

*Gosp. prof. Antun Palisari
na inozemstvu
antonida*

Geol. vjesnik	28	243—268	4 sl. u tekstu, 3 tabele, 1 tabla	Zagreb, 1975
---------------	----	---------	--------------------------------------	--------------

552.51(161.18.46)

ROZALIJA MUTIC

PIJESAK RIJEKE DRAVE U NASLAGAMA BUŠOTINE B-12 NEDALEKO PODRAVSKE SLATINE

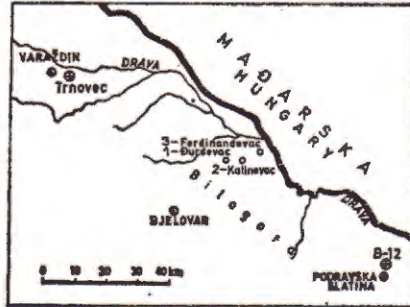
Primjenom sedimentoloških analiza u profilu bušotine B-12 nedaleko Podravske Slatine utvrđena je ciklička sedimentacija predstavljena fluvijatilnim facijesom. Les i lesolike naslage gornjo-pleistocenske su starosti. Mineralna asocijacija obaju facijesa upućuje na zajedničko porijeklo iz kristaliničnih stijena alpskog područja.

UVOD

Prilikom višegodišnjih regionalnih hidrogeoloških istraživanja u porječju donje Drave i dijela Dunava – što ih izvode geolozi Instituta za geološka istraživanja u Zagrebu: Z. Babić, I. Čakarun i V. Mraz – vršena su plitka i duboka strukturalna istražna bušenja. Kako je cilj tih istraživanja određivanje prostornog kvartarnog vodonosnog kompleksa, izvršen je u tu svrhu cijeli niz terenskih opažanja, razna mjerenja i brojne laboratorijske analize (granulometrija, kemijske analize vode i dr.).

Međutim u okviru tih istraživanja ni u jednom profilu brojnih bušotina nije izvršena analiza mineralnog sastava kvartarnih naslaga. Da bi se dobila cjelovitija predodžba kvartarnog vodonosnog kompleksa u profilu barem jedne bušotine u porječju donje Drave, pristupilo se kvalitativnom i kvantitativnom ispitivanju mineralnog sastava i određivanju sadržaja kalcijevog karbonata uzoraka (granulometrijske su analize izvršene u okviru hidrogeoloških istraživanja) uz osvrt na porijeklo materijala, transport i uvjete sedimentacije. Za analizu je izabrana bušotina B-12, dubine do 205 m, a locirana je kod sela Medinci nedaleko Podravske Slatine. U svrhu usporedbe rezultata analiza iz ove bušotine analizirana su i tri uzorka kvartarnih naslaga iz bušotine šljunčare »Trnovac« nedaleko Varaždina, dubine do 30 m. Također su ovom prilikom

obrađena i tri uzorka »podravskih pijesaka«. Lokaliteti ovih pijesaka označeni su na preglednoj karti. Uzorak s oznakom 1-Đurđevac uzet je iz dubine oko 8 m glavnog pjeskokopa koji se nalazi na istočnoj strani mjesta Đurđevac. Drugi uzorak oznake 2-Kalinovac potječe iz dubine oko 90 cm sa kote 132 koja se nalazi uz cestu Đurđevac-Kalinovac. Uzorak oznake 3-Ferdinandovac uzet je iz dubine oko 30 cm iz podnožja kote 129 m koja se nalazi uz cestu Đurđevac-Ferdinandovac.



Sl. 1. Pregledna karta
Text — fig. 1. Location map

Uzorke za sedimentološku obradu iz bušotine B-12 i šljunčare »Trnovec«, kao i rezultate granulometrijskih analiza, ustupili su mi već spomenuti geolozi koji izvode hidrogeološka istraživanja, a uzorke podravskih pijesaka dobila sam posredovanjem prof dr Lj. Barića. Pleistocensku faunu gastropoda iz lesa i lesolikih naslaga iz bušotine odredio je A. Šimunić, geolog Instituta za geološka istraživanja u Zagrebu. Determinaciju pouglijenjenog drveta iz bušotine izvršio je V. Šćukanec, asistent Zavoda za anatomiju bilja Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Svima se i ovom prilikom najljepše zahvaljujem.

*
* * *

Među brojnim podacima o mineralnom sastavu pijeska u Hrvatskoj, koje je objavio F. Kučan (1914), nalaze se i rezultati ispitivanja uzoraka pijesaka iz bušotine arteškog bunara na mjestu bolnice u Osijeku. Analizirani su uzorci iz dubine od 50, 75, 85 i 118,8 metara. Autor navodi da su ti uzorci pijesaka svojim vanjskim izgledom međusobno vrlo slični i da se u mineralnom sastavu gotovo podudaraju. Kučan je mikroskopski odredio ove mineralne vrste: kremen, muskovit, flogopit, glinenac, vapnenac, klorit, epidot, granat, coisit, klinocisit, disten, apatit, amfi-

bol, titanit, piroksen, turmalin, rutil i cirkon. U uzorku iz dubine od 75 m napominje još anatas, kordijerit i milovku, dok je staurolit primijetio u uzorku na dubini od 85 metara. Na najdubljem nivou od 118,8 m osim ostalih minerala spominje također silimanit, hematit i saženit. Kučan je također ispitaio mineralni sastav uzoraka pijesaka sa više lokaliteta na području Podravine (Selnice, Pijesci, Molve, Ferdinandovac, Đurđevac, Bilogora). Kako se mineralni sastav ovih pijesaka podudara sa mineralnim sastavom uzoraka pijesaka iz bušotine, to Kučan zaključuje da jedni i drugi pijesci potječu iz alpskih kristaliničnih škriljaca. »Pijesak su taj nanijele vode ... Njega je donijela Drava sa svojim pritocima.«

M. Malez (1973) na osnovi kvartarno-geoloških istraživanja na području šire okolice Podravske Slatine i Orahovice u Slavoniji donosi nove poglede na kvartarne naslage u Dravskoj potolini. Uz izdvajanje i stratigrafsko članjenje kvartarnih naslaga na spomenutom području autor po prvi put također izdvaja gornjopleistocenske terase rijeke Drave. U istom tom radu izneseni su i rezultati analiza mineralnog sastava uzoraka sa nekih lokaliteta spomenutog područja. Mineralni sastav uzoraka kvartarnih pijesaka iz okolice Podravske Slatine izvršila je A. B e d e n k o, a mineralni sastav uzoraka iz područja Orahovice odredila je B. Š č a v n i č a r.

