

Geol. vjesnik	34	71—83	3 slike, 2 tabele, 2 table	Zagreb, 1981
---------------	----	-------	----------------------------	--------------

UDK: 549.6:552.5:551.782

Aksesorni cirkon iz srednjomiocenskih tufnih naslaga središnje Hrvatske i zapadne Slavonije

Rozalija MUTIĆ

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

Na osnovi rezultata mineraloških analiza teških frakcija uzoraka iz tufnih naslaga izvršeno je raščlanjivanje vulkanskih faza u periodu srednjomiocenske vulkanske aktivnosti. U središtu su ispitivanja bile naročito koncentracije cirkona i morfološka obilježja njegovih kristala. Frekvencije razdioba izduženja cirkona i rezultati statističke obrade tih razdioba pokazali su da cirkon, pa prema tome i ostale magmatogene mineralne vrste iz tufnih naslaga, ne pripadaju istoj, nego dvjema različitim distribucijama, odnosno starijoj i mlađoj vulkanskoj fazi.

UVOD

Istraživanje tufnih naslaga srednjeg miocena u području središnje Hrvatske od prvih je početaka praćeno također i modalnim analizama teške mineralne frakcije (Mutić, 1969). Može se reći, da gotovo i nije bilo uzorka iz tih naslaga u kojem se analizom teške frakcije nisu otkrile magmatogene mineralne vrste. Bez tih karakterističnih minerala nisu bili niti oni uzorci čiji sastav izgrađuje najfinije gotovo u prah skršeno vulkansko staklo, što je najbolje vidljivo u njihovim izbruscima.

Iz niza postignutih rezultata analiza teške frakcije izdvojile su se asocijacije karakterističnih minerala na osnovi kojih je bilo moguće izvršiti raščlanjivanje tufnih naslaga u stariju i mlađu vulkansku fazu, odnosno pripadnost helvetskom i donjotortonskom razvoju naslaga u spomenutom području. U tom nastojanju oko okupljanja mineralnih vrsta u jednu ili drugu skupinu pripomogla su također i morfološka obilježja pojedinih mineralnih vrsta.

U izvršenim mineraloškim analizama uzoraka iz tufnih naslaga cirkon je naročito iskazan kao značajan sastojak magmatogene aksesorne komponente. Morfološka obilježja njegovih kristala kao i povećana njihova koncentracija i bile su kriterij za opredjeljenje cirkona mlađim donjotortonskim naslagama vulkanita u ispitivanom području. Upravo zbog toga cirkon je i bio predmet ovih ispitivanja.

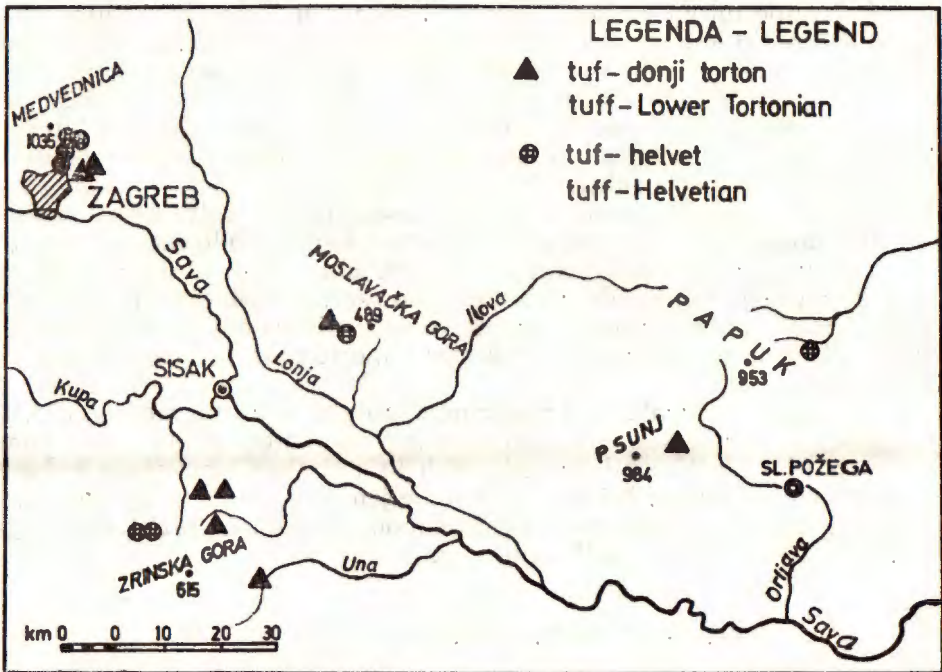
ISPITIVANJE MORFOLOŠKIH OBILJEŽJA CIRKONA

1. Kratak historijski osvrt

U starijoj se literaturi već oko osamdesetih godina prošloga stoljeća susreću radovi o ispitivanju morfoloških obilježja cirkona na osnovi ko-

jih su donášani zaključci o uvjetima njegova postanka, odnosno njegovog porijekla iz magmatskih, metamorfnih ili sedimentnih stijena. Predmet tih ispitivanja bile su kristalne forme akcesornog cirkona, habitus, izduženje kristala, inkluzije različitog sastava i oblika, korozija, resorpcija i boja cirkona. Sva su ta ispitivanja bila uglavnom opisne prirode. — Oko godine 1950. i dalje ponovno oživljuje interes za ispitivanje spomenutih obilježja akcesornog cirkona u dijagnostičke svrhe, a za pojedine tipove magmatskih stijena. Od brojnih autora osvrnut ćemo se samo na neke od njih.

Poldervaart (1950, 1955b, 1956) je na osnovi promatranja i izučavanja izduženja cirkona pokazao, da je moguća primjena tog obilježja cirkona pri rješavanju petrogenetskih problema. Kod statističkog ispitivanja odnosa izmjerene duljine kristala paralelno smjerom osi [001] i izmjerene duljine poprečnog presjeka na os [001] Poldervaart je našao, da cirkon iz sedimenata pokazuje maksimum izduženja ispod 2; iz intruzivnih granita je taj maksimum između izduženja 2 i 3, a iz migmatita, odnosno granita s povišenim sadržajem nekadašnjeg sedimentnog materijala, maksimum izduženja je blizu 2. Poldervaart nadalje ističe, kako nisu neobične stijene u kojima je zastupano nešto cirkona s izduženjem višim od 4. Ali one sa znatnim udjelima tako dugih prizmatičkih kristalića cirkona nedvojbeno su značajno neobične, — nadodaje isti autor.



Sl. 1. Pregledna karta

Fig. 1. Location map

Sumirajući iz literature opažanja o koncentracijama i formama cirkona Poldervaart primjećuje, kako se — osim u granitima — vrlo malo zna o zanimanju za cirkon iz drugih magmatskih stijena, te smatra da i njih treba uključiti u ovu vrstu razmatranja.

Wyatt (1954) u svom članku »Zircons as provenance indicators« uzima također izduženje cirkona kao kriterij u otkrivanju njegovih dočina-stijena u području Škotske.

Statističku analizu cirkona granitskog porijekla u mineraloške studije uvode Larsen & Poldervaart (1957). Koristeći se tom metodom Bognar (1971) na području Mađarske provodi komparaciju granitoida. Janák & Svoboda (1979) također su na osnovi studija morfologije cirkona pomoću statističkog ispitivanja njegovog izduženja izvršili raščlanjivanje stijena u masivu kraj Brna u Čehoslovačkoj. I Mehnert (1971) smatra, da specifične razlike, koje su uočene prilikom statističkog istraživanja odnosa izduženja cirkona u koncentracijama teških minerala, često mogu biti petrogenetski interpretirane. Autor dalje nastavlja: »Potrebno je međutim naglasiti, da su mjerenja izduženja na cirkonima samo onda geotetski usporediva, ako je sigurno da su kristalizirali ranije u magmi i zbog toga imaju idiomorfne forme« (p. 114).

Vrlo izdužene poput iglica, svježe ružičaste cirkone uz druge magmatske minerale iz tufnih naslaga Mišik (1956) uzima kao dobre pomagače pri raščlanjivanju vulkanskih faza u neogenu Slovačke. Rezultate ispitivanja cirkona iz vulkanskih stijena također donose Callender & Folk (1958), Hoppe (1963b) i Zimmerle (1979).

2. Mjerenje i uspoređivanje odnosa dulje i poprečne — kraće osi cirkona

Pomoću mikrometarokulara u polarizacionom mikroskopu izvršena su mjerenja duljine kristala cirkona paralelno smjerom osi [001] i duljine poprečnog presjeka na taj smjer, i to u preparatima teških mineralnih frakcija na 17 uzoraka iz tufnih naslaga. Mjerenja su izvršena na ukupno 1.393 kristala cirkona. Iz 8 uzoraka iz tufnih naslaga donjotortonskog marinskog razvoja Medvednice (Zagrebačke gore), Moslavačke gore, Zrinske gore i Psunja izvršeno je 770 mjerenja duljine i širine kristala cirkona. Iz 8 uzoraka iz tufnih naslaga iz slatkovodnog klastičnog razvoja helvetskih naslaga u području Zrinske gore, Moslavačke gore, Papuka i gornjohelvetskog marinskog razvoja, odnosno karpata, Medvednice izvršena su 623 mjerenja (slika 1). Radi komparacije u analizu je uzet i cirkon iz uzorka tufa iz okolice Sinja u srednjoj Dalmaciji.

