navedenom području u vrijeme gornje krede uočavaju se magmatske i taložne stijene iz navedenog razdoblja. Uočeno je kako miocenske taložne stijene diskordantno naliježu na stijene podloge.

Na području Sjevernohrvatskog bazena sin- i postriftna faza odvijale su se tijekom miocena, pliocena i kvartara. Tijekom sinriftne faze koja je trajala od otnanga do srednjeg badena formirale su se tri formacije: 1. otnanško-karpatske aluvijalne naslage i jezerske naslage salina tipa, 2. donjobadenske jezerske siliciklastične naslage s piroklastitima i 3. donjo-srednjebadenske marinske klastične naslage, karbonatne naslage, vulkaniti i piroklastiti. Postriftna faza započela je u vrijeme gornjeg badena i traje sve do danas prilikom čega se izdvojilo pet formacija: 1. gornjobadenski marinski vapnenci i lapori s piroklastitima, 2. sarmatski marinski biokalkareniti, siliciklastiti i vapnenci, 3. panonsko- pontski jezerski brakični vapnenci, lapori, siltovi, i pijesci, 4. pliocenski slatkovodni siliciklastiti i 5. kvartarni slatkovodni i eolski siliciklastiti.

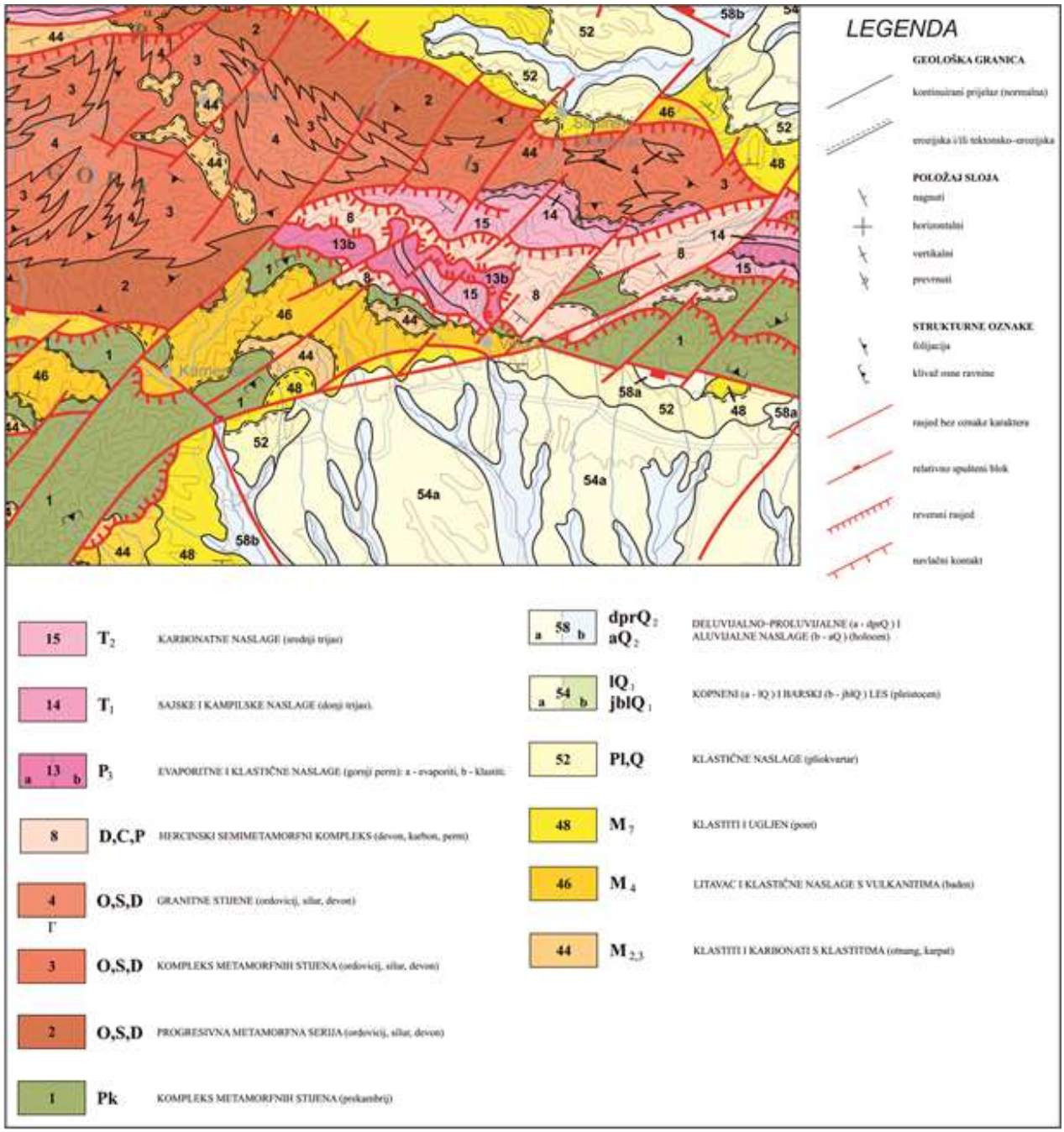
Prema PAMIĆ (1999) Panonski bazen razdijeljen je Zagreb-Zemplin rasjednim sustavom na dvije geotektonske jedinice: Pelso na zapadu i Tisiju na istoku (Sl. 2.2.1.). Između ove dvije geotektonske megajedinice nalazi se Srednjetransdanubijska zona koja je ograničena na sjeverozapadu Periadriatsko-balatonskom rasjednom zonom, a na jugoistoku Zagreb-Zemplin rasjednim sustavom. Budući da se ta zona svojim jugozapadnim dijelom proteže u Hrvatskom zagorju ona se još naziva i Zagorsko-srednjotransdanubijska zona.



Slika 2.2.1. Shematizirana geotektonska karta Panonskog bazena i okolnih prostora (preuzeto iz PAMIĆ, 1999)

2.2. Geologija Papuka

Kad govorimo o geologiji Papuka valja istaknuti kako masu Papuka čine stijene paleozojske i mezozojske starosti, dok ga okružuju neogenski i kvartarni sedimenti Panonskog bazena (Sl. 2.3.1.). Geologija Papuka detaljno je opisana u tumačima geoloških karata za listove Orahovica (JAMIČIĆ i sur., 1987.) i Daruvar (JAMIČIĆ i sur., 1989).



Slika 2.3.1. Geološka karta zapadnog Papuka i okolnih područja; Isječak Geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000 (Hrvatski geološki institut, 2009).

Unutar paleozojske formacije razlikujemo sljedeće članove:

a) Regionalnometamorfne stijene srednjeg, niskog i vrlo niskog stupnja metamorfizma
b) Migmatiti
c) Granitodine stijene

Stijene regionalnometamorfne serije srednjeg, niskog i vrlo niskog stupnja metamorfizma su najzastupljenije unutar paleozojske formacije i čine ju različiti varijeteti gnajseva, tinjčevih škriljavaca, amfiboliti, mramori, zeleni škriljavci, kloritodini škriljavci, metapješčenjaci, slejtovi, filiti i kvarciti.

Po svojem sastavu migmatiti su stijene za koje je definirano kako nastaju procesom pretaljivanja regionalnometamorfnih škriljavaca. Izgrađeni su od svijetlih i tamnih vrpci. Prema svom kemijskom sastavu odgovaraju granitima. Na prostoru Papuka grade dvije veće razdvojene zone.

Skupinu granitodinih stijena Papuka čine S-graniti i I-graniti. S-graniti izgrađuju jezgru Papuka a nastali su procesom kristalizacije iz magme koja se formirala uslijed parcijalnog taljenja regionalnometamorfnih škriljavaca čije je podrijetlo sedimentno. I-graniti se pojavljuju kao manja tijela koja probijaju metamorfne stijene. Unutar skupine granitodinih stijena spadaju i pegmatiti. Pegmatiti su krupnozrnate, žilne stijene u čijem mineralnom sastavu dominiraju kvarc, feldspati i tinjci.

Stijene mezozojske formacije izgrađene su od stijena trijaske i kredne starosti. Trijaska serija dijeli se na stijene donjeg i srednjeg trijasa. Seriju donjeg trijasa čine fosiliferni kvarcni pješčenjaci, šejlovi i slejtovi čija debljina iznosi oko 80 m. Znatno veće rasprostiranje imaju stijene srednjetrijaske starosti koje čine fosiliferni dolomiti, dolomitni vapnenci i vapnenci.

Gornjokredne stijene manje su rasprostranjene u odnosu na trijaske i većinom su zastupljene različitim varijetetima magmatskih stijena koje su dominantne u odnosu na sedimentne stijene. Stijene gornjokredne formacije izgrađene su od riolita, bazalta i piroklastita unutar kojih su mjestimično uklopljeni okolni paleozojski škriljavci, migmatiti i S- graniti.

Kao posljednji član navode se tercijarno- kvartarni sedimenti koji se prostiru zaravnjenim terenima. Papuk periklinalno okružuju neogenske naslage koje ga okružuju u manje ili više isprekidanim zonama koje su prekrivene kvartarnim naslagama. Najstarije među njima su naslage donjeg miocena koje pripadaju otnangu. Otnanške naslage dijele se na niži i viši nivo. Podjela je definirana s obzirom na uslojenost ili neuslojenost prisutnih sedimenata. Niži neuslojeni dio otnanga u svom baznom dijelu čine šljunci i brečokonglomerati i konglomerati

s pjeskovitim vezivom nakon kojih slijedi vertikalna i horizontalna izmjena šljunaka, siltova, glina i pokojeg proslojka tufa i tufita. Viši uslojeni dio otnanga čine konglomerati pješčenjaci, šljunci, pjesci, siltiti, pjeskoviti i siltozni lapori i pješčenjaci. Osim navedenih članova unutar serije višeg nivoa mogu se uočiti i proslojci tufa cm do dm debljina. Pretpostavlja se kako ukupna debljina otnanga ne prelazi 200 m. Karpatske naslage koje su većom površinom zastupljene na sjevernim padinama Papuka djelomično su kontinuirano na otnangu a djelomično transgresivno naliježu na stijene kristaline podloge ili efuziva. Naslage koje izgrađuju karpat su: konglomerat, brečokonglomerat, dolomit, granit, gnajs, amfibolit, eufuzivi, tufovi, tufiti. Naslage badena, koje su široko rasprostranjene na jugozapadnim obroncima Papuka (Sl. 2.3.1), izgrađene od različitih varijeteta vapnenaca, lapora, breča i konglomerata taloženih u marinskom okolišu. One su transgresivne na različite stijene podloge ili kontinuirano naliježu na naslage karpata. Sarmatske naslage sastoje se od tanko uslojenih i listićavih lapora, pješčenjaka, laporovitog vapnenca, gline, pijeska i šljunka taloženih u okolišu reduciranog marinskog saliniteta. Naslage gornomiocenske starosti na površini su otkrivene na hipsometrijski najnižim dijelovima Papuka. Njihovo taloženje odvijalo se u brakičnom do slatkovodnom jezerskom okolišu. Najstarije od njih su donjopanonske“croatica naslage“ izgrađene od laporovitog vapnenca i lapora taloženih u plitkom, gotovo potpuno oslađenom, jezerskom okolišu. Na njih slijede gornjopanonske “banatica naslage“ i donjopontske “abichi naslage“ sastavljene najvećim dijelom od lapora taloženih u dubljem jezerskom okolišu. Krajem miocena, u gornjem pontu istaloženi su pjeskovito siltozni sedimenti poznati kao „rhomboidea naslage“ koji predstavljaju sedimente prodelte i čela delte.

Od postmiocenskih naslaga na prostoru Papuka izdvojeni se pliocenski sedimenti sastavljeni od različitih šljunaka, siltnih pijesaka, pjeskovitih siltova, lapora i glina taloženih u močvarnom i aluvijalnom okolišu, te kvartarni sedimenti eolskog, barskog, fluvijalnog i padinskog tipa.

3. Tufovi

Vulkani koje nalazimo na Zemljinoj površini tijekom svojih erupcija izbacuju različite tipove magmi i piroklastičnog materijala. Sve čestice koje vulkan tijekom erupcije izbaci skupno nazivamo tefra. S obzirom na granulometriju tefru dijelimo na blokove (>64 mm), lapile (2-64 mm), srednje zrnati pepeo (<2 mm) i sitnozrnati pepeo (1/16 mm). Vulkanski pepeo (Sl. 3.1.) može biti sastavljen od staklastih, litičnih i kristalnih čestica koje mogu biti osnovnog, sporednog i slučajnog izvora.



Slika 3.1. Vulkanski pepeo (http://www.goes-r.gov)

Staklaste čestice unutar vulkanskog pepela čine vulkansko staklo i plovućac ili scoria. Vulkansko staklo nastaje uslijed naglog hlađenja silikatnih magmi. Staklo je termodinamski nestabilno pa devitrificira ili biva zamijenjeno sekundarnim mineralima, najčešće zeolitima i mineralima glina. Kao najčešći produkt devitrifikacije vulkanskog stakla javljaju se sferule, mikropoikilitske strukture sitnozrnatog kvarca i kalijskog feldspata. Jedan od oblika vulkanskog stakla su vitroklasti (< 2 mm) koji nastaju fragmentacijom magme ili lave tijekom eksplozija, naglog hlađenja ili kao produkti drobljenja vulkanskog stakla prilikom transporta. Razlikujemo tri vrste vitroklasta: srpasti oblici koji predstavljaju spojeve između vezikula u vulkanskom staklu, pločaste koji su samo odjeljci između velikih vezikula i mikrovezikularni vitroklasti koji samo sadrže vezikule.

Konsolidacijom piroklastičnog materijala formiraju se piroklastične stijene (Tablica 1.) koje se odlikuju svojom velikom raznolikošću i za njih je vezano obilje tekstura i struktura koje ih karakteriziraju. Konsolidacijom piroklastičnih čestica veličine blokova i bombi formiraju se piroklastične breče dok se iz čestica veličine lapila procesom konsolidacije

formira lapilituf. Iz vulkanskog pepela (Slika 3.1.) koji je sastavljen od staklastih, kristalnih i litičnih čestica i koje mogu biti, osnovnog, sporednog ili slučajnog izvora i čija veličina je manja od 2 mm procesom konsolidacije formira se stijena koja se naziva tuf (Sl. 3.2.).

Tablica 1. Granulometrijska klasifikacija piroklastičnog materijala i piroklastičnih stijena

Veličina čestica	Piroklast	Piroklastične naslage	
		Nekonsolidirane	Konsolidirane
>64 mm	Blok- Bomba	Aglomerati, slojevi blokova ili bombi	Piroklastične breče
2-64 mm	Lapili	Slojevi lapila, lapili tefra	Lapilituf
<2 mm	Srednje zrnati pepeo	Pepeo	Pepelasti tuf
1/16 mm	Sitno zrnati pepeo	Prašina	Prašinasti tuf

S obzirom na veličinu čestica tuf se dijeli na srednje i sitnozrnati pepeo. Osim prema veličini čestica tuf se dijeli i s obzirom na mjesto taloženja na: lakustrijski tuf, marinski tuf ili s obzirom na uvjete transporta na fluvijalni tuf i eolski tuf (Fisher, R.V. & Schmincke, H.-U. (1984.)).



Slika 3.2. Tuf (http://wwwf.imperial.ac.uk)

S obzirom na svoje karakteristike tuf spada u skupinu vulkanoklastičnih sedimentnih stijena i u njegovoj građi sudjeluju čestice vulkanskog stakla, fragmenti stijena i minerali u različitim omjerima. Na temelju udjela vulkanskog stakla, fragmenata stijena i minerala tufovi se dijele na:

a) Vitroklastične- u građi stijene uočava se povećani udio vulkanskog stakla ili plovučca u odnosu na ostale sastojke

b) Litoklastične- u građi stijene uočava se povećani udio fragmenata stijena u odnosu na ostale sastojke

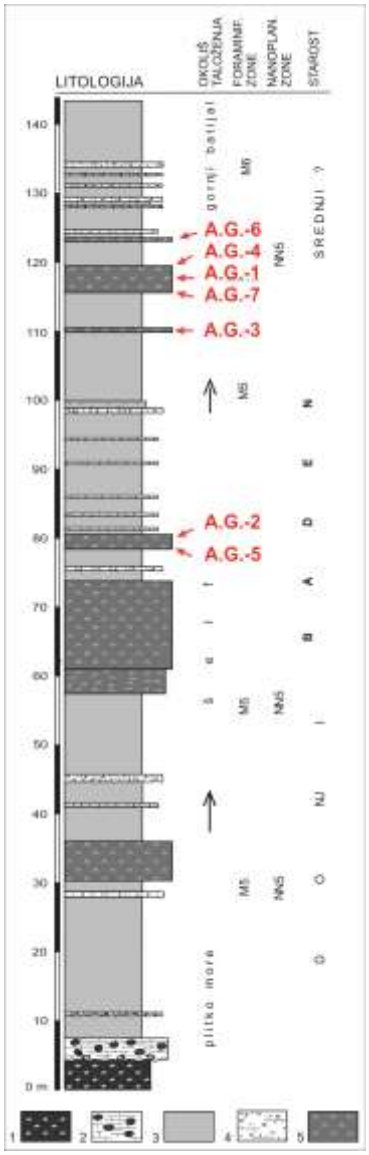
c) Kristaloklastične- u građi stijene uočava se povećani udio mineralnih faza u odnosu na ostale sastojke

d) Mješovite- podjednaki udjeli vulkanskog stakla, fragmenata stijena i minerala unutar stijene

4. Metode istraživanja

4.1. Terenske metode istraživanja

Uzorke za istraživanje prilikom terenskog rada prikupili su profesori Dražen Balen i Marijan Kovačić te asistent Frane Marković. Od velikog broja prikupljenih uzorak u ovome diplomskom radu obrađeno je njih 7. U donjem dijelu teksta prikazan je geološki stup analiziranog profila na kojem su ucrtana točna mjesta uzorkovanja i terenske oznake uzoraka (Sl. 4.1.1.).



