

Prvi nalaz akrecionih lapila u trijaskim naslagama kod Donjeg Pazarišta

Vera MARCI¹, Gordana PLETIŠ², Željko BOSAK² i Drago ŠATARA²

¹ Prirodoslovno-matematički fakultet, Mineraloško-petrografski zavod, Demetrova 1, YU-41000 Zagreb

² INA-Projekt, Savska cesta 88a, YU-41000 Zagreb

Ključne riječi: Akrecioni lapili, Trijaski vulkanizam, Tuftični vapnenci, Vulkanogeno-sedimentna serija, Andezito-dacitni piroklastični produkti

Jaka vulkanska aktivnost obnavljala se tokom trijasa duž cijele karbonatne platforme. Glavna faza bila je u ladiniku, kad su nastali sedimentni kompleksi udruženi s tuftičnim stijena.

Piroklastiti su uglavnom andezitskog i dacitskog sastava. Kugle ili lopte vrlo pravilne koncentrične grade – akrecioni lapili – nađeni su na izdancima tih stijena kraj Donjeg Pazarišta. Istražena je i prezentirana sekvenca tuftičnog vapnenca s lapilima.

Key-words: Accretionary lapilli, Triassic volcanism, Tuffitic limestones, Volcanic-sedimentary complex, Andesite-dacite pyroclastic product

A strong volcanic activity repeated through the Triassic period over the whole carbonate platform. The main phase occurred in Ladinian were it produced complex sediment association and tuffitic rocks in investigated area.

These pyroclastites are mainly of andesitic and dacitic composition. Spheres or balls of very regular concentric structure – accretionary lapilli – appear in field outcrops near Donje Pazarište. The sequence of tuffitic limestone with lapilli was thoroughly investigated and is presented in this paper.

Uvod

Na detaljno istraživanje tuftičnih sedimenata kod Donjeg Pazarišta na lokalitetu Španjuša potakli su nas nalazi zaobljenih formi vulkanskog podrijetla koji su u literaturi opisivani pod raznim nazivima, kao: »muljni peleti«, »muljne lopte«, »tufne lopte«, »fosilne kišne kapi«, »kamena tuča«, »vulkanski pizoliti«, i »akrecioni lapili« izraz koji se i danas najviše upotrebljava.

Obrađivani teren je dio trijasko antiklinale u sjeverozapadnom dijelu Like, a prostire se sjeverno do doline potoka Tisovac, te istočno do Donjeg Pazarišta. Zapadnu granicu čini brdo Debeljak, a južnu brda Bjelavina i Sovjak.

Terenski radovi obavljani su 1984. god. od strane INA-PROJEKTA u okviru teme »Naftogeološka obrada i digitalizacija podataka područja Like, Gorskog kotara i graničnih područja« za INA-Naftaplin (OOUR GIR, Službe istraživanja).

Koristeći ovu priliku zahvaljujemo se investitoru na susretljivosti ukazanoj za objavljivanje ovog članka. Dr J. Tišljaru, mr E. Oreškom, mr Ž. Đurđanoviću i mr B. Jurkovšeku zahvaljujemo za petrografske i paleontološke odredbe s užeg područja lokaliteta Španjuša.

Kratak osvrt na dosadašnja istraživanja

O geologiji užeg i šireg područja Donjeg Pazarišta pisali su mnogi autori, a prva saznanja potiču iz zapisa Foetterlea (1862, 1863) u vezi nalaza eruptivnog kamenja tada označenog kao melafir.

Obzirom da je navedeno područje vrlo često obrađivano, ali tretirano s različitim stanovišta, spomenut ćemo samo neke radove koji se tiču istraživanog

terena: Kišpatić (1901) – o hematitu podno Debeljaka; Koch (1912) – spominje Donje Pazarište u okviru izvještaja o kartiranju lista Karlobag-Jablanac; Salopek (1918) – opisuje cefalopodnu faunu iz potoka Popovače uz osvrt na stratigrafsko-tektonske odnose trijaskih naslaga; Poljak i Tajder (1942) – utvrđuju bazalt iz Čemerikovca kraj Donjeg Pazarišta; Herak (1950) – piše o nalazu vapnenjačkih algi na Debeljaku; a Poljak (1952) – opisuje pojavu hematita pod Debeljakom. U rješavanju kompleksne geološke problematike znatno su doprinjeli radovi novijeg datuma, kao rad Bahuna (1963) – o ladinčkim sedimentima kod Donjeg Pazarišta s osvrtom na geološka zbivanja za vrijeme srednjeg i donjeg trijasa, zatim prikaz ladinčkim profila s klastitima na području Donjeg Pazarišta kojeg daju: Herak et. al. (1967); Sokač et al. (1975) – o paleogeografiji trijasa u području Vanjskih Dinarida, kao i rekonstrukcija tektonskih zbivanja od paleozoika do tercijara od Pamića (1980) za isto područje. Interesantna su razmatranja Pamića (1982) o trijaskom magmatizmu u Dinaridima, međutim svakako poseban interes pobuđuje nova koncepcija geotektonike Dinarida (pa tako i ovog područja) koju daje Herak (1986). Za rekonstrukciju uvjeta postanka lapila obimno su korištena istraživanja prezentirana radovima Reimera (1983), te Bohora i Triplehorna (1984), kao i drugi literaturni podaci.

Opći geološki prikaz i petrografske karakteristike naslaga

U strukturnom pogledu područje Donjeg Pazarišta predstavlja antiklinalu s trijaskom jezgrom. Najstarije otkrivene naslage su srednjotrijaske starosti, a

čine ih u litostratigrafskom pogledu različiti litološki članovi ladiničkog kata, kao rezultat specifičnih uvjeta sedimentacije.

Opisujući ritmičku izmjenu tamnosivih šejlova i pješčenjaka u donjem dijelu ladiničkih klastita šireg područja Donjeg Pazarišta, Herak (1967) ukazuje na flišku sedimentaciju koja se obavljala u mirnoj i dubokoj vodi. U gornjem dijelu slijeda izmjenjuju se vapnenacke, glinovite, piroklastične i silicijske naslage koje, na osnovu sedimentoloških svojstava (turbiditi) i fosilnog sadržaja, Jelaska (1977) smatra tvorevinama batijalnog okoliša taloženja.

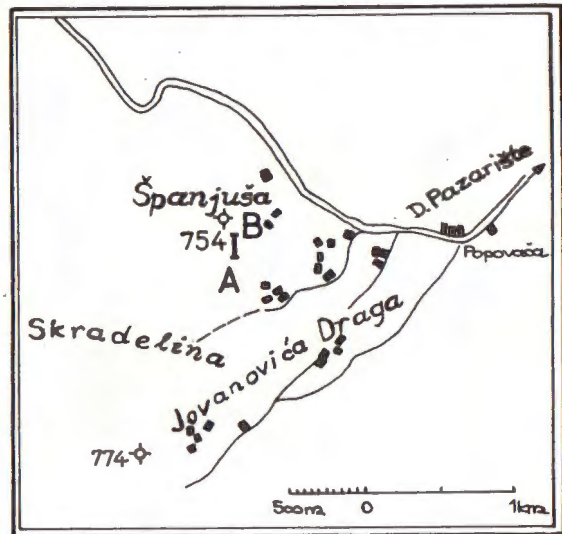
Prema rezultatima naših istraživanja, veći dio spomenute litoške asocijacije ladinika odgovarao bi sublitoralnom okolišu (maksimalno do 200 m dubine) s mjestimičnom pojavom elemenata pregiba i sedimentnog tečenja, a povremeno moguće i nešto dubljim uvjetima.