Veličine odnosa izmjerenih duljina i širina cirkona izražene su njihovim izduženjima. Cirkoni s najmanjim izduženjem — a čije se veličine svrstavaju u interval od 1,0-1,9 — predstavljaju prvi (1) razred ili klasu u razdiobi izduženja cirkona. Tako su redom i sva ostala izduženja svrstavana u odgovarajuće intervale, odnosno razrede ili klase naviše sve do 14. razreda. Radi boljeg uvida u slijed razdiobe frekvencija izduženja uvedena je u tu raspodjelu još jedna podjela kao oznaka polovice svakoga razreda. Rezultati ovih mjerenja, odnosno raspodjela frekvencija izduženja cirkona po razredima i podrazredima prikazana je na tabeli I. U toj tabeli i na svim ostalim grafičkim prikazima analizirani su uzorci

svrstani u dvije skupine A i B. Uzorci skupine A predstavnici su razvoja tufnih naslaga mlađe vulkanske faze u donjem tortonu, a uzorci skupine B odgovaraju starijoj fazi eksplozivnog piroklastičnog materijala u helvetu.

Iz tabele I. vidljivo je, da od početka u uzorcima obadviju skupina A i B učestalost izduženja cirkona raste i dostiže svoj maksimum u intervalu izduženja 2,0—2,4. Na taj interval razdiobe frekvencija izduženja u skupini uzoraka A otpada 26% od sveukupnog broja izduženja, a u skupini B 33,6%. Nakon toga maksimuma, tj. intervala 2,0—2,4 nastupa opadanje u frekvencijama izduženja. Ali ono značajno područje u tom cijelom nizu razdiobe izduženja cirkona jest područje izduženja od 4,0 pa na više. Taj interval u uzorcima skupine A predstavlja 29%, praktički blizu 1/3 od sveukupnog broja svih izduženja cirkona. U uzorcima skupine B frekvencija je u tom intervalu predstavljena tek s 5,75%, odnosno samo 6% od količine svih 623 mjerenja. U tom području razdiobe frekvencija od 4,0 pa na više kako je vidljivo na tabeli I. i slici 2, i to kod uzoraka skupine A, došao je do izražaja diskontinuitet u opadanju učestalosti od razreda do razreda, a vide se i brojne praznine u pojedinim razredima, odnosno podrazredima.

U teškim frakcijama analiziranih uzoraka skupine A znatno su zastupane krhotinice cirkona, ili cirkoni s nerazvijenim rastom, a koji su kao takvi bili zanemareni prilikom mjerenja njihovih duljina i širina. Ti izduljeni kršeni kristali, ili samo djelići kristala, ni po čemu se drugom ne razlikuju od ostalih cijelih kristala nego samo po tome što su kršeni ili nepotpuno razvijeni. I cijeli i kršeni cirkoni podudaraju se u veličini njihovih širina, svježem izgledu, boji, inkluzijama različitog sastava i oblika. Stoga bi bez sumnje bila potpunija slika razdiobe izduženja cirkona po razredima i podrazredima, da nije došlo do kršenja, nepotpunog ili spriječenog rasta cirkona.

I na ovu pojavu nerazvijenih ili kršenih cirkona osvrnuli su se neki od ranije spomenutih autora. Tako Hoppe (1957) smatra, da se kršenju cirkona prilikom mehaničkog usitnjavanja uzorka može pripisati samo jedan dio od takvih cirkona. Pukotinice, koje je autor primjećivao na nerazlomljenim cijelim kristalima navele su ga na misao, da su vjerojatno one, tj. pukotinice bile uzrok kršenja i lomljenja cirkona. Larsen & Poldervaart (1957) pokazali su testovima, da su ovi nesavršeni kristali najvjerojatnije prisutni u stijenama i da nisu umjetno kršeni.

Upravo zbog pojave kršenih cirkona u analiziranim uzorcima pažljivo je izvršena priprema za separaciju uzorka Zrinska gora — 15187. Taj je uzorak tufa ionako lako drobljiv, pa ga nije trebalo intenzivnije mehanički usitnjavati. Pa ipak, u asocijaciji teške frakcije uzorka našlo se prilično takvih kršenih cirkona ili samo djelića cirkona.

Razdioba i učestalost svih dobivenih izduženja zorno je prikazana histogramima frekvencija izduženja po pojedinim razredima odnosno podrazredima, a izražena je u postocima za svaki uzorak posebno (slika 2). Tu je uglavnom izražena podudarnost u frekvencijama izduženja unutar svake pojedine skupine uzoraka, ali i nepodudarnost u frekvencijama izduženja između tih dviju skupina. Ta nepodudarnost između uzoraka skupine A i B još je očividnija na histogramima koji predstavljaju srednje procentualne frekvencije izduženja cirkona kroz sve razrede, odnosno podrazrede svake skupine uzoraka zasebno. Ti se histogrami nalaze na

istoj slici 2, i to ispod histograma pojedinačnih uzoraka. Ovdje je potrebno napomenuti, da je iz zajedničkog histograma uzoraka skupine A isključen uzorak 6 (Medvednica, B-5) a iz histograma uzoraka skupine B uzorak 10 (Medvednica, T-12/3A). O razlogu ovih izdvajanja uzoraka 6 i 10 bit će govora u slijedećem poglavlju.

Duljine mjerenih kristala cirkona u uzorcima skupine A kreću se u intervalu od 0,060 mm pa sve do 0,390 mm. U uzorku 6 (Medvednica, B-5) primijećen je svjež ružičast cirkon s nerazvijenim rastom duljine 0,465 mm. Kristali uzoraka skupine B kraći su, duljine im variraju od 0,035 mm do 0,210 mm, iznimno je u uzorku 13 (Sinj-244) zapažen kristal duljine 0,255 mm.

O razvoju cirkona takvog neobičnog izduženja postoje u literaturi razna mišljenja. Evo nekih (citirano iz: Poldervaart, 1956):

- predstavlja kristalizaciju rezidualne cirkonske supstancije u zadnjem stadiju konsolidacije (Mackei, 1928),
- ovaj habitus cirkona nastao je podhlađivanjem (Claus, 1936),
- uključuje brzo hlađenje ili niski viskozitet (Hoppe, 1951),
- izduženje cirkona karakteristika je kontaminiranih granita (Wyatt, 1954),
- vjerojatno nastaje brzim hlađenjem (Poldervaart, 1956), ali autor ipak ističe da iz postojećih brojnih podataka nije u stanju naći rješenje problema.

3. Kruskal-Wallisova analiza varijance

Kruskal-Wallisova analiza varijance rangova primijenjena je, da bi se provjerilo da li se habitus cirkona mlađe (A) i starije (B) faze bitno razlikuje, kako na to upućuju histogrami frekvencija izduženja. Ova neparametarska metoda primijenjena je namjesto parametarske analize varijance i F-testa, jer histogrami izduženja ovih cirkona ne slijede ni normalnu ni logaritamsko-normalnu razdiobu.

Kruskal-Wallisov test pokazuje, da je veličina

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

- gdje je
- k = broj uzoraka
 - N = ukupan broj opažanja
 - n_j = broj opažanja j -tog uzorka
 - R_j = suma rangova j -tog uzorka

distribuirana kao χ^2 uz $k-1$ st. slobode, kad svi uzorci potječu iz iste razdiobe.

Testiranjem hipoteze H_0 da svi uzorci potječu iz iste razdiobe dobivena je vrijednost $H = 150,28$. Mogućnost dobivanja ovako visoke vrijednosti uz $k-1 = 16$ st. slobode manja je od 0,1% pa je hipoteza H_0 odbačena kao neistinita.

Dalje je testirana hipoteza da prvih 8 uzoraka (mlađe faze) potječe iz iste razdiobe. Dobivena je vrijednost $H = 17,83$. Mogućnost dobivanja ovako visoke vrijednosti uz 7 st. slobode manja je od 2%, pa je i u ovom slučaju hipoteza H_0 odbačena. Nakon eliminiranja uzorka br. 6 (Medvednica, B-5) dobivena je vrijednost $H = 9,39$. Uz 6 st. slobode vjerojatnost da se dobije ova vrijednost veća je od 10%, pa hipoteza H_0 nije mogla biti odbačena.

Na sličan način testirana je hipoteza da uzorci starije faze pripadaju istoj razdiobi. Dobivena je vrijednost $H = 17,33$. Vjerojatnost dobivanja ove ili veće vrijednosti uz 8 st. slobode manja je od 5%, pa je odbačena hipoteza o pripadnosti svih uzoraka istom osnovnom skupu. Međutim, nakon eliminiranja uzorka br. 10 (Medvednica, 12/3A), dobivena je vrijednost $H = 8,62$. Vjerojatnost dobivanja ove vrijednosti uz 7 st. slobode veća je od 20%, pa hipoteza nije mogla biti odbačena.

