

PETROGRAFIJA PALEOZOJSKIH SEDIMENATA SJEVEROISTOČNOG DIJELA TRGOVSKE GORE

S 3 table

U sjeveroistočnom dijelu Trgovske gore istraženo je područje koje je izgrađeno od geološki kontinuirane sedimentne serije glinenih škriljaca i pješčenjaka gornjopaleozojske starosti. U donjem dijelu te serije prevladavaju glineni škriljci i finozrni silt pješčenjaci, a u gornjem dijelu subgrau vakni sitno i krupnozrni pješčenjaci. Tipski predstavnici glinenih škriljaca i pješčenjaka su detaljno optički, termički, rendgenografski i kemijski ispitani i analizirani.

Facijalne karakteristike ove sedimentne serije dopuštaju da zaključimo da se kod ove serije radi o geosinklinalnoj formaciji glinenih škriljaca i to o njenim priobalnim dijelovima. Cijela serija ukazuje na postepeno opličavanje sedimentacionog bazena uz nebrojene oscilacije izazvane epirogenetskim gibanjima što je rezultiralo i u intenzivnoj ritmici raznih litoloških članova. Na temelju detaljnih ispitivanja objašnjena je litogeneza ove serije.

Rudne pojave siderita, bakarnih, olovnih i drugih sulfida, koje nalazimo na više mjesta u formi žila, vezane su na donji dio sedimentne serije, na zone glinenih škriljaca.

Proučavanje paleozojskih sedimenata obavljeno je na površini od cca 20 km² u sjeveroistočnom dijelu Trgovske gore, u prostoru koji se nalazi između Majdanskog potoka i Ljubine južno i jugozapadno od sela Gvozdansko i Bešlinac, odnosno rječice Žirovac. U središtu toga područja su od davnine poznate rudne pojave galenita, halkopirita i drugih rudnih minerala u Gradskom i Zrin potoku.

U orografskom smislu to je nisko prigorje sa glavnim kotama i kosama Pavlovo brdo, Debelo brdo, Kleb (najviša kota, nadmorske visine 1509 m), Puhovec i Hasanov grob. Kose i glavice su zaobljene, a cijelo područje velikim dijelom pokriveno šumom. Zbog male otpornosti stijena prema mehaničkom i kemijskom trošenju stijene su obično duboko zahvaćene trošenjem i pokrivene debelim nanosima i humusnim pokrivačem, pa su izdanci svježih stijena relativno rijetki.

Literatura o geologiji i petrološkoj građi Trgovske gore je oskudna. Glavni dio štampanih, a i drugih brojnih pisanih dokumenata odnosi se na rudne pojave i u njima se autori tek uzgred dotiču geologije ili petrološke građe okolice rudnih pojava. Neke stijene, među njima i škriljce, spominju u svojim geološkim i paleontološkim raspravama H. B. Geinertz (1868), D. Stur (1868) i E. Süss (1868). Do sada najpotpunije podatke o geološkim prilikama i petrografiji, kao i rudnim pojavama u

Trgovskoj gori nalazimo u studijama koje se nalaze u arhivu Instituta za geološka istraživanja u Zagrebu I. Jurković 1952, 1962, D. Neděla-Devidé 1952, V. Majer 1962).

Istraženo područje izgrađeno je od geološki kontinuirane sedimentne serije glinenih škriljaca i pješčenjaka, gornjopaleozojske starosti. U donjem dijelu te serije prevladaju finoizrni pješčenjaci i glineni škriljci, a u gornjem dijelu pješčenjaci sa rijetkim ulošcima glinenih škriljaca. Usprkos intenzivnim tektonskim poremećajima u lokalnim razmjerima i postojanju nebrojenih sitnih rasjeda, pukotina i bora, tektonski sklop je u osnovi jednostavan. Svi slojevi pokazuju uz relativno mala odstupanja opći generalni pravac pružanja SSZ-JJI sa padom pretežno ka ZJZ, rjeđe ka ISI. Padovi su pretežno strmi (50 do 90°), naročito u donjim dijelovima serije sa glinenim škriljcima, a nešto blaži (i do 15°) u gornjim dijelovima serije.

Na osnovi istraživanja u terenu i detaljnim i sistematskim ispitivanjima oko 200 uzoraka stijena izdvojene su ove vrste sedimentnih stijena:

- A) glineni škriljci
- B) silt pješčenjaci
- C) finozrne i sitnozrne subgrauvake
- D) srednjezrne i krupnozrne subgrauvake
- E) grauivake
- F) karbonatske subgrauvake

A) Glineni škriljci

Ovim terminom obuhvaćene su stijene sa 0 do 25% detritičnih partikula raznog sastava i 100 do 75% matriksa, detritičnog, precipitativnog ili postdijagenetski metamorfoziranog, sa dimenzijama čestica veličine glina tj. manje od 0,005 mm.

Glineni škriljci su po načinu dolaženja i odnosu s ostalim dijelovima sedimentne serije najstarije stijene koje su otkrivene u ovom području Trgovske gore. Oni dolaze u izmjeni i sa brojnim proslojcima, tanjim ili debljim slojevima silt pješčenjaka i sitnozrnih subgrauvaka. Proslojci su neki put i milimetarskih pa i submilimetarskih dimenzija. Tektonski su jako poremećeni i jako borani, sa borama, pukotinama i dijaklazama čak i mikroskopskih dimenzija. Tome je, jasno, razlog velika podatljivost i plasticitet glinenih škriljaca.

Svježi glineni škriljci su stijene makroskopski crne, sivozrne, pa sive, katkada i svijetlosive boje. Tome je očito razlog promjenljiva količina crne ugljevitve tvari. Rjeđe su žučkastosivi, zelenkastosivi i plavkastosivi. Žarenjem organska tvar izgara i glineni škriljci postaju žučkasti ili smeđasti. Od limonita koji se razvija oksidacijom drugih željeznih minerala su katkada i smeđi, ravnomjerno u cijeloj masi ili sa neravnomjerno raspoređenim mrljama limonita. Tankopločasti su ili škriljav i odnoso

listasti, sa listovima debljine 0,1 do 0,2 mm. Na površinama škriljavosti vidi se katkada srebrenast sjaj koji potiče od tinjčastih minerala. Opip glinenih škriljaca je gladak do mastan.

U glinenim škriljcima nalazimo katkada male leće, promjera do 6 cm, crnog čerta. Duž ploha slojevitosti, na površinama pločica, nađu se i veoma lijepe pojave talasanja, tzv. »rippelmark« sa dužinom »vala« do 1 cm i »visinom odn. amplitudom« 2 do 4 mm.

