

ROZALIJA MUTIĆ

PETROGRAFSKA I SEDIMENTOLOŠKA ISPITIVANJA UGLJENONOSNOG PODRUČJA PREGRADA (HRVATSKO ZAGORJE)

S 1 slikom u tekstu i 5 tabli u prilogu

Prema živoj izmjeni litoloških članova i njihovih karakteristika, asocijaciji sedimenata i režimu sedimentacije ispitani uzorci iz bušotina nose karakteristike brakične molase s ugljenom.

Magmatska aktivnost u neposrednoj blizini bazena otkrivena je na osnovi morfoloških karakteristika svojstvenih vulkanogenom porijeklu minerala apatita, biotita i cirkona.

Detritični materijal pješčenjaka, jednaka i neizmijenjena asocijacija teških minerala upućuje na isto izvorno područje sastava visokometamorfnih stijena.

UVOD

Prilikom istražnog bušenja na ugljen, koje je godine 1966. na području Plemenščine izvodilo poduzeće »Ugljenokopi Pregrada« u Pregradi, uzeti su uzorci jezgri bušotina u svrhu određivanja sastava i odredbe sedimenata, mineralne asocijacije, izvornog područja materijala i rekonstrukcije uvjeta sedimentacije.

Bušenja su vršena do različitih dubinskih nivoa. Kako je bušotina br. 4 dosegla najdublje i učinila se najprikladnijom za obradu, to su obrađeni njeni uzorci kompletno. Rezultati analiza manjeg broja uzoraka iz drugih triju bušotina (3, 5 i 6) poslužili su za korelaciju.

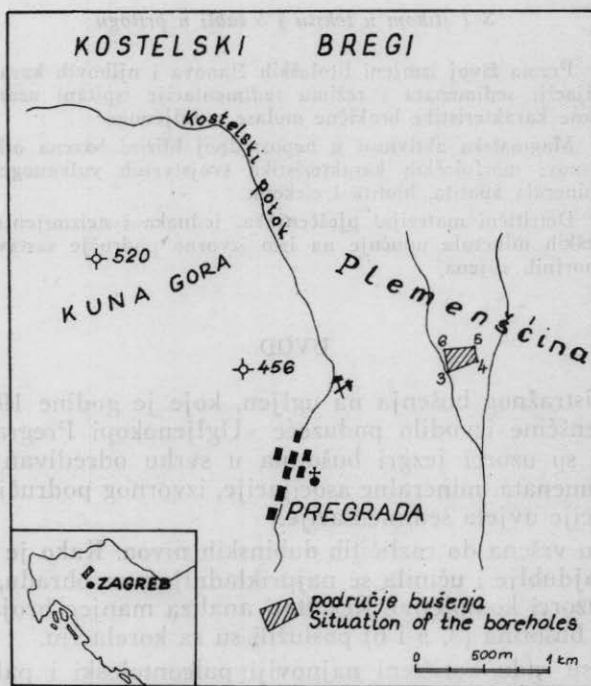
U ovom su radu korišteni najnoviji paleontološki i palinološki rezultati analiza uzoraka jezgri (Šikić, L. & Jović, B., 1968), na osnovi kojih je izvršeno stratigrafsko raščlanjivanje tercijarnih naslaga ugljenog revira Pregrada na području Plemenščine. Naslagama, koje su donedavna pribrajane gornjem oligocenu, određena je donjomiocenska starost, a marinski je torton raščlanjen u donji i gornji.

Zahvaljujem geologu K. Polaku čijim sam posredovanjem dobila uzorke. Također zahvaljujem Upravi rudnika u Pregradi na susretljivosti.

OSVRT NA RANIJA ISTRAŽIVANJA

Područje Plemenščine na kome je vršeno bušenje na ugljen jedan je iz niza manje-više izoliranih dijelova paleogeografske cjeline zagorskog ugljenog bazena iz mlađeg tercijara.

U svrhu rješavanja ekonomske problematike ugljenih ležišta u više su navrata vršeni istražni radovi u ovom i širem području, a podaci o tome nalaze se u Fondu stručnih dokumenata Geološkog instituta u Zagrebu. O uvjetima i razvoju ugljena, kao i popratnih naslaga, gotovo su identična mišljenja autora, a objavio ih je skoro u cijelosti Anić,



D. (1952). Prilazeći studijski rješavanju geneze, stratigrafske pripadnosti i tektonike ugljenonosnog područja i naslaga južnih obronaka Ivančice, autor se na str. 12-16 osvrće na formu ležišta i na nestabilnost priobalnih laguna u kojima je nastajao ugljen, te dovodi s time u vezu i razvoj faune i sedimenata. Ove su lagune okarakterizirane trajnim spuštanjem i kratkim povremenim zastojsima. Vrijeme spuštanja označuju pješčenjaci, pijesci i glinasti pijesci sa pretežno marinskom faunom, dok su se u periodima zastoja taložile gline i ugljeni slojevi sa

pretežno brakičnom faunom. Pa i onda kad je more uslijed zasipavanja bilo posve plitko i pretvoreno u poluslane lagune i močvare, veza se s morem nije nikada potpuno prekinula. Nije došlo ni do razvoja krupnoklastičnih sedimenata koji bi nagoviještali neku novu transgresiju.

Nedavno su objelodanjeni rezultati analiza na osnovi kojih je izvršena odredba feldspatskog pješčenjaka iz gornjoooligocenske klastične serije sa lokaliteta Gornje Kamenečko nedaleko Krapine (Šebečić, B. 1968).

U Fondu spomenutog Instituta nalazi se i neobjavljeni rad Šćavničar, B. (1961) u kome su izneseni rezultati analiza mineralnog sastava uzoraka pijesaka i pješčenjaka sa područja Tabor Grada zapadno od Plemenščine.

Na pojavu efuziva kod Kostelskih brega kratko se osvrnuo Anić (1958). U tom osvrtu on navodi da je Barić Lj. svijetlosivi kamen uloženi u badenski lapor odredio kao pršinac (tuf). Iz toga Anić zaključuje da se vulkanska erupcija dogodila u srednjem miocenu, tj. tonu.

LITOSTRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE

Donji miocen

U razvoju se donjomiocenskih sedimenata odražava vrlo živa izmjena različitih litoloških članova (tabla I) i njihovih karakteristika. Među uzorcima jezgri bušotina zastupani su pješčenjaci, siltiti, šejlovi, gline, i to u svim njihovim prijelaznim varijetetima u odnosu na promjene u sastavu i veličini detritalnih sastojaka. Prevladava uglavnom tamnosiva i sivocrna boja koja je genetski vezana za raspadanje i rastvaranje organske tvari. Zelena, sivozelena i smeđozelena boja potječe od klorita, a žutosmeđe mrlje i obojene pukotnice upućuju na limonitnu supstanciju. Rjeđe se susreće svijetlosiva boja, a usko je vezana za porast količine karbonata u sedimentacionoj sredini.

Sedimenti su pretežno dobro uslojeni i često se međusobno izmjenjuju. Izmjene se očituju bilo promjenom sastava, bilo promjenom veličine zrna ili boje. Vrlo se često mirno, gotovo paralelno izmjenjuju po 2, 3 i 4 litološka člana. Primjer mirne i višestruke izmjene dvaju članova siltita i šejla vidljiv je na uzorku iz bušotine 4 na dubinskom intervalu na 142 m (tabla II, sl. 1). Ima slučajeve i prividne ili pseudoslojevitosti kako je to vidljivo na slici 3 iste table. Tu se radi o fino dispergiranoj crnoj ugljevitoj tvari koja je singenetski reducirana, te se paralelno i subparalelno nekontinuirano provlači svijetlosivim prhkim pješčenjakom.

Debljine pješčanih proslojaka iznose po nekoliko desetina centimetara, a naslage su glina katkada znatno deblje. U odnosu na spomenute naslage proslojci su šejlova tanji i njihove se širine katkada približuju milimetarskim laminacijama (tabla II, sl. 2).

Kontakti su ponajčešće ravni i jasni, a primjećuju se tragovi erozije (erozioni kanal, tabla III, sl. 1) ili erozione diskordance koje upućuju na prekid sedimentacije, odnosno promjene u režimu sedimentacije (tabla III, sl. 2). Na istom je uzorku vidljiv narušen kontakt pješčenjaka i podloge. Teži se pjeskoviti materijal poput žljebića urušava u mekanu slabo konsolidiranu podlogu povlačeći lagano za sobom fine svijetle laminacije. Ovakove ili slične deformacije mehaničkog karaktera nisu rijetke pojave na kontaktima težih materijala i slabo očvrstnule glinovite podloge. Na uzorku na slici 1, tabli IV vidi se kako se gornji materijal poput prevjesa prebacuje preko donjih slojeva.

Dok se ove i slične pojave pripisuju različitim efektima težine gornjih slojeva, dotle su neke deformacije svojstvene hidroplastičnim sedimentima. Ove deformacije mogu lokalno biti prouzrokovane potresom uslijed kretanja vode ili nejednakim koncentracijama vode u sedimentu. Crne ugljevite laminacije mogu ovdje u ulozi membrane potpomoći nosivost donjih dijelova sloja. Kad ove laminacije zbog težine gornjih dijelova popuste, ili kad zbog kojeg drugog uzroka dođe do poremećaja u samom sloju, tada se tiksotropična sredina počinje pomicati i nepravilno lagano kretati. Nakrivljene, vijugave i isprekidane crne laminacije što se razabiru na slikama 3 i 4 na tabli III vjerojatno su nastale takovim poremećajima.