Daljnijim testiranjem, kao i primjenom testa Kolmogorov-Smirnova, utvrđeno je da uzorak 6 ne pripada skupini u kojoj su uzorci 1, 3 i 7, a uzorak 10 skupini u kojoj su uzorci 13, 14, 16 i 17.

Interesantno je, da su oba ova uzorka 6 i 10 s Medvednice, iako jedan pripada mlađoj, a drugi starijoj fazi. Međutim, distribucije ovih uzoraka bitno se razlikuju od svih ostalih distribucija.

Tufne naslage s jugoistočnih obronaka Medvednice, kojima pripadaju uzorci 6 i 10, sad su u okviru područja grada Zagreba. Već sarna ta činjenica govori da je vrlo teško doći do potrebnih terenskih podataka. Iz raspoloživih mikroskopskih analiza uzoraka iz tufnih naslaga helveta (starija faza) može se reći da uzorak 10 između svih drugih uzoraka te faze sadrži u sastavu najkrupnije i najsvježije kristaloklaste plagioklasa i kvarca, pa i idiomorfne plagioklase, zatim najdulje listiće biotita, a vidljivi su i amfiboli kao i čestice efuziva, vjerojatno dacitno-andezitnog sastava. Svježinom se također odlikuju i magmatski minerali teške frakcije uzorka, među kojima su — osim već spomenutih minerala — zastupani hipersten, apatit i cirkon. Možda se uzorak 10 zbog tih i takvih sastojaka izdvaja iz uzoraka skupine B, starije faze, i prema tome predstavlja neku još stariju vulkanogenu fazu srednjeg miocena. Činjenica je da uzorak 10 između svih ostalih sadrži autohtone magmatske minerale u najvećoj mjeri, čija asocijacija i morfološke osobine minerala isključuju i najmanje prerađivanje u smislu zaobljavanja i sortiranja, kako je to više-manje vidljivo u mineralnom sastavu ostalih uzoraka ove starije faze.

U izdanku donjotortonskog razvoja, tj. mlađe faze, uzorak 6 mlađi je, a uzorak 5 stariji član tog izdanka. Uzorak 6 ni po čemu se u asocijaciji teške frakcije ne razlikuje od starijeg člana, uzorka 5, a niti od uzoraka mlađe faze iz ostalih područja, nego samo po tome što sadrži najviše kristala cirkona neobičnog izduženja. Možda se uzorak 6 po tom izduženju cirkona izdvaja iz skupine uzoraka mlađe faze, i vjerojatno pripada nekoj završnoj pulzaciji eksplozivnog piroklastičnog materijala srednjeg miocena u području Medvednice.

CIRKON U TEŠKIM MINERALNIM FRAKCIJAMA

Osim promatranja izduženja cirkona u teškim mineralnim frakcijama i utvrđivanja njegove pripadnosti ovoj ili onoj distribuciji ispitan je pro-

centualni odnos cirkona prema ostalim magmatskim mineralima kao i sva karakteristična obilježja svojstvena cirkonu iz starije, odnosno mlađe vulkanske faze.

Pomoću brornoforma spec. tež. 2,89 izvršena je separacija teške i lake mineralne frakcije svih analiziranih uzoraka. Mineralne su vrste determinirane pomoću polarizacionog mikroskopa i binokularne lupe. Brojenjem 400 do 450 zrna mineralnih vrsta u svakom su uzorku dobiveni podaci o učestalosti svake mineralne vrste, koji su zatim u postocima prikazani na tabeli II. Količina teške frakcije uzoraka izražena u težinskim postocima unesena je u zadnju kolonu iste tabele. Mineralni je sastav uzoraka ispitan u frakciji od 0,039 do 0,15 mm.

Raspodjela u prvoj, drugoj i trećoj koloni tabele I (Razdioba učestalosti izduženja cirkona) i ove tabele mineralnog sastava u cijelosti se podudara uz samo jednu iznimku. Radi se naime o tome, što je u tabeli mineralnog sastava, pod rednim brojem 14 unesen uzorak Zrinska gora-2, a tog istog uzorka ne vidimo na tabeli I, već namjesto njega analiziran je uzorak pod rednim brojem 10 (Medvednica, T-12/3A). Ovo je učinjeno zbog toga, što u uzorku Zrinska gora-2 ima vrlo malo cirkona i prema tome nije obuhvaćen analizom izduženja cirkona. No, dotični je uzorak vrlo karakterističan, jer njegovu asocijaciju teških minerala predstavljaju isključivo magmatogene mineralne vrste. Detritalnim mineralnim sastojcima u tom uzorku nema ni traga. Mineralni sastav uzoraka pod rednim brojem 7 (Psunj, 18) zatim 13 i 14 (Zrinska gora, 1 i 2) uz neznatne korekcije preuzet je iz tabele mineralnog sastava objavljenih radova (Krkalo & Mutić, 1978; Mutić, 1980).

U mineralnom sastavu uzoraka skupine A učestalost cirkona varira od 38% do 85% u odnosu na sveukupnu količinu prozirnih minerala. U uzorcima Zrinska gora - 7770/c i Moslavačka gora - 5687 znatno je u predominaciji. Srednje procentualno učešće cirkona u ovoj skupini uzoraka je 65,5%. Međutim je znatno promjenljiva učestalost cirkona u uzorcima skupine B, a kreće se od 1,1% do 64,2%. U toj je skupini uzoraka najobilniji u uzorcima Sinj - 244 i Moslavačka gora - 4165. Srednja je procentualna frekvencija cirkona u skupini B 23,9%.

Razdioba frekvencija cirkona i ostalih magmatskih i detritalnih mineralnih sastojaka po pojedinim područjima predočeni su histogramima na grafičkom prilogu, slici 3. Ispod tih histograma od udruženih i pojedinačnih uzoraka grafički je također predočena srednja procentualna zastupljenost svih mineralnih komponenata, i to posebno za uzorke skupine A, posebno za uzorke skupine B. I premda se u ovim ispitivanjima radi o malom broju uzoraka, ipak su došle do izražaja znatne razlike između mineralnog sastava uzoraka skupina A i B, i to kako u pojavama tako i u učestalosti magmatskih i detritalnih mineralnih vrsta. Cirkon se naročito u uzorcima skupine A, tj. mlađe vulkanske faze, pokazao kao visoko dominantan magmatski mineral. Ali zato pirokseni, amfiboli i znatno obilniji biotit predstavljaju obilježje starije vulkanske faze u helvetskom razvoju naslaga.

U uzorcima su zastupani bistri, bezbojni, zatim svijetložućkasti, svijetloružičasti s vrlo slabom svijetložućkastom nijansom i svijetloružičasti kristali cirkona. Obadva uzorka iz Moslavačke gore, 8 i 17, a naročito uzorak 17 iz starijih tufnih naslaga sadrži pretežno svijetložućkaste cirkone.

Pa ipak, može se reći, da je upravo svježja bistra svijetloružičasta boja odlika cirkona iz uzoraka skupine A, odnosno iz naslaga mlađe vulkanske faze donjeg tortona.

Oblikom su kristali cirkona uzoraka skupine B, općenito uzevši, raznolikiji negoli skupine A. U toj skupini uzoraka prevladavaju kratko do normalno prizmatски bipiramidalni kristali. Većina ih je euhedralna do subhedralna. Katkada zbog crnog ruba izgledaju kao da su zaobljeni. Međutim, dizanjem tubusa taj se crni rub pomalo sužava, slabi, a pri tome se pojavljuju jasno izraženi bridovi, oštri uglovi i vrlo uske plohe vertikalne zone.

U uzorcima iz skupine A prevladavaju dugi i veoma dugi uski prizmatски kristali cirkona. Često su slomljeni, manjka im jedan pa i oba kraja; katkada izgleda da im je rast prekinut, spriječen, pa je tu počeo s rastom sitniji cirkon. Iz rasporeda i oblika mjehuričastih i cjevastih šupljinica misli se, da bi eventualno i one mogle predstavljati smetnju ili prepreku pri brzom rastu tih cirkona poput iglica. Katkada su rubovi cirkona ove mlađe faze vrlo tanki, te se čini, kao da se radi o njegovim kalotinama koje leže u preparatu ponajčešće na plohi (110), rjeđe na plohi (100).

Cirkon iz tufnih naslaga helvetskog razvoja bogatiji je formama negoli cirkon iz donjotortonskog razvoja. Ponajčešće su na cirkonu vidljive kombinacije ploha ovih forma: $m\{110\}$ i $p\{111\}$, $a\{100\}$ i $p\{111\}$ i zatim $m\{110\}$, $p\{111\}$ i $x\{311\}$. Identifikacija ostalih terminalnih ploha cirkona je nesigurna i nepouzdana. Primijećeno je samo nekoliko cirkona s vrlo strmim, poput koplja, piramidskim plohama. Opažen je samo jedan koljenčasti sraslac cirkona.