U sastav glinenih škriljaca ulaze detritične alotigene partikule i matriks. Minerali detritičnih partikula su kvarc, moskovit i sericit, ugljevita tvar, te vrlo rijetko feldspat, klorit i rutil. Među mineralima matriksa nalazimo pretežno autigeni ilit, sericit i hidrotinjac, zatim ugljevitu tvar, siderit, limonit, rutil, a moguće i klorit. Količina detritičnih partikula je mala i rijetko prelazi 10%. Samo kod tipova koji čine prelaz u jako tinjčaste silt pješčenjake ima ih nešto više. Ostalo je matriks. Dimenzije detritičnih partikula su od 5 do 40 mikrona, ali posve osamljeno ima ih dimenzija i do 100 mikrona. Dimenzije detritičnih partikula su prema tome dimenzija silta. Oblik im je obično subangularan ili poluzaobljen. Dimenzije minerala matriksa su veličine reda glina tj. manje od 5 mikrona, rjeđe nešto veće.

I makroskopski i mikroskopski glineni škriljci su homogeni. Ukoliko se može govoriti o nehomogenosti onda se radi o tome, da se opažaju male razlike u količini ugljevite tvari, koje se ritmički mijenjaju u nizovima širine 50 do 200 mikrona, ili o usmjerenom poretku tinjčastih detritičnih partikula, što stvara određenu, slabo izraženu, lineaciju.

Među *detritičnim* partikulama kvarc je glavni anorganski sastojak. Većina zrnaca je poluzaobljena ili subangularna. Nepravilno potamnjaju, što je ipak zbog malih dimenzija zrna rijetko oštro izraženo. Kod nekih se zapažaju slabi znakovi češljasto-iverastog ruba što je siguran znak početnog stanja metamorfoze. Nešto većih je dimenzija muskovit, a veoma sitan sericit. Oni dolaze u listićima karakteristične bazne kalavosti, muskovit sa živim, a sericit sa nižim interferencijskim bojama. Obično su planarno usmjereni i orijentirani. Zrnca feldspata su vrlo rijetka, oblika i dimenzija kao kod kvarca. Pripadaju plagioklasima, vjerojatno kiselina. Imaju polisintetske sraslačke lamele i nizak dvolom. U dva primjerka glinenog škriljca nađeni su i tragovi turmalina zelenkaste boje. Fini listići zelene boje i sivoplavih interferencijskih boja pripadaju kloritu. Sastojak organskog porijekla je ugljevita tvar koja dolazi u formi finog praša crne boje i okuplja se u grudicašte nakupine dimenzija par mikrona do 60 mikrona.

Matriks je dijelom mikrokristalan, dijelom i neizdiferenciran. Sastoji se od listića sericita, bezbojnih ili slabo zelenkastih hidrotinjaca te neizdiferencirane mase autigenih minerala listićava ili pseudolistićava agregatna stanja nižih interferencijskih boja. Pripada ilitu ili hidrotinjcu dimenzija glina kako to odgovara i rendgenskim ispitivanjima. U toj masi možda ima i fino mljevenog kvarca dimenzija glina. Od mjesta do mjesta nalaze se u nekim uzorcima pravilna ili nepravilna zrna jakog dvolomnog siderita koji je obično skoro potpuno zahvaćen limonitiza-

cijom. Autigen je vjerojatno i rutil u finim iglicama. Nije utvrđen ni jedan mineral fosfora. Dalje diferenciranje minerala nije moguće običnim mikroskopskim metodama.

Ilit, hidrotinjc i sericit su minerali strukturno veoma slični pravim tinjcima. Obično imaju manje alkalija i više vode. Oni su u glinenim škrljicama nastali pretežno dijagenetskom metamorfozom istaloženih minerala glina. To bi, dakle, bio početni stadij metamorfoze glinenih sedimentata. Od mjesta do mjesta intenzitet tih promjena odnosno metamorfoze raste, pa je rezultat nešto viši »kristalinitet« produkta. Tako nastaju prelazni varijeteti u silt pješčenjake ili pravi silt pješčenjaci. Mogli bi s toga zaključiti da između glinenih škrljaca i silt pješčenjaka postoje, u mineraloškom i petrološkom smislu, kontinuirani prelazi.

Da bi se preciznije odredilo sastav glinenih škrljaca i međusobni odnos pojedinih komponenata odabrana su 4 uzorka pravih, tipičnih, glinenih škrljaca i jedan prelazan varijetet ka silt pješčenjacima. Oni su podvrgnuti rendgenskim i termičkim ispitivanjima.

Rezultati rendgenskog ispitivanja su ovi:

Na rendgenogramima svih uzoraka bio je zapažen refleks od mrežnih ravnina, čiji je međuplošni razmak oko 14 Å. Taj refleks može potjecati i od montmorilonita i od klorita. Da bi se on iskoristio kod identifikacije, a ujedno riješilo pitanje eventualnog prisustva montmorilonita uz klorit izabrana su dva uzorka (br. 1 i br. 3) za daljnju obradu. Oni su žareni dva sata kod cca 590° C i zatim ponovno snimljeni. Iz ponašanja bazalnog refleksa ($d \sim 14 \text{ \AA}$) koje se očitovalo u tome da se je njegov intenzitet pojačao, a položaj mu se nije promijenio, niti je nastupilo razdvajanje, moglo se je sa sigurnošću zaključiti da taj refleks treba pripisati jedino kloritu. Spomenuti zaključak prenesen je i na ostala tri uzorka i to na osnovi međusobne sličnosti u relativnom intenzitetu, širini i Braggovom kutu refleksa višeg reda iz 00l serije. Pored klorita kod svih uzoraka konstatirano je prisustvo još i kvarca, muskovita i feldspata, svakako uz izvjesne razlike u količini. Feldspata ima samo u tragovima.

Uvjeti rada bili su: korišteno je K- α zračenje Co-antikatore, valne dužine $\lambda = 1,790 \text{ \AA}$, dobiveno filtracijom kroz Fe-foliju. Promjer cilindrične komore iznosio je 114,6 mm. Primijenjeno je standardno ulaganje filma u komoru s otvorom za izlazni snop u sredini filma. Uzorci snimljenih stijena u prahu punjeni su u kapilare promjera cca 0,3 mm u obliku valjka i za vrijeme snimanja rotirali su. Ekspozicija je trajala 9 sati kod 35 kV i 10 mA.

Rendgensku analizu i interpretaciju rezultata izveo je dr S. Ščavar, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, na čemu mu se i ovim putem mnogo zahvaljujem.

Uparedimo li rezultate mikroskopskog i rendgenskog ispitivanja opaža se prividni nesklad. To je zato što se u prvom redu mrvljeni kvarc dimenzija glina pokriva u mikroskopskom preparatu gustom masom ilita i sericita, a pojavljivanje muskovita u rendgenogramima može odgovarati i sericitu, hidrotinjcima i ilitu, jer su njihove strukture veoma slične. Najvažnija je činjenica da pravih minerala glina u glinenim škrljicama nema.