I strana tijela, kao ulomci pješčenjaka, šejla, silita i gline, mogu biti otrgnuta iz nemirnih okolnosti i donesena u novu sredinu, te prouzrokovati nered i nepravilnosti. Na već spomenutom uzorku na slici 1, tabli IV, koji je snimljen s druge strane, opažaju se spiralno isprekidane svijetlosive vijuge u tamnoj osnovi (sl. 2). Na dijametralnom prerezu istog uzorka i prerezu svijetlosivih vijuga vidljiv je ulomak malo vapnovito-pjeskovitog sedimenta (sl. 3).

Laminirana tekstura prati gotovo sve dobro uslojene sedimente. Paralelne i malo valovite laminacije susreću se u pješčenjacima i silitima. Izražene su naglim kontrastima veličine zrna (pijesak-silt, silt-glina), zatim varijacijama količine listićavih minerala ili organske i ugljevite tvari koncentrirane na slojnim plohama (tabla V, sl. 2). Katkada se na crnim slojnim plohama vide vrlo dobro sačuvani otisci lišća.

Laminacije su u uzorcima šejlova i u fino pjeskovitim glinama pretežno milimetarskih širina. Mjerene u mikroskopskim preparatima one su katkada i manje od milimetra. Vidljive su kao izmjene smeđosive i tamnosive boje, koja je vjerojatno jednim dijelom organogena. Ove su laminacije često izgrađene od obilno paralelno usmjerenih listićavih sastojaka, ugljevite tvari ili ih izgrađuju fini nizovi globulica pirita. Zbog ovakvog rasporeda sastojaka ovi se sedimenti odlikuju dobrom cjepljivošću i cijepaju se u fine tanke pločice ili se gotovo listaju.

Zbog toga što su pješčenjaci pretežno finijeg zrna, a i zbog tamnosive i sivocrne boje, građurana se slojevitost na uzorcima jedva primjećuje (tabla II, sl. 4). Ona se bolje opaža i prati u mikroskopskim preparatima.

Sve su ove sedimentne teksture i deformacije relativno malih razmjera i svojom veličinom ne prelaze 3 cm. Susreću se u serijama dobro uslojenih i pjeskovitih i siltnih sedimenata, a upućuju na plitke vode, mirnu sedimentaciju u zaklonjenim priobalnim vodenim sredinama ili lagunama.

U profilima se bušotina susreću i takovi uzorci koji su krcati kršjem školjkica, puževa, zatim ostacima pougljenog bilja, limonitiziranim vapnovitim i glinovitim nepravilnim konkrecijama, te zaobljenim ulomcima pješčenjaka i karbonatnih stijena. Sve je ovo ubačeno i prebačeno jedno preko drugog i sedimentu daje brečast izgled. Zbog raznolikosti sastava, neravnomjerne raspodjele sastojaka i boje ovo su, dakle, ne-uslojene, odnosno nesređene litološke jedinice ili jedinice konfuzne slojevitosti (Essai de nomenclature . . . 1966, str. 29). Nastajanje ovakvih sedimenata pretpostavlja muljevitou i mirnu sredinu u gotovo potpuno izoliranom priobalnom području izvan morskih utjecaja. Katkada se u ovakovim i sličnim besteksturnim sedimentnim jedinicama susreću ulomci gline ili šejla. Ovo su vjerojatno intraformacijski detritalni sastojci, odnosno ulomci erodirane podloge (tabla III, sl. 2).

Torton

U bušotinama 4 i 5 transgresija mora zbila se odjednom i relativno mirno. U bušotinama 3 i 6 izvršila se, izgleda, u dva navrata. U oba slučaja transgresivni klastični razvoj bio je vremenski prilično kratak.

Uzorci su tortonskih sedimenata znatno jednostavnijeg sastava, teksturnih i strukturnih karakteristika, nego donjomiocenski uzorci. Čvršći su i dobro uslojeni. Pretežno su sive boje sa primjesama žućkaste i smeđe boje. Laminirana je tekstura ponajčešće vidljiva jedino u mikroskopskim preparatima uzoraka. Izražena je finom paralelnom i subparalelnom raspodjelom i izmjenom sitnozrnatog kalcijevog karbonata i gline, zatim biogenim vapnenačkim detritusom, smeđom supstancijom i nizovima piritnih globulica.

PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE

Pješčenjaci su općenito dobro uslojeni. Čvrstoća i lom vrlo su im različiti i dobrim dijelom ovise o karakteru veziva. Slabije su vezani pješčenjaci čiju osnovu izgrađuje detritalni matriks, dok se pješčenjaci sa kemogenim karbonatnim cementom odlikuju većim stupnjem čvrstoće i oštrim lomom. Neki su pješčenjaci vrlo krhki, lako se drobe, a zastupani su i pijesci. Pješčenjaci su nadalje vrlo tinjčasti. Obilan je i klorit. Slojne plohe većeg broja uzoraka prekrivene su obiljem listićavih minerala. Kod nekih su opet uzoraka plohe prekrivene tankom prevlakom ugljevitve tvari koja se – kako se to vidi u mikroskopskim prepara-

tima – poput niti subparalelno provlači osnovom uzoraka. Zbog obilja i rasporeda listićavih minerala i organske tvari neki se uzorci pješčenjaka cijepaju paralelno plohama slojevitosti.

Mineralni je sastav pješčenjaka određen u mikroskopskim preparatima, a klasifikacija je izvršena uz pomoć metode integracije. Nešto malo krupnijih sastojaka veličine do 1,40 i 1,60 mm susreće se jedino u uzorku bušotine 4 na dubinskom horizontu na 143 m. Uzorci su srednje do dobro sortirani. Boljom se sortiranošću odlikuju uzorci sa karbonatnim cementom, što se može smatrati posljedicom intenzivnijeg preradivanja materijala u širim vodenim prostorima za vrijeme marinskih ingresija. Sastav pješčenjaka čine: kvarc, feldspati, čestice karbonatnih i nekarbonatnih stijena, tinjci i klorit. Također se vrlo često susreću teški minerali: granat, staurolit i apatit.

Kvarc je dominantan sastojak svih analiziranih pješčenjaka. Nepravilan je, izdužen, poluuglast do poluzaobljen, katkada kršen i raspućan, često korodiranih rubova. Susreće se kvarc jednolikog i valovitog potamnjenja. Neka zrna sadrže mineralne inkluzije. Po porijeklu je, izgleda, metamorfan, a jednim dijelom potječe iz magmatskih stijena.

Feldspati su stalni sastojci pješčenjaka. Po obliku su najčešće hipidiomorfni. Neka zrna valovito potamnjuju. Susreću se svježja zrna, ali isto tako i zrna koja sadrže u sebi sitno trunje i prašinu. Na nekim se zrnima uzduž pukotina kalavosti primjećuju tragovi izmijene u glinu. Neka od zrna feldspata sadrže neorijentirane mineralne inkluzije, a neka opet paralelno orijentirane po cijelom zrnu ili su one uklopljene u same pukotine kalavosti. Zastupani su feldspati samci i sraslaci. Gdje je bilo moguće, odnosno na povoljnim presjecima, izmjereni su kutovi potamnjenja u zoni simetričnog potamnjenja. Veličine se izmjerenih kutova kreću od 4 do 8 stupnjeva, što bi uz negativan reljef, odnosno uz indeks loma koji je niži od indeksa loma kanadskog balzama odgovaralo albit-oligoklasu. U sastavu je pješčenjaka u mikroskopskim preparatima redovito sa po 2–3 zrna zastupljen mikroklin katkada sa uzanim pertitnim izdvajanjima. U uzorku pješčenjaka na dubinskom horizontu na 143 m primijećena je čestica sa mirmekitskom strukturom, gdje je kvarc crvoliko izdvojen u zrnu nižeg indeksa loma od indeksa loma kvarca. Također je na nekoliko zrna plagioklasa izdvojen kvarc u vidu okruglastih i ovalnih zrnaca i oblika sličnih slovima.

U uzorcima su zatim zastupljene čestice stijena, koje po sastavu i strukturi odgovaraju metamorfnim stijenama. Susreću se čestice muskovitskog i tinjčastog kvarcita, zatim kvarcita, kvarcfeldspatske stijene i čestice tinjčastih škrljaca. Čestice su ovih stijena ponajčešće izdužene, uglate i često izgledaju svježje. Na više se čestica kvarcfeldspatske stijene vide listići muskovita i smeđocrvenog biotita izrazitog pleohroizma kako ispunjavaju međuprostore kvarca i feldspata i urastaju u kvarc. Katkada je kvarc u ravnom kontaktu s listićem muskovita ili biotita. Osim nekoliko čestica litoidnog kiselog tufa primijećene su i čestice

nejasne strukture, koje su vrlo izmijenjene i kloritizirane, stoga ih je bilo nemoguće odrediti. Ipak se u osnovi nekih od tih neodredivih čestica prilično dobro raspoznaju subparalelno - rjeđe unakrsno - raspoređeni mikroliti štapićastih plagioklasa. U sastavu je pješčenjaka zastupljen i črt i čestice neodredivih pelita. Karbonatna je detritalna komponenta predstavljena dolomitom i vapnenačkim česticama. Neki su ulomci ovih stijena jasno konturirani i dobro zaobljeni. Veći je dio njih manje-više korodiran i pojedini dijelovi su otapanjem odvojeni i udaljeni. Monokristali kalcita vjerojatno su biogenog porijekla. Redovito se među ostalim detritusom u pješčenjacima nađe po koji ulomak ili cijela struktura vapnenačkog mikrofosila.