Slika 4.1.1. Geološki stup snimljenog profila s označenim mjestima uzorkovanja (crvene oznake), Legenda: 1- metagabro, 2- algalni vapnenac, 3- lapor, 4- bioklastični vapnenac, 5- tuf (preuzeto iz KOVAČIĆ i sur., 2015)

4.2. Laboratorijske metode

4.2.1. Izrada mikroskopskog izbruska

Kako bi se stijenski uzorak mogao promatrati pod mikroskopom, bilo je potrebno iz njega izraditi preparate. Dio uzorka pilom se izrezao na tanke pločice, debljine oko 4 milimetra. Pločice su se izlomile kako bi odgovarale dimenzijama mikroskopskog staklaca te su nakon brušenja finim prahom na stakalce zaljepljene uz pomoć kanada balzama. Kako bi se mogli mikroskopirati uzorke je bilo potrebno stanjiti do debljine od oko 0.03- 0.02 milimetra. To se izvodilo korištenjem uređaja za brušenje i grubih pa sve finijih prahova i na kraju ručnim brušenjem kako bi se došlo do željene debljine. Napravljena su ukupno 3 izbruska, svi iz uzorka A.G.-7.

4.2.2. Mikroskopiranje - optičke metode

Optičke metode koriste se za određivanje mineralnog sastava te strukturnih i teksturnih obilježja stijene, pri čemu se koristi polarizacijski mikroskop. Kod polarizacijskog mikroskopa svjetlost prolazi kroz polarizator gdje se polarizira, tj. vibrira samo u jednom smjeru (jednoj ravnini) te nastavlja tako do stolića s preparatom. Zatim prolazi kroz objektiv, analizator (ukoliko je uključen) te naposljetku i kroz okular. Ovisno je li kondenzor uključen ili ne, opažanja provodimo u ortoskopskim uvjetima (gdje snop paralelnih zraka svjetlosti na preparat padaju pod pravim kutem) ili u konoskopskim uvjetima (snop konvergirane svjetlosti). Stoga, u ortoskopskim uvjetima bez uključenog analizatora promatramo oblik i veličinu mineralnih zrna, zatim postojanje pukotina, kalavosti, reljef, postojanje pseudoapsorpcije, vlastitu boju mineralnog zrna te postojanje pleokroizma. S uključenim analizatorom, s druge strane, razlikujemo optički izotropne od anizotropnih minerala, interferencijeske boje, dvolom, potamnjenja, optički karakter izduženja. Svi preparati promatrani su pod povećanjem od 40 do 600X. Nakon detaljne analize mikroskopskih preparata snimljene su mikrofotografije uzoraka. Fotografije su snimljene uz pomoć digitalne kamere Canon EOS 550D montirane na mikroskop Carl Zeiss Axiolab uz korištenje objektiva povećanja 2.5, 10 i 20x. Uzorci su fotografirani u prolaznom svijetlu, s i bez analizatora, a dodatne korekcije fotografija izvršene su u računalnom programu EOS Utility.

4.2.3. Izrada praha za potrebe rendgenske analize i ICP-MS-a

Kako bismo od cjelovite stijene dobili prah za potrebe rendgenske analize i cijelostijenske kemijske analize bilo je potrebno stijenu zdrobiti u što sitnije čestice. Uzorci su drobljeni u ahatnim tarionicima prvo ručno a kasnije i pomoću mlina s ahatnim tarionikom. Ovom tehnikom obrađeni su sljedeći uzorci; A.G.-1, A.G.-2, A.G.-3, A.G.-4, A.G.-5 i A.G.-6.

4.2.4. XRD (eng. X-Ray difraction)

Rendgenska difrakcija (eng. X-Ray diffraction (XRD)) je nedestruktivna metoda kojom se određuje fazni sastav uzorka, odnosno udjeli amorfne i kristalne faze, faznih transformacija, kristalne strukture itd. Tehnike i metode rendgenske difrakcije temelje se na promatranju intenziteta raspršenih rendgenskih zraka u funkciji upadnog kuta, polarizacije, valne duljine ili energije (Tablica 2.). Ovom metodom mogu se analizirati monokristali i praškasti uzorci. Pri izradi ovog diplomskog rada navedenom metodom analizirani su praškasti uzorci. Ovom metodom analizirani su sljedeći uzorci: A.G.-1, A.G.-2, A.G.-3, A.G.-4, A.G.-5 i A.G.-6.

Tablica 2. Prikaz parametara uređaja pri XRD analizi

Parametar	Vrijednost
Brzina snimanja	0,02/s
Vrsta snimanja	Kontinuirano
Vrsta zračenja	Karakteristično Cu zračenje
Napon	40 kV
Jakost struje	40 mA

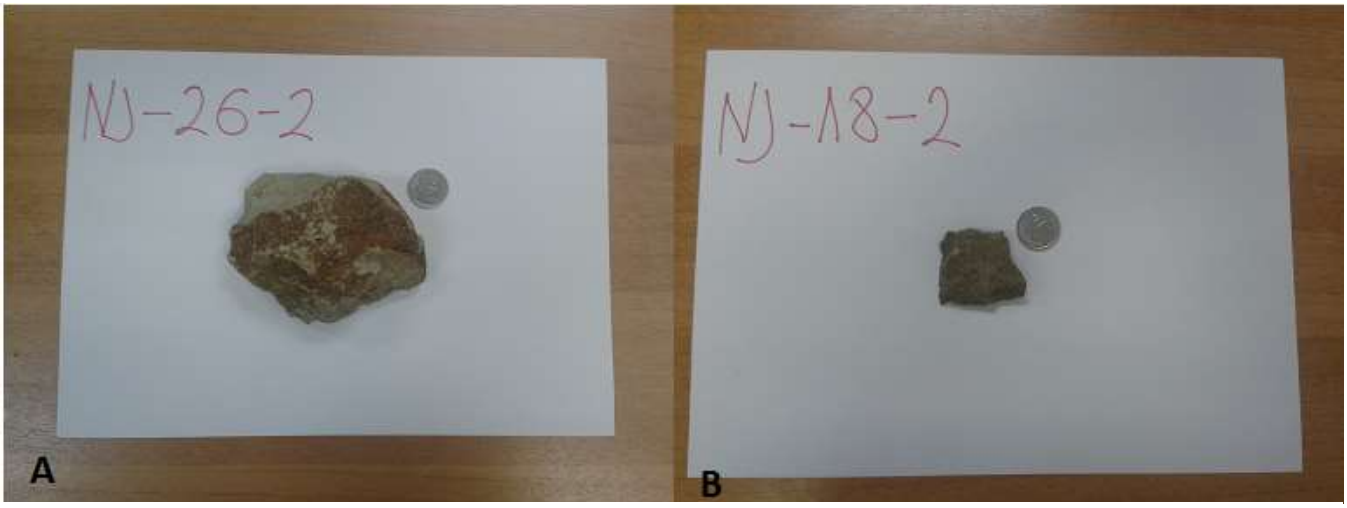
4.2.5. Masena spektrometrija s induktivno spregnutom plazmom(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry ICP-MS)

Za potrebe cijelostijenske geokemijske analize korištena je ICP-MS analitička metoda koja je obavljena u Kanadi. ICP-MS je analitička metoda koja se koristi pri detekciji kemijskih elemenata unutar analiziranih uzoraka i ovom metodom analiziraju se uzorci u plinovitom stanju. Pri radu ovom metodom kombiniraju se visoka temperatura koja je inače jedna od karakteristika ICP metode i detekcija pomoću masenog spekrometra. Unutar ICP-a nalazi se plemeniti plin argon koji u koncentričnim kanalima teče kroz uređaj (ICP baklja). Tijekom prolaska struje kroz zavojnicu nastaje oscilirajuće elektromagnetsko polje koje atomima argona uklanja elektrone i pretvara ih u ione. Sudaranjem ovih iona s drugim atomima argona u baklji dolazi do oslobađanja energije u obliku izboja argona (plazma) kojim se bombardira uzorak. Ova metoda analizira uzorke koji se nalaze u plinovitom stanju. Uzorci se u plinovito stanje pretvaraju djelovanjem lasera. Ulaskom plinovitog uzorka u ICP on se u potpunosti disocira, najprije u atome a zatim i u ione. Ioni tada putuju prema masenom spektrometru. Nakon što ioni uđu u maseni spektrometar razdvajaju se s obzirom na svoju masu i naboj. Ioni nakon razdvajanja udaraju u brojač koji se nalazi na kraju uređaja i koji nam daje podatak koliki je udio pojedinog elementa u našem uzorku. Dobiveni rezultati analiza zahtijevaju daljnju obradu i interpretaciju, za što je pogodan softvee GCDkit (Geochemical Data Toolkit) (JANOUŠEK i sur., 2006.). Pomoću tog softvera podaci se obrađuju, grupiraju, uspoređuju, izrađuju se razni dijagrami za čiju bi nam konstrukciju bez pomoći programa trebalo jako puno vremena. U ovom radu korišteni su dijagrami koji u međuodnos stavljaju mikroelemente, dijagrami za normalizaciju na različite materijale i TAS (Total alkalis vs silica) dijagram.

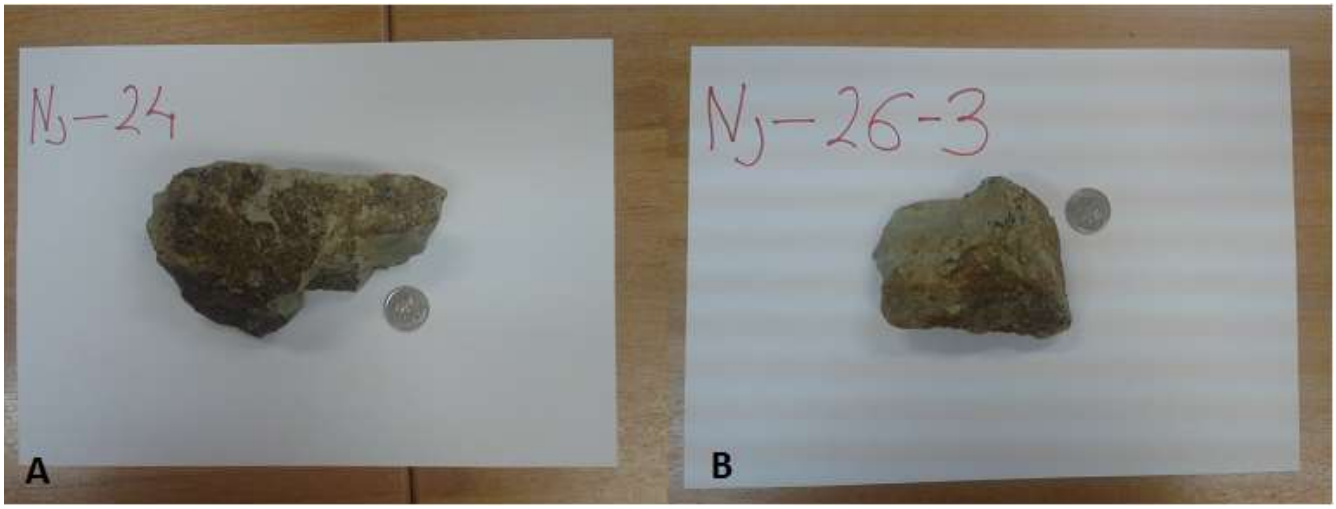
5. Rezultati istraživanja

5.1. Makroskopski opis uzoraka

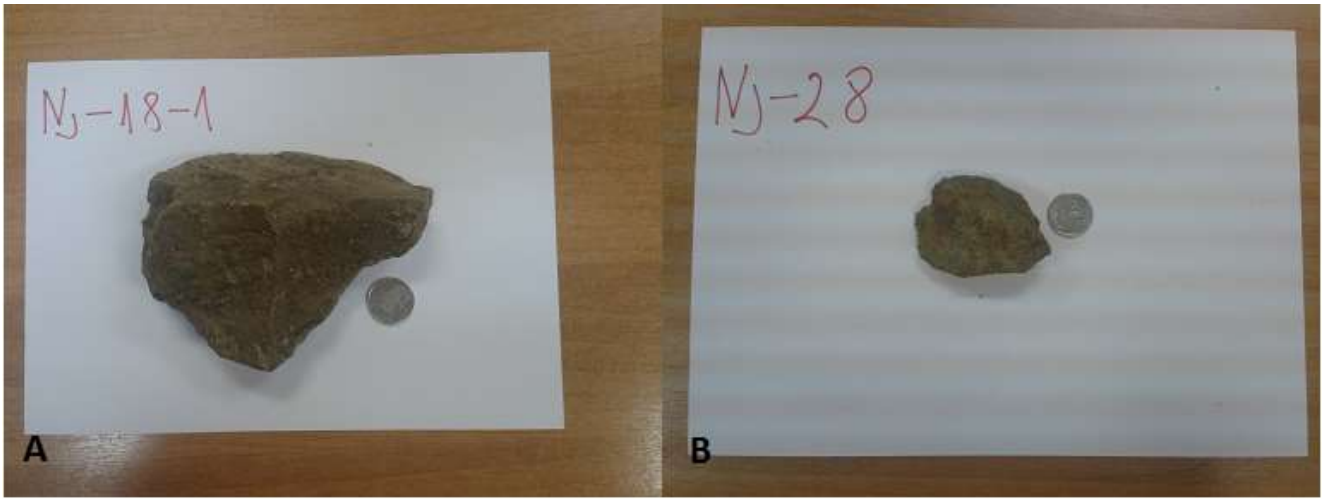
S obzirom na makroskopske karakteristike svi navedeni uzorci su zelene boje i na površini su praškasti (Sl. 5.1.1.-5.1.4.).



Slika 5.1.1. Fotografije uzoraka: A) uzorak A.G.-1; B) uzorak A.G.-2



Slika 5.1.2. Fotografije uzoraka: A) uzorak A.G.-3; B) uzorak A.G.-4



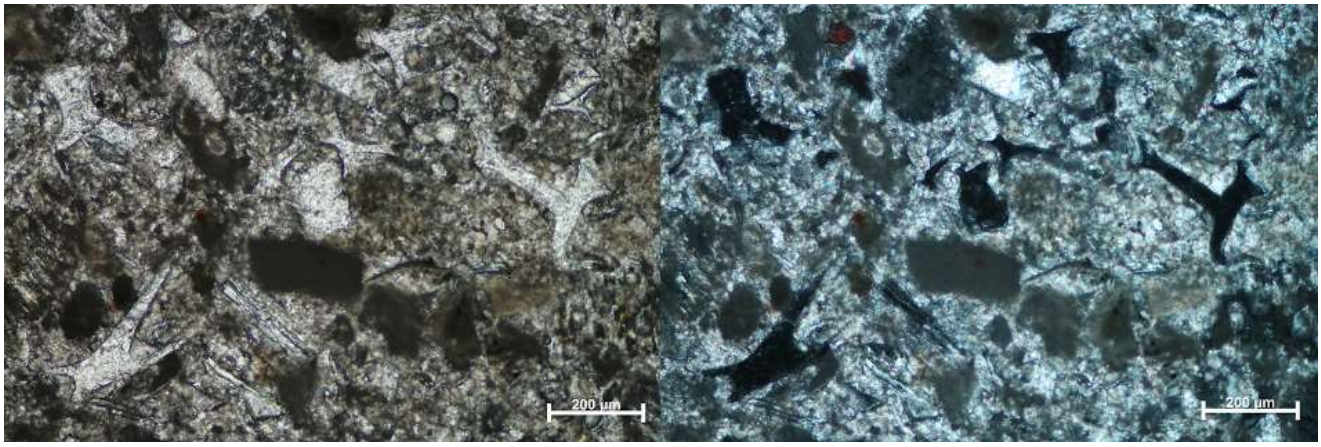
Slika 5.1.3. Fotografije uzoraka: A) uzorak A.G.-5; B) uzorak A.G.-6



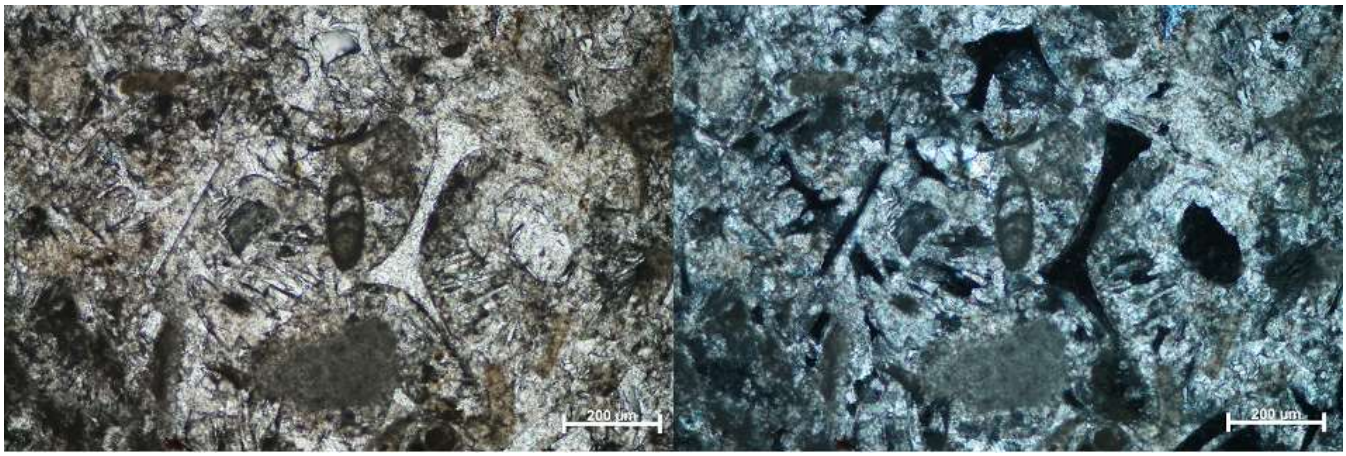
Slika 5.1.4. Fotografija uzorka A.G.-7

5.2. Mikroskopski opis uzorka A.G.-7

Mikroskopskom analizom utvrđeno je da je uzorak vitroklastične strukture. U njegovom sastavu dominiraju različiti oblici vulkanskog stakla i plovućca dok udio mineralne faze ne prelazi 2 %. Čestice vulkanskog stakla veoma su raznolike, kako veličinama tako i oblikom. Veličina im varira od 0,020 mm do 0,40 mm. S obzirom na oblik vulkansko staklo je srpoliko, štapićasto, igličasto, češljasto itd (Sl. 5.2.1. i 5.2.2.).