Zbog kompleksnog sastava dijagrami TGA i DTA pokazuju prilično neizražene slike. Zato smo ih izostavili od reproduciranja. Podaci i dijagrami svih uzoraka pokazuju da uzorci ne sadrže, ili sadrže tek u tragovima, minerale glina. Kod TGA glavni efekti gubitaka na težini, a mjestimice i porasta na težini u toku grijanja do 1000° C potiču od sagorijevanja ugljevitih tvari, od ilita, oksidacije (vjerojatno dvovalentnog željeza) i termičke disocijacije karbonatnih minerala. Kod DTA slabi endotermni efekti potiču od dehidracije limonita i ilita odnosno hidrotinjaca i sericita, i termičke disocijacije karbonatnih minerala, a egzotermni efekti potiču od sagorijevanja ugljevitih tvari i oksidacije dvovalentnog željeza. Izvjesni i efekti mogli bi potjecati i od polimorfnih pretvorbi modifikacija SiO₂. Sagorijevanje ugljevitih tvari odvija se na temperatura- ma između 400 i 600° C.

Termičke analize obavljene su u Institutu za kemiju silikata u Zagrebu pod rukovodstvom dr. M. F e r i ć a, na čemu se mnogo zahvaljujem.

Glineni škrljci imaju kompleksni, polimneralni sastav: kvarc, ilit, hidrotinjci, sericit, muskovit, klorit, siderit, getit, ugljevita tvar i drugi minerali u tragovima. Veći dio ovih sastojaka su takvi da pri termičkim analizama reagiraju u istim ili bliskim intervalima, tj. da se istovremeno odvija više endotermnih ili egzotermnih reakcija, pa uslijed interferencije krivulja dolazi do prilično bezobličnih oblika sumarne krivulje, dakle bez osobito izraženih minimuma i maksimuma, a dolazi i do maskiranja i eventualnih pomaka minimuma i maksimuma kod DTA. Ipak i termička ispitivanja pokazala su i potvrdila nalaze mikroskopske i rendgenske analize glinenih škrljaca.

Da bi se pružila mogućnost kompletnog upoređivanja izvršena je i kemijska analiza jednog tipičnog glinenog škrljca (uzorak br. 1). Rezultat je ovaj:

Analitičar: V. Majer

SiO ₂	56,13%
TiO ₂	0,90%
Al ₂ O ₃	21,99%
Fe ₂ O ₃	1,24%
FeO	5,01%
MnO	0,12%
MgO	2,38%
CaO	0,57%
Na ₂ O	1,25%
K ₂ O	3,96%
P ₂ O ₅	0,18%
CO ₂	1,63%
H ₂ O ⁺	3,76%
H ₂ O ⁻	1,01%

100,13%

Preračunavanjem na vjerojatni stvarni sastav pri čemu se uz standardne minerale (npr. kvarc, rutil, albit, korund, apatit, kalcit, siderit, getit, dijaspor) uzelo i sericit (6SiO₂ · 3Al₂O₃ · K₂O · 2H₂O) i magnezijski i željezni klorit (5MgO · Al₂O₃ · 3SiO₂ · 4H₂O) dobiveno je:

Kvarc	50,2%
Albit	10,5%
Korund	1,4%
Rutil	0,9%
Apatit	0,3%
Kalcit	0,7%
Siderit	3,5%
Sericit	33,3%
Fe-klorit	5,9%
Mg-klorit	6,6%
Getit	1,4%
Dijaspor	4,3%
Voda	1,0%
	100,0%

Na kraju dobro je da se istakne da između tipičnih glinenih škriljaca i prelaznog tipa u silt pješčenjak nema bitne razlike u mineralnom sastavu. To se vidi kako po mikroskopskom pregledu, tako i po rezultatima rendgenske i termičke analize. Razlika je u stvari samo u tome da uz isti ishodni materijal i uz zadržavanje jednakog mineralnog sastava diagenetska metamorfoza je otišla nešto dalje, pa je kao rezultat slijedio i nešto viši »kristalinitet« matriksa, čije se dimenzije kreću, za razliku od dimenzija čestica matriksa glinenih škriljaca, u dimenzijama silta, tj. veće su nekoliko puta, vjerojatno oko 10 puta, od dimenzija minerala u matriksu glinenih škriljaca.

B) Silt pješčenjaci (sl. 1 i 2)

Pod ovim terminom podrazumijevali smo stijene sa manje od 25% (0 do 25%) detritičnih partikula raznog sastava i 25 do 100% matriksa, detritičnog, precipitatnog ili dijagenski metamorfoziranog sa dimenzijama silta tj. sa dimenzijama između 0,05 i 0,005 mm.

Silt pješčenjaci su vanjštinom veoma slični glinenim škriljcima. Razlika je u tome što se ipak zapažaju fina zrnca detritičnih i matriks partikula i što je škriljavost, odnosno listasto lučenje nešto slabije izraženo. Silt pješčenjaci su tankopločasti. Čvršći su od glinenih škriljaca. Nalazimo ih po svuda kao tanje ili deblje slojeve u seriji sa subgrauvakama, katkada i u finoj ritmici i izmjeni s njima, i u seriji sa glinenim škriljcima.

Poput glinenih škriljaca i oni su sastavljeni od detritičnih partikula i matriksa. Mineralni sastav, količina, dimenzije i oblik mineralnih zrna su gotovo jednaki kao i kod glinenih škriljaca. Mala razlika je u tome što se među detritičnim partikulama vidljivo javljaju i feldspati. Glavna razlika, međutim, je u sastavu i strukturi matriksa. Umjesto ilita u sastav ulazi znatno više sericit, hidrotinjeci (hidromuskovit i hidrobiotit) i muskovit, nešto klorita i autigenog siderita. Dimenzije čestica matriksa su od kojih par mikrona do 50 mikrona. Na jednom nešto većern listiću hidromuskovita jasno se vidjelo u konoskopu da je optički negativan i da mu je kut optičkih osi oko 10° . Osim toga, slabijeg je dvozloma od muskovita. Listići tinjca i hidrotinjca su planarno usmjereni što uzrokuje jasnu škriljavost, a mjestimice i pravu lepidoblastičnu strukturu. Uglje-

vita tvar se kao i kod glinenih škriljaca okuplja u grudičaste agregate i u glavnom je ravnomjerno raspoređena i u istoj količini kao i kod glinenih škriljaca. Siderita je u nekim primjercima i do 20%, prosječno mnogo manje.