Listićavi su minerali obilno zastupani u uzorcima pješčenjaka. Izraziti se paralelizam listića opaža u jače konsolidiranim uzorcima. U slabije vezanim uzorcima nema istaknute orijentacije listića, nego su bilo kako raspoređeni između zrna. Dulji se listići tinjaca elastično povijaju između zrna, katkada su koljenčasto slomljeni ili su na krajevima raščihani. Muskovit se odlikuje živim interferentnim bojama, a biotit intenzivnim karakterističnim pleohroizmom od svijetložute do smeđocrvene i crvene boje. Listići su klorita sitniji, katkada su po rubovima izmijenjeni. Klorit je u uzorcima i autigen; lepezasto i fibrozno ispunja međuprostore zrna, razdvaja kontakte zrna i urasta u kvarc. Ravni kontakti muskovit-biotit i biotit-klorit nisu rijetke pojave.

Integriranjem je izvršena modalna analiza od 5 uzoraka pješčenjaka. Srednji sastav detritusa i veziva pješčenjaka iznosi:

a) sa detritalnim vezivom (3 uzorka)

kvarc	24,18%
feldspati	7,79%
muskovit, biotit, klorit	1,99%
čestice stijena	22,62%
vezivo	43,39%
	<hr/>
	99,97%

b) sa karbonatnim cementom (2 uzorka)

kvarc	29,23%
feldspati	8,61%
muskovit, biotit, klorit	2,53%
čestice stijena	18,77%
kalcitni cement	40,93%
	<hr/>
	100,07%

Na osnovi učešća i odnosa mineralnih komponenata i karaktera veziva, a prema klasifikaciji P e t t i j o h n a, pješčenjaci sa detritalnim vezivom određeni su kao litoidne grauivake, a pješčenjaci sa kalcitnim ce-

mentom kao subgrauvake. Grauvakni su pješčenjaci slabije vezani. Zaostale su neispunjene šupljine i pore. Detritalni su sastojci ovih pješčenjaka slabije sortirani nego u subgrauvakama i ponajčešće neravnomjerno raspoređeni. U uzorcima se osim korozije zrna, razvoja autigenog klorita, te tu i tamo finolistićavih minerala glina ne primjećuju neke značajnije dijagenetske promjene. Smeđi glinovito-siltni matriks s obiljem finolistićavih tinjaca i klorita najvjerojatnije je originalni sedimentni talog. Iznos CaCO_3 u ovim pješčenjacima jedva dosiže 5%, a odnosi se na raštrkane izolirane subromboedre i romboedre kalcita i relikte biogenih vapnenačkih ulomaka.

Razvoj karbonatnog cementa pješčenjaka u asocijaciji donjomiocenskih sedimentata u prvom je redu vezan za povremene marinske ingrese. Cement je ovih pješčenjaka po strukturi sitnozrnati i srednjezrnati kalcit sa primjesama gline i limonitiziranim nepravilnim nakupinama smeđocrne supstancije. U odnosu na detritus kojeg povezuje to je bazalni, rjeđe porni cement. Aktivnost se karbonatnog cementa manifestira u odvajanju i odguravanju detritalnih zrna s jedne strane i intenzivnoj koroziji kvarca i feldspata s druge strane. Sekundarni rast kalcita oko praškastih obrisa kalcitnih zrna nije rijetka pojava.

Sedimentacija je ispitanog područja usko povezana uz eroziju podloge i kopnenih karbonatnih masiva trijaskе starosti u neposrednoj blizini bazena (Kuna gora i Dunajeva gora), kao i eroziju masiva šireg područja zapadnog dijela Hrvatskog zagorja. Pretežno je to dolomitni razvoj.

Karbonatne su čestice u sastavu pješčenjaka litogenog porijekla. Ovi su detritalni sastojci najvjerojatnije nastajali erozijom kopnenih karbonatnih masiva u neposrednoj blizini bazena (Kuna gora i Dunajeva gora) kao i masiva šireg područja zapadnog dijela Hrvatskog zagorja. Pretežno je to dolomitni razvoj trijaskе starosti. Prinosom i otapanjem detritalnih čestica dolomitnih stijena mogao se postepeno i stalno povećavati sadržaj Mg-iona, što je u periodima suhe i tople klime u manjeviše izoliranom dijelu sedimentacione sredine uvjetovalo intenzivniju zamjenu Ca-iona Mg-ionima. Takovi su uvjeti vjerojatno i bili u području bušotine 4 na dubinskom horizontu na oko 100 m, gdje je u uzorku pješčenjaka količina dolomita porasla na 36% i premašila količinu kalcijevog karbonata od 25%. Postepena zamjena kalcijevog karbonata dolomitnom komponentom vidi se na slici 1 i 3 na tabli V. Karbonati su u spomenutom pješčenjaku u ulozi cementa a ima ih također i u detritusu. Do dolomitizacije je došlo i u bušotini 5. U mikroskopskom preparatu uzorka na 82 m u osnovi zrnastog karbonata koji sadrži i nešto dolomitne komponente nalazi se nekoliko zaobljenih čestica koje u svemu podsjećaju na netom spomenuti pješčenjak iz bušotine 4. Iz navedenog se zaključuje da je u bušotini 5 došlo do dolomitizacije nešto kasnije i u manjoj mjeri nego u bušotini 4.

Uzorci su pješčenjaka vrlo piritični. Globulice svježeg piritu izgrađuju nekontinuirane nizove ili nepravilne nakupine. Katkada je pirit vidljiv u ugljevitim ulomcima i fosilnim strukturama. U reflektiranoj je svjetlosti zlatnožute boje. Prisutan je i glaukonit, ali po svom obliku više izgleda da je pretaložen, nego da je primaran.

Siltiti su uz neke iznimke finoizrnatiji ekvivalenti pješčenjaka. U sastavu se njihovom primjećuje više kvarca i listićavih minerala, dok je udio čestica stijena manji nego u sastavu pješčenjaka. U nekim je uzorcima silita u mikroskopskim preparatima vidljiva fina milimetarska izmjena laminacija koje su izgrađene pretežno od kvarca i većih količina tinjčastih minerala. Zastupani su vapnoviti i glinoviti siltiti.

Šejli su tankoslojeviti i najfinijeg zrna klastični sedimenti u donjomiocenskom razvoju. U njihovom se sastavu u mikroskopskim preparatima vidi mješavina silta i gline sa nešto malo čestica gustog karbonata i njegovih pojedinačno raštrkanih zrna. Odnos je ovih sastojaka u pojedinim uzorcima vrlo promjenljiv. U sastavu je šejla pretežno kvarc sa nešto usitnjenog ostalog detritusa, kojeg nije bilo moguće odrediti. Obiluju više-manje listićavim mineralima. Dobra je cjepljivost ovih uzoraka uvjetovana međusobnom izmjenom sastojaka i paralelnim rasporedom listićavih minerala, crne ugljevite i smeđe limonitične supstance i nanizanim piritnim globulicama. Šejlovi koji dolaze sa tankim proslojcima ugljena crni su, fino škrljavi i cijepaju se na vrlo tanke pločice, gotovo listiće.

Gline su redoviti sastojci svih ispitanih uzoraka. Najviše ih ima u sastavu finoizrnatih uzoraka gdje su manje-više jednakomjerno raspoređene, dok su u uzorcima pješčenjaka zastupane u vezivu. Izgrađuju i samostalne slojeve čija se debljina kreće u intervalu od nekoliko cm do nekoliko desetina cm i više. Deblje slojeve ponajčešće izgrađuje sivozelena i modrikastozelena glina, koja je vrlo tvrda i oštrog je loma. Uzorci ove gline nemaju u sastavu karbonata, ili ga ima samo u tragovima, a odnosi se na vrlo rijetko zastupane ulomke školjkica i puževa. Tu i tamo se u uzorcima nađe na karbonatizirano igličasto biljno trunje i nepravilne pjeskovito-glinovite ulomke. Smeđa i tamnosiva glina nešto je mekša, izgrađuje tanje slojeve, katkada je laminirana i slabo škrljava. Homogenija je u sastavu nego netom spomenuta zelena tvrda glina. Sadržaj se kalcijevog karbonata u uzorcima ove gline kreće od cca 5 do 10%.

Za određivanje mineralnog sastava uzoraka glina rendgenskom metodom odabrani su po jedan uzorak tvrde modrikastozelene gline sa 81 m i sivozelene gline sa 167 m, a kao treći je za analizu uzet uzorak sivosmeđe gline sa 113 m dubinskog horizonta. Rendgenogrami su snimljeni na Philipsovom rendgenskom uređaju PW 1010 goniometarskom tehnikom uz Cu zračenje i Ni filtrom. Intenziteti su difraktiranog zra-

čenja registrirani Geiger-Müllerovim brojačem i pisačem uz redukcijski faktor 8, vremensku konstantu 8, brzinu putovanja goniometra 1° na minutu i brzinu putovanja papira za registriranje 400 mm/h.

