

Geol. vjesnik	33	145—167	6 tabli, 2 tabele	Zagreb, 1981
---------------	----	---------	-------------------	--------------

551.782:549.6

Teški minerali u miocenskim naslagama sjeverozapadnog područja Hrvatskog zagorja

Rozalija MUTIĆ

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

U terigeno-klastičnim miocenskim naslagama Hrvatskog zagorja utvrđene su asocijacije teških minerala svojstvene za pojedine stratigrafske članove tog razvoja. Iz sukcesije tih asocijacija naročito se izdvaja ona najdonja, tj. iz najstarijih tercijarnih naslaga južnih obronaka Koštruna, Desiničke gore i Vinagore. Uočena su i opisana sva obilježja mineralnih vrsta obzirom na transport, prerađivanje i dijagenezu. Emergirano područje, iz kojeg je pristizao erozioni materijal u taložnu sredinu, predstavljaju u prvom redu stijene visokog, zatim niskog stupnja metamorfoze, starije klastične sedimentne stijene, kisele i bazične magmatske stijene, efuzivi i piroklastiti.

UVOD

Rasprostranjenost pjeskovitog razvoja miocenskih naslaga u sjeverozapadnom području Hrvatskog zagorja iziskivala je pri izradi Osnovne geološke karte SFRJ na listu Rogatec velik broj mineraloških analiza. Paralelno s odredbama pojedinih mineralnih vrsta i izdvajanjem mineralnih asocijacija promatrane su i sve pojave na mineralnim zrnima, tj. njihovo trošenje uvjetovano različitim fizičko-kemijskim procesima kojima su mineralna zrna bila izvrgnuta na svom dugom putu i pri dugom mirovanju. Kako, naime, u sastavu miocenskih naslaga dominira terigeno-klastična komponenta, to se u ovome radu nastojalo pokazati, koliko su opravdane i prikladne mineraloške analize za izdvajanje i uspoređivanje stratigrafskih članova tog razvoja. To se naročito odnosilo na one uzorke iz tih naslaga u kojima uopće nije bilo fosilnog materijala ili ga nije bilo dovoljno za pouzdanu paleontološku dokumentaciju.

Koristim priliku da se zahvalim na terenskim podacima M. Juriši, rukovodiocu radova oko izrade Osnovne geološke karte na listu Rogatec, zatim K. Šikiću na korisnim sugestijama i uputama, a L. Šikiću na dozvoli korištenja podataka mikropaleontoloških analiza uzoraka iz naslaga profila Vinagore.

Posebno sam zahvalna prof. dru Lj. Bariću što je izvršio optička mjerenja na sedam vrsta minerala. Ujedno zahvaljujem i prof. dru M. Vragoviću na odredbi čestica stijena.

OSVRT NA RANIJA ISTRAŽIVANJA

Malen je broj objavljenih radova koji sadrže modalne analize teške mineralne frakcije miocenskih naslaga Hrvatskog zagorja. U tim su radovima katkada samo poimence spomenuti neki minerali. Prve modalne analize uzoraka miocenskih naslaga u istraživanom području, i to s južnih obronaka Desiničke gore, izvršila je B. Ščavničar godine 1961.

P. Jović je godine 1964. u okviru geoloških istraživanja područja Đurmanec—Jesenje—Trakošćan odredio modalne analize pješčenjaka s tog područja.

Obrađujući sedimentne stijene Strahinšćice B. Šebečić (1969) iznosi mineralni sastav feldspatskog pješčenjaka gornjooligocenske starosti iz Gornjeg Kamenečkog. Slijedeće godine (1970) mineraloškom je analizom obuhvatio šire područje tih najstarijih terciarnih naslaga. Pri tome autor napominje da je na sjevernim obroncima Strahinšćice zastupan manji broj prozirnih zrnatih minerala negoli na južnim.

Veći broj analiza teške mineralne frakcije iz jezgri bušotina kod Pregrade izvršila je R. Mutić (1970). U okviru djelatnosti Jugoslavenske grupe za Paratethys obradila je također četiri modalne analize teške i lake mineralne frakcije iz pjeskovitih naslaga s područja Đurmanca i Radoboja. Rezultati analiza iz Radoboja objavljeni su u članku S. Muldini-Mamuzić (1975). Nadalje, prilikom geološke prospekcije na kvarcne pijeske godine 1977. R. Mutić odredila je mineralni sastav teške i lake frakcije uzoraka pijesaka iz zapadnog područja Hrvatskog zagorja.

A. Bojanić, J. Tišljar & V. Majer (1978) napominju da se u maceljskim pješčenjacima kao akcesorije javljaju zrnca cirkona, granata i turmalina.

MIOCENSKE NASLAGE

Rasprostranjenost i stratigrafska obilježja

Miocenske su naslage znatno rasprostranjene u sjeverozapadnom području Hrvatskog zagorja. One obrubljuju i diskordantno naliježu na paleozojsko-mezozojske komplekse izdignutih reljefa, što ih u isprekidanom nizu od zapada prema istoku čine: Koštrun, Desinička i Druškovačka gora, Vinagora, Kuna gora, Dunajeva gora i Strahinšćica. Te su naslage s južne strane tog planinskog niza ispresijecane tokovima Sutle, Kosteljine i Krapinice. Sjeverno od spomenutog područja ispitivanjem su obuhvaćene miocenske naslage između Sutle, Macelj gore, porječja Bednje do Ravne gore. Dohvat ispitivanja tih naslaga prema sjeveru uglavnom se podudara s granicom SR Slovenije (Tabla VI).

Gotovo sredinom navedenog područja pruža se od zapada prema istoku rasjed Hum—Brdo—Željeznica (Gorjanović, 1904a, 1904b), a koji bi na tabli VI približno odgovarao potezu Rogatec—Jesenje—Bednja. Taj rasjed dijeli miocenski razvoj istraživanog područja na dva nejednaka dijela, i to sjeverni i južni. Sjeverni je dio suvisliji i znatno je većeg prostranstva negoli južni. U tom je sjevernom razvoju definiran samo jedan stratigrafski član. Radi se o maceljskim pješčenjacima, koje je Gorjanović (1904a) uvrstio u donji miocen. Nedavno je tim pješčenjacima određena uža stratigrafska pripadnost, naime, pripadnost burdigalu (B o

jančić & al., 1978). Neriješeni su ostali problemi uže stratigrafske pripadnosti onih naslaga miocena koje se prostiru istočno i sjeveroistočno od maceljskih pješčenjaka. I uzorci naslaga iz profila Macelj ostali su zasad u širem stratigrafskom intervalu, tj. u donjem miocenu.

Južno od spomenutog rasjeda brojnije su zastupani miocenski stratigrafski članovi. Gorjanović (1904a, 1904b) je u tumačima i geološkim kartama Rogatec—Kozje i Krapina—Zlatar najstarijim tercijarnim naslagama pripisao oligocensku starost (Sotzka slojevi). Te su naslage kao i mlađe hornerske naslage ugljenonosne.

D. Anić (1952, 1960) odredio je na osnovi makrofaune gornjo oligocensku starost ugljenonosnih naslaga na potezu Krapina—Radoboj—Golubovec. U naslagama iz jezgri bušotina kod Pregrade, a koje su proizvede ugljenonosnih naslaga prema zapadu, L. Šikić & B. Jović (1969) su na osnovi mikropaleontoloških i palinoloških ispitivanja ustanovile, da su te naslage mlađe od naslaga gornjeg oligocena, odnosno da pripadaju donjem miocenu, i to akvitani. Također su tom prilikom utvrđene i tortonske naslage u istim bušotinama kod Pregrade.

Litološko-petrografska obilježja

Iz terenskih podataka, makroskopskih karakteristika, rezultata analiza u izbruscima i rezultata određivanja sadržaja kalcijevog karbonata i dolomita vidljivo je da su u izgradnji miocenskih naslaga zastupani različiti litološki članovi. U njihovom sastavu u širokom intervalu varira stupanj zaobljenosti, sortiranosti i raspon veličina sastojaka. Ta se raznolikost očituje i u sastavu detritalnih minerala i čestica stijena. U toj se litološkoj asocijaciji sedimenata susreću gline, pijesci, slabije do čvršće konsolidirani pješčenjaci, lapori, karbonatični pješčenjaci, kalkareniti i biokalkareniti. Raznolikost se također ističe i u količinskim odnosima, jer je dolazilo do miješanja dvaju ili više spomenutih litoloških članova. U naslagama akvitana, južno od rasjeda, javljaju se proslojci ugljena, dok su sjeverno uz sam rasjed zastupane tufne naslage. Iz svih navedenih litoloških članova izvršene su modalne analize teške mineralne frakcije.

U sastavu i strukturi uzoraka miocena nadasve je naglašen klastični karakter sastojaka. Zastupani su karbonatni i beskarbonatni sastojci. Ove su dvije komponente u izgradnji tih naslaga miješane u različitim omjerima, a zastupani su također potpuno beskarbonatni i gotovo potpuno karbonatni članovi. Karbonata nema u najstarijim tercijarnim naslagama na južnim obroncima Koštruna, Desiničke gore i u prvih sedam uzoraka iz najdonjeg dijela profila Vinagore. Te naslage, prema Gorjanovićevoj karti, odgovaraju oligocenu. Beskarbonatni su i nevezani uzorci akvitana. Međutim, uvjerljiviju predodžbu o prisutnoj ili odsutnoj karbonatnoj komponenti u naslagama toga stratigrafskog člana pokazuju rezultati određivanja kalcijevog karbonata u uzorcima jezgri bušotina kod Pregrade (Mutić, 1970). Ti rezultati pokazuju da je u sadržaju CaCO_3 dolazilo do oscilacija vezanih uz povremene marinske utjecaje u razvoju tih naslaga. Tortonski su uzorci južnog miocenskog razvoja predstavnici bioklastičnih karbonatnih stijena. One su nastale mehaničkom akumulacijom intrabazenskog detritusa, tj. vapnenačkih fosilnih forma i struktura, usitnjenih i kršenih njihovih ulomaka i karbonatnih čestica. I litogenih

karbonatnih sastojaka ima u tim uzorcima. Udio terigene primjese znatno varira u njihovom sastavu. Stoga su se i u rezultatima mineralne asocijacije pojavile razlike između uzoraka iz litoralnog područja i onoga iz dubljih marinskih nivoa. Uzorci sarmata također su nosioci obilježja karbonatnih klastita poput tortonskih, pa se i udio kalcijevog karbonata u tim uzorcima gotovo podudara s onim u tortonskim uzorcima. U sastavu nevezanih uzoraka panona opet je beskarbonatna terigena komponenta nadmašila karbonatnu.

U sastavu nekih uzoraka iz razvoja maceljskih pješčenjaka nema ni traga karbonatu. U ostalim uzorcima — kako se to razabire u izbruscima — susreću se više-manje raštrkana detritična zrna kalcita i dolomita. Kalcit je u ponekim uzorcima mjestimično precipitirao u pore i poprimio ulogu cementa. I sekundarni rast na pojedinim karbonatnim zrnima pridonio je razvoju cementa u pješčenjacima. Međutim, uzorci iz naslaga istočno i sjeveroistočno od maceljskih pješčenjaka postaju sve bogatiji karbonatom. U njihovom je sastavu karbonat predstavljen detritičnim zaobljenim zrnima kalcita i dolomita, njihovim zrnatim agregatima, rjeđe s vrlo dobro zaobljenim litogenim česticama, a nisu rijetke ni fosilne vapnenačke forme i njihovo kršje.

Kretanje vrijednosti mjerenih količina kalcijevog karbonata u analiziranim uzorcima iz naslaga miocena kao i njegova odsutnost prikazana je u drugoj koloni I. i II. tabele mineralnog sastava. Vrijednosti količina dolomita unesene su u treću kolonu tabele II.

Od 13 uzoraka pješčenjaka i pijesaka iz naslaga profila Macelj njih 10 sadrže u svom sastavu kalcijev karbonat, i to u ulozi cementa. Srednja vrijednost mjerenih količina CaCO_3 je 21,99%. Pojedinačna zrna i subromboedri dolomita primijećeni su tek u njihovoj teškoj mineralnoj frakciji. Ostala 3 uzorka iz tog profila nemaju karbonata u sastavu.

U izgradnji mineralnog sastava miocenskih naslaga detritalna je beskarbonatna komponenta odigrala glavnu ulogu. Osim kvarca, feldspata i listićavih minerala u izbruscima su pješčenjaka utvrđene čestice raznih vrsta beskarbonatnih stijena. Te su čestice neposredni predstavnici onih stijena iz kojih su potekli karakteristični teški minerali, a koji su se sada našli udruženi u pojedinim mineralnim asocijacijama. Pettijohn & al. (1972, str. 303) ističu da »same čestice stijena možda više negoli druge vrste zrna nose vlastiti dokaz o svojem porijeklu«. U sastavu nadasve prevladavaju čestice metamorfnih stijena. Zastupano je više varijeteta kvarcita: muskovitni, kloritni, zatim kvarcit prugaste teksture s izmjeničnom raspodjelom listićavih minerala i sitnozrnatog kvarcnog agregata, nadalje kvarcit s izduženim zrnima šivane teksture i valovitog potamnjenja i slično. Prisutne su zatim čestice čerta, gnajsa, izmijenjenih efuziva i tufova, slabo metamorfoziranih arenita (semišista) tinjčastog škrljca, sericit-kloritoidnog škrljca i druge. Poneke čestice kvarcita i gnajsa nose obilježja mehaničke deformacije svojstvene strukturama kataklazita. Također je na nekim česticama ostala dobro sačuvana primarna zajednica dvaju karakterističnih minerala kao npr. kloritoida i klorita, staurolita i distena (Tabla III).

Vezivo miocenskih pješčenjaka ponajčešće je hibridnog karaktera. Predstavlja mješavinu siltno-glinovitog matriksa donesenog s ostalim te-

rigenim materijalom i primjese usitnjenih raspršenih zrnaca karbonata. Taj omjer primjesa u vezivu naširoko varira u uzorcima. Karbonat kao cement, i to češće kao kalcit negoli kao dolomit, pridonio je čvrstoći većeg broja uzoraka pješčenjaka.

TEŠKI MINERALI

Metode rada

Ispitivanjem teških minerala u okviru ovoga rada obuhvaćena su 162 uzorka. Koliko se od tog sveukupnog broja uzoraka odnosi na pojedine stratigrafske članove vidljivo je na tabelama I. i II. Jedino je iz tehničkih razloga mineralni sastav 13 uzoraka iz naslaga profila Macelj prikazan samo na grafičkom prilogu na tabli V.

Za ispitivanje mineralnog sastava uzeta je od svakog uzorka frakcija veličina zrna u intervalu od 0,039—0,15 mm. Separacija teške i lake frakcije izvršena je pomoću bromoforma spec. tež. 2,89. Dobivena količina teške frakcije izražena je u težinskim postocima, a unesena je u treću kolonu tabele I. i četvrtu kolonu tabele II. U tim se kolonama susreću prilično visoki težinski postoci teške frakcije. Uvjetovani su razvojem autigenih minerala naročito piritita. I glaukonit je utjecao na količinu teške frakcije. Znatno je zastupljen u velikom broju uzoraka sjevernog razvoja miocena, osobito u maceljskim pješčenjacima. Glaukonit treba očekivati u lakoj frakciji, ali s porastom željezovite komponente u njegovom sastavu raste mu i gustoća, stoga je prilikom separacije dospijevao katkada i u tešku frakciju. Također veći broj uzoraka iz sjevernog razvoja miocena sadrži u teškoj frakciji detritalna karbonatna zrna. Ona su zaostala prilikom nekompletnog otapanja karbonata u kiselini kako bi se na taj način od razaranja i uništenja sačuvala neke mineralne vrste, naročito apatit.

Determinacija mineralnog sastava izvršena je pomoću polarizacionog mikroskopa i binokularne lupe. U svakom je preparatu izbrojeno 350 do 400, a katkada i do 450 zrna. Iz sveukupne količine izdvojena je skupina opakih zrna, listićavi minerali: klorit i biotit. Četvrta komponenta iz tog sveukupnog sastava predstavlja količinu svih prozirnih zrnatih minerala teške frakcije, a unesena je u četvrtu kolonu tog sastava. Unutar te skupine izračunato je procentualno učešće svake pojedine mineralne vrste, a rezultati su uneseni u tabele mineralnog sastava (Tabela I i II). Upravo ta skupina prozirnih zrnatih teških minerala predmet je ispitivanja u ovoj me radu.

Zbog terigeno-klastičnog karaktera sastojaka u velikom broju analiziranih uzoraka nedostajao je fosilni sadržaj na osnovi kojeg bi se mogla izvršiti njihova paleontološka odredba. Stoga je izdvajanje i okupljanje uzoraka u pojedine stratigrafske članove miocena izvršeno na osnovi terenskih podataka, makroskopskih karakteristika i nadasve na osnovi usklađivanja postignutih rezultata mineraloških analiza. U tom su nastojanju korišteni također rezultati mikroskopskih analiza, rezultati određivanja sadržaja karbonatne komponente, a u izvjesnoj su mjeri pripomogla i morfološka obilježja pojedinih mineralnih vrsta.

Petrografskim i sedimentološkim ispitivanjem uzoraka jezgri iz bušotina kod Pregrade (M u t i ć, 1970) utvrđena je asocijacija teških minerala iz naslaga donjeg miocena, odnosno akvitana, i tortona. Stoga su ti postignuti rezultati iz 1970. godine poslužili u ovome radu kao model pri izdvajanju mineralnih asocijacija u odgovarajućim miocenskim članovima u širem ispitivanom području.

Na osnovi tabelarnog prikaza mineraloških analiza i izdvojenih asocijacija po stratigrafskim članovima miocena izvršen je i grafički prikaz tih asocijacija pomoću pravokutnika. Horizontalna dužina tih pravokutnika označava veličinu srednje procentualne učestalosti pojedine mineralne vrste u uzorcima. Taj je procent zastupljenosti označen donjim brojem s desne strane pravokutnika. Vertikalna dužina pravokutnika označava količinu uzoraka u kojima je zastupana dotična mineralna vrsta, a što je također označeno gornjim brojem uz pravokutnik (Tabla V). Prostorna rasprostranjenost uzoraka istih mineralnih asocijacija u istraživanom području prikazana je istim simbolima (Tabla VI).

Rezultati mineraloških analiza uzoraka naslaga iz profila Vinagore tretirani su na tabeli I kao jedna cjelina. Mineralna asocijacija iz naslaga donjeg dijela tog profila — prvih sedam uzoraka — odlikuje se dobro izraženim svojstvenim mineralnim sastavom. Po tome, kao i po odnosu naslaga u profilu dobro je vidljivo ovo: 1) da su te naslage starije od paleontološki dokazanog tortona u profilu, i 2) da se dobro definirana izdvojena mineralna asocijacija tih naslaga ne podudara s asocijacijom naslaga donjeg miocena, odnosno akvitana.