Glavno obilježje naslagama svakako daje ladinički vulkanizam eksplozivnog karaktera. U istraženim naslagama kod Donjeg Pazarišta (sl. 1) utvrdili smo višefaznu vulkansku aktivnost koja se manifestirala povremenim erupcijama bazaltske magme (utvrđeni bazalti na koti 774 – južno od Španjuše; zapadno od Baškog puta; te Kalinovača-Baški put) i andezitske? magne (utvrđene valutice konsolidiranih i izmjenjenih andezita neke prethodne izlivne faze vulkanizma). Navedeni vulkaniti praćeni su izbacivanjem piroklastičnog kiselijeg materijala (andezito-dacitnog karaktera): tufova, tufita i akrecionih lapila. Direktnim utjecajem vulkanoklasta na taložine u sedimentacijskom prostoru (lokaliteti Jovanović draga, Španjuša – sl. 1) nastala je vulkanogeno-sedimentna serija naslaga.

Akrecioni lapili zapaženi su na profilu tufitičnih stijena i tufova u jednoj uskoj zoni tufitičnih vapnenaca. Ispod i iznad te zone (sl. 2) brojni su širi i uži proslojci tufova koji su posve izmijenjeni, silificirani ili kalcitizirani. Tufovi uglavnom pripadaju sitnozrnastim jako izmijenjenim vitričnim varijetetima mada se u nekima mogu vidjeti i uži proslojci krupnozrnastijih kristaloklastičnih tufova, koji se sastoje od fragmenata plagioklasa i kvarca.

Plagioklasi su jako sericitizirani, a kvarc u pravilu ima tragove resorpcije. rijetko se može naći i po koji listić izmijenjenog biotita. U sitnozrnastim tufovima dolaze forme posve kalcitizirane za koje bi se moglo pretpostaviti i organsko podrijetlo (radiolarije?). U nekoliko izbrusaka iz uzoraka sa stratimetrijskog profila radiolarije su i paleontološki dokumentirane. Vulkanski produkti i njihovi utjecaji opaženi kod Donjeg Pazarišta predstavljaju samo dio iz slijeda takvih pojedinačno utvrđenih pojava, koje se nižu pravcem NW-SE unutar karbonatnog kompleksa srednjeg trijasa: Gorski kotar (Fužine), Senjska draga, Velika Vršina (kod Sv. Roka), Gudura (Velebit), Knin, Vrlika, Svilaja (potok Suvaja), Sinj i dr. lokaliteti, a javljaju se kao rezultat opsežnije magmatske aktivnosti koja je zahvatila i znatno šire dinaridske prostore.

U geotektonskom smislu magmatizam je vezan za otvaranje dinaridskog dijela Tetisa rovovskom tektonikom u trijasu, kada su se aktivirale stare riftne strukture nastale još u permu (Pamić, 1980).

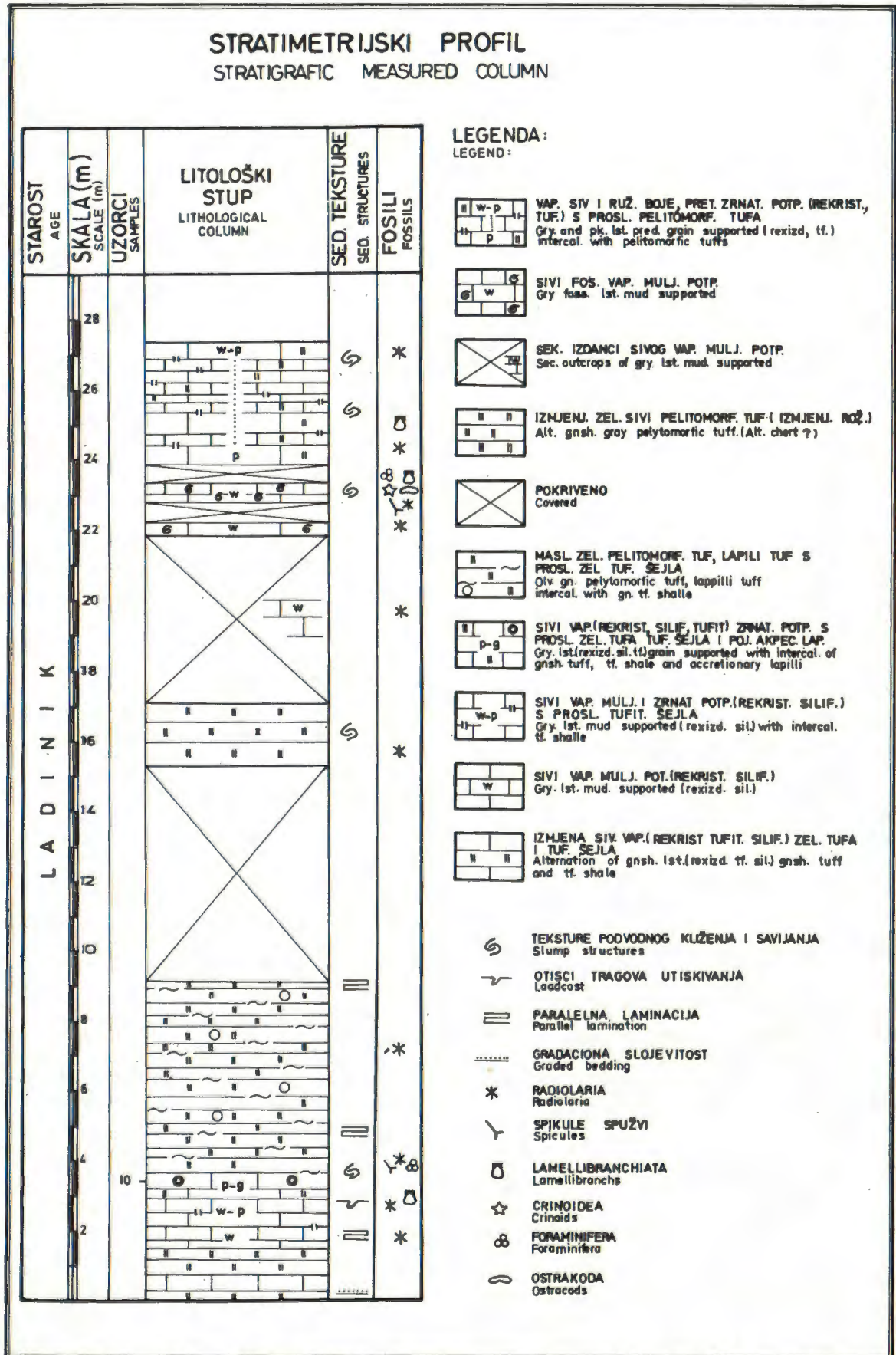


Sl. – Fig. 1

Cjelokupnu asocijaciju trijaskih magmatskih stijena Dinarida prema Pamiću (1982) moguće je shvatiti kao jedinstvenu petrogenetsku cjelinu, te ih smatrati rezultatom parcijalnog taljenja stijena kontinentalne kore i gornjeg plašta.