Cirkon iz uzoraka mlađe vulkanske faze odlikuje se, kako je već ranije spomenuto, visokim izduženjem ali je zato siromašniji formama negoli cirkon starije faze. Uglavnom je zastupana kombinacija ploha ovih forma $m\{110\}$ i $a\{100\}$. Terminalne plohe im ponajčešće nisu razvijene, o čemu je već bilo govora ranije. Ako se i primijeti neka od tih ploha, tad se gotovo redovito radi o osnovnoj piramidi $p\{111\}$.

Učinci magmatske resorpcije također su došli do izražaja na cirkonu iz obadviju skupina uzoraka. Očituju se u finoj zaobljenosti njegovih uglova i bridova. I korozija je ostavila tragove u izjedinama po plohama, prizmatским bridovima i krajevima cirkona. Također nisu rijetke ni pojave finih prslina i pukotnica u cirkonu. Zonaran rast rjeđe je zastupan; markiran je mjestimice mjehuričastim šupljinicama ili sićušnim mikrolitima.

Inkluzije u cirkonu su gotovo zajedničko obilježje cirkona iz obadviju skupina uzoraka. Može se reći, da i nema cirkona bez njih. Pa ipak, bogatiji je tim inkluzijama cirkon iz mlađe vulkanske faze, tj. uzorci iz skupine A. Susreću se okrugle, ovalne, elastično deformirane mjehuričaste šupljinice kao i cjevaste šupljinice promjenljive veličine, konfiguracije i orijentacije. Ponajčešće su ipak te šupljinice paralelne i subparalelne s osi [001]. Cjevaste šupljinice ili one poput sićušnih kanalića mjestimice se više-manje granaju. Primijećene su i takve koje podsjećaju na žunin kljun (woodpecker's holes). Stijenke nekih šupljinica i cjevčica tamne su, ponešto pigmentirane. Sićušne inkluzije bezbojnog minerala odgovaraju mikrolitima cirkona. Oni su izduženi i ekstremno tanki poput najfinijih iglica koje su katkada raspršene, a ponegdje su paralelne i subparalelne jednom od bridova cirkona. Obojenim inkluzijama pripada crvenkasto-

smeđi pigment; i poput kapljica neodređiva opaka supstancija. Pravilne forme nekog opakog minerala vjerojatno odgovaraju magnetitu. Cirkon je istaknutog reljefa, odlikuje se visokim indeksom loma i dvoloma.

IDIOMORFNI CIRKON U OSTALIM SREDNJOMIOCENSKIM NASLAGAMA

Misao Callendera & Folka (1958) izrečena u naslovu njihova članka: »Idiomorfni cirkon ključ je vulkanizma...«, bila je poticaj, da se s tog aspekta pregledaju rezultati i ranijih mineraloških analiza uzoraka iz naslaga koje se vremenski uklapaju u period eksplozivne vulkanske aktivnosti u srednjem miocenu kao i rezultati uzoraka iz naslaga sarmata.

Imajući u vidu ne samo idiomorfni magmatogeni cirkon nego i sva opisana obilježja njegovih kristala, cirkon se i u tom dodatnom pregledu rezultata ranijih analiza pokazao kao »odličan indikator« (Callender & Folk, 1958) daljnjeg rasprostranjenja areala eksplozivne srednjomiocenske vulkanske aktivnosti. Pregledan je mineralni sastav teške frakcije uzoraka iz ova tri područja:

1. Uzorak slabo vezanog pješčenjaka br. 1170 s jugoistočnih obronaka Zrinske gore, iz 1964. godine, među detritalnim karakterističnim mineralima uz magmatogeni biotit, apatit, nešto malo hiperstena, sadrži i brojne kristale cirkona. Prema vizuelnoj procjeni veličina izduženja i ostalim karakteristikama, cirkon ovoga uzorka po svemu sudeći uklapa se u skupinu uzoraka starije eksplozivne faze u helvetu.

2. U analizi iz iste godine, pregledom teške frakcije uzorka kalkarenita br. 26/a iz naslaga sarmata nedaleko Zdenaca na Dilj-gori, primijećeni su izduženi kristali i krhotinice magmatogenog cirkona. Uzorak br. 49 iz istih naslaga, tj. sarmata, ali istočno od prvog lokaliteta, uz cestu koja vodi preko Dilj-gore, sadrži također takav isti cirkon. Takav cirkon utvrđen u oba uzorka zacijelo je pouzdan vjesnik već minule, a vjerojatno bliske vulkanske aktivnosti, koja se zbivala negdje na samom ili vrlo bliskom području Dilj-gore. Kako prilikom ispitivanja tufnih naslaga u središnjem području Hrvatske nisu do danas otkrivene tufne naslage mlađe od onih u donjem tortonu, smatra se da je i ovaj cirkon iz naslaga sarmata vjerojatno porijeklom iz donjotortonske vulkanske faze.

3. Uzorak glinovitog pijeska br. 3787 i konglomeratični pješčenjak br. 5070 sa sjeverozapadnih obronaka Samoborske gore čije su analize izvršene 1967. g. osim detritalnih minerala sadrže također i magmatogene minerale: cirkon, apatit, ilmenit i biotit. Morfološka obilježja cirkona iz ta dva uzorka podudaraju se s obilježjima cirkona iz starije vulkanske faze u helvetskom razvoju naslaga u ispitivanim područjima.

ZAKLJUČAK

U izvršenim mineraloškim analizama uzoraka srednjomiocenskih tufnih naslaga izdvojile su se asocijacije karakterističnih magmatogenih minerala na osnovi kojih je bilo moguće izvršiti raščlanjivanje tih naslaga na stariju i mlađu vulkansku fazu, odnosno pripadnost helvetskom i donjotortonskom razvoju naslaga. U tim se mineraloškim analizama cirkon pokazao kao značajan sastojak magmatske akcesorne komponente. Uočene

morfološke osobine njegovih kristala, naročito njihovo izduženje i povećane im koncentracije, i bile su kriterij za opredjeljenje takvog cirkona mladim donjotortonskim naslagama vulkanita u ispitivanim područjima.

Na 1.393 kristala cirkona izvršeno je mjerenje njihovih duljina i širina. Od toga se 770 mjerenja odnosi na cirkon uzoraka iz mlađe vulkanske faze, uzorke skupine A, a 623 mjerenja na cirkon uzoraka skupine B iz starije faze. Iz odnosa veličina duljina i širina kristala dobivena su njihova izduženja. Kako se interval razdiobe frekvencija izduženja višim od 4 smatra značajnim i neobičnim, to su upravo u tom intervalu ponajbolje došle do izražaja razlike ili neslaganja u veličini izduženja cirkona uzoraka obiju skupina A i B. Dok se u uzorcima skupine A, mlađe faze, u tom intervalu nalazi 29% od sveukupnog broja svih izduženja, dotle na taj interval u uzorcima skupine B, starije faze, otpada tek 6% (tabela I, slika 2). Te bi razlike zacijelo bile još evidentnije, da su se mogli prilikom mjerenja duljine i širine kristala uzeti u obzir i svi oni potencijalni kristali, a koji su negdje u fazi rasta — iz još neriješenih razloga — bili prekinuti, spriječeni ili moguće poslije kršeni i lomljeni.

