

Geol. vjesnik	31	253—266	1 slika u tekstu, 4 table	Zagreb, 1979
---------------	----	---------	------------------------------	--------------

552.5:551.782

Tufovi u donjohelvetskim naslagama u području Brestika i Bojne (Banija, Hrvatska)

Rozalija MUTIĆ

Geološki zavod, Sachsova 2, P. p. 283, YU—41000 Zagreb

U slatkovodnom razvoju klastičnih naslaga donjeg helveta utvrđene su i opisane naslage tufova, određena njihova struktura, sastav kao i sastav teške mineralne frakcije.

UVOD

U okviru izrade Osnovne geološke karte SFRJ, list Bosanski Novi, u području Brestika godine 1969. otkrili su geolozi Geološkog zavoda u Zagrebu K. Šikić i An. Simunić pojave vulkanske aktivnosti. Kada su g. 1977. ponovno nastavljeni radovi na istom listu, utvrdio je K. Šikić nove lokalitete za pojave tufa, i to na širem području Bojne. — Zahvaljujem se kolegama što su mi ustupili za obradu uzorke iz tih tufnih naslaga kao i terenske podatke.

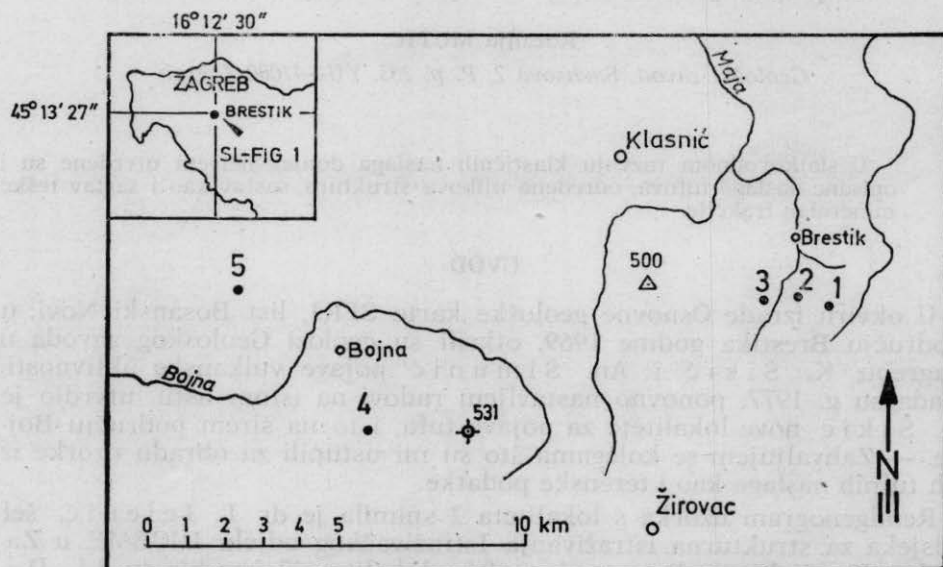
Rendgenogram uzorka s lokaliteta 2 snimila je dr I. Jelenić, šef odsjeka za strukturna istraživanja Istraživačkog odjela JUCEME u Zagrebu. Kemijsku analizu uzorka tufa s lokaliteta 2 izradila je Lj. Despotović, dipl. ing. kemije u Građevinskom institutu u Zagrebu. Određbu okamenjenog ulomka drveta izvršio je dr B. Petrić, profesor u zavodu za anatomiju drveta Šumarskog fakulteta u Zagrebu. I njima se također zahvaljujem na pomoći i susretljivosti.

LITOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Slatkovodne naslage na spomenutim područjima, u kojima su otkrivene tufne naslage, razvijene su u obliku slabo vezanih konglomerata, pijesaka, pjeskovitih glina i lapora. Mjestimično se javljaju i tanki prosljoci ugljena.

Lokaliteti tufnih naslaga u području Brestika označeni su na preglednoj karti (sl. 1) brojevima 1, 2 i 3, a nalaze se neposredno uz eroziono-diskordantnu geološku granicu eocen-miocen. Zbog karaktera te granice i slabe otpornosti tufnih naslaga na trošenje na tim lokalitetima nisu nađeni otvoreni izdanci. Uzorak s lokaliteta 1 žućkasto je sivi vrlo trošni lagani tuf pješčenjačkog izgleda. Pri kidanju i lomu uzorka isipavaju zrnati sastojci tako da se pod lupom vide samo zaostale udubinice. Mjestimice se na uzorku primjećuju crni pigment i smeđe mrlje. Uzorak s lokaliteta 2 ulomak je pješčenjaka čije su velike gromade navaljane

u potok. Znatno je kompaktniji od uzorka s lokaliteta 1. Zelenkastosiv je s obilnim crnim listićima biotita. U okomitom prerezu na slojnu plohu svojim subparalelnim i paralelnim rasporedom listići biotita markiraju slojevitost uzorka, dok su same slojne plohe prekrivene tim listićima. I na ovome uzorku ima izlučene rđastosmeđe željezovite supstance i pirita, i to u vidu uprske nečistoće. Na 3. lokalitetu uz tuf dolaze i žuti lapori s ostrakodama. To je svijetlosivi gusti tuf. Na prerezu se uzorka dobro primjećuje slojevitost izražena proslojkom vrlo gustog



Sl. 1. Pregledna karta

Fig. 1. Location map

bjeličasto svijetlosivog tufa širine 5—10 mm. Zbog pukotinica, koje su se po svoj prilici pojavile još u fazi očvršćivanja sedimenta, na tom je proslojku došlo i do malih i slabih deformacija i uleknuća. Uzorak je prilično kompaktna, ali se po pukotinicama lako ljušturasto odlama. Na jednom prelomu primijećena je ljušturica školjkice promjera 5 mm.