Kod nekih silt pješčenjaka postoji fina ritmika koja je rezultat malih razlika u sastavu naročito ugljevite tvari, limonita i listića muskovita, te u dimenzijama zrna. Debljina je tih nizova od 0,3 do 2 mm. U takvim fino slojenim silt pješčenjacima koji su bili izloženi u tektonskim poremećajima nalaze se katkada lijepo izraženi mikrorasjedi i nepravilne mikrobore. Katkada se javljaju i fine ritmičke izmjene sa finozrnim pješčenjacima, sa nizovima debljine 3 do 5 mm.

Potpuna pretvorba iskonskog glinovitog matriksa u tinjčaste minerale i prave tinjce pokazuje da se silt pješčenjaci nalaze u početnom stadiju metamorfoze. To se odražava i na detritičnim partikulama kvarca, u reakciji kvarca i matriksa. Takav kvarc ima iverasto-češljast rub i minerale matriksa koncentrično izlučene okomito na rub kvarca.

U nekim silt pješčenjacima nađene su i žilice debljine 0,1 do 0,5 mm ispunjene bezbojnim hidromuskovitom, blijedo zelenim hidrobiotitom ili vermikulitom i kloritom, sa finim listićima orijentiranim okomito na rubove žilica.

C do F) Subgrauvake i grauvake (sl. 3-6)

Pod subgrauvakama podrazumijevali smo one pješčenjake kojima količina matriksa iznosi 20-75%, detritičnog kvarca 20-75%, detritičnog feldspata 0-10% i litoidnih fragmenata 0-10%. Kod grauvaka količina matriksa je ista tj. 20 do 75%. Detritičnog kvarca ima 0-70%, detritičnog feldspata 0-80% i litoidnih fragmenata 10-80%.

Subgrauvake su glavne i najrasprostranjenije stijene u istraženom području i, koliko se to može ocijeniti u uslovima terenskog rada, njihov udio u petrografskoj građi iznosi oko 80% ili $\frac{4}{5}$. Ostatak čine ostali pješčenjaci i glineni škriljci. Subgrauvake se izmjenjuju u slojevima, tanjim ili debljim, na silt pješčenjacima i glinenim škriljcima, osobito u donjim dijelovima serije, tvoreći tako ritmičke pakete slojeva.

Ovi pješčenjaci su stijene na izgled homogene teksture. Kad su svježiji onda su čvrsti. Često su pločasti i mogu se cijepati u ploče debljine kojih 1 do 4 cm. Boje su sive, zatim tamnosive do sivocrne, katkada i svjetlije sive boje. U pravilu su ipak svjetlijih boja od silt pješčenjaka i glinenih škriljaca. Od limonita su žućkasti boja. Pretežno su sitnozrnasti do fino-zrnasti, dakle dimenzija zrna 0,5 do 0,05 mm, rjeđe srednje do krupnozrnasti tj. sa dimenzijama detritičnih partikula od 0,5 do 2 mm.

Zbog promjenljivog sadržaja i vrste tinjčastih minerala i planarne usmjerenosti odnosno lineacije, škriljavost je neki put jasna, osobito kod matriksom bogatih tipova, a negdje se jedva zapaža. Potpuna odsutnost iskonskih glinovitih minerala matriksa dokazuje, isto kako smo to opisali i naveli kod silt pješčenjaka, da su i subgrauvake i grauvake

u početnom stadiju metamorfoze koja je zahvatila istodobno, jače ili slabije, i detritične partikule.

Trošenjem i oksidacijom željeznih minerala pješčenjaci mijenjaju boju, postaju muzgavožučkasti, smeđasti pa i tamno smeđi, što ovisi o količini minerala željeza, uglavnom siderita. Tada sadrže i pjege, žilice i prevlake limonita. Trošenjem oni gube čvrstinu, postaju drobljivi, a neposredno na površini daju tanji ili deblji sloj jako rastrošenog i grusificiranog materijala.

Detaljnou obradom uzoraka pješčenjaka ustanovljeni su ovi varijeteti: krupno i srednjeznaste subgrauvake, sitno i finoznaste subgrauvake, tinjcima bogate subgrauvake, limonitske i sideritske (i ankeritske) subgrauvake, kalcitske (? i dolomitske) subgrauvake, grauivake krupno do srednjeznaste. U osnovi svi ovi varijeteti pokazuju jednake teksturne i strukturne karakteristike i mineralni sastav. Variraju, kako se to može grubo razabrati već iz naziva, odnos i količina detritarnih čestica i matriksa, njihove dimenzije, pa količina litoidnih fragmenata i njihov udio među detritarnim partikulama. Ima razlika i u sastavu matriksa. Ali u svim varijetetima učestvuju isti mineralni fragmenti i isti litoidni odlomci što ukazuje na nepromijenjenu petrografsku građu kontinentalnog područja odakle je erozijom dolazio klastičan materijal. Najveći dio pješčenjaka su sitno i fino zrnasti.

Među *detritičnim* mineralnim partikulama ustanovljeni su kvarc, kalcedon, muskovit, biotit, feldspat (albit, albiklas, oligoklas, ortoklas i ortoklas-mikropertit). Među fragmentima stijena ustanovljeni su kvarcit, mikrokvarcit, čert i hematitski čert, kvarcni škriljac, sericitski i muskovitski kvarcni škriljac, sericitski škriljac, silt pješčenjak, glinjeni škriljac, mikrognajs, aplit, mikrogranit (mikropegmatit). U matriksu nalazimo alotigene detritične partikule minerala koji dolaze i kao krupnija zrna tj. mikrokristalni i silt kvarc, muskovit, sericit, klorit i ugljevita tvar te autigeni precipitati ili anhimetamorfni sericit, hidrotinji, »miješani« lističavi tinjčasti mineral, klorit, siderit, ankerit, kalcit i dolomit (?), limonit, i tragovi glinovitih minerala. Osim toga u pješčenjacima nalazimo minerale »teške frakcije« u akcesornim količinama i u, za sedimente, uobičajenim oblicima i svojstvima. To su turmalin, cirkon, rutil, apatit, leukoksen, epidot, titanit, aktinolit, staurolit, brukit i ortit (?).