Na grafičkom prikazu (Tabla V) nije međutim iskazan mineralni sastav uzoraka profila Vinagore kao na tabelarnom prikazu (Tabela I). Rezultatima mineraloških analiza uzoraka iz tog profila koji su oligocen?-miocenske pripadnosti pribrojeni su i rezultati onih uzoraka iz šireg ispitivanog područja kod kojih se pokazalo da su svojim mineralnim sastavom bliskiji uzorcima iz tog profila negoli mineralnom sastavu uzoraka akvitana. Iz tako formirane skupine uzoraka oligocen?-miocenske starosti učinilo se nadalje prikladnim da se izdvoje dvije različite asocijacije koje su kao takve i prikazane na grafičkom prilogu (Tabla V). Međutim, svi su ti uzorci obiju mineralnih asocijacija na karti rasprostranjenja analiziranih uzoraka prikazani istim simbolom (Tabla VI). A jer se zasada na osnovi postignutih rezultata pretpostavljaju oligocenske naslage u ispitivanom području, naročito na južnim obroncima Koštruna, Desiničke gore i Vinagore, to upitnik na grafičkom prikazu (Tabla V) i legendi na tabli VI simbolizira taj problem. Na isti su način mineraloške analize od sedam tortonskih uzoraka iz profila Vinagore pribrojene analizama ostalih tortonskih uzoraka te su tako na grafičkom prikazu te analize predstavljene jednom tortonskom mineralnom asocijacijom (Tabla V).

Mineralne vrste

Granati. Osim u naslagama oligocen?-miocenskim, gdje su zastupljeni tek sa 4,2% i 8,1% (Tabela I) i uzorcima iz tufnih naslaga, u svim ostalim članovima miocenskog razvoja granati su najučestaliji sastojci uzoraka. Visoko prevladavaju u sjevernom razvoju miocena naročito u razvoju maceljskih pješčenjaka, gdje se u sastavu velikog broja uzoraka učešće

granata penje do blizu 90%, a u tri uzorka i prelazi tu granicu, pa su ova tri uzorka gotovo monomineralna. Pretežno su zrna granata nepravilna, angularna, rjeđe zaobljena i sferična. Granati iz najstarijih naslaga, gdje im je zastupljenost vrlo niska, često su korodirani ne samo po obodnim dijelovima zrna, nego su nagriženi i izjedeni i centralni dijelovi zrna, pa takva zrna izgledaju kao skeleti ili samo relikti negdašnjih zrna (Tabla I.). Na svježim zrnima granata, naročito onim iz uzoraka sjevernog razvoja, više su izraženi učinci mehaničkog trošenja: stepeničaste površine zrna, izbojci po obodu zrna i školjkast lom. U uzorcima su zastupani bezbojni, svijetloružičasti i tamnoružičasti varijeteti granata. Vrlo svježiji granati bistri su, prozirni, ali nisu rijetke pojave granata s uklopljenom crnom nečistoćom poput prašine, dok su zrna s mineralnim inkluzijama prilično rijetka. Granati se odlikuju istaknutim reljefom. Optički su izotropni.

Turmalin. Stalan je sastojak svih analiziranih uzoraka. Jedino u dva uzorka iz tufnih naslaga nije utvrđen. Najobilniji je u sastavu najstarijih naslaga oligocen?-miocena, gdje predstavlja jednu četvrtinu od sveukupne količine prozirnih minerala. Njegovo učešće u preostalim skupinama minerala postepeno opada idući prema mlađim miocenskim članovima, gdje mu količina iznosi tek 4%.

Ma kako zrna turmalina bila trošna i izbljeđena i njihove prizmatske plohe reducirane gotovo do minimuma, ipak su te plohe bile uvijek pouzdan element za uočavanje paralelnog potamnjenja i apsorpcije jednoga od glavnih vibracionih smjerova u mineralu. Nije rijetka pojava autigenog rasta na zrnima turmalina. Taj je rast dobro izražen kao bistre, bezbojne, ponajčešće svijetlozelenkaste obojene zone, bilo oko zaobljenog detritalnog zrna turmalina, bilo oko pravilno ili nepravilno raspršene crne nečistoće u centralnim dijelovima zrna. Često ta nečistoća markira pravilne konture prvotnog kristalića. Ima u sastavu uzoraka i vrlo svježih polukristalića turmalina, nepravilnih i zaobljenih krhotinica kristalića i dobro zaobljenih zrna. Od obojenih su varijeteta zastupani: zeleni, zelenosmeđi, smeđi, smeđastozeleni i žućkastosmeđi. Ima i ružičastog turmalina, i to ponajčešće u najstarijim ispitivanim naslagama. Gotovo i nema uzorka u kojem se ne bi našla makar jedna nepravilna, redovito svježija krhotinica modrog turmalina. U uzorku iz akvitana, južno od Rogateca, a gotovo uz sam kontakt s tufnim naslagama utvrđene su svježije nepravilne krhotinice smeđocrvenog i crvenkastosmeđeg turmalina. Turmalin se odlikuje intenzivnim pleohroizmom. Potamnjuje paralelno.

Cirkon. Stalan je pratilac turmalina u svim analiziranim uzorcima. I učestalost mu se uglavnom podudara s onom od turmalina. Za razliku od turmalina zastupan je i u uzorcima iz tufnih naslaga. Zrna cirkona ponajčešće su sitna, dobro do vrlo dobro zaobljeni kratkoprizmatski kristalići, a oni iz najstarijih naslaga svojom dobrom zaobljenošću upućuju na dugo i višestruko prerađivanje. U uzorcima iz najstarijih naslaga primijećen je tamnoružičasti cirkon, a nisu rijetki ni zaobljeni kristalići cirkona s jasno vidljivim zonama rasta. Uz takve su kristaliće cirkona u tim uzorcima posebno ističu vrlo svježiji slaboružičasti i žućkastoružičasti izduženi prizmatski kristalići ili njihove svježije krhotinice. Ovaj varijetet cirkona vrlo često sadrži inkluzije cirkona poput sićušnih iglica. To su

obilježja vulkanogenog cirkona kakav se inače i drugdje susreće u naslagama tufova ili tufita. Cirkon karakterizira vrlo visoki reljef, visoke interferentne boje. Paralelnog je potamnjenja.

Rutil. Treći je član skupine rezistentnih minerala. U nekoliko uzoraka nije utvrđen kao niti u uzorcima iz tufnih naslaga. Pojačane koncentracije rutila izražene su u uzorcima iz južnog razvoja miocena, i to u uzorcima oligocen?-miocena s južne i sjeverne strane Koštruna i uzorcima akvitana sjeverno od Pregrade i Strahinšćice. U tim se uzorcima učestalost rutila kreće između 10 i 20%, a u svim ostalim uzorcima južnog razvoja zastupljenost mu je 5,8%. U uzorcima iz sjevernog razvoja učestalost mu je niža (3,6%), više je ujednačena. Spomenuti uzorci iz područja Koštruna kao i uzorci iz naslaga akvitana južno od Rogateca sadrže u svom sastavu krupnija i svježija zrna tamnocrvenog rutila. Zastupana su dobro do vrlo dobro zaobljena više-manje prizmatska žučkastosmeđa i smeđocrvena zrna rutila. Pa ipak, unatoč poznatoj otpornosti rutila na koroziju, u uzorku br. 20 iz skupine maceljskih pješčenjaka, primijećena su njegova prizmatska izdužena zrna čiji su krajevi sitno i oštro nazubljeni (Tabla II, sl. 7). Visokog je reljefa, tamni paralelno. Pleohroitičan je.

Staurolit. Po količinskoj učestalosti i promjenama unutar tih količina staurolit je iza granata drugi važan sastojak miocenskih uzoraka. Simptomatičan je za južni razvoj miocenskih naslaga, jer upravo u tom razvoju količine su njegove učestalosti i bile kriterij u izdvajanju, odnosno okupljanju uzoraka u odgovarajuće stratigrafske članove, pa i one koje su pod upitnim znakom. Najočitiije je odskočila učestalost staurolita u asocijaciji minerala u uzorcima iz najstarijih naslaga, odnosno starijih od akvitana. U prvoj asocijaciji odozdo na tabli V prosječna je količina staurolita 4,7%, da odmah zatim u slijedećoj asocijaciji staurolit postane dominantnim mineralom s učestalošću od jedne trećine u odnosu na sveukupan sastav prozirnih zrnatih minerala. U tim su uzorcima zrna staurolita ponajkrupnija i ponajsvježija.

Istih morfoloških osobina, ali sada u podređenoj količini zbog prioritnog granata, staurolit je i u asocijaciji akvitana s učešćem od 18,4% također ostao značajna komponenta mineralnog sastava. Na osnovi modela mineralne asocijacije akvitana iz bušotine kod Pregrade i mineralnog sastava ovih uzoraka, tj. istog razvoja, našli su se i u sjevernom razvoju miocena uzorci s podudarnom mineralnom asocijacijom. Iz sveukupnog mineralnog sastava uzoraka iz sjevernog razvoja miocena, kako se to razabire na tabli V, staurolit je najučestaliji u sastavu uzoraka iz naslaga profila Macelj. U sastavu svih preostalih uzoraka, njih 66, zastupljenost je staurolita vrlo promjenljiva i neujednačena, a polovica uzoraka iz skupine maceljskih pješčenjaka staurolita uopće nema u sastavu.

Staurolit je u uzorcima ponajčešće nepravilan, angularan; s porastom korozije zrna postaju nazubljena poput pile, perforirana i najzad od takovih se zrna vide samo zaostaci obojeni njihovom karakterističnom žutom bojom. Katkada se u pojedinim uzorcima nađu različiti tipovi tako korodiranih zrna, a prava su rijetkost ona zrna na kojima su sačuvane prizmatske plohe. Posljedice trošenja staurolita očituju se i u stepeničastoj površini zrna i promjeni boje. Originalna bistra žuta boja postaje trošenjem postepeno sivožuta, smeđastoružičasta ili smeđastožuta. Osim onih zrna staurolita iz najstarijih naslaga od kojih neka sadrže ukloplje-

nu crnu nečistoću, zrna su staurolita ponajčešće bistra i prozirna, pleohroitična su u izrazito čistim nijansama žute boje, i to od slabo do jako žute. Odlikuje se istaknutim reljefom. Na jednoj lijepoj kalotini staurolita smjerom (010), tj. okomitoj na glavni vibracioni smjer X određeno je paralelno potamnjenje s prvom osi, zatim kut optičkih osi $2V = +89\frac{1}{2}^\circ$ uz jaku disperziju $r > v$. Kut optičkih osi određen je konoskopski direktnim opažanjem obiju optičkih osi. Za kut (010 : 001) izmjereno je 90° . Ujedno je određen pleohroizam u smislu $Y =$ slabo žućkast, $Z =$ jako žut.

Disten. Poput staurolita disten je po zastupljenosti također značajan sastojak asocijacije miocenskih naslaga. U uzorcima naslaga sjevernog razvoja miocena disten je upravo akcesoran, susreće se u tragovima. U razvoju maceljskih pješčenjaka jedva je zastupljen tek s nekoliko zrna. Disten se gotovo redovito pojavljuje u izduženim pločastim prizmatskim zrnima s dobro vidljivim sistemima kalavosti prema (100) i (010). Ti sistemi kalavosti uz koso potamnjenje pouzdani su elementi za prepoznavanje distena, naročito kod zaobljenih zrna. Susreću se i takva zrna distena koja su poput napetog luka lagano savijena oko osi [010] i katkada malo napukla.

Prvi počeci trošenja distena očituju se u širenju pukotinica kalavosti. Upravo tim pukotinicama korozija brazdi, proširuje ih i stvara pravokutne izjedine između susjednih pukotinica. Zrna postaju sve dublje i dublje nazupčana, prugasta i konačno od prvotnog zrna zaostanu sićušni izolirani relikti u konturama negdašnjeg originalnog zrna (Tabla I, sl. 24 i 25). Trošenje distena vodi i do nastajanja zrna fibrozne strukture. U intenzivnije korodiranim zrnima katkada se vide smeđaste limonitične mrlje ili prevlaka koja se tu i tamo dublje uvlači u pukotinice. Zupčasti izbojci i svježe gotovo pravokutne konture prirastanja oko zaobljenog matičnog zrna distena također su primijećene na nekim zrnima. Bezbojna su i prozirna zrna distena. Vrlo su rijetko primijećena svijetlomodrikasta pleohroitična zrna kao i zrna s mineralnim inkluzijama. Disten se odlikuje visokim reljefom, kosim potamnjenjem i osrednjim dvolomom. Na zrnu distena, debelom 0,05 mm, koje je predočeno na tabli I, sl. 19, određeni su ovi podaci: kut potamnjenja $[001] \wedge Z' = 29\frac{1}{2}^\circ$, kut optičkih osi $2V = -80\frac{1}{4}^\circ$ uz disperziju $r > v$ i $(010 : 100) = 73\frac{1}{2}^\circ$. Veličina kuta optičkih osi određena je konoskopski direktnim namještanjem obiju optičkih osi.

Andaluzit. U sveukupnoj mineralnoj asocijaciji miocena vrlo je rijedak mineral. Utvrđen je tek u nekoliko uzoraka, i to u uzorku kod Desinića, Rogateca i u uzorku br. 22 južno od Ravne gore. Izdužena i nepravilna zrna andaluzita bezbojna su, vrlo svježja, a neka sadrže uklopljenu crnu nečistoću u vidu sićušnih mrlja. Odlikuje se izrazitim pleohroizmom, i to u smjeru paralelno izduženju zrna je svijetloružičast do tamnoružičast, a okomito na izduženje je bezbojan. Visokog je reljefa, potamnjuje paralelno. Na zrnu andaluzita na tabli II, sl. 8 određeno je direktnim konoskopskim namještanjem jedne optičke osi $2V = -86^\circ$ uz pleohroizam X je ružičast, Y je bezbojan. Slični podaci za pleohroizam dobiveni su i na jednom drugom zrnu andaluzita.

Titanit. Za titanit se može reći da je sastojak uzoraka južnog razvoja miocenskih naslaga, i da ga praktički gotovo nema u sjevernom razvoju

miocena, gdje je primijećeno u svemu samo nekoliko njegovih zrna. Učestalost titanita najviše je izražena u uzorcima panona. Njegova redovito kuglasta zrna odlikuju se visokim reljefom, visokim indeksom loma i jakim dvolomom kao i pomanjkanjem totalnog potamnjenja namjesto čega se pojavljuje anomalna modra boja. Bezbojan je, katkada pleohroitičan u vrlo slabim zelenkastožutim i žućkastosmeđim bojama.

Kromit. U sveukupnoj miocenskoj asocijaciji učestalost se kromita mijenja od uzorka do uzorka. Uspoređujući njegove srednje procentualne vrijednosti učestalosti u pojedinim asocijacijama jasno se uočuje kako zastupljenost kromita postepeno opada idući od najstarijih članova prema najmlađem članu, tj. panonu, gdje ga u sastavu zapravo ni nema. Najveća koncentracija kromita (12,6%) utvrđena je u uzorku iz akvitana nedaleko Radoboja. U sjevernom razvoju miocena kromit je znatno rjeđi. Javlja se u nepravilnim svježim smeđastocrvenim i tamnocrvenim krhotnicama, koje su samo u tankim rubnim dijelovima providne.

Apatit. Učestalost je apatita ne samo znatna u ispitivanim uzorcima, nego je ona ujedno i najnemirnija kako u cjelokupnom sastavu miocenskih uzoraka, tako i u pojedinim asocijacijama idući od uzorka do uzorka. U pet uzoraka iz profila Vinagore idući odozdo u sastavu nema apatita (Tabela I). Najobilniji je apatit u uzorcima tortona. Idući od tortona bilo prema starijim ili prema mlađim članovima miocena postepeno mu se količina smanjuje. Značajan je sastojak mineralne asocijacije uzoraka iz tufnih naslaga (Tabela II).

Za razliku između svih utvrđenih mineralnih vrsta apatit je po svojim morfološkim obilježjima porijeklom iz različitih matičnih stijena: metamorfnih, vulkanogenih, starijih sedimentnih klastičnih stijena i starijih piroklastita. Varijetet apatita vulkanogenog porijekla više-manje stalno prati sastav cjelokupnog mineralnog sklopa teške frakcije kako južnog, tako i sjevernog miocenskog razvoja. U prilog toj konstataciji neka posluže i rezultati izdvajanja takvoga apatita u analizama jezgri iz bušotina kod Pregrade (M u t i ć, 1970). Takav je apatit uglavnom prizmatskog habitusa. Pretežno su to sitni, tanki stupičasti kristalići, često s vidljivim terminalnim ploham, vrlo su svježi i bistri, a neki su s pleohroitičnom jezgrom u sivkastožadimljenim nijansama. Taj varijetet apatita vrlo često sadrži uklopljene igličaste inkluzije stakla, koje su gotovo redovito paralelne s glavnom osi [001]. Susreću se i kršena takva zrna i polukristalići (Tabla II, sl. 19—22). Dobro do dobro zaobljena i pomalo zamučena ili fino isprutana takva zrna porijeklom su iz starijih piroklastičnih naslaga. Naprotiv, apatit iz metamorfnih stijena krupniji je i dobro zaobljen, kuglast ili jajast, a sadrži često uklopljenu crnu nečistoću koja izgleda poput prašine. Trošenje apatita nije uvijek završeno zaobljavanjem zrna. To je trošenje, naročito u uzorcima iz najstarijih naslaga, i dalje uznapredovalo. Učinci daljnjeg trošenja apatita vide se u prutastoj građi i u sićušnom igličastom nazubljenju. Katkada su takva zrna duboko izjedena, stanjena, te se jedva moglo utvrditi radi li se tu uopće o apatitu (Tabla I, sl. 26—32). Ona su primijećena u sastavu uzoraka kod Radoboja, Đurmanca, u uzorku južno od Koštruna i sjeverno od Ravne gore. Apatit se odlikuje srednjim reljefom, visokim indeksom loma i slabijim dvolomom. Optički karakter zone izduženja negativan je.