U širem području Bojne s lokaliteta 4 uzorak je tufa uzet iz izdanka. U bazi su pijesci i šljunci koji prelaze u pjeskovite gline i lapore, a zatim u same lapore, unutar kojih se pojavljuju naslage svijetlosivog tufa. Uzorak s tog lokaliteta dobro je uslojen, širine 4,5 cm; omeđen je ravnim ploham, jedna je od njih malo smeđasta i tinjčasta. Na prerezu koji je okomit na slojevitost vidi se proslojak gustog slabo zelenkasto-žućkastog tufa širine 1 cm. S jedne strane proslojka primjećuje se vrlo fina laminirana tekstura, koju čini izmjena žućkastosivih i svijetlosivih milimetarskih laminacija. Njih mjestimice prati smeđa izlučena supstanca, a u vidu mrlja ima je i u svijetlosivom dijelu uzorka.

Na 5. lokalitetu, također u području Bojne, opet su šljunci i pijesci u bazi, nakon kojih dolaze konglomerati vezani vapnenačkim vezivom. U

njihovom sastavu prevladavaju čestice rožnaca i kvarcita, a sadrže i ostatke slatkovodnih puževa i izdužene valjkaste bjeličaste ulomke strukture poput drveta. Iz tog izdanka uzet je u analizu upravo takav jedan bjeličasti valjkasti ulomak. Duljina je ulomka 7 cm, a promjer mu je po dužoj osi presjeka 3,5 cm. S jednog se kraja dobro uočuju bjeličasti godovi koji prema drugom suprotnom kraju postaju sve širi. Između tih godova smeđasto je obojenje, pa tim još više dolazi do izražaja organska struktura svojstvena strukturi drveta.

MIKROSKOPSKE KARAKTERISTIKE

Uzorak s lokaliteta 1

Zbog trošnosti uzorka s lokaliteta 1 po svoj je prilici prilikom izrade izbruska poispadalo nešto zrnatih sastojaka, te se u osnovi vide šupljini- ce nepravilnih, a i pravilnih kontura. Izuzevši neke nepravilne šupljini- ce, koje bi mogle biti primarne, količina prisutnih i odsutnih zrna u izbru- sku prema vizuelnoj procjeni na osnovi komparativne metode (D u d e k & al., p. 165) varira od 20 do 25%, dok bi na prisutna zrna otpalo 10 do 15%. Kristaloklastični su sastojci neravnomjerno raspoređeni po uzor- ku. U pojedinim dijelovima izbruska oni su više-manje u kontaktu, a u drugim pak dijelovima kao da plivaju u blijedožučkastoj ponešto slabo- zelenkastoj izmijenjenoj strukturi uzorka. Produkti su te izmjene: mine- ral iz skupine glinâ, klorit, željezovita supstancija (limonit i hematit) i pirit.

Uzorak je vrlo oskudan na staklastoj amorfnoj fazi. Sadrži tek malo raspucanih krhotinica kiselog vulkanskog stakla nižeg indeksa loma od indeksa loma kanadskog balzama. A da su vitroklastični sastojci u znat- noj mjeri izgrađivali uzorak na to upućuju njihove žučkastosmeđe kon- ture naročito one od čestica plovučca i krupnijih ulomaka stakla. Iz tih se kontura razabire da im veličine variraju od 0,15 do 0,45 mm. U tim se granicama kreću i veličine kristaloklastičnih sastojaka.

Osnovni su sastojci kristalizirane komponente kvarc i plagioklasi. I sanidina ima nešto malo u sastavu. Biotit je prilično rijedak i uglavnom je izblijeđen. Zrna kvarca su nepravilna, angularna, a ima i takovih nje- govih oblika koji su bliski kristalnom habitusu. Svjež je, neka su zrna korodirana staklom. Plagioklasi su međutim lakše podlijegali mehanič- kom utjecaju. Raspucani su i kršeni. Češći su samci s pukotinama kala- vosti, negoli zrna sraslačke građe. Plagioklasi su najčešće optički homo- geni; tek u rijetkim slučajevima opažala se zonarna građa na taj način, da se uzani rub zrna ponašao drugačije od jezgre. Optička mjerenja za određivanje sastava plagioklasa izvršena su na 6 zrna. Po sastavu, koji se kreće od 32% do 48% anortitne komponente, vidljivo je da odgovara- ju andenzinu, i to njegovoj visokotemperaturnoj modifikaciji. Sanidin je u uzorku vrlo svjež i ponešto zaobljen, resorbiranih uglova.

Poneka zrna kvarca i plagioklasa nose oblježja i tragove koji upućuju na to da su u sastavu zastupana i detritična zrna terigenog porijekla. To su u prvom redu učinci zaobljavanja s tragovima nečistoće po rubu zrna, zatim uklopljena crna praškasta nečistoća ili na plagioklasima iz- lučena nečistoća i sićušni listićavi klorit. Ima nadalje u sastavu i sitnih

listića svježeg muskovita. Pa i zajednica dvaju minerala, kao kvarc i plagioklas i u feldspatu urasli listići biotita, zacijelo su terigenog porijekla. Autigeni su u uzorku pirit i glaukonit. Osim nekoliko krupnijih četverouglastih presjeka piritu veličine 0,14 mm, pirit je pretežno poput najsitnijeg praha izlučen po rubovima kristaloklasta i zaostalih kontura odsutnih zrna. Uzorak je kristalovitroklastičan tuf.

Uzorak s lokaliteta 2

S obzirom na strukturu i sastav, što se razabire u mikroskopskom izbrusku, uzorak se tufa s ovog lokaliteta ponajviše odlikuje bogatstvom i raznolikošću piroklastičnog materijala. U izbrusku koji je učinjen iz okomitog preza na slojevitost, gledajući prema danjem svjetlu, dobro se vidi laminirana tekstura uzorka. Alteriraju smeđe laminacije izgrađene od ulomaka plovučca sa svjetlosmeđastim više prozirnim laminacijama koje izgrađuje kristaloklastična faza eksplozivnog piroklastičnog materijala. Širine tih laminacija variraju između 1,5 do 2 mm. Motreći izbrusak pomoću mikroskopa, primjećuje se da prijelazi tih izmjena u sastavu nisu ni jasni ni oštri. Dobro je međutim naglašena i istaknuta subparalelna orijentacija svih izduženih vitroklastičnih i kristaloklastičnih sastojaka. Tu usmjerenost ponajočitiije pokazuju listići biotita i izdužene čestice plovučca. Prema vizuelnoj komparativnoj procjeni, a u izbrusku okomitom na slojevitost, kristalna je faza predstavljena sa cca 40% u odnosu na cjelokupnu strukturu uzorka.