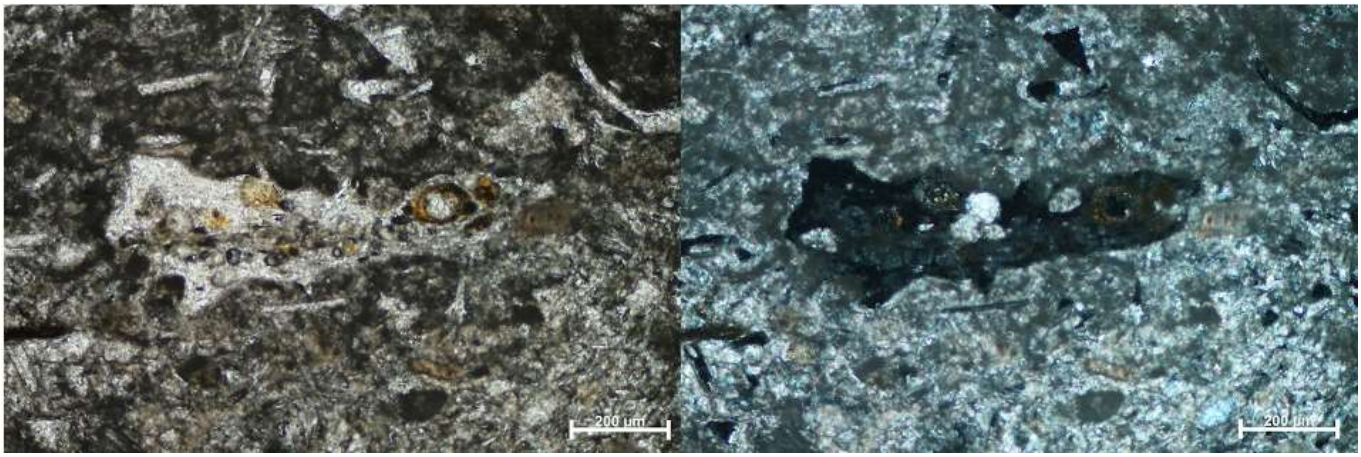


Slika 5.2.1. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vide se raznoliki oblici vulkanskog stakla (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

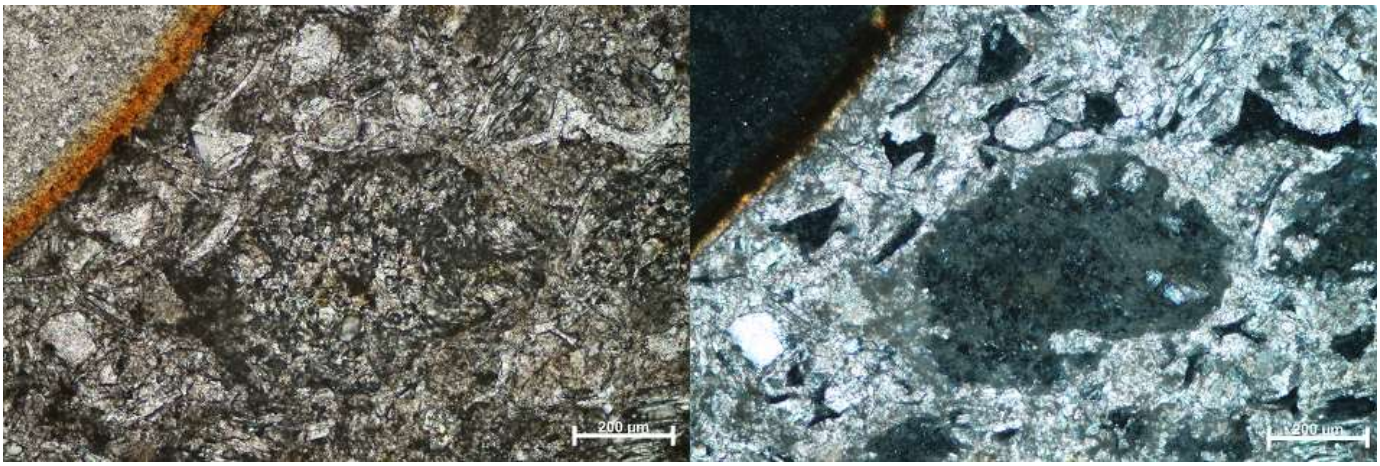


Slika 5.2.2. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vide se štapićasti i češljasti oblici vulkanskog stakla (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

Plovućac koji se uz vulkansko staklo pojavljuje kao dominantna faza je različitih oblika. Usporedbom veličina plovučca i vulkanskog stakla može se vidjeti da je plovućac nešto veći i njegova duljina seže do maksimalnih 0,7 mm (Sl. 5.2.3 i 5.2.4.).



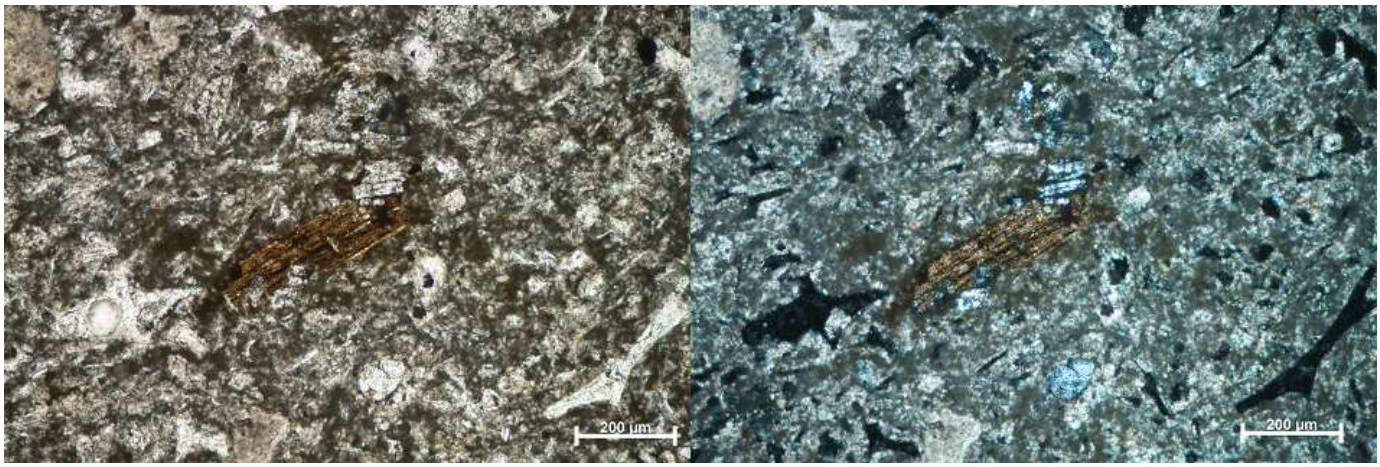
Slika 5.2.3 Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se plovućac duljine oko 0,700 mm (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)



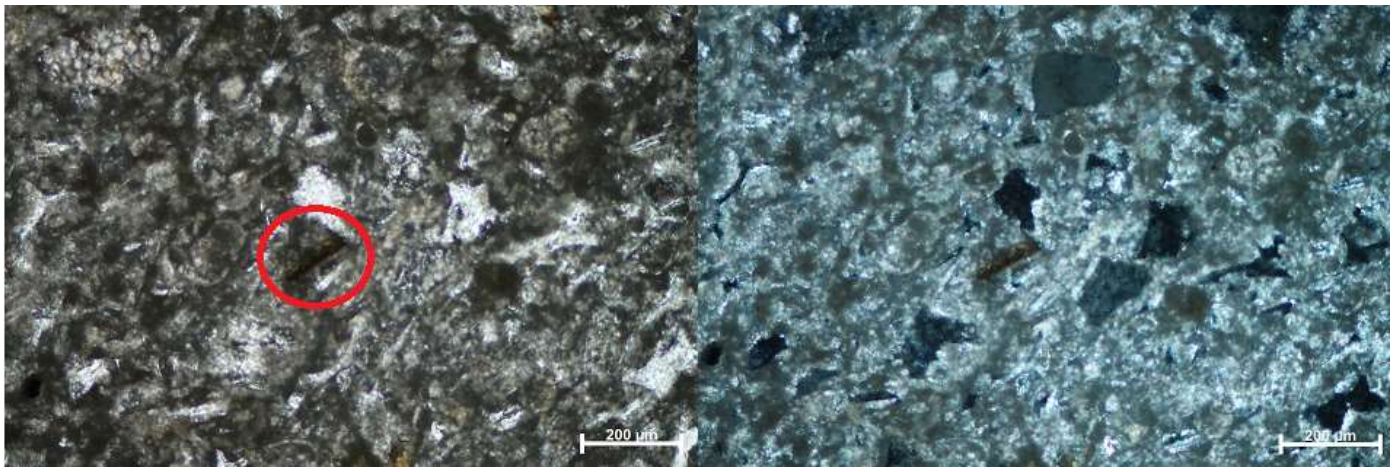
Slika 5.2.4. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se plovućac (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

Udio mineralnih zrna, kao što je navedno u gornjem dijelu teksta, je jako mali. Detektirano je nekoliko zrna kvarca, biotita, amfibola, plagioklasa i apatita. Mineralna zrna biotita većinom su štapićastog habitusa i na njima se jasno uočavaju pukotine kalavosti. Na mineralim zrnima slabo se uočava pleokroizam u svijetlije smeđoj boji. Interferencijske boje mineralnih zrna biotita prikrivene su vlastitom bojom (Sl. 5.2.5. i 5.2.6.).

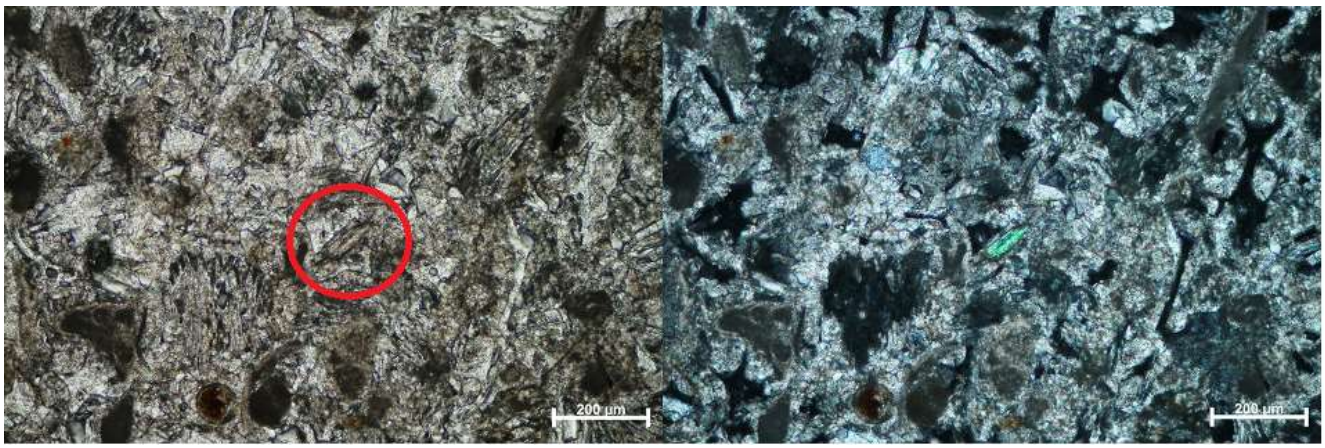
U izbrusku je zapaženo i zrno amfibola alotriomorfnog oblika. Na mineralnom zrnu slabo se uočavao pleokroizam u svijetlije smeđoj boji. S uključenim analizatorom uočavaju se interferencijske boje koje dogovaraju živim bojama 2. reda (Sl. 5.2.7.). Osim navedenih mineralnih faza unutar uzorka detektirano je i nekoliko mineralnih zrna plagioklasa. Zbog manjeg broja polisintetskih sraslačkih lamela koje su neophodne za definiranje kuta simetrijskog potamnjenja iz kojeg se očitava sastav plagioklasa nije bila moguća detaljnija identifikacija (Sl. 5.2.8.-5.2.10.).



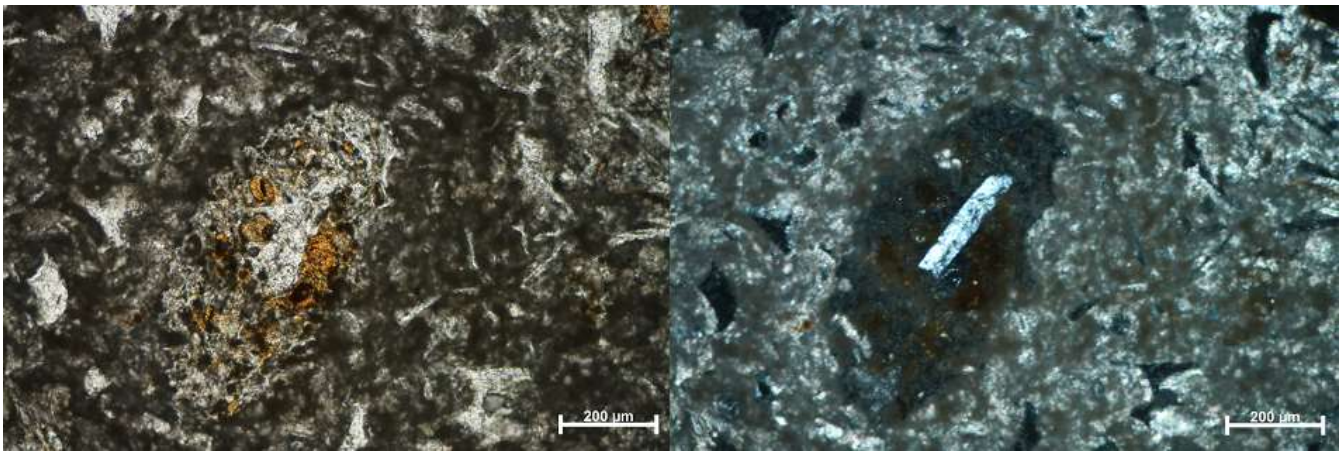
Slika 5.2.5. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno biotita veličine oko 0,200 mm (Lijeva slika bez analizatora desna slika s analizatorom)



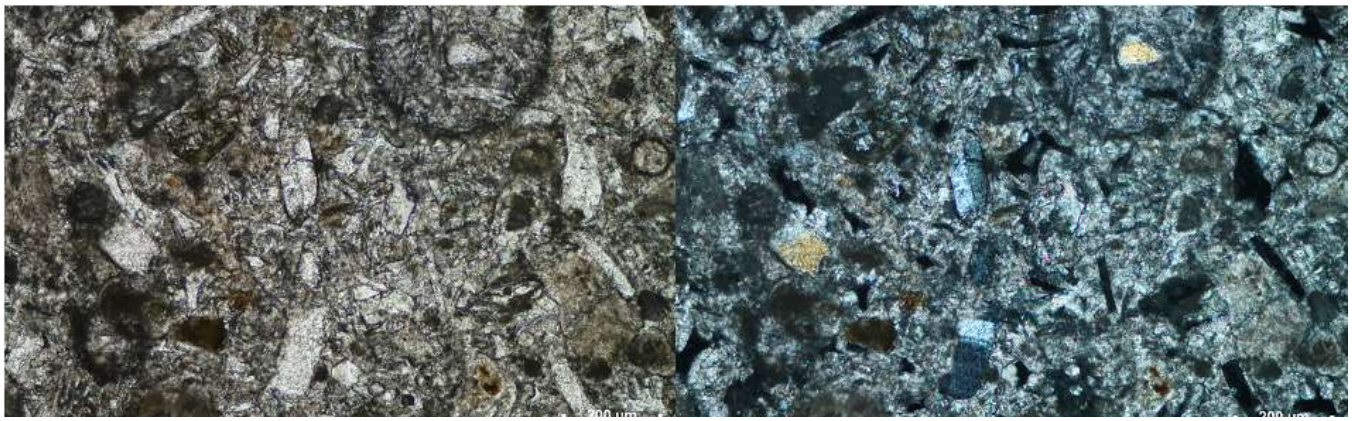
Slika 5.2.6. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno biotita štapićastog oblika (Lijeva slika bez analizatora (crveno zaokruženo mineralno zrno biotita), desna slika s analizatorom)