Mineralni je sastav u ispitanim uzorcima glina podjednak samo je odnos intenziteta difrakcionih maksimuma u pojedinim uzorcima različit. Najviše 10 Å minerala (ilit, muskovit, biotit) ima u uzorku 81, manje u uzorku 167, a najmanje u uzorku 113. Klorita ima dosta u uzorku 113. Drugi je bazalni refleks klorita jak, što znači da je u sastavu klorit koji je bogat željezom. Maksimum od 14 Å može pripadati i kloritu i montmorilonitu. Grijanjem na 300° nestaje refleks od 14 Å odnosno jako se smanjuje, što znači da taj maksimum odgovara montmorilonitu. Na prisutnost montmorilonita upućuje i asimetrični difrakcioni maksimum refleksa od 4,48 Å. Dodatkom glicerola nije u području kuteva do 2θ minimum 3° registriran pomak prema manjim kutovima odnosno većim međuplošnim razmacima (isušeni montmorilonit tretiran glicerolom obično daje refleks od 17 Å). Ovo ponašanje govori u prilog postojanja interstratificiranih glina klorit-montmorilonita. Tretiranjem sa zagrijanom razrijeđenom HCl primijećeno je smanjenje, ali ne potpun nestanak refleksa od 7,00 Å što bi upućivalo na prisutnost vrlo malih količina kaolinita.

Glinenu komponentu u uzorcima izgrađuje ilit, montmorilonit, klorit, interstratificiran klorit-montmorilonit i kaolinit. Za pouzdaniju identifikaciju minerala glinene komponente trebalo bi izvršiti još detaljnija rendgenska mjerenja uz kemijsku separaciju što zasada ne ulazi u okvir ovoga rada.

U ispitanim uzorcima ima nadalje dosta kvarca. Uspoređujući intenzitete difrakcionih maksimuma kvarca ima najviše u uzorku 81, manje u uzorku 167, a najslabije je zastupan u uzorku 113. Prema tome se i odnos kvarca u uzorcima donekle podudara s odnosom 10 Å minerala. Feldspati su najviše zastupani u uzorku 81, znatno manje u ostala dva uzorka. Međuplošni razmaci feldspata odgovaraju mikroskopski određenim kiselim plagioklasima: albitu i oligoklasu.

Ugljen. Proslojci su ugljena vrlo tanki. Širine im se kreću od nekoliko cm do najviše 20 cm. Najčešće se susreću u profilu bušotine 3, slabije u bušotini 4, a najrjeđe u bušotini 5. Ugljen označava vremensku odsutnost saliniteta s jedne strane i prekid donosa materijala s kopna s druge strane.

Vodeću ulogu u razvoju tortonskih sedimenata preuzima karbonatna komponenta, a prati je glina sa znatno slabije zastupanom pjeskovitom primjesom nego u donjomiocenskim uzorcima. Transgresivni je klastični razvoj u bušotini 5 na cca 62 m predstavljen vapnovitim petromiktnim konglomeratom. U uzorku su zastupane litogene karbonatne čestice, vapnenački biogeni ulomci i čestice istih stijena koje su zastupane i u donjomiocenskim uzorcima. Transgresivni klastični član bušotine 4 ubrzo je zamijenjen klastičnim karbonatnim razvojem. Na dubinskom horizontu

na 72–70 m uzorak sadrži dosta biogenog kršja sa nešto malo produkta intraformacijske erozije u čijem su sastavu zastupani izduženi nezaoobljeni i zaobljeni ulomci zelenkastosive pjeskovite gline, i šejla. Veličine se ovih ulomaka kreću od 0,2 do 4 mm.

Osim dva uzorka subgrauvahnog pješčenjaka (bušotina 3: uzorak 70 m i 76 m) i uzorka kalkarenita (bušotina 5: 59 m) razvoj je tortona pretežno laporovit. Osnovu uzoraka izgrađuje mikrozrnati i sitnozrnati kalcijev karbonat sa znatnom primjesom glinovite komponente. Terigeni se detritus sve rjeđe susreće u sastavu uzoraka a uglavnom su zastupani kvarc i tinjci. Biogene ulomke i kršje veličine arenita sve više u sastavu zamjenjuju fine planktonske biogene forme. Glaukonit je autigeni sastojak uzoraka i vrlo često ispunja biogene forme. Boje je zelene poput trave i smeđozelene. I tortonski su uzorci vrlo piritični. Sve ove okolnosti upućuju na mirnu sedimentaciju u dubljim marinskim sredinama udaljenim od obale i izvan dosega prinosa materijala s kopna.

SADRŽAJ CaCO_3

Premda se radi o istom sedimentacionom bazenu, ipak su se – kako se to razabire iz rezultata analiza – pokazale razlike u količini kalcijevog karbonata. Pa i u pojedinim se bušotinama u donjomiocenskom razvoju susreću kalcijevim karbonatom nešto bogatiji horizonti, zatim siromašniji i napokon horizonti u kojima je kalcijev karbonat gotovo odsutan ili je samo u tragovima zastupan (tabla I).

Prosječni je procentualni sadržaj kalcijevog karbonata u donjomiocenskim uzorcima ovaj:

bušotina 3	od 12 uzoraka	5,40%
bušotina 4	od 15 uzoraka	12,98%
bušotina 5	od 11 uzoraka	21,38%

Po svoj je prilici do ovih nejednakih raspodjela CaCO_3 , odnosno povremenih neujednačenih komunikacija mora i vode u bazenu kao i izmijenjenih hidrodinamskih uvjeta, dolazilo zbog izvjesnih pregrada ili reljefa među pojedinim dijelovima sedimentacione sredine.

Osim već ranije spomenuta dva moguća izvora CaCO_3 , naime putem marinskih ingresija i donosa karbonatnog materijala s kopna, kao treći izvor ove supstancije mogu se uzeti povremene akumulacije vapnenačkog biogenog kršja i ostataka (školjkice, puževi i drugo).

Prosječni je procentualni sadržaj CaCO_3 u uzorcima tortona ovaj:

bušotina 3	od 3 uzorka	46,53%
bušotina 4	od 8 uzoraka	65,52%
bušotina 5	od 4 uzorka	70,41%

Očito je, dakle, da se bušotina 5 u cijelom profilu odlikuje najvišim sadržajem CaCO_3 , bušotina 3 najmanjim, a bušotina 4 nekom srednjom vrijednošću izražava taj sadržaj.

TEŠKI MINERALI

Mineralni je sastav uzoraka ispitan u frakciji 0,06 do 0,20 mm. Separacija je teških i lakih minerala izvršena pomoću bromoforma specifične težine 2,89. Ukupna se količina teških minerala kreće između 0,30 i 4,28%. Minerali su određeni u mikroskopskim preparatima pomoću polarizacijskog mikroskopa. Brojenjem oko 250–300 zrna po preparatu dobiveni su statistički podaci o učestalosti pojedinih minerala. Grafički su prikazani samo rezultati analiza i uzoraka bušotine 4 (tabla I), a rezultati analiza ostalih bušotina uzeti su u obzir prilikom interpretacije pojedinih minerala i mineralne asocijacije općenito.

U dijagram su unesene procentualne količine pojedinih zrnatih pruzirnih minerala. Posebno su izdvojeni listićavi minerali (biotit i klorit), jer se zbog njihove savršene kalavosti nisu mogli dobiti tačni postoci. Zbog učestalosti i morfoloških karakteristika količina je biotita grafički prikazana na dijagramu o čemu će biti govora kasnije. Među opakim zrnima ima dosta limonitiziranih neodredivih čestica i zrna, nešto malo magnetita i ilmenita.

Karakteristike pojedinih minerala

Granati dominiraju u svim uzorcima. Pretežno je ružičast, ali ima i blijedoružičastih i bezbojnih zrna. Vrlo su svježeg izgleda, nepravilni, uglati i poluuglati. Zrna su vrlo često na površini stepeničasto kršena. Optički su izotropni. Ističu se visokim reljefom.

Staurolit. Značajna i ujednačena učestalost minerala poremećena je istom u srednjem tortonu nakon čega se njegova učestalost opet vraća u raniji tok, kako je to vidljivo na vrhu dijagrama. Nepravilan je. Premda ne tako često, susreću se i prizmatska zrna koja paralelno potamne. Najčešće je uglat, rjeđe poluuglat, školjkovito kršen. Vrlo je svjež i odlikuje se karakterističnim pleohroizmom od bezbojne do zlatnožute boje. Slabog je dvoloma.

Apatit. Iza granata i staurolita najčešći je mineral. Značajna je pojava apatita u uzorcima između donjeg i gornjeg tortona bušotine 4 (tabla I) kao i u uzorku donjeg miocena bušotine 5 na dubinskom horizontu na 68 m, gdje je zastupan sa 43% u odnosu na ostale prozirne minerale. O pojavi apatita i njegovim karakteristikama bit će govora kasnije.

Disten je stalan pratilac staurolita. Uvijek su zrna distena prizmatskog habitusa sa dobro vidljivim sistemima kalavosti. Ima i nekoliko

kristalića distena prosječne veličine $0,480 \times 0,285$ mm. Susreću se zrna izrazito savijena, često kao napeti luk ili zakrivljena oko osi b; katkada su u krivini napukla. Disten se općenito odlikuje svježinom. Bezbojan je, ali je primijećeno i nekoliko pleohroitičnih zrna u slabo modrikastoj boji. Odlikuje se visokim reljefom i srednjim dvolomom. Na dva je zrna Lj. Barić teodolitnokonoskopski izmjerio kutove optičkih osi dobivši za prvo zrno $V_1 V_2 = -80 \frac{1}{4}^\circ$ i $cAZ = 28 \frac{3}{4}^\circ$. Vrijednost kuta optičkih osi za drugo zrno iznosi $V_1 V_2 = -80 \frac{1}{4}^\circ$.