Vitroklastična struktura osnove uzorka gotovo je potpuno izmijenjena razvojem sekundarnih produkata devitrifikacije, a čine ih listićavi mineral iz skupine glinâ, zatim pirit, glaukonit i limonit. No unatoč toj izmjeni na česticama plovučca ostala je sačuvana njihova karakteristična cjevasta i mjhuričasta struktura (Tabla I, sl. 2). Ona je markirana nijansama žućkastosmeđe i blijedozelenkaste boje. Među ukrštenim nikolima ta se izmjena očituje u interferencijom slabu žućkastoj i sivoj boji fino listićave strukture. Rendgeno-difrakcijskim ispitivanjem uzorka, i to metodom praška i uz brojačku tehniku, utvrđeno je, da se glavna komponenta sastava uzorka sastoji pretežno od montmorilonita. Vulkansko staklo osnove i staklastih sastojaka izmijenjeno je dakle u dotični mineral. Također je utvrđena prisutnost kristobalita u vrlo malim količinama. Ostali mineralni sastav ove analize u skladu je s mineralnim sastavom koji je utvrđen mikroskopskom analizom i optičkim određivanjem. — Neke od čestica plovučca djelomično su prekrivene smeđom, mjestimice tamnosmeđom nepravilnom nakupinom sekundarno izlučenih produkata. To upravo i pridonosi obojenju plovučastih laminacija o kojima je već bilo govora. U sastavu ima nešto malo i neizmijenjenih staklastih ulomaka. Kružne i polukružne vrlo uske pukotinicе, što se vide na nekima od njih, podsjećaju na perlitisku strukturu. Ovi su ulomci bezbojni, nižeg su indeksa loma od indeksa loma kanadskog balzama, potpuno su izotropni. Indeks loma vulkanskog stakla izmjeren metodom imerzije je 1,497. Prema krivulji za prirodna vulkanska stakla to odgovara 73—74 utezna % SiO_2 (D u d e k & al., p. 69).

Kristalnu komponentu sastava uzorka čine plagioklasi, kvarc, sanidin, biotit i hipersten. Cirkon i amfibol su akcesorni. Autigeni su pirit i glau-

konit. Veličine ovih sastojaka kreću se u intervalu od 0,150—0,525 mm, a duljine listića biotita dosežu do 0,750 mm. Izmijenjene i ponešto siličificirane neodredive čestice vjerojatno su litogeni piroklastični sastojci.

Plagioklasi dominiraju u kristalnoj fazi sastava. Ponajčešće su svježji. Promjene kojima su ipak bili podložni uglavnom su mehaničke prirode. Vrlo su često raspucani poput parketa, a neki djelići odijeljeni od matičnog zrna. Ima u sastavu i oštrobriđnih i nepravilnih krhotinica minerala, no i na njima se dobro vide ili pukotine kalavosti ili djelić plohe pinakoida. Česte su kristalne forme u sastavu. Nerijetko plagioklasi sadrže uklopljeno vulkansko staklo u obliku sićušnih mjehurića, a također i u obliku pravokutnih kontura nejednakih dimenzija. Pa i crni praškasti sićušni uklopci gledajući pod velikim povećanjem nisu ništa drugo nego vulkansko staklo. Poneka zrna izgledaju potpuno izrešetana resorpcijom stakla, a tome se vjerojatno može pripisati i blaga otupljenost i zaobljenost uglova kristalića. U uzorku se vide: a) kristali samci određeni pomoću pukotina kalavosti ili pomoću uloženi sraslačkih lamela, b) sraslaci i c) zrna izrazite zonarne građe. Optička su mjerenja plagioklasa izvršena na 11 zrna. Po dobivenim rezultatima vidljivo je da su u sastavu zastupani članovi izomorfnog niza plagioklasa u čijem sastavu varira količina anortitne komponente od 40% pa sve do 86%. Odlikuju se visokotemperaturnom optikom.

Kvarc je po količini podređen plagioklasima. Nepravilan je, angularan, katkada korodiran staklom. Iako ne tako često, no ipak se susreću i takova zrna kvarca koja su omeđena ravnim konturama, a koje po svojoj prilici odgovaraju presjecima kristalnih ploha. Jednolikog je, a ima zrna i valovitog potamnjenja.

Biotit je također dobro zastupljen u uzorku. Odlikuje se intenzivnim pleohroizmom; za vibracioni smjer paralelno kalavosti je tamnosmeđ, a okomito na to žut. Bazalni su listići tamnosmeđi i pseudoheksagonskog izgleda. Katkada se na njima vide šupljine od iščezlih mineralnih inkluzija.

Hiperstena ima prilično u sastavu. Susreće se po cijelom izbrusku. Nepravilan je, često oštro poput pile nazubljen, ali se vide zrna i zaobljenih završetaka. Njegove izrazite pukotine kalavosti, makar kako bila nepravilna zrna, uvijek upućuju na smjer izduženja smjerom osi [001]. Pleohroitičan je. Sve ove značajke dolaze više do izražaja na hiperstenu u sastavu teške frakcije, a naročito njegova učestalost, o čemu će biti govora kasnije. Uzorak je kristalovitroklastičan andezitno-dacitni tuf.

Uzorak s lokaliteta 3

Uzorak s ovog lokaliteta najsitniji je produkt eksplozivnog piroklastičnog materijala (Tabla I, sl. 3). Gotovo je u cijelosti izgrađen od vrlo sitnog pretežno igličastog iverja staklastih ulomaka. Duljine su im manje od 0,030 mm, a kod krupnijih sastojaka te duljine dosežu do 0,225 mm. Kristalna je faza zastupljena samo s 1%, a čine je ušiljene krhotinice kvarca i izdužene cijele i kršene kristalne forme plagioklasa duljine do 0,150 mm. Akcesorni su u sastavu apatit i hipersten. Za ovaj uzorak, za razliku od prethodna dva, može se reći da staklasta faza nije

u tolikom stupnju bila podložna izmjeni. Devitrifikacija osnovne staklaste mase jedino se primjećuje među ukrštenim nikolima, i to po slabo žućkastosivoj interferencionoj boji vrlo sitne listićave strukture. Uzorak je vitroklastičan tuf.