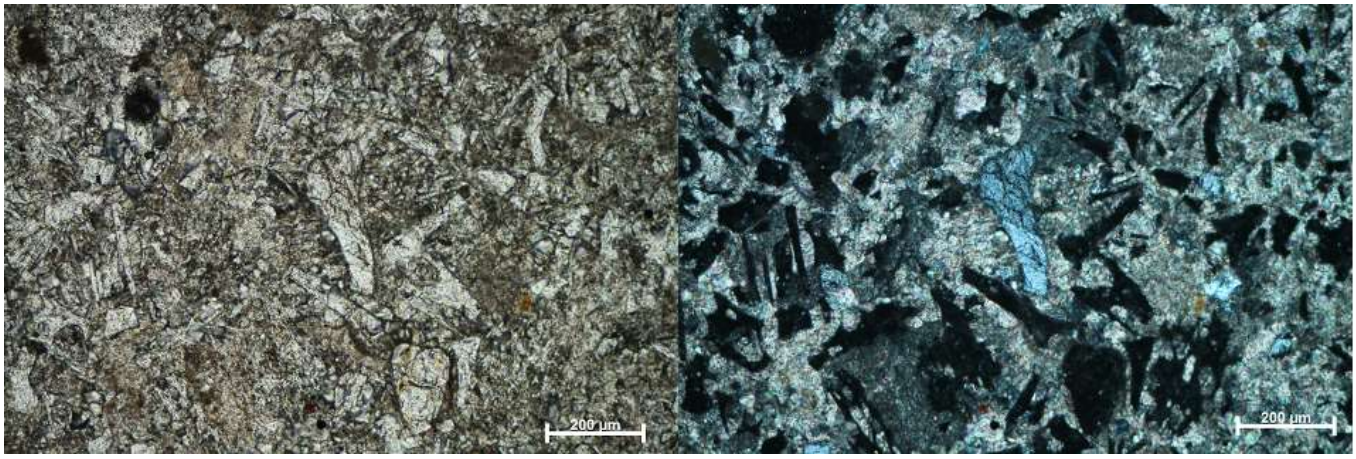
Slika 5.2.7. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno amfibola (Lijeva slika bez analizatora(crveno zaokruženo mineralno zrno amfibola), desna slika s analizatorom)



Slika 5.2.8. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno plagioklasa unutar plovučca (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

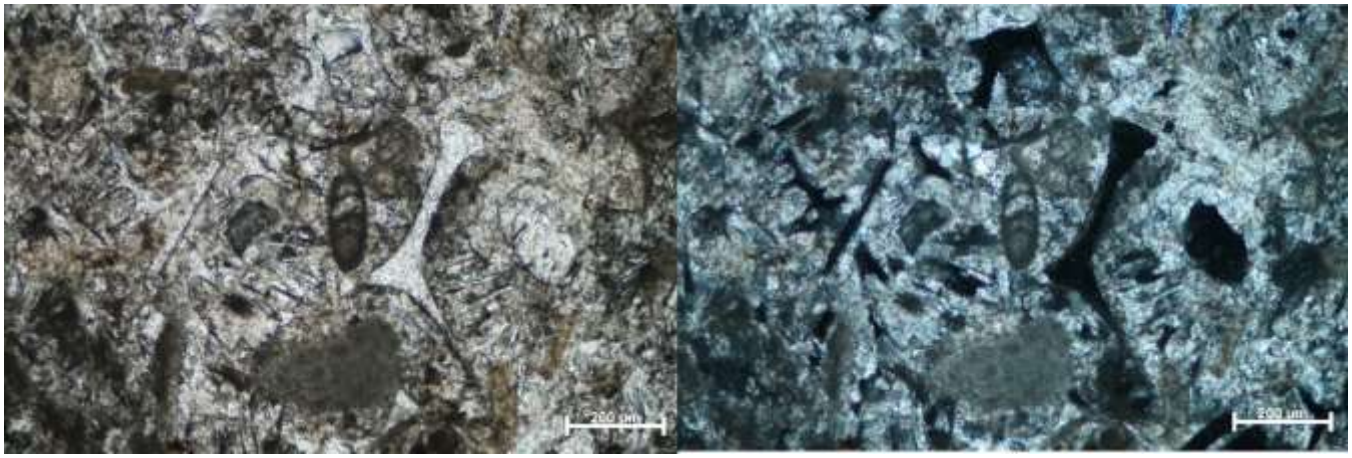


Slika 5.2.9. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vide se mineralna zrna plagioklasa (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

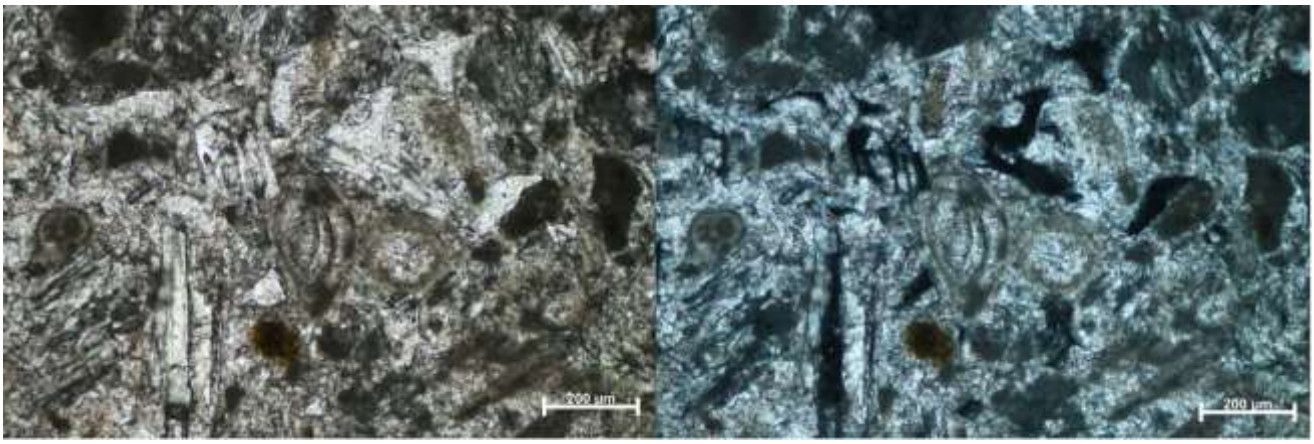


Slika 5.2.10. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno plagioklasa (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

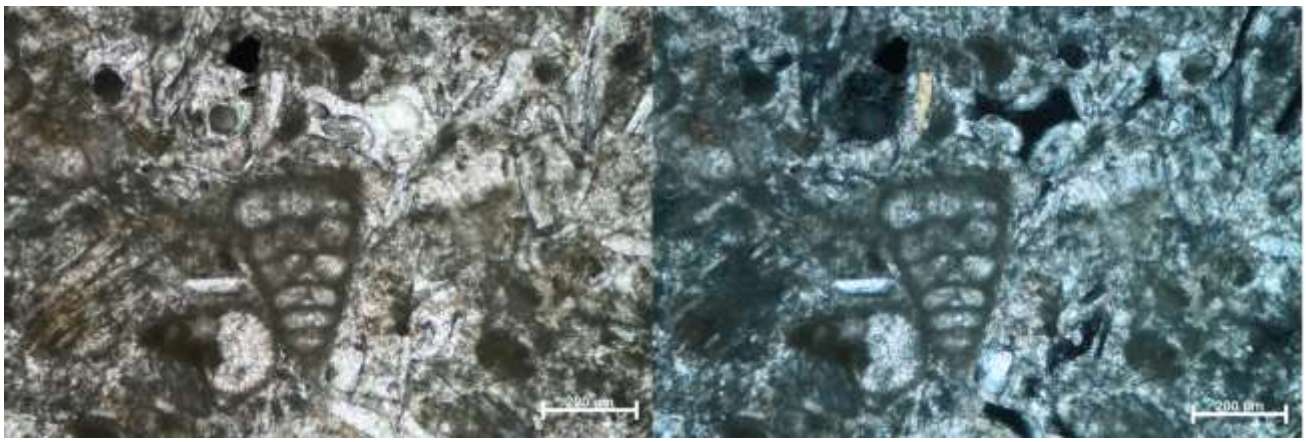
Osim piroklastičnog materijala u izbrusku je zapažena i manja količina fosilnog sadržaja. Radi se o ostacima bentičkih i planktonskih foraminifera (Sl. 5.2.11-5.2.13.).



Slika 5.2.11. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se fosilni sadržaj (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)



Slika 5.2.12. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se fosilni sadržaj (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

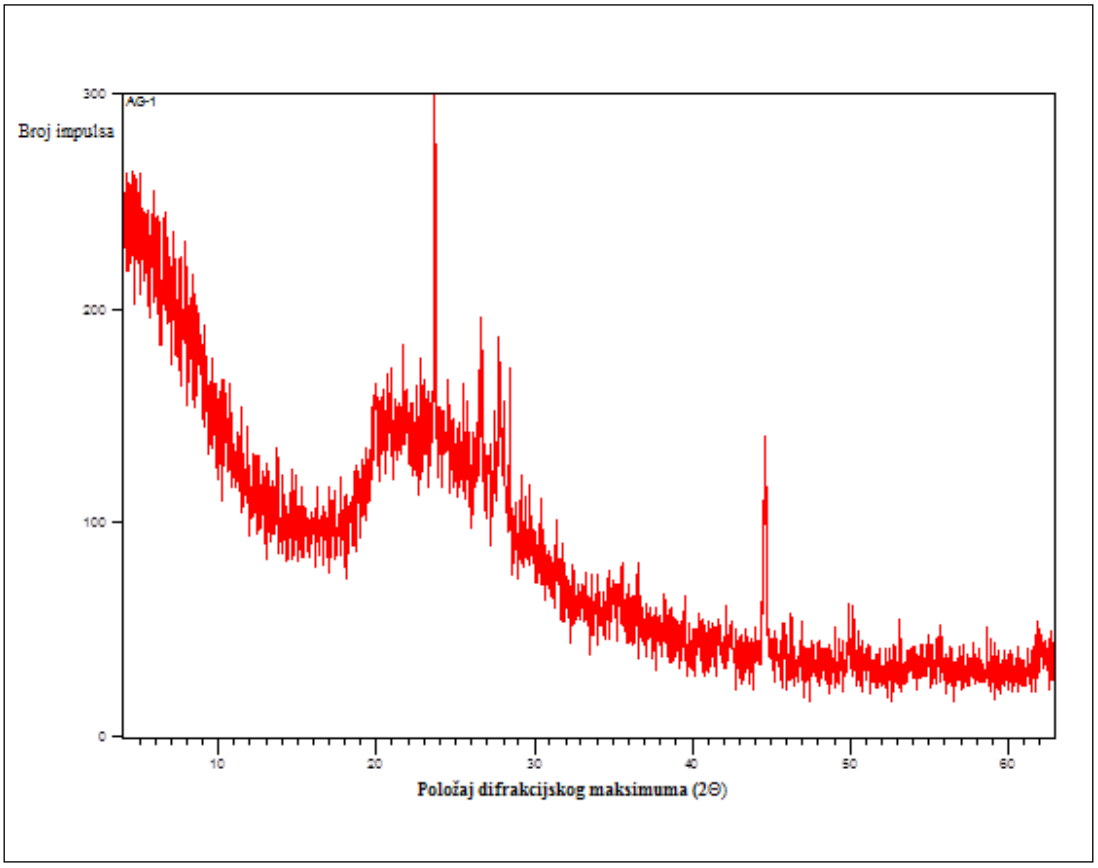


Slika 5.2.13 Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se fosilni sadržaj (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

5.3. Rezultati XRD analize

XRD metodom analize utvrđeno je kako su unutar uzoraka prisutne sljedeće mineralne faze: plagioklasi, kremen i minerali glina, vjerovatno montmorillonit (Tab. 3.-8.). Među uzorcima nije bilo značajnijih varijacija u mineralnom sastavu. Analizom izgleda dobivenih rendgenograma i usporedbom s bazama podataka utvrđeno je kako se radi o amorfnom materijalu (Sl. od 5.3.1.1.-5.3.6.1.).

5.3.1. Uzorak A.G.-1

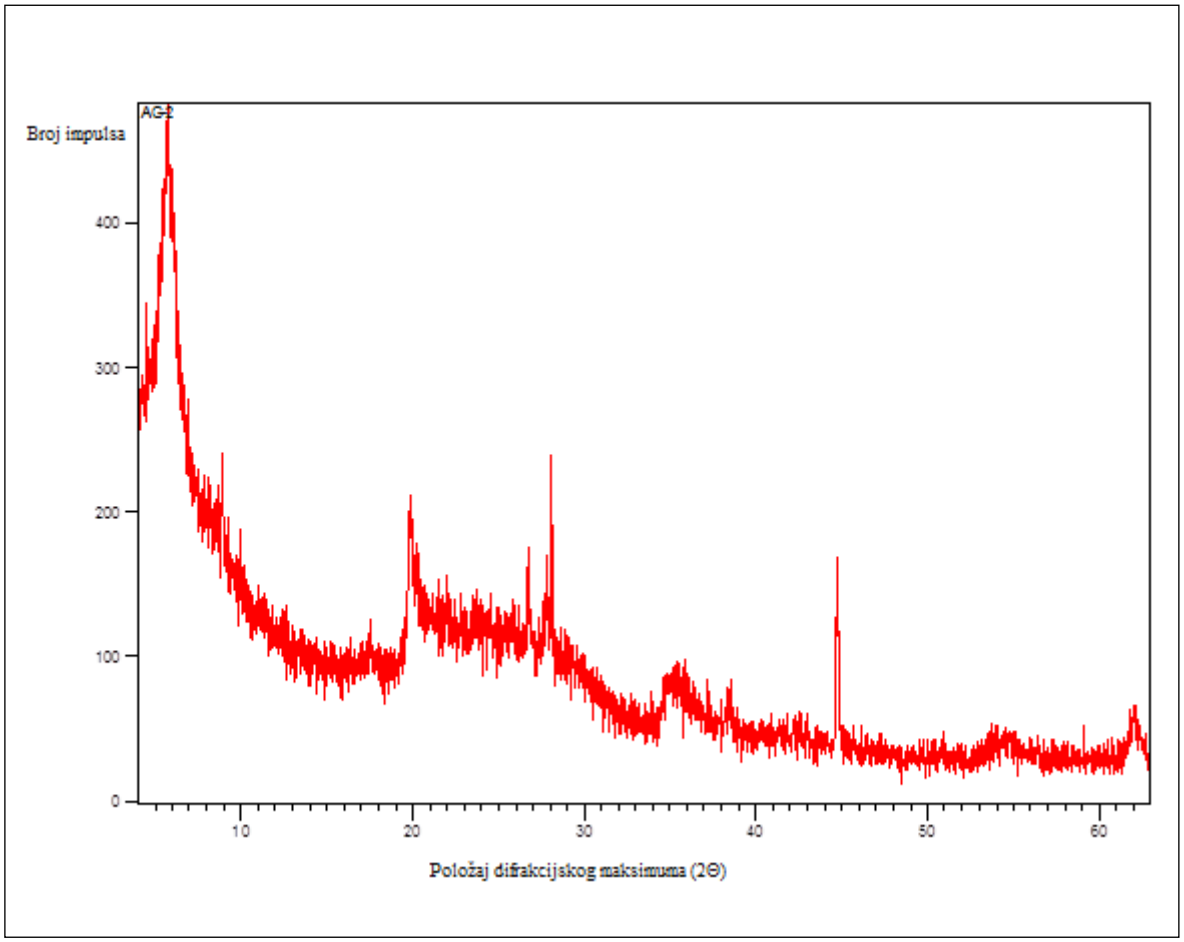


Slika 5.3.1.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-1

Tablica 3. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-1

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Θ]	Međumrežni razmak d [Å]	Relativni intenzitet	Ime minerala
20.24	4.3861	27	Montmorillonit
23.75	3.7460	100	Plagioklas
26.62	3.3476	60	Plagioklas; Kremen; Montmorillonit
27.74	3.2151	48	Plagioklas
28.44	3.1380	48	Plagioklas
44.63	2.0283	70	Plagioklas; Al- nosač