Turmalin. Stalan je sastojak uzoraka. Osim nešto većeg učešća u uzorcima srednjeg tortona, procentualna je količina turmalina kroz donjomiocenski razvoj gotovo podjednaka. Po obliku su to ponajčešće izdužena prizmatska zrna, zaobljena i nezaobljena, rjeđe nepravilna zrna i krhotine. Uglavnom su zastupani žućkastozeleni, zelenosmeđi i smeđi varijeteti. Gotovo redovito sa po 2–3 zrna u preparatima je zastupan i modri i ružičasti turmalin. Odlikuje se intenzivnim pleohroizmom. Tamni paralelno.

Cirkon je zastupan u svim ispitanim uzorcima. Susreću se tanko stupičasti, kratkoprizmatski i bipiramidski kristalići zaobljenih bridova. Dobro zaobljena ovalna zrna cirkona redovito su tamnoružičaste boje, dok su ostali bezbojni. Vrlo svjež i žarkožuti kristalići cirkona dolaze u uzorcima srednjeg tortona.

Rutil. Redovito je zastupan u uzorcima. Izdužena prizmatska zrna rutila poluzaobljena i zaobljena odlikuju se visokim reljefom. Boje je žućkastosmeđe, tamnosmeđe i smeđocrvene. Unatoč tamnim bojama pleohroizam je uvijek dobro vidljiv na zrnima. Tamni paralelno.

Kromit. Tamnocrvene je boje, ali su zrna na tankim rubovima providna. Nepravilan je, školjkovito kršen, uglat, svježeg izgleda. Optički je izotropan.

Titanit redovito prati u cijelom profilu ostale već spomenute minerale. Nepravilan je, ali češće je kuglast. Bezbojan je, katkada pleohroitičan u vrlo slabim zelenkastožutim i žućkastoružičastim bojama. Odlikuje se visokim reljefom, velikim dvolomom i pomanjkanjem totalnog potamnjenja namjesto čega se pojavljuje modra boja. Interferira u bojama visokoga reda.

Epidot učestvuje gotovo jednakomjerno u sastavu teške frakcije kroz cijeli profil bušotine. Ponajčešće je nepravilan, poluuglat do slabo zaobljen. Zrna su najčešće bezbojna, ali se susreću i žutozelena svježija zrna sa jasno izraženim pleohroizmom. Interferira u vrlo živim bojama.

Glaukofan, kloritoid i brukit sporedni su sastojci i predstavljeni su sa po nekoliko zrna u pojedinim preparatima uzoraka. Kratka prizmatska zrna glaukofana karakterizira pleohroizam od svijetlomodne do tamnomodne boje sa vrlo slabom ljubičastom nijansom. – Kloritoid je redovito vrlo svjež, zrna su pločasta, nepravilna, a na rubovima se primje-

čuje listićava struktura. Pleohroitičan je u slabozelenkastoj do zadimljenomodrikastoj boji. Neka su zrna upravo krcata inkluzijama minerala, ponajčešće cirkonima.

Klorit. Učešće je klorita u ispitanim uzorcima mnogo više izraženo u analizi teške mineralne frakcije negoli u analizi u mikroskopskim preparatima. Količinski je nešto slabije zastupan od biotita. Vrlo je promjenljiva količina listića klorita u pojedinim uzorcima. To su nepravilni listići svježije zelene boje, zatim slabo-smeđozelene i blijedozelene boje. Na rubovima listića, a i po listićima samim često se opažaju tragovi izmjene u vidu crnih i rdastih točkica i nečistoće.

IZVORNO PODRUČJE MINERALA

Interpretacija rezultata

Analiza je teških minerala dala dobre rezultate na osnovi kojih je bilo moguće otkriti vrste matičnih stijena opisanih karakterističnih minerala. U prvom su se redu u analizama donjomiocenskih sedimenata od uzorka do uzorka pojavljivale vrlo male promjene u učestalosti pojedinih mineralnih vrsta. Međutim su u uzorcima graničnog područja između donjeg i gornjeg tortona bušotine 4 količine pojedinih mineralnih vrsta svedene gotovo na minimum. Nakon toga se opet u uzorcima uspostavila donjomiocenska ravnoteža (Tabla 1). Poremećaji u učestalosti mineralnih vrsta susretali su se i u analizi tortonskih uzoraka i u jednom uzorku iz najgornjeg dijela donjeg miocena bušotine 5.

Dominantna granat-stauroolitno-distenska asocijacija ispitanih uzoraka s obiljem tinjaca produkt je erozije kristaliničnih stijena. Granat-almandin i staurolit genetski su vezani za metamorfozu glinovitih sedimenta koji su bili obogaćeni željezovitom komponentom. Disten je indikator termodinamskih uvjeta metamorfoze i tipičan mineral koji se javlja samo u škriljcima. Crvenosmeđi biotit sa pleohroitskim ovojmima i cirkonima u njima upućuje na prisutnost titana u tim stijenama. Osim toga i petrografski sastav detritalnih čestica stijena ispitanih pješčenjaka vodi istom izvornom području. To su brojno zastupane čestice stijena u čijem je sastavu kvarc sa feldspatom, sa listićima muskovita i crvenosmeđeg biotita koji oštro poput iglica urasta u kvarc ili je kvarc u ravnom kontaktu sa listićem muskovita. U sastavu su također zastupane i izdužene čestice tinjčastog kvarcita. Feldspati su kiseli plagioklasi i često sadrže mineralne inkluzije. Na nekoliko je zrna plagioklasa dobro vidljiva mirmekitska struktura.

Uzevši u obzir ova i ranija izlaganja i usklađujući rezultate analiza došlo se do zaključka, da su u prinosu detritičnog materijala najviše sudjelovale one izvorne stijene koje su nastale regionalnom metamorfozom višega stupnja. Činjenica da je sastav dominantne asocijacije mi-

nerala ostao tokom donjeg miocena neizmijenjen i da je i nakon poremećaja u tortonskom intervalu opet došao do izražaja upućuje ne samo na isto izvorno područje minerala, nego i na to, da se u ovom vremenskom razdoblju vjerojatno nisu zbivale znatnije promjene, koje bi eventualno eroziji otkrile područja drugačijeg petrografskog sastava.

U prilog ovoj pretpostavci govore i rezultati analize mineralnog sastava uzoraka pijesaka sa područja Tabor Grada koje je izvršila Šćavnićar B. (1961). To su dva uzorka sivožutog pijeska iz tortona i jedan uzorak pijeska iz oligocena (danas pripložen donjem miocenu – Šikić & Jović, 1969). Uzorci tortona sadrže 59,3% i 23,46% CaCO_3 , dok u uzorku iz oligocena nema karbonata. Autor na str. 2 zaključuje: »Interesantno je da je ovim uzorcima vrlo blizak oligocenski uzorak iz istog lokaliteta, samo što je potpuno lišen CaCO_3 – komponente. Po asocijaciji teških minerala on je potpuno identičan s tortonskim uzorcima.« Dominantna se asocijacija minerala spomenutih pijesaka podudara s asocijacijom ispitanog područja Pregrade.

Na početku je ovog izlaganja spomenuto da su u asocijaciji minerala u tortonskom razvoju sedimenata nastale promjene. Tortonsko je more poprimilo velika prostranstva i time se donjemiocensko kopno udaljilo od ove sedimentacione sredine. Osim toga u ovom je dijelu tortonsko more bilo vjerojatno dublje, gdje su vladali mirniji uvjeti i izvan dosega akcije valova, koji bi prinašali i prerađivali materijal s kopna. Kao treći i vjerojatno najveći razlog zašto je poremećena ravnoteža učestalosti donjomiocenskih minerala jest znatna pojava minerala apatita, biotita i cirkona i njihovih morfoloških karakteristika koje upućuju na njihovo magmatsko porijeklo. Isti minerali s istim karakteristikama dolaze u tufovima i tufitima neogena na jugoistočnim obroncima Medvednice – Zagrebačke gore (Mutić, 1969). U mikroskopskim preparatima uzoraka tortona bušotine 4 nisu primijećeni tragovi piroklastičnog materijala. Tragovi su vulkanske aktivnosti otkriveni upravo u analizi teških minerala laporovitih tortonskih sedimenata. To je i bio povod da se prišlo posebnoj izdvajanju biotita i apatita u svrhu iznalaženja matičnih stijena dotičnih minerala. Izdvajanje je izvršeno samo na mineralima iz bušotine 4 (tabla I) uz popratno promatranje minerala i njihovih karakteristika također iz drugih bušotina. Izdvajanje je izvršeno ovako:

1) biotit – a) izdvojen je smeđi i tamnosmeđi biotit podjednake veličine listića pseudoheksagonskog habitusa; nekoji listići imaju uklopljene kristaliće apatita, ili se vide samo šupljine pravilnih kontura; b) nepravilni, katkada veliki i cca 1 mm dugi listići biotita intenzivnog pleohroizma kojim se odlikuje biotit bogat titanom, tj. smjerom kalavosti tamnocrvenosmeđ, a okomito na kalavost zlatnožut. Na listićima se ovog biotita vrlo često susreću tamne mrlje katkada i po dvije i tri na istom listiću; ima listića na kojima se u tamnom ovojju vidi cirkon; c) treći je izdvojeni biotit zelenosmeđe, blijedosmeđe i blijedožučkaste boje sa tragovima kloritizacije.