Uzorak s lokaliteta 4

Piroklastičnu strukturu uzorka izgrađuju ulomci i sitno kršje vulkanskog stakla (Tabla I, sl. 4). Osim nešto malo okruglastih i slabo izduženih staklastih čestica mjehuričaste i cjevaste strukture, ostali staklasti sastojci najvećim su dijelom igličasti, rjeđe rašljasti, viličasti i polumjesečasti. Njihove veličine i duljine kreću se u intervalu od 0,15—0,30 mm. Staklasto bistro kršje ovih veličina i oblika uloženo je u jedva malo smeđastožućkastu osnovu koju izgrađuje najsitnije iverje gotovo u prah satrvano, skršeno vulkansko staklo. Gornja granica veličina tog kršja ne prelazi 0,045 mm, dok se donja gubi i izmiče mjerljivosti. Po interferencionim sićušnim točkastim efektima među ukrštenim nikolima vidi se da je staklasti prah nešto malo devitrificiran, odnosno siliificiran i da sadrži sićušna zrnca kvarca i izmijenjena neodrediva sićušna zrnca, čestice i listiće.

Kristaliziranu komponentu sastava čini kvarc, feldspati i biotit. Ni njihove veličine ne prelaze gornju granicu od staklastih ulomaka, jedino listići biotita dosežu do 0,375 mm. Ovih je sastojaka u uzorku zastupano oko 5% u odnosu na sveukupni sastav. Kvarc je kršen, nepravilan, često ušiljen, a feldspati su gotovo redovito kristalići ili kršeni kristalići, i to sraslaci dvojci, trojci, a ima ih i zonarne građe. U uzorku je dobro istaknut subparalelan raspored svih izduženih staklastih i kristaloklastičnih sastojaka i listića biotita. Od akcesornih je minerala u sastavu vrlo čest apatit, a rijetki su hipersten, amfibol i cirkon. Listića muskovita također ima u uzorku. Susreću se u izbrusku žućkastosmeđe limonitične mrlje i zrnca pirita. Uzorak je vitroklastičan tuf.

Uzorak s lokaliteta 5

Izbrusak je učinjen iz presjeka koji je okomit na duljinu bjeličastog valjkastog ulomka. Pomoću mikroskopa se vidi silicijskom supstancijom potpuno impregnirana organska struktura. No unatoč tome dobro se vidi i jasno ističe poput saća histološka građa drveta (Tabla II, sl. 5 A). Poput rastrganog tkiva mjestimice je zaostala crvenkastosmeđa boja koja je vjerojatno organskog porijekla (sl. 5 B). Impregnacija SiO_2 -supstancijom do potpunog izražaja dolazi među ukrštenim nikolima, i to kao kripto - do mikrokristalast kvarcni agregat. Međutim, mjestimice u širim međuprostorima godova, SiO_2 -supstancija je ponajprije precipitirala kao sferulitski kalcedon. Uz rubove tih šupljina nanizani su poput rozeta polukružni presjeci sferulitskog kalcedona, a na njima u smjeru šupljina došlo je do razvoja mikrokristalastog do sitnozrnatog agregata kvarca, pa i kristalića kvarca veličine do 0,30 mm (sl. 5 C). Silificirani ulomak drveta pripada redu četinjača.

MINERALNI SASTAV TEŠKE FRAKCIJE

Od četiri uzorka tufa označena prije brojevima 1-4 izvršena je separacija teške mineralne frakcije pomoću bromoforma spec. tež. 2,89. Količina teških minerala izražena je u težinskim postocima koji su uneseni u predzadnju donju kolonu tabele mineralnog sastava (Tabela 1). Mineralne su vrste determinirane pomoću polarizacionog mikroskopa i binokularne lupe. Brojenjem 300 do 400 zrna po preparatu dobiveni podaci njihove učestalosti iskazani su u toj tabeli.

Iz tabele je vidljivo da asocijaciju teške frakcije čine magmatski minerali. Uz njih ima — izuzev uzorak sa lokaliteta 2 — također i nešto malo detritalnih minerala terigenog porijekla. O učešću detritalne mineralne komponente u sastavu uzorka s lokaliteta 1 već je bilo govora prigodom mikroskopske analize.

Hipersten je najznačajniji magmatski mineral u sastavu teške frakcije uzoraka. U uzorku s lokaliteta 3 predstavlja 82%, a u uzorku s lokaliteta 2 predstavlja polovicu od sveukupne količine prozirnih minerala. Hipersten je približno jednako zastupan u sastavu uzoraka s lokaliteta 1 i 4. Obzirom na njegove morfološke osobine, kao i na učestalost, čini se, da bi mogao ponajbolje poslužiti kao kriterij da analizirani uzorci pripadaju različitim tufnim nivoima. Hipersten je najkrupniji i najsvježiji u sastavu uzorka s lokaliteta 2 (Tabla III, sl. 2 - 2). Premda je hipersten najobilniji u uzorku s lokaliteta 3, ipak se u sastavu teške frakcije toga tufa ponajčešće opažaju više-manje trošna njegova zrna, poluzaobljena i zaobljena, s tamnosmeđom, mjestimice i crnom nečistoćom po rubu i uz rubne dijelove zrna. Ta se nečistoća uvlači i u nutarnje dijelove nekih zrna uzduž zupčastih završetaka (sl. 3). U uzorku je znatno manje zrna hiperstena gdje se još vidi dobro izraženi pleohroizam. Još je manje svježih kršenih zrna i kristalića. U sastavu uzorka s lokaliteta 4 zastupana su svježja oštronazubljena, a i trošna zrna s nečistoćom po rubovima (sl. 4). Uzorak s lokaliteta 1, s najmanjim učešćem hiperstena u teškoj frakciji, pokazuje da je u tom tufnom nivou mineral izmijenjen i fizički i kemijski (sl. 1). Trošenjem hiperstena redovito su uništene terminalne plohe, stoga su zrna ili kristalići nazubljeni poput pile.

Prilično su rijetki kristalići hiperstena koji ne bi sadržavali mineralne ili staklaste inkluzije. Od mineralnih je inkluzija ponajčešći tamnosmeđi i crvenosmeđi spinel a ima i posve crnih uklopaka. Primijećen je kristalić hiperstena s jezgrom hiperstena ranije generacije, odnosno kristalić s autigenim rastom.