Grada tufitičnog vapnenca

Od proučavanih naslaga stratimetrijskog profila (sl. 2) u debljini od 30–ak m, obrađen je detaljnije sloj od 50 cm debljine u kojem su zapažene dobro očuvane okrugle forme u jednom uskom nivou od desetak centimetara. Tufitični vapnenac uglavnom je izgrađen od mikritnog i sparitnog kalcita (Tabla I, sl. 1). Iako je dijagenetskim procesima znatno izmijenjen u njemu se zapažaju relikti primarne strukture na osnovi kojih ga je moguće svrstati u tufitični packestone-grainstone (p-g) vapnenac, odnosno tufitični intrasparit/pelsparit. Reliktne forme izgrađene od mikrita su zaobljene, poluzaoobljene i uglate. Nepravilne forme izgrađene od mikrita mogu se identificirati kao fragmenti tufitičnih vapnenaca ili posve izmijenjenih kalcitiziranih tufova (Tabla I, sl. 2). Unutar takvih fragmenata mogu se vidjeti sitni štapići posve bistrih plagioklasa, a mjerenja tih plagioklasa pomoću teodolitnog mikroskopa dala su rezultate od oko 42% an, što odgovara andezinu. Takvi fragmenti mogu sadržavati i sitne djeliće stakla ili rijetke listiće biotita, a kalcit je uglavnom željezovit, što se može zaključiti bojanjem pomoću Alizarina – S (Red). Neke mikritne forme posve pravilna oblika upućuju i na organsko podrijetlo, mada su prethodne strukture dijagenezom posve uništene. Često su reliktni forme kao i vulkanske čestice



Sl. - Fig. 2.

obavijene jednim tankim sitnozrnastim ovojem kvarca i dolomita.

Dio tuftičnog vapnenca, prvenstveno onaj koji je u blizini proslajaka tufa, jako je silificiran. To se zapaža u vidu širih zona impregnacija sitnozrnastog ili sferulitnog agregata kvarca praćenog sitnozrnastim agregatima dolomita. Sve reliktnne forme kao i vulkanski materijal vezan je sparitnim kalcitom koji je mjestimično također željezovit.

Akrecioni lapili

Akrecioni lapili zapaženi su u vrlo uskom nivou tuftičnog vapnenca (sl. 2 i 3). Izrazite su koncentrične građe koja je vidljiva već prostim okom. Veličina im varira od 2 mm do 1 cm. Oko jezgre formiraju se koncentrične ovojnice koje se sastoje od kalcita i vulkanskog pepela (Tabla I, sl. 3). Jezgra lapila sastoji se uglavnom od kalcita, ili smjese vulkanskog pepela i kalcita. Nakon bojanja s Alizarinom - S (Red), može se vidjeti da je kalcit u lapilima željezoviti sparit. Za agregat vulkanoklastičnog materijala u daljnjem opisu koristit će se naziv matriks odnosno vulkanski matriks izraz koji se koristi i u stranoj literaturi a nema veze s udomaćenim terminom za vezivni materijal u sedimentnim stijenama. Vulkanski matriks je vrlo sitnozrnasti agregat, a sastoji se od kvarca, sitnih listića glinovitog materijala (seladonit?), glinenaca, kalcita i limonitne supstance. Glinovite minerale je optički teško identificirati; to je sitnokristalasti agregat niskih interferentnih boja, niskog indeksa loma i po svojoj prilici predstavlja alternacijski produkt vulkanskog pepela. Matriks sadrži i sitne listiće biotita, koji je uglavnom kloritiziran. U nekim lapilima jezgra je građena od željezovitog sparitnog kalcita. Oko nje se formira jedan ili više ovoja matriksa i kalcita koji se međusobno izmijenjuju. Matriks i kalcit u ovojkama su istih karakteristika kao i u jezgri lapila. Akrecioni lapili su u stijeni raspoređeni sporadično i više-manje paralelno. U dijelu sloja gdje se oni javljaju nema ostalog vulkanskog materijala. Lapili su vrlo pravilno građeni i na njima se ne mogu zapaziti veće deformacije, mada je mjestimično primjećeno da je vanjska ovojnica djelomično skršena, pa čak može i nedostajati. Građa lapila nije kod svih ista, pa lapili iz najdonjeg nivoa imaju jezgru od matriksa s nešto željezovita sparita, a obavijeni su s nekoliko koncentričnih ovojnica matriksa i kalcita (Tabla I, sl. 3). Ovojnice matriksa su kod njih vrlo široke. Lapili iz višeg nivoa imaju jezgru od sparitnog kalcita i sadrže obično jedan uski ovoj matriksa (Tabla I, sl. 4), a kod nekih se jezgre sastoje kompletno od kalcita, koji je samo izvana obavijen tankom ovojnicom od matriksa (Tabla I, sl. 6). Iznad lapili-sloja javljaju se i dalje lapili, ali samo kao fragmenti. Ti su fragmenti od vulkanskog matriksa, a ponegdje od čistog sparitnog željezovita kalcita (Tabla II, sl. 1). Fragmenti lapila lako se razlikuju od ostalih fragmenta po svojoj formi. To su uglavnom polukružni, srpasti ili konveksni oblici. Dosta su obilni u nivoima sloja neposredno iznad lapila, nakon čega su sve rjeđi, dok konačno posve ne izčeznu u posljednjem nivou opisanog sloja. Detaljna analiza lapila odre-

đena je tako, da su lapili izvađeni iz stijene, te prah lagano otapan u razrijeđenoj HCl (1:10) da se odstrani kalcit, zatim je isti osušen i rendgenski snimljen. Rendgenskom analizom utvrđeni su kvarc, glinenac, kloritizirani biotit, te glinoviti materijal. Prah je zatim kemijski analiziran, ali je zbog male količine materijala načinjena samo djelomična analiza (Tabla 1 analiza br. 6).

Kemijski sastav lapila dosta se dobro slaže s kemijskim sastavom tufa u bazi sloja (Tabla 1 analiza br. 1), što ukazuje na zajedničko podrijetlo materijala.