Na osnovi rezultata analiza one su konstatirale da u uzorcima staropleistocenskih pijesaka u teškoj frakciji prevladava epidot, zatim dolaze amfiboli i granat za razliku od mineralnog sastava gornjopleistocenskih pijesaka dravske terase t_1 u kojima je granat u predominaciji, a amfiboli i epidot su podređeni u sastavu. U sastavu jednih i drugih pijesaka, bilo redovito ili akcesorno, zastupane su još ove mineralne vrste: staurolit, disten, cirkon, turmalin, rutil, titanit, kloritoid, coisit, klorit i biotit. Laku mineralnu frakciju uzoraka izgrađuje kvarc, feldspati, muskovit i čestice stijena (čert i škriljci). Mineralni sastav analiziranih uzoraka pijesaka zaključuju autori odgovara sastavu prosječnog dravskog nanosa, koji svoje porijeklo vodi iz područja Alpa. Ekstremno visoke procentualne količine nekih mineralnih vrsta u pojedinim uzorcima pripisuju lokalnim utjecajima.

Prateći sedimentološke radove B. Molnara iz Szegeda, i to radove o bušotinama na području Panonskog bazena u Mađarskoj, u nadi da je i u porječju Drave na njihovom terenu također dosta učinjeno, obratila sam se pismeno kolegi Molnaru s problemima na koje sam u ovome radu naišla. Uz kratak prikaz situacije u riječnim naslagama u profilu bušotine B-12 spomenula sam i faunu nađenu u naslagama na dubinskom intervalu od 186 do 189 metara. Paleontolog E. Krolop pregledao je faunističku zajednicu iz tih naslaga, a njegovo mišljenje o toj zajednici bit će izneseno u slijedećem poglavlju.

Kolegama B. Molnaru i E. Krolopu iz Szegeda također najljepše zahvaljujem na susretljivosti i korisnim sugestijama.

LITOSTRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE

Profil bušotine B-12, koji doseže u dubinu do 205 m, u cijelosti je predstavljen terigenim klastičnim razvojem naslaga. Najdublji interval jezgre bušotine, tj. 201 do 205 m, nije ostao sačuvan, ali iz hidrogeološkog profila je vidljivo da je taj dio bušotine izgrađen od sitnozrnatog do krupnozrnatog pijeska sive boje (Ž. Babić, I. Čakarun & V. Mraz, 1973).

Prvi uzorak, koji je uzet u obradu, također je sivi srednjozrnati pijesak s tankim djelićima, poput kore, crne ugljevite gline širine tek 4-5 mm. Malo zatim u bušotini prama gore počinju se javljati finozrnate naslage. Interval od 196 do 189 m predstavlja zelenkastosivi tinjčasti silt. U tom je sedimentu nađen *Planorbarius* cf. *corneus* (L.) juv., operkulumi i neodređive krhotinice pužića. U dijelu jezgre bušotine između 189 do 186 m jasno se izdvaja donji dio uzorka od gornjega, kako bojom tako i zastupljenošću faunističkih ostataka. Donji je dio uzorka smeđastosivi malo tinjčast glinoviti silt, koji sadrži dosta krhotinica vapnenačkih ljušturica, zatim svijetlosivih malo tinjčastih vapnenačkih ulomaka i kongrecija veličine do 5 mm, smeđastocrvenih i tamnocrvenih malo tinjčastih karbonatičnih fragmenata i nešto malo siltnog kvarca. Na prelomu jednog dijela uzorka dobro se vidi u uspravnom položaju crni biljni relik. Iz uzorka je izdvojena i određena ova pleistocenska faunistička zajednica:

- Cochlicopa lubrica* (Müll.)
 - Lymnaea peregra* f. *peregra* (Müll.)
 - Lymnaea truncatula* (Müll.)
 - Succinea oblonga* (Drap.)
 - Succinea oblonga elongata* (Sndb.)
 - Carychium tridentatum* (RS.)
 - Armiger* cf. *crista* (L.)
 - Gyraulus acronicus* (Fér.)
 - Pisidium obtusale lapponicum* (Cl.)
 - Pisidium amnicum* (Müll.)
- neodređivi operkulumi i krhotine puževa.

S obzirom na paleoklimatološke prilike, karakterizirane ovakvom asocijacijom vrsta miješane kopnene i barske faune, uzorak predstavlja sediment nastao taloženjem eolskog prašinatog materijala u bari. E. Krolow, pregledavši faunu, izjavio je da se u toj asocijaciji vrsta ne nalazi vrsta koja bi upućivala na donji pleistocen, ali zato vrsta *Carychium tridentatum* (RS.) isključuje mlađe razdoblje od Würma I. Iza toga ova vrsta nestaje i ponovno se pojavljuju tek u holocenu.

Drugi, mlađi dio uzorka, je zelenkastosivi pjeskoviti silt, malo tinjčast. Prilično je čvrst. I u ovome je uzorku izvršeno izdvajanje faunističkih ostataka. Osim usitnjenog kršja izdvojeni su ovi primjerci faune:

Valvata cristata (Müll.)