5.3.2. Uzorak A.G.-2

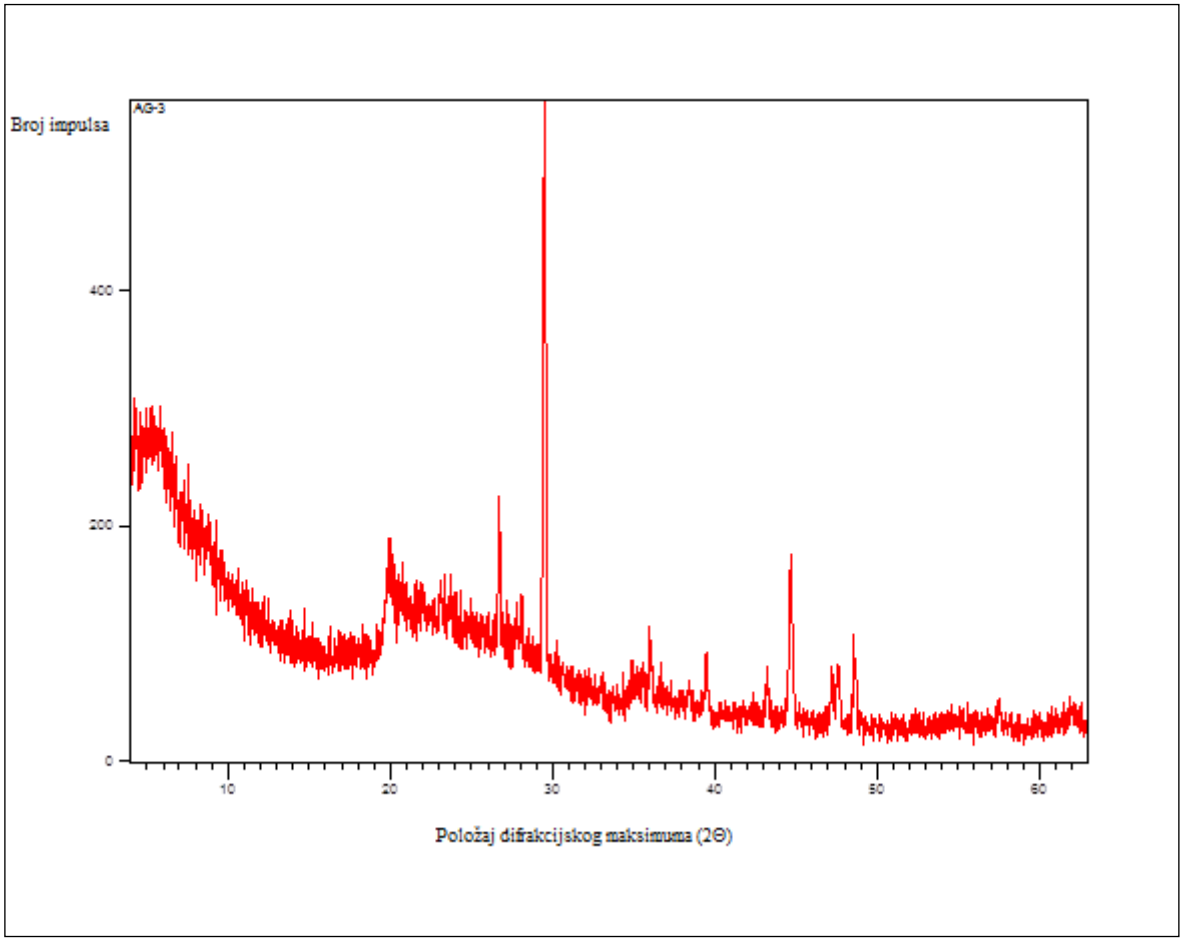


Slika 5.3.2.1. Prikaz dobivenog rendgeograma za uzorak A.G.-2

Tablica 4. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-2

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Θ]	Međumrežni razmak d [Å]	Relativni intenzitet	Ime minerala
5.71	15.4716	100	Montmorillonit
19.84	4.4742	54	Montmorillonit
26.72	3.3353	33	Plagioklas; Montmorillonit
28.05	3.1809	79	Plagioklas
34.91	2.5694	17	Plagioklas; Montmorillonit
38.50	2.3383	11	Al- nosač
44.75	2.0235	64	Plagioklas; Al-nosač

5.3.3. Uzorak A.G.-3

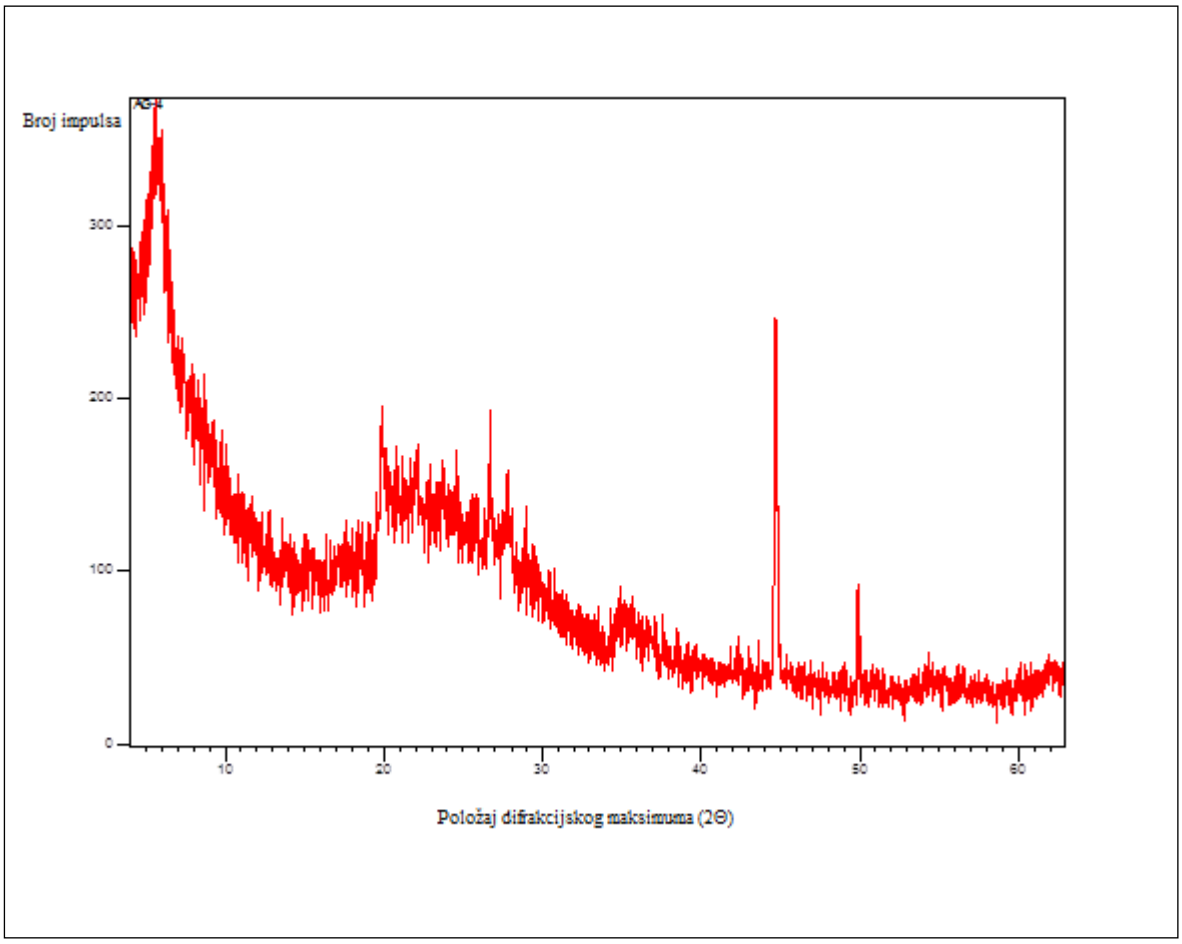


Slika 5.3.3.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-3

Tablica 5. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-3

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Θ]	Međumrežni razmak d [Å]	Relativni intenzitet	Ime minerala
5.87	15.0528	27	Montmorillonit
19.88	4.4645	15	Plagioklas; Montmorillonit
26.68	3.3405	29	Kremen
27.93	3.1936	8	Plagioklas
29.47	3.0307	100	Montmorillonit
36.04	2.4918	9	Plagioklas; Montmorillonit
39.51	2.2806	7	Plagioklas; Kremen
43.22	2.0931	6	Plagioklas
44.67	2.0283	24	Plagioklas; Al-nosač
47.20	1.9256	9	Plagioklas; Al- nosač
47.57	1.9115	10	Plagioklas
48.58	1.8739	13	Plagioklas; Montmorillonit
57.50	1.6012	4	Plagioklas; Kremen

5.3.4. Uzorak A.G.-4

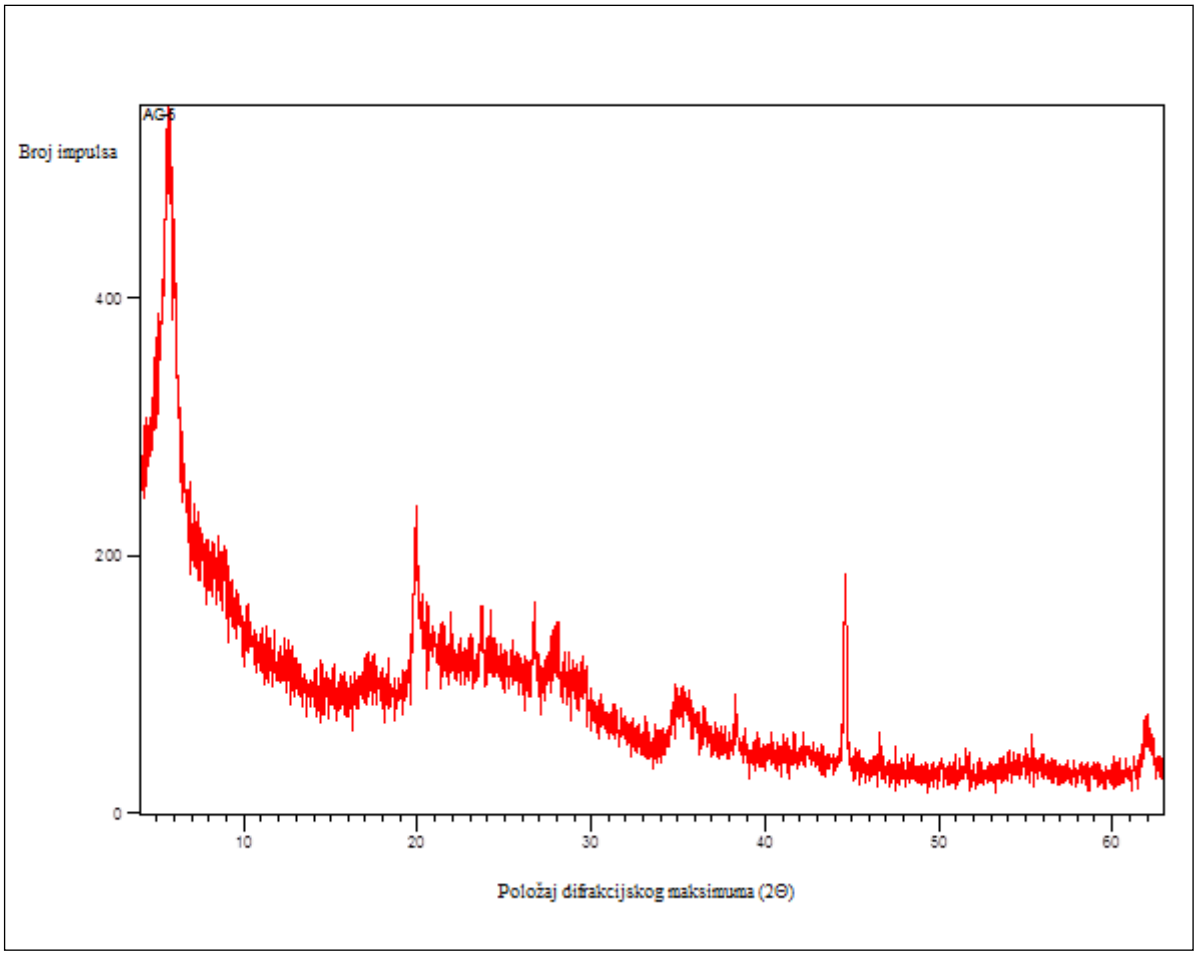


Slika 5.3.4.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-4

Tablica 6. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-4

Položaj digrakcijskog maksimuma [°2Θ]	Međumrežni razmak d [Å]	Relativni intenzitet	Ime minerala
5.74	15.3790	53	Montmorillonit
19.84	4.4750	40	Montmorillonit
22.07	4.0261	44	Plagioklas
22.41	3.9663	40	Plagioklas
26.66	3.3431	38	Plagioklas; Montmorillonit
27.82	3.2059	20	Plagioklas
28.95	3.0842	3	Al- nosač
35.19	2.5500	10	Plagioklas
44.70	2.0270	100	Plagioklas; Al- nosač
49.90	1.8260	33	Plagioklas; Kremen

5.3.5. Uzorak A.G.-5

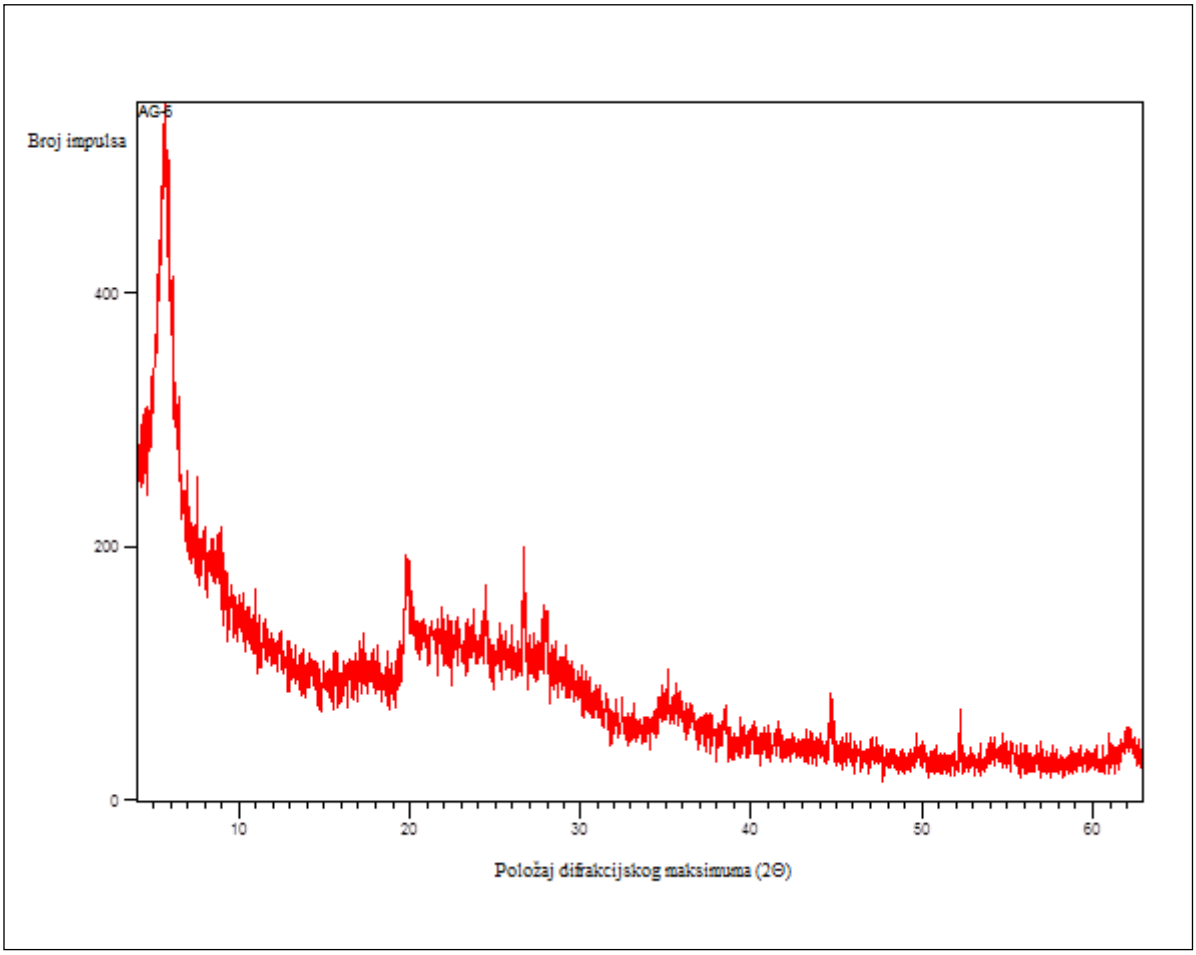


Slika 5.3.5.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-5

Tablica 7. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-5

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Θ]	Međumrežni razmak d [Å]	Relativni intenzitet	Ime minerala
5.68	15.5493	100	Montmorillonit
17.21	5.1514	6	Montmorillonit
19.82	4.4780	42	Montmorillonit
23.65	3.7615	18	Plagioklas; Montmorillonit
26.69	3.3397	19	Plagioklas; Montmorillonit; Kremen
27.85	3.2029	17	Plagioklas
34.93	2.5685	11	Montmorillonit; Plagioklas
38.37	2.3454	11	Plagioklas; Al- nosač
44.61	2.0312	52	Plagioklas; Al- nosač

5.3.6. Uzorak A.G.-6



Slika 5.3.6.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-6

Tablica 8. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-6

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Θ]	Međumrežni razmak d [Å]	Relativni intenzitet	Ime minerala
5.64	15.6456	100	Montmorillonit
19.80	4.4824	32	Montmorillonit
26.66	3.3435	35	Kremen
27.97	3.1897	19	Plagioklas
35.12	2.5552	11	Plagioklas
38.50	2.3383	7	Al- nosač
44.68	2.0263	15	Plagioklas; Al- nosač

5.4. Rezultati analiza ICP-MS metodom

U tablicama koje slijede navedeni su svi dobiveni rezultati zajedno s mjernom jedinicom i donjom granicom detekcije za svaki pojedini element (Tablice 9. i 10.).