Najčešći *detritični* mineral je kvarc. Zrna su katkada raspucala sa nepravilnim ili ponekad i pravocrtnim pukotinama koje tvore prave mreže. Velik dio kvarcnih zrna su optički anomalna i nepravilno potamnjuju. Obično sadrže fine praškaste uklopke ili šupljine. Kod pješčenjaka zahvaćenih postdijagenetskom metamorfozom zapažaju se na obodima kvarcnih zrna i kvarcnih agregata rubne reakcije, stvaranje vijenca igličastih i lističastih minerala, najviše sericita i muskovita, na koji se nastavlja usmjereni lističav matriks i iverast i perjast rub kvarca. Najvjerojatnije je da je to rezultat unutrašnje alkalijske metamorfoze i metasomatoze bez privođenja alkalija, a uz aktiviziranje alkalija apsorbiranih u ranijim mineralima glina i iz feldspata. Ima, međutim, kvarcnih zrna koja potamnjuju posve pravilno, pa se čak koji put nazire i pravilna piramidna forma kvarcnih kristala. Vjerojatno je da takav

kvarc potiče iz kiselih efuzivnih stijena. Kalcedon je rijedak i dolazi u sitnim agregatnim fragmentima ili ispunjava i ovalne šupljine. Količina feldspata u stijenama nikad ne prelazi 10%, rijetko je čak i 5%, a ponekad i posve izostaje. Među feldspatima najčešći su kiselci plagioklasi koji prema rezultatima mjerenja pripadaju čistom albitu do oligoklasu sastava 24% an. Plagioklasi su polisintetski sraslaci, uskih sraslačkih lamela i obično svježi. Ortoklas je, često s dobro izraženim, međusobno okomitim, sistemom pukotina kalavosti. U njemu se katkada vide mikro-pertitska izdvajanja. Svi feldspati u pravilu su optički normalni i pravilno potamnjuju. Svježi tinjci, biotit i muskovit, su uobičajenih fiziografskih svojstava. Ponekad tvore kraće i tanke, katkada ravne, katkada isprekidane i izvijane nizove. Biotit je obično skoro potpuno kloritiziran.

Među *litoidnim* fragmentima najveći dio čine kvarciti i kvarcni škriljci. To su i najveće partikule u stijeni. U kvarcinitima su zrna kvarca zubičasto povezana. U kvarcnim škriljcima nepravilna i zubičasta zrna su još i razvučena i jednosmjerno poredana. Fragmenti mikrokristaliničnog čerta su puni fine praškaste tvari, rijetko i finih crvenkastih listića hematita. Često su jako tamni. Ostali spomenuti litoidni fragmenti su znatno rjeđi. Sigurno utvrđenih fragmenata eruptiva ima malo. To su mikrogramit, mikropegmatit i aplit. Ne nalazimo ih u svim primjercima pješčenjaka. Sigurno su te stijene i u iskonskom nalazištu bile malo zastupljene.

Glavni dio čestica *matriksa* je dimenzija silta, katkada i većih, ali i finijih, do dimenzija glina. Najvažniji je sastojak sericit, pa hidrotinjac (bezbojni hidromuskovit i smeđasti hidrobiotit, slični pravim tinjcima, ali sa nižim dvolomom, a hidrobiotit i sa slabijim pleohroizmom), dijelom i muskovit. Pretežni dio tinjčastih minerala je autigen, nastao diagenetskom metamorfozom glinenih minerala. Oni su često laminirani, usmjereni u jednom pravcu, dijelom i bez reda orijentirani. Kvarc je sigurno alotigen detritičan, usitnjen i smrvljen pa i mljeven do dimenzija silta i glina. Od ostalih minerala značajniji su autigeni siderit i ankerit koji dolaze mjestimice i u količinama do 20%, u prosjeku kojih 3 do 5%. Jednim dijelom su to posve svježi idiomorfni romboedri, a dijelom nepravilna zrnca, izolirana ili agregirana u raznoliko formirane agregate. Dimenzije ovih karbonatnih minerala u prosjeku su oko 50 mikrona. Najkrupnija zrnca su dimenzija i do 200 mikrona. Na takvim krupnijim zrnima vidi se lijepo razvijena romboedrijska kalavost. Obično su slabašno putenožučkaste boje. Oksidacijom se najprije stvara oko zrna rub limonita koji se postepeno širi. U najvećem broju uzoraka siderit je jako ili potpuno limonitiziran. Kalcit i dolomit su rjeđi; promjena u limonit nema, zrna su bezbojna i nešto slabijeg dvoloma i nižih indeksa loma od siderita. Ugljevita tvar okupljena je u grudice i gomilice. Dio zelenog klorita, s anomalnim interferencijskim bojama, vjerojatno je autigen, ali dijelom nesumnjivo nastao pretvorbom iz biotita. Zanimljiva je pojava da se javljaju listići nalik na tinjac u kojem su pojedini dijelovi ograničeni pukotinama kalavosti (001) bezbojni, a pojedini zeleni i slabo pleohroitični. U istom zrnju imamo tu dakle »mi-

ješane« tinjčaste minerale i možda se tu radi o izmjeni hidromuskovita i vermikulita ili hidrobiotita. Tragovi glinovite tvari nastali su trošenjem detritičnih ili matriks minerala.

Među akcesornim mineralima »teške frakcije« kao najvažniji se sreće turmalin smeđezelenkaste boje snažnog pleohroizma i zatim bezbojni okruglasti ili ovalni cirkom. Ostali minerali su izvanredno rijetki. Ukupni udio minerala »teške frakcije« ne prelazi 0,3%, obično je znatno manji. Asocijacija tih minerala ukazuje, da su izvorne stijene iz kojih potiču, bile niskometamorfni škriljci, metamorfozirani sedimenti, rjeđe i kisele eruptivne stijene i gnajsevi.

Da bi se dobila jasnija slika o odnosu detritičnih partikula i matriksa, i količina glavnih detritičnih partikula izračunata je na osnovi pregleda 105 mikroskopskih preparata raznih pješčenjaka, na kojima je prethodno približno određen sastav i struktura, prosječna statistička vrijednost. Tako dobivena vrijednost provjerena je planimetrijskom analizom nekoliko pješčenjaka i red veličina tako dobivenih vrijednosti u dobrom je skladu sa prosječnom vrijednosti iz 105 mikroskopskih preparata.

Prema tome prosječni sastav pješčenjaka bio bi ovaj:

Matriks	47%
Kvarc	39%
Stijene	10%
Feldspati	4%

Prosječna dimenzija detritičnih partikula je 0,23 mm.

Radi potpunijeg upoznavanja pješčenjaka odabrana je jedna tipična subgraubvaka i analizirana. Rezultat je ovaj:

Analičar: V. Majer

SiO ₂	74,56%
TiO ₂	0,61%
Al ₂ O ₃	11,30%
Fe ₂ O ₃	1,27%
FeO	2,74%
MnO	0,05%
MgO	1,16%
CaO	0,47%
Na ₂ O	2,06%
K ₂ O	1,47%
P ₂ O ₅	0,43%
CO ₂	1,18%
H ₂ O ⁺	1,67%
H ₂ O ⁻	1,19%
	100,16%

Preračunavanjem na vjerojatni stvarni mineralni sastav pri čemu se je kao standardne minerale uzelo iste kao i kod preračunavanja analize glinenog škriljca dobiveno je:

Kvarc	55,4%
Albit	17,3%
Rutil	0,6%
Apatit	0,9%
Siderit	3,1%
Sericit	12,7%
Fe-klorit	1,7%
Mg-klorit	3,2%
Getit	1,4%
Dijaspor	2,3%
Voda	1,2%
	99,8%

Važno je istaknuti da oko $\frac{1}{3}$ svih ispitanih uzoraka sadrži preko 10% siderita i limonitiziranog siderita. To se ne odnosi samo na pješčenjake, već i na glinene škriljce i siltpješčenjake. Veće razlike od toga postotka su rijetke. Daleko je, međutim, veći broj uzoraka koji sadrži manje količine siderita i drugih karbonatnih minerala sve do tragova, i veoma je mali broj stijena koje ne sadrže ni tragova karbonatnih minerala. Prema tome karbonatna mineralna komponenta, tj. siderit, ankerit, kalcit, a možda i dolomit, stalni je sastojak sedimentnih klastičnih stijena u istraženom području. To je bitna karakteristika litogeneze paleozojske serije sedimentnih stijena u istraženom području Trgovske gore i ima vjerojatno određeno značenje korisno za bolje razumijevanje geneze rudnih pojava koje se nalaze u ovom području.