Bithynia sp.

Vertigo sp.

operkulumi puževa.

U ovome, mlađem dijelu uzorka, našlo se znatno više vapnenačkih finotinčastih konkrecija veličine do 8 mm, zatim inkrustiranih cjevčica, fragmenata crvenkastog karbonatičnog sedimenta, a primijećeni su i biljni sićušni ostaci i trunje. U dva se crvenkasta fragmenta vide uložene krhotinice vapnenačkih ljušturica. U uzorku ima također i siltnog kvarca.

Uzorak s dubinskog horizonta 179 do 176 je tvrdi zelenkastosivi glinoviti silt u kome je također primijećena jedna vapnenačka ljušturica. No nakon razumljivanja našlo se još nekoliko krhotinica, ali i cijela forma pužića *Vertigo pygmaea* (Drap.) i oštećeni primjerak pužića *Gyraulus* sp. Uzorak je nekarbonatan; sadrži jedan crvenkasti ulomak karbonatičnog sedimenta, vretenasta oblika dužine 3-4 cm, koji reagira sa solnom kiselinom. Tih se crvenkastih ulomaka pojavilo više nakon razumljivanja uzorka, sitniji su, dužine do 5 mm, nepravilni su, a neki plosnati. Tu se također našlo i svijetlosivih tinjčastih karbonatičnih fragmenata od kojih neki podsjećaju na lesne konkrecije.

Osrednje vezan uzorak sedimenta s dubinskog nivoa od 169-168 m analiziran je u mikroskopskom preparatu. Detritus je uzorka slabo sortirani a u sastavu je kvarc, mnoštvo tinjaca naročito muskovita, zatim pojedinačna karbonatna zrnca, a primjećuju se i akcesorni teški minerali. Listići su tinjaca bez ikakve orijentacije, ponegdje predstavljaju veće koncentracije, a drugdje se opet u preparatu jedva vidi koji listić. Izdužen i po rubovima kao izjedeni ulomak smeđeg slabo providnog pelita uloženi su s ovim sastojcima u finu također detritičnu masu izgrađenu od karbonatnih zrna, gline i vrlo usitnjenih listićavih minerala. Uzorak je tinjčasti sitnozrnati siltit.

Interval profila bušotine od dubinskog horizonta 168 m do horizonta 100 m uglavnom je izgrađen od riječnog nanosa u čijem su sastavu zastupani srednjozrnati i finozrnati pijesci i silt. Gline je vrlo malo u sastavu ovih naslaga. Iz ovog intervala naslaga posebno se izdvaja uzorak s horizonta 129,0-129,5 m. To je uzorak pjeskovitog silta u kome su u pjeskovitom ostatku nakon ispiranja čestica silta i gline zaostale krhotinice vapnenačkih ljušturica, pa i jedan fragment kućice nekog pužića.

Gotovo neposredno nakon proslojka crne ugljevite gline na horizontu 100 m, tj. u intervalu profila bušotine od 98 m pa sve do 8 m idući prema površini, u približno istim intervalima četiri se puta u riječnom nanosu pojavljuje grublji klastični materijal, i to kao šljunkovita primjesa u pijesku, pa i sam šljunak. Ove su pojave iznenadne, nagle i oštre. Nakon svake te šljunkovite pojave slijede naslage pijeska i silta. Neke od tih

naslaga sadrže i nešto malo primjese gline. Ovakve ritmičke pulzacije u dinamici razvoja naslaga u ovom dijelu profila bušotine značajne su i o njima će biti govora kasnije.

Promjer valutica u šljunkovitom materijalu kreće se od 1–3, rjeđe do 4 cm. Boje su bjeličaste, svijetlosive, sive, smeđe, crne, ljubičasto tamnocrvene; ponajčešće su zaobljene, zatim izdužene, plosnate, katkada su kršene. Među valuticama su zastupani pješčenjaci, čestice metamorfnih stijena, naročito kvarcit, a nađe se i ulomak rastrošenog efuziva. Karbonatne su stijene znatno slabije zastupane u sastavu šljunka. U ovoj krupnoj frakciji sastava uzoraka ima i nepravilnih i angularnih zrna kvarca.

Na završetku naslagâ dravskog nanosa (8,70–9,00 m), odnosno nakon sivog vrlo tinjčastog pjeskovitog silta (6,00–6,50 m), ponovno se na nivou od 5,20–5,70 m javlja naslaga lesa. To je žučkastosivi pjeskoviti les, malo porozan, a sadrži mnoštvo krhotinica vapnenačkih ljušturica. Vjerojatno zbog pjeskovite primjese fosilni je sadržaj pretežno skršen, te se samo mali broj primjeraka rodova *Pupilla* i *Valvata* mogao izdvojiti. Nakon naslage lesa i crvenosmeđe i šarene siltne gline slijedi humusni pokrivač.

Imajući u vidu određene klimatske uvjete u erozionoj fazi izvornog područja materijala, sredstva kojima je terigeni materijal nošen, zatim sastav, fosilni sadržaj i ostale osobitosti naslaga, tada se na osnovi svega toga može zaključiti, da su u profilu bušotine zastupana dva različita razvoja naslagâ ili dva različita facijesa, i to riječni i eolski.

Riječni je razvoj predstavljen naslagama u čijem su sastavu zastupani: šljunak, pijesak, silt i glina. Od navedenih komponenata sastava jedino pijesak u cijelosti sudjeluje u izgradnji pojedinih naslaga. Ostale tri sudjeluju u sastavu ili kao glavne komponente nekih naslaga sa primjesom ostalih (pjeskoviti šljunak, pjeskoviti silt, glinoviti silt) ili su u sastavu u ulozi sporedne komponente ili primjese (šljunkoviti pijesak, silti pijesak, -Tabela II).