Epidot. Učešće je epidota također kao i apatita vrlo promjenljivo. Najviše mu količine osciliraju u uzorcima iz akvitana, ali u tom razvoju ima uzoraka i bez epidota. Simptomatične su njegove koncentracije u uzorcima panona, one su u nekim uzorcima nadmašile koncentracije i samoga granata, te tako u tim uzorcima epidot dominira u sastavu. Srednja mu je procentualna zastupljenost u uzorcima panona 36,7% u odnosu na sveukupni sastav prozirnih zrnatih minerala. U nekim uzorcima gornjeg miocena epidot je bio kritički mineral obzirom na učestalost, na osnovi koje je izvršeno okupljanje uzoraka u panon. U sastavu sjevernog razvoja miocena epidot je u prosjeku predstavljen samo s jednim postotkom učešća. Zrna su epidota nepravilna do slabo sferična. Izdužena prizmatska zrna, ili krhotinice takvih zrna, nisu rijetka u sastavu uzoraka panona. Bezbojan je, a pleohroitičan je njegov žučkastozeleni varijetet, koji se inače najčešće susreće u panonu. Epidot je jakog pozitivnog reljefa. Izdužena prizmatska zrna smjerom osi [010] potamnjuju paralelno. Svježija zrna interferiraju u vrlo živim bojama.

Kloritoid. Ovaj mineral gotovo redovito prati ostale mineralne vrste kroz sve izdvojene mineralne asocijacije miocena. Najslabije je zastupan u uzorcima razvoja maceljskih pješčenjaka, gdje je u većem broju uzoraka odsutan. Veoma je značajno učešće kloritoida u sastavu uzoraka iz najstarijih naslaga, i to naročito u prvoj izdvojenoj asocijaciji idući odozdo (Tabla V). U tu su skupinu uključena još dva uzorka koja se naročito odlikuju obilnim kloritoidom. To je uzorak iz profila Vinagore, drugi po redu idući odozdo (Tabela I). Sadrži 27,2% kloritoida. Drugi, kloritoidom još obilniji uzorak, uzet je s jalovnika zapadno od Radoboja, a sadrži 44,2% kloritoida. U daljnjim mlađim članovima miocena kloritoid je sve rjeđi, predstavljen je tek s jednim ili s nekoliko listića.

Zbog vrlo dobre kalavosti kloritoid se ponajčešće javlja u obliku kršenih nepravilnih, rjeđe pseudoheksagonskih tanjih ili debljih listića, a zrnati su individuumi veoma rijetki. Uglavnom je vrlo svjež, zadimljeno svijetlomodrikaste boje i izrazitog je pleohroizma u zelenkastim i modrikastim nijansama. U pleohroitičnim bojama na nekim svježim zrnima primijećena je i žuta nijansa. Kloritoid katkada sadrži mineralne inkluzije ili uklopljenu crnu nečistoću poput prašine. U jednom je listiću, u uzorku gdje je kloritoid dobro zastupljen u sastavu, primijećen pravilan raspored uklopljenih sličnih cirkona, nanizanih po duljini kristalića, i to u nekoliko paralelnih nizova. Svi su ti nizovi — čini se — malo povijeni i zakrivljeni. Isto je tako na više listića primijećena fina crna nečistoća raspoređena poput spomenutih nizova što ih čine kristalići cirkona. Kloritoid se odlikuje jasnim pozitivnim reljefom, malim do umjerenim dvolomom. Na kloritoidu iz uzorka s jalovnika nedaleko Radoboja utvrđeno je da je optički dvoosan pozitivan i sa snažnom disperzijom kuta optičkih osi, $r > v$.

Amfiboli. Iz skupine amfibola posebno je izdvojen glaukofan o kojemu će biti riječi kasnije. Pojava i učestalost amfibola uglavnom je ograničena na sjeverni razvoj miocenskih naslaga. Njihovo značajno učešće naročito je došlo do izražaja u sastavu uzoraka iz tufnih naslaga. U južnom razvoju miocenskih naslaga amfiboli su jedino malo zastupljeni u uzorcima iz naslaga akvitana i tortona.

Amfiboli iz tufnih naslaga odgovaraju zelenoj, smeđastozelenoj, zelenkastosmeđoj i smeđoj *hornblendi*. To su izrazito prizmatska, katkada pločasta zrna bez terminalnih ploha. Krajevi su im kršeni, katkada vrlo slabo zaobljeni, a susreću se i oštro nazubljena zrna kao i zrna s otupljenim igličastim završecima. Učincima trošenja obilježena zrna amfibola, kakva se susreću u ostalim uzorcima, po svoj su prilici također vulkanogenog porijekla, ali iz starijih faza eksplozivne aktivnosti. Među tim amfibolima ima i nešto sitnijih prizmatskih zrna koja su onečišćena i izblijeđena i ne uklapaju se u tu vulkanogenu svojtu amfibola. Takva se zrna odlikuju svijetlomodrikastim do zelenkastomodrim pleohroizmom. Amfiboli potamnjuju koso. Optički karakter glavne zone izduženja je pozitivan.

Na zrnu amfibola prikazanog na tabli II, sl. 27, na kojem je izvršeno mjerenje, određeno je teodolitno konoskopskim direktnim opažanjem obiju optičkih osi $2V = -72^{\circ}/3^{\circ}$ i $[001] \wedge Z = 19^{\circ}/4^{\circ}$. Opažen je pleohroizam $Y =$ smeđ, $Z =$ tamnozelenkasto smeđ. Na jednom drugom zrnu određeno je na isti način $2V = -72^{\circ}/4^{\circ}$. Spomenuti pleohroizam bio je opažen na većini amfibolnih zrna. Rjeđe je bio primijećen pleohroizam $Z =$ zelen, $Y =$ smeđastozelen kao npr. na zrnu prikazano na sl. 26, na tabli II.

Glaukofan. Premda se ne može govoriti o nekoj naročitoj učestalosti glaukofana, ipak se može reći da je češći u naslagama miocena južnog razvoja negoli sjevernog. To se naročito odnosi na naslage iz profila Vinagore. U mlađim članovima miocena, tj. u uzorcima tortona i panona nema uopće glaukofana u sastavu, dok je u mineralnom sastavu uzoraka sarmata primijećeno samo jedno zrno tog minerala. Glaukofan se pojavljuje i u naslagama sjevernog razvoja miocena, i to u uzorcima naslaga profila Macelj. Ali u preostalom velikom broju uzoraka tog razvoja glaukofan je predstavljen u svemu tek s nekoliko zrna. Glaukofan dolazi ponajčešće u kratkim prizmatskim zrnima. Makar koliko bila zrna korodirana, onečišćena na završecima zrna, izblijeđena, ipak ih otkriva njihov karakteristični pleohroizam u modrim i ljubičastim bojama. Glaukofan se odlikuje umjereno visokim reljefom i malim dvolomom. Potamnjuje koso, a maksimalni kut potamnjenja vrlo je malen, između 4 i 6 stupnjeva. Optički je karakter zone izduženja pozitivan.

Na jednom od 2 zrna glaukofana određeno je teodolitno konoskopski mjerenjem obiju optičkih osi $2V = -52^{\circ}$ sa disperzijom $r > v$ uz pleohroizam $Z =$ modar, $Y =$ ljubičast, $X =$ slabožučkast. Uz isti pleohroizam na drugom je zrnu određen kut maksimalnog potamnjenja $[001] \wedge Z = 5^{\circ}/2^{\circ}$.

Brukit. Vrlo se rijetko susreće u uzorcima, a i tada samo s jednim, rijetko s dva zrna. Prosječna mu je zastupljenost po asocijacijama niža od 1%. Nepravilan je, vrlo se rijetko na zrnima razabire djelić neke plohe. Izrazitog je reljefa.

Korund. Od svih ispitanih mineralnih vrsta korund je najrjeđi sastojak u mineralnom sastavu miocenskih naslaga. Pojavljuje se uglavnom u naslagama starijim od miocena, zatim u donjomiocenskim naslagama, i to južno od Koštruna, Desiničke gore, Vinagore i u naslagama nedaleko Đurmanca. Najviše ga ima u uzorku s južnog obronka Strahinšćice nedaleko Radoboja, gdje predstavlja 12% u odnosu na sveukupan sastav prozirnih

zrnatih minerala. Korund dolazi u nepravilnim, uglatim, svježim, bezbojnim do slabo ružičastim zrnima. Zastupan je i modri korund, ali je on rjeđi (Tabla II, sl. 13). Na nekim zrnima korunda primijećeno je romboedrijsko lučenje. Izrazitog je reljefa i niskih interferentnih boja. Optičkim je ispitivanjima utvrđeno da je jednoosan i negativan.

TROŠENJE MINERALA I INTERPRETACIJA REZULTATA

Zajednice teških minerala u klastičnim naslagama rezultat su različitih kemijskih i fizičkih procesa. Ako želimo protumačiti mineralni sklop, koji se nalazi u nekom sedimentu, tada trebamo, kako smatra *Andel* (1959), uzeti u obzir sve modifikacije koje ti sklopovi proživljavaju od izvorne stijene pa sve do konačnog sedimenta. Zbog toga, nastavlja isti autor, mogu se u mineralnom sastavu sedimenta očekivati da će nastati ove promjene:

1. promjene nastale trošenjem i u predjelu porijekla i u taložnoj sredini,
2. promjena nastala mehaničkom abrazijom i razaranjem za vrijeme transporta,
3. promjena prouzročena selektivnim sortiranjem prema veličini, obliku i gustoći zrna,
4. promjena nastala kemijskim trošenjem poslije taloženja, tj. za vrijeme dijageneze («intrastratal solution», *Pettijohn*, 1957).

O učincima trošenja minerala u svjetlu tih promjena bilo je već govora kod opisa pojedinih mineralnih vrsta; u pitanju su uvjeti zbog kojih je dolazilo do tih promjena, a prema tome i do promjena u sastavu mineralnih asocijacija.

1. U sastavu prve asocijacije iz najstarijih naslaga oligocen?-miocena (Tabla V) prevladava grupa rezistentnih minerala: turmalin, cirkon i rutil. U uzorcima su udružena njihova zaobljena zrna porijeklom iz starijih klastičnih sedimentnih stijena kao i zrna koja ne pokazuju u tolikoj mjeri tragove mehaničkog trošenja. Kloritoid je također značajan u sastavu te asocijacije, vrlo je svjež, prate ga klorit i epidot. Ima ga i u sukcesiji ostalih asocijacija miocena, ali njegov intenzitet u uzorku s jalovnika nedaleko Radoboja i u drugom uzorku iz profila Vinagore idući odozdo (Tabla I), mogao bi biti simptomatičan. Vjerojatno njegovu matičnu stijenu ne treba daleko tražiti. Na to upućuju i vrlo svježe čestice sericit-kloritoidnog škriljca u izbruscima nekih uzoraka pješčenjaka. Kloritoid potječe iz metamorfne stijene čiji je postanak vezan za viši stupanj niskog metamorfizma nekog željezom obogaćenog pelitskog sedimenta.

Mineralna asocijacija iz najstarijih naslaga druga odozdo po redu (Tabla V) količinskim udjelom staurolita s distenom predstavlja mineralno osvježenje uvjetovano vjerojatno nekim značajnijim događajem u emigriranom području, gdje su na dohvat eroziji došle stijene visokog stupnja metamorfoze. U obadvojema je tim asocijacijama također značajna pojava glaukofana. Taj se mineral javlja samo u metamorfnim stijenama: krista-

lastim škriljcima i gnajsu. Neujednačeno učešće apatita i minimalna zastupljenost granata u tim asocijacijama može se vjerojatno pripisati nestabilnosti obiju mineralnih vrsta u tim taložnim sredinama.

Sklop mineralnih vrsta u uzorcima iz naslaga akvitana obogaćen je znatnim učešćem granata. I tako formirana granat-staurolit-distenska asocijacija predstavljat će glavnu komponentu mineralnog sastava miocenskih uzoraka naročito u onim iz južnog razvoja. Kako se razabire iz tabularnog prikaza mineralnog sastava na tabeli I. i grafičkog prikaza na tabli V, ovo je ujedno najbogatiji, donekle i najnemirniji sklop mineralnih vrsta iza kojeg stoji vrlo složen petrografski sastav izvornih stijena. Mineralne vrste utvrđene u starijim i u ovim naslagama egzistirat će u svim miocenskim naslagama, pa makar bile predstavljene samo s 1—2 zrna.

»Prvo pojavljivanje novog minerala u sukcesiji naslaga obično se uzima kao reperni horizont« (Suter, vidi Griffiths, 1967, str. 214). Iako se ovo ne bi moglo doslovce uzeti za samu pojavu epidota u naslagama panona, jer ga ima ponešto i u starijim naslagama, količina epidota je ono na čemu se zasniva reper za okupljanje uzoraka u tu stratigrafsku jedinicu. Količina epidota u tim uzorcima vjerojatno predstavlja neki značajan događaj koji se zbio izvan bazena sedimentacije. »Mnogi stratigrafski prekidi ili diskordancije označene su naglim promjenama u asocijaciji akcesornih minerala« (Hedberg, vidi Griffiths, 1967, str. 214).

Pouzdani vjesnici vulkanske aktivnosti u razvoju miocenskih naslaga opet su teški minerali, odnosno varijeteti nekih mineralnih vrsta s posebnim morfološkim obilježjima. To su u prvom redu apatit, amfiboli, cirkon i biotit. U toj vulkanogenoj asocijaciji utvrđeno je samo jedno zrno zaobljenog hiperstena. Epizode oživljavanja vulkanske aktivnosti zbivale su se u vrijeme razvoja donjomiocenskih i tortonskih naslaga, što se zaključuje iz pojave tih minerala. To su pokazali i rezultati analiza teške frakcije u uzorcima iz bušotina kod Pregrade (Mutić, 1970).

2. Drugi faktor, koji je teoretski u stanju da modificira sklop teških minerala, jest selektivno mehaničko uništenje za vrijeme transporta. Premda se eksperimentiranjem uspjelo pokazati da postoji znatna razlika među raznim vrstama minerala na izdržljivost, *Andel* na osnovi studija na prirodnim primjerima zaključuje da nije dokazan znatan učinak mehaničkog uništenja mineralnih vrsta u velikim rijekama: Mississipiju i Rajni. Za uništenje mehanički manje stabilnih sastojaka za vrijeme transporta, nastavlja autor, sigurno se traži da i vrijeme i energija budu veoma veliki.

Neujednačen razvoj miocenskih naslaga na istraživanom području koji je uvjetovan eventualnim barijerama ili više-manje izoliranim taložnim sredinama vjerojatno isključuje veliku energiju transportnog sredstva. Veliku energiju tog sredstva isključuju subzaobljena i zaobljena zrna distena. *Krynine* (vidi *Pettijohn*, 1957, str. 554) je uvrstio disten u kritične minerale; smatra ga, naime, indeksom za brzinu toka, jer se disten do izvjesnih jačina procesom nošenja postepeno zaobljava, ali iznad tih granica jačine disten biva kršen. Zaobljen apatit s pleohroitičnom jezgrom ili takav vulkanogeni apatit sa zaobljenim autigenim rastom vjerojatno je poprimio takva obilježja prerađivanjem i pretaloživanjem, a ne nekim transportom u jakoj vodenoj struji.

3. Selektivno sortiranje prema veličini, obliku i gustoći zrna moglo je utjecati na modifikaciju ovih mineralnih asocijacija. To se u prvom redu odnosi na visoku dominaciju granata u uzorcima sjevernog razvoja. Smatra se da se veliko obogaćenje granatima može ostvariti u dugom transportu krupnozrnatog pijeska (Wieseneder, 1953). I Anderson je sklon mišljenju da na selektivno sortiranje više utječe veličina negoli gustoća zrna.

Među analiziranim uzorcima, a naročito onima koji su bogati granatima, i nema uzorka u kojima bi bila zastupana bilo samo svježja, angularna, kršena zrna granata, bilo samo trošna, onečišćena, zaobljena i korodirana zrna. Te koncentracije granata predstavljaju mješavinu zrna s jednim i drugim morfološkim obilježjima. Odnos tih primjesa vrlo je varijabilan, pa je sad jedan, sad drugi varijetet više-manje u predomnaciji. U struju donosa svježeg materijala pristizao je također detritus i iz nekog drugog izvora. Po stupnju zaobljenosti kvarca i čestica kvarcita s kojima su u uzorcima udruženi i granati, zaključuje se da im je prethodilo dugo prerađivanje, ili je taj detritus porijeklom iz nekog zrelijeg arenitskog sedimenta koji se provlačio kroz nekoliko erozionih ciklusa.

I faktor oblika, kako ističe Pettijohn (1957, str. 53—55) utječe na razvoj sedimenta. Pojedini su nivoi iz akvitanskih naslaga u jezgri bušotina kod Pregrade, kako se to već ranije utvrdilo, krcati listićavim mineralima: tinjcima i kloritom. Njihovo taloženje isključuje okolnosti visoke hidrodinamske energije. Prema Pettijohnu detritični listićavi minerali talože se s finim pijeskom i siltom, a ne s krupnim materijalom s kojim su bili udruženi u matičnoj stijeni. Upravo zbog selektivnog sortiranja prema veličini, obliku i gustoći zrna, što je posljedica stupnja turbulencije u taložnoj sredini, došlo je do formiranja dviju modifikacija mineralnih asocijacija u južnom razvoju tortonskih naslaga. Mineralna asocijacija uzoraka tortona iz litoralnog područja gotovo je identična onoj starijoj, akvitanskoj (Šćavničar, 1961; Mutić, 1970, str. 233) za razliku od one asocijacije iz dubljih marinskih naslaga, a koje su predstavljene u profilu Vinagore (Tabla I).

4. Procesom kemijskog trošenja minerala nakon taloženja obuhvaćeno je trošenje minerala u površinskim uvjetima i trošenja međuslojnim otapanjem u dijagenetskim uvjetima. U tim se taložnim sredinama isprepliću različiti faktori koji uvjetuju promjene na mineralnim zrnima: salinitet, pH površinskih i dubinskih voda, propustljivost naslaga, poroznost, porast topline s dubinom, tlak, organska tvar i dr. S jedne strane ti faktori pospješuju različitu razgradnju minerala (otapanje, promjena boje, unutarnja izmjena sastava), a s druge strane oni dovode do razvoja prevlaka u obliku tankih filmova po površinama zrna, do autigenog rasta na mineralima i do razvoja autigenih idiomorfni minerala. Wieseneder & Maurer (1958, vidi Nickel, 1973) obrazlažu koroziju teških minerala u bečkom bazenu visokom količinom slobodnog CO₂ u dubini od 6.000 metara.