U preparatu uzorka s lokaliteta 2 vidi se da je hipersten ponajčešće pločast smjerom bočnog pinakoida (010) pa je u mikroskopu u tom položaju za vibracioni smjer Z sivkastozelen, a u okomitom položaju na to, tj. za vibracioni smjer Y je svijetložut. Rjeđe su kristalići pločasti smjerom prednjeg pinakoida (100) i u tom položaju dolazi do izražaja vibracioni smjer X u ružičastosmeđoj boji. Hipersten paralelno potamnjuje, odlikuje se istaknutim pozitivnim reljefom i slabim dvolomom. Indeksi loma izmjereni metodom imerzije pri sobnoj temperaturi za Na-svjetlost jesu: $n_x = 1,695$, $n_y = 1,705$ i $n_z = 1,708$.

Hornblenda je najčešća u uzorku s lokaliteta 1 i količinski predstavlja 23% od sveukupne količine prozirnih minerala. S polovicom tog uče-

Uzorak — Sample Mjesto — Location	Ukupni sastav teške frakcije 100% Total composition of heavy fraction 100%		Prozirna zrna teških minerala — 100% Transparent grains of heavy minerals — 100%										Ukupna količina teških minerala 100% Total quantity of heavy minerals 100%	Dijametar frakcije u mm Diameter of fraction in mm									
	opaka zrna <i>Opaque grain:</i>	prozirna zrna <i>Transparent grains</i>	Magmatski minerali <i>Magmatic minerals</i>					Detritalni minerali <i>Detrital minerals</i>															
1	27,0	73,0	hipersten <i>Hypersthene</i>	8,5	23,3	35,0	—	19,3	0,2	0,4	epidot <i>Épidote</i>	7,8	0,4	1,1	2,5	—	0,7	—	0,4	0,2	0,4	2,10	0,045—0,15
2	4,6	95,4	hornblenda <i>Hornblende</i>	50,0	5,7	1,0	10,2	32,2	—	1,0	amfibol <i>Amphibole</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,00	
3	32,7	67,3	cirkon <i>Zircon</i>	82,0	1,0	1,0	8,0	—	—	—	granat <i>Garnet</i>	—	0,7	—	1,7	—	2,9	—	—	—	1,0	0,07	
4	20,5	79,5	apatit <i>Apatite</i>	11,9	10,7	6,9	47,2	2,4	0,3	1,5	turanit <i>Turanite</i>	7,8	6,0	—	—	0,9	0,6	1,8	0,4	0,9	—	0,62	

šća, tj. s 10% zastupana je u uzorku s lokaliteta 4, s 5% u uzorku s lokaliteta 2, a u uzorku s lokaliteta 3 gotovo je u tragovima, naime 1%. Zastupana je zelena, rjeđe smeđozelena, a najslabije crvenkastosmeđa hornblenda. U uzorku s lokaliteta 1, gdje je i najobilnija u sastavu, hornblenda je vrlo svježja. Ta su zrna kršena i gotovo redovito s oštrim završecima poput pile. U sastavu ima malo i poluzaobljenih zrna. U sastavu uzorka s lokaliteta 4 također su zrna hornblende svježja, ali su pretežno poluzaobljena, pa i zaobljena. Hornblenda potamnjuje koso.

Cirkon je najobilniji u uzorku s lokaliteta 1 i predstavlja 35% od sveukupne količine prozirnih minerala. U uzorku s lokaliteta 4 zastupan je sa 7%, a u uzorcima s ostala dva lokaliteta samo s 1%. Idiomorfan je, kristalići su ponajčešće prizmatskog habitusa. Ima i kršenih kristalića. Bezbojan je, a ima ga i blijedoružičastog. Katkada sadrži u sebi igličaste kristaliće ili njihove odlomke starije generacije. Cirkon pokazuje istaknuti reljef. Visokog je indeksa loma i dvoloma. Paralelno potamnjuje.

Apatit. Znatno je učešće apatita u uzorku s lokaliteta 4, gdje predstavlja gotovo polovicu od sveukupne količine prozirnih minerala. Osjetno je slabije zastupan u uzorku s lokaliteta 2 i 3, a u uzorku s lokaliteta 1 nema ga uopće u sastavu. Kristalne konture ponajčešće su dobro izražene. Vrlo je svjež i bezbojan. Iako rijetko, ipak se u sastavu susreću kristalići apatita s pleohroitičnim centralnim dijelovima od bezbojne do zadimljeno sive boje. Nisu rijetke pojave kristalića apatita s igličastim inkluzijama vulkanskog stakla koje su usmjerene paralelno s osi [001] (Tabla IV, sl. 5 i 13).

Biotit je najobilniji u sastavu uzorka s lokaliteta 2, slabije je zastupljen u uzorku s lokaliteta 1, a najslabije u uzorku s lokaliteta 4. U uzorku s lokaliteta 3 uopće ga nema. Listići biotita u preparatu leže paralelno po bazi, pa im radi toga pleohroizam ne dolazi do izražaja kao u mikroskopskim izbruscima. To su pseudoheksagonalni listići ili krhotinice tih formi, a česti su nepravilni listići. Susreću se i blago zaobljeni i resorbirani listići. Prevladavaju smeđi listići, ali ima i žućkastosmeđih i crvenkastosmeđih.

U sastavu uzoraka s lokaliteta 1 i 4 primijećeno je samo po jedno zrno vrlo svježeg smeđastocrvenkastog *titanita*. Među zrnima *turmalina* također je utvrđen varijetet vrlo svježeg crvenosmeđeg i smeđastocrvenog *turmalina*, koji kao takav prati asocijacije magmatskih akcesornih minerala utvrđenih na više lokaliteta srednjomiocenskih tufnih naslaga (Mutić, 1978).