Prateći raspodjelu veličinâ klastičnih čestica u riječnom razvoju naslaga, zatim pojavu ulomaka erodiranih starijih naslaga, stratifikaciju, boju uzoraka naslaga i autigene tvorevine kao i druge pojedinosti o kojima će biti govora kasnije, – došlo se do zaključka, da se u profilu bušotine mogu izdvojiti dvije sredine taloženja riječnog nanosa ili dva kompleksa naslaga (stariji i mlađi dravski nanos) ili donji i gornji dio profila. Donja sredina ili donji kompleks naslaga obuhvaća dubinski interval od 199 do 100 m, a gornja od 100 do 8 m idući prema površini, odnosno skoro do pojave pjeskovitog lesa.

Donji je kompleks naslaga predstavljen pretežno sitnozrnatim naslagama: sitnozrnatim pjeskom, siltom i glinom. U naslagama gornjeg kompleksa, ili gornjoj sredini taloženja, prevladava krupniji klastični materijal: šljunak i krupnozrnatij pijesak s većim ili manjim količinama primjese sitnozrnatog pijeska, silta i gline.

Premda su riječni sedimenti nevezani ipak se na prelomu pojedinih malo bolje sačuvanih i zbijenih dijelova nekih uzoraka primjećuje stratifikacija izražena finim lamelama sive, smeđe i zelenkastosmeđe boje. Katkada one označavaju promjenu u donosu materijala druge veličine zrna, a katkada označuju samo promjenu boje u nekom sitnozrnatom sedimentu. Ove pojave stratifikacije znatno su češće u donjem sitnozrnatijem dijelu profila ili donjem kompleksu naslaga nego u gornjem dijelu profila riječnog nanosa, tj. od 100 do 8 m. Također su uzorci donjeg dijela profila obilniji na tinjčastim mineralima naročito muskovitu nego uzorci gornjeg dijela. Tinjci se općenito koncentriraju i talože s finijim materijalima, sitnozrnatim pijeskom i siltom.

U gornjem dijelu profila ili asocijaciji krupnozrnatijih naslaga u uzorcima se susreću ostaci erodiranih starijih naslaga. To su ulomci slabokonsolidiranog silta, ili ulomci gline, crne ugljevite gline, ili ulomci gline koji su na svježem prelomu modrosive boje. Te su pojave ulomaka rjeđe u donjem dijelu profila.

I boja je uzoraka, kako je to ranije spomenuto, jedna od osobina po kojoj se odvajaju ove dvije taložne sredine. Siva je boja oznaka gotovo svih uzoraka gornjeg krupnozrnatijeg kompleksa naslaga. Naprotiv siva boja sitnozrnatijeg donjeg dijela profila, tj. od 199 – 100 m, uvijek sadrži više-manje primjese smeđe ili zelene boje. Ima i rdastosmeđih uzoraka koji k tome sadrže i limonitične konkrecije u formi sitnih kuglica, dok su one najsitnije od 15–20 mikrona primijećene u mikroskopskim preparatima teške mineralne frakcije uzoraka. Ovih autigenih tvorevina nema u naslagama gornjeg krupnozrnatijeg dijela profila, tj. iznad 100 m. Primarna modrosiva sivkastomodra i tamnomodra boja nekih uzoraka iz ovih dubljih nivoa često je prekrivena bojama trošenja: zelenkastosmeđom, smeđom, katkada rdastosmeđom bojom. To se dobro primjećuje na svježem prelomu nekih sačuvanih slabokonsolidiranih dijelova tih uzoraka. Ovi su produkti trošenja katkada izraženi u vidu zelenkastosmeđeg ili smeđeg ruba ili kolobara.

Eolski je razvoj naslaga u profilu bušotine predstavljen glinovitim siltom i pjeskovito-glinovitim siltom. Najtipičniji je predstavnik ovoga razvoja uzorak s dubinskog intervala od 186–189 metara. Prema paleontološkoj determinaciji i asocijaciji faunističke zajednice razvoj je ovog barskog lesa vezan za taloženje eolske prašine u vrijeme prvog virmskog stadijala. Karakteristike lesnih naslaga pokazuje i uzorak 176–179 m. Pjeskoviti les s brojnim faunističkim ostacima javlja se još jednom u profilu bušotine, ali ovaj puta iznad dravskog nanosa gornjeg dijela profila na nivou od 5,2–5,7 m.

Ranije je već bilo govora da uzorci lesa iz prvog virmskog stadijala sadrže u svom sastavu svjetlosive malo tinjačaste vapnenačke ulomke i konkrecije kao i ulomke smeđastocrvenog i tamnocrvenog karbonatnog sedimenta. Ti su ulomci zacijelo relikti starijih naslaga od kojih smeđastocrveni i tamnocrveni vjerojatno potječu od naslaga koje su

nekoć bile izložene toploj klimi i jakoj insolaciji. Već je 1922. godine D. Gorjanović svratio pažnju na ulomke crvene gline (terra rossa), koje je našao u bazi lesa u profilu kod Slankamena i Kamenice u Srijemu. On ih smatra očitim produktom trošenja na suhu. Smeđastocrvenih fragmenata karbonatičnog tinjčastog silta našlo se i u uzorku iz dubinskog nivoa od 53,0-53,5 m u bušotini B-9 nedaleko Valpova (R. Mutić, 1975).