Proces solucije minerala već je desetljećima u središtu pažnje mnogih istraživača. Iz brojnih literaturnih podataka, koji govore o nastojanjima u rješavanju problema kemijskog trošenja minerala poslije taloženja, izdvajaju se uglavnom dva mišljenja. Pettijohn (1957), Wieseneder (1953, 1958, vidi Nickel, 1973, str. 5) i drugi dovode nestajanje

bilnost mineralnih vrsta u vezu s porastom geološke dobi i dubinom ukopanih naslaga. Pettijohn (1957, str. 676—677) smatra da je »... moguće, a možda i vjerojatno, da su stariji sedimenti izgubili manje stabilne vrste usljed međuslojnog otapanja ... i da se nametnula misao, da su zone teških minerala zone stabilneta i da one duguju svoje postojanje i značaj selektivnom nestajanju manje stabilnih vrsta pomoću međuslojnog otapanja«. Andel (1959) se ne slaže s mišljenjem Pettijohna, jer smatra, ako je međuslojno otapanje doista toliko važno, onda većina stratigrafskih i paleogeografskih zaključaka ne bi imali nikakva značenja. Kad bi međuslojno otapanje bilo uistinu glavni razlog da se formiraju zone teških minerala, onda bi porast korozije na strukturama mineralnih zrna trebao biti evidentan na cijelom njihovom putu u vremenu i dubini prema starijim naslagama dok konačno ne bi potpuno iščezla mineralna zrna. Svoje mišljenje Andel potkrepljuje i rezultatima Sarkissiana (vidi Andel, 1959) koji u svojoj opširnoj studiji ističe da permske, trijaskke i tercijarne naslage istog područja sadrže iste vrlo nestabilne mineralne vrste.

Druga je skupina znanstvenika eksperimentalnim putem istraživala kemijsku stabilnost različitih silikatnih minerala u uvjetima površinskog trošenja i međuslojnog otapanja. Jedan od najvažnijih rezultata tih nastojanja do kojih je došao Correns (1939, vidi Nickel, 1973) jest taj, da se pojedine komponente minerala otapaju u obliku iona, i da postepeno ionskom razgradnjom kristala i otapanjem sastojaka originalnog sastava — naročito iona metala — zaostaju na površini zrna vrlo tanke rezidualne naslage. Sastav te rezidualne tanke naslage ovisi o tome koliko je individualnih komponenata otopljeno i koliko je vremena trebalo da se postigne kongruentno otapanje, kada su sva mineralna zrna prekrivena rezidualnim naslagama konstantne debljine.

Sekvencije stabilneta mineralnih vrsta do kojih je eksperimentalnim putem došao Nickel (1973) slične su empiričkim sekvencijama u uvjetima površinskog trošenja i onima u dijagenetskim profilima. Prvo se trošenje zbiva u kiselim uvjetima sa pH — 5,6 dok se međuslojno otapanje u dijagenetskim uvjetima odvija u području vrijednosti pH od 5,6—10,6. Jedan od najvažnijih nalaza do kojih je došao spomenuti autor jest niska stabilnost apatita i granata u kiselim uvjetima trošenja i njihova visoka stabilnost u dijagenetskim uvjetima intrastratnog otapanja. Među ostalim autor ističe i to kako je turmalin jedan od najrezistentnijih minerala u jednim i drugim uvjetima trošenja. Turmalin je, čini se, zaštićen ekstremno debelom rezidualnom naslagom.

Porastom geološke dobi i dubinom naslaga (bušotine kod Pregrade) nije u utvrđenim mineralnim asocijacijama došlo do redukcije niti jedne mineralne vrste. Istina, tercijarne naslage, i to još miocenske, uistinu su mlade naslage u odnosu na one iz davne geološke prošlosti. Pa i u ovoj kratkoj geološkoj povijesti naslage su, a prema tome i mineralne vrste, bile izložene i površinskom trošenju i međuslojnom otapanju.

Najizrazitije promjene kemijskog karaktera među mineralnim vrstama utvrđene su na apatitu, distenu, granatu i staurolitu (Tabla I). Reliktne strukture agresivnog otapanja tih minerala ponajviše su utvrđene u uzorcima iz naslaga starijih od akvitana, i u samom akvitane. Uzorci iz najstarijih naslaga su beskarbonatni. I znatno veći broj akvitanskih uzoraka

nema karbonata u sastavu. To su rastresiti uzorci uzeti s površine i samo je malen broj onih koji su slabo vezani. Rđastosmeđe i žućkastocrvenkaste prevlake na brojno zastupljenim opakim zrnima u tim uzorcima upućuju na površinsko trošenje u oksidativnim uvjetima. Dobivene vrijednosti pH 5,09 i 6,00 dvaju uzoraka gline iz najdonjih naslaga profila Vina-gore odgovaraju kiselim uvjetima trošenja minerala. Mala učestalost granata u naslagama starijim od akvitana moguće je posljedica njegove niske stabilnosti u tim uvjetima. Reliktne strukture kemijskog trošenja mineralnih vrsta koje su utvrđene u uzorcima iz tih naslaga primijećene su na istim mineralnim vrstama u nekim uzorcima sjevernog razvoja miocena u širem području Ravne gore. Moguće su i ti minerali porijeklom iz naslaga starijih od akvitana i dospjeli su u mineralni sastav koji je ponajbliži sastavu akvitanskih uzoraka. Upravo zbog toga su ti uzorci na tabli VI označeni simbolom za akvitanske uzorke.

U svojim razmatranjima o ovim faktorima *Andel* je ipak sklon mišljenju da su prva dva faktora, tj. promjene u izvornom području i promjene koje nastaju mehaničkom abrazijom tokom transporta, odlučniji u formiranju mineralnih asocijacija, negoli ostala dva faktora, tj. selektivno sortiranje i međuslojno otapanje. *Pettijohn & al. (1972, str. 314)* također smatraju da promjena u karakteru mineralnog sastava zavisi o otkrivanju novih izvora stijena ili o hidrogeografskim promjenama u izvornom području.

IZVORNO PODRUČJE

Istraživano područje sjeverozapadnog dijela Hrvatskog zagorja samo je dio jedne geološke jedinice. Pređe li se okvir područja ovih ispitivanja, tada doseg razvoja miocenskih naslaga poprima znatna prostranstva prema istoku, a naročito prema sjeveru i zapadu na području susjedne Slovenije. Stoga bi se tek na osnovi rezultata regionalnog proučavanja velikog broja uzoraka, koji bi zahvatili naširoko i vremenski i prostorno mogli donijeti pouzdaniji zaključci o razvoju miocenskih naslaga, pa tako i o izvornom području teških minerala.

Pa ipak, u ispitivanju mineralnog sastava tog dijela miocenskog bazena našlo se dosta podataka na osnovi kojih se pretpostavlja da distributivna mineraloška provincija svojim većim učešćem u mineralnom sastavu ispitivanih uzoraka odgovara kompleksu regionalno metamorfoziranih stijena Centralnih Alpa. Brojne čestice stijena različitog sastava i strukture, zatim crvenosmeđi, smeđastocrveni i zeleni biotit, te karakteristični zrnati minerali u sastavu uzoraka svojstveni su facijesima koji su utvrđeni u metamorfnom masivu Pohorja i Kozjaka, tim istočnim ograncima Centralnih Alpa (*Hinterlechner-Ravnik, 1971, 1973*). Jedino glaukofan nije spomenut u toj asocijaciji metamorfnih minerala. U ovom je radu glaukofan determiniran modalnom analizom mineralnog sastava miocenskih uzoraka. Tom se metodom postižu i najminimalnije koncentracije akcesornih minerala, koji se, ako su veoma sitni, u izbruscima tek vrlo rijetko ili nikako ne primjećuju.

U mineralnom sastavu uzoraka naročito onih iz najstarijih miocenskih naslaga zastupana su veoma zaobljena zrna cirkona, turmalina i rutila. Zaobljenost je tih minerala zacijelo baštinjena odnosno stečena za vrije-

me ranijih ciklusa abrazije. Prilično visoke koncentracije tih minerala s takvim morfološkim obilježjem određene su u mineralnom sastavu teške frakcije paleozojskih i nekih mezozojskih naslaga na istom istraživanom području (Mutić, 1970, neobjavljeno). Očito je, dakle, da su ti stariji klastični sedimenti svojim prinosom sudjelovali u izgradnji ispitivanih naslaga.

Vulkanogeni minerali: apatit, amfiboli, biotit, cirkon i turmalin svojim pojavljivanjem u mineraloškim analizama upućuju na sukcesije eksplozivne vulkanske aktivnosti u istraživanom području. Cirkon, zaobljeni apatit i svježe krhotinice turmalina u sastavu uzoraka iz naslaga akvitana i onih naslaga starijih od akvitana, potječu iz oligocenske vulkanske faze (Kišpatić 1909, Tučan 1922, Golub & Brajdić 1969, Golub & al. 1970). Tufne naslage i minerali iz tih naslaga donjomiocenske su starosti. Svježi apatit, biotit i cirkon u tortonskim uzorcima vjesnici su također vulkanske aktivnosti u tom stratigrafskom nivou.

I karbonatne su stijene bile zastupane u emergiranom području iz kojeg se spuštao i pristizao erozioni materijal u taložnu sredinu, i to naročito u područje sjevernog razvoja miocena. Te stijene nisu primarne matične stijene teških karakterističnih minerala. Stoga njihov detritični materijal nije mogao utjecati na formiranje zajednica teških minerala. Pa ipak, Níckel & al. (1973, str. 5) pripisuju karbonatu odnosno njegovoj niskoj permeabilnosti pozitivnu ulogu u očuvanju teških minerala bilo u karbonatnim naslagama, pješčenjacima ili konkrecijama. Oni ističu kako su takve naslage bogatije teškim mineralima negoli beskarbonatne naslage iz istog horizonta.

Oscilacije saliniteta koje se paralelno s mineralnim sastavom uzoraka mogu pratiti na tabelama I i II uvjerljivo govore o fizičko-kemijskim i paleogeografskim promjenama koje su se zbivale u razvoju miocenskih naslaga. Konkretno, jedna je od tih promjena i pojava dolomitizacije u razvoju naslaga akvitana u jezgri bušotine 4 kod Pregrade (Mutić, 1970). Ona predstavlja period suhe i tople klime s vrlo slabim utjecajem s kopna i mora.

ZAKLJUČAK

Iz terigeno-klastičnog razvoja miocenskih naslaga na sjeverozapadnom području Hrvatskog zagorja od 162 uzorka ispitan je i određen sastav teške mineralne frakcije. Na osnovi izvršenih analiza postignuti su ovi rezultati:

- Izdvojene su asocijacije teških prozirnih zrnatih minerala za sve stratigrafske članove miocena tako, da se svaki član u toj sukcesiji svojom mineralnom asocijacijom razlikuje od onoga člana koji je ispod i iznad njega.
- Kod velikog broja uzoraka mineraloška se analiza teške frakcije pokazala prikladnom u izdvajanju i okupljanju tih uzoraka u odgovarajuće stratigrafske pripadnosti. To se naročito odnosilo na one uzorke koji zbog terigeno-klastičnog karaktera nisu sadržavali fosilni materijal potreban za pouzdanu paleontološku dokumentaciju.

- Iz raznolikosti mineralnih vrsta i dinamike njihove učestalosti vidljivo je, da razvoj miocenskih naslaga južno od rasjeda Hum—Brdo—Željeznica nije identičan razvoju sjeverno od tog rasjeda. Južniji je razvoj miocenskih naslaga bogatiji mineralnim vrstama, raznolikiji mineralnim asocijacijama, pa otuda značajniji i interesantniji od sjevernog razvoja. Pa ipak, izgleda, da je mineralni sastav uzoraka iz naslaga profila Macelj (Tabla V) ponajbliži mineralnom sastavu uzoraka akvitana iz južnog razvoja, i to naročito one iz jezgri bušotina kod Pregrade. To se osobito izrazilo u intenzitetu klorita i biotita (zastupan biotit s pleohroitskim ovojem oko cirkona). Također su kloritoid i epidot učestaliji u sastavu uzoraka iz profila Macelj negoli u ostalim mineralnim asocijacijama sjevernog razvoja.
- Iz slijeda naslaga u profilu Vinagore i na osnovi ranije utvrđene mineralne asocijacije naslaga donjeg miocena, odnosno akvitana, određena je asocijacija minerala koja znatno odstupa od akvitanse asocijacije, te se pretpostavlja njezina pripadnost naslagama starijim od akvitana.
- Na pojedinim mineralnim vrstama utvrđeno je trošenje kemijskog karaktera, i to u uvjetima površinskog trošenja i trošenja međuslojnom solucijom u dijagenetskim uvjetima. Učinci površinskog trošenja minerala ponajviše su došli do izražaja u uzorcima iz naslaga koje su starije od akvitanse naslaga. Također i u sastavu akvitanse uzoraka ima ponešto takvih trošnih mineralnih zrna.
- Oživljavanja vulkanske aktivnosti na istraživanom području u razvoju donjomiocenskih i tortonskih naslaga određena su također i u mineraloškoj analizi teške frakcije uzoraka, i to na osnovi morfoloških obilježja koja su svojstvena vulkanogenom varijetetu apatita, cirkona, amfibola i biotita. Tragovi ranije predmiocenske eksplozivne faze u sastavu uzoraka iz najstarijih ispitanih naslaga predstavljeni su također cirkonom, zaobljenim vulkanogenim apatitom i svježim krhotinicama turmalina.
- Mineralni sastav analiziranih uzoraka na istraživanom području upućuje na petrografski složeno izvorno područje minerala koje uključuje stijene visokog i niskog stupnja metamorfoze, piroklastite, magmatske stijene kiselog i bazičnog sastava, efuzive i starije klastične sedimentne stijene. Iz brojnih podataka ovih analiza pretpostavlja se da distributivna mineraloška provincija svojim većim učešćem u mineralnom sastavu ispitanih uzoraka odgovara sastavu metamorfničkih masiva Pohorja i Kozjaka, odnosno tim istočnim ograncima kompleksa regionalno metamorfoziranih stijena Centralnih Alpa.

LITERATURA

- Andel, T. H. van (1959): Reflections on the interpretation of heavy mineral analyses. — *J. Sed. Petrology*, V. 29, No 2, p. 153—163, Urbana, Ill. U.S.A.
- Anić, D. (1952): Gornjooligocenske naslage južnog pobočja Ivančice u Hrvatskoj (Krapina—Radoboj—Golubovec). — *Geol. vjesnik*, 2—3, 7—62, Zagreb.
- Anić, D. (1960): Prilog poznavanju oligocena u Hrvatskom zagorju. — *Geol. vjesnik*, 13, 171—174, Zagreb.

- Bojanić, A., Tišljarić, J. & Majer, V. (1978): Klastični miocenski sedimenti sjeverozapadnog dijela Maceljske gore (Hrvatska, Jugoslavija). — *Geol. vjesnik*, 30/2, 445—452, Zagreb.
- Golub, Lj. & Brajdić, V. (1969): Piroklastične stijene kod Donjeg Jesenja (Hrvatsko zagorje). — *Geol. vj.* 22, 411—422, Zagreb.
- Golub, Lj., Brajdić, V. & Šebečić, B. (1970): Eruptivne i piroklastične stijene Strahinšćice. — *Geol. vj.* 23, 205—216, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1904a): Geologijska prijedlogna karta i tumač geologijske karte Rogatec—Kozje. — *Geol. povj.* 2, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1904b): Geologijska prijedlogna karta i tumač geologijske karte Zlatar—Krapina. — *Geol. povj.* 3, Zagreb.
- Griffiths, J. C. (1967): Scientific method in analysis of sediments. — McGraw—Hill Book Company, 1—508, New York, St. Louis, San Francisco, Toronto, London, Sydney.
- Hinterlechner-Ravnik, A. (1971): Pohorske metamorfne kamenine. — *Geologija*, 14, 187—226, Ljubljana.
- Hinterlechner-Ravnik, A. (1973): Pohorske metamorfne kamenine II. — *Geologija*, 16, 245—264, Ljubljana.
- Kišpatić, M. (1909): Mlađe eruptivno kamenje u sjevero-zapadnom dielu Hrvatske. — *Rad Jug. Akad.* 177, 97—154, Zagreb.
- Muldini-Mamužić, S. (1975): Faziostratotypus: Krapina—Radoboj—Golubovec. Chronostratigraphie und neostratotypen Miozän OM Egerien. — *Veda Vydavatelstvi Slovenskej Akademie Vied*, 1—577, Bratislava.
- Mutić, R. (1970): Petrografska i sedimentološka ispitivanja ugljenonosnog područja Pregrade (Hrvatsko zagorje). — *Geol. vjesnik*, 23, 219—240, Zagreb.
- Mutić, R. (1979): Turmalin iz tufnih naslaga srednjeg miocena na obroncima starih planina sjeverno od Save i u Baniji (Hrvatska). — *Geol. vjesnik*, 31, 267—272, Zagreb.
- Nickel, E. (1973): Experimental dissolution of light and heavy minerals in comparison with weathering and intracratal solution. — *Contributions to Sedimentology*, 1, 1—68, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Pettijohn, F. J. (1957): Sedimentary Rocks. — 1—718, Harper & Brothers, New York.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1972): Sand and Sandstone. — 1—618 pp. Springer, Berlin—Heidelberg—New York.
- Šebečić, B. (1969): Der Feldspatsandstein aus Gornji Kamenečki im Kroatischen Zagorje. — *Bull. scient.* (A), 14/11—12, Zagreb.
- Šebečić, B. (1970): Sedimentne stijene Strahinšćice. — *Geol. vjesnik*, 23, 241—256, Zagreb.
- Šikić, L. & Jović, B. (1969): Starost »gornjooligocenskih« naslaga sa smeđim ugljenom u području Pregrade (sjeverna Hrvatska). — *Geol. vjesnik*, 22, 333—345, Zagreb.
- Tučan, F. (1922): Starije eruptivno kamenje u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske. — *Glasnik Hrv. priir. društva*, 34, 169—184, Zagreb.
- Wieseneder, H. (1953): Über die Veränderung der Schwermineralbestandes der Sedimente durch Verwitterung und Diagenese. — *Erdöl und Kohle*, 6, 369—372, Hamburg.
- Neobjavljeni radovi — Unpublished reports:
- Jović, P. (1964): Izvještaj o sedimentno-petrografskoj obradi raznih sedimentnih stijena na području Jesenje—Đurmanec—Trakošćan. — Fond str. dokum. Geol. zavoda, br. 3811/1, Zagreb.
- Mutić, R. (1977): Mineraloška ispitivanja pijesaka iz sjeverozapadnog dijela Hrvatskog zagorja i graničnog mu područja Slovenije. — Fond str. dokum. Geol. Zavoda, br. 6516, Zagreb.
- Šćavničar, B. (1961): Mineralni sastav nekih tercijskih pješčenjaka i pijesaka iz Hrvatskog zagorja. — Fond str. dokum. Geol. zavoda, br. 3528, Zagreb.

Heavy minerals occurring in miocene beds of Hrvatsko zagorje — Northwestern part

R. Mutić

Many mineralogic determinations in geological mapping of the sheet Rogatec had to be made to determine the extent of the sandy development of the Miocene beds in the northwestern part of Hrvatsko zagorje. The determination of individual minerals and of minerals associations were made simultaneously with the observation of alterations that took place in mineral grains, i. e. of the weathering process that developed due to various physical—chemical processes the minerals grains had been exposed to during their longlasting migration, and later on during their long-lasting standstill. Namely, since the prevailing component in the composition of the Miocene beds are terrigenous clastics, the goal of this study consisted in proving to which extent the mineralogic determinations are suitable as far as the delineation of stratigraphic members the said development is built up of, as well as their mutual relationship is concerned. This refers in particular to the specimens of the beds where no fossil material was found, or the findings were so poor that a reliable paleontological determination was not possible.