Ilmenit je naveden kao jedan od sastojaka u sastavu opakih zrna, koja su izdvojena u drugom redu Tabele 1. Predstavljaju značajnu komponentu sveukupnog mineralnog sastava uzoraka s lokaliteta 1, 3 i 4. Determiniran je pod binokularnom lupom i na osnovi učestalosti i morfoloških osobina *ilmenita* u sastavu uzoraka tufova iz srednje Dalmacije, gdje je utvrđen i rendgenskom metodom (Šušnjara & Šćavnićar, 1974). Pojavljuje se u crnim sjajnim romboedrijskim rjeđe izduženim kristalićima. Česta su vrlo zaobljena, resorbirana, gotovo kuglasta zrna. Među opakim zrnima rijetki su *pirit* i limonitizirana neodrediva zrna.

U skupinu detritalnih minerala u tabelarnom su prikazu uvrštene četiri iste mineralne vrste koje se nalaze i u sastavu skupine magmatskih

minerala, a to su: amfibol, turmalin, cirkon i apatit. Ti minerali svojim morfološkim osobinama upućuju na porijeklo iz drugih matičnih stijena. Ostale su komponente iz skupine detritalnih minerala: *epidot*, *granat*, *rutil*, *kromit*, *korund* i karbonatna zrna.

KEMIJSKA ANALIZA

Od uzorka s lokaliteta 2 izrađena je kemijska analiza i dala je ove vrijednosti težinskih % komponenata:

SiO ₂	60,60	Normativni sastav		Nigglijeve vrijednosti	
Al ₂ O ₃	17,67	po CIPW sistemu		si	247
Fe ₂ O ₃	0,97	Q	24,48	al	42,56
FeO	3,32	C	3,98	fm	23,30
MnO	0,68	or	12,80	c	17,16
MgO	1,42	ab	25,69	alk	16,48
CaO	3,95	an	20,86	mg	0,44
Na ₂ O	2,84	hy	10,77		
K ₂ O	1,98	mt	1,62		
H ₂ O ⁺	4,43		100,2		
H ₂ O ⁻	1,84				
	99,70	Magmatski parametri:			
		I.4.3.4			

Magmatski tip:
granodioritni do
leukotonalitni

Analitičar: *Lj. Despotović*

ZAKLJUČAK

Istraženi uzorci tufova iz područja Brestika i Bojne utvrđeni su u slatkovodnom klastičnom razvoju naslaga donjeg helveta. Sudeći po makroskopskom izgledu, strukturi, sastavu i sastavu asocijacije teških minerala ove naslage predstavljaju četiri različita nivoa naslage eksplozivnog piroklastičnog materijala.

U uzorcima s lokaliteta 1 i 2 staklasta je faza intenzivno devitrificirana i izmijenjena. Unatoč tome dobro se prepoznaju konture cjevaste i mjehuričaste strukture svojstvene česticama plovućca i karakteristični oblici kršja vulkanskog stakla. U uzorcima s lokaliteta 3 i 4 vitroklastična je struktura ostala gotovo neizmijenjena.

Kristaloklastični su sastojci uzoraka: kvarc, plagioklasi i biotit. Saniđin je rjeđi sastojak. Najbogatiji je kristaliziranom komponentom uzorak s lokaliteta 2, znatno je slabiji uzorak s lokaliteta 1, a samo je u tragovima zastupana ta komponenta u uzorcima s lokaliteta 3 i 4, koje u cijelosti izgrađuje najsitnije kršje i iverje ulomaka vulkanskog stakla. U svim je uzorcima indeks loma vulkanskog stakla niži od indeksa loma kanadskog balzama.

Na osnovi količinskih odnosa kristalne i staklaste faze uzorci s lokaliteta 1 i 2 odgovaraju kristalovitroklastičnom tufu, a uzorci s lokaliteta 3 i 4 vitroklastičnom tufu.

Rezultati optičkog određivanja većeg broja plagioklasa uzoraka s lokaliteta 1 i 2 pokazuju da se radi o naslagama iz različitih nivoa piro-

klastičnog materijala. Sastav plagioklasa uzorka s lokaliteta 1 sadrži 32—48% an, a to odgovara srednjim neutralnim članovima izomorfne niza plagioklasa. U uzorku s lokaliteta 2 plagioklasi pokazuju bazičniji karakter odnosno širi raspon sadržaja anortitne komponente u njihovom sastavu, i to od 40—86% an. Za plagioklase obaju lokaliteta karakteristična je visokotemperaturna optika.

Utvrđene morfološke osobine hiperstena, oscilacije u njegovoj zastupljenosti i primjesa detritalnih terigenih minerala u sastavu teške frakcije upućuju također na različite uvjete u razvoju ispitanih uzoraka tufnih naslaga.

Uzorak s lokaliteta 5 je silicificiran valjkast ulomak četinjače. Analogna pojava potpune silicifikacije utvrđena je u donjohelvetskom slatkovodnom razvoju kongerijskog vapnenca na jugoistočnim obroncima Medvednice, i to na nekoliko lokaliteta (Mutić, 1969). Ali dok na tim obroncima Medvednice, osim silicifikacije, nisu u tom stratigrafskom nivou do danas utvrđene tufne naslage, nego tek u gornjem helvetu, to se silicificirani ulomak drveta četinjače s lokaliteta 5, odnosno pojava silicijskih otopina može tim više dovesti u vezu s vulkanskom aktivnošću i utvrđenim naslagama tufova na području Brestika i Bojne.

O pojavama silicificiranih ulomaka drveta govori se i u znanstvenoj literaturi. Tako npr. Williams, Turner & Gilbert (1954, p. 158) poglavlje o Promjeni piroklastičnih stijena završavaju ovako: »Konačno, potrebno je primijetiti da su mnogi kiseli i neutralni tufovi intenzivno silicificirani zbog taloženja kvarca, kalcedona ili opala iz podzemnih voda bogatih na SiO_2 , i to za vrijeme devitrifikacije stakla. Unutar takvih tufova i njima pridruženih tufitičnih sedimentnih stijena nalazi se mnogo okamenjenog (petrificiranog) drveća«. Pettijohn, Potter & Siever (1972, p. 280) također ističu kako oslobođeni SiO_2 konverzijom stakla u gline i zeolite daje opalne i kalcedonske cimente i kongrecije te silicificira organske ostatke kao na primjer ukopano drvo.