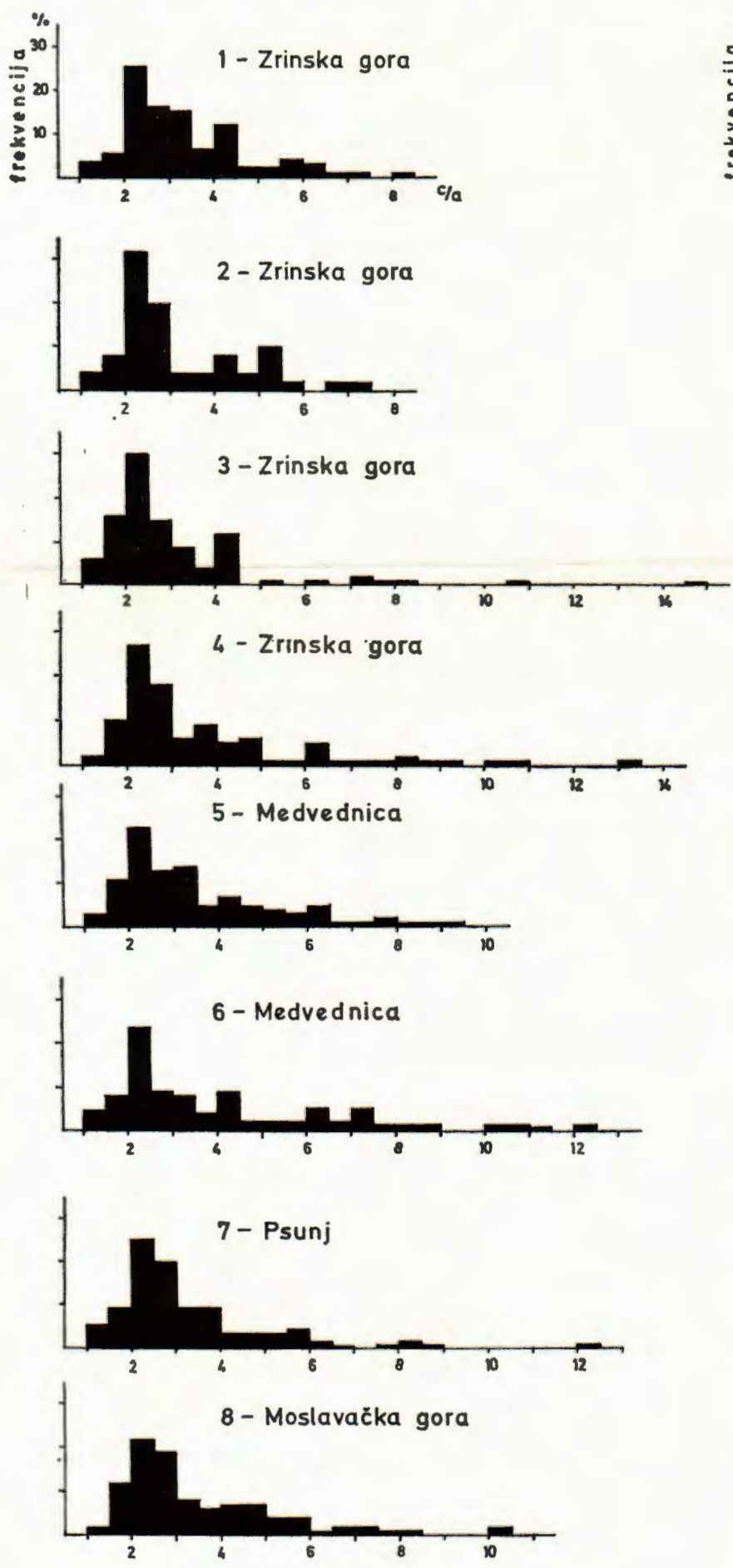
Postojanje razlike habitusa cirkona mlađe (A) i starije (B) faze na što upućuju histogrami frekvencija izduženja provjereno je Kruskal-Wallisovom analizom varijance rangova. Testiranjem hipoteze H_0 utvrđeno je, da analizirani uzorci iz tufnih naslaga u ispitivanom području ne potječu iz iste distribucije. Daljnjim testiranjem hipoteze H_0 utvrđeno je, da su uzorci skupine A (mlađe faze) tek onda pokazali pripadnost istom osnovnom skupu, kada je iz te skupine uzoraka eliminiran uzorak 6. Također je trebalo eliminirati uzorak 10 iz skupine B (starije faze) da se mogla testiranjem hipoteze H_0 utvrditi pripadnost ostalih uzoraka te skupine, njih 8, istom osnovnom skupu. Zasebno, svaki od ta dva eliminirana uzorka, 6 i 10, po svemu sudeći, trebao bi vjerojatno predstavljati drugačiju distribuciju. Na osnovi postignutih rezultata mikroskopskih, a naročito mineraloških analiza pretpostavlja se, da su dotični uzorci dva krajnja člana — uzorak 10 najstariji i uzorak 6 najmlađi — u okviru dosad ispitane srednjomiocenske vulkanske aktivnosti u području jugoistočnih obronaka Medvednice.

Nehomogenost između cirkona dviju faza odrazila se i u kombinaciji ploha različitih forma, pa i u boji. Cirkon starije faze, helvetske, bogatiji je formama ploha negoli cirkon mlađe faze, donjotortonske. Ali zato vrlo izduženi kristali poput iglica i njihova prozirna, bistra i svježja svijetloružičasta boja upravo su odlike cirkona iz mlađe faze, tj. uzoraka A skupine. U toj skupini uzoraka cirkon se naročito iskazao kao visoko dominantan magmatski mineral. Takve koncentracije cirkona prema podacima iz literature odgovaraju kiselim magmatskim stijenama.

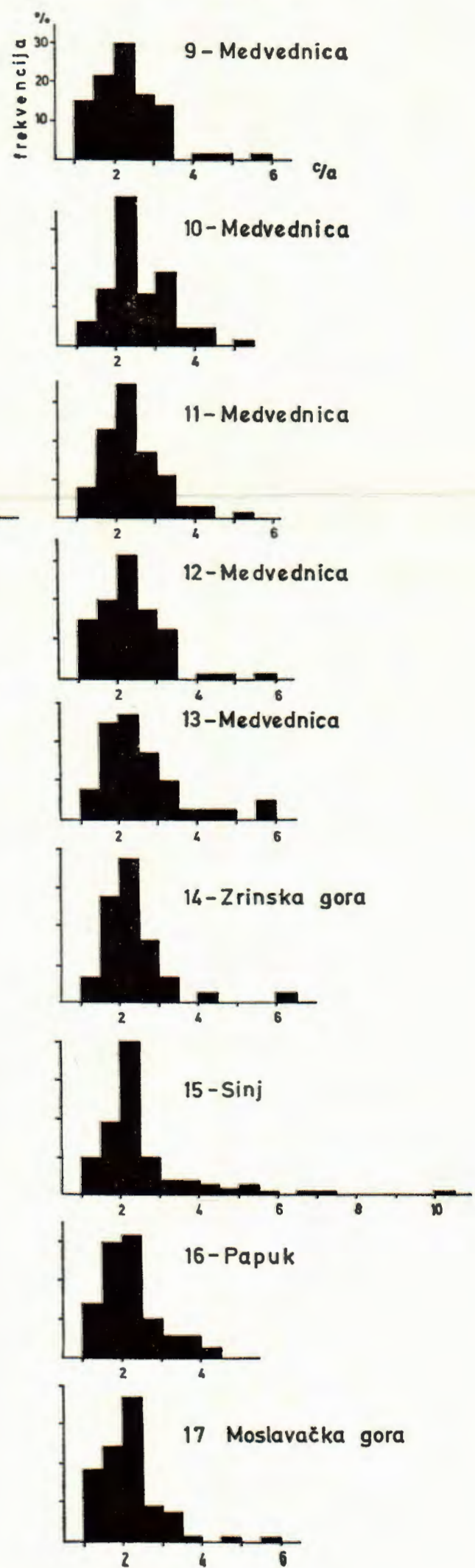
»Graniti s abnormalno izduženim cirkonima zagonetni su mnogim petrolozima« — ističe Poldervert (1956). U zadnjoj točki zaključka (p. 550) isti autor veli još i ovo: »Veličina i dominantne karakteristike cirkona očito ne variraju ili su vrlo slične unutar čitavog tijela magmatskog granita usprkos nekim petrografskim varijacijama u glavnim sastojcima stijena«. Istina, ovdje se ne radi o granitnim stijenama, nego o uzorcima iz tufnih naslaga. Eksplozivan piroklastičan materijal mogao je, a i poprimao je na svome putu do konačnog smirivanja i taloženja mineralne sastojke i iz drugih magmatskih stijena, starijih piroklastita i sedimentnih stijena (tabela II). Pa ipak, analize uzoraka skupina A i B pokazale su

Histogrami frekvencija izduženja cirkona
Histograms of frequency of zircon elongations

Skupina - Group A



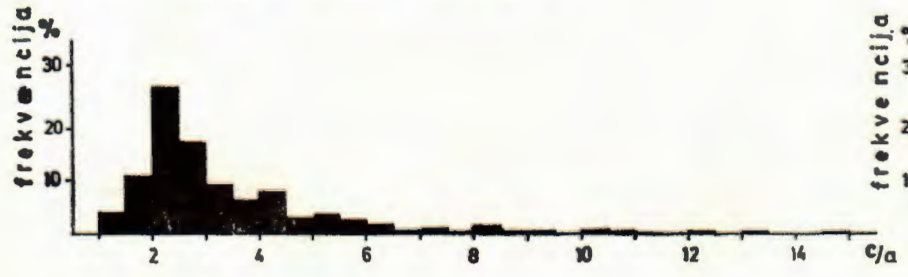
Skupina - Group B



Histogram srednje razdiobe frekvencija izduženja cirkona
Histograms of average distribution of zircon elongation frequency