Tabla 1 - Kemijske analize tufa (1), tuftičnog vapnenca (2,3,4 i 5) i matriksa akrecionog lapila (6)

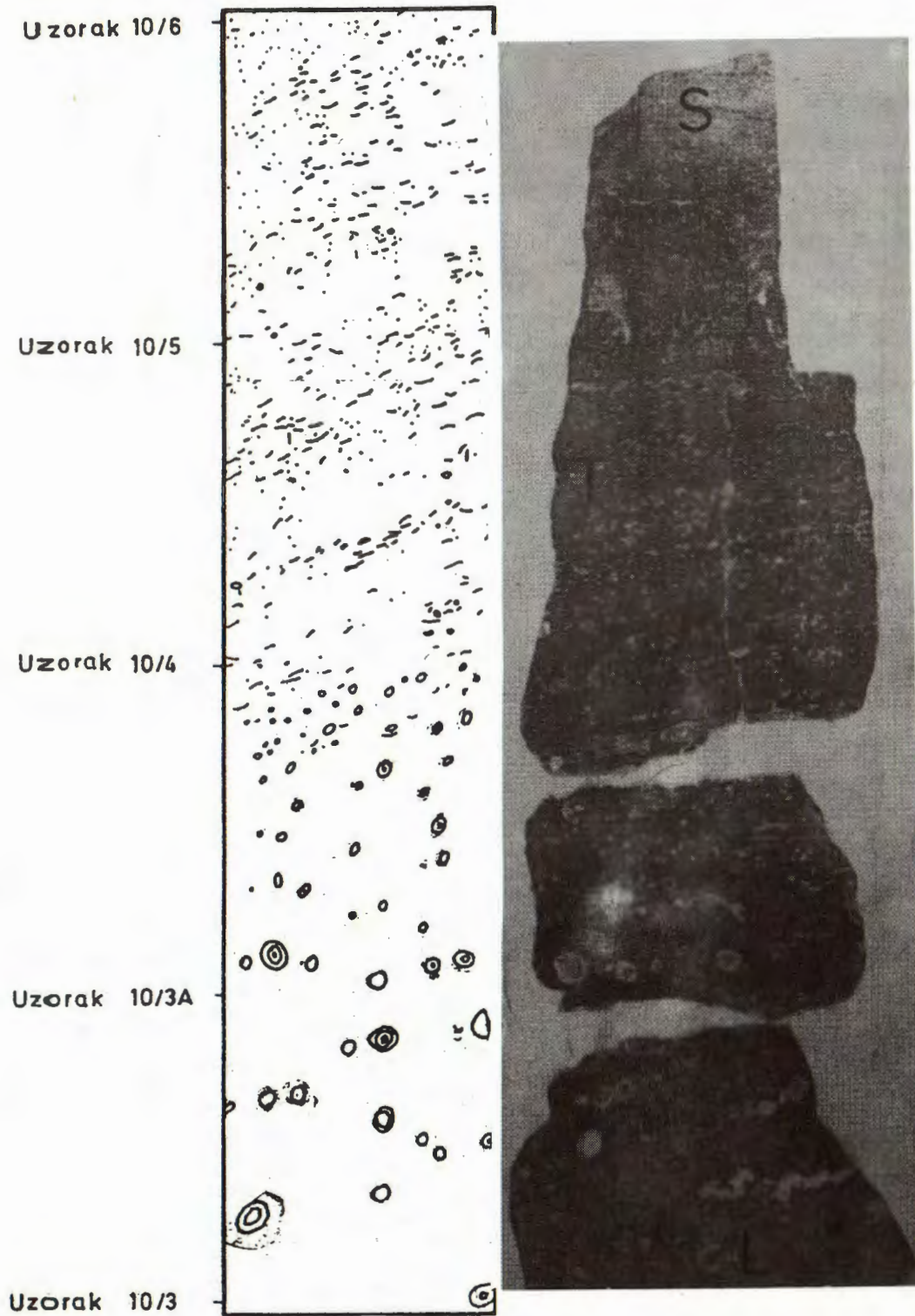
Table 1 - Chemical analyses of tuff (1), tuftitic limestone (2,3,4 and 5) and matrix of accretionary lapilli (6)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| SiO ₂ | 58,92 | 28,75 | 32,65 | 38,65 | 41,22 | 59,88 |
| Al ₂ O ₃ | 8,52 | 5,61 | 4,94 | 6,27 | 6,62 | 12,01 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,72 | 1,18 | - | - | - | 6,51 |
| FeO | 2,46 | 1,51 | 1,56 | 3,20 | 3,55 | |
| MnO | 0,69 | 0,90 | 0,04 | 1,25 | 0,83 | tr |
| MgO | 0,58 | 1,45 | 1,24 | 0,83 | 1,05 | 2,55 |
| CaO | 11,34 | 34,63 | 31,68 | 26,13 | 23,99 | 5,59 |
| Na ₂ O | 3,91 | 2,01 | 2,19 | 2,84 | 3,14 | |
| K ₂ O | 2,75 | 0,96 | 1,09 | 1,14 | 1,07 | |
| TiO ₂ | tr | tr | tr | tr | tr | tr |
| P ₂ O ₅ | 0,37 | tr | 0,72 | 0,11 | 0,79 | |
| H ₂ O ⁺ | 9,90 | 23,66 | 24,45 | 20,06 | 18,27 | |
| suma | 100,16 | 100,66 | 100,36 | 100,48 | 100,53 | |

Analiza ostalog vulkanskog materijala

Neposredno iznad lapili nivoa dolaze brojne čestice vulkanskog podrijetla među kojima pretežu plagioklasi u pravilu jako sericitizirani. To su fragmenti krupnih kristala na kojima se još mogu zapaziti hipidiomorfne forme dvojaka, rijetko polisintetski građeni kristala. Na svježijim dijelovima zrna izmjereno je pomoću teodolitnog stolića sastav plagioklase koji je varirao između 40 i 44% an. Srednja vrijednost iznosi 42% an, pa se prema tome radi o andezinima. Optički su pozitivni, a kut optičkih osi varira, $2V_x = 80-88$. Srednja vrijednost iznosi $2V_x = 86$. Uz plagioklase dolazi obilje kvarca koji je obično resorbiran što je karakteristično za kvarc vulkanskog podrijetla (Tabla II, sl. 3). To su bistra zrna obično bez uklopaka, a rijetko sadrže nešto kalcita ili trunja opakih minerala. Vulkanske čestice su neposredno iznad lapili-nivoa dobro stratificirane i sortirane (sl. 3), tako da se razabiru dvije do tri dobro izražene zone. Ta se stratifikacija gubi u gornjem dijelu sloja gdje je veća koncentracija vulkanskog materijala. Sortiranje se također može utvrditi, pa se neposredno iznad lapili-nivoa javljaju fragmenti lapila uz fragmente stakla, plagioklase i kvarca, a u višim nivoima gube se fragmenti lapila, a zatim i fragmenti stakla, te se u tim dijelovima sloja javlja biotit (Tabla II, sl. 2). Fragmenti stakla su devitrificirani i obiluju uklopima apatita, opakih minerala (hematit) i rijeđe

SI. 3: DETALJ SA LITOLOŠKOG STUPA
Fig. 3: DETAIL FROM LITHOLOGICAL COLUMN



MJERILO 1:1
Scale 1:1

cirkona. Biotit je također izmijenjen u klorit i često je nehomogene građe. Najgornji dio sloja gdje se naglo povećava količina tufitičnog materijala kemijski je analiziran od nivoa do nivoa, pa je moguće pratiti i promjenu (tabela 1). Unutar četiri analizirana nivoa najgornjeg dijela sloja porast vulkanskog materijala uvjetuje promjenu u kemizmu tufitičnog vapnenca uz značajan porast SiO_2 , Al_2O_3 , alkalija i MgO , a pad CaO uz gubitak žarenjem koji uključuje i CO_2 .