Optička određivanja plagioklasa, sanidina, hiperstena i titanita istraženih uzoraka tufova objavit će u posebnom radu dr Ljudevit Barić, kojemu se i ovom prilikom najljepše zahvaljujem na uloženom trudu i korisnim savjetima pri izradi ovoga rada.

Primljeno 25. 05. 1978.

LITERATURA

- Dudek, A., Fediuk, F. & Palivcová, M. (1962): *Petrograficke tabulky*. — 303 pp. Praha.
- Mutić, R. (1969): Neogenska magmatska aktivnost na jugoistočnim obroncima Medvednice (Zagrebačke gore). — *Geol. vj.*, 22, 423—438, Zagreb.
- Mutić, R. (1970): *Miocenski tufovi s područja lista Bosanski Novi—109*. — Fond str. dok. Geol. zav. br. 4848/7, 1—4, Zagreb.
- Mutić, R. (1978): Turmalin iz tufnih naslaga srednjeg miocena na obroncima starih planina sjeverno od Save i u Baniji (Hrvatska). — *Geol. vj.*, 31, Zagreb.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1972): *Sand and Sandstone*. — 618 pp. Springer, Berlin—Heidelberg—New York.

- Šimunić, An. (1969): *Godišnji izvještaj o izvršenim radovima prilikom snimanja OGK SFRJ za list Bosanski Novi—109/69.* — Fond str. dok. Geol. zav. br. 4660/c—1, 1—7+2, Zagreb.
- Sušnjara, A. & Šćavničar, B. (1974): *Tufovi u neogenskim naslagama srednje Dalmacije (Južna Hrvatska).* — *Geol. vj.*, 27, 239—253, Zagreb.
- Williams, H., Turner, F. J. & Gilbert, C. M. (1954): *Petrography.* — 406 pp. W. H. Freeman & Co., San Francisco.

Tuffs in the Lower Helvetian beds in the area of Brestik and Bojna (Banija, Croatia)

R. Mutić

Representative of the volcanic activities that took place in the fresh water clastic development of the Lower Helvetian beds are the tuff samples taken in the area of Brestik and Bojna. According to the macroscopic examination, texture, composition, and to the composition of the heavy minerals association, the beds represent four different horizons of explosive pyroclastic material.

In the samples from the localities Nos 1 and 2 the vitreous phase shows an intensive devitrification and alteration. Nevertheless, the contours of tubular and vesicular texture characterizing the pumice particles, and typical shapes of glassy inclusions are well, noticeable. X-ray determination of the sample taken at the locality No 2 has proved montmorillonite to be the main component that owes its origin to the alteration of volcanic glass. Cristobalite is also present, but rather sparsely. Other mineral constituents determined by this examination are the same as those determined by microscopic determination of the sample. The samples from localities Nos 3 and 4 do not show any alteration in the vitroclastic texture that would be worth mentioning.

Crystalloclastic components of the samples are as follows: quartz, plagioclases and biotite. Somewhat less frequent is sanidine. The sample taken at the locality No 2 contains hypersthene in fair quantities. This sample is at the same time the richest in crystallized component. Much less so is the crystallized component presenting the sample from the locality No 1, while in the sample No 3 and No 4 it occurs in traces only. These two samples are built of very finely crushed particles (fine debris), and particles of volcanic glass inclusions. In all samples the index of refraction of the volcanic glass is lower than that of the Canada balsam. The index of refraction of the volcanic glass in the sample from location No 2 is equal to 1,497. It has been determined by immersion method. According to the curve for natural volcanic glasses this index of refraction represents acid volcanic glass with 73—74 weight % of SiO_2 .

According to the quantitative ratio crystalline and vitreous phase, the samples taken at the locations 1 and 2 represent a crystallovitroclastic tuff, while those from the localities 3 and 4 belong to the vitroclastic tuff.

Results of optical determination of a larger number of plagioclase samples taken at the localities No 1 and No 2 point to the fact that the question concerns beds at different horizons of pyroclastic material. The composition of plagioclase from locality No 1 corresponds to the intermediate neutral members of the isomorphic plagioclase series. Plagioclases contained in the sample from locality No 2 are more basic, i. e. the span of the anorthitic component that occurs in it is larger — from 46 to 86%. Both types of plagioclase display high-temperature optical properties.

The determined morphologic properties of hypersthene, oscillation in quantities it occurs in, and the admixture of detrital terrigenous minerals in the heavy fraction also point to different conditions which reigned during the development of tuff beds from which the samples have been taken.

The sample from locality No 5 is a silicified cylindrically shaped *Coniferae* fragment. Such an occurrence of complete silicification was found in the Low Helvetian fresh water development of *Congeria* limestones on the southeastern

slopes of Medvednica, at several localities (Mutić, 1969). However, since to this very day in this stratigraphic horizon on the Medvednica slopes no tuff beds have been found — with the exception of silicification — but in the Upper Helvetian the silicified Coniferan fragment from locality No 5, and the occurrence of siliceous solutions respectively, this is to be connected with the tuff beds at Brestik and Bojna, and attributed to volcanic activities.

Manuscript received May 25, 1978.

TABLA — TABLE I

Faint, illegible text, likely a table or list of items, possibly related to the study of tuff beds.

TABLA — PLATE I

2. Kristalo-vitroklastičan andezitno-dacitni tuf. Lokalitet 2. Bez analizatora. 64 ×.
Crystallo-vitric andesitic-dacitic tuff. Locality 2. Plane polarized light. 64 ×.
3. Vitroklastičan tuf. Lokalitet 3. Bez analizatora. 73 ×.
Vitric tuff. Locality 3. Plane polarized light. 73 ×.
4. Vitroklastičan tuf. Lokalitet 4. Bez analizatora. 73 ×.
Vitric tuff. Locality 4. Plane polarized light. 73 ×.