Na mnogo mjesta u pješčenjacima nalazimo tanke mineralne žilice ispunjene najčešće kvarcom i sideritom, rijetko i nemalitom.

Grauvake se razlikuju od subgrauvaka jedino većom količinom lito-idnih fragmenata, ali im se inače sastav i ostale osobine ne mijenjaju u odnosu na subgrauvake, pa su u svemu ostalome identične s njima. Zato i nema razloga posebno ih opisivati pogotovo zato, jer je njihov udio u petrografskoj građi malen.

Iz prosječnog sastava i količine matriksa, dimenzije i oblika detritičnih partikula izlazi da je u pješčenjacima sortiranje slabo do umjereno. Dimenzije čestica matriksa su pretežno veličine silta, a partikule više od od 10 puta, pa djelomice i do sto puta veće. Sferičnost partikula je dobra. Partikule su pretežno nepravilne, u glavnom ekvidimenzionalne, rjeđe poligonalne ili triaksijalne, kod lističastih tinjčastih minerala tabularne i kod škriljaca oduljene. Partikule su pretežno subangularne, djelom i poluzaobljene. Zaobljene su vrlo rijetke. Cement (matriks) je pretežno precipitiran – dijagenetski metamorfoziran, dijelom klastičan i prekristaliziran. Otuda i zaključak da su pješčenjaci kao i ostali sedimenti ne samo dijagenetski vezani već i zahvaćeni početnom fazom metamorfizma.

G) Litogeneza sedimentne serije

Petrološka ispitivanja sedimenata gornjeg paleozoika u sjeveroistočnom dijelu Trgovske gore pokazuju jasno da oni predstavljaju mineraloški, litoški i genetski kontinuiranu seriju stijena povezanih prelazima, iako se mjestimice i često izmjenjuju pojedini članovi serije. U geo-

loški relativno starijim odnosno donjim dijelovima serije učešće glinenih škrljaca, a i silt pješčenjaka je najveće, i smanjuje se sve više prema gornjim, geološki mlađim, dijelovima serije, u kojima nalazimo tek tanje proslojke glinenih škrljaca ili oni posve izostaju. Usprkos prosječno dosta slaboj sortiranosti ili frakcioniranju i intenzivnoj ritmici raznih litoloških članova serije možemo ipak zaključiti da su se donji dijelovi serije sa većim udjelom glinenih škrljaca taložili u nešto dubljim dijelovima bazena i uz nešto mirnije uvjete, a gornji dijelovi serije u plićim dijelovima. Cijela serija ukazuje na postepeno oplićivanje sedimentacionog bazena uz nebrojene oscilacije izazvane epirogenetskim gibanjem. Potvrdu za to nalazimo kod pješčenjaka kod kojih se u gornjim dijelovima primjećuje učestalo povećanje dimenzija detritičnih partikula premda to nije tako intenzivno. Pravih sedimenata obalne facije (konglomerati, breče) ovdje nema.

Facijalne karakteristike sedimentne serije dopuštaju da zaključimo da se kod ove serije sedimenata radi o geosinklinalnoj formaciji glinenih škrljaca i to o njenim priobalnim dijelovima. Manje ili više stalan sastav detritičnih partikula, a i matriksa, ukazuje na to da je petrološka građa područja odakle je erozijom i trošenjem dolazio sedimentni materijal bila za vrijeme taloženja gornjopaleozojske serije sedimenata nepromijenjena. Obzirom na količine detritičnih mineralnih zrna kao i litoidnih fragmenata mogli bi pretpostaviti da je područje odakle je dolazio klastični materijal bilo izgrađeno pretežno od paraškrljaca bogatih kvarcom (kvarciti i kvarcni škrljci), tinjčastih i feldspatskih škrljaca (sericitski, tinjčasti i feldspatski kvarcni škrljci), a zatim manjim dijelom od pravih kristalastih škrljaca (gnajsevi) i u veoma maloj mjeri od kiselih, možda i drugih, eruptivnih stijena. Na ovakovu petrološku građu ukazuje i asocijacija frakcije »teških minerala« koju nalazimo u pješčenjacima.

Za vrijeme taloženja cijele serije, a osobito za vrijeme taloženja donjih, glinenih škrljcima bogatijih, dijelova serije vladali su nesumnjivo reduktivni (euksinički) uvjeti. Na to nas upućuje obilna zastupljenost organske ugljevitve tvari i stalno pojavljivanje siderita. Poznato je da je dvovalentni ion željeza osjetljiv na promjene pH i na prisustvo kisika. Voda sedimentacionog bazena bila je sigurno siromašna kisikom i vjerojatno slabo kisela. Održavanje slabo kiselog medija bilo je omogućeno odsustvom baza, npr. Ca-iona (kako to pokazuju kemijske analize stijena), dok su Na- i K-ioni bili inaktivirani, jer su po svojoj prilici bili gotovo posve apsorbirani u mineralima glina. Oksidacija je osim toga bila otežana i zato što je erozija bila nagla, transport klastičnog materijala i otopina bio brz, a putevi transporta kratki, pa se je sedimentacija odvijala brzo. Na takve uvjete prilikom transporta i sedimentacije upućuju nas slaba zaobljenost detritičnih fragmenata, relativno slaba sortiranost i konačno svježina onih mineralnih partikula, primjerice feldspata, koji podliježu trošenju.