Diskusija i zaključak

Osobitu interesantnost proučavanog sloja predstavljaju nalazi akrecionih lapila. Literaturni podaci koji se odnose na opise lapila sadržavaju podatke o njihovoj građi i rasprostranjenosti u različitim tipovima stijena, a prvenstveno u tufitičnim, i ukazuju da se ovakve pojave mogu pratiti od veoma starih arhajskih sedimenata, pa tako Lowe D. R. i Mauthelepe (1978) daju opis najstarijih marinskih karbonatnih ooida u južnoj Africi. Akrecioni lapili opisivani su od najstarijih sedimenata do recentnih erupcija na Havajima i Filipinima. Veličina opisanih lapila najčešće se kreće od 1 mm do 2 cm. Interesantno je napomenuti da se u literaturi navodi više tipova akrecionih lapila koje Raimer (1983) svrstava u 3 tipa (A, B, C). Kod A i C tipa nije izražena koncentrična struktura dok je tip B izrazito koncentrične građe.

Akrecioni lapili iz naslaga kod Donjeg Pazarišta pripadaju tipu B, jer su koncentrično građeni. Formiranje takvih različitih lapila objašnjava se posebnim mehanizmom. Raimer smatra da su koncentrično građeni lapili uglavnom nastali za vrijeme pada u vanjskim zonama vulkanskog oblaka, a formiranje ovojnice rezultat je padanja kroz turbulentnu sredinu, koja stvara promjenu uvjeta u samom oblaku, tj. izmjenu suhih i vlažnih zona, tako da se naizmjenično stvaraju ovojnice raznog sastava. Vlažna zona obiluje vodenom parom i ugljičnim dioksidom, a u uvjetima takve visoke temperature omogućena je brza kristalizacija kalcijeva karbonata, pa se uz brzu aglutinaciju pepela u oblaku formiraju jezgre akrecionih lapila. U suhim zonama koncentracija pepela je veća, pa se formiraju ovojnice matriksa, koje se lako lijepe na vlažne kuglaste »kapi«.

Pretežan dio čestica agregira se zahvaljujući elektrostatskom privlačenju i slabim van-der-Valsovim silama. Druga značajna konstatacija u dosadašnjim istraživanjima jest, da su lapili jako rašireni i pojavljujući se u različitim naslagama moguće ih je identificirati na udaljenostima 150, pa i do 500 km od grotla vulkana. Prema tome, pretpostavlja se, da se formira fronta nukleacije koja se kreće lateralno, a nukleusi lapila transportiraju se oblakom jako daleko od izvorišta. Primjenom dosadašnjih spoznaja o lapilima, moguće je uz ostalo, mikroskopskim petrografskim istraživanjem dati objašnjenje i za način postanka lapila u naslagama kod Donjeg Pazarišta.

Istraživani akrecioni lapili veoma su pravilne građe i pripadaju tipu B, a nalaze se u uskoj zoni, u dva nivoa, u rasponu cca 10 cm. Može se uočiti njihova više-manje paralelna raspoređenost. Koncentrična

građa vidljiva je već prostim okom, jer se veličina lapila u prosjeku kreće oko 1 cm. Njihove zaobljene forme nisu pretrpile veće deformacije uslijed pada. Interesantno je da se građa lapila mijenja. U do njem nivou lapili su jako limonitizirani, i sadrže veću količinu matriksa, što znači da su se prvi lapili formirali kada je oblak sadržavao veću količinu pepela, pošto im je jezgra izgrađena od matriksa i debele ovojnice također od matriksa. Kako se vulkanski pepeo u oblaku razrijeđivao formirali su se lapili koji imaju kalcitnu jezgru i debele ovoje kalcita, željezovita sparita, što je za očekivati, jer je juve nilna para u oblaku sigurno sadržavala otopljeno železo koje se uklapalo u kalcit za vrijeme kristalizacije. Tijekom padanja vanjske ovojnice su mjestimično slomljene, što se na nekim lapilima može i konstatirati. Krhotine zbog svoje manje prostorne mase dulje su ostajale (zadržale se) u atmosferi, pa bi se moglo na taj način objasniti zbog čega u nivoima s lapilima nema i fragmenata lapila. Fragmenti su taloženi u višim nivoima zajedno s ostalim vulkanskim materijalom formirajući dobro izražene stratificirane proslojke u kojima se može dosta dobro pratiti selektivno taloženje vulkanskih čestica. Prvi nivoi iznad lapila sadržavaju velike količine polukružnih konveksnih formi koje su zapravo raspacnuti dijelovi akrecionih lapila. Pretežni dio tih fragmenata je od matriksa ali se isto može naći i kalcitnih polukružnih formi u kojima je kalcit sparitnog tipa. U tim nivoima uz obilje fragmenata lapila počinju se javljati i fragmenti krupnih zrna plagioklasa. To su dijelovi hipidiomorfnih zrna, jako sericitiziranih, a mjerenja teodolitom su pokazala, da pripadaju andezinima sa srednjim sadržajem od 42% an. Takvi fragmenti lapila s krhotinama glinenaca, devitrificiranih fragmenata stakla i kvarca s karakterističnim formama resorpcije pojavljuju se u nekoliko nivoa na približno 7–8 cm iznad lapila.

Vulkanski materijal je oštro separiran od lapili-sloja. U gornjem dijelu sloja fragmenti lapila postepeno iščezavaju, a stratifikacija, odnosno lineacija u najgornjem dijelu sloja također postepeno nestaje uz nagli porast količine vulkanskih čestica. Sortiranje vulkanskog materijala odražava se u promjeni sastava i kemizma tufitičnog vapnenca gdje je izrazit rast SiO_2 , a pad CaO . Mineralni i kemijski sastav lapila ukazuje na vulkansko podrijetlo ovih tvorevina mada po izgledu ove pojave je moguće zamijeniti sa sličnim pojavama poznatim pod općim nazivom »ooida«, osobito prilikom terenskih istraživanja. Sadržaj vulkanskog materijala isključuje ove opisane oblike od kemijskih tvorevina kao što su »ooidi«. Akrecioni lapili mogu se formirati i rolanjem (kotrljanjem) po tlu (tip C), ali u tom slučaju imaju drugačije karakteristike. Neki autori smatraju da se lapili mogu formirati i u vodi akrecijom nekonsolidiranog vulkanskog pepela oko nekog nukleusa. Utvrđeni lapili kod Donjeg Pazarišta po svojim karakteristikama ukazuju na aerski nastanak u turbulentnom vulkanskom oblaku, kojim su i transportirani po svojoj prilici na veću udaljenost, na što upućuje i sastav vulkanskog materijala u ovom slučaju kiselijeg vulkanizma (kvarc, andezini, biotit) dicitnoandezitnog. Pojava i karakter akrecionih

lapila pružaju nam brojne mogućnosti o zaključivanju na facijelne i tektofacijelne uvjete stijena unutar kojih dolaze (pa i šire), kao i poblizjeg lociranja vulkanskih erupcija, te raširenosti post taložnih sedimentnih odnosa i njihove međusobne korelacije.

Sedimentacija naslaga prikazanih na stratimetrijskom profilu (sl.2) odvijala se u paleodepresiji, u relativno mirnoj sredini, dok je sam sloj s lapilima prema svom facijelnom obilježju (uključivši i strukturne karakteristike akrecionih lapila) istaložen vjerojatno na dijelu padine spomenute depresije u okolišu sublitoralne zone uz djelovanje turbiditnog strujanja i/ili fluidiziranog sedimentarnog tečenja, a pod utjecajem istovremene vulkanske aktivnosti.

Gotovo posve pravilne kugle akrecionih lapila očuvane su ukoliko je i bilo vremenski kraćeg sedimentnog transporta na što ukazuju neki autori, koji smatraju da okrugli oblici, čak što više pogoduju boljem očuvanju lapila. Stijene u kojima su nađeni lapili nisu bile podvrgnute nekim jačim promjenama, jer lapili ne pokazuju veće deformacije spljoštenosti uslijed kompaktacije.

Prema utvrđenoj foraminiferi Gaudryina sp. aff. Gaudryina triadica Kristan-Tollmann (Đurđanović, 1986), opisani lapili-vapnenac kronostratigrafski bi odgovarao gornjem ladiniku, odnosno prelazu ladinik/karnik.

Primljeno: 26. XII. 1988.

Prihvaćeno: 7. V. 1990.

LITERATURA

Publicirani radovi:

- Bahun, S. (1963): Geološki odnosi okolice Donjeg Pazarišta u Lici (Trijas i tercijarne Jelar naslage). (Geological relations of the surroundings of Donje Pazarište in Lika, Croatia). *Geol. vjesnik* 16 (1962), 161-170, 1 pril., Zagreb.
- Bohor, B. F. i Triplehorn, D. M. (1984): Accretionary lapilli in altered tuffs associated with coal beds. *Jour. Sed. Petrology*, vol. 54, No.1, 317-325, Colorado.
- Foetterle, F. (1961/62): Geologische karte der Lika - Jahrb. Geol. Reichsanst., 12/4 (verh.str. 298), Wien.
- Foetterle, F. (1963): Geologija područja Otočca, Lika - Jahrb. geol. Reichsanst., 13/2, (Verh.str.35), Wien.
- Herak, M. (1950): Ladinčke Dasycladaceae Jugoslavije i njihovo stratigrafsko značenje. *Rad Jugosl. akad. znan. umjetn.*, 280/3, 115-142, 4 tab., Zagreb.
- Herak, M., Sokač, B. i Ščavničar, B. (1967): Correlation of the Triassic in SW Lika, Paklenica and Gorski kotar (Croatia). *Geol. Sbornik Slov. akad. vied. (Geol. Carpathica)*, 18/2, 189-202, 5 sol., Bratislava.

- Herak, M. (1986): Nova koncepcija geotektonike Dinarida. *Acta geologica*, Vol. 16, br. 1, Zagreb.
- Kišpatić, M. (1901): Rude u Hrvatskoj. *Rad Jugosl. akad. znan. umjetn.* 147, (Matem. prir. razr. 30), 1-104, Zagreb.
- Koch, F. (1929): Geološka karta Hrvatske, Slavonije i Dalmacije (prilog geološkoj karti Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca) Karlobag-Jablanac (Zone 27, Col. XII). Naklada Geol. zavoda u Zagrebu. Repr. Vojno geogr. Inst. Beograd.
- Koch, F. (1929): Tumač Geološkoj karti Karlobag-Jablanac. Prilog geologiji Velebita i Like (Erläuterungen zur geologischen karte Karlobag-Jablanac. Beitrag zur Geologie des Velebitgebirges und der Lika). - Posebno izd. Geol. zav. Zagreb, 1-42, 19 sl., 1 karta, Zagreb.
- Lowe, D. R. i Knauth, L. P. (1978): The oldest marine carbonate ooids reinterpreted as volcanic accretionary lapilli, Onverwacht Group, South Africa. *Jour. Sed. Petrology*, Vol. 48, 709-722. Colorado.
- Lugović, B. i Majer, V. (1983): Eruptivi Senjske drage (Vratnika) kod Senja. *Geol. vjesnik* 36, 157-181. Zagreb.
- Pamić, J. (1982): Trijaski magmatizam Dinarida. Izd. »Nafta«, Zagreb.
- Poljak, J. Tajder, M. (1942): Bazalt Čemerikovca kraj Donjeg Pazarišta u Velebitu. (Basalt vom Čemerikovac bei Donje Pazarište im Velebit Gebirge): - *Vjesnik Hrv. drž. geol. zav. Hrv. drž. geol. muz.*, 1, 93-103, 1 sl., Zagreb.
- Poljak, J. (1952): Pojava starih krških oblika i njihova veza s rudnim ležištima područja Debeljaka na sjevernom Velebitu. (Über die Erscheinung von fossilen Karstformen und ihren Zusammenhang mit der Erzlagerstätte am Debeljak in nördlichen Velebit). *Geol. vjesnik*, 2-4, (1948-50), 99-100, 2 sl., Zagreb.
- Reimer, T. O. (1983): Accretionary lapilli in volcanic Ash Falls: Physical Factors Governing Their Formation. Coated grains, 56-68, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Salopek, M. (1918): O ladinčkim škrljčevcima kod Donjeg Pazarišta. - *Prir. istraž. Jugosl. akad. znan. umjetn.*, 9-10, 51-55, Zagreb.
- Ščavničar, B., Ščavničar, S. Šušnjara, A. (1984): Vulkanogeno-sedimentni srednji trijas u području potoka Suvaje (Svilaja pl., Vanjski Dinaridi). *Acta geologica*. Vol. 14, br. 2. Zagreb.

Fond stručne dokumentacije:

- Jelaska, V. i dr. (1977): Paleogeografska i paleostrukturalna rekonstrukcija šireg područja Istre, Slovenskog primorja i istarsko-venecijanskog podmorja. *Fond struč. dok. INA-Projekta*, Zagreb.
- Laboš, V. (1984): Šire područje Like, Reinterpretacija gravimetrijskih podataka. *Studija. Fond struč. dok. Naftaplina*, Zagreb.
- Sokač, B., Ščavničar, B., Velić, I. i Šušnjara, A. (1975 i 1976): Paleogeografija trijasa u području Vanjskih Dinarida. *Fond struč. dok. Naftaplina*, Zagreb.
- Šatara, D., Pleteš, G. i Bosak, Ž. (1985): Naftogeološka obrada i digitalizacija podataka područja Like, Gorskog kotara i graničnih područja. *Fond struč. dok. INA-Projekta*, Zagreb.
- Šatara, D., Bosak, Ž. i Pletaš, G. (1986): Facijelna istraživanja naftno-izvornih stijena i strukturološka obrada naslaga područja Like. *fond struč. dok. INA-Projekta*, Zagreb.

First appearance of accretionary lapilli in triassic rocks near Donje Pazarište

V. Marci, Ž. Bosak, D. Šatara

The strong volcanic activity during the Ladinian, present over the whole Dinaridic carbonate platform, was associated with various pyroclastic products – tuffs and tuffitic rocks.

Globular structures were observed for the first time in this particular section near Pazarište (Lika, Croatia), showing Triassic sedimentary rocks, and they were indentified as accretionary lapilli.

The sequences of tuffitic limestone containing either whole or fragmented accretionary lapilli is presented in this paper. Accretionary lapilli are balls 2 mm to 1 cm in diameter (Plate 2, Fig. 1,2) and are scattered in about 10 cm thick zone. Lapilli are concentrically laminated. The core of lapilli is composed of fine-grained matrix coated by one or more layers of calcite and matrix in alternation, or of calcite coated by matrix.

Chemical analysis of matrix (Zabele 1, analysis No. 6) is similar with analysis of tuff (Tabele 1, analysis No.1). It is obvious, that formation of lapilli is a result of the same volcanic event.

The overlying units contain thin zones of stratified pyroclastic sediments mainly composed of plagioclase (42% an), fragments of the outer thin lamina of lapilli, glass shards and coarse, often coroded, grains of quartz (Plate 4, Fig. 2). The dim leaflets of biotite appear at the end of the investigated sequence.

The chemical composition of this zone with biotite, which changed in comparison with former zones, is presented in Table 1 (analyses No. 2–5).

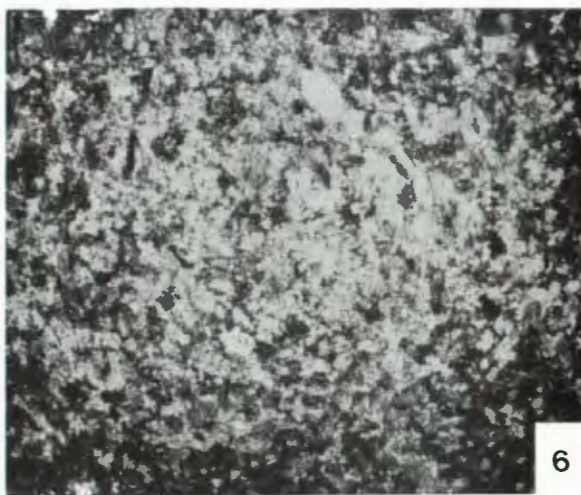
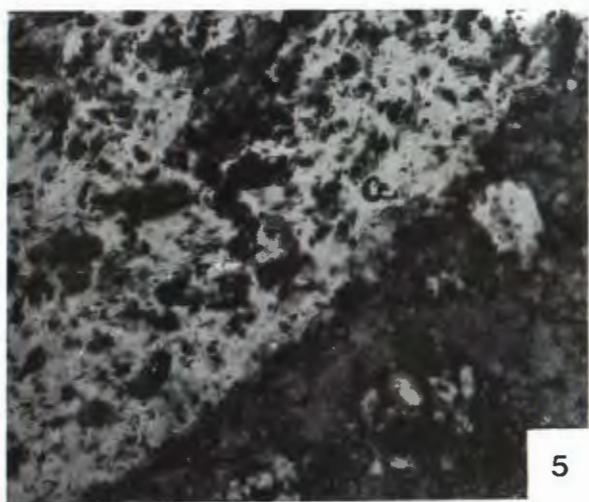
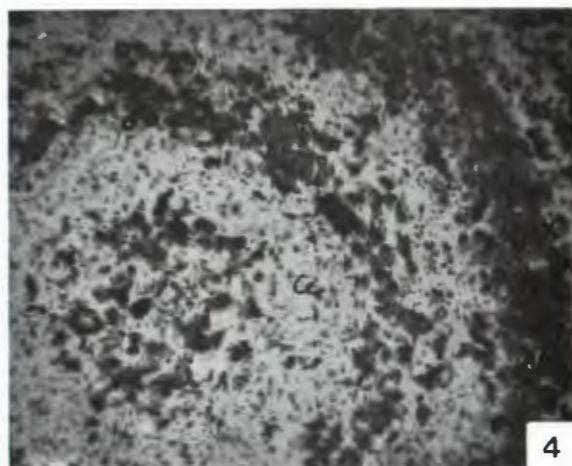
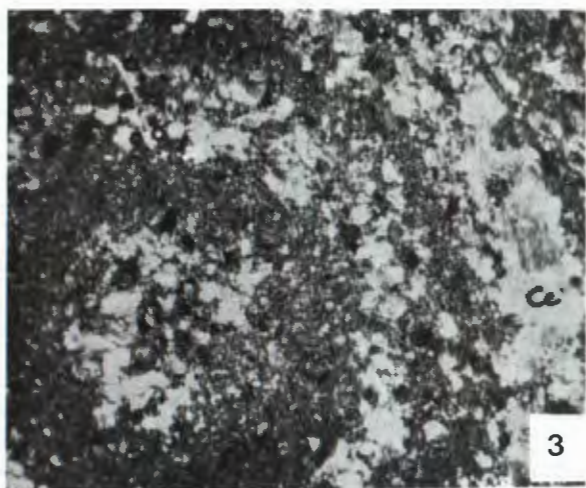
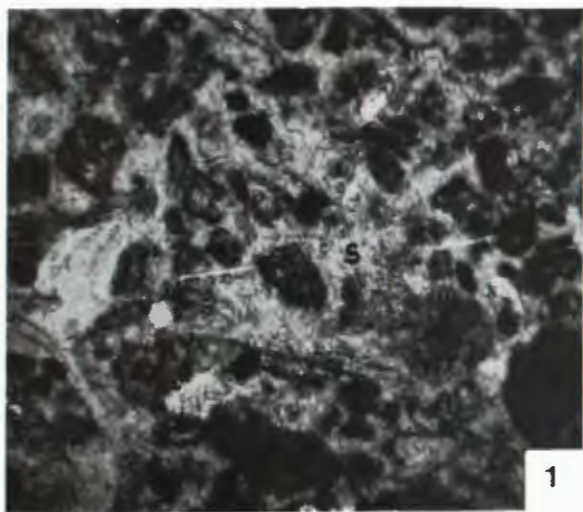
Tuffitic limestone with lapilli show gost structures of lithic fragments and fossils. It is dominantly composed of micrite with spary cement (Plate 1, Fig. 1). Some lithic fragments are probably also tuffitic limestones or completely altered tuffs which contain tiny fragments of glass or little laths of plagioclase (andesite 42%) (Plate 1, Fig. 2). On the basis of foraminifera *Gaudryina* sp. aff. *Gaudryina triadica* KRISTAN-TOLLMANN (Đurđanović, 1986) the age of lapilli-limestone is uper Ladinian, possibly Ladinian/Carnian.

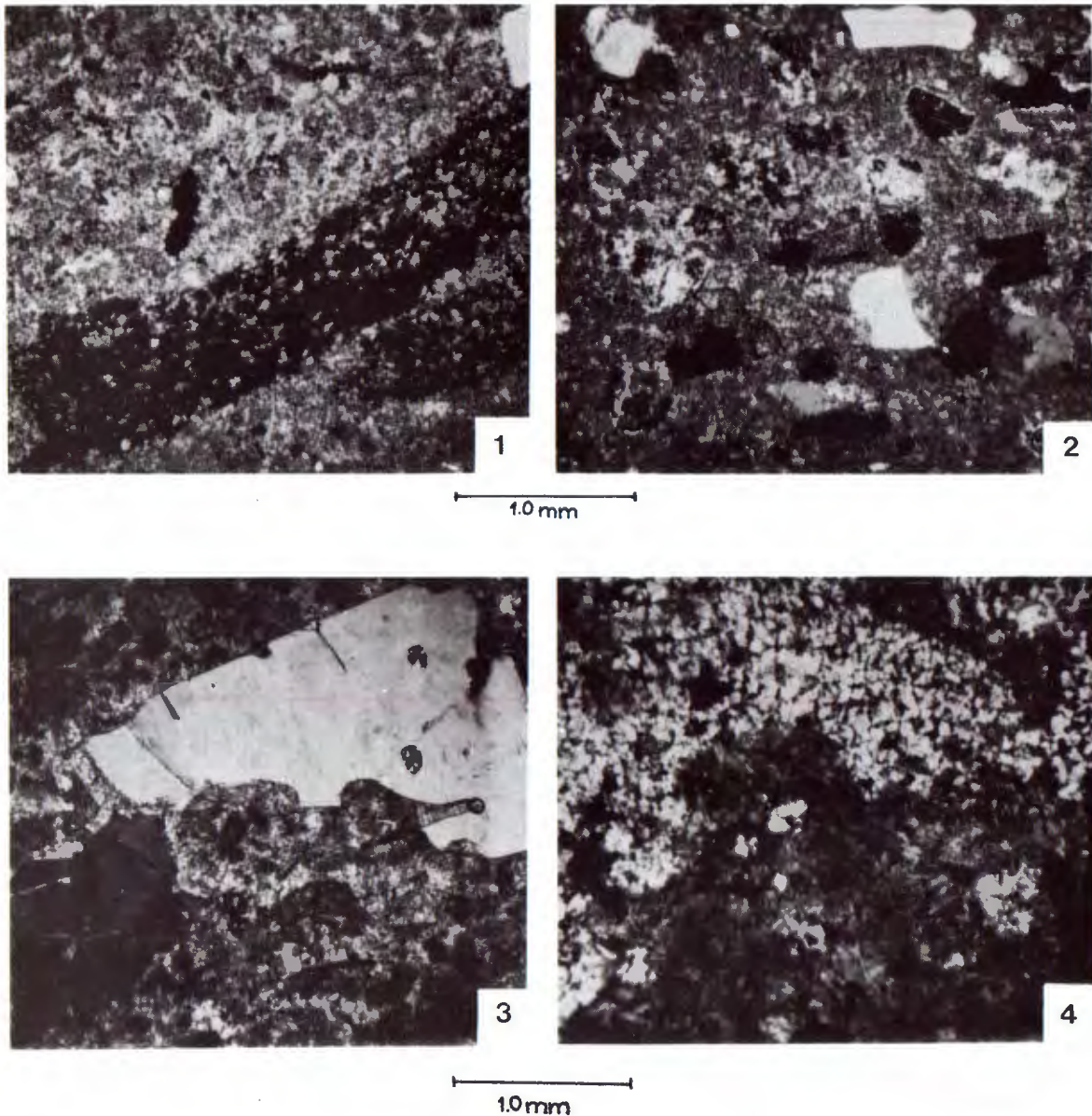
Deposition of sediments presented in the measuring column (Fig. 2) occured in a paleodepression in relatively lowenergy environment, while particularly the lapilli – limestone was probably deposited on the slope of that depression in the sublittoral zone (maybe even deeper – transitional zone to bathial) by turbidity currents and/or fluidized sediment flow under contemporaneous influence of volcanism.

Presence of accretionary lapilli suggests on explosive character of volcanic eruptions with plenty of ash clouds highly turbulent and charged by moisture and CO₂ that anabled formation of such balls.

TABLA – PLATE I

1. Reliktna struktura vapnenca. Mikritne čestice (m) raznih oblika (intraklasti, peloidi) povezane su sparitnim kalcitom (s). N+
1. Relict structure of limestone with ghost of previous organic or tuffitic fragment (m) cemented by sparry calcite (s). N+
2. Detalj slike 1. Mikritne čestice sa sitnim štapićima plagioklasa (p) vjerojatno su fragmenti tufitičnih vapnenaca ili jako izmij enjenih tufova.
2. Detail of the micrite fragment with tiny lath of plagioclase (p) probably completely altered tuff or tuffitic limestone. N+
3. Dio koncentrično građenog akrecionog lapila sa širokim ovojima matriksa (mx) u izmjeni sa željezovitim sparitom (Cc). N+
3. Concentric structure of accretionary lapilli mantled with broad bands of matrix (mx). N+
4. Kalcitni (Cc) lapil obavijen tankim ovojem matriksa (mx). N+
4. Lapill composed of sparry calcite (Cc) mantled by thin rim of matrix (mx). N+
5. Detalj građe vanjske ovojnice lapila koja se sastoji od kalcita (Cc), fragmenata stakla, glinenaca, kvarca i listića biotita. N+
5. Detail of outer zone of coated accretionary lapilli. It is consisted of the calcite (Cc), fragments of glass, feldspars, quartz and tiny leaflets of biotite. N+
6. Detalj građe jezgre lapila. Kompletna jezgra sastoji se od kalcita. N+
6. Core of lapillus consist only of sparry calcite. N+





1. Vrlo uočljivi oblici fragmenata lapila, naročito obilni iznad lapili nivoa. N+
1. Usually shape of the fragment of lapillus scattered over the lapilli level. N+
2. Tufitični vapnenac s brojnim česticama vulkanskog podrijetla: plagioklasi, kvarc i krhotine vulkanskog stakla a prevladavaju u gornjem dijelu profila. N+
2. Tuffitic limestone contain various volcanic constituents: plagioclase, quartz and shards of glass are prevail in upper part of cross section. N+
3. Česti su ovi karakteristični oblici kvarca na čije vulkansko podrijetlo upućuju vidljivi znaci korozije. N+
3. Corroded grain of quartz. N+
4. Silificirani dijelovi vapnenca sadrže mjestimično šire zone sferulitnih agregata kvarca. N+
4. Spherulitic aggregates of quartz in the silicified limestone. N+