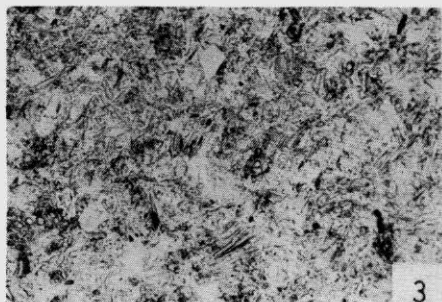
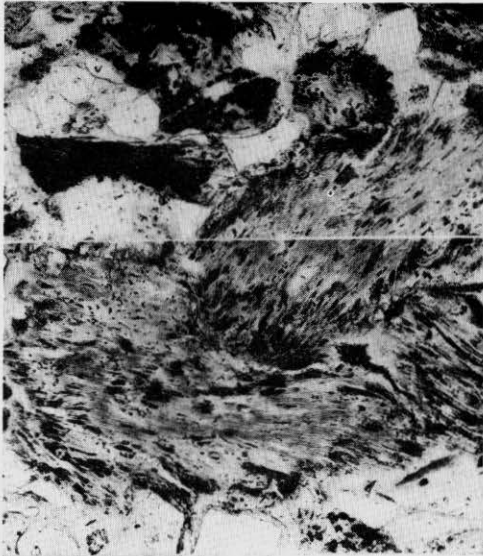
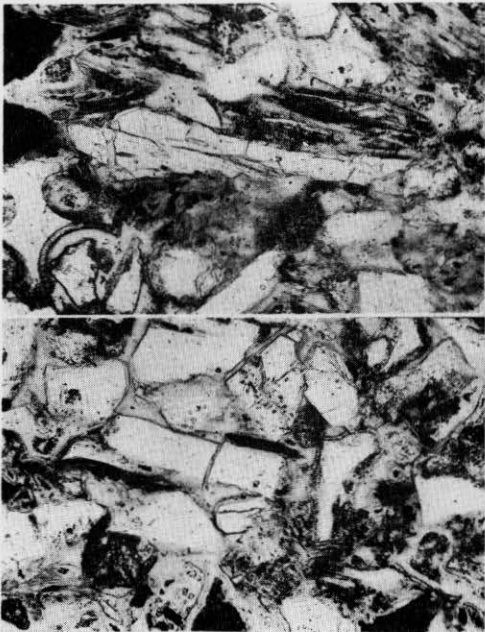


TABLA — PLATE II

2. Kristalo-vitroklastičan andezitno-dacitni tuf. Lokalitet 2. Bez analizatora. 64 ×.
Izbrusak okomitog presjeka. Izmjena faza.
A — Staklasta faza (čestice plovučca).
B — Kristalna faza (plagioklasi, kvarc, biotit, hipersten).
2. Crystallo-vitric andesitic-dacitic tuff. Locality 2. Plane polarized light. 64 ×.
Cross section. Alternation of phases.
A — Glassy phase (fragments of pumice)
B — Crystalline phase (plagioclase, quartz, biotite, hyperstene),
5. Okamenjeni (silicificirani) ulomak četinjače. Lokalitet 5.
A i B — Bez analizatora. 64 ×.
C — Ukršteni nikoli. 64 ×.
5. Petrified (silicified) fragment of Coniferae. Locality 5.
A and B Plane polarized light. 64 ×.
C — Cross Nicols. 64 ×.

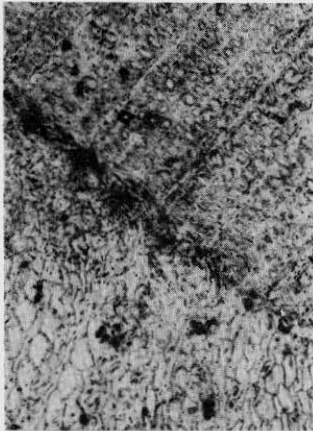


A

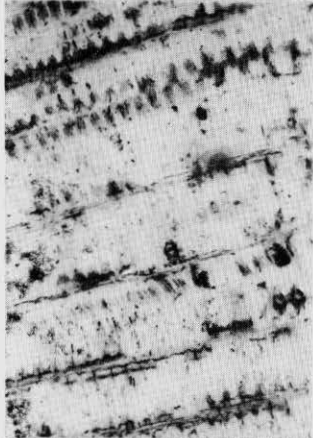


B

2



A



B



C

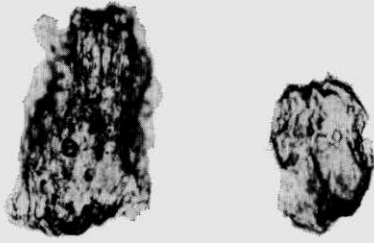
5

TABLA — PLATE III

Hipersten iz tufova. Bez analizatora. 105 ×.
Hyperstene from tuffs. Plane polarized light. 105 ×.

1: Lokalitet	1
Locality	1
2—2: Lokalitet	2
Locality	2
3: Lokalitet	3
Locality	3
4: Lokalitet	4
Locality	4

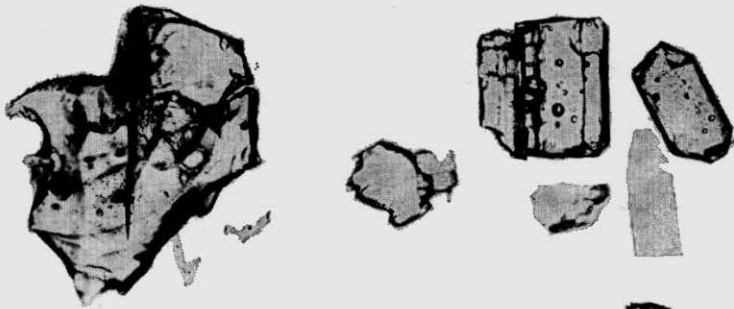
1



2



2



3



4

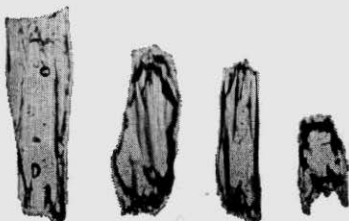


TABLA — PLATE IV

Teški minerali iz tufova. Bez analizatora. 105 ×.
Heavy minerals from tufts. Plane polarized light. 105 ×.

Lokalitet 1	1 — cirkon
Locality 1	2 — titanit
	3 — amfibol
	4 — ilmenit
Lokalitet 2	5 — apatit
Locality 2	6 — amfibol
	7 — cirkon
	8 — turmalin
	9 — biotit
Lokalitet 4	10 — amfibol
Locality 4	11 — biotit
	12 — ilmenit
	13 — apatit
	14 — turmalin
	15 — titanit