Field data, macroscopic aspect of specimens, results of microscopic determination from thin sections, and the data obtained by determining the contents in calcium carbonate and dolomite, show clearly that the Miocene beds are built up of different lithologic members. Their composition — in a long interval — displays variations in roundness, assortment and sizes of constituents, then varieties as far as the composition of detrital minerals, particles and inclusions of different rocks are concerned. Within the said lithologic association clays, sands, less or more consolidated sandstones, marls, carbonate sandstones, calcarenites and biocalcarenes are to be found. In the Aquitanian beds coal intercalations occur. Tuffaceous beds occur on the north, close to the fault Hum — Brdo — Željeznica (Gorjanović, 1904 a) the extension of which fault follows the reach Rogatec — Jesenje — Bednja. The heavy fraction contained in all the said lithologic members was subject of modal analysis.

According to the results of mineralogic determinations the development of the Miocene beds extending south of the above mentioned fault, is not identical with the development extending north of the fault a component of which, in turn, is the Maceļ sandstone. Therefore, it was deemed opportune to present the mineral variations delineated after the stratigraphic members of the said two developments separately (Table I and II). Use has been made of rectangles to represent graphically the rock associations. The horizontal length of the rectangles represents the mean percentual frequency in which individual minerals are to be found in rock specimens. The lower figures on the right side of the rectangles indicate the percentual frequency. The vertical side of the rectangles shows the numbers of specimens containing the respective mineral indicated by the above given figures (Plate V).

The results of mineralogic determinations on specimens taken out from the Vinagora profile are presented as one whole in the Table I. The association of minerals from the beds of the lower part of the Vinagora profile, i. e. the first seven specimens, is characterized by a well expressed, distinctive mineral association. According to this fact and according to the relationship among beds the following conclusion may be made:

1. that the beds belong to an older age than is the paleontologically determined Tortonian in the said profile,
2. that the well defined and blocked-out mineral association contained in those beds is not the same as the mineral association of the Lower Miocene, Aquitanian, respectively.

However, the mineral composition of the specimens taken out of the Vinagora beds shown in the graphic presentation is not the same as that shown in the tabular presentation. The results of the mineral determination of specimens from the

said profile belonging to Oligocene?—Miocene, have been added those of specimens taken in a larger area, the determination of which has proved that they are more like the afore said specimens that like the specimens from the Aquitanian. From this group of specimens of the Oligocene?—Miocene age it was deemed opportune to distinguish two different associations and to present them in the graphic presentation (Plate V). However, the specimens of both the mineral associations are presented by one and the same symbol in the Plate VI. Since according to the obtained results the presence of Oligocene beds may be supposed in the explored area, and in particular in the southern slopes of Koštrun, Desinička gora and Vinagora, the question mark in the graphic presentation (Plate V) and in the legend to the Plate VI represents this supposition. In the same way, the results of the mineralogic determination of the seven specimens of the Tortonian from the Vinagora profile have been joined with those of the determination of other Tortonian specimens; all of them are shown in the graphic presentation by one Tortonian mineral association.

The results of mineralogic determinations have enabled the separation of associations of heavy transparent granular minerals which are present in all stratigraphic members of the Miocene.

Each member on the succession of beds differs from that overlaying and that underlaying it, by its mineral association. Such associations of heavy minerals have developed due to the weathering of rocks of different petrographic composition. Here we have material which is the consequence of erosion of rocks caught by high and low-grade metamorphosis, of older clastic sedimentary rocks, acid and basic igneous rocks, effusiva and pyroclastic rocks.

Physical-chemical processes the minerals had been exposed to during the sequence of alterations of the original rock to the final sedimentary rock have also played their role in the formation of the said mineral associations. The first place among these processes is occupied by the hydrodynamics of the transportation, conditions of the sedimentation environment, weathering under superficial and diagenetic conditions, intrastratal solution etc. According to the rounded disthene grains found in the specimens there was no vigorous transportation. Rounded apatite with pleochroitic core, or such volcanic apatite of rounded autigeous growth very likely thanks the said characteristics to the reforming and redeposition, and not to a longlasting transportation by a strong waterstream. High garnet contents in the specimens taken out in the northern development exists very likely due to sorting of grain sizes. Sorting according to the shape is mostly evident in beds rich in micas and chlorite. This is the characteristic of the core samples from the boreholes drilled near Pregrada, in particular. Most evident chemical alterations have taken place in the grains of apatite, disthene, garnet and staurolite (Plate I). Relict textures of apatite and garnet from the beds of Oligocene?—Miocene pertinence prove that the said minerals have undergone alterations due to acid conditions of superficial weathering. The stability of minerals determined in specimens from the northern development of the Miocene well fits into the stability sequence of minerals established by Füchtbauer (see Nickel, p. 58) for diagenetic conditions. First of all, this refers to the stability of garnet and apatite in alkaline conditions which by then were present in the deposition environment.

The morphologic characteristics established in many a grain of detrital minerals contributed to a certain extent to the sorting of specimens into a proper mineral association. In doing so, the decisive importance was given to the concentration of individual minerals, as for instance of garnet, staurolite, disthene, apatite, chloritoid and epidote. In establishing mineral associations the presence of a given mineral and the absence of another one were of equal importance. The obtained results have pointed out to the diversity of occurring minerals and to the dynamics in frequency of their occurring in the southern and northern Miocene development. The southern Miocene development is richer in minerals and mineral associations whereby it is more interesting and important than the northern development. Nevertheless, it seems that the mineral composition of the beds from the profile near Macelj (Plate V) is nearest in mineral composition to the Aquitanian samples, particularly the core samples from boreholes near Pregrada. This was particularly apparent in the intensity of the chlorite and biotite (biotite with a pleochroic halos around zircon was represented), and a higher frequency of chloritoid and epidote occu-

TABLA — PLATE I

Teški minerali — Heavy minerals (110—120 x)

GRANAT — GARNET

1—5	uzorak-Sample	19, burdigal-Burdigalian.
6	uzorak-Sample	28, burdigal-Burdigalian.
7, 8	uzorak-Sample	2, akvitan-Aquitanian.
9, 10, 11	uzorak-Sample	22, akvitan-Aquitanian.
12	uzorak-Sample	24, akvitan-Aquitanian.

STAUROLIT — STAUROLITE

13	uzorak-Sample	1, torton-Tortonian
14, 15, 16	uzorak-Sample	16, 16, 2, akvitan-Aquitanian.
17	uzorak-Sample	8, oligocen?-miocen — Oligocene?-Miocene.
18	uzorak-Sample	21, burdigal-Burdigalian.

DISTEN — KYANITE

19, 20, 21	uzorak-Sample	8, oligocen?-miocen — Oligocene?-Miocene.
22, 23	uzorak-Sample	2, akvitan-Aquitanian.
24	uzorak-Sample	18, profil Vinagora — Profile Vinagora.
25	uzorak-Sample	15, profil Vinagora — Profile Vinagora.

APATIT — APATITE

26	uzorak-Sample	12, profil Vinagora — Profile Vinagora.
27, 30	uzorak-Sample	20, donji-srednji miocen II. Lower-Middle Miocene II.
28, 29, 31, 32	uzorak-Sample	10, oligocen?-miocen — Oligocene?-Miocene.

GLAUKOFAN — GLAUCOPHANE

33	uzorak-Sample	16, profil Vinagora — Profile Vinagora.
34, 35	uzorak-Sample	18, profil Vinagora — Profile Vinagora.
36	uzorak-Sample	13, profil Vinagora — Profile Vinagora.
37	uzorak-Sample	15, profil Vinagora — Profile Vinagora.

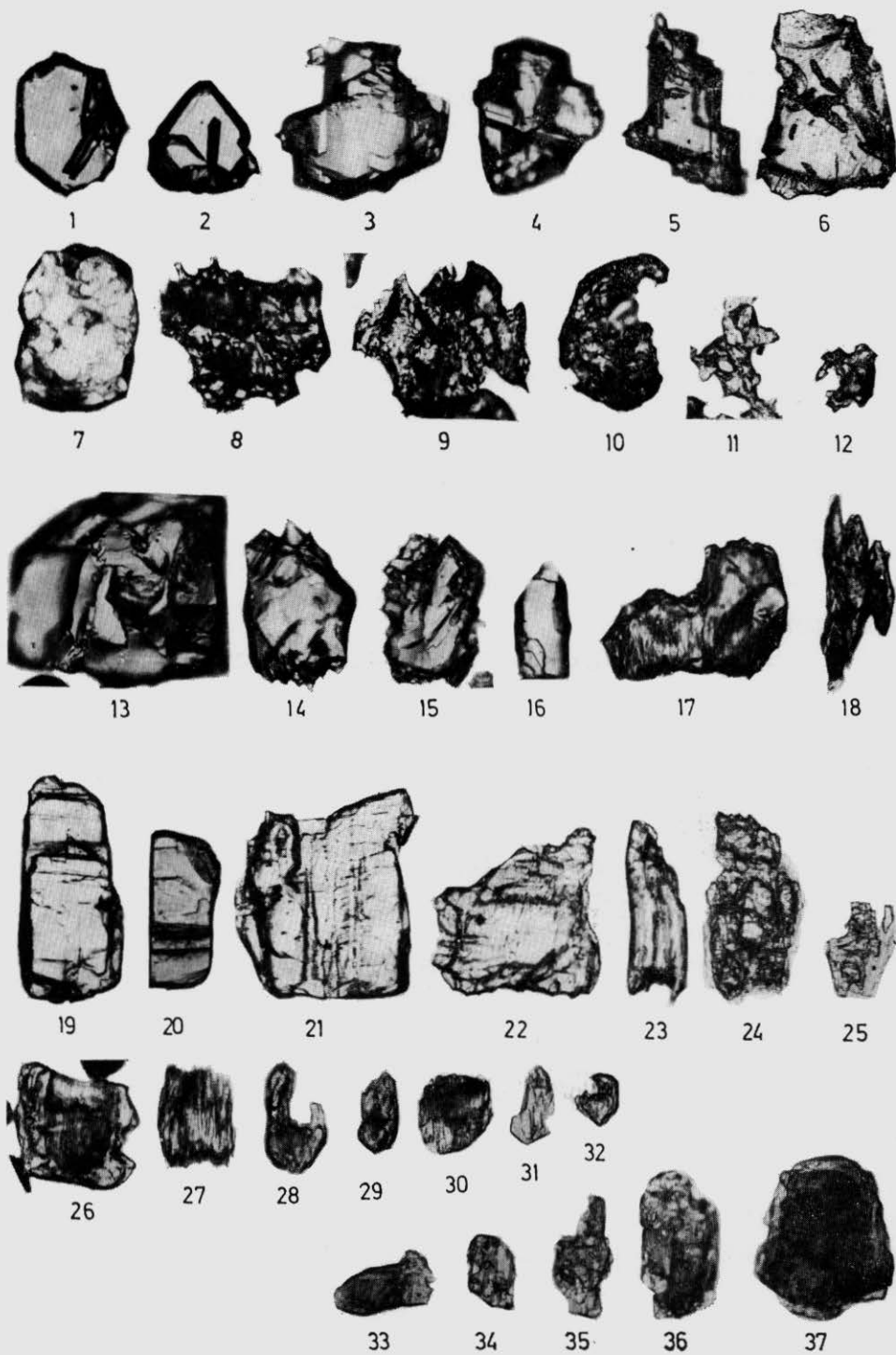


TABLE — PLATE II

Teški minerali — Heavy minerals (110—120 x)

TURMALIN — TOURMALINE

1	uzorak-Sample	2, akvitan-Aquitaniaan,
2, 3	uzorak-Sample	8, oligocen?-miocen — Oligocene?-Miocene.

CIRKON — ZIRCON

4	uzorak-Sample	4, torton-Tortonian.
5	uzorak-Sample	9, oligocen?-miocen — Oligocene?-Miocene.

RUTIL — RUTILE

6	uzorak-Sample	8, oligocen?-miocen — Oligocene?-Miocene.
7	uzorak-Sample	20, burdigal-Burdigalian.

ANDALUZIT — ANDALUSITE

8	uzorak-Sample	2, oligocen?-miocen — Oligocene?-Miocene.
9	uzorak-Sample	22, akvitan-Aquitaniaan.

KORUND — CORUNDUM

10—12	uzorak-Sample	8, akvitan-Aquitaniaan.
13	uzorak-Sample	8, akvitan-Aquitaniaan (modri-blue).

EPIDOT — EPIDOTE

14—16	uzorak-Sample	2, panon-Pannonian.
-------	---------------	---------------------

KLORITOID — CHLORITOID

17, 18	uzorak-Sample	10, oligocen?-miocen — Oligocene?-Miocene.
--------	---------------	--

Vulkanogeni minerali — Volcanic minerals

APATIT — APATITE

19	uzorak-Sample	10, donji-srednji miocen II. Lower-Middle Miocene II.
20, 21	uzorak-Sample	20, akvitan-Aquitaniaan.
22	uzorak-Sample	1, tuf — Tuff.

CIRKON — ZIRCON

23	uzorak-Sample	15, profil Vinagora — Profile Vinagora.
24	uzorak-Sample	8, akvitan-Aquitaniaan.

AMFIBOL — AMPHIBOLE

25	uzorak-Sample	1, tuf — Tuff.
26, 27	uzorak-Sample	3, tuf — Tuff.

TURMALIN — TOURMALINE

28—30	uzorak-Sample	2, akvitan-Aquitaniaan.
-------	---------------	-------------------------

BIOTIT — BIOTITE

31, 32	uzorak-Sample	3, tuf-Tuff.
--------	---------------	--------------

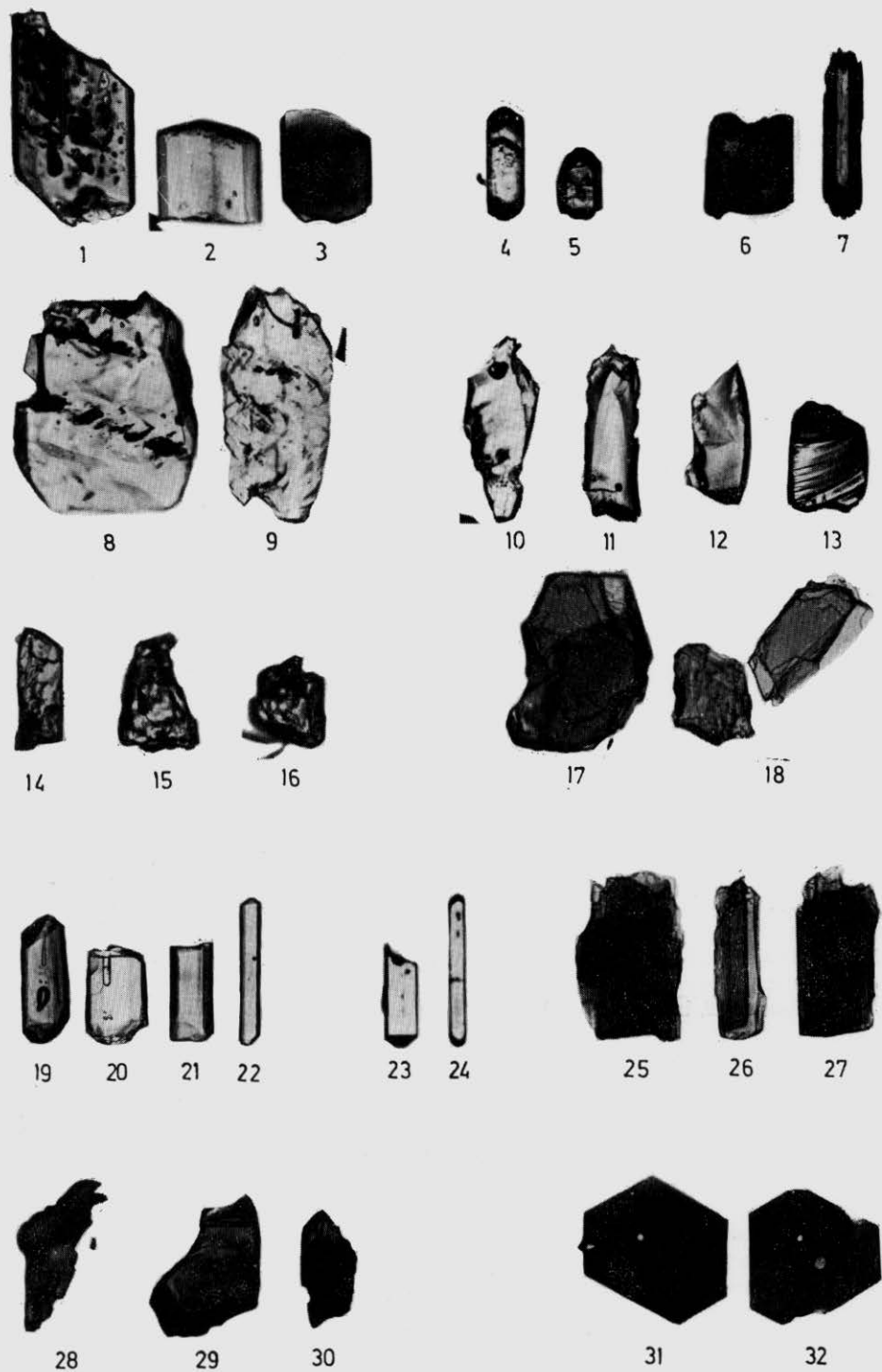


TABLA — PLATE III

Čestice stijena

- 1 Sericit-turmaliniziran (modri varijetet) kvarcit. Uzorak 18, burdigal, 111 x, + N.
- 2 Metakvarcit. Uzorak 17, akvitan, 26 x, + N.
- 3 Klorit-sericit-kvarcit. Uzorak 19, burdigal, 66 x, + N.
- 4 Kvarcit i zrno grafičkog prorastanja kvarca i feldspata. Uzorak 11, donji-srednji miocen II, 33 x, + N.
- 5 Metakvarcit. Uzorak 1, torton, 29 x, + N.
- 6 Muskovit-disten-staurolit. Uzorak 2, akvitan, 111x.
- 7 Slejt (sericit-kvarcni škriljac). Uzorak 12, oligocen?-miocen, 125 x, + N.
- 8 Spilit. Uzorak 19, burdigal, 108 x, + N.
- 9 Sericit-kloritoidni škriljac. Uzorak 19, burdigal, 96 x, + N.

Rock fragments

- 1 Sericite-turmalinized (blue variety) quartzite. Sample 18, Burdigalian, 111 x, + N.
- 2 Metaquartzite. Sample 17, Aquitanian, 26 x, + N.
- 3 Chlorite-sericite quartzite. Sample 19, Burdigalian, 66 x, + N.
- 4 Quartzite and grain with intergrowth of quartz and feldspar. Sample 11, Lower-Middle Miocene II, 33 x, + N.
- 5 Metaquartzite. Sample 1, Tortonian, 29 x, + N.
- 6 Muscovite-kyanite-staurolite. Sample 2, Aquitanian, 111 x.
- 7 Slate (Sericite-quartz schist). Sample 12, Oligocene?-Miocene, 125 x, + N.
- 8 Spilite. Sample 19, Burdigalian, 108 x, + N.
- 9 Sericite-chloritoid schist. Sample 19, Burdigalian, 96 x, + N.

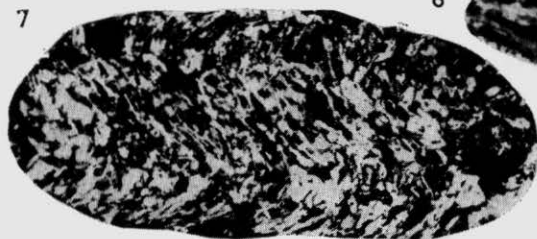
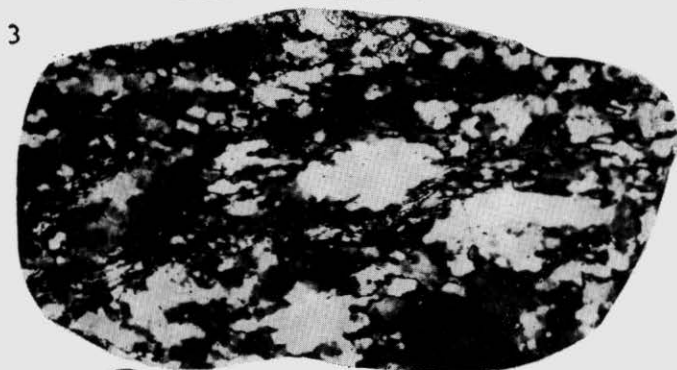
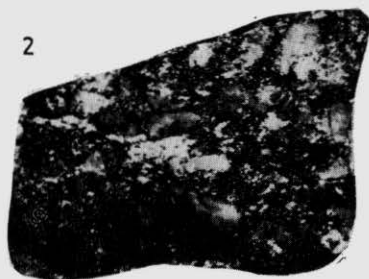
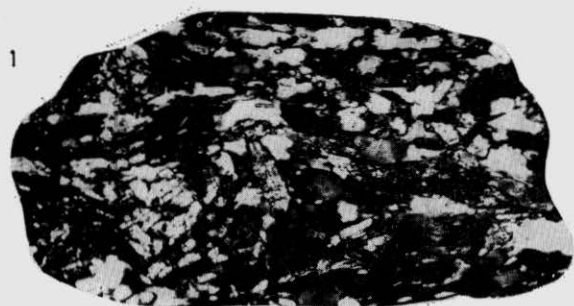


TABLA — PLATE IV

Čestice stijena

- 1 Muskovit-albit-kvarcni škriljac (mikroflaser tekstura, porijeklom iz arkoze?). Uzorak 62/66, bušotina 5, Pregrada, donji torton, 28 x.
- 2 Isto kao pod 1, + N.
- 3 Klorit-albit-kvarcni škriljac. Uzorak 18, burdigal, 104 x.
- 4 Muskovit-sericit-staurolitni škriljac. Uzorak 20, akvitan, 117 x, + N.

Rock fragments

- 1 Muscovite-albite-quartz schist (microflaser structure, arkosic? origin). Sample 62/66, bore hole 5, Pregrada, Lower Tortonian, 28 x.
- 2 Same as 1, + N.
- 3 Chlorite-albite-quartz schist. Sample 18, Burdigalian, 104 x.
- 4 Muscovite-sericite-staurolite schist. Sample 20, Aquitanian, 117 x, + N.

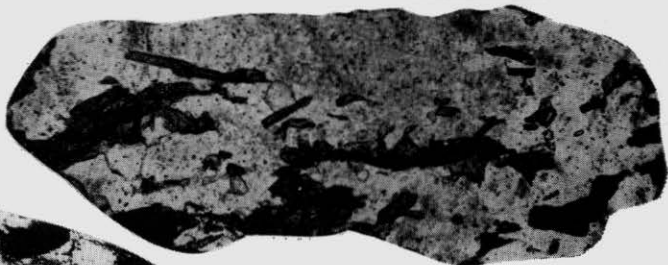
1



2



3

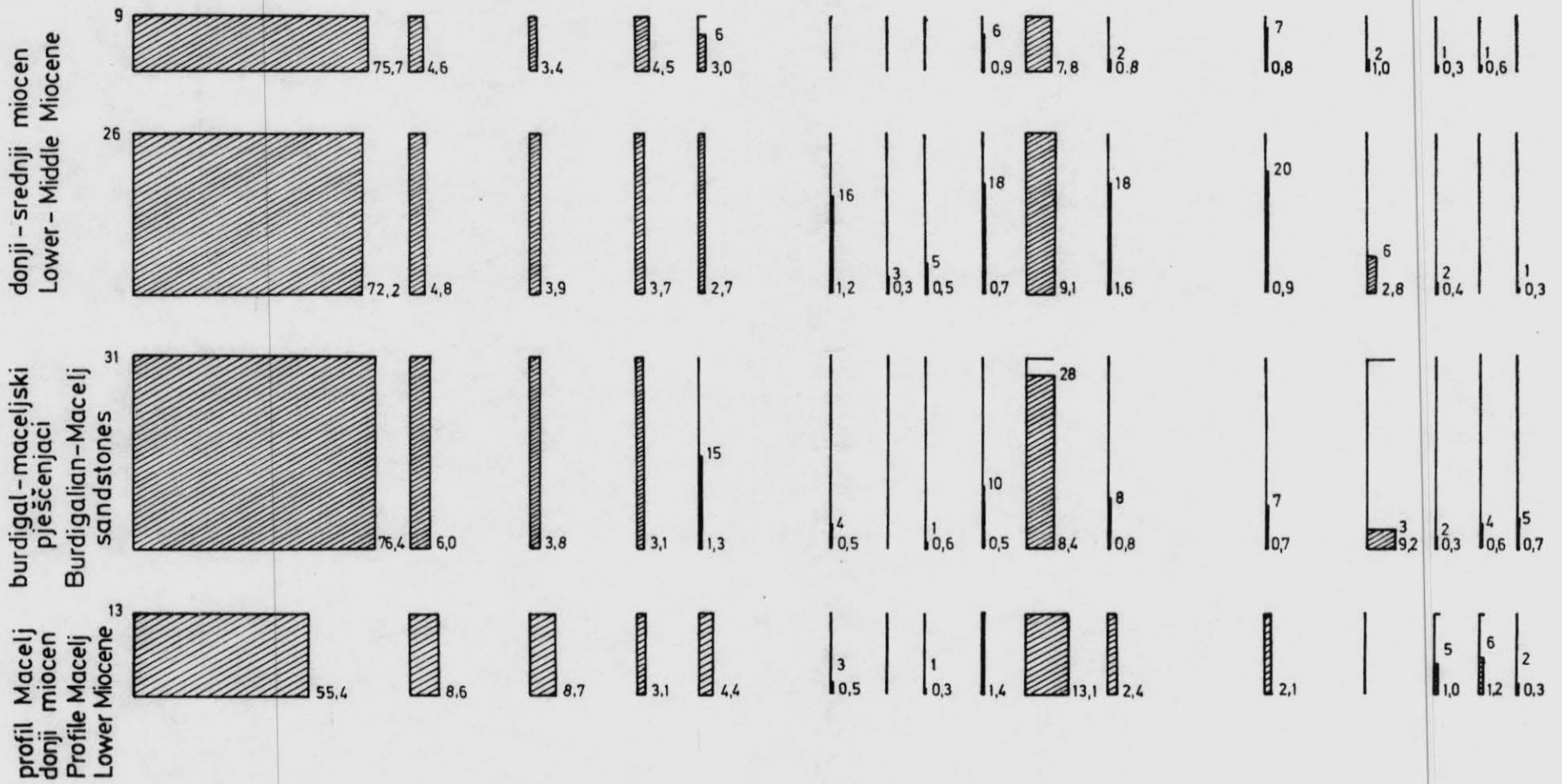


4

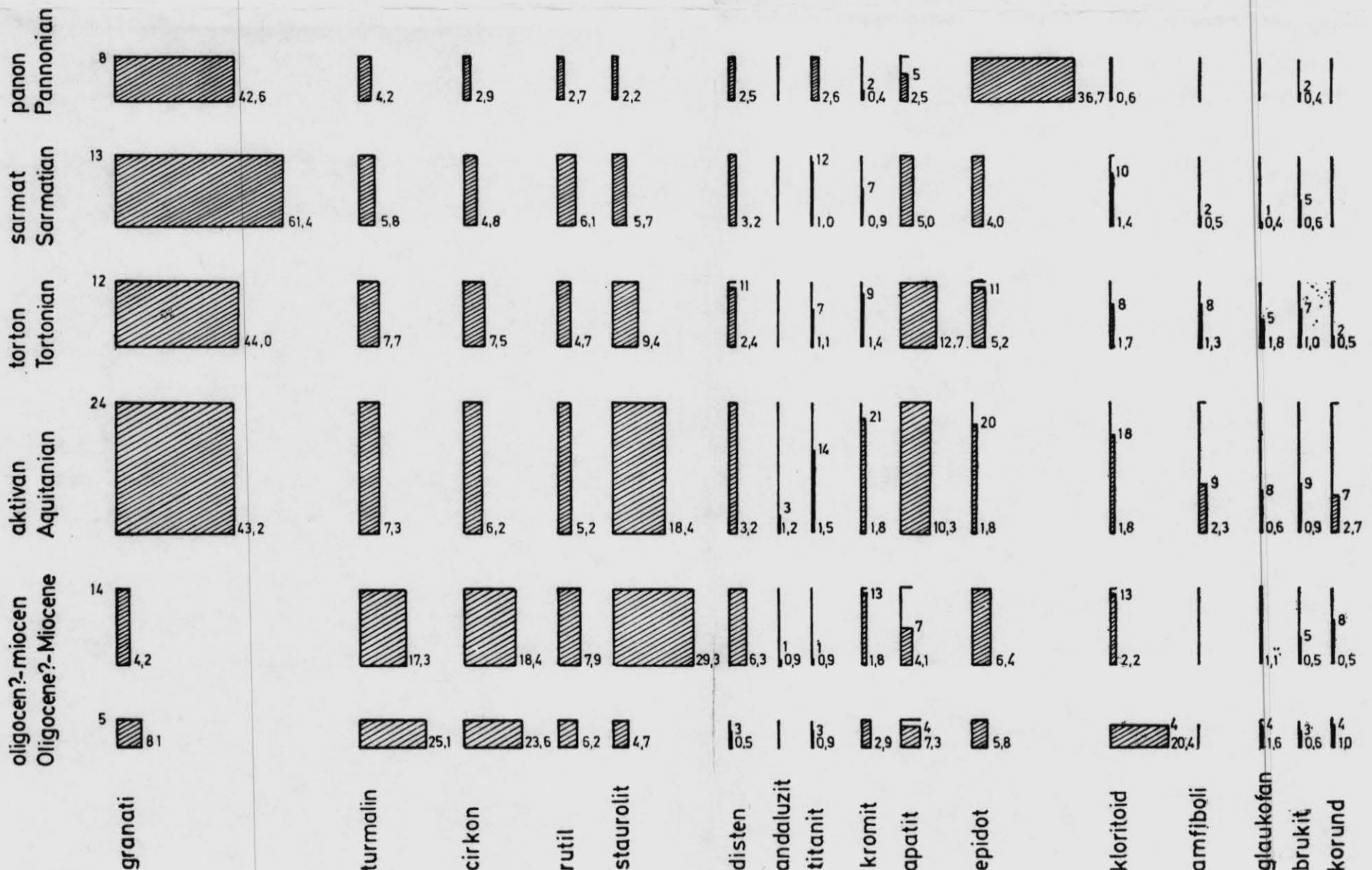


ASOCIJACIJE PROZIRNIH ZRNA TEŠKIH MINERALA U NASLAGAMA MIOCENA
ASSOCIATIONS OF TRANSPARENT GRAINS OF HEAVY MINERALS IN MIOCENE DEPOSITS

1. Sjeverno od rasjeda Hum-Brdo-Željeznica
1. North of the Hum-Brdo-Željeznica fault



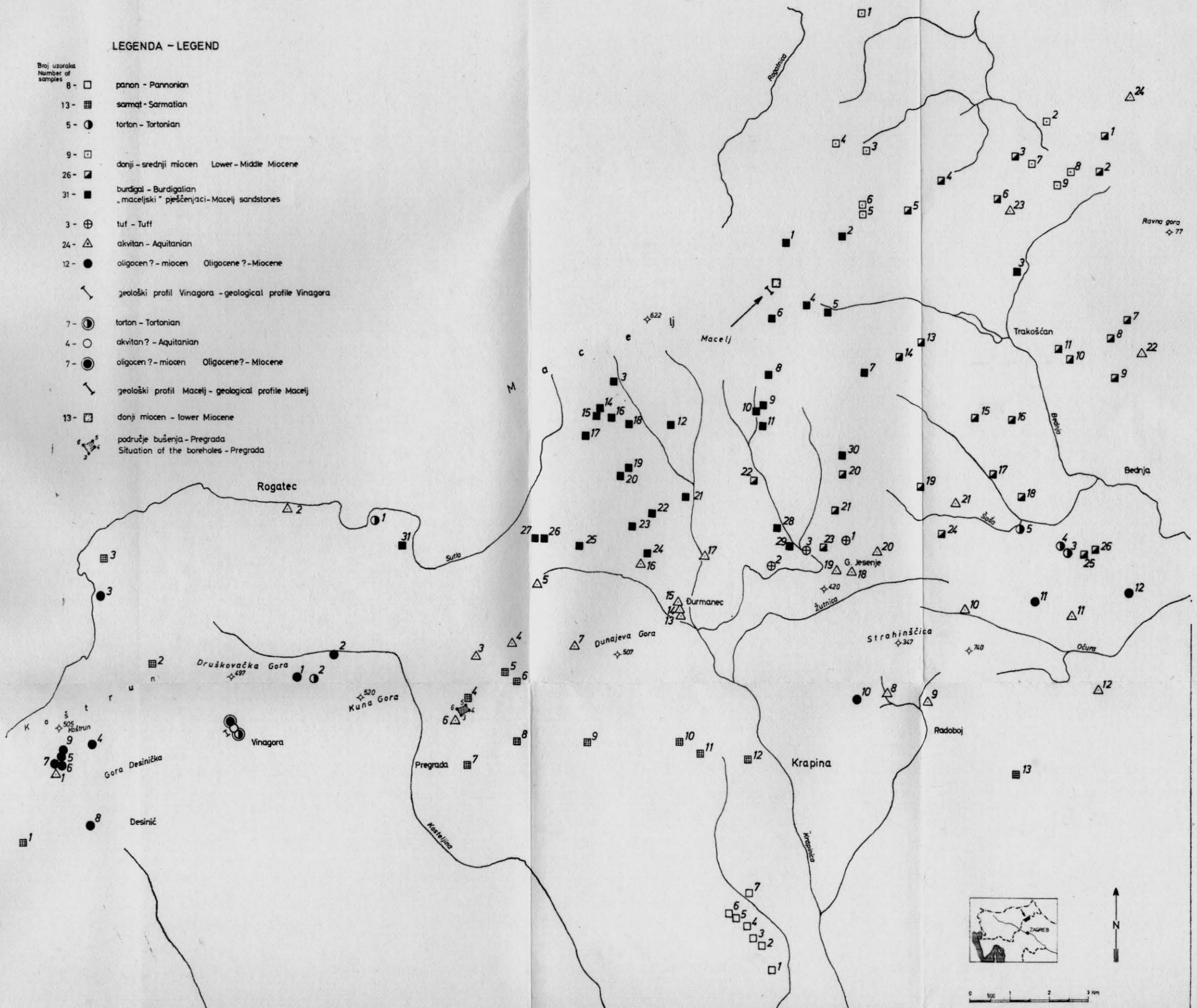
2. Južno od rasjeda Hum-Brdo-Željeznica
2. South of the Hum-Brdo-Željeznica fault



RASPODJELA UZORAKA MIOCENA U SJEVEROZAPADNOM DIJELU HRVATSKOG ZAGORJA
 DISTRIBUTION OF SAMPLES OF MIOCENE DEPOSITS IN THE NORTHWESTERN PART
 OF HRVATSKO ZAGORJE (CROATIA)

LEGENDA - LEGEND

- Broj uzoraka
Number of samples
- 8 - □ panon - Pannonian
 - 13 - ▣ sarmat - Sarmatian
 - 5 - ● torton - Tortonian
 - 9 - □ donji - srednji miocen Lower - Middle Miocene
 - 26 - ▣ burdigal - Burdigalian
 - 31 - ■ „maceljski“ pješčenjaci - Macelj sandstones
 - 3 - ⊕ tuf - Tuff
 - 24 - △ akvitan - Aquitanian
 - 12 - ● oligocen ? - miocen Oligocene ? - Miocene
 - ↖ geološki profil Vinagora - geological profile Vinagora
 - 7 - ● torton - Tortonian
 - 4 - ○ akvitan ? - Aquitanian
 - 7 - ● oligocen ? - miocen Oligocene ? - Miocene
 - ↖ geološki profil Macelj - geological profile Macelj
 - 13 - ▣ donji miocen - lower Miocene
 - ↖ područje bušenja - Pregrada Situation of the boreholes - Pregrada



Dijametar frakcije 0,045—0,15 mm
Diameter of fraction 0,045—0,15 mm

Tabela — Table I

uzorak — Sample	% CaCO ₃	% teške frakcije % Heavy fraction	Ukupni sastav teške frakcije 100% Total composition of heavy fraction 100%				Prozirna zrna teških minerala — 100% Transparent grains of heavy minerals — 100%															
			opaka zrna Opaque grains	klorit Chlorite	biotit Biotite	ostali minerali Other miner.	granat Garnet	turmalin Tourmaline	cirkon Zircon	rutil Rutile	staurolit Staurolite	disten Kyanite	andaluzit Andalusite	titanit Sphene	kromit Chromite	apatit Apatite	epidot Epidote	kloritoid Chloritoid	amfibol Amphibole	glaukofan Glaucofane	brukit Brookite	korund Corundum
panon — Pannonian																						
1	—	2,60	16,3	4,1	—	79,6	50,0	5,1	5,5	2,6	0,7	2,2	—	4,0	0,4	4,0	24,3	0,4	0,4	—	0,4	—
2	—	4,56	12,4	10,4	0,3	76,9	43,0	5,8	2,9	3,6	0,5	3,6	—	3,9	0,5	3,6	31,2	0,2	—	—	—	—
3	—	1,00	8,2	11,6	1,7	78,5	37,0	5,6	2,2	1,1	1,8	1,5	—	4,4	—	3,0	42,2	1,1	—	—	—	—
4	10,26	2,96	4,3	5,7	1,0	89,0	55,0	5,2	3,0	1,9	2,6	1,9	—	5,3	—	1,5	23,1	0,7	—	—	—	—
5	—	7,55	3,1	22,6	1,4	72,9	41,3	3,9	1,9	2,9	3,2	1,9	—	3,9	—	—	40,1	0,8	—	—	—	—
6	5,53	1,39	5,0	15,5	0,7	78,8	33,9	1,8	0,8	2,2	2,6	2,8	—	2,9	—	—	51,6	0,8	—	—	0,4	—
7	2,60	4,02	11,2	7,3	0,7	80,8	43,0	2,1	2,9	2,5	2,9	2,5	—	2,9	—	—	40,3	0,8	—	—	—	—
8	—	3,38	15,4	4,1	—	80,5	37,4	3,9	4,3	4,7	3,1	3,9	—	1,2	—	0,4	40,7	0,4	—	—	—	—
sarmat — Sarmatian																						
1	37,16	0,65	14,1	7,4	1,2	77,3	45,0	11,5	10,7	5,3	4,8	5,2	—	2,0	2,0	3,1	5,2	2,4	0,8	—	2,0	—
2	51,97	1,17	11,0	1,7	1,5	85,8	71,0	3,7	2,5	6,8	6,4	2,9	—	0,2	0,5	3,2	1,9	0,9	—	—	—	—
3	45,22	0,92	5,7	4,7	0,3	89,3	58,2	9,9	3,9	8,2	2,9	2,5	—	0,3	—	8,9	4,2	0,7	—	—	0,3	—
4	—	1,50	9,0	3,7	0,4	86,9	75,0	3,9	0,9	3,9	4,7	1,9	—	0,8	—	5,8	2,1	1,0	—	—	—	—
5	—	1,17	14,2	1,1	2,5	82,2	55,6	6,2	1,7	6,9	9,4	7,6	—	1,4	—	4,9	3,8	2,5	—	—	—	—
6	55,90	1,97	11,9	0,7	—	92,6	56,7	7,2	8,3	8,8	5,6	2,4	—	0,8	0,4	5,4	2,4	2,0	—	—	—	—
7	41,11	1,83	11,4	0,3	—	88,3	59,1	8,4	4,3	8,3	5,8	2,9	—	1,9	0,8	5,8	1,0	1,7	—	—	—	—
8	37,82	2,04	7,2	5,7	3,3	83,8	51,1	7,3	0,3	4,8	8,1	6,2	—	1,3	—	8,3	9,8	2,5	—	—	0,3	—
9	32,88	4,63	9,5	4,7	0,3	85,5	68,2	2,9	1,6	5,9	6,8	3,8	—	—	—	4,6	4,9	1,3	—	—	—	—
10	26,50	3,35	5,9	0,7	1,7	92,7	67,0	2,8	7,9	6,7	6,7	1,6	—	0,4	0,4	5,7	0,4	—	—	—	0,4	—
11	24,53	1,59	15,2	1,4	—	83,4	61,2	5,9	8,2	5,9	6,5	2,7	—	0,8	0,8	5,3	2,2	0,5	—	—	—	—
12	—	1,63	13,0	2,3	0,3	84,4	68,0	4,2	5,4	4,6	4,4	2,4	—	1,9	1,6	5,5	0,8	—	0,4	—	0,8	—
13	3,15	2,16	15,3	6,7	—	78,0	67,1	4,5	4,3	3,5	5,5	1,4	—	0,4	—	0,4	12,5	—	—	0,4	—	—
torton — Tortonian																						
1	32,88	0,59	4,7	0,8	6,3	88,2	68,0	4,2	2,8	3,1	15,3	1,3	—	—	1,3	1,8	0,9	1,3	—	—	—	—
2	61,66	0,70	14,1	2,3	4,6	79,0	41,0	4,7	2,2	2,6	28,5	10,6	—	—	—	5,8	2,6	1,8	—	—	0,2	—
3	—	0,70	14,0	7,6	4,5	71,9	28,3	3,5	4,5	18,3	3,6	—	—	—	—	30,4	2,3	1,4	4,4	—	3,3	—
4	—	0,21	8,8	5,3	5,9	80,0	25,2	4,2	6,3	6,7	25,6	0,4	—	—	0,4	27,1	1,5	—	1,5	—	1,1	—
5	72,26	1,32	26,2	0,7	0,2	72,9	75,9	3,7	1,4	1,4	5,4	2,7	—	—	—	8,7	—	—	0,8	—	—	—
akvitan — Aquitanian																						
1	—	0,97	10,5	6,4	0,6	82,5	34,4	8,9	11,0	6,2	18,4	1,9	—	4,3	0,4	9,4	1,9	0,8	—	0,8	0,8	0,8
2	—	1,00	8,8	—	4,1	87,1	49,0	10,2	4,3	5,2	19,2	7,2	0,8	—	0,6	—	1,7	1,8	—	—	—	—
3	—	0,37	13,6	2,9	2,0	82,5	42,5	10,8	7,1	11,3	7,1	4,2	0,3	1,4	0,7	10,6	1,8	1,1	—	—	1,1	—
4	—	1,02	18,8	5,1	4,2	78,9	45,2	4,0	3,6	4,5	18,2	3,2	—	—	1,4	16,6	1,6	1,6	—	—	—	—
5	—	0,70	6,4	—	6,8	86,8	23,1	13,2	8,4	4,5	19,8	9,6	—	—	—	20,6	—	—	—	—	0,8	—
6	—	0,92	10,2	7,9	6,2	75,7	42,5	7,0	3,7	4,5	19,9	7,8	—	—	1,5	12,0	1,1	—	—	—	—	—
7	—	1,80	13,6	14,3	4,5	67,6	27,6	2,6	4,6	3,1	43,7	3,5	—	—	0,8	8,8	1,5	3,8	—	—	—	—
8	17,14	0,90	22,5	0,8	2,0	74,7	32,1	6,3	16,6	5,9	1,2	—	—	5,4	12,6	—	1,3	4,0	—	1,1	1,1	12,4
9	—	0,92	12,1	6,7	1,1	80,1	38,1	4,4	8,2	6,2	11,2	1,7	—	3,3	0,3	14,3	9,6	0,7	0,3	1,0	0,7	—
10	—	0,50	10,5	1,0	2,5	86,0	25,5	20,5	10,1	15,6	13,7	0,4	—	0,8	1,1	4,6	3,8	0,4	2,7	0,4	0,4	—
11	—	0,61	14,2	1,0	4,5	80,3	34,5	11,4	16,2	8,9	24,5	0,3	—	0,3	0,9	0,9	0,3	—	0,3	—	0,3	1,2
12	17,84	0,36	5,7	24,0	7,7	62,6	19,6	17,1	6,7	3,5	15,7	1,7	—	0,3	4,9	25,6	1,1	3,5	—	0,3	—	—
13	—	0,61	24,3	2,2	0,4	73,1	43,5	9,5	4,9	7,4	21,8	3,3	—	2,7	1,4	0,3	1,9	1,4	—	0,8	—	1,1
14	—	1,50	15,0	—	3,5	81,5	18,8	2,0	5,7	3,1	45,5	12,2	—	0,3	2,6	2,6	1,4	3,5	0,8	—	0,3	1,2
15	8,16	0,70	18,6	2,2	3,4	75,8	33,6	3,3	4,4	8,0	28,8	4,5	—	1,4	4,5	—	2,6	3,5	—	0,6	2,6	2,0
16	12,40	1,34	23,0	0,6	0,3	76,1	43,2	10,1	9,3	7,3	18,4	—	—	0,3	0,9	9,9	0,3	—	0,3	—	—	—
17	27,29	1,31	26,8	1,4	0,5	71,3	53,2	3,4	5,5	1,9	14,8	—	—	—	0,8	18,7	—	0,8	0,3	—	—	0,6
18	—	1,35	35,6	0,2	0,6	63,6	61,7	3,5	3,8	1,6	17,4	—	—	0,9	0,3	10,8	—	—	—	—	—	—
19	43,83	1,77	22,8	4,9	0,2	72,1	54,8	2,4	3,6	0,6	22,8	3,4	—	0,6	1,0	10,1	—	—	0,7	—	—	—
20	34,95	4,87	25,7	2,3	1,1	70,9	48,3	0,6	4,1	1,9	16,4	0,9	—	—	0,3	11,1	0,6	1,6	14,2	—	—	—
21	—	1,35	20,0	1,0	0,3	78,7	68,3	6,7	5,0	4,7	9,4	1,2	—	—	0,3	2,7	0,7	0,7	—	0,3	—	—
22	—	0,65	19,4	0,2	0,5	79,9	60,0	11,3	1,2	2,2	12,0	6,1	2,5	—	—	—	2,2	2,5	—	—	—	—
23	25,10	0,88	14,0	6,5	3,3	76,2	62,0	5,0	5,2	1,2	14,6	0,9	—	—	1,2	6,7	1,5	1,2	0,5	—	—	—
24	—	3,95	8,7	0,9	0,7	89,7	78,3	3,1	4,5	2,8	8,3	2,4	—	0,3	—	—	0,3	—	—	—	—	—
oligocen?—miocen — Oligocene?—Miocene																						
1	—	0,60	20,8	—	1,2	78,0	3,1	25,8	20,0	5,8	32,0	0,7	—	—	2,6	3,9	3,6	1,5	—	0,7	0,7	—
2	—	0,93	16,7	1,4	1,4	67,6	6,0	35,6	14,4	4,6	27,8	0,7	—	—	2,1	4,2	1,8	1,0	—	0,7	0,3	0,7
3	—	0,80	31,5	—	—	68,5	2,0	9,2	27,0	18,8	19,0	17,0	0,4	—	—	—	5,2	1,2	—	0,4	0,4	0,4
4	—	0,99	14,3	10,4	3,9	71,4	7,1	11,8	14,2	4,7	22,8	1,6	—	1,6	3,9	16,9	7,4	6,3	—	1,3	0,9	0,4
5	—	0,55	19,9	—	1,5	78,6	2,2	22,6	11,7	12,8	36,3	1,1	—	0,8	1,2	—	5,2	3,1	—	0,8	—	1,5
6	—	1,40	19,9	8,3	1,9	69,9	11,5	10,2	23,4	10,2	32,6	2,7	—	—	0,9	—	3,7	3,2	—	0,5	—	—
7	—	1,18	21,3	0,1	2,8	75,8	9,3	10,9	12,2	6,7	27,3	5,8	—	0,3	0,3	18,0	6,2	2,8	—	0,3	—	0,3
8	—	0,75	13,4	0,9	—	85,7	3,8	15,0	9,3	19,8	23,3	15,5	1,0	—	0,5	0,4	10,5	1,1	—	0,6	—	—
9	—	1,40	10,1	22,6	2,2	64,1	8,6	29,2	21,7	7,1	7,1	—	—	1,1	5,2	6,7	1,5	8,6	—	1,2	0,4	0,5
10	—	2,13	8,9	24,0	1,9	64,6	8,6	19,6	11,7	3,1	1,4	0,3	—	0,9	1,7	1,7	5,7	44,2	—	1,3	—	0,3
11	—	1,88	12,7	0,4	0,4	86,5	4,5	18,4	42,5	9,1	5,7	0,3	—	0,9	3,0	12,0	2,7	—	—	—	0,6	—
12	—	0,94	13,5	0,6	1,2	84,7	13,7	29,0	19,5	7,4	7,4	—	—	—	3,1	8,7	6,1	1,7	—	1,4	0,9	1,7
Profil VINAGORA — Cross section VINAGORA																						
I. torton — Tortonian																						
1	82,36	0,2	17,2	0,6	1,3	80,9	34,4	10,8	16,1	2,4	4,6	0,9	—	0,6	1,2							

uzorak — Sam	% CaCO ₃	% teške frakci % Heavy fract	opaka zrna Opaque grains	klorit Chlorite	biotit Biotite	ostali minerali Other miner.	granat Garnet	turmalin Tourmaline	cirkon Zircon	rutil Rutile	staurolit Staurolite	disten Kyanite	andaluzit Andalusite	titanit Sphene	kromit Chromite	apatit Apatite	epidot Epidote	kloritoid Chloritoid	amfibol Amphibole	glaukofan Glaucofane	brukit Brookite	korund Corundum
panon — Pannonian																						
1	—	2,60	16,3	4,1	—	79,6	50,0	5,1	5,5	2,6	0,7	2,2	—	4,0	0,4	4,0	24,3	0,4	0,4	—	0,4	—
2	—	4,56	12,4	10,4	0,3	76,9	43,0	5,8	2,9	3,6	0,5	3,6	—	3,9	0,5	3,6	31,2	0,2	—	—	—	—
3	—	1,00	8,2	11,6	1,7	78,5	37,0	5,6	2,2	1,1	1,8	1,5	—	4,4	—	3,0	42,2	1,1	—	—	—	—
4	10,26	2,96	4,3	5,7	1,0	89,0	55,0	5,2	3,0	1,9	2,6	1,9	—	5,3	—	1,5	23,1	0,7	—	—	—	—
5	—	7,55	3,1	22,6	1,4	72,9	41,3	3,9	1,9	2,9	3,2	1,9	—	3,9	—	—	40,1	0,8	—	—	—	—
6	5,53	1,39	5,0	15,5	0,7	78,8	33,9	1,8	0,8	2,2	2,6	2,8	—	2,9	—	—	51,6	0,8	—	—	0,4	—
7	2,60	4,02	11,2	7,3	0,7	80,8	43,0	2,1	2,9	2,5	2,9	2,5	—	2,9	—	—	40,3	0,8	—	—	—	—
8	—	3,38	15,4	4,1	—	80,5	37,4	3,9	4,3	4,7	3,1	3,9	—	1,2	—	0,4	40,7	0,4	—	—	—	—
sarmat — Sarmatian																						
1	37,16	0,65	14,1	7,4	1,2	77,3	45,0	11,5	10,7	5,3	4,8	5,2	—	2,0	2,0	3,1	5,2	2,4	0,8	—	2,0	—
2	51,97	1,17	11,0	1,7	1,5	85,8	71,0	3,7	2,5	6,8	6,4	2,9	—	0,2	0,5	3,2	1,9	0,9	—	—	—	—
3	45,22	0,92	5,7	4,7	0,3	89,3	58,2	9,9	3,9	8,2	2,9	2,5	—	0,3	—	8,9	4,2	0,7	—	—	0,3	—
4	—	1,50	9,0	3,7	0,4	86,9	75,0	3,9	0,9	3,9	4,7	1,9	—	0,8	—	5,8	2,1	1,0	—	—	—	—
5	—	1,17	14,2	1,1	2,5	82,2	55,6	6,2	1,7	6,9	9,4	7,6	—	1,4	—	4,9	3,8	2,5	—	—	—	—
6	55,90	1,97	11,9	0,7	—	92,6	56,7	7,2	8,3	8,8	5,6	2,4	—	0,8	0,4	5,4	2,4	2,0	—	—	—	—
7	41,11	1,83	11,4	0,3	—	88,3	59,1	8,4	4,3	8,3	5,8	2,9	—	1,9	0,8	5,8	1,0	1,7	—	—	—	—
8	37,82	2,04	7,2	5,7	3,3	83,8	51,1	7,3	0,3	4,8	8,1	6,2	—	1,3	—	8,3	9,8	2,5	—	—	0,3	—
9	32,88	4,63	9,5	4,7	0,3	85,5	68,2	2,9	1,6	5,9	6,8	3,8	—	—	—	4,6	4,9	1,3	—	—	—	—
10	26,50	3,35	5,9	0,7	1,7	92,7	67,0	2,8	7,9	6,7	6,7	1,6	—	0,4	0,4	5,7	0,4	—	—	—	0,4	—
11	24,53	1,59	15,2	1,4	—	83,4	61,2	5,9	8,2	5,9	6,5	2,7	—	0,8	0,8	5,3	2,2	0,5	—	—	—	—
12	—	1,63	13,0	2,3	0,3	84,4	68,0	4,2	5,4	4,6	4,4	2,4	—	1,9	1,6	5,5	0,8	—	0,4	—	0,8	—
13	3,15	2,16	15,3	6,7	—	78,0	67,1	4,5	4,3	3,5	5,5	1,4	—	0,4	—	0,4	12,5	—	—	0,4	—	—
torton — Tortonian																						
1	32,88	0,59	4,7	0,8	6,3	88,2	68,0	4,2	2,8	3,1	15,3	1,3	—	—	1,3	1,8	0,9	1,3	—	—	—	—
2	61,66	0,70	14,1	2,3	4,6	79,0	41,0	4,7	2,2	2,6	28,5	10,6	—	—	—	5,8	2,6	1,8	—	—	0,2	—
3	—	0,70	14,0	7,6	4,5	71,9	28,3	3,5	4,5	18,3	3,6	—	—	—	—	30,4	2,3	1,4	4,4	—	3,3	—
4	—	0,21	8,8	5,3	5,9	80,0	25,2	4,2	6,3	6,7	25,6	0,4	—	—	0,4	27,1	1,5	—	1,5	—	1,1	—
5	72,26	1,32	26,2	0,7	0,2	72,9	75,9	3,7	1,4	1,4	5,4	2,7	—	—	—	8,7	—	—	0,8	—	—	—
akvitan — Aquitanian																						
1	—	0,97	10,5	6,4	0,6	82,5	34,4	8,9	11,0	6,2	18,4	1,9	—	4,3	0,4	9,4	1,9	0,8	—	0,8	0,8	0,8
2	—	1,00	8,8	—	4,1	87,1	49,0	10,2	4,3	5,2	19,2	7,2	0,8	—	0,6	—	1,7	1,8	—	—	—	—
3	—	0,37	13,6	2,9	2,0	82,5	42,5	10,8	7,1	11,3	7,1	4,2	0,3	1,4	0,7	10,6	1,8	1,1	—	—	1,1	—
4	—	1,02	18,8	5,1	4,2	78,9	45,2	4,0	3,6	4,5	18,2	3,2	—	—	1,4	16,6	1,6	1,6	—	—	—	—
5	—	0,70	6,4	—	6,8	86,8	23,1	13,2	8,4	4,5	19,8	9,6	—	—	—	20,6	—	—	—	—	0,8	—
6	—	0,92	10,2	7,9	6,2	75,7	42,5	7,0	3,7	4,5	19,9	7,8	—	—	1,5	12,0	1,1	—	—	—	—	—
7	—	1,80	13,6	14,3	4,5	67,6	27,6	2,6	4,6	3,1	43,7	3,5	—	—	0,8	8,8	1,5	3,8	—	—	—	—
8	17,14	0,90	22,5	0,8	2,0	74,7	32,1	6,3	16,6	5,9	1,2	—	—	5,4	12,6	—	1,3	4,0	—	1,1	1,1	12,4
9	—	0,92	12,1	6,7	1,1	80,1	38,1	4,4	8,2	6,2	11,2	1,7	—	3,3	0,3	14,3	9,6	0,7	0,3	1,0	0,7	—
10	—	0,50	10,5	1,0	2,5	86,0	25,5	20,5	10,1	15,6	13,7	0,4	—	0,8	1,1	4,6	3,8	0,4	2,7	0,4	0,4	—
11	—	0,61	14,2	1,0	4,5	80,3	34,5	11,4	16,2	8,9	24,5	0,3	—	0,3	0,9	0,9	0,3	—	0,3	—	0,3	1,2
12	17,84	0,36	5,7	24,0	7,7	62,6	19,6	17,1	6,7	3,5	15,7	1,7	—	0,3	4,9	25,6	1,1	3,5	—	0,3	—	—
13	—	0,61	24,3	2,2	0,4	73,1	43,5	9,5	4,9	7,4	21,8	3,3	—	2,7	1,4	0,3	1,9	1,4	—	0,8	—	1,1
14	—	1,50	15,0	—	3,5	81,5	18,8	2,0	5,7	3,1	45,5	12,2	—	0,3	2,6	2,6	1,4	3,5	0,8	—	0,3	1,2
15	8,16	0,70	18,6	2,2	3,4	75,8	33,6	3,3	4,4	8,0	28,8	4,5	—	1,4	4,5	—	2,6	3,5	—	0,6	2,6	2,0
16	12,40	1,34	23,0	0,6	0,3	76,1	43,2	10,1	9,3	7,3	18,4	—	—	0,3	0,9	9,9	0,3	—	0,3	—	—	—
17	27,29	1,31	26,8	1,4	0,5	71,3	53,2	3,4	5,5	1,9	14,8	—	—	—	0,8	18,7	—	0,8	0,3	—	—	0,6
18	—	1,35	35,6	0,2	0,6	63,6	61,7	3,5	3,8	1,6	17,4	—	—	—	0,9	0,3	10,8	—	—	—	—	—
19	43,83	1,77	22,8	4,9	0,2	72,1	54,8	2,4	3,6	0,6	22,8	3,4	—	0,6	1,0	10,1	—	—	0,7	—	—	—
20	34,95	4,87	25,7	2,3	1,1	70,9	48,3	0,6	4,1	1,9	16,4	0,9	—	—	0,3	11,1	0,6	1,6	14,2	—	—	—
21	—	1,35	20,0	1,0	0,3	78,7	68,3	6,7	5,0	4,7	9,4	1,2	—	—	0,3	2,7	0,7	0,7	—	0,3	—	—
22	—	0,65	19,4	0,2	0,5	79,9	60,0	11,3	1,2	2,2	12,0	6,1	2,5	—	—	—	2,2	2,5	—	—	—	—
23	25,10	0,88	14,0	6,5	3,3	76,2	62,0	5,0	5,2	1,2	14,6	0,9	—	—	1,2	6,7	1,5	1,2	0,5	—	—	—
24	—	3,95	8,7	0,9	0,7	89,7	78,3	3,1	4,5	2,8	8,3	2,4	—	0,3	—	—	0,3	—	—	—	—	—
oligocen?miocen — Oligocene?Miocene																						
1	—	0,60	20,8	—	1,2	78,0	3,1	25,8	20,0	5,8	32,0	0,7	—	—	2,6	3,9	3,6	1,5	—	0,7	0,7	—
2	—	0,93	16,7	1,4	1,4	67,6	6,0	35,6	14,4	4,6	27,8	0,7	—	—	2,1	4,2	1,8	1,0	—	0,7	0,3	0,7
3	—	0,80	31,5	—	—	68,5	2,0	9,2	27,0	18,8	19,0	17,0	0,4	—	—	—	5,2	1,2	—	0,4	0,4	0,4
4	—	0,99	14,3	10,4	3,9	71,4	7,1	11,8	14,2	4,7	22,8	1,6	—	1,6	3,9	16,9	7,4	6,3	—	1,3	0,9	0,4
5	—	0,55	19,9	—	1,5	78,6	2,2	22,6	11,7	12,8	36,3	1,1	—	0,8	1,2	—	5,2	3,1	—	0,8	—	1,5
6	—	1,40	19,9	8,3	1,9	69,9	11,5	10,2	23,4	10,2	32,6	2,7	—	—	0,9	—	3,7	3,2	—	0,5	—	—
7	—	1,18	21,3	0,1	2,8	75,8	9,3	10,9	12,2	6,7	27,3	5,8	—	0,3	0,3	18,0	6,2	2,8	—	0,3	—	0,3
8	—	0,75	13,4	0,9	—	85,7	3,8	15,0	9,3	19,8	23,3	15,5	1,0	—	0,5	0,4	10,5	1,1	—	0,6	—	—
9	—	1,40	10,1	22,6	2,2	64,1	8,6	29,2	21,7	7,1	7,1	—	—	1,1	5,2	6,7	1,5	8,6	—	1,2	0,4	0,5
10	—	2,13	8,9	24,0	1,9	64,6	8,6	19,6	11,7	3,1	1,4	0,3	—	0,9	1,7	1,7	5,7	44,2	—	1,3	—	0,3
11	—	1,88	12,7	0,4	0,4	86,5	4,5	18,4	42,5	9,1	5,7	0,3	—	0,9	3,0	12,0	2,7	—	—	—	0,6	—
12	—	0,94	13,5	0,6	1,2	84,7	13,7	29,0	19,5	7,4	7,4	—	—	—	3,1	8,7	6,1	1,7	—	1,4	0,9	1,7
Profil VINAGORA — Cross section VINAGORA																						
I. torton — Tortonian																						
1	82,36	0,2	17,2	0,6	1,3	80,9	34,4	10,8	16,1	2,4	4,6	0,9	—	0,6	1,2	23,8	4,0	—	0,6	—	0,6	—
2	92,87	0,2	27,0	0,9	1,6	70,5	48,1	12,2	7,4	4,3	2,0	2,0	—	0,6	1,9	13,0	7,3	0,3	—	0,3	0,6	—
3	71,44	0,1	18,4	5,0	6,2	70,4	48,1	7,4	4,6	0,8	4,4	2,3	—	1,9	1,2	18,3	9,0	—	0,8	0,8	0,4	—

Dijametar frakcije 0,045—0,15 mm
Diameter of fraction 0,045—0,15 mm

Tabela — Table II

uzorak — Sample	% CaCO ₃	CaMg(CO ₃) ₂	% teške frakcije % Heavy fraction	Ukupni sastav teške frakcije 100% Total composition of heavy fraction 100%				Prozirna zrna teških minerala — 100% Transparent grains of heavy minerals — 100%																	
				opaka zrna Opaque grains	klorit Chlorite	biotit Biotite	ostali minerali Other miner.	granat Garnet	turalin Tourmaline	cirkon Zircon	rutil Rutile	staurolit Staurolite	disten Kyanite	andaluzit Andalusite	titanit Sphene	kromit Chromite	apatit Apatite	epidot Epidote	kloritoid Chloritoid	amfibol Amphibole	glaukofan Glaucoaphane	brukit Brookite	korund Corundum		
donji-srednji miocen — Lower-Middle Miocene																									
I.																									
1	53,75		1,26	14,1	7,0	1,5	77,4	59,7	12,1	6,3	6,6	—	—	—	—	1,7	12,6	—	1,0	—	—	—	—	—	—
2	29,09		0,53	6,6	7,2	3,4	82,8	77,5	6,2	1,5	3,1	2,9	—	—	—	0,3	7,9	0,3	0,3	—	—	—	—	—	—
3	31,50		1,05	9,3	14,7	9,3	66,7	76,4	7,0	2,4	3,1	—	—	—	—	—	10,8	—	—	—	—	0,3	—	—	—
4	21,50		1,74	11,4	2,4	1,3	84,5	73,2	4,3	7,1	8,1	0,3	—	—	—	0,8	3,6	1,3	1,3	—	—	—	—	—	—
5	27,29		2,37	10,7	1,4	0,3	87,6	73,3	5,3	3,2	5,3	1,4	—	—	—	1,6	9,2	—	0,7	—	—	—	—	—	—
6	31,42		8,63	3,8	0,6	0,9	94,7	88,8	0,7	0,7	1,7	5,7	—	—	—	—	1,7	—	0,7	—	—	—	—	—	—
7	69,88		0,73	30,4	0,2	0,2	69,2	63,0	2,0	7,8	6,7	4,7	—	—	—	—	14,2	—	0,6	1,6	—	—	—	—	—
8	9,21		3,33	4,2	2,7	1,2	91,9	85,5	2,3	0,6	3,9	—	—	—	—	0,3	5,5	—	1,3	—	—	—	0,6	—	—
9	74,26		2,07	10,1	1,8	0,9	87,2	84,0	2,1	1,7	2,2	3,4	—	—	—	0,7	4,9	—	—	1,0	—	—	—	—	—
II.																									
1	21,00	16,20	3,30	4,5	13,8	2,3	79,3	77,6	6,8	1,3	3,9	1,6	—	—	—	0,6	7,9	—	0,3	—	—	—	—	—	—
2	10,00	23,25	0,54	4,1	10,0	3,6	82,3	88,0	2,9	1,9	3,3	0,7	—	—	—	0,3	2,3	0,3	0,3	—	—	—	—	—	—
3	23,50	18,20	1,91	5,7	0,6	—	93,7	70,0	10,5	3,2	6,1	1,8	0,3	—	—	0,3	5,0	2,8	—	—	—	—	—	—	—
4	16,44	19,60	2,45	8,8	0,8	0,8	89,6	80,0	4,3	2,9	2,6	1,9	—	—	—	0,6	6,8	0,9	—	—	—	—	—	—	—
5	20,55	14,20	4,62	9,6	3,7	2,4	69,3	70,4	8,7	3,2	5,4	1,0	—	—	—	1,4	9,9	—	—	—	—	—	—	—	—
6	16,73		1,11	8,6	5,0	1,1	83,3	65,0	3,6	9,1	4,3	0,3	—	—	—	0,6	13,6	2,3	1,2	—	—	—	—	—	—
7	27,95	12,50	6,94	7,4	1,5	0,9	90,2	66,3	3,3	1,1	0,7	5,0	3,3	0,3	—	0,3	2,7	9,2	1,0	6,8	—	—	—	—	—
8	41,58		4,55	6,2	0,9	1,2	91,7	83,0	2,3	1,2	1,6	2,9	2,3	—	—	—	2,3	0,6	0,3	3,5	—	—	—	—	—
9	—		1,62	3,3	0,9	—	95,8	86,0	2,8	1,9	0,6	2,5	2,9	—	—	0,3	0,9	0,9	0,9	0,3	—	—	—	—	—
10	+		7,40	5,0	4,1	1,6	89,3	71,4	4,4	6,2	4,8	2,4	0,6	—	0,3	0,3	8,7	—	0,9	—	—	—	—	—	—
11	38,79		2,54	9,4	1,6	—	89,0	72,0	3,2	3,1	1,7	3,1	0,7	0,3	0,3	—	7,7	2,1	0,3	5,5	—	—	—	—	—
12	—		0,20	16,8	1,4	—	81,8	64,5	1,7	7,5	7,8	2,4	0,9	0,3	—	—	13,2	1,4	0,3	—	—	—	—	—	—
13	37,82	24,00	4,22	10,8	1,9	0,6	86,7	92,0	1,0	0,6	1,4	1,9	—	—	0,3	0,3	1,9	—	0,3	—	—	0,3	—	—	—
14	27,13	17,90	7,48	13,7	2,9	0,3	83,1	83,6	2,6	3,2	2,8	1,7	0,3	—	—	—	4,9	0,6	0,3	—	—	—	—	—	—
15	15,09		1,93	11,0	2,5	0,3	86,2	79,0	3,6	3,3	7,3	0,6	0,6	—	—	0,3	3,2	0,9	0,9	—	—	—	—	—	0,3
16	5,87		2,36	9,6	5,2	1,3	83,9	85,3	1,7	2,3	2,7	1,3	0,3	—	—	0,3	4,9	0,6	0,6	—	—	—	—	—	—
17	8,84		4,99	7,3	0,6	1,1	91,0	75,0	3,1	2,5	1,2	2,2	0,9	—	0,9	—	12,3	1,9	—	—	—	—	—	—	—
18	++		6,05	11,3	4,1	0,5	84,1	74,0	5,2	2,2	3,2	4,8	2,5	—	0,6	0,3	5,7	0,9	0,6	—	—	—	—	—	—
19	21,50	17,60	2,64	10,0	1,7	0,3	88,0	56,0	9,4	3,7	6,7	0,6	—	—	—	0,9	21,7	0,7	0,3	—	—	—	—	—	—
20	—		3,76	2,9	2,6	1,1	93,4	81,5	4,2	2,8	1,9	5,6	0,6	—	—	—	2,1	—	1,3	—	—	—	—	—	—
21	31,42		2,77	15,9	0,5	0,5	83,1	86,0	5,3	0,7	0,9	3,2	1,3	—	—	0,3	1,7	—	0,6	—	—	—	—	—	—
22	30,21		9,53	17,5	3,7	2,1	76,7	64,8	3,3	2,9	3,3	9,8	—	—	—	—	15,9	—	—	—	—	—	—	—	—
23	22,32		11,50	47,7	3,6	0,2	48,5	41,1	10,7	19,7	2,0	2,9	1,0	—	—	4,0	10,3	2,4	5,4	—	—	0,5	—	—	—
24	28,36		1,50	9,9	5,1	0,4	84,7	65,0	7,0	4,5	4,2	0,3	0,6	—	—	1,2	16,0	—	1,2	—	—	—	—	—	—
25	30,01		0,55	20,6	1,1	1,1	77,2	47,4	3,5	6,7	1,9	7,5	—	—	—	0,2	31,9	0,7	—	0,2	—	—	—	—	—
26	37,48		0,75	22,7	0,2	0,8	76,3	52,5	10,6	4,8	4,1	2,3	—	—	—	—	23,9	0,3	0,9	0,6	—	—	—	—	—
burdigal — maceljski pješčenjak Burdigalian — Macelj sandstone																									
1	—		5,35	10,0	1,6	0,9	87,5	85,3	1,8	3,6	6,1	—	—	—	—	—	2,8	0,4	—	—	—	—	—	—	—
2	—		1,47	24,7	2,7	—	72,6	62,2	3,2	6,6	6,9	2,8	—	—	—	1,4	15,5	—	—	0,7	—	—	—	0,7	—
3	7,6		5,44	10,8	13,4	0,8	75,0	79,6	5,5	4,2	1,2	1,3	0,3	—	0,6	0,3	3,5	2,4	1,1	—	—	—	—	—	—
4	—		2,40	6,0	0,9	0,9	92,2	87,0	1,4	3,1	3,1	0,3	—	—	—	—	4,1	1,0	—	—	—	—	—	—	—
5	—		4,35	6,7	9,8	3,1	80,4	77,0	4,4	4,7	2,9	0,9	—	—	—	0,6	8,3	—	—	—	—	—	—	0,6	0,6
6	9,94		1,83	12,5	11,0	4,6	79,9	73,3	4,3	7,3	5,3	0,3	—	—	—	0,3	6,4	0,7	0,7	—	—	—	—	0,7	0,7
7	5,00		3,20	14,8	3,0	0,3	81,9	72,2	4,9	6,8	4,3	0,9	—	—	—	0,3	8,4	—	0,6	—	—	0,3	—	—	1,3
8	—		4,39	10,5	5,0	1,2	82,3	91,2	2,0	1,5	1,6	1,1	—	—	—	—	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—		4,90	3,8	5,5	1,4	89,3	85,0	1,8	3,5	1,9	1,2	—	—	—	—	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—		4,00	6,5	5,6	1,8	86,1	85,6	2,4	1,7	2,4	—	—	—	—	—	7,9	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—		4,20	8,8	12,1	1,8	77,3	84,0	8,0	2,7	2,7	—	—	—	—	—	1,7	—	0,9	—	—	—	—	—	—
12	—		3,94	11,9	8,3	2,1	77,3	92,9	1,9	1,9	0,7	—	—	—	—	—	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—		2,89	9,3	6,8	1,4	82,5	84,0	3,1	4,1	2,3	—	—	—	—	—	6,2	—	0,3	—	—	—	—	—	—
14	—		2,04	23,4	15,7	1,1	59,8	63,1	7,6	11,1	9,4	—	—	—	—	—	7,6	0,6	0,6	—	—	—	—	—	—
15	—		4,52	34,2	9,8	2,6	46,7	86,3	2,0	2,9	2,9	—	—	—	—	—	5,9	—	—	—	—	—	—	—	—
16	10,00		1,89	16,8	5,6	0,5	77,1	85,0	3,8	2,5	4,1	—	—	—	—	0,3	4,3	—	—	—	—	—	—	—	—
17	—		4,25	5,6	19,0	2,8	72,6	60,2	16,6	4,8	4,8	—	—	—	—	—	13,6	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—		6,41	45,0	3,7	0,9	50,4	42,6	14,8	12,0	2,8	—	—	—	—	—	27,8	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—		3,53	16,8	3,0	1,8	78,4	69,3	15,3	2,3	—	—	—	—	—	—	13,1	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—		2,21	47,0	0,8	0,8	51,4	28,9	10,6	15,5	1,9	0,4	0,4	—	—	—	41,5	—	—	—	—	—	—	—	0,8
21	8,30		0,63	30,1	13,9	3,7	52,3	72,7	2,7	1,3	1,9	1,9	—	—	—	0,6	18,3	—	—	—	—	—	—	0,6	—
22	—		3,75	4,5	17,0	2,0	76,5	88,6	4,7	2,7	0,7	—	—	—	—	—	2,0	—	1,3	—	—	—	—	—	—
23	—		3,30	1,7	9,2	3,3	85,8	82,4	12,7	2,0	—	—	—	—	—	—	2,9	—	—	—	—	—	—	—	—
24	—		0,45	22,3	1,0	1,9	74,8	82,1	5,6	1,6	0,3	0,3	—	—	—	—	9,5	—	—	—	—	0,3	—	—	0,3
25	8,27		3,84	10,1	11,5	0,6	77,8	63,0</																	