Nedvojbeno je utvrđeno da praktički potpuno nedostaju minerali prvobitnog glinovitog matriksa, kako u glinenim škrljcima, tako i u

pješčenjacima. Taj matriks zamijenjen je novostvorenim autigenim mineralima koji su strukturom, sastavom i ostalim osobinama veoma bliski tinjcima. To su ilit, sericit, hidrotinjeci, vermikulit i na kraju klorit, a dijelom čak i muskovit. Autigen je i rutil, a vjerojatno mljeven i pre-kristaliziran kvarc. U našim stijenama nalazimo, dakle, potpuno izmijenjeni matriks. Procesi koji su do toga doveli izlaze već iz okvira onih procesa koje obično svrstavamo pod dijagenezu. Cijela stijena, matriks zajedno sa detritičnim partikulama, zahvaćena je početnim stadijem metamorfoze (arhimetamorfoza) koja je bila izazvana relativno slabim dinamometamorfnim utjecajima, malim porastom temperature i pritiska. Ta metamorfoza odrazila se je ne samo u promjeni mineralnog sastava matriksa već i u promjeni teksture i strukture pa često dolazi do izražaja naročito orijentirano, planarno usmjeravanje listićavih minerala matriksa, mjestimično i do prave lepidoblastične strukture. Na kvarcnim zrnima zahvaćenim metamorfozom zapažamo pojave prekrystalizacije i rubnih metasomatskih reakcija. Te rubne reakcije su rezultat alkalijske metalomatoze, ali bez privođenja alkalija izvana, već unutrašnjom mobilizacijom alkalija apsorbiranih u mineralima glina, a dijelom možda i iz detritičnih minerala koji sadrže alkalija. Ove pojave vide se i na mkrofotografijama pješčenjaka.

Osim znakova trošenja i oksidacije siderita u limonit u površinskim dijelovima sedimentne serije, ne zapažaju se nigdje nikakove promjene u sedimentnim stijenama. Usprkos brižljive pretrage u terenu i pažljivom ispitivanju u mikroskopskim preparatima ne zapažaju se nikakovi utjecaji rudnih pojava i mineralizacija na okolnu stijenu. Prema tome mi se ne možemo osloniti ni na kakve promjene, kemijske i mineraloške koje bi bile uočljive i zamjetljive i koje bi ukazivale na prisutnost rudnih pojava. Te činjenice su provjerene prilikom prospekcije rudnih pojava u ovom dijelu Trgovske gore.

Rudne pojave vezane su na zone glinenih škrljaca.

Primljeno 16. 4. 1963.

Zavod za mineralogiju, petrologiju i rudna ležišta,
Tehnološki fakultet, Zagreb, Pierottijeva b. b.

LITERATURA

- Geinitz, H. B. (1868): Über die fossilen Pflanzenreste aus den Schiefergebirge von Tergove in Croaticen. Verh. R. A., Wien, p. 165.
- Stur, D. (1868): Fossile Pflanzenreste aus den Schiefergebirge von Tergove in Croaticen. Jahrb. R. A., (18), p. 131, Wien.
- Suess, E. (1868): Über das Schiefergebirge von Tergove und die geologischen Verhältnisse von Raibl. Verh. R. A., Wien, p. 169.
- Jurković & Neděla-Devidé, D. (1952): Rudno područje Bešlinac. Dio I, sa geološkom kartom od Neděla-Devidé D. Zagreb. Fond stručnih dokumenata Instituta za geološka istraživanja.
- Majer, V. & Jurković, I. (1962): Studija metalogene oblasti Trgovske gore. Dio I i II. Zagreb. Fond stručnih dokumenata Instituta za geološka istraživanja.

U. Majer

PETROGRAPHIE DER PALÄOZOISCHER SEDIMENTE IM NORDÖSTLICHEN
TEIL DES TRGOVSKA-GEBIRGES

Im nordöstlichen Teil des Trgovska-Gebirges wurde das von geologisch kontinuierten Sedimentserien, Tonschiefern und Sandsteinen ausgebaute Gebiet erforscht. Das Alter der Serie ist jungpaläozoisch. Die Tonschiefer und feinkörnige Siltsandsteine überwiegen im unteren Teil dieser Serie, im oberen Teil dagegen feinkörnige bis grobkörnige Subgrauwacken-Sandsteine. In den Tonschiefern sind als detritische Mineralkörner besonders Quarz, Muskovit, Serizit und Kohlenstoff vertreten. Als Bindemittel (Matrix) treten überwiegend Illit, Serizit, Hydroglimmer, Kohlenstoff und Chlorit auf. Bei den Sandsteinen sind als körnige Hauptbestandteile Quarz, Muskovit und Feldspat sowie die Gesteinsfragmente von Quarziten, Quarzschiefern und Serizitschiefern vertreten, manchmal auch andere Mineralien und Gesteinsfragmente. Das Bindemittel ist heterogen; es treten besonders Quarz, Muskovit und Serizit, in etwas kleineren Mengen auch Chlorit, Kohlenstoff und Siderit auf. Die primären Bestandteile des Bindemittels sind durch spätere diagenetische Umlagerungen und Umkristallisationserscheinungen vollkommen metamorphosiert worden. Die typischen Vertreter der Tonschiefer und Sandsteine wurden optisch, thermisch, röntgenographisch und chemisch eingehend untersucht.

Die fazielle Charakteristik dieser Sedimentserie erlaubt uns zu folgern, dass diese Serie küstennahen Anteilen einer Geosynklinalformation der Tonschiefer zukommt. Die ganze Serie weist auf allmähliche Seichten des Sedimentationsbasins hin. Als Folge der intensiven Rhythmik der Serie kam es zu unzähligen Oszillationen, die durch epirogenetische Bewegungen hervorgerufen waren.

Die körnige Bestandteile, Mineralkörner und Gesteinsfragmente, wie auch die Bestandteile des Bindemittels erlauben uns den Schluss, dass die Quellen für das Sedimentmaterial überwiegend quarzreiche Paraschiefer und Glimmerschiefer, untergeordnet auch Gneise und saure Eruptivgesteine waren.

Die eingehenden Untersuchungen der Bestandteile und Gefügeeigenschaften ermöglichen die Erklärung der Litogenese. Sie zeigen, dass die Gesteinserosion im Quellengebiet jäh, und der Transport des klastischen Materials schnell war, die Transportwege kurz und dass die Sedimentation rasch vor sich ging. Während der Sedimentation der ganzen Serie herrschten reduktive Bedingungen, was die ständige Anwesenheit von Kohlenstoff und Siderit beweist.

Alle Gesteine der Serie waren postdiagenetisch leicht metamorphosiert.

Die gangförmigen Erzerscheinungen von Siderit, Kupfer-, Blei und anderen Sulfiden sind an der unteren Serienteilen, d. h. an die Tonschiefer und Siltsandsteine gebunden.

Angenommen am 16. 4. 1963.

Institut für Mineralogie, Petrologie und Erzlagerstätten
der Technologischen Fakultät in Zagreb, Pierottijeva b. b.

TABLA - PLATE I

1, 2. Silt pješčenjaci N⁺, 50,5 x.

1, 2. Siltsandsteine, N⁺, 50,5 x.