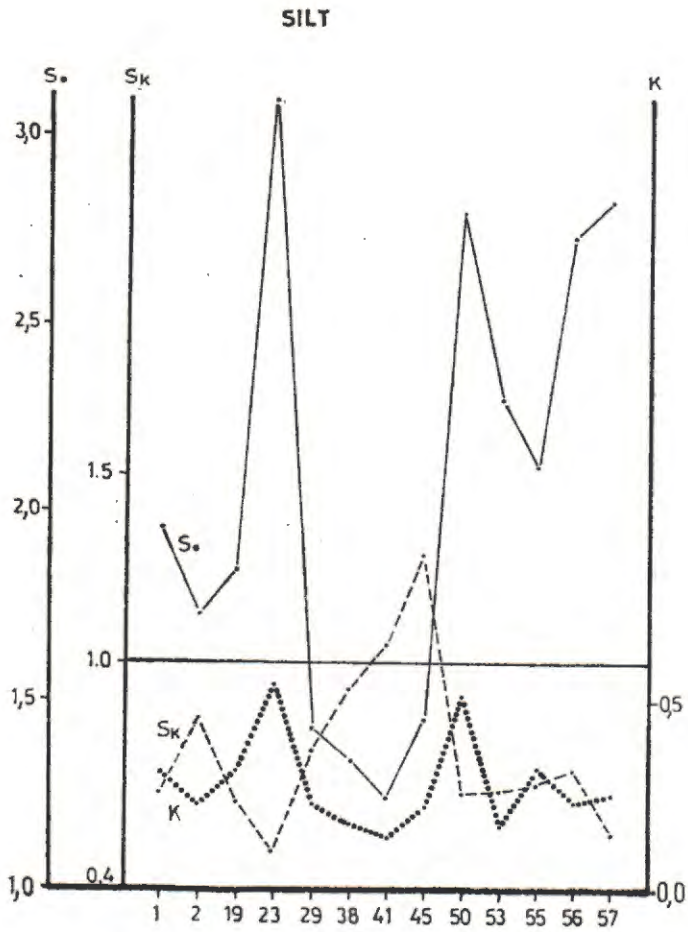
GRANULOMETRIJSKI SASTAV

Za granulometrijsku obradu uzoraka primijenjena je metoda sijanja sitima, i to u seriji sita od 0,06 do 0,03 mm za pješčane i areometrijska metoda za silt-glinovite frakcije. U prvom je slučaju za obradu uzeto po 200 grama uzorka, a za finije frakcije po 50 grama.

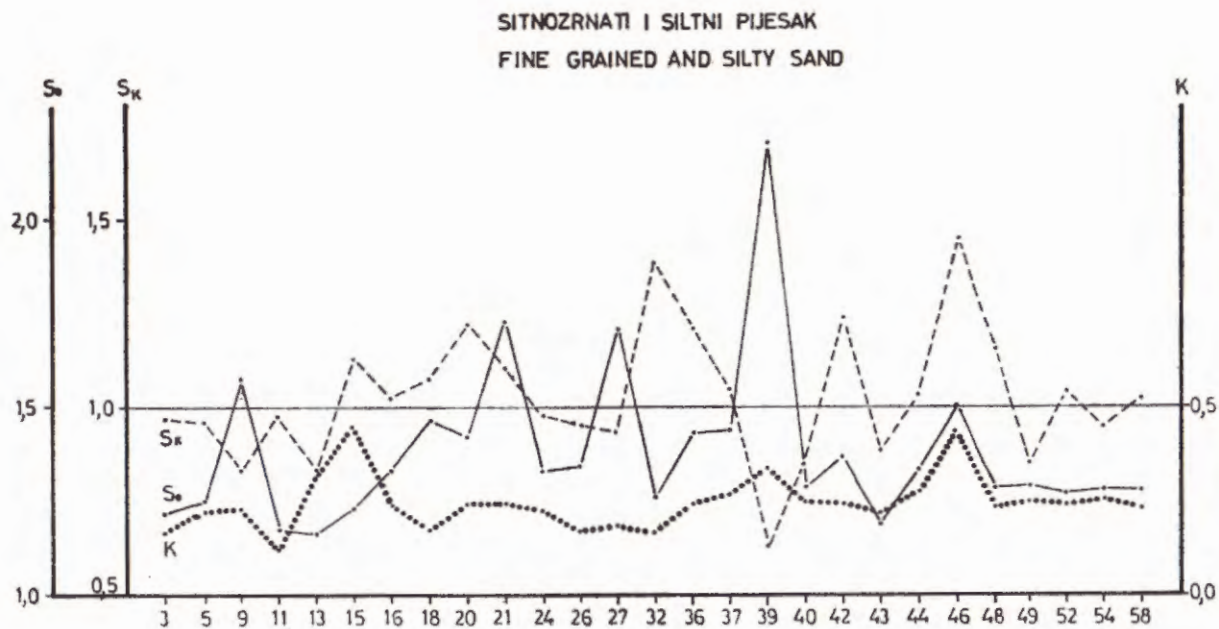
Veličine zrna za svaki pojedini uzorak, i to P_{10} kod 10%, Q_1 kod 25%, M_d kod 50%, Q_3 kod 75% i P_{90} kod 90%, zatim granulometrijski koeficijenti: S_0 , S_k i K i raspodjela veličina zrna po frakcijama prikazani su na Tabeli II. Koeficijenti S_0 , S_k i K također su i grafički prikazani na sl. 2-4.

Vrijednosti veličine medijana u uzoroima riječnih sedimenata donjeg kompleksa naslaga ili donjeg dijela profila kreću se od 0,057 do 0,42 mm. Jedinu iznimku predstavlja uzorak 40 koji ima znatno višu vrijednost, tj. 1,28 mm. Velike su varijacije tih vrijednosti kod uzoraka iz gornjeg dijela profila, tj. iznad 100 m, a kreću se od 0,029 pa sve do 1,89 mm uz jedinu iznimku gdje ta vrijednost kod uzorka 7 iznosi 7,40 mm. I ovi izneseni podaci o vrijednostima veličina medijana čestica ukazuju na finoću čestica koje uglavnom izgrađuju sedimente donjeg dijela profila bušotine. Raznolikošću granulometrijskog sastava uzorka gornjeg dijela profila u kojemu je zastupan šljunak, pijesak, silt s vrlo malo gline, uvjetovan je i velik raspon vrijednosti veličine medijana u tom intervalu profila. Od riječnih sedimenata, općenito uzevši u obzir cijeli profil bušotine, najbolje sortiranje pokazuju uzorci sitnozrnatog i srednjezrnatog pijeska. No kako su ove frakcije veličina čestica ponajviše zastupane u donjem dijelu profila, to se prema tome riječni sedimenti ovog intervala odlikuju dobrom sortiranošću. Iznimku čini uzorak 39 koji pokazuje srednju sortiranost i uzorak 50 koji je nesortiran sediment. (Sl. 3 i 4B). Dobru sortiranost pokazuju i uzorci sitnozrnatog i srednjezrnatog pijeska gornjeg dijela profila, dok su uzorci silta, krupnozrnatog pijeska i šljunkovitog pijeska nesortirani sedimenti.

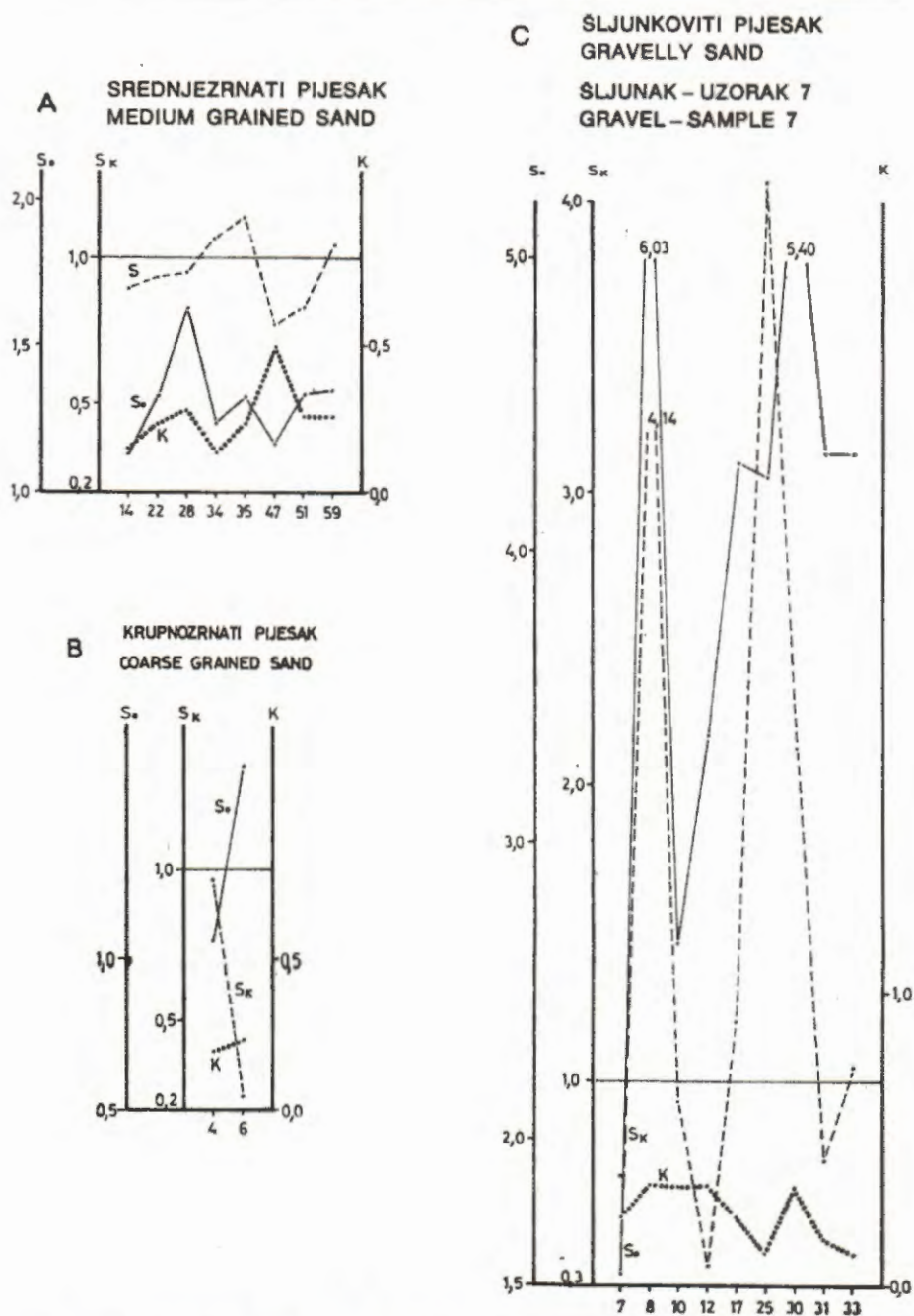
Uzorci eolskog porijekla zastupani u razvoju donjeg dijela profila bušotine odlikuju se najmanjim vrijednostima veličine medijana. To su uzorci 53, 56 i 57 donekle i uzorak 55 (Tabela II). Te su veličine, općenito uzevši i svojstvene uzorcima eolskog porijekla. Inače ti uzorci, zbog taloženja eolskog materijala u vodenim plućinama ili bari i miješanja donesenog materijala s onim u samoj sredini, - a što se i odra-



Sl. 2. Koeficijenti S_o , S_k i K uzoraka silta
 Text — fig. 2. Coefficients S_o , S_k and K of samples of silt



Sl. 3. Koeficijenti S_0 , S_k i K uzoraka sitnozrnatog i siltnog pijeska
Text — fig. 3. Coefficients S_0 , S_k and K of samples of fine and silty sand



Sl. 4. Koeficijenti S_0 , S_k i K uzoraka: A) srednjezrnatog pijeska, B) krupnozrnatog pijeska i C) šljunkovitog pijeska i šljunka
Text — fig. 4. Coefficients S_0 , S_k and K of samples: A) of medium grained sand, B) of coarse grained sand and C) of gravelly sand and gravel

zilo u većem učešću gline u njihovom sastavu, – spadaju u kategoriju nesortiranih sedimenata. Ipak se uzorak 55 koeficijentom sortiranja odvađa od ostala 3 uzorka; nalazi se na granici između srednje i loše sortiranih sedimenata.

SADRŽAJ CaCO₃

Na svim je analiziranim uzorcima profila bušotine reagiranjem s razrijeđenom solnom kiselinom izvršena kvalitativna odredba sadržaja kalcijevog karbonata. Tom se prilikom pokazalo da od uzoraka zastupanih u profilu jedni reagiraju jače, drugi slabije, neki vrlo slabo. Ima uzoraka koji uopće nisu reagirali. Tek nakon ove informativne odredbe izvršena su kvantitativna određivanja % CaCO₃ na 27 uzoraka. Rezultati jednog i drugog određivanja prikazani su na grafičkom dijagramu (Tabla I). U uzorcima iz gornjeg dijela profila (do 100 m dubine) procentualna se količina CaCO₃ kreće od 5,00 do 6,67%, iznimno je na dubini od 21,0–22,0 viša i iznosi 9,85%. Srednja je procentualna vrijednost količine CaCO₃ iz 9 mjerenja 6,06%.

U donjem dijelu profila izvršeno je 15 mjerenja. Najmanju izmjerljivu količinu CaCO₃ imaju uzorci s dubine od 151,0–151,5 m i uzorak barskog lesa s dubine od 186–189 m, a sadrže 5,00% CaCO₃. Srednja je vrijednost mjerenja u ovom dijelu profila 7,84%.

Uzorci su ponešto i dolomitični, što se i primijetilo prilikom reagiranja s kiselinom. Osim toga u mikroskopskim preparatima teške frakcije susretala su se detritična zrna dolomita, i to posebno u uzorcima iz donjeg dijela profila. Stoga bi obzirom na ukupni karbonat (kalцит i dolomit) ove vrijednosti bile bez sumnje nešto više.

Iz mjerenja i opažanja očito je da je donji dio profila bušotine karbonatičniji od gornjeg, kako je to i vidljivo na Tabli I.

MINERALNI SASTAV

Separacija teške i lake mineralne frakcije uzoraka izvršena je pomoću bromoforma spec. težine 2,89. Procentualna zastupljenost teške frakcije vrlo je visoka i u prosjeku se kreće između 10 i 20%. Iznimno visoke procentualne količine teških minerala do 27% sadrže uzorci šljunkovitog pijeska, pijeska i uzorak šljunka. Količine ispod 10% odnose se na uzorke silta i glinovitog silta. Najmanje količine susreću se u najdubljem dijelu profila, i to u intervalu od 195 do 184 metra unutar kojega je došlo do razvoja naslaga eolskog porijekla. Ti uzorci sadrže 3,70 do 7,23% teške frakcije. Uzorak barskog lesa sadrži 4,00% teške frakcije.

Minerali su određeni u mikroskopskim preparatima pomoću polarizacijskog mikroskopa. Brojenjem 350–400 zrna u teškoj frakciji i 120–150 zrna u lakoj frakciji dobiveni su statistički podaci o učestalosti pojedinih mineralnih vrsta. Kompletan je mineralni sastav uzoraka pri-

kazan tabelarno (Tabela III), dok su na grafičkom dijagramu (Tabla I) predstavljeni prozirni zrnati minerali bez opakih zrna i listićavih minerala klorita i biotita.

Teški minerali

Granati su u visokoj predominaciji u gornjem dijelu profila. Njihove su najveće koncentracije vezane za pojave šljunkovitih nanosa u kojima se količina granata diže i do 65% u odnosu na sveukupni sastav prozirnih zrnatih minerala. Njihove su se visoke vrijednosti najdulje zadržale u intervalu profila od uzorka s dubine od 29,0–29,6 m pa sve do pojave barskog lesa na 5,5–5,7 metru. Učestalost granata u donjem dijelu profila (ispod 100 m) nešto je slabije izražena, pa čak u nekim uzorcima gubi svoju predominaciju. Najmanja količina granata je u uzorku barskog lesa, a iznosi 22,9%. Od dubinskog horizonta od 16,0–17,0 m pa sve dalje do završetka bušotine u krupnozrnatijim uzorcima uz bezbojni granat u sastavu se primjećuju sve veće koncentracije i svijetloružičastog granata, koji katkada premašuje bezbojni. Tamnoružičasti granat predstavljen je najviše s 5–10 zrna u pojedinim uzorcima. Ima uzoraka u kojima su zastupani vrlo svježi granati, a ima i takovih uzoraka u kojima se nalaze i svježja i trošna zrna, te prevladavaju sad jedni – sad drugi. Zastupana su nepravilna, angularna i subzaobljena zrna, školjkovito i stepeničasto kršena, čista prozirna zrna i zrna s crnom nečistoćom. Granati se ističu visokim reljefom. Izotropni su.

Epidot je u sastavu uzoraka najučestaliji mineral iza granata. Za razliku od granata epidot se češće javlja u sitnozrnatijim materijalima: siltinom pijesku, siltu i glinovitom siltu. Upravo je zbog toga i u gornjem dijelu profila u takovim tipovima sedimenata količinski nadmašio granate. U donjem dijelu profila primjećuju se znatnija osvježenja epidota, i to ne samo obzirom na učestalost nego također i obzirom na pojavu žućkastozelenog epidota. I u tom dijelu profila ovaj obojeni varijetet epidota gotovo paralelno prati bezbojni. Zrna su ponajčešće subsferična. U svježijim asocijacijama nisu rijetke pojave prizmatskih zrna žućkastozelenog epidota, koja paralelno potamnjuju a odlikuju se jasno izraženim pleohroizom od bezbojnog do žućkastozelenog. Interferira u živim bojama. Istaknutog je reljefa.

Amfiboli su uz granat i epidot treći značajni sastojci analiziranih uzoraka. Po učestalosti gotovo se paralelno s epidotom javljaju u uzorcima, pa čak i u naglim promjenama, kako je to vidljivo na dijagramu (Tabla I). U nekoliko uzoraka amfiboli nadmašuju i epidot. Izgleda katkada da su amfiboli skloniji pjeskovitoj sredini negoli epidot. Procenualne se količine amfibola kreću od 10–28%, ali u prosjeku je ta količina između 18 i 24%. Zrna su izdužena smjerom osi c. U sastavu ima i nepravilnih zrna, ali pukotine kalavosti uvijek upućuju na smjer izduženja. Zrna su na krajevima ponajčešće subzaobljena i zaobljena, katka-

da su to samo kalotine zrna. Konkavkonveksna forma nekih zrna amfibola vjerojatno je njihova originalna forma donesena iz matične stijene, a čini se kao da su se tek oslobodili svojih zrnatih susjeda. Modrikastozeleni amfibol sadrži katkada inkluzije cirkona ili apatita. Amfibola s autigenim rastom također ima u sastavu uzoraka. Detritične njihove jezgre redovito su tamnije, tamnozeleno ili smeđasto-zelene, a rast je predstavljen svježom svijetlozelenom bojom. U sastavu je zastupan svijetlozeleni i modrikastozeleni aktinolit, zelena i smeđasto-zelena hornblenda, a glaukofan je predstavljen tek s nekoliko zrna. Amfiboli se odlikuju izrazitim pleohroizmom, naročito tamnije obojeni varijeteti. Potamnjuju koso.

Staurolit. Stalan je sastojak uzoraka. Otkriva ga njegov karakteristični pleohroizam od bezbojne preko žute do zlatnožute ili ružičastožute boje. Nepravilan je, a primijećena su i prizmatska zrna. Prevladavaju vrlo bistra zrna, samo se u ponekim vidi uklopljena crna nečistoća.

Disten je uz staurolit podjednako zastupljen u uzorcima. Bezbojan je. Redovito je prizmatske forme s dobro vidljivim sistemima kalavosti. Zrna su pretežno svježija i bez inkluzija, subzaobljena i zaobljena. Primijećena su i takova zrna koja su oko osi b savijena poput luka. Umjerenog je reljefa, tamni koso, a interferira u sivim, a u modrikastosivim i žućkastomodrim bojama jedino u debljim zrnima.

Apatit je također redoviti sastojak uzoraka. Općenito je dobro zaobljen, okruglast je, jajolik, katkada izdužen. Poneka zrna sadrže uklopljenu crnu nečistoću. Bezbojan je, istaknutog reljefa. Interferira u niskim i modrikastosivim bojama.

Turmalin. Zelenkastosmeđi i žućkastosmeđi turmalin najčešći je u sastavu. Subzaobljen je do zaobljen i skoro redovito sadrži uklopljenu crnu nečistoću u vidu fino dispergirane prašine koja se katkada vidi koncentrirana u centralnom dijelu minerala. Nepravilne vrlo svježe krhotine žućkastosmeđeg turmalina nisu rijetke pojave u sastavu uzoraka. U donjem su dijelu profila u uzorcima primijećena žućkastosmeđa i ružičasta zrna turmalina s autigenim rastom.

Osim *cirkona*, *rutila* i *titanita*, koji su također redoviti sastojci uzoraka, u asocijaciji teške frakcije zastupani su i ovi akcesorni minerali: *augit*, *andaluzit*, *kromit*, *coisit*, *kloritoid* i *brukit*.

U kolonu »ostali minerali« uneseni su *korund* i *anatas*. Vrlo se rijetko susreću, a i tada su zastupani sa po jednim rijetko sa dva zrna. Korund je češći od anatasa. Ovim je mineralima pribrojen i jedan bezbojni mineral fibrozne građe. Zrna su mu izdužena, zaobljena. Potsjeća na silimanit. Zbog nesigurne odredbe u Tabeli III i Tabli I označen je kao »neodređivi«.

Od listićavih minerala, *klorit* je obilniji u sastavu od *biotita*. Među opakim zrnima ima *magnetita*, *leukoksena* i *pirita*.

Laki minerali

Kvarc je glavni sastojak lake frakcije analiziranih uzoraka. Nepravilan je, angularan do subangularan. Rijetko je zaobljen i sferičan. Osim neprozirnog kvarca, koji je znatno češći u sastavu, prisutan je također u ponekim uzorcima vrlo svježi angularni prozirni kvarc. Zastupana su zrna i jednolikog i undulatornog potamnjenja. Često zrna sadrže inkluzije cirkona, amfibola, turmalina i rutila, a katkada se primjećuju i urasli listići klorita, biotita i muskovita.

Feldspati uz kvarc gotovo u cijelosti čine sastav lake mineralne frakcije. Paralelno prate i slijede učestalost kvarca kako u gornjem, tako i u donjem dijelu profila bušotine, odnosno u donjem i gornjem kompleksu naslaga. Kolebanja su količinskih vrijednosti feldspata u gornjem dijelu profila izrazitija, a kreću se između 20 i 45%, a u donjoj između 30 i 40%. Nešto su obilnije zastupani u ovom donjem dijelu profila, te izgleda da i njihove veće koncentracije treba očekivati u finozrnatijim sedimentima. Prevladavaju subzaobljena i zaobljena sub-sferična svježa zrna staklastog izgleda. Često pojedina zrna sadrže inkluzije amfibola i cirkona. Kalavost im nije uvijek izražena niti vidljiva. Feