

|               |    |       |                                    |              |
|---------------|----|-------|------------------------------------|--------------|
| Geol. vjesnik | 32 | 81—95 | 3 sl. u tekstu 3 tabele<br>2 table | Zagreb, 1979 |
|---------------|----|-------|------------------------------------|--------------|

551.763:552.5

## Sedimentacija transgresivnog senona na južnim padinama Medvednice

Marta CRNJAKOVIC

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

Na »paleozojskoj« podini najprije se talože konglomerati i pješčenjaci neposredno uz obalu, a dijelom vjerojatno i aluvijalno. Slijede pješčenjaci vrlo plitkog, uzburkanog i otvorenog »šelfa« unutar kojeg su mjestimično nastajali mali grebeni kratkog trajanja, čiju rešetku izgrađuju rudisti i hermatipni koralji. Zatim dolazi do produbljavanja s taloženjem sitnozrnastog sedimenta (pretežno šejla), koji je vjerojatno sediment padine i prethodi pelagičkim vapnencima tipa Scaglia, nastalim na dnu dubljeg i otvorenog mora. Terigene čestice klastita potječu iz klastičnih i niskometamorfnihi stijena i to, najvećim dijelom ili sve, iz »paleozojskih« stijena kakve su danas otkrivene na Medvednici.

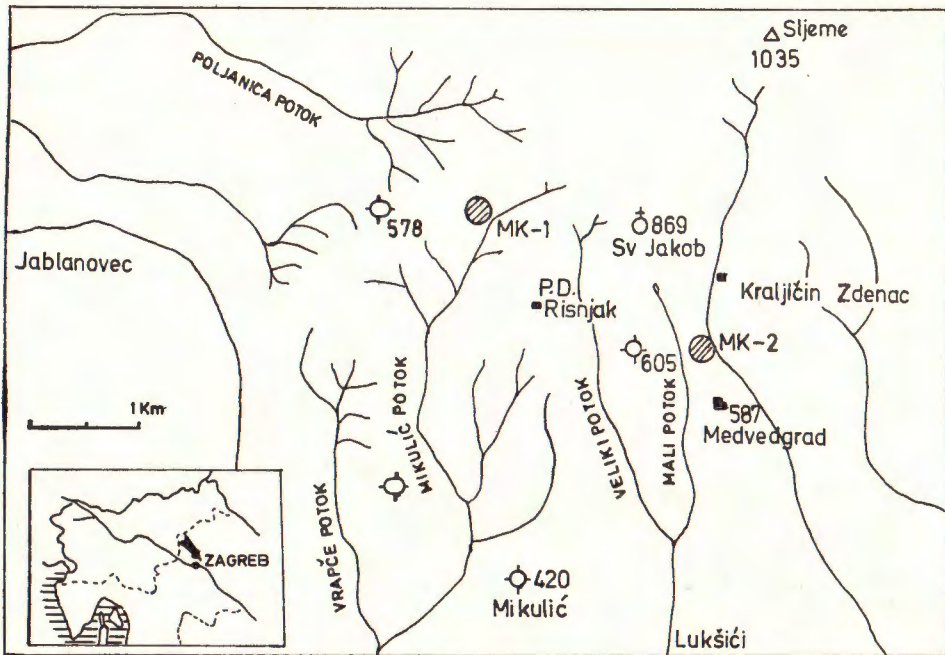
### UVOD

Sedimenti santona-kampana otkriveni su na južnim padinama Medvednice, gdje obrubljuju starije naslage u području između Medvedgrada i doline Mikulić potoka (sl. 1). Oni transgresivno leže na različitim starijim stijenama, na što ukazuje već Gorjanović-Kramberger (1908), a kasnije Neděla-Devidé (u Herak & Neděla-Devidéš, 1964), koja navodi kako slijed počinje konglomeratima, zatim slijede pješčenjaci, a na njima vapnenci tipa Scaglia. Klastiti se mogu uvrstiti u santon-kampan, jer krovinski vapnenci tipa Scaglia pripadaju gornjem kampanu (Neděla-Devidé, 1957).

Najpotpuniji slijed ovih sedimenata mogao se promatrati na zapadnim padinama potoka Mikulića, gdje je na dobro otkrivenim izdancima snimljen stup (sl. 1, lok. Mk—1; sl. 2). Ovdje te naslage počinju konglomeratima koji prelaze u pješčenjake, a ovi u šejlove. Lokalno unutar pješčenjaka javljaju se i vapnenci s rudistima i koraljima. Ukupna debljina slijeda naslaga na ovom lokalitetu iznosi oko 85 m.

### Konglomerati

Konglomerati (član A) zastupljeni su u donjih 28 m snimljenog slijeda (sl. 2). Debljina slojeva konglomerata varira od 10 do 220 cm. Granice među slojevima su oštre, ali su donje slojne plohe mjestimično neravne.



Sl. 1 Situaciona karta  
Text-figure 1 Situation map

Mjestimično se u sitnozrnastim varijetetima zapaža kosa slojevitost, a pojedini tanji slojevi su građirani. Osim konglomerata član A sadrži uloške srednjeznastih i krupnozrnastih pješčenjaka (15—100 cm) i leće srednjeznastog pješčenjaka (debljine do 10 cm). Pješčenjaci mogu biti zasječeni malim erozionim kanalima dubokim do nekoliko cm, ili većim dubokim do 15 cm, a širokim najmanje 40 cm, a ti su kanali ispunjeni konglomeratom koji slijedi naviše.

### Strukturne karakteristike

Promjer valutica u konglomeratima iznosi 0,4—16 cm, što znači da su zastupljeni sitnozrnasti, srednjeznasti i krupnozrnasti konglomerati. Sve čestice u njima su vrlo dobro zaobljene osim sitnih fragmenata rožnjaka koji su katkada uglati.

Konglomerati mogu biti razmjerno dobro sortirani u pojedinim slojevima, ili pak izrazito nesortirani i u takvima su različito velike valutice urovnjene u pješčenjačku osnovu koja doseže 43,2% sastava. Dobro sortirani konglomerati sjeverno od Medvedgrada (sl. 1, lok. MK—2) imaju koeficijent sortiranja 0,93 (Folk & Ward, 1957) i unimodalnu raspodjelu valutica.

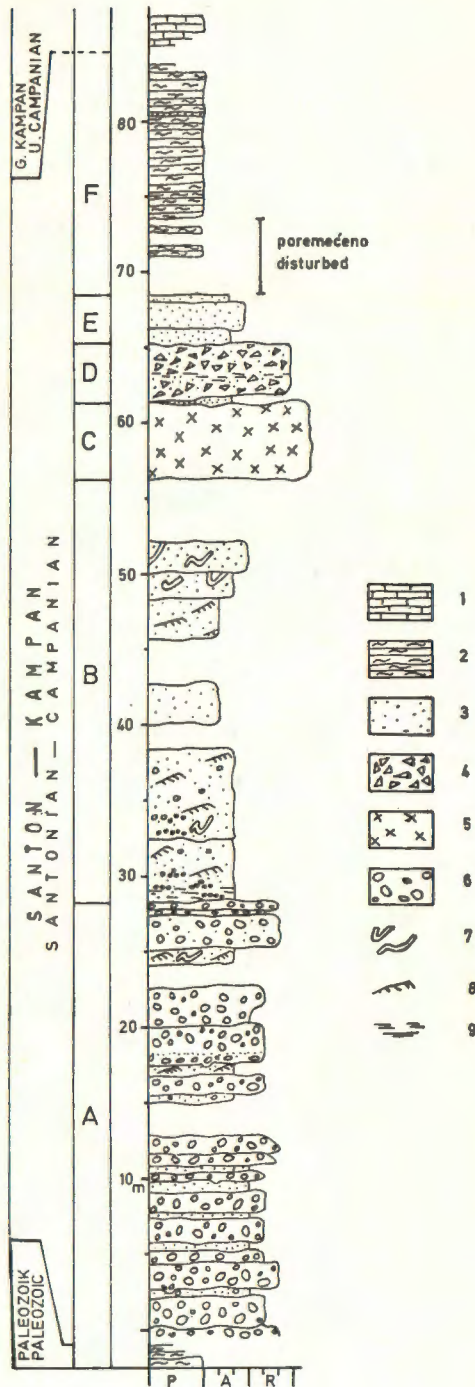
Slika 2 — Text-figure 2

Geološki stup kroz sedimente  
santona-kampana

Geological column of the Santonian-  
Campanian sediments

Legenda — Legend:

1. Pelagički vapnenac tipa Scaglia — Pelagic limestone of Scaglia-type
  2. Šejl — Shale
  3. Pješčenjak — Sandstone
  4. Biokalcirudit — Biocalcirudit
  5. Grebenski vapnenac — Reef limestone
  6. Konglomerat — Conglomerate
  7. Ichnofosili — Ichnofossils
  8. Kosa laminacija — Cross lamination
  9. Paralelna laminacija — Paralel lamination
- P Pelit — Pelite  
A Arenit — Arenite  
R Rudit — Rudite



### *Vrste valutica*

Konglomerati su u pravilu polimiktni i sastoje se od valutica niskometamorfnihi stijena, različitih sedimentnih stijena i kvarca. Metamorfiti zastupljeni u valuticama su kloritski, sericitski ili kvarc-sericitski škrljci, dakle pripadaju stijenama najnižeg stupnja regionalnog metamorfizma. Od sedimentnih stijena zastupljeni su sitnozrnasti do srednjezrnasti pješčenjaci grauvakrnog tipa s tinjcima i nešto malo feldspata, zatim tamni šejlovi i siltozni šejlovi, te različiti rožnjaci od kojih neki sadrže jako rekristalizirane radiolarije. Uz to, javljaju se i valutice kvarca bjelutka.

### *Osnova*

Osnova je pješčenjak, a može iznositi od 9,3 do 43,2% sastava konglomerata (tab. 1, an. 11, 12). Sastav osnove sličan je sastavu pješčenjaka koji se javlja u obliku leća ili proslojaka u konglomeratima, kao i onih koji slijede na konglomeratu (članovi B i E, sl. 2). Razlika se očituje samo u manjem udjelu klasta pelitskih i niskometamorfnihi stijena i nešto povećanom udjelu ostalih sastojaka, što je u vezi s njihovom manjom veličinom zrna.

## Pješčenjaci

### *Opće osobine*

Na konglomeratima slijedi oko 27 m debeli paket pješčenjaka (član B, sl. 2). No već unutar konglomerata javljaju se leće pješčenjaka dužine oko pola metra i debljine do 10 cm, kao i slojevi srednjezrnastog i krupnozrnastog pješčenjaka, debeli 10 do 100 cm. Pješčenjaci koji slijede na konglomeratima često su debelo uslojeni, tako da ima slojeva čija debljina prelazi 4 metra. Slojne plohe su kao i kod konglomerata oštre i neravne. Zapažena je kosa laminacija, a debljina koso laminiranihi jedinica iznosi oko 8 cm u sitnozrnastim pješčenjacima, pa do 25 cm u varijetetima koji sadrže valutice. Pješčenjaci su mjestimično paralelno laminirani. Tu i tamo mogu se naći kalupi, otisci i »skulpturirane jezgre« školjkaša i ježinaca. Na slojnim plohama je često crno biljno trunje.

Pješčenjaci su tamne zelenkastosive boje što je posljedica sastava. U krupnozrnastim pješčenjacima već se i makroskopski zapažaju pojedina veća zrna tamnih šejlova ili drugih tamnih sitnozrnastih stijena.

Dosta česti su ihnofosili. To su ravne, a rjeđe malo vijugave cijevi ispunjene pješčenjačkim materijalom. Mogu biti okomiti, kosi ili horizontalni u odnosu na slojeve. Promjer cijevi iznosi 0,5 do 2,5 cm. Dužina se rijetko može pratiti u cijelosti, ali su mnogi sigurno duži od 10 cm. Odgovaraju oblicima, koje je Seilacher (1967) uvrstio u »Skolithos-facies«. Pješčenjaci člana E, čija je debljina najmanje 3 m, imaju iste opće osobine, koje su navedene za pješčenjake člana A i B, osim što u najdonjih 50 cm sadrže i karbonatne sastojke.