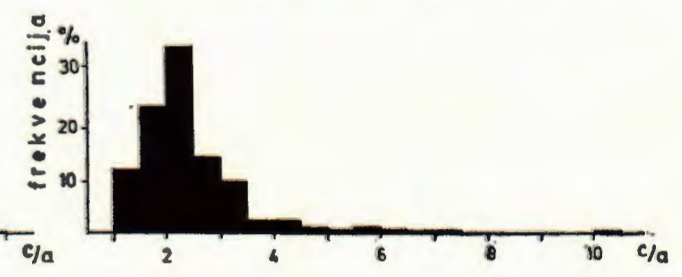
Skupina - Group A

bez uzorka - without sample 6



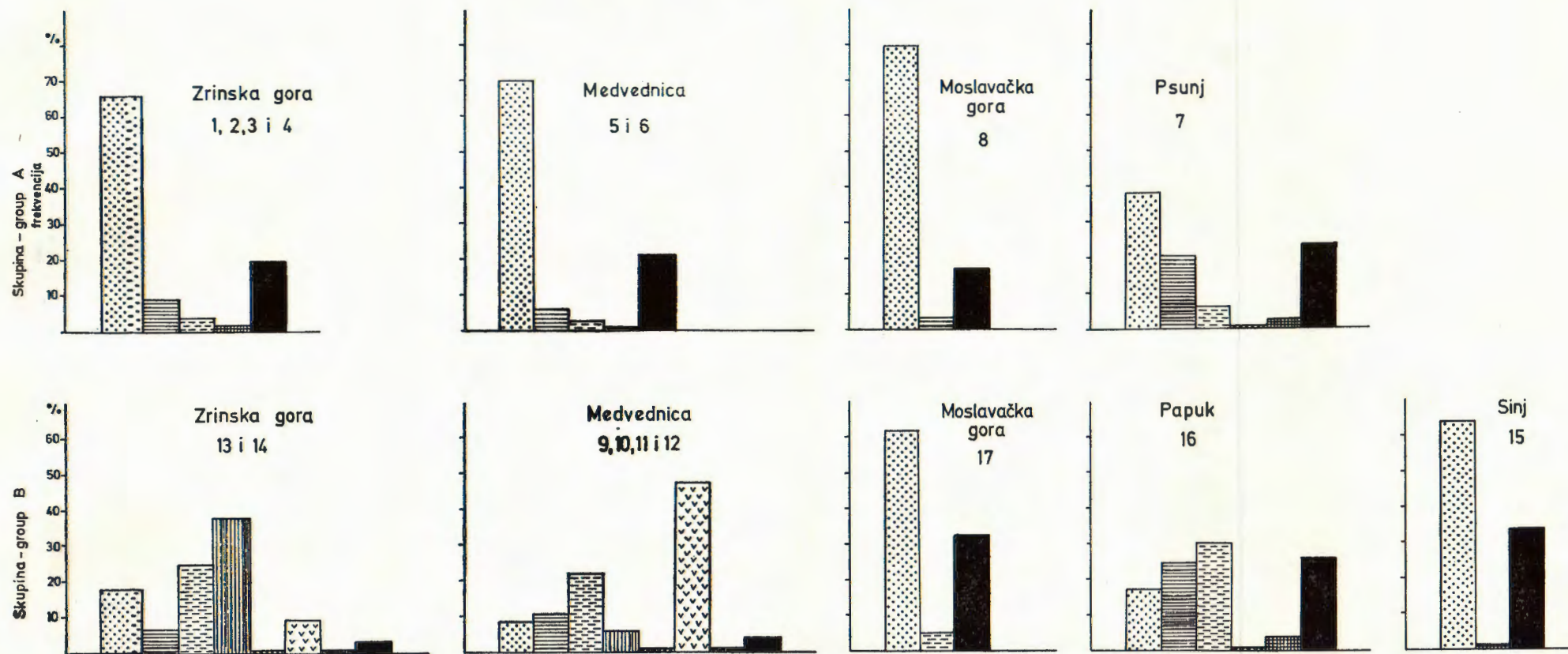
Skupina - Group B

bez uzorka - without sample 10

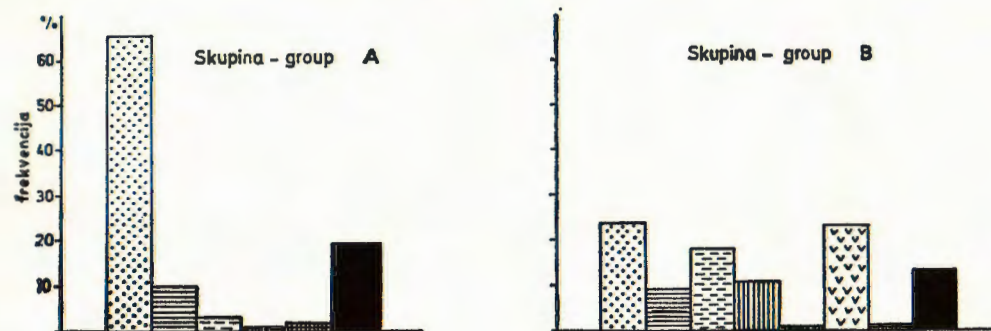


Varijacije koncentracije cirkona i drugih prozirnih minerala u teškim frakcijama tufova

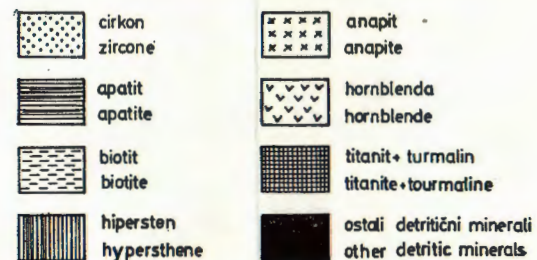
Variations of zircon and other transparent minerals concentration in the heavy fractions from tuffs



Srednji sastav prozirnih minerala teških frakcija tufova
Average composition of transparent minerals in heavy fractions from tuffs



Legenda - Legend



1, 2... redni, broj iz Tabele III
1, 2... No. ord. from Table III

Dijametar frakcije 0,039—0,150 mm
 Diameter of fraction 0,039—0,150 mm

Tabela — Table II

Redni broj — No. ord.	Mjesto — Location	Uzorak — Sample	Ukupni sastav teške frakcije 100% Total composition of heavy minerals 100%		Prozirni teški minerali — 100% Transparent of heavy minerals — 100%																							Ukupna količina teških minerala — % Total quantity of heavy minerals — %		
					Magmatski minerali Magmatic minerals										Detritalni minerali Detritic minerals															
			opaka zrna Opaque grains	prozirna zrna Transparent grains	cirkon Zircon	apatit Apatite	biotit Biotite	hipersten Hypersthene	augit Augite	hornblenda Hornblende	titanit Titanite	turalin Tourmaline	epidot Epidote	kloritoid Chloritoide	glaukofan Glaucoophane	amfibol Amphibole	granat Garnet	staurolit Staurolite	disten Kyanite	andaluzit Andalusite	kromit Chromite	titanit Titanite	cirkon Zircon	turalin Tourmaline	rutil Rutile	apatit Apatite	brukit Broockite		klorit Chlorite	korund Corundum
Skupina — Group A																														
1.	Zrinska gora	9213/1	17,2	82,8	41,2	20,0	5,7	—	—	—	1,4	0,9	18,9	—	—	—	3,1	0,3	0,9	—	—	1,1	2,9	1,1	0,9	2,8	—	0,5	—	0,15
2.	Zrinska gora	7770/c	38,5	61,5	85,0	—	0,7	—	—	—	1,9	0,8	2,6	—	—	0,6	0,3	—	—	—	—	0,3	5,2	1,7	—	—	—	—	—	1,10
3.	Zrinska gora	8403	16,0	84,0	62,5	17,0	4,3	—	—	—	0,8	1,2	3,1	0,3	—	—	0,6	—	—	—	—	—	14,0	0,9	0,3	5,7	—	0,3	—	0,10
4.	Zrinska gora	15187	30,0	70,0	77,5	5,6	5,3	—	—	—	1,0	0,6	2,4	—	—	0,3	1,1	—	—	—	—	—	7,3	0,3	—	0,5	—	0,3	0,8	0,04
5.	Medvednica	B—12	9,2	98,8	71,6	—	1,9	—	—	—	0,3	—	2,8	0,7	0,3	—	7,0	2,6	1,4	0,5	1,7	—	10,6	1,7	1,4	—	—	0,3	—	0,15
6.	Medvednica	B—5	3,9	96,1	68,7	10,8	3,6	—	—	—	0,5	0,5	—	0,5	0,3	—	4,9	1,8	0,5	—	0,5	—	5,1	1,5	1,3	1,8	0,3	0,3	—	0,10
7.	Psunj	18	13,9	86,1	37,7	20,4	6,2	—	0,2	—	0,9	2,1	7,4	—	—	—	14,5	—	0,2	—	0,2	2,1	2,1	1,3	0,2	2,5	—	—	—	0,05
8.	Moslavačka gora	5686	34,8	62,5	79,7	3,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	2,3	—	—	—	—	—	6,6	1,3	0,6	5,0	—	—	—	0,18
Skupina — Group B																														
9.	Medvednica	T—12/A	3,2	96,8	5,4	4,2	43,6	1,1	0,4	42,8	0,8	0,4	0,1	—	—	—	0,4	—	—	—	—	—	0,5	—	—	0,1	—	—	—	1,20
10.	Medvednica	1827A	9,9	90,1	13,4	26,7	12,9	—	0,2	38,9	—	0,3	0,2	—	—	—	0,2	—	—	—	0,2	—	1,9	1,2	0,5	3,1	—	—	—	1,35
11.	Medvednica	T—5A	11,0	89,0	7,1	6,5	15,8	11,1	1,6	52,5	—	0,6	1,6	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	1,0	0,6	—	0,8	—	—	—	1,55
12.	Medvednica	T—9A	4,4	95,6	7,5	7,3	14,3	10,6	1,3	55,6	—	—	0,8	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	0,8	0,2	—	0,8	—	0,2	—	5,95
13.	Zrinska gora	1	27,0	73,0	34,5	0,6	15,2	17,0	1,3	14,7	0,3	0,6	2,8	0,3	—	0,3	0,9	—	—	—	0,6	0,3	4,7	3,8	0,9	0,3	0,2	—	0,6	2,10
14.	Zrinska gora	2	2,3	97,7	1,1	11,8	24,2	59,0	—	3,4	—	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,10
15.	Sinj	244	29,5	70,5	64,2	—	—	—	—	—	0,6	0,6	4,5	—	—	—	14,8	0,8	1,3	—	—	0,3	9,2	1,6	1,2	—	—	—	0,3	0,09
16.	Papuk	256	6,3	93,7	16,6	24,5	29,5	—	—	0,3	1,0	2,2	5,6	—	—	0,5	8,7	1,4	0,7	—	0,1	0,3	3,0	1,1	0,7	2,7	—	—	—	1,80
17.	Moslavačka gora	4165	23,6	76,4	61,8	—	5,0	—	—	—	—	—	6,0	—	—	1,6	7,4	—	0,8	—	—	0,4	10,2	2,1	0,8	2,1	—	0,4	—	0,51

da su ispitivane tufne naslage sačuvale autohtone magmatske teške minerale i njihova karakteristična obilježja. A kad je riječ o visokim koncentracijama neobično izduženih (»značajno neobičnih« — Poldervaart, 1956) i veoma uskih kristala cirkona, tada se to u prvom redu radi o uzorcima tufnih naslaga mlađe vulkanske faze donjotortonskog razvoja u ispitivanim područjima središnje Hrvatske i zapadne Slavonije. — I uzorak tufa iz okolice Sinja u srednjoj Dalmaciji po izduženju cirkona našao je svoje mjesto među uzorcima skupine starije (B) faze.

Tokom ovoga rada pregledani su i raniji rezultati mineraloških analiza teških frakcija uzoraka naslaga koje se vremenski uklapaju u period srednjomiocenske eksplozivne vulkanske aktivnosti, a također i uzoraka iz naslaga sarmata. Tako je izduženi idiomorfni cirkon sa svim njegovim opisanim morfološkim obilježjima utvrđen u dva uzorka iz sarmatskih naslaga na Dilj-gori, jednom uzorku iz slatkovodnog helveta s južnih obronaka Zrinske gore i u dva uzorka također iz helvetskih naslaga sa sjeverozapadnih obronaka Samoborske gore. Cirkon se, dakle, i iz tih ranije izvršenih analiza može uzeti kao dobar indikator daljnjeg rasprostranjenja areala vulkanske aktivnosti istočno i zapadno od ograničenog područja ovih ispitivanja (sl. 1).

Primljeno: 30. 5. 1980.

LITERATURA

- Bognar, L. (1971): Mineralogical and geochemical study of zircons in the granitoids of Hungary. — *Annales, Geologica*, 24, 17—28, Budapest.
- Callender, D. L. & Folk, R. (1958): Idiomorphic zircon, key to volcanism in the lower Tertiary sands of central Texas. *Am. Jour. Sci.*, 256, 257—269.
- Frasl, G. (1963): Die mikroskopische Untersuchung der akzessorischen Zirkone als eine Routinearbeit des Kristallingeologen. — *Jb. Geol. B. A.* 106, 405—428, Wien.
- Hoppe, G. (1956): Das Erscheinungsbild der akzessorischen Zirkone des Lausitzer Granodiorits von Wiesa bei Kamenz und seine petrogenetische Auswertung. — *Geologie*, 6, 289—305, Berlin.
- Hoppe, G. (1963b): Identifizierung von Tuff mit Hilfe des Zirkons und Nachweis von Quarzporphyrtuff des Auerberges (Harz). — *Naturwiss.*, 50, 22, p. 688, Berlin.
- Janák, F. & Svoboda, L. (1979): Studium morfologie zirkonu pomocí statistického vyhodnocení hlavních os. — *Scr. Fac. sci. natur. UJEP brun. Geologia*, 9, 1, 29—40, Brno.
- Krkalo, E. & Mutić, R. (1978): Tufovi u naslagama donjeg tortona u području Nježića kod Slavonske Požege. — *Geol. vjesnik*, 30/2, 341—350, Zagreb.
- Larsen, L. H. & Poldervaart, A. (1957): Measurement and distribution of zircons in some granitic rocks of magmatic origin. — *Min. Mag.* 31, 238, p. 544.
- Mehnert, K. R. (1971): Migmatites and the origin of granitic rocks. — 2nd Ed., Elsevier, 1—405, Amsterdam—London—New York.
- Mišik, M. (1956): I. Použitie ťažkých mineralov pre paleogeograficky a stratigraficky vyskumn so zretelom na neogen a kvarter Slovenska. II. Sedimentarno-petrograficke študium poltarskej formacie. — *Geol. prace*, 43, 59—139, Bratislava.
- Mutić, R. (1969): Neogenska magmatska aktivnost na jugoistočnim obroncima Medvednice (Zagrebačke gore). — *Geol. vjesnik* 22, 423—438, Zagreb.
- Mutić, R. (1973): Tufovi u neogenskim naslagama na sjevernim obroncima Medvednice (Zagrebačke gore). — *Geol. vjesnik*, 25, 227—235, Zagreb.
- Mutić, R. (1980): Tufovi u donjohelvetskim naslagama u području Brestika i Bojne (Banija, Hrvatska). — *Geol. vjesnik*, 31, 253—266, Zagreb.
- Poldervaart, A. (1950): Statistical Studies of Zircon as a Criterion in Granitisation. — *Nature*, 165, p. 574.
- Poldervaart, A. (1955b, 1956): Zircon in rocks, 1) Sedimentary rocks. 2) Igneous rocks. — *Am. Jour. Sci.*, 253, 433—461, 254, 521—554.

- Siegel, S. (1956): Nonparametric statistics for the behavioral sciences. — Mc Graw-Hill, p. 312, New York.
- Wyatt, M. (1954): Zircons as provenance indicators. — *Am. Mineralogist*, 39, 983—990.
- Zimmerle, W. (1979): Accessory Zircon from a Rhyolite, Yellowstone National Park (Wyoming, U.S.A.). — *Z. dt. Ges.*, 130, 361—369, Hannover.

Accessory Zircon from Middle Miocene Tuff deposits of Central Croatia and Western Slavonia

R. MUTIĆ

The examination of Middle Miocene tuff deposits in central Croatia has from the start been accompanied by modal analyses of heavy mineral fraction (Mutić, 1969). It can be stated that there were hardly any samples of these deposits where magmatogenic mineral accessories were not discovered by heavy fraction analysis. Even the samples of whose components has been formed the finest volcanic glass, ground almost to dust, contain these characteristic minerals, which is best observed in their thin sections.

From a series of results obtained by heavy fraction analysis associations of characteristic minerals were singled out, on the basis of which it was possible to divide tuff deposits into an older and a younger volcanic phase, i.e. to state whether they belonged to the Helvetian or Lower Tortonian deposit development in the mentioned area. The assignment of mineral types to one or the other group was supported also by morphological features of the single types of minerals.

In the mineralogical analysis of samples from tuff deposits zircon was particularly prominent as an important part of the magmatogenic accessory component. The morphological features of its crystals and its increased concentration were a criterion for assignment of zircon to the younger Lower Tortonian deposits of volcanics in the area examined. This is why zircon was examined as described.

1393 crystals of zircon were subjected to observation and examination of the relations between the lengths and widths of the crystals expressed in their elongations. 770 measurements were taken on samples from the younger volcanic phase, samples of group A, while 623 measurements relate to group B from the older volcanic phase. The interval frequency division of elongations larger than 4.0 being considered significant and unusual, differences and discrepancies in the size of crystal elongations of group A and B samples were best expressed in this interval. Whereas there were 29% of the total number of elongations in the samples of group A, the younger phase, there were only 6% of them in the interval belonging to samples of group B, the older phase (Table I, Fig. 2). These differences, no doubt, would have been even more evident could all the potential crystals, interrupted in growth or perhaps broken or chipped for yet unexplained reasons, have been taken into consideration when length and width of the crystals were measured.

The occurrence of undeveloped or broken zircon crystals has been treated by some earlier mentioned authors. Thus Hoppe (1967) believes that only a part of such zircons can be accounted for by the breaking of crystals during mechanical fragmentation of the samples. The tiny fissures noticed by the author in the unbroken, whole crystals seemed to suggest that they, i. e. the tiny fissures, were the cause of the chipping and breaking of zircons. Larsen & Poldervaart (1957) showed by testing that these flawed crystals were most probably present in the rocks, and were not artificially broken.