2) apatit – a) prizmatski, tanki, stupičasti kristalići često sa dobro vidljivim terminalnim plohamama, vrlo svježi i bistri, neki od njih s pleohroitičnom jezgrom i cjevastim inkluzijama, katkada člankovito slomljeni i razlučeni. Neka su zrna oštro kršena, uglata i uz rub se ponekih zrna dobro vide sićušne kapljice zaostalog vulkanskog kiselog stakla; velikom broju zrna izmjerena je veličina koja u prosjeku iznosi $0,255 \times 0,082$ mm; b) druga je vrsta apatita detritalnog izgleda. Poluzaobljen je ili zaobljen, kuglast, jajast; katkada sadrži uklopljenu crnu nečistoću. Veličina zrna ovog apatita iznosi u prosjeku $0,480 \times 0,359$ mm.

Sve karakteristike jednog i drugog minerala iznesene pod a) susreću se, istina, i u uzorcima donjeg miocena, ali rjeđe i u znatno manjoj mjeri. U uzorku na 36 m bušotine 4, koji je upravo u granici donjeg i gornjeg tortonona, zastupljenost je opisanih minerala s njihovim karakteristikama spomenutim pod a) došla najviše do izražaja. Prema svemu gore iznesenom vrijeme pojavljivanja spomenutih minerala odgovara pojavi tufa u srednjem miocenu, tj. tortonu na području Kostelskih brega (Anić, 1958).

Izrazito heksagonalne pločice i listići biotita u nekim sedimentima uzima se da su vulkanogeni, odnosno da su izbačeni pri erupciji pepela (Pettijohn, 1957, str. 128). Na magmatsku aktivnost na netom spomenutom horizontu upućuje i vrlo svjež i nepravilan kvarc izdvojen u lakoj frakciji kao i jedan vrlo svjež fargment kiselog vulkanskog stakla. Feldspati su također u istoj frakciji vrlo svježi, bistri, hipidiomorfni, ali i nepravilni, zatim kršeni i oštrouglati. Višeg su indeksa loma u odnosu na indeks loma kanadskog balzama. Pljuskovi pepela, odnosno pojave biotita zbile su se u dva maha u bušotini 5, i to na 59 m (donji torton) i na 68 m (donji miocen). Paralelno s tim u ovim je uzorcima došlo i do porasta količine apatita. U mikroskopskom preparatu uzorka na 59 m među litogenim i biogenim detritusom nalazi se nekoliko svježih i bistrih kristalića kvarca veličine $1,05 \times 0,045$ mm, a u lakoj je frakciji uzorka opažen svjež kvarc sa vijencem sićušnih kapljica vulkanskog stakla. I nekoliko čestica izmijenjenih litogenih tufova koje su primijećene u donjomiocenskim uzorcima vjerojatno potječu iz prostranog magmatskog područja zapadnog i sjeverozapadnog dijela Hrvatskog zagorja.

Minerali iz stijena niskog stupnja metamorfizma (epidot, klorit, glaukofan, kloritoid) kao i zaobljeni minerali starijih sedimenata zastupljeni su u mineralnoj asocijaciji minimalnim prinosom.

UVJETI SEDIMENTACIJE

Prilazeći s više aspekata obradi uzoraka donjomiocenskih sedimenata dobiveni su rezultati koji su omogućili barem donekle rekonstrukciju uvjeta sedimentacije ispitanog područja.

U uzorcima je bušotina u prvom redu zastupan veliki volumen klastičnog materijala, koji je s kopna donošan rijekama i odlagan u priobalnu marinsku lagunu. Premda se radi o relativno maloj međusobnoj udaljenosti pojedinih bušotina (cca 150–200 m zračne linije), ipak se moraju pretpostaviti lokalno izdvojeni vodeni prostori i uvjeti u njima, koji su prouzrokovali ovu ili onu promjenu u razvoju sedimenata u svakoj bušotini zasebno. I dok je detritalna komponenta s kopna manje-više podjednako bila raspoređivana u svim pretpostavljenim izdvojenim vodenim prostorima, dotle je marinski utjecaj bio donekle i prostorno i vremenski ograničen, odnosno promjenljiv. Ovim je utjecajima (plima, oseka, ingresija mora) bilo, izgleda, najviše na dohvat područje predstavljeno razvojem sedimenata bušotine 5, slabije područje bušotine 4, a najslabije bušotine 3. Prosječna je količina kalcijevog karbonata najuvjerljiviji odraz ovih utjecaja, koji su se odrazili u razvoju lapora i vezivu pješčenjaka. Tako su među sedimentima bušotine 5 zastupani subgrauvakni pješčenjaci i lapor, a u bušotini 4 postojali su povoljni uvjeti za razvoj i subgrauvaknih pješčenjaka i litoidnih grauvaknih pješčenjaka. Razvoj grauvaknih pješčenjaka u bušotini 4 vezan je za interval dubinskih horizonata između 150 m i 190 m, gdje su marinski utjecaji najslabije dolazili do izražaja.

Dolomitizacija je posebna faza u sedimentaciji donjomiocenskog razvoja, a uvjetovana je koncentracijom magnezijevih iona, toplom klimom i vrlo oslabljenim utjecajima s kopna i mora. Izgleda da je proces dolomitizacije bio intenzivniji u području bušotine 4, nego u području bušotine 5 kako se to moglo zaključiti iz analize u mikroskopskim preparatima.

Ranije je već bilo govora o izvoru Mg-iona (str. 226) a ovdje će biti ukazano na još dvije mogućnosti. K a h l e (1965) smatra da su gline potencijalni izvor magnezija i da imaju značajnu ulogu u procesu dolomitizacije i to:

- 1) na licu mjesta kao katalizatori i klice kristalizacije (romboedri s nečistoćom u centralnim dijelovima), i
- 2) prostorno kao »skladišta« magnezija podesna da ustupe magnezij migracijskim vodama u nekoj izvjesnoj dubini u zamjenu za kalij.

L a l o u (1957) je svoju hipotezu o izvoru magnezija zasnovao na eksperimentu. On dolazi do zaključka da u razvoju karbonata imaju važnu ulogu autotrofni organizmi. Po njegovu su mišljenju bakterije kadre izmijeniti fizičko-kemijske uvjete sredine povećavajući koncentraciju CO₂ do zasićenja, obogaćujući sredinu kalcijem i oslobađajući H₂S redukcijom sulfata. Posljedica je takovih reakcija promjena rezerva alkalija sredine, pH i drugo. On nadalje smatra da se razvoj karbonata može postići u bilo kojem sedimentu, ako su ispunjeni ovi uvjeti:

- a) prisutnost asimilirajuće organske materije u dovoljnoj količini
- b) temperatura dovoljno visoka
- c) maksimum svjetla i sunca, plitke vode, i
- d) mirno i vrlo slabo obnavljane vode.

Ovi se uvjeti, kako misli L a l o u, mogu naći u lagunama i dijelovima morske vode koji su izolirani od otvorenih tropskih mora.

U bazenu je ispitanog područja bilo dovoljno gline, pa je uz pretpostavljene spomenute uvjete moglo doći do dolomitizacije. Razvoj zajednice minerala glinene komponente ispitanih uzoraka u čijem su sastavu ilit, montmorilonit, klorit, interstratificiran klorit-montmorilonit i kaolinit uvjerljivo govori o utjecaju i kopna i mora zasebno, kao i o novo nastalim uvjetima zbog miješanja spomenutih utjecaja. Svaki pojedini mineral ove zajednice indikator je određenog fizičko-kemijskog ravnotežnog stanja, koje je bilo pogodno za autigenezu ili transformaciju ili izgradnju strukture dotičnog minerala.

Pojave proslojaka ugljena u razvoju donjomiocenskih sedimenata znače periode stagnacije utjecaja i kopna i mora. Punjenjem i zamuljivanjem lagunalnog područja vjerojatno su nastajali raštrkani otočići ili izdignuti rubni dijelovi lagune, gdje je na takovim vlažnim staništima moglo doći do razvoja bujne flore. Dobro sačuvani listovi drvenastih vrsta na slojnim plohama karbonatičnih pješčenjaka upućuje na okolicu koja je po svoj prilici bila obrasla šumom. Ovi su prekidi u sedimentaciji praćeni spuštanjem i tonjenjem sedimenata pri čemu su se otvarali slobodni prostori za taloženje novih prinosa s kopna.

U bazenu se odvijala prilično mirna sedimentacija. Dobro sačuvane mnoge školjkice i kućice puževa u glinovitim sedimentima ukazuju na sedimentaciju u plitkim mirnim vodama. I prilično slaba sortiranost jednog dijela uzoraka pješčenjaka odražava mirne uvjete u vrijeme taloženja materijala. U lagunama je akcija strujanja vode širih razmjera isključena. I sama vegetacija može u izvjesno vrijeme poslužiti kao brana ili filter u sprečavanju zamaha i širenja turbidnih kretanja vodene mase. Pa i morfološke karakteristike većeg dijela detritalnih litogenih čestica, a naročito teških minerala ne pokazuju tragove ni dugog transporta, niti pretaložavanje ili prerađivanje materijala u bazenu.