Tabela 1 — Table 1  
 Sastav pješčenjaka i konglomerata — Composition of sandstones and conglomerates

|   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Pelitske i niskometamorfne stijene<br>Pelitic and low-grade metamorphic rocks | 53,6 | 25,8 | 52,9 | 13,4 | 35,7 | 46,5 | 31,3 | 32,3 | 30,0 | 12,8 | 10,9 | 22,5 | 3,0  | 3,6  |
| Kvarcit<br>Quartzite  | 23,8 | 24,3 | 18,9 | 19,3 | 23,2 | 14,6 | 14,5 | 6,6  | 8,6  | 27,1 | 59,8 | —    | 30,0 | 24,5 |
| Rožnjak<br>Chert  | 0,2  | 0,5  | 2,9  | 0,4  | 3,7  | 0,9  | 2,4  | 1,3  | 1,3  | 4,2  | 11,4 | —    | 1,2  | 0,5  |
| Pješčenjak<br>Sandstone   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 28,9 | —    | —    |
| Kvarc<br>Quartz   | 12,4 | 35,1 | 16,5 | 12,7 | 25,3 | 23,0 | 13,9 | 22,0 | 16,6 | 39,6 | 8,5  | 4,7  | 36,0 | 23,0 |
| Feldspati<br>Feldspars  | —    | 0,8  | 0,2  | 0,5  | 0,9  | 0,6  | 2,2  | 2,4  | 1,6  | 1,5  | —    | —    | 1,5  | 1,9  |
| Osnova<br>Matrix  | 9,8  | 13,5 | 8,6  | 53,6 | 11,2 | 14,4 | 35,6 | 35,6 | 41,9 | 14,8 | 9,3  | 43,2 | 28,4 | 45,5 |

1—10 — pješčenjaci — sandstones

11, 12 — konglomerati — conglomerates

13, 14 — osnova konglomerata — conglomerate matrix

### Strukturne karakteristike

Pješčenjaci (članovi B i E, sl. 2) su pretežno sitnozrnasti i srednjozrnasti, dok su krupnozrnasti rjeđi. U donjem dijelu slijeda (član A) i donjem dijelu člana B sadrže rijetke valutice, a mjestimično valutica ima i više (do 10%). Valutice mogu biti raspršene u sloju, ili složene u nizove, koji su paralelni ili kosi prena sloju.

Sortiranost je dobra do srednje dobra (0,65 do 0,88 po Folku & Wardu, 1957).

Zaobljenost i sferičnost ovise o vrsti zrna. Zrna pleitskih i niskometamorfni stijena imaju visok stupanj zaobljenosti (0,15—0,70, pa i do 1,0), dok su zrna kvarca, rožnjaka i kvarcita najčešće poluzaobljena (0,15—0,30 po Russellu i Tayloru, 1937).

Za strukturu pješčenjaka karakteristično je da jedan njihov dio (pretežno krupnozrnasti varijeteti) ima zrnastu potporu, dok pretežni dio sadrži obilnu osnovu s uronjenim česticama.

### Vrste sastojaka; teški minerali

Sastav pješčenjaka dosta je ujednačen. Razlike koje postoje u količinskom učešću pojedinih sastojaka ovise o veličini zrna. Sitnozrnasti varijeteti na primjer sadrže rnanje čestica stijena i obično više veziva nego krupnozrnasti. Uz čestice stijena koje uvijek prevladavaju najčešći je kvarc, a u malim količinama dolaze listićavi minerali muskovit, klorit i vrlo rijetko biotit. Feldspata ima vrlo malo, dok su rutil, turmalin, cirkon i opaki minerali akcesorni.

Čestice stijena čine 33,1 do 77,6% sastava pješčenjaka (tab. 1, Tab. I, sl. 3; Tab. II sl. 2). Pretežno su to tamni šejlovi, te sitnozrnaste niskometamorfne stijene, kloritski, sericitski i kvarc-sericitski škrljci. Dolazi još i kvarcit (čestice sa šivanom strukturom i unduloznim potamnjenjem pojedinih kristala), te rijetki fragmenti rožnjaka. Kvarc pokazuje najčešće homogenu potamnjenje, a uz monokristalna zrna javljaju se i zrna sastavljena od mozaika poligonalnog kvarca s homogenim potamnjenjem. Česte su u kvarcu inkluzije rutila, a u nekoliko zrna opažen je crvoliki klorit (Tab. II, sl. 3). Feldspati su redoviti sastojak, ali njihov udio ne prelazi 2,4%. Pretežno su to vrlo trošni albiti s uskim sraslačkim lamelama. Listićavi minerali muskovit, klorit i biotit dosta su rijetki, a listići su im redovito deformirani među čvršćim sastojcima. Za biotit je karakteristično da je uvijek vrlo trošan.

Modalni sastav teške frakcije vrlo je jednostavan (tab. 2). Na prozirne minerale otpada 2—16,1% teške frakcije (7 analiza). Stabilni minerali rutil, turmalin i cirkon su najčešći i nalaze se u svakom uzorku. Od njih je pak najčešći rutil (42,4—58,5%) koji se javlja u formi izduženih, zaobljenih ili poluzaobljenih zrna. Neka od njih imaju na rubovima u smjeru izduženja autigeni prirast u obliku igličastih kristalića, koji su vidljivi tek kod većeg povećanja. Turmalin (15,8—30%) je zastupljen kratkoprizmatskim, hipidomorfim i zaobljenim zrnima. Nepravilna zaobljena zrna mnogo su rjeđa. Dolaze zeleni i zelenosmeđi varijeteti. Na pojedinim zrnima zapažen je zelenkasti autigeni prirast u obliku sitnih prizmi u smjeru izduženja. Ovaj »mlađi« dio je kod nekih zrna abradi-

Tabela — Table 2

Modalni sastav teških minerala — Modal composition of heavy minerals

| Uzorak<br>Sample | Ukupni sastav teške<br>frakcije, 100%        |      |      |    |      | Prozirni teški minerali — 100%               |      |      |      |     |     |     |
|------------------|--|------|------|----|------|--|------|------|------|-----|-----|-----|
|                  | Total composition of heavy<br>fraction, 100% |      |      |    |      | Transparent grains of heavy minerals<br>100% |      |      |      |     |     |     |
|                  | op   | ms   | co   | bt | pr   | zr   | tu   | ru   | ep   | g   | am  | x   |
| 1                | 86,0   | 0,4  | 7,6  | —  | 6,0  | 9,7  | 26,8 | 58,5 | 4,2  | —   | —   | 0,6 |
| 2                | 91,5   | 0,4  | 1,6  | —  | 6,3  | 9,9  | 25,0 | 57,0 | 3,3  | 1,7 | —   | 2,5 |
| 3                | 89,2   | 0,4  | 8,2  | —  | 2,0  | 13,5   | 28,8 | 42,4 | 10,1 | —   | —   | 5,1 |
| 4                | 79,0   | 0,8  | 10,5 | —  | 9,5  | 12,0   | 30,0 | 53,5 | 4,1  | —   | —   | 0,4 |
| 5                | 67,8   | 3,0  | 20,2 | —  | 8,9  | 11,8   | 29,1 | 53,5 | 4,7  | —   | —   | 0,7 |
| 6                | 76,6   | 0,4  | 6,7  | +  | 16,1 | 9,7  | 15,8 | 67,1 | 3,6  | —   | —   | 3,6 |
| 7                | 57,4   | 19,3 | 20,0 | —  | 3,3  | 19,8   | 45,6 | 26,4 | 4,4  | 0,7 | 1,4 | 1,4 |

|          |    |  |
|----------|----|--|
| Legenda: | op | Opaka zrna — Opaque grains                           |
| Legend:  | ms | Muskovit — Muscovite                                 |
|          | co | Klorit — Chlorite                                    |
|          | bt | Biotit — Biotite                                     |
|          | pr | Prozirna zrna — Transparent grains of heavy minerals |
|          | zr | Cirkon — Zircon                                      |
|          | tu | Turmalin — Tourmaline                                |
|          | ru | Rutil — Rutile                                       |
|          | ep | Epidot — Epidote                                     |
|          | g  | Granat — Garnet                                      |
|          | am | Amfibol — Amphibole                                  |
|          | x  | Neodređeni — Unknown                                 |

ran. Cirkon učestvuje s 9,7—13,5% u sastavu prozirnih teških minerala, a najčešća su obojena zrna; zelenkasta, ružičastosmeđa i tamnosmeđa. Gotovo su uvijek veoma dobro zaobljena i kod mnogih se još jedva naziru kristalne forme, a tamnosmeđa zrna su čak kuglasta ili ovalna. Kod većine cirkona površina je hrapava. Bezbojna idiomorfna zrna oštih bridova vrlo su rijetka. Osim ova tri najzastupljenija minerala u svim uzorcima javlja se još samo *epidot*, kao i listićavi minerali *muskovit* i *klorit*. Za razliku od njih *biotit*, *anatas* i *amfibol* dolaze u tragovima. Među opakim mineralima (67,8—96,7%) najviše ima *limonita* i *leukok-sena*, a dolaze još *pirit* i *hematit*.

### Osnova

Iako je mineralni sastav pješčenjaka vrlo jednoličan, a slično je i količinsko učešće pojedinih sastojaka, mogu se razlikovati dva tipa osnove.

U vrlo krupnozrnastim varijetetima kao osnova javljaju se željezni oksidi uz nešto malo minerala iz skupine filosilikata. Količina takve os-

nove ne prelazi 5% sastava, a javlja se kao uski smeđi rub oko zrna (Tab. I, sl. 1, 2, 3). Mjestimično osnova sasvim nedostaje te se zrna međusobno dodiruju ili zadiru jedno u drugo.

U većini uzoraka osnova se sastoji od sitnolistićavog agregata sericita i klorita uz nešto sitnozrnastog siltnog kvarca. Takav matriks mjestimično je obojen limonitom. Često se zapaža njegovo prodiranje u veća zrna kvarca ili rožnjaka, naročito uz pukotine. U krupnozrnastim varijetetima ima ga oko 8%, da bi u sitnozrnastima dosegao 53,6% sastava (tab. 1, an. 3, 4). Mjestimično matriks ima pseudofluidalnu strukturu, a katkada se struktura matriksa u pojedinim porama razlikuje, što su bili kriteriji za prepoznavanje pseudomatriksa (Dickinson, 1970). Takva osnova nastala je deformiranjem fragmenata šejlova i sitnozrnastih niskometamorfnih stijena u toku dijageneze, odnosno kompakcije (Tab. II, sl. 1, 2). Prema klasifikaciji Pettijohna, Pottera i Sievera (1972), pješčenjaci s manje od 15% matriksa mogu se klasificirati kao stijenski areniti, a oni s više od 15% kao stijenske grauvske. Po Folkovoj mineraloškoj klasifikaciji (1954) bi pak svi ovi pješčenjaci spadali u prave grauvske.

### Vapnenci s rudistima i koraljima

Unutar pješčenjaka (članovi B i E, sl. 2) nalazi se manja pojava vapnenaca čija ukupna debljina iznosi oko 10 m, a pružaju se u dužini od najmanje 25 m. Vrlo vjerojatno čine lećasto tijelo. Sastoje se od dva dijela (C i D, sl. 2), koji su odijeljeni slojem pješčenjaka do konglomeratičnog pješčenjaka debljine 25 cm koji isklinjava. Na vapnencima slijedi sloj krupnozrnastog pješčenjaka u kojemu već prevladavaju nekarbonatni sastojci, a dalje slijedi pješčenjak srednjeg do sitnog zrna bez karbonatnih čestica, istog sastava kao što su i pješčenjaci u podini vapnenaca.

### Grada i sastav

Donji član (član C) debeo je 5 m. U njemu se nazire nejasna slojevitost. Mjestimično je prepoznatljiva biolitična struktura koja je pretežno izgrađena od hermatipnih koralja i rudista (osnovna grebenska rešetka), a izgrađuju je još crvene alge, koje obraštaju skelete drugih organizama, te prirasle foraminifere aglutinirane kvarcom. Uz organizme koji su živjeli pričvršćeni, česti su i ostaci skeleta drugih stanovnika grebena: najčešća su zrna bodljikaša, bentičke foraminifere, fragmenti školjakaša, gomolji crvenih algi i briozoi, što zajedno sa skršenim dijelovima rudista i koralja, zatim pojedinim cijelim rudistima, te fragmentima crvenih algi predstavlja sediment »punjenja« osnovne grebenske rešetke. Taj sediment također sadržava i biolitične fragmente raznih dimenzija, kao i primjese terigenog detritusa. Struktura sedimenta »punjenja« može se označiti kao rasuti do pakirani biomikrit do biomikrudit, a mjestimično se među česticama zapaža i sparni cement.

Gornji član (član D) sadrži skršene skelete rudista, koralja, crvenih algi, zatim gomolje crvenih algi, foraminifere, bodljikaše, te biolitične



fragmente, kao i cijele polegle rudiste. Možemo ga označiti kao kalcirudit i još točnije kao biokalcirudit. U prostorima između ruditnih fragmenata, uz sitnije karbonatno kršje, česti su i terigeni sastojci, koji su jednaki onima koji izgrađuju pješčenjake (kvarc, kvarcit, zrna pelitskih stijena).

### Šejlovi

Iznad posljednjih pojava pješčenjaka (član E) slijedi još najmanje 10 m (vjerojatno oko 25 m) šejlova — član F (sl. 1, lok. MK—1; sl. 2). U njima je zapažen po koji uložak sitnozrnastog graduiranog pješčenjaka debljine 1—2 cm, s oštrom donjom slojnom plohom i postepenim prelazom prema gore. Jedan sloj imao je u donjem dijelu kosu laminaciju i mogao bi se usporediti s Bouma-sekvencijom tipa c—e.

Boja šejlova je smeđa a trošne površine su gotovo crne ili vrlo svijetle. Vrlo su mekani a posjeduju dobru cjepljivost. Kemijska analiza (tab. 3) pokazuje da im je sastav sličan »prosječnom sastavu« šejla iz raznih geoloških razdoblja (Pettijohn, 1975, str. 274). Zanimljivo je da ne sadrže kalcij-karbonata, a na osnovi visokog postotka aluminijske glina može se zaključiti da, uz kvarc koji prevladava, najveći dio sastojaka otpada na minerale glina.

Tabela 3 — Table 3

Kemijski sastav šejla i stijenske grauivake  
Chemical composition of Shale and Lithic Graywacke  
Sejl

|                                | Šejl<br>Shale | grauivaka<br>Graywacke |
|--------------------------------|---------------|------------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 59,47%        | 71,32%                 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,85          | 0,99                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18,72         | 13,01                  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,57          | 3,15                   |
| FeO                            | 2,05          | 1,50                   |
| MnO                            | 0,01          | +                      |
| MgO                            | 1,85          | 1,74                   |
| CaO                            | 1,20          | 1,05                   |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,20          | 0,78                   |
| K <sub>2</sub> O               | 3,15          | 2,06                   |
| H <sub>2</sub> O+              | 4,64          | 3,07                   |
| H <sub>2</sub> O—              | 0,78          | 0,31                   |
| Suma — Total                   | 100,55        | 99,72                  |

### Porijeklo terigenih čestica

Budući da se u konglomeratima javljaju leće i proslojci pješčenjaka, a i prijelaz iz konglomerata u pješčenjake je postepen, može se smatrati da sav nekarbonatni detritus ima zajedničko porijeklo, što dokazuju i podaci o sastavu.

Jedan dio valutica u konglomeratima potječe iz tamnih »paleozojskih« šejlova kakve i danas nalazimo na površini i koji na više mjesta čine

neposrednu podlogu konglomerata. Kako veći dio kvarca pokazuje karakteristike koje upućuju na žilno porijeklo (poligonalna zrna, sličnost sa žilnim kvarcom iz starijih stijena), vjerojatno veliki dio i potječe upravo iz žila koje nalazimo kako presijecaju te iste šejlove. Valutice niskometamorfne stijena vjerojatno također potječu iz »paleozojskih« stijena Medvednice. Ovdje treba podsjetiti da su unutar cjeline koja je ranije bila označavana kao paleozoik (bez »zelenih škriljaca«) ustanovljene stijene trijasko starosti (Đurđanović, 1973), pa su zato oznaci paleozoika u ovom tekstu dodani navodnici. Fragmenti rožnjaka, kojih dođuše nema mnogo, potječu vjerojatno od leća i proslojaka rožnjaka kakvih također ima u »paleozojskim« šejlovima Medvednice. Dio valutica pak pripada raznim vrstama pješčenjaka. Zanimljivo je da nigdje nisu zapaženi fragmenti karbonatnih stijena, iako veliki dio danas poznatih »paleozojskih« sedimentata čine vapnenci, a niti vapnenački klasti donje krede koja je također poznata u Medvednici (Gušić, 1971).

U čitavom pojasu rasprostranjenja konglomerata između lokaliteta MK—1 i MK—2 (sl. 1) također nisu ustanovljene ni valutice »zelenih škriljaca«.

Sastav pješčenjaka gotovo u potpunosti odgovara sastavu konglomerata, kojemu uostalom i »služi« kao osnova. To vrijedi za sve pješčenjake bez obzira u kojem članu se pojavljuju, kao i za čestice pijeska u vapnenačkim članovima (C i D). I za njih su dakle izvorne stijene bili šejlovi odnosno niskometamorfne stijene, te rožnjaci što sudimo po odgovarajućim litoklastima. Dio kvarca potječe sigurno od metamorfne stijena (zrna s unduloznom potamnjenjem), a fragmenti sastavljeni od poligonalnih kvarcnih zrna, s obzirom na sličnost s kvarcom iz žila u »paleozojskim« šejlovima, vjerojatno su također žilnog porijekla. Sigurni dokaz za žilno porijeklo (Blatt, Middleton & Murray, 1972, str. 274) su zrna kvarca s crvolikim kloritom (Tab. II, sl. 3). Dio kvarca potječe iz krupnozrnastih pješčenjaka kakvi su nađeni kao valutice u konglomeratima, premda bi barem dijelom mogao potjecati i iz kiselih eruptiva. Za malobrojne tinjce i klorite može se pretpostaviti da potječu iz tinjčastih pješčenjaka (također valutice u konglomeratima). Feldspati koji se javljaju kao akcesorni sastojci mogli bi potjecati iz kiselih eruptiva ili niskometamorfne stijena s obzirom da se radi o albitima. Ipak je vrlo vjerojatno da su većim dijelom pretaloženi iz sedimentata na što ukazuje i trošnost većine zrna. Na porijeklo čestica iz sedimentata ukazuje i sastav akcesornih teških minerala. Prevladavaju naime tri najrežistentnija minerala (cirkon, turmalin i rutil), koji su osim toga zaobljeni, a abradirani sekundarni rast zapažen na turmalinu sasvim sigurno ukazuje na pretaložavanje iz sedimentata.

Prema tome nekarbonatni detritus potječe najvećim dijelom, a vrlo vjerojatno i sav iz »paleozojskih« stijena kakve danas nalazimo na Medvednici, a koje su u to vrijeme izgrađivale kopneno zaleđe.

### *Interpretacija okoliša*

Karakteristike člana A upućuju na veliku snagu struja koje su prenositelice terigeni detritus. Osim same veličine čestica koja znači veliku transportnu moć, te karakteristike obuhvaćaju i erozione kanale, dakle ozna-

čavaju sposobnost erozije, te velike nizove kosih lamina u pješčenjacima, uloženi u konglomerate. Također je jasno indicirana promjenljivost snage struja (pješčenjaci — konglomerati). Ove karakteristike okoliša sedimentacije početnog dijela senonskog slijeda mogu odgovarati okolišu same obale, odnosno neposredno uz nju, gdje su djelovali snažni valovi i struje, ili pak okolišu aluvijalne lepeze na njenom strmijem dijelu. Pojava ihnofosila *Scolithos-facijesa* u gornjem dijelu člana A, koji nastaje na obali ili u vrlo plitkom moru (Seilacher 1967, Heckel 1972), svakako upućuje da su terigeni sedimenti prerađivani uz obalu, a mjestimična unimodalna raspodjela valutica u konglomeratima također bi upućivala na taloženje uz obalu i transport valovima (Pettijohn 1973). Međutim, jedan dio člana A vjerojatno ipak predstavlja neprerađeni aluvijalni sediment. Na takav postanak ukazivali bi pješčenjaci s rasutim valuticama, a vjerojatno i veće pojave erozionih kanala.

Pješčenjaci (članovi B i E) su se taložili u veoma plitkom moru i iznad valne baze, te blizu obale. Naime i ovdje nizovi valutica ukazuju na promjenljivost jačine struja, a razmjerno debeli nizovi kosih lamina nastali su jakim strujama. Pojave školjkaša i ježinaca, kao i pojava uloška vapnenaca s rudistima i koraljima (članovi C i D) ukazuju na marinske uvjete. Ihnofosili *Scolithos-facijesa* nastali su u području litorala ili plitkog sublitorala i iznad valne baze (Seilacher 1967, Heckel 1972). Vrlo česta pojava biljnog trunja također je posljedica blizine kopna. Karakteristike matriksa pokazale su da njegov najveći dio ili sav ne predstavlja prvotnu sitnozrnastu osnovu, nego nekadašnje čestice, što je u skladu s interpretacijom uzburkanosti, koja ne bi dopuštala taloženje sitnozrnastog sedimenta.

Dva vapnenačka člana (C i D) gotovo su jednaki po sastavu ali su različiti po postanku. Član C je greben izgrađen od rešetke (rudisti, hermatipni koralji), raznih inkrustirajućih organizama i »punjenja«. Ovaj kratkotrajni rast grebena bio je prostorno ograničen, što se danas manifestira kao malo lećasto sedimentno tijelo. Rast je vjerojatno započeo na kojem lokalnom uzvišenju dna, u razdoblju i na mjestu gdje je bio gotovo prekinut donos terigenog detritusa.

Biokalcirudit (član D) po sastavu je jednak grebenskom vapnencu, ali struktura upućuje na prigrebensko kršje jednog susjedno smještenog i na izdanku nepoznatog grebena, koji je mlađi od grebena člana C. S obzirom na izvjesni udio silicijskih terigenih čestica, dakle utjecaj kopna, mogla bi to biti unutarnja strana tog grebena. Kopno s otkrivenim silicijskim stijenama bilo je i tada u blizini, sudeći po povremeno jačem donosu silicijskih pješčanih čestica, a također i po tome što je taj član uloženi u pješčenjak. Također je vjerojatno da je pojačani donos pijeska s kopna bio uništio greben i prekinuo njegov rast. Mala debljina također je vjerojatno razmjerena kratkoći trajanja grebena. Zanimljiva je pojava leće pješčenjaka do konglomeratičnog pješčenjaka između donjeg i gornjeg vapnenačkog člana (C i D). Taj sediment vjerojatno predstavlja jednu kratkotrajnu regresivnu fazu.

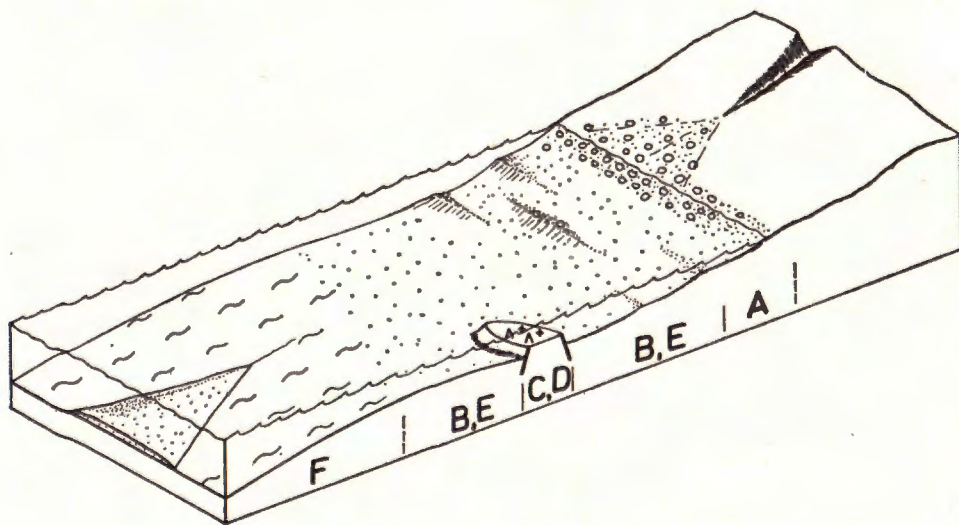
Šejlovi (član F) su svakako nastali u drugačijim uvjetima nego prethodno opisani članovi ovog transgresivnog slijeda naslaga. Budući da ne sadržavaju karbonata, donos terigenog materijala još je uvijek bio brz.

Veliki udio minerala glina ukazuje na postanak u mirnijem dijelu dna. Vjerojatno su nastali dalje od obale, a vrlo vjerojatno i dublje na što ukazuje i krovina od pelagičkih vapnenaca tipa Scaglia koji predstavljaju sediment dubljeg i otvorenog mora. To je u skladu s vjerojatnom interpretacijom turbiditnog postanka rijetkih uložaka pješčenjaka.

### ZAKLJUČAK

Klastični sedimenti transgresivnog senona, pretežno konglomerati i pješčenjaci, imaju svoje izvore u neposrednom kopnenom susjedstvu. Ono je bilo izgrađeno od klastičnih i niskometamornih stijena, kakve se danas nalaze unutar »paleozojskog« kompleksa na Medvednici.

Unutar slijeda naslaga, između »paleozojske« podine i pelagičke krovine (Scaglia) moglo se razlučiti 6 članova, koji su ovdje označeni slovnima od A do F (sl. 2).



Slika 3 — Text-figure 3

Vjerojatni raspored okoliša santona-kampana (prije kampanskih Scaglia naslaga) na južnoj strani Medvednice. Nije u mjerilu

Hypothetical environmental pattern in Santonian-Campanian (preceding Upper Campanian Scaglia) of Southern Mt. Medvednica. Not in scale

#### Legenda — Legend:

A Obalni i vjerojatno aluvijalni okoliš (šljunak i pijesak) — Coastal and possibly alluvial environment (gravel and sand)

B, E Okoliš otvorenog šelfa (pretežno pijesak) — Open-shelf environment (mainly sand)

C, D Grebenski i prigrebenski okoliš — Reef and near-reef environment

F Okoliš dubljeg mora, vjerojatno padine (šejl i rijetki tanki turbiditi) — Deeper marine environment, probably slope (shale and rare thin turbidites)

Taloženje većine najdonjeg dijela slijeda (član A) obavljeno je na obali ili i neposredno uz nju uz snažno djelovanje valova i struja. Čini se vjerojatnim da su zastupljeni i sedimenti jedne aluvijalne lepeze koja je dopirala do obale.

Sedimentacija se nastavlja pješčenjacima (članovi B i E) u okolišu veoma plitkog i uzburkanog mora i blizu obale, koji je predstavljao dio jednog otvorenog šelfa bez zaštitne barijere na njegovom rubu i vjerojatno s blagom općom padinom. Unutar takvog vrlo plitkog šelfa mjestično su nastajali mali grebeni čiju rešetku grade rudisti i hermatipni koralji. Takva mjesta vjerojatno su bila predisponirana lokalnom tektonikom podloge koja je pravila manja uzvišenja. Trajanje grebena je kratko i bilo je utjecano od donosa terigenih čestica.

Nakon toga došlo je do produbljavanja ispod valne baze (član F), ali još uvijek uz vrlo brzi donos terigenih čestica taloži se šejl (bez kalcij-karbonata) i vjerojatni tanki pješčenjački turbiditi, te okoliš predstavlja padinu dubljeg i otvorenog mora.

Donos terigenih čestica gotovo potpuno prestaje početkom taloženja pelagičkih vapnenaca tipa Scaglia.

Vertikalni slijed istraženih jedinica zajedno s okolišnim karakteristikama za svaku pojedinu od njih upućuje na vjerojatni bočni raspored facijesa, koji je shematski prikazan na sl. 3.

### Zahvale

Dr Jožica Zupanič i dr Ljubo Babić pomagali su mi u toku rada pa im se na tome, kao i na korisnim savjetima najljepše zahvaljujem.

Rad je obavljen u okviru teme koju je financirao Savjet za naučni rad SR Hrvatske, pa mu se ovom prilikom također zahvaljujem.

### LITERATURA

- Blatt, H. Middleton, G. Murray, R. (1972): Origin of sedimentary rocks. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, XIX + 634.
- Dickinson, W. R. (1970): Interpreting detrital modes of graywacke and arcose. *J. Sediment. Petrology*, 40, 695—707.
- Đurđanović, Ž. (1973): O paleozoiku i trijasu Medvednice (Zagrebačke gore) i područja Dvora na Uni na temelju konodonta. *Geol. vjesnik*, 25, 29—49, Zagreb.
- Folk, R. L. (1954): The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *J. Geol.* 62, 344—359.
- Folk, R. L. & Ward, W. C. (1957): Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrology*, 27, 3—26.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1908): Geologijska prijedlogna karta kraljevine Hrvatske—Slavonije. Tumač geologijskoj karti Zagreb. (Zona 22, col. XIV), 75 str. Kralj. Zemalj. vlada, Zagreb.
- Gušić, I. (1971): O postojanju donje krede na Medvednici. *Geol. vjesnik*, 24, 197—200, Zagreb.
- Heckel, P. H. (1972): Recognition of ancient shallow marine environments, u »Recognition of Ancient Sedimentary Environments« (J. K. Rigby and W. K. Hamblin, izd.), 226—286. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.* 16, Tulsa.
- Herak, M. & Nedčla-Devidé, D. (1964): Geologija Zagrebačke regije, Arhiv Geogr. inst. Zagreb (neobjavljeno).

- Neděla-Devide, D. (1957): Značenje globotruncanida za rješavanje nekih stratigrafskih problema u Jugoslaviji. *2 kongres geol. FNRJ*, Sarajevo, 134—154, Sarajevo.
- Pettijohn, F. J.; Potter, P. E. & Siever, R. (1972): Sand and sandstone Springer-Verlag, XVI + 618, Berlin.
- Pettijohn, F. J. (1975): Sedimentary Rocks. 3. izd., Harper & Row, XII + 628, New York.
- Russell, R. D. Taylor, R. E. (1937): Roundness and shape of Mississippi River sands. *J. Geol.*, 45, 225—267.
- Seilacher, A. (1967): Bathymetry of trace fossils. *Marine Geol.* 5, 413—428.

### Sedimentation of transgressive Senonian in Southern Mt. Medvednica

M. CRNJAKOVIC

A belt of transgressive clastic deposits on the Southern Mt. Medvednica has been known for a long time (Gorjanović-Kramberger 1908, Neděla-Devide 1957, Herak & Neděla-Devide 1964) stretching from Medvedgrad to Mikulić potok (fig. 1). They are of Santonian-Campanian age and vertically situated between underlying »Palaeozoic« rocks and overlying Upper Campanian pelagic Scaglia beds.

Sedimentary sequence consists of six members (fig. 2) at the locality where the best observation opportunities are available (loc. MK—1, fig. 1).

Petrography of particles in conglomerates and sandstones (particle composition in Tab. 1), and the character of heavy mineral grains and association (highly dominated by zircon, tourmaline and rutile) indicate clastic and low-grade metamorphic rocks exposed in the source area. These we can observe today in »Paleozoic« complex of Mt. Medvednica.

Member A consists of alternation of conglomerate and sandstone beds and lenses. Conglomerate may be well sorted or poorly sorted and may channelize underlying sandstone. Pebbly sandstone beds also occur. Sandstone may be flat or cross laminated (thick sets) and, in the upper part of Member A, it contains ichnofossils of Scolithos-facies. Deposits of Member A were mainly laid down under the influence of strong agitation near the coastal line. Pebbly sandstones and erosional channels possibly indicate the presence of aluvial fan deposits in Member A.