Tablica 9. Udjeli glavnih elemenata unutar uzoraka s navednim mjernim jedinicama i donjom granicom detekcije (DGD)

	Oznake uzoraka							
	A.G.-1	A.G.-2	A.G.-3	A.G.-4	A.G.-5	A.G.-6	DGD	Mj. jed
SiO_2	69,51	60,13	60,12	67,77	60,58	61,79	0,01	%
Al_2O_3	13,83	16,25	13,92	13,58	15,98	15,38	0,01	%
Fe_2O_3	1,64	3,15	1,65	1,81	3	2,92	0,04	%
MgO	0,26	1,2	0,77	0,77	1,32	1,05	0,01	%
CaO	1,1	1,8	5,6	1,18	1,82	1,74	0,01	%
Na_2O	2,22	1,36	1,53	1,54	1,42	1,6	0,01	%
K_2O	4,03	2,87	3,19	3,79	2,96	3,41	0,01	%
TiO_2	013	0,25	0,09	0,15	0,27	0,24	0,01	%
P_2O_5	0,02	0,06	0,02	0,02	0,07	0,08	0,01	%
MnO	0,04	0,07	0,05	0,03	0,06	0,06	0,01	%
Cr_2O_3	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	%
Sc	8	6	5	8	6	6	1	ppm
Suma	99,86	99,82	99,87	99,86	99,81	99,82	-	%

*DGD- donja granica detekcije

Tablica 10. Udjeli elemenata u tragovima unutar uzoraka s navedenim mjernim jedinicama i donjom granicom detekcije (DGD)

	Oznake uzoraka						
	A.G.-1	A.G.-2	A.G.-3	A.G.-4	A.G.-5	A.G.-6	DGD
Ba	790	536	522	694	568	580	ppm
Be	3	6	<1	<1	<1	<1	ppm
Co	0,8	7,3	0,4	0,9	1,7	1,8	ppm
Cs	6,5	7,3	10,8	7	7,6	8,4	ppm

Ga	15,5	17,4	15,8	15,2	17,5	17,2	ppm
Hf	5,2	8,1	3,7	4,4	7,7	7,5	ppm
Nb	15	47,7	12,6	13,5	48	49	ppm
Rb	140,1	127,5	118,6	163,7	134	150,2	ppm
Sn	3	4	3	4	4	4	ppm
Sr	82,3	153,6	275,7	106,4	154,1	151,4	ppm
Ta	1,1	3	1,5	1,2	2,9	2,7	ppm
Th	13,8	31	14,1	14,1	29,6	29,5	ppm
U	4,1	6,9	2,8	3	7,9	7,6	ppm
V	8	14	<8	14	19	16	ppm
W	1,6	2,9	1,2	1,3	4,3	2,8	ppm
Zr	152,5	304,7	91,5	118,3	293,2	284,3	ppm
Y	32,3	22,5	25	31,3	24,9	23,6	ppm
La	29,1	56	23,8	32,1	62,2	58,9	ppm
Ce	62,1	110,8	45,3	60,5	109,4	108,1	ppm
Pr	6,85	10,79	5,43	7,46	11,65	11,29	ppm
Nd	26,3	35,7	20,1	28,2	40	37,7	ppm
Sm	5,4	5,88	4,33	5,34	6,72	6,26	ppm
Eu	0,62	0,67	0,38	0,68	0,84	0,77	ppm
Gd	5,61	4,98	4,4	5,84	5,61	5,09	ppm
Tb	0,92	0,72	0,77	0,95	0,82	0,82	ppm
Dy	5,56	4,05	4,57	5,63	4,67	4,73	ppm
Ho	1,14	0,82	0,9	1,21	0,91	0,95	ppm
Er	3,42	2,29	2,65	3,42	2,77	2,67	ppm
Tm	0,5	0,36	0,42	0,49	0,42	0,42	ppm
Yb	3,3	2,46	2,93	3,2	2,66	2,77	ppm
Lu	0,52	0,39	0,43	0,46	0,4	0,41	ppm
Mo	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	ppm
Cu	3,2	13,2	3,6	5,7	15,8	12,9	ppm
Pb	4,3	17,5	8,3	5,7	14,8	10,7	ppm
Zn	10	31	16	22	28	27	ppm
Ni	3,5	13,2	5,3	7,6	8,1	6,8	ppm
As	<0,5	1,1	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	ppm

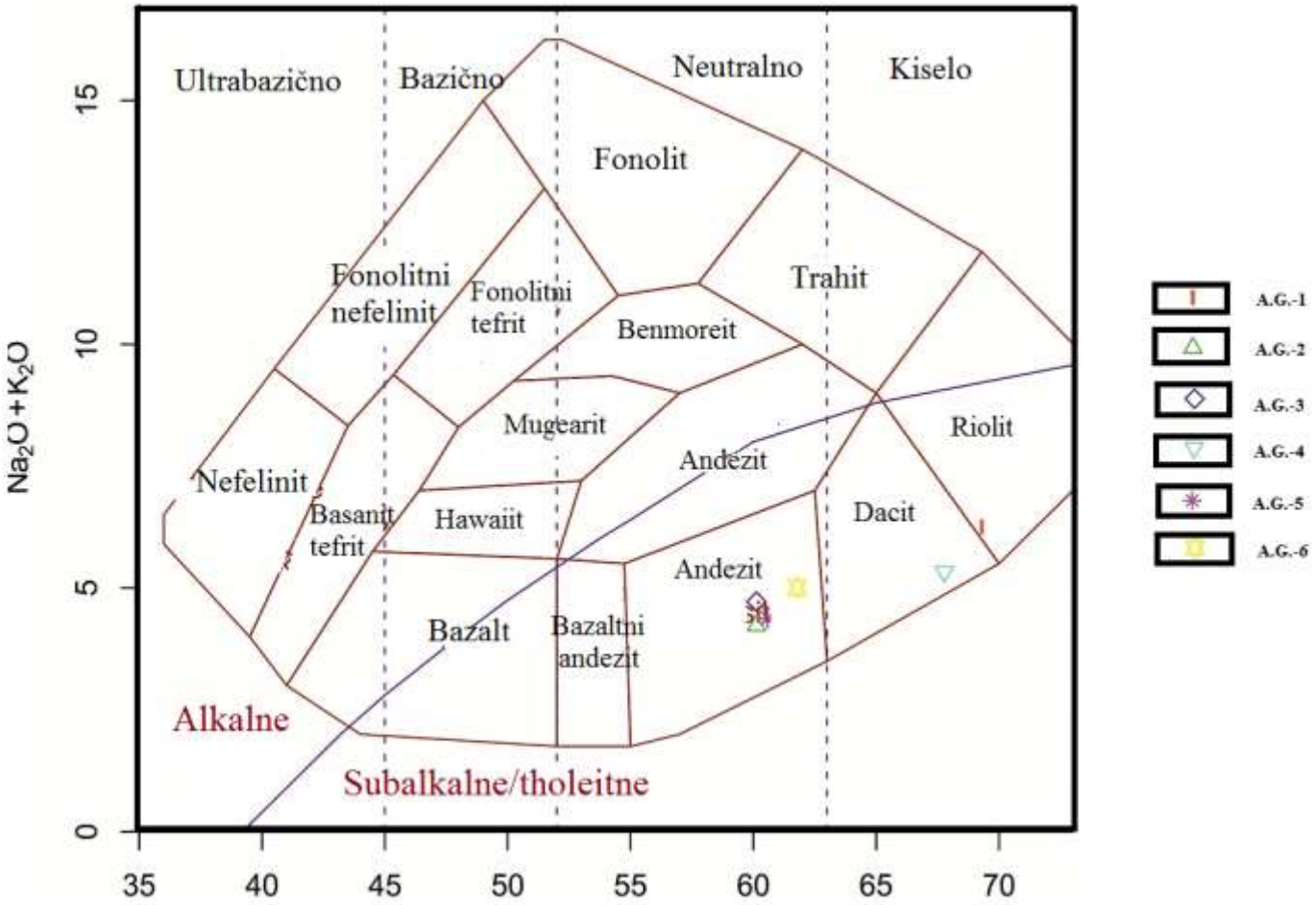
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	ppm
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	ppm
Bi	<0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	ppm
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	ppm
Au	3,2	2,5	1,3	0,7	1	1,2	ppb
Hg	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	ppm
Ti	<0,1	0,2	0,3	<0,1	0,2	0,2	ppm
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	ppm
Th/Sc	1,72	5,16	2,82	1,76	4,93	4,91	
Th/Ta	12,54	10,33	9,4	11,75	10,2	10,92	
Rb/Sr	1,70	0,83	0,43	1,53	0,86	0,99	
Y/Nb	2,15	0,47	1,98	2,31	0,51	0,48	
Ta/Yb	0,33	1,21	0,51	0,37	1,09	0,97	
Th/Yb	4,18	12,60	4,81	4,40	11,12	10,64	
Ta/Hf	0,21	0,37	0,40	0,27	0,37	0,36	
Th/Hf	2,65	3,82	3,81	3,20	3,84	3,93	
ΣREE	151,34	235,91	116,41	155,48	249,07	240,88	ppm

*DGD- donja granica detekcije

Svi prije navedeni podatci korišteni su unutar programa GCDkit te su konstruirani sljedeći dijagrami;

a) TAS dijagram (prema COX i sur., 1979)

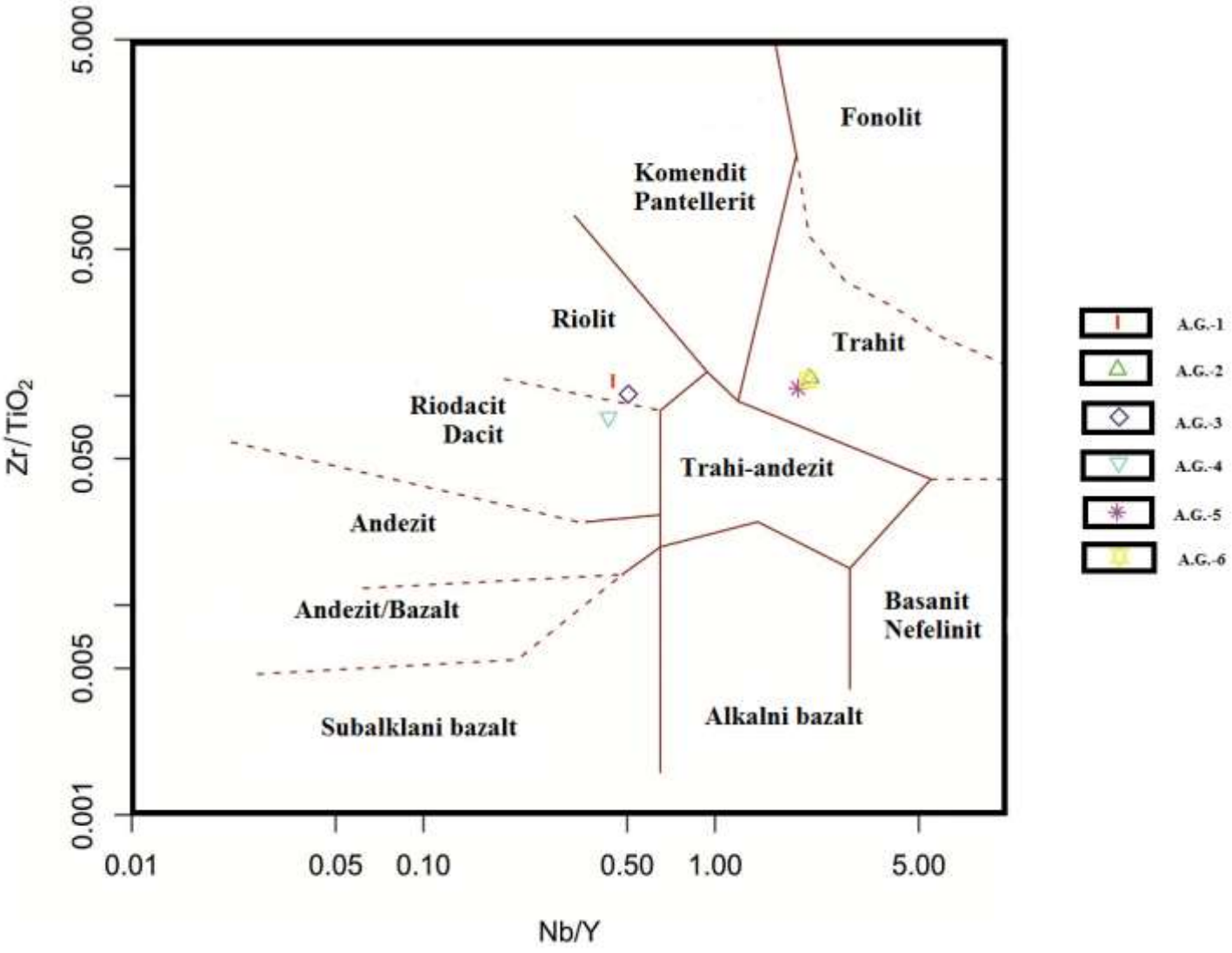
U ovom dijagramu u omjer se stavljaju udjeli K_2O+Na_2O prema SiO_2. Iz dobivenog dijagrama vidljivo je kako uzorci padaju unutar tri polja, odnosno polja andezita, riolita i dacita. U polje andezita padaju 4 uzorka i to uzorci: A.G.-2, A.G.-3, A.G.-5. i A.G.-6. U polje dacita pada uzorak A.G.-4 dok u polje riolita pada uzorak A.G.-1 (Sl. 5.4.1.).



Slika 5.4.1. TAS dijagram (COX i sur., 1979)

b) Nb/Y- Zr/TiO2 dijagram (prema WINCHESTER i FLOYD, 1977)

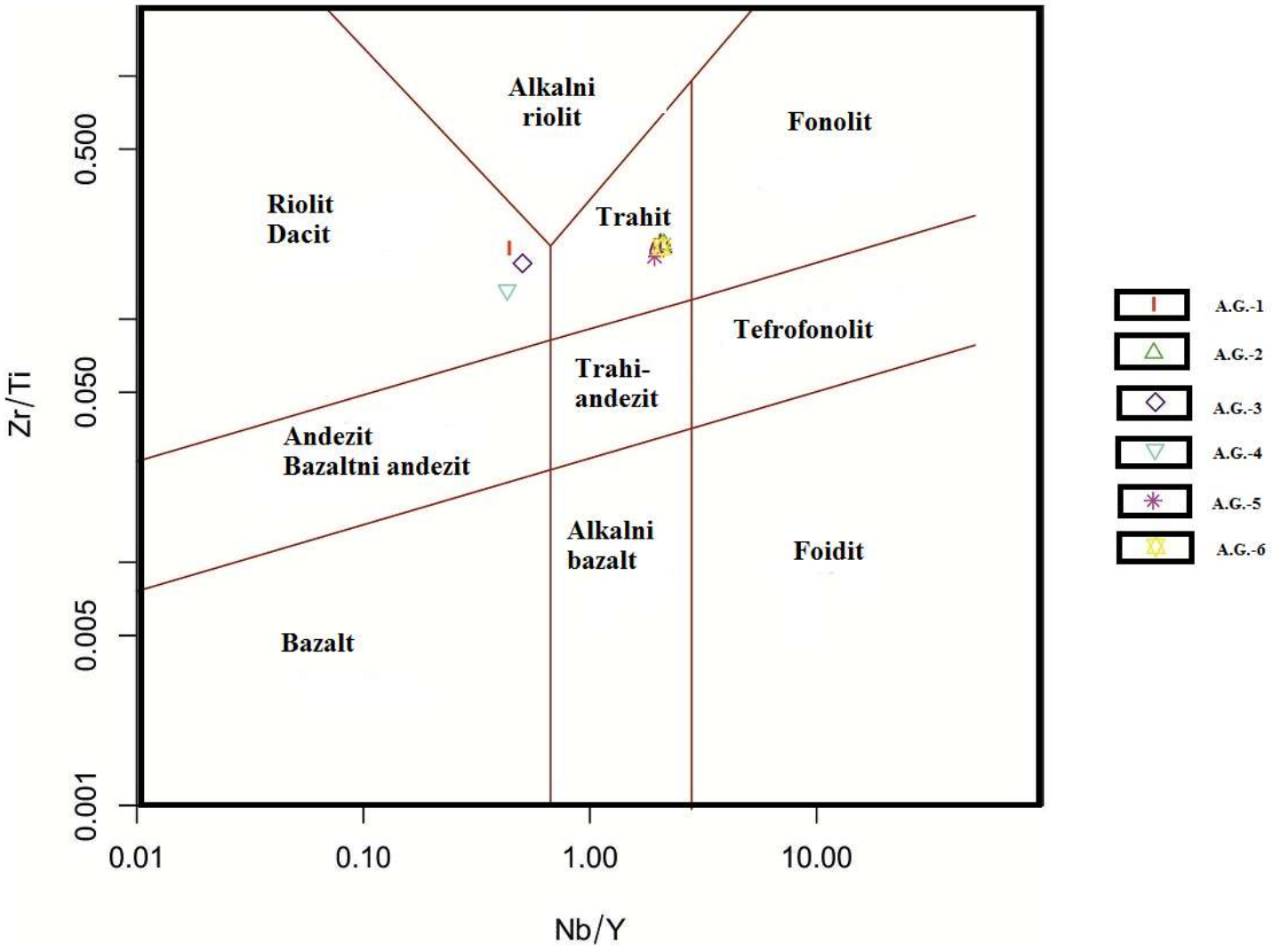
Detaljnija klasifikacija svih uzoraka izvršena je na temelju odnosa pojedinih elemenata u tragovima. U ovom dijagramu u omjer se stavljaju udjeli Nb/Y prema udjelu Zr/TiO_2 u uzorcima. Nakon konstrukcije dijagrama vidljivo je kako tri uzorka padaju u polje trahita, dva u polje riolita i jedan u polje riodacita/ dacit. Uzorci koji padaju u polje trahita su: A.G.-5, A.G.-6 i A.G.- 2. U polje riolita pali su uzorci A.G.-1 i uzorak A.G.-3, dok je u polje riodacit/dacit pao uzorak A.G.-4 (Sl. 5.4.2.).



Slika 5.4.2. Dijagram Nb/Y- Zr/TiO2 (prema WINCHESTER i FLOYD, 1977)

c) Nb/Y- Zr/Ti dijagram (prema PEARCE 1996)

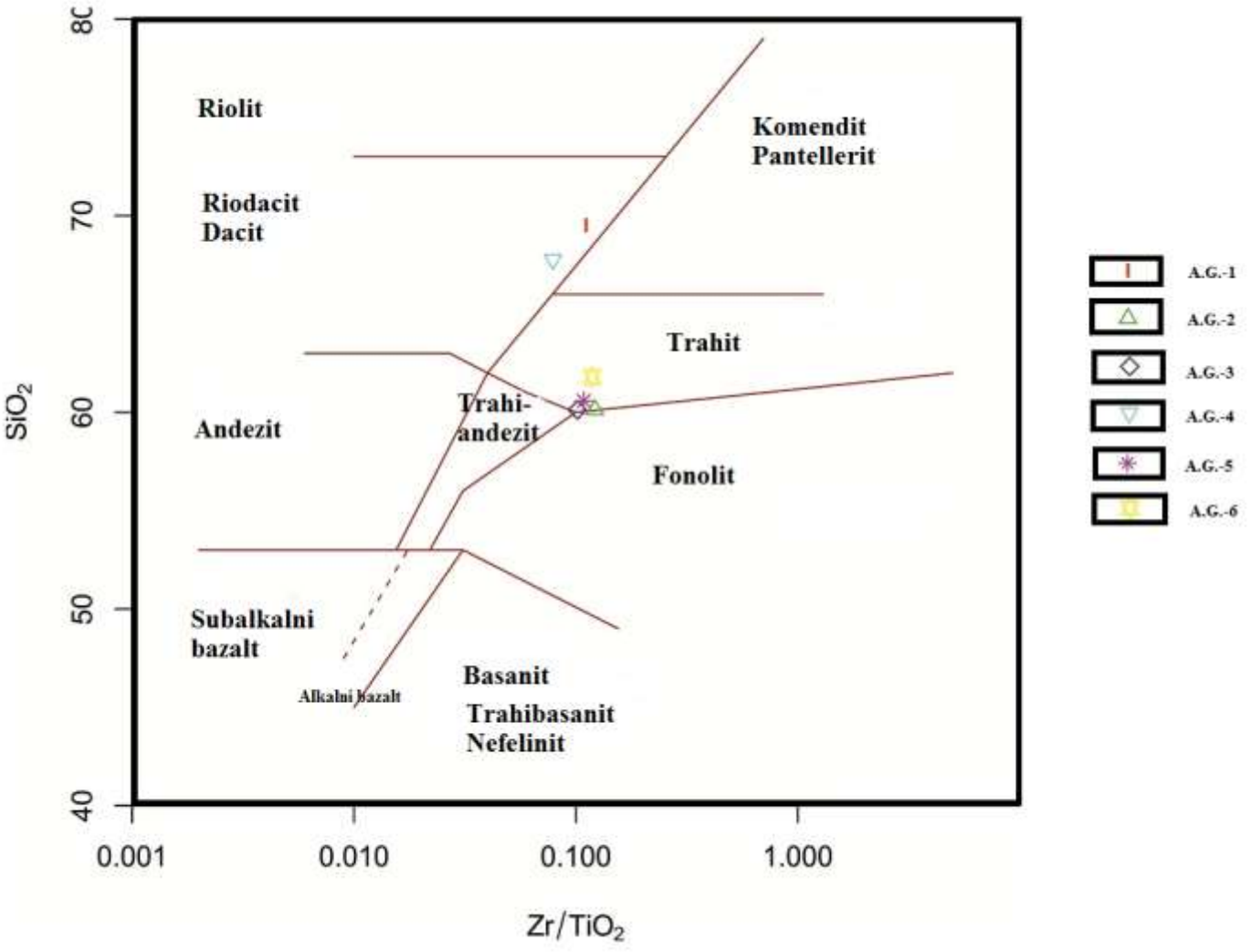
U ovom dijagramu u omjer se stavljaju Nb/Y prema Zr/Ti. Nakon konstrukcije navedenog dijagrama vidljivo je kako tri uzorka padaju u polje trahita, a tri uzorka u polje riolit dacita. U polje trahita padaju uzorci A.G.-2, A.G.-5 i A.G.-6, dok u polje riolit dacita padaju A.G.-1, A.G.-3 i A.G.-4 (Sl. 5.4.3.).



Slika 5.4.3. Dijagram Nb/Y- Zr/Ti (prema PEARCE 1996.)

d) Zr/TiO_2- SiO_2 (prema WINCHESTER i FLOYD 1977)

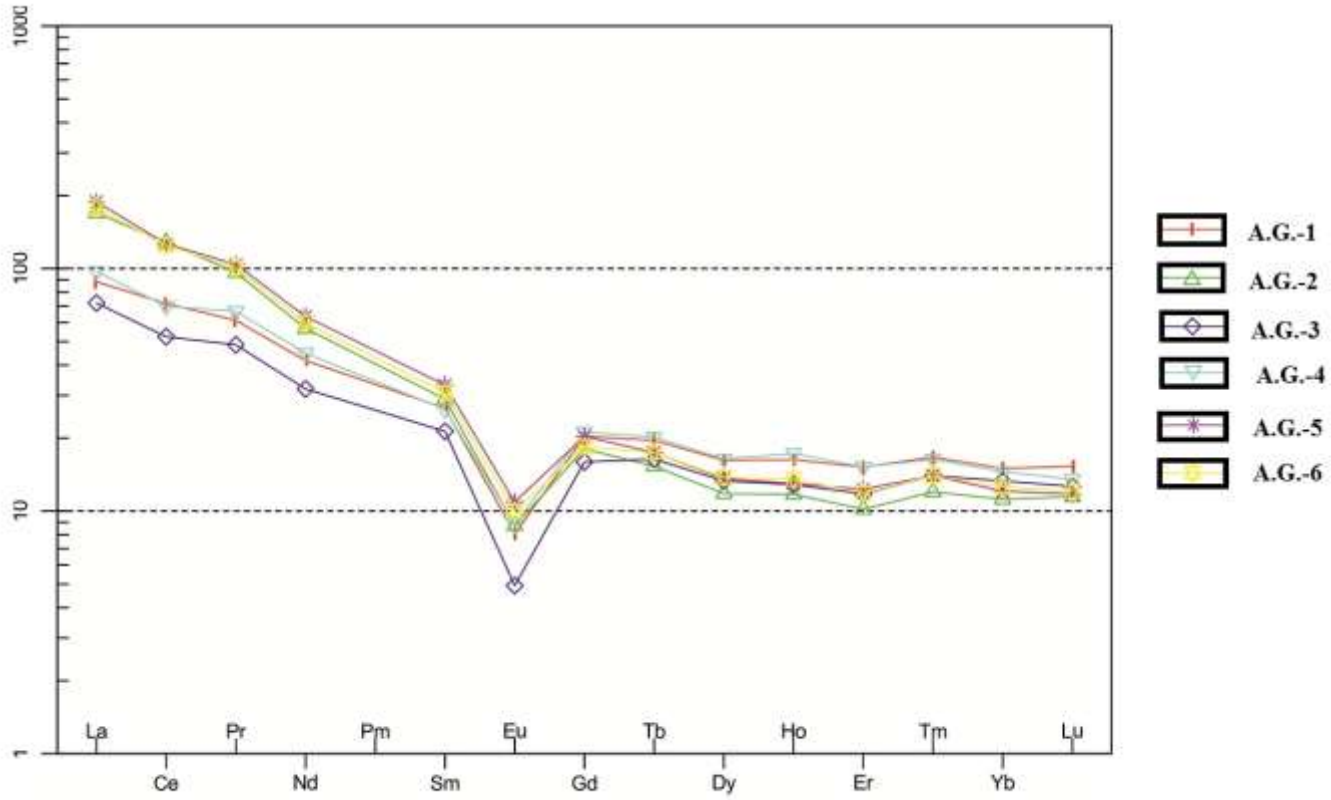
U ovom klasifikacijskom dijagramu u međuodnos stavlja se udio Zr/TiO_2 prema udjelu SiO_2 .Iz konstruiranog klasifikacijskog dijagrama vidljivo je kako dva uzorka padaju u polje riodacita do dacita, dva uzorka u polje trahita dok su se dva uzorka smjestila na samoj granici između trahiandezita i trahita. U polje riodacit dacita pali su uzorci A.G.-1 i uzorak A.G.4. U polje trahita kao što je vidljivo u dolje navedenom grafu padaju uzorci A.G.-6 i uzorak A.G.-5, dok su uzorci A.G.-2 i uzorak A.G.- 3 pali na samu granicu između polja trahiandezita i trahita (Sl. 5.4.4.).



Slika 5.4.4. Dijagram Zr/TiO_2- SiO_2 (prema WINCHESTER i FLOYD 1977.)

e) REE chondrite (prema NAKAMURA 1974)

Pri konstrukciji ovog navedenog dijagrama u odnos se stavljaju udjeli elemenata u tragovima unutar uzorka u odnosu na elemente u tragovima koji su ranije definirani unutar standarda. Iz konstruiranog dijagrama je vidljivo kako ne postoji značajna razlika u koncentracijama elemenata u tragovima među navedenim uzorcima. U svim uzorcima prisutno je obogaćenje na LREE i osiromašenje na HREE. Unutar svakog uzorka detektirana je negativna europijeva anomalija. Najmanje koncentracije elemenata u tragovima detektirane su unutar uzorka A.G.-3, dok su unutar uzoraka A.G.-4 i A.G.-5 koncentracije najveće (Sl. 5.4.5) .



Slika 5.4.5. Spider dijagram podataka normaliziranih na hondrit (prema NAKAMURA 1974)

6. Rasprava

Terenskim istraživanjima na jugozapadnim obroncima Papuka unutar miocenskih sedimenta utvrđeno je prisustvo piroklastičnih naslaga. Piroklastične naslage najbolje su otkrivene u području sela Nježić gdje je i snimljen detaljan geološki stup (Sl. 1.4.). U slijedu naslaga debljine blizu 150 metara u kojem dominiraju lapori i bioklastični vapnenci donjeg badena (KOVAČIĆ i sur., 2015) utvrđeno je pet debljih slojeva tufa. Makroskopski, na svježem prijelomu vidi se da se radi o bijelim do zelenkastosivim vitroklastičnim tufovima staklastog izgleda koji su mjestimice čvrsto litificirani.

Analize mikroskopskih izbrusaka pokazale su da se radi o tufu vitroklastične strukture u čijem sastavu dominiraju fragmenti vulkanskog stakla i plovućca, dok je udio mineralnih zrna izrazito mali. Zabilježeno je tek pokoje mineralno zrno kvarca, plagioklasa, amfibola, biotita i apatita. Do sličnih rezultata došli su i KRKALO & MUTIĆ (1978) koji su također istraživali tufove kod sela Nježić.

Unutar izbrusaka tijekom analiza utvrđena je i prisutnost bentičkih i planktonskih foraminifera što je ukazalo na činjenicu kako su navedeni tufovi formirani u dubljim marinskim okolišima.

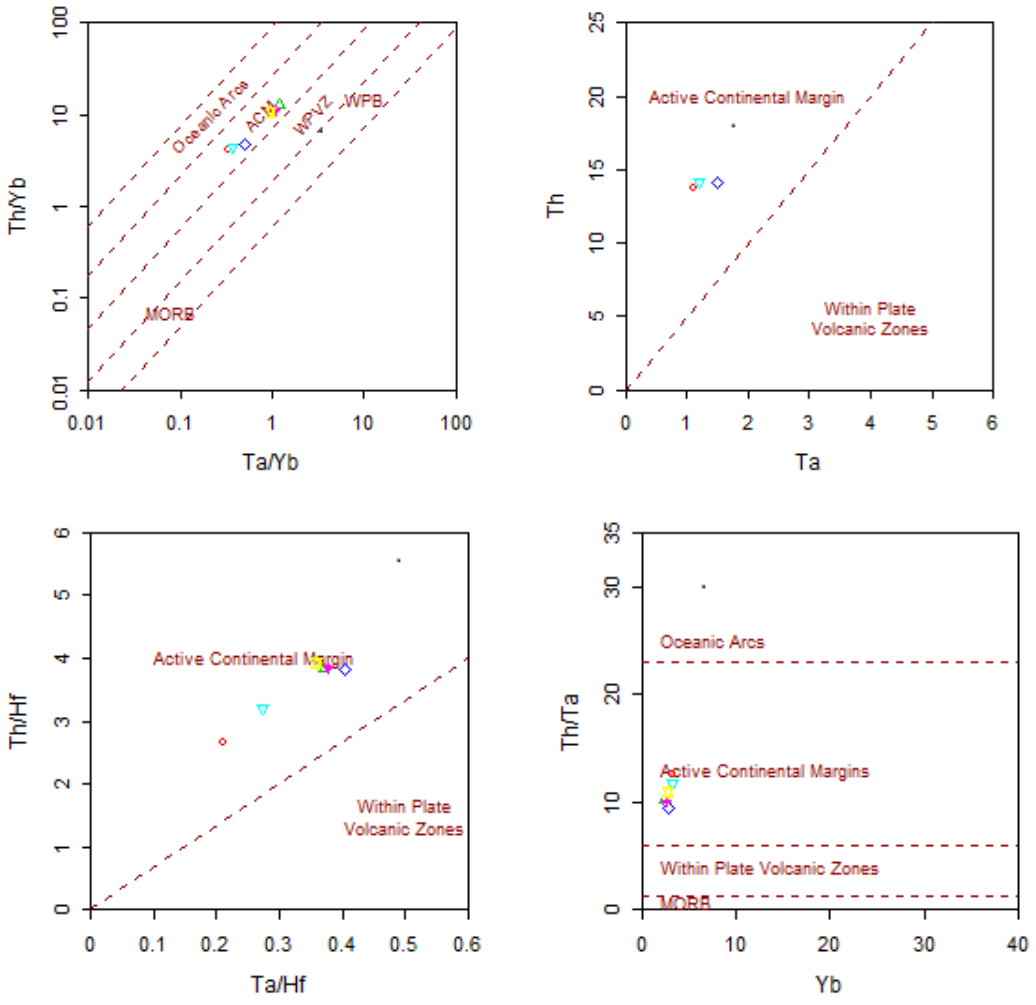
Rendgenske difrakcijske analize potvrdile su da se radi o međusobno vrlo sličnim uzorcima vitroklastičnog tufa jer su rendgenogrami svih analiziranih uzoraka vrlo slični. Na njima se uočava da je amorfna staklasta masa dominantna faza u tufu, a da se osim nje još pojavljuju kvarc, plagioklasi i montmorilonit (Tab. 3-8).

Kemijske analize također su pokazale da se radi o vrlo sličnom piroklastičnom materijalu, ali su ukazale i na određene razlike u sadržaju glavnih elemenata i elemenata u tragovima (Tab. 9 i 10). Tako prema sadržaju SiO_2 koji je veći od 63% uzorci A.G.-1 i A.G.-4 pripadaju skupini kiselih stijena, dok preostali uzorci imaju oko 61% SiO_2 što znači da se radi o neutralnim stijenama. Prema TAS dijagramu koji u odnos stavlja sadržaj SiO_2 i sadržaj alkalija, uzorak A.G.-1 po svom sastavu odgovara riolitu, uzorak A.G.-4 dacitu a preostali uzorci andezitu (Sl. 5.4.1). Prema kemijskim analizama tufova s istog područja, koje su objavili KRKALO & MUTIĆ (1978) tufovi iz okolice Nježića također su kiselog do neutralnog karaktera. Dijagrami koji klasificiraju tufove prema sadržaju elemenata u tragovima također su potvrdili da se radi o piroklastičnom materijalu koji po svom sastavu

odgovara kiselim i neutralnim stijenama, odnosno materijalu koji svojim sastavom odgovara riolitu, riodacitu, dacitu ili trahitu (Sl. 5.4.2 i 5.4.3).

Iz dijagrama koji prikazuje normalizaciju materijala na hondrit uočava se blago obogaćenje uzoraka na LREE u odnosu na HREE. Povećane koncentracije Th, Hf i REE, te povećani omjeri La/Sc i Th/Sc unutar uzoraka A.G.-2, A.G.-5 i A.G.-6 ukazuju na kiseli karakter stijena. Unutar uzoraka A.G.-1, A.G.-3 i A.G.-4 utvrđene su manje koncentracije i omjeri navedenih elemenata što potvrđuje neutralni karakter navedenih uzoraka (NYAKURA i KOEBERL, 2001.).

Tektonski okoliš formiranja navedenih tufova određen je na temelju dijagrama za tektonsku diskriminaciju vulkanskih stijena prema SCHANDL i GORTON (2002.) (Sl. 6.1.). Na navedenim dijagramima koji u omjer stavljaju (Ta/Yb)/Th/Yb), Y/Th, (Ta/Hf)/(Th/Hf) i Yb/(Th/Hf) vidljivo je kako svi uzorci padaju u polje aktivnog kontinentalnog ruba.



Slika 6.1. Tektonska diskriminacija vulkanskih stijena prema SCHANDL I GORTON (2002.) Kratice na dijagramima: ACM: Active continental margin (Aktivni kontinentalni rub), WPVZ- Within Plate Volcanic Zones (Vukanske zone unutar tektonskih ploča), MORB- Mid-ocean Ridge Bazalt(Srednjooceanski riftni bazalt), WPB- Within plate basalt (Bazalti unutar tektonskih ploča)

Relativno brojni i mjestimice vrlo debeli slojevi tufa istraživani u ovome radu, a koji se nalaze unutar marinskih sedimenata donjeg badena (KOVAČIĆ i sur., 2015.) potvrđuju vrlo snažnu vulkansku aktivnost karakterističnu za sinriftnu fazu razvoja Panonskog bazena. Po svom neutralnom do kiselom karakteru, mineralnom sastavu i vitroklastičnoj strukturi slični su miocenskim tufovima koji su istraživani na drugim područjima Hrvatske. Tako je MUTIĆ (1969., 1973., i 1979.) istražujući miocenske tufove Banovine i Medvednice utvrdila njihovu vitroklastičnu do kristalovitroklastičnu strukturu i povećani udio vulkanskog stakla i plovućca u odnosu na mineralne faze koje su zastupljene s plagioklasom, kremenom i biotitom. U svojima radovima autorica je navela i rezultate rendgenske difrakcijske analize kojom je utvrdila prisutnost plagioklasa, kremena i montmorillonita što je slučaj i za u ovom radu analizirane tufove. MANDIĆ i suradnici (2011.) u svom radu proveli su analizu radiometrijskog datiranja tufova uzetih s područja Panonskog bazena, odnosno s lokaliteta Glogovnica, Sjeničak i Paripovac. Uzorci s lokaliteta Glogovnica predstavljali su početak kontinentalne faze na području Panonskog bazena dok su uzorci s područja Sjeničaka i Paripovca predstavljali završetak kontinentalne faze i početak marinske transgresije u vrijeme koje je došlo do formiranja u ovom radu analiziranih tufova. Radiometrijskim datiranjima MANDIĆ i suradnici (2013.) utvrdili su kako je do formiranja vulkanskog materijal s područja Glogovnice došlo prije 18.07±0.7 Ma, a materijala s područja Sjeničaka i Paripovca 16.03±0.06 Ma. U ovom radu povedena analiza $^{40}Ar/^{39}Ar$ utvrdila je kako je vrijeme početka marinske transgresije na području Panonskog bazena bilo prije 16 Ma i u tim uvjetima je došlo do formiranja u ovom radu analiziranih tufova. ŠUŠNJARA i ŠĆAVNIČAR (1974.) koji su istraživali miocenske tufove s područja srednje Dalmacije definirali su analizirane uzorke kao vitroklastične tufove u čijem sastavu dominiraju vulkansko staklo i plovućac, a od mineralnih faza sadrže plagioklase, kremen i biotit. I rezultati koje su u novije vrijeme objavili ŠEGVIĆ i suradnici (2013) također ukazuju na međusobnu sličnost s istraživanim tufovima na lokalitetu Nježić. ŠEGVIĆ i suradnici (2013.) analizirali su tufove s područja Sinjskog bazena i to s lokaliteta Glavica i Lučane te su utvrdili kako u građi uzoraka dominira vulkansko staklo, dok se kao mineralne faze pojavljuju: kremen, plagioklasi, tinjci, i kalcit.

7. Zaključak

1. Na jugozapadnim padinama Papuka u okolici sela Nježić snimljen je geološki profil na osnovu kojega je napravljen geološki stup te su uzeti uzorci za daljnju laboratorijsku obradu
2. Pri labratorijskom radu obavljene su sljedeće analize i dobiveni sljedeći rezultati:
   a) Makroskopska analiza: svi uzorci su zelene boje i površina im je praškasta.
   b) Mikroskopska analiza: unutar svih uzoraka utvrđena je dominacija domena vulkanskog stakla i plovučca u odnosu na mineralnu fazu. Udio mineralne faze u niti jednom uzorku ne prelazi 2 %. Vulkansko staklo i plovučac pojavljuju se u raznolikim formama i veličinama. Mineralne faze koje se pojavljuju su plagioklasi, kremen, biotit, amfibol i apatit. Detaljnija determinacija plagioklasa nije bila moguća s obzirom na nedovoljan broj polisintetskih sraslačkih lamela.
   c) XRD: ovom metodom utvrđeno je kako unutar analiziranih tufova dominiraju plagioklasi, kremen i minerali glina, odnosno montmorillonit.
   d) ICP-MS: udio SiO_2 unutar uzoraka je između 60,12 % i 69,51 % što ukazuje na neutralni do kiseli izvor nastanka navedenih tufova.
      1. A.G.-1- 69,51 % SiO_2 = kiseli magmatizam (riolit)
      2. A.G.-2- 60,13 % SiO_2 = neutralni magmatizam (trahit)
      3. A.G.-3- 60,12 % SiO_2 = neutralni magmatizam (trahit)
      4. A.G.-4 – 67,77 % SiO_2 = kiseli magmatizam (dacit/riodacit)
      5. A.G.-5- 60,58 % SiO_2 = neutralni magmatizam (trahit)
      6. A.G.-6- 61,79 % SiO_2 = neutralni magmatizam (trahit)

   Unutar svih uzoraka uočena je negativna europijeva anomalija. Osim negativne europijeve anomalije unutar uzoraka utvrđeno je obogaćenje na LREE u odnosu na HREE. Suma REE je povećana što zajedno s obogaćenjem na LREE i negativnu europijevu anomaliju ukazuje na stijene koje su se formirale procesom parcijalnog taljenja gornje kontinentske kore.

   e) Konstrukcijom dijagrama za tektonsku klasifikaciju vulkanskih stijena utvrđeno je kako su navedene stijene nastale u području aktivnog kontinentalnog ruba.

   f) Iz dobivenih rezultata može se zaključiti kako ne postoje značajne razlike u makroskopskim, mikroskopskim, mineralnim i geokemijskim značajkama između

tufova uzetih s različitih nivoa navedenog geološkog stupa. Usporedbom dobivenih rezultata s rezultatima drugih autora koji su na području Hrvatske istraživali istovremene tufove također se može zaključiti kako postoje velike sličnosti u svim gore navedenim karakteristikama te se može pretpostaviti kako su svi navedeni tufovi nastali u istom okolišu, u istom vremenu, imaju istu mineralnu paragenezu i isti izvorišni materijal formiranja.

8. Popis literature

1. Cox K.G., Bell J.D. & Pankhurst R.J. (1979.): The interpretation ogf igneous rocks. George, Allen i Unwin, London
2. Jamičić. D., Brkić. M., Crnko. J. & Vragović. M.(1987.): Tumač za list Orahovica. Savezni geološki zavod, Beograd, 72. Str.
3. Jamičić. D., Vragović. M., & Matičec. D.(1989.): Tumač za list Daruvar. Savezni geološki zavod, Beograd, 55. Str, Beograd
4. Kovačić, M., Marković, F., Ćorić, S., Pezelj, Đ., Hernitz-Kučenjak, M., Premec-Fuček, V. & Balen, D. (2015): Geološki stup Nježić - marinski sedimenti badena s tufovima. 5. hrvatski geološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem, Vodič ekskurzija, Točka 7, 144-147.
5. Krkalo, E. & Mutić, R. (1978.): Tufovi u naslagama donjeg tortona u području Nježića kod Slavonske Požege. Geološki vjesnik 30/2., 341.-350. Str., Zagreb, 2 tablice, 1slika, 3 table
6. Janoušek, V., Farrow, C.M. & Erban, V. (2006.): TEHNICAL NOTE Interpretation of Whole-rock Geochemical Data in Igneous Geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). Journal of Petrology, Vol. 47, 6, 1255-1259.
7. McPhie, J., Doyle, M. & Allen, R. (1993.): Volcanic Textures, A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks, Centre for Ore Deposit and Exploration Studies University of Tasmania, Hobart, x+198
8. Mutić, R. (1969.): Neogenska magmatska aktivnost na jugoistočnim obroncima Medvednice (Zagrebačke gore). Geološki vjesnik 22., 423.-437. Str., Zagreb, 1 tablica, 5 tabli
9. Mutić, R. (1973.).: Tufovi u neogenskim naslagama na sjevernim obroncima Medvednice (Zagrebačke gore). Geološki vjesnik 25., 227.-235. Str., Zagreb, 1 slika, 1 tabla
10. Mutić, R. (1979.): Tufovi u donjohelvetskim naslagama u području Brestika i Bojne (Banija, Hrvatska), Geološki vjesnik 31., 253.- 263. Str., Zagreb, 1 slika, 2 tablice
11. Nakamura, N. (1974.): Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. Geochimica et Cosmochimica Acta, 38, 757.-775. Str.
12. Nyakairu, W. A. & Koeberl, C. (2001): Mineralogical and chemical composition and distribution of rare earth elements in clay-rich sediments from central Uganda. Geochemical Journal, Vol. 35, 13 – 28.

13. Pavelić. D., Avanić. R., Kovačić. M., Vrsaljko. D., & Miknić. M.(2003): An outline of Evolution of the Croatian Part of the Panonnian Basin System, Opatija 2003., 3-8. Str., 4. Slike
14. Pearce, J.A. (1996.): A User's Gide to Basalt Discrimination Diagrams. Trace element Geochemistry of Volcanic Rocks, Kanada, 12, 79.- 113. Str
15. Rollinson, H.R. (1993.): Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman Singapore Publishers Ltd., Singapur, xxiv+334
16. Seghedi. I., Downes. H., Szakacs. A., Mason. Paul R.D., Thirlwall. M.F., Rosu. E., Pecskay. Z., Marton. E., & Panaiotu. C.(2004.): Neogene- Quaternary magamtism and geodynamics in the Carpathian-Pannonian region: a synthesis. Lithos, 72, 117-146. Str., 14. Slika., 1. tablica
17. Šegvić, B., Mileusnić, M., Aljinović, M., Vranjković, A., Mandić, O., Pavelić, D., Dragičević, & Mählmann, F. (2013.) Magmatic provenance and diagenesis of Miocene tuffs from the Dinaride Lake System (the Sinj Basin,Croatia). Eur. J. Mineral, Stuttgart, 19. Str, 7 slika, 6 tablica
18. Šušnjara, A. & Šćavničar, B. (1974.): Tufovi u neogenskim naslagama srednje Dalmacije (Južna Hrvatska). Geološki vjesnik 27, 239.-252. Str., Zagreb, 1 slika, 2 tablice
19. Winchester, J.A. & Floyd, P.A. (1977.): Geochemical discrimination of different magma series and their diferentiation products using immobile elements. Chemical geology, 20, Amsterdam, 325.-343.

9. Popis slika

1. Sl. 1.1 Položaj sela Nježić na jugozapadnim obroncima Papuka (preuzeto s www.googlemaps.com)

2. Sl. 1.2 Položaj snimljenog profila

3. Sl. 1.3. Zasjek puta jugozapadno od sela Nježić duž kojeg na površinu izdanjuju stijene iz kristaline podloge Panonskog bazena i sedimenti srednjeg miocena.

4. Sl. 1.4. Geološki stup Nježić. Legenda: 1- metagabro, 2- algalni vapnenac, 3- lapor, 4- bioklastični vapnenac, 5- tuf (preuzeto iz KOVAČIĆ i sur., 2015)

5. Sl. 2.1.1. Položaj Panonskog bazena (preuzeto iz PAVELIĆ i sur., 2003.)

6. Sl. 2.1.2. Položaj Sjevernohrvatskog bazena unutar Panonskoga bazenskog sustava. Glavni rasjedi (preuzeto iz PAVELIĆ i sur., 2003. (prilagođeno))

7. Sl. 2.2.1. Shematizirana geotektonska karta Panonskog bazena i okolnih prostora (preuzeto iz PAMIĆ, 1999)

8. Sl. 2.3.1. Geološka karta zapadnog Papuka i okolnih područja; Isječak Geološke karte Republike Hrvatske 1: 300 000 (Hrvatski geološki institut, 2009.)

9. Sl. 3.1. Vulkanski pepeo (http://www-goes-r.gov)

10. Sl. 3.2. Tuf (http://wwwf.imperial.ac.uk)

11. Sl. 4.1.1. Geološki stup snimljenog profila s označenim mjestima uzorkovanja (crvene oznake), Legenda: 1- metagabro, 2- algalni vapnenac, 3- lapor, 4- bioklastični vapnenac, 5- tuf (preuzeto iz KOVAČIĆ i sur., 215))

12. Sl. 5.1.1. Fotografije uzoraka: A) uzorak A.G.-1; B) uzorak A.G.-2

13. Sl. 5.1.2. Fotografije uzoraka: A) uzorak A.G.-3; B) uzorak A.G.-4

14. Sl. 5.1.3. Fotografije uzoraka: A) uzorak A.G.-5; B) uzorak A.G.-6

15. Sl. 5.1.4. Fotografija uzorka A.G.-7

16. Sl. 5.1.4. Fotografija uzorka NJ-26-1(A.G.-7)

17. Sl. 5.2.1. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vide se raznoliki oblici vulkanskokg stakla (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

18. Sl 5.2.2. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vide se štapićasti, češljasti oblici vulkanskog stakla (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

19. Sl. 5.2.3. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se plovučac veličine oko 0,700 mm (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

20. Sl. 5.2.4. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se plovučac (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)

21. Sl. 5.2.5. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno biotita veličine oko 0,200 mm (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)
22. Sl. 5.2.6. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno biotita štapićastog oblika (Lijeva slika bez analizator (crveno zaokruženo mineralno zrno biotita), desna slika s analizatorom)
23. Sl. 5.2.7. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno amfibola (Lijeva slika bez analizatora (crveno zaokruženo mineralno zrno amfibola), desna slika s analizatorom)
24. Sl. 5.2.8. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno plagioklasa unutar plovučca (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)
25. Sl. 5.2.9. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vide se mineralna zrna plagioklasa(Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)
26. Sl. 5.2.10. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se mineralno zrno plagioklasa(Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)
27. Sl. 5.2.11. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se fosilni sadržaj(Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)
28. Sl. 5.2.12. Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se fosilni sadržaj (Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)
29. Sl. 5.2.13 Mikrofotografija izbruska iz uzorka A.G.-7. Vidi se fosilni sadržaj(Lijeva slika bez analizatora, desna slika s analizatorom)
30. Sl. 5.3.1.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-1
31. Sl. 5.3.2.1. Prikaz dobivenog rendgeograma za uzorak A.G.-2
32. Sl. 5.3.3.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-3
33. Sl. 5.3.4.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-4
34. Sl. 5.3.5.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-5
35. Sl. 5.3.6.1. Prikaz dobivenog rendgenograma za uzorak A.G.-6
36. Sl. 5.4.1. TAS dijagram (COX i sur., 1979)
37. Sl. 5.4.2. Dijagram Nb/Y- Zr/TiO2 (prema WINCHESTER i FLOYD 1977)
38. Sl. 5.4.3. Dijagram Nb/Y- Zr/Ti (prema PEARCE 1996.)
39. Sl. 5.4.4. Dijagram Zr/TiO_2- SiO_2 (prema WINCHETSER i FLOYD 1977.)
40. Sl. 5.4.5. Spider dijagram podataka normaliziranih na hondrit (prema NAKAMURA 1974)
41. Sl. 6.1. Tektonska diskriminacija vulkanskih stijena prema SCHANDL I GORTON (2002.) Kratice na dijagramima: ACM: Active continental margin (Aktivni

kontinentalni rub), WPVZ- Within Plate Volcanic Zones (Vukanske zone unutar tektonskih ploča), MORB- Mid-ocean Ridge Bazalt(Srednjooceanski riftni basalt), WPB- Within plate basalt (Bazalti unutar tektonskih ploča)

10. Popis tablica

1. Tablica 1. Granulometrijska klasifikacija piroklastičnog materijala i piroklastičnih stijena
2. Tablica 2. Prikaz parametara uređaja pri XRD analizi
3. Tablica 3. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-1
4. Tablica 4. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-2
5. Tablica 5. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-3
6. Tablica 6. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-4
7. Tablica 7. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-5
8. Tablica 8. Tablični prikaz rezultata dobivenih rendgenskom analizom uzorka A.G.-6
9. Tablica 9. Udjeli glavnih elemenata unutar uzoraka s navednim mjernim jedinicama i donjom granicom detekcije(DGD)
10. Tablica 10. Udjeli elemenata u tragovima unutar uzoraka s navedenim mjernim jedinicama i donjom granicom detekcije(DGD)