TABLA I - TAFEL I



1

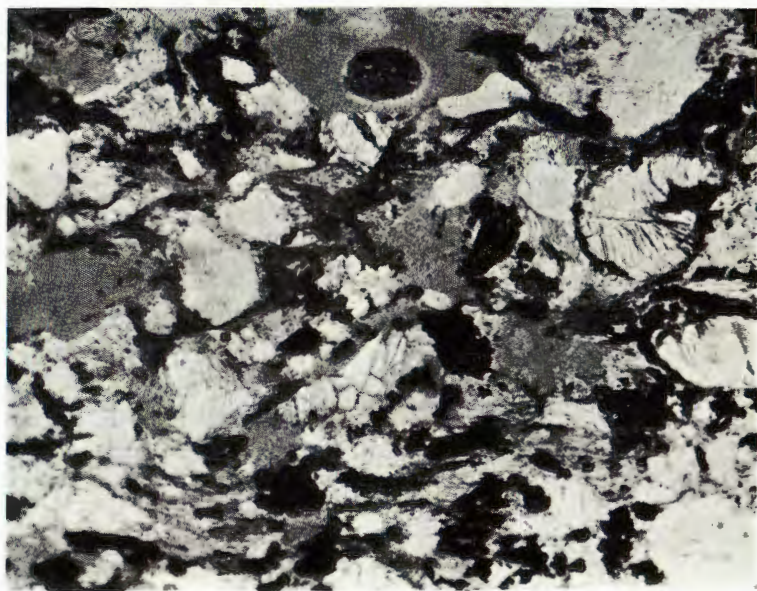


2

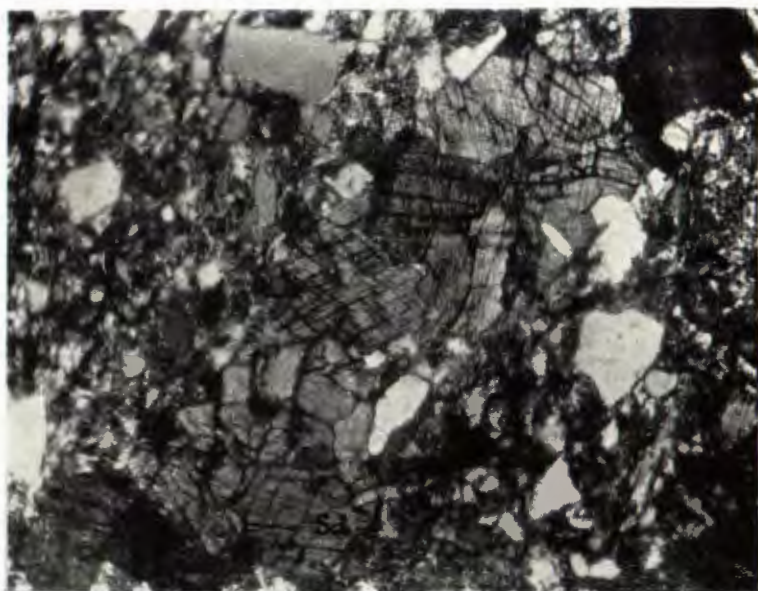
TABLA - PLATE II

- 3, 4. Subgrauvake. N^+ , 50,5 x. Pješčenjak na sl. 3 sadrži mnogo limonitiziranog siderita (crno), a na sl. 4 vide se idiomorfna zrna svježeg siderita (Sd).
- 3, 4. Subgrauwacken. N^+ , 50,5 x. Bild 3: Sandstein mit viel limonitiziertem Siderit. Im Bild 4: Siderit (Fd), vollkommen frisch und idiomorph.

TABLA II - TAFEL II



3



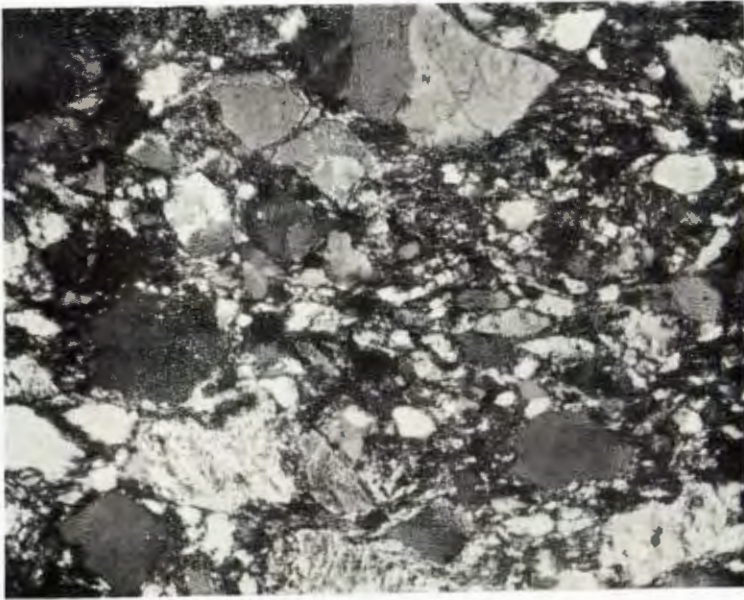
4

TABLA - PLATE III

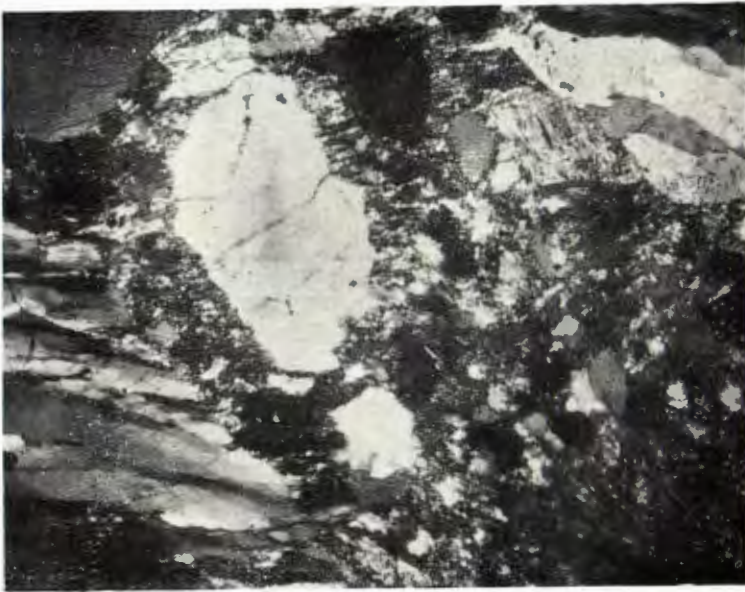
5, 6. Subgrauvake. N^+ , 50,5 x

5, 6. *Subgrauwacken*. N^+ , 50,5 x.

TABLA III - TAFEL III



5



6