U ispitanom se području nadalje susreće i isprepliće čitav niz fizičko-kemijskih faktora s kopna i mora (slatka i slana voda, promjene temperature i drugo) uzevši u obzir i oblik vodene sredine i granice barijera pojedinih dijelova taložne sredine. Treba zatim uzeti u obzir i biološki faktor koji uključuje vodene biljke, organizme što su živjeli na dnu bazena i lutajuće organske forme, jer su povećavale organsku materiju i sadržaj karbonata u okolišu. Svi su ovi uvjeti ubrzavali promjene i iziskivali prilagođavanje života organizama ovim promjenama: stoga u bazenu susrećemo brakičnu faunu, ali i slatkovodnu i marinsku u oscilacijama uvjeta sad s kopna, sad s mora. – Zbog pomanjkanja kisika

(zbog slabe cirkulacije i prozračivanja vode) i razaranja organske materije, ove su vode bile reduktivne a sedimenti taloženi u njima piritični su i često crno obojeni.

Imajući u vidu svu složenost uvjeta u taložnoj sredini, zatim litološke i mikroskopske karakteristike donjomiocenskih uzoraka i prateći njihove međusobne odnose, prelaze i izmjenu, u profilima je bušotina došlo do izražaja ritmičko ponavljanje sukcesivnih naslaga. U cijelom je razvoju mehanička sedimentacija ipak u predominaciji. Periode donosa materijala s kopna odveć su bile česte i intenzivne, a da bi se mogli uspostaviti povoljni uvjeti za razvoj kemijskih sedimenata. Pored gline koja je u razvoju znatno zastupana tek se tu i tamo susreće lapor, a i to samo u bušotini 5. Vapnenačko-dolomitični razvoj došao je do izražaja jedino u izgradnji veziva pješčenjaka. Promjenljivošću jačine donosa materijala s kopna i marinskih utjecaja u nestabilnom priobalnom području uvjetovane su i debljine pojedinih ritmičkih jedinica. U profilima se bušotina susreću ritmovi debljine do 10 m, ali isto tako i ritmovi manjih debljina zbog redukcije pojedinih serija naslaga. Bersier (1958, str. 888) je karakteristiku bazena s ritmičkim sekvencijama nazvao »paralostasia«; ona označava trajno paraličke uvjete pod kojima se zone aktivne sedimentacije u blizini nivoa mora kompenziraju efektima tonjenja sedimenata.

Asocijacija ispitanih sedimenata donjeg miocena u čijem su sastavu pretežno zastupane subgrauvake (rjeđe grauvake) i šejlovi sa ugljenom prema klasifikaciji Pettijohna odgovara sedimentaciji tipa brakične molase s ugljenom u reduktivno-paraličkim uvjetima. Molasna sedimentacija prema mišljenjima stručnjaka nije ni kontinentalna ni marinska, nego oboje. To je asocijacija sedimenata koja nastaje u lokalno promjenljivim okolnostima, i to u obalnim i deltnim područjima.

Nakon kraćeg transgresivnog klastičnog razvoja marinski je torton obilježen mirnom laporovitom i organogeno-vapnenačkom sedimentacijom. Glaukonit je uz pirit vrlo čest autigeni sastojak ispitanih uzoraka. U analizama teških minerala uzoraka tortona došla je do izražaja vulkanska aktivnost u području Kostelskih brega.

Najljepše se zahvaljujem dr Ljudevitu Bariću na stručnim savjetima pri ovom radu. Upravi Istraživačkog odjela JUCEME također se zahvaljujem na snimljenim rendgenogramima glinene komponente, a posebno se zahvaljujem dr Ivanki Jelenić na susretljivosti.

Primljeno 11. II 1970.

Institut za geološka istraživanja
Zagreb, Kućska 2

LITERATURA

- Anić, D. (1952): Gornjooligocenske naslage južnog pobočja Ivančice u Hrvatskoj (Krapina-Radoboj-Golubovec). Geol. vj. II-IV, str. 7-62, Zagreb.
- Anić, D. (1958): Starost andezitnih erupcija u Hrvatskom Zagorju. Geol. vj. XI, str. 261-262, Zagreb.
- Bersier, A. (1958): Séquence détritiques et divagations fluviales. Ecl. geol. Hel. 51, Nr. 3, str. 878-888, Basel.
- Chambre syndicale de la recherche et la production du pétrole et du gaz naturel. Comm. des Techniciens (1961-65-66). - Essai de nomenclature des roches sédimentaires et caractérisation des principales structures sédimentaires, 3 vol. Technip ed., Paris.
- Davies, H. G. (1965): Convolute lamination and other structures from the Lower Coal Measures of Yorkshire. Sedimentology, 5, Nr. 4, str. 305-323, Amsterdam.
- Kahle, Ch. (1965): Possible roles of clay minerals in the formation of dolomite. J. Sed. Petrology, V. 35, No 2, str. 450-452, Urbana, Ill. U.S.A.
- Lalou, Cl. (1957): Studies on bacterial precipitation of carbonates in sea water. J. Sed. Petrology, V. 27, No 2, str. 193-195, Urbana, Ill. U.S.A.
- Mutić, R. (1969): Neogenska magmatska aktivnost na jugoistočnim obroncima Zagrebačke gore (Medvednice). Geol. vj. 22, 423-438, Zagreb.
- Pettijohn, F. J. (1957): Sedimentary Rocks. Harpers Pub. New York.
- Ščavničar, B. (1961): Mineralni sastav nekih tercijskih pješčenjaka i pijesaka iz Hrvatskoga zagorja. Fond str. dokum. Inst. geol. br. 3528, Zagreb.
- Šebečić, B. (1969): Der Feldspatsandstein aus Gornji Kamenečki im Kroatischen Zagorje. Bull. scient. (A), 14/11-12, Zagreb.
- Šikić, L. & Jović, B. (1969): Starost »gornjooligocenskih« naslaga sa smeđim ugljenom u području Pregrada (Sjeverna Hrvatska). Geol. vj. 22, 333-346, Zagreb.

R. MUTIĆ

PETROGRAPHICAL AND SEDIMENTOLOGICAL INVESTIGATIONS
OF THE COAL BEARING AREA IN THE SURROUNDINGS OF PREGRADA
(CROATIAN ZAGORJE DISTRICT)

On occasion of drilling for coal deposits in the surroundings of Plemenščina near Pregrada, core samples were taken for petrographic and sedimentologic treatment. The samples from No. 4 bore hole have been subjected to a complete treatment, whereas a lesser amount of analyses on samples from the remaining three bore holes (Nos. 3, 5, 6) were used for correlation.

In course of the work the use has been made of the latest paleontological and palynological results of analyses performed on core samples taken from the bore holes (L. Šikić and B. Jović, 1968). Upper Oligocene deposits are at the present time considered to belong to the Lower Miocene, and the marine Tortonian has been divided into the Upper and Lower Tortonian.

In the development of Lower Miocene samples a very intensive alternation of various lithological members and their respective characteristics has been observed.

Represented in the bore hole cross-section are sandstones, siltstones, shales and clays, and in all their transitional varieties which has manifested itself in the change of composition and the size of detrital constituents. As for the colour of core samples recovered from the bore holes, they are grey, dark-grey, grey-black, black, grey-green, and green-grey, and also brown. Excepting the clayey intercalations, the samples are for the most part well bedded, more or less well consolidated, and the sands, too, are represented. Laminated structure is the most common feature of the finest-grained samples. At the boundary separating these intercalations from sandstone and sometimes siltstone intercalations, deformations have been found, mainly being of mechanical nature and of small size, up to 3 cm at the most. These deformations were in most cases the results of pressing down and subsidence of heavier upper layers into poorly consolidated hydroplastic lower deposits.

Quartz is the predominant detrital component of all sandstones and siltstones analyzed. Represented is the metamorphic quartz as well as the quartz of igneous origin. Next by the frequency of occurrence in samples are the feldspars. They mostly come as acid plagioclases and, as a rule, often very fresh microcline is found in samples represented by 2 to 3 grains. Other constituents comprise particles of quartz-feldspar rocks, mica-shist, quartzite, chert, particles of lithogeneous acid tuff, and highly altered particles exhibiting clearly visible subparallelly arranged feldspar microlites. Particles of carbonate rocks are a further constituent. Mica is amply represented in samples, in particular as muscovite. Chlorite has also been found.

The amount of CaCO_3 content in Lower Miocene samples has been associated with the periodical marine incursions, dissolving of lithogeneous carbonate detritus and biogeneous fossil detritic material. Average CaCO_3 percent-content of samples taken from single bore holes varies greatly. Different CaCO_3 distribution and varying periodic communication of marine and basin environment most probably resulted from the presence of barriers that must have existed within the sedimentary basin itself.

The results of analyses made on the bore hole samples showed all the complexity of conditions during the development of sediments of the area investigated. This complexity represents the result of both marine and continental influence which were interferring and intermingling with each other, subduing each other in the near-shore marine zone in the sheltered lagoon into which large amounts of terrigenous material were being brought by rivers.

Taking into consideration all lithologic and petrographic characteristics of Lower Miocene samples and tracing their mutual relationships, transitions and alternations, rhythmic repetition of beds' succession could be determined in the bore holes' cross-sections. Appearance of thin coal seams, the width of which varied from a few centimetres up to 20 centimetres at the most, points to marshy periods in the successive development of deposits and a stagnation of both the continental and marine influences. These breaks in sedimentation were attended by subsidence and foundering of sediments.

The associations of sediments containing predominantly sub-grauwacke-type sandstones, less frequently grauwackes, further the shales and the coal, represents, according to Pettijohn's classification, sedimentation of brackish-molasse type with the coal, in reducing-paralic environment.

The leading role in the development of Tortonian sediments was taken over by the carbonate component. It is accompanied by clay, the sandy admixture being represented to a smaller extent as compared with Lower Miocene samples. Structural and textural characteristics, as well as the composition of analyzed Tortonian samples, gives evidence of a calm sedimentation in deeper sea waters away from the shore and outside the reach of material derived from the land.

In spite of certain differences in conditions of development of sediments encountered in individual bore holes, association of characteristic minerals has for the most part remained the same and unchanged throughout the entire period of sedimentation

of the area in question. The occurrence and frequency of appearance of mineral species – as seen from the table I – is indicative of a distributive province comprising highly metamorphosed rocks. Represented in the mineral association are also the rocks exhibiting lower metamorphism and older rocks, though in a minor amount.

Very significant is the occurrence of the minerals apatite, biotite, and zircon, at the boundary between the Lower and Upper Tortonian. Morphological features of these minerals suggest the volcanic origin. Some volcanic activity did take place in course of the Middle Tortonian in the immediate vicinity of the sedimentary basin in the area of Kostelski bregi Hills.

Received 11th February 1970

Institute of Geology
Zagreb, Kupska 2

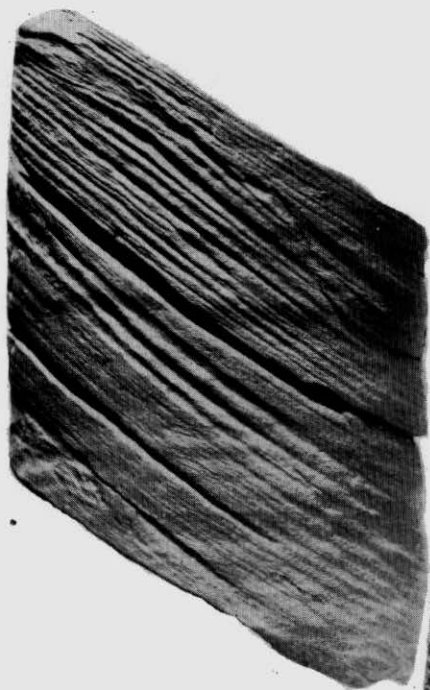
TABLA I nalazi se iza table V

PLATE I comes after plate V

TABLA – PLATE II

- | | | | |
|-------------|---|-------|---|
| 1. bušotina | 4 | 142 m | Višestruka izmjena silita i šejla, 4/5 prirodne veličine |
| Bore hole | 4 | 142 m | Multiple alteration of siltstone and shale, 4/5 of natural size |
| 2. bušotina | 3 | 178 m | Paralelna i horizontalna izmjena izražena sastavom i bojom (pješčenjaka, silita, šejla), prirodna veličina |
| Bore hole | 3 | 178 m | Parallel and horizontal alternation expressed by the composition and colour (sandstone, siltstone, shale), natural size |
| 3. bušotina | 3 | 177 m | »Pseudoslojevitost« vidljiva zbog reducirane crne ugljevitosti, 4/5 prirodne veličine |
| Bore hole | 3 | 177 m | »Pseudo-bedding« made visible owing to reduced black carbonaceous substance, 4/5 of natural size |
| 4. bušotina | 3 | 95 m | Graduirana slojevitost, prirodna veličina |
| Bore hole | 3 | 95 m | Graded bedding, natural size |

Foto: V. Matz



2



3



4

TABLA - PLATE III

- | | | | |
|-------------|---|---------|---|
| 1. bušotina | 4 | 184 m | Erozioni kanal, 1/5 × |
| Bore hole | 4 | 184 m | Erosion channel, 1/5 × |
| 2. bušotina | 3 | 107 m | Eroziona diskordanca, u donjem dijelu uzorka vidljivi ulomci iz gline iz erodirane podloge, prirodna veličina |
| Bore hole | 3 | 107 m | Erosion unconformity - in the sample's lower part clay fragments from the eroded base can be seen, natural size |
| 3. bušotina | 3 | 64 m | Kidanje i spuštanje sloja, 4/5 prirodne veličine |
| Bore hole | 3 | 64 m | Breaking and sinking of the bed, 4/5 of natural size |
| 4. bušotina | 4 | 100/1 m | Urušavanje gornjeg dijela sloja, 4/5 prirodne veličine |
| Bore hole | 4 | 100/1 m | Caving in of the bed's upper part, 4/5 of natural size |

Foto: V. Matz



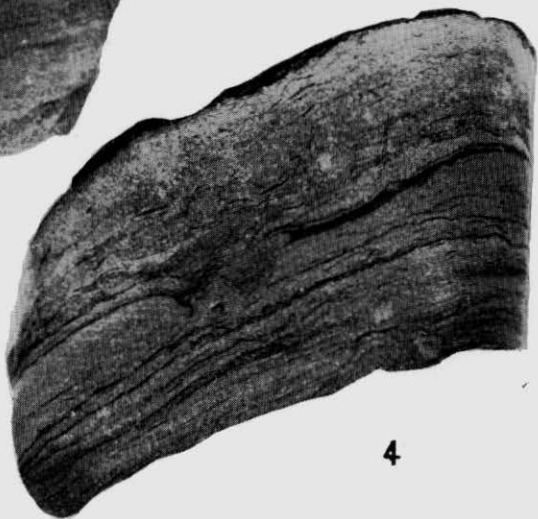
1



2



3



4

TABLA - PLATE IV

1. bušotina	3	172 m	Prodiranje pjeskovitog dijela uzorka u donje proslojke, 1/5 ×
Bore hole	3	172 m	Penetration of sample's sandy part into lower intercalations, 1/5 ×
2. bušotina	3	172 m	Isti uzorak, - vidljiva ubačena strana tijela, 4/5 prirodne veličine
Bore hole	3	172 m	The same core sample, visible side of the brought in mate- rial, 4/5 of natural size
3. bušotina	3	172 m	Isti uzorak, dijametralan prerez jezgre, 1/5 ×
Bore hole	3	172 m	The same core sample, diametrical cross-section, 1/5 ×

Foto: V. Matz



1



2

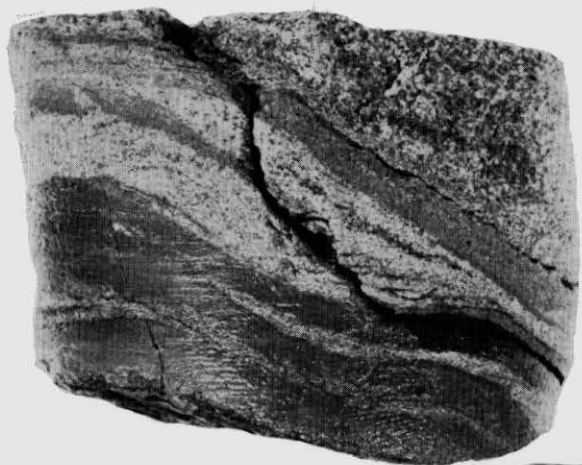


3

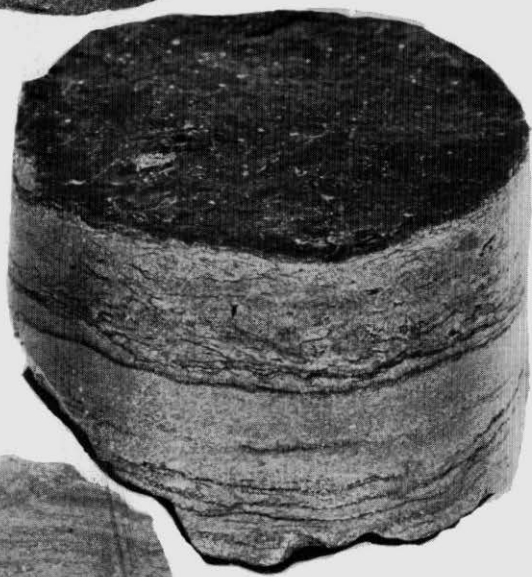
TABLA – PLATE V

1. bušotina	4	100 m	Neppravilna izmjena vapnenačkih i dolomitičnih proslojaka silita i prelaz u karbonatičnu subgrauvaku u gornjem desnom dijelu uzorka, prirodna veličina
Bore hole	4	100 m	Irregular alternation of calcareous and dolomitic siltstone intercalations and grading into carbonate subgrauwacke in upper right-hand part of sample, natural size
2. bušotina	4	101/1 m	Plohe uzorka karbonatičnog silita prekrivene crnom ugljevitom tvari, prirodna veličina
Bore hole	4	100/1 m	Surfaces of carbonate siltstone sample coated with black carbonaceous substance, natural size
3. bušotina	4	100/1 m	Prerez donjeg dijela jezgre, – dijagenetska zamjena Ca-karbonata Mg-karbonatom (dolomitizacija), prirodna veličina
Bore hole	4	100/1 m	Cross-section of lower part of core sample – diagenetic replacement of Ca-carbonate by Mg-carbonate (dolomitization), natural size

Foto: V. Matz



1



2



3