Precisely because there were broken crystals of zircon in the samples analyzed, the separation of the sample Zrinska gora - 15187 was very carefully prepared. This sample of tuff is highly breakable anyway so there was no need for a more thorough mechanical fragmentation. Nevertheless, in the association of the heavy fraction of the sample there was found a considerable number of broken crystal, or fractions of zircon crystals. — A sample of tuff from the surroundings of Sinj (northwest of Split) in central Dalmatia has also been allotted to the samples of the older (B) phase, due to the elongation of zircon crystals.

A difference in zircon habitus between the younger (A) and the older (B) phase, indicated by the elongations frequency histograms, was tested by the Kruskal-

Wallis analysis of rank variance. By testing the hypothesis H_0 , it was established that the analyzed samples of tuff deposits from the area examined do not derive from the same distribution. By further testing the hypothesis H_1 , it was found that samples of group A (the younger phase) indicated that they derived from the same basic group when sample 6 was eliminated from this group of samples. Sample 10 had also to be eliminated from group B (the older phase) in order that the derivation of other samples of the group, 8 in all, from the same basic group could be established.

By further testing as well as by application of the Kolmogorov-Smirnov test it was established that sample 6 did not belong to the same group as samples 1, 3 and 7, and sample 10 the same group as samples 13, 14, 16 and 17.

The tuff deposits of the southeastern slopes of Mt. Medvednica, from which sample 6 and 10 were taken, have long since been included into the territory of the city of Zagreb. This very fact can explain how difficult it was to obtain the necessary data from field work. From the available microscopic analyses of samples from tuff deposits of the Helvetian (the older phase) it can be stated that of all the samples of this phase sample 10 contains in its structure the largest and newest crystalloclasts of plagioclases and quartz, even idiomorphous plagioclases, the longest small sheets of biotite, and there can be observed even some amphiboles and efusive particles, probably of a dacitic — andesitic composition. Newness is also a feature of magmatic minerals of the heavy fraction of the sample, amongst which, besides the already mentioned minerals, there can be found hypersthene, apatite and zircon. Because of these and similar components perhaps, sample 10 stands out from group B, the older phase, and thus represents some even older volcanogenic phase of the Middle Miocene. It is a fact, that among all other samples sample 10 contains autochthonous magmatic minerals in the highest degree, whose association and morphological mineral features rule out even the slightest processing in the way of rounding out or sorting, which is more or less evident in the mineral structures of other samples of the older phase.

In the profile of the Lower Tortonian development, i.e. the younger phase, sample 6 is a younger member of the profile than sample 5. Sample 6 does in no way differ from the older member, sample 5, in the heavy fraction association, and it does not differ from the samples of the younger phase from other areas, except that it contains the largest number of zircon crystals of a «distinctly unusual» (Polder-vart, 1956) elongation. Perhaps this zircon elongation distinguishes sample 6 from the group of samples of the younger phase, assigning it to a final pulsation of explosive pyroclastic material of the Middle Miocene in the area of Mt. Medvednica, or to some other distribution respectively.

Divergence between zircons of the two phases has been reflected also in habit of crystals and in combinations of plane forms, and in their colouring. The zircons of the older, Helvetian, phase are richer in combinations of plane forms of crystal than the zircons of the younger, Lower Tortonian, phase. The very much elongated crystals, however, resembling fine needles and their transparent, clear and bright light pink colouring are typical features of younger phase zircons, i.e. samples of group A. Inclusions in zircon represent a common feature of almost all crystals from samples of both groups. It can be said that there are no crystals lacking them. Nevertheless, zircons of the younger volcanic phase, i.e. samples of group A, are more amply provided with these inclusions. In samples of group A zircon has proved to be a highly dominant magmatic mineral. Such zircon concentrations, according to reference data, correspond to acid magmatic rocks.

During the present research there have been examined earlier results of mineralogical heavy fraction analyses of samples from the present clastic deposits that fit into the period of Middle Miocene explosive volcanic activity regarding the time of their origin, samples of younger deposits following after the decrease of the activity. Thus elongated idiomorphous zircon crystals, with all the morphological features described, have been noticed in two samples from Sarmatian deposits of Mt. Dilj, one sample from the freshwater Helvetian of the southern slopes of Mt. Zrinska, and in two samples of also Helvetian deposits from the northwestern slopes of Mt. Samoborska. Zircon has in these and earlier analyses proved to be an «excellent indicator» (Callender & Folk, 1958) of a further extension of the range of volcanic activity to the east and west of the limited area examined in the present research. (Fig. 1)

TABLA — PLATE I

Cirkon iz tufnih naslaga. (112x). Helvet. Starija (B) faza.
Zircon from tuff deposits. (112x). Helvetian. Older (B) phase.

Područje — Area

- 1 Medvednica**
- 2 Zrinska gora**
- 3 Papuk**
- 4 Moslavačka gora**

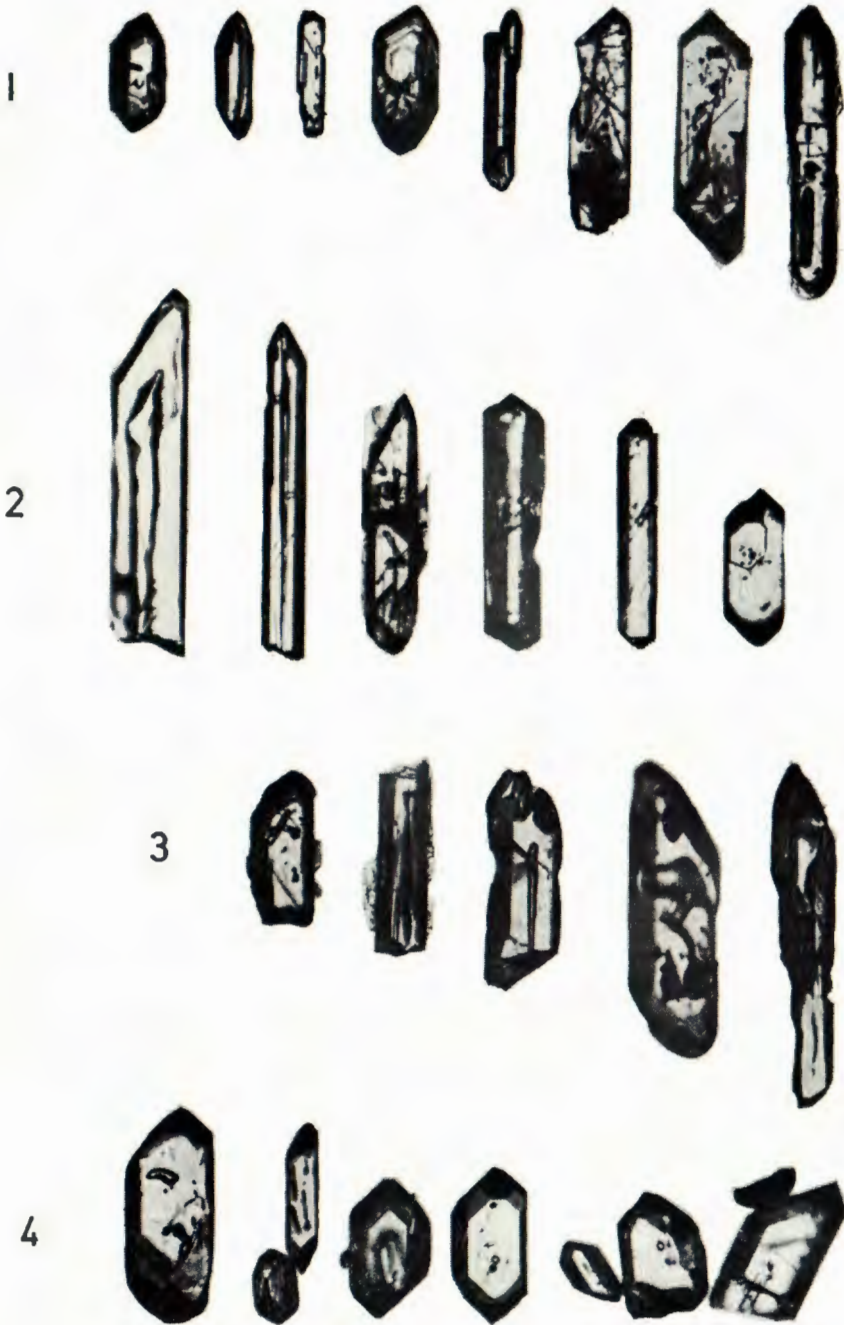


TABLA -- PLATE II

Cirkon iz tufnih naslaga. (112x). Donji torton. Mlađa (A) faza.
Zircon from tuff deposits. (112x). Lower Tortonian, Younger (A) phase.

- Područje — Area
- 1 — 1 Zrinska gora
 - 2 Medvednica
 - 3 Psunj
 - 4 Moslavačka gora