Members B and E consist of flat and cross laminated sandstone (thick sets). Sometimes pebble lenses occur. Sandstone contains ichnofossils of Scolithos-facies, and molds of mollusks and echinoids.

The environment is interpreted as a very shallow and very agitated open shelf, close to the land. High-energy conditions did not permit a deposition of fine-grained particles, and »matrix« in sandstone (quoted in Tab. 1) is proved to represent primary particles of shales and fine grained low-grade metamorphic rocks.

Member C is represented by reef limestone. Reef framework consists of hermatypic corals and rudistids but other encrusting organisms are also frequent: corallinaceans, aglutinating foraminifers, bryozoans. Framework »filling« is variously textured and consists of echinoderm fragments, free benthic foraminifers, molluscan fragments, rhodolites, fragments of rudistids, corals and corallinaceans, several whole rudistids, biolithe fragments, then micrite and terrigenous admixture. Sparry calcite cement is rare.

Member D is a bioclastic limestone compositionally similar to the framework »filling«, in Member C, but contains more terrigenous particles and is generally better sorted. It is a product of a near-reef environment. The intercalation of a lens of sandstone to conglomeratic sandstone between Members C and D probably

represents a short regressive phase. C and D Members prove small dimensions of reefs lenses up to 30 m) end its very short life (see thicknesses in fig. 2). Their vertical situation between open-shelf sandstone deposits suggests their intra-shelf setting.

Member F consists of shale (chem. analysis in Tab. 3) showing change of environmental conditions but a continuing high rate of terrigenous supply. Rare thin sandstone turbidites suggest a change to a slope environment. This Member is overlain by pelagic Scaglia limestone.

The vertical sequence of member A to E and environmental conditions inferred from the study of each one of them suggest a possible lateral environmental pattern proposed in fig. 3.

TABLA I — PLATE I

Sl. 1, 2 Stijenski arenit; zrna u kontaktu (čestice pelitskih stijena rijetke). 1. 1N,  
2. +N, 140X.

Fig. 1, 2 Lithic arenite; grains in contact (pelitic rock fragments are scarce). 1. 1N,  
2. +N, 140X.

Sl. 3 Stijenski arenit; dobro sortirane čestice pelitskih i niskometamorfnihi stijena,  
te kvarca. Vezivo je vrlo oskudno — čestice u kontaktu. 1 N, 35 X.

Fig. 3 Lithic arenite; well-sorted pelitic rock fragments, low-grade metamorphic  
rocks, and quartz grains. Matrix is scarce, grains in contact. 1N, 35 X.



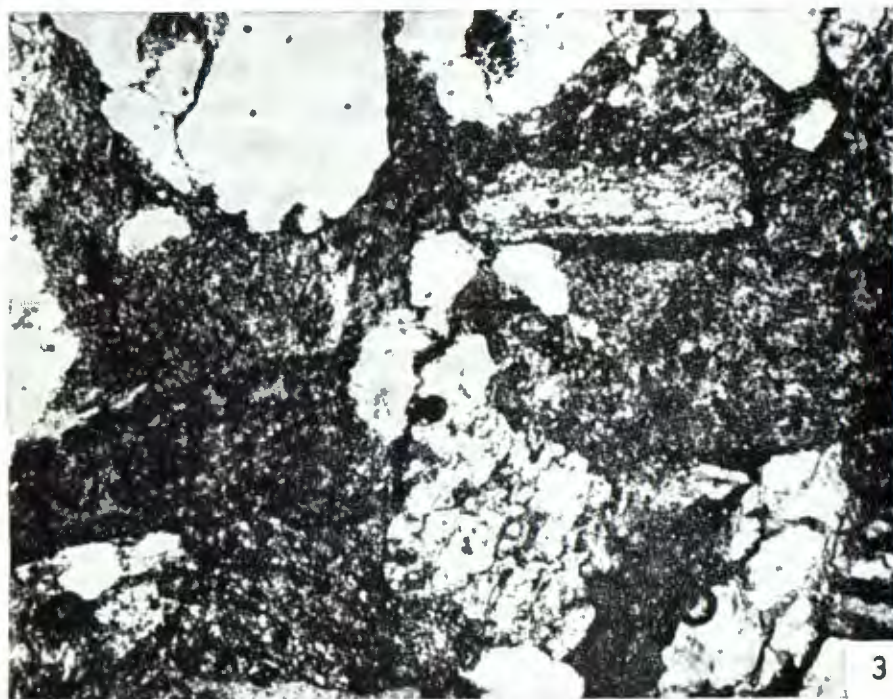
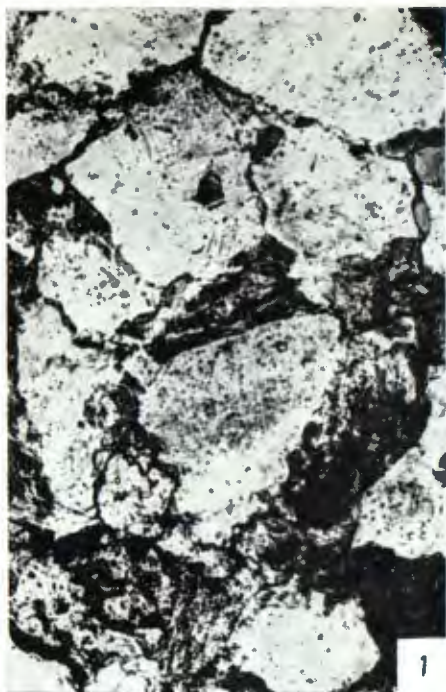


TABLA II — PLATE II

- Sl. 1 Stijenska grauvaka; zrna raspršena u obilnoj »osnovi«. +N, 35 X.  
Fig. 1 Lithic graywacke; grains in abundant phyllosilicate matrix. +N, 35 X.
- Sl. 2 Stijenska grauvaka; prevladavaju djelomično zaobljena zrna pelitskih i niskometamorfnih stijena (osnovu čine deformirane čestice). +N, 35 X.  
Fig. 2 Lithic graywacke; partly rounded grains of pelitic and low-grade metamorphic rocks predominate (matrix formed by squashed softer pelitic rock fragments). +N, 35 X.
- Sl. 3 Crvoliki klorit u detritičnom zrnu kvarca. 1N, 360 X.  
Fig. 3 Vermicular chlorite in detrital quartz grain. 1N, 360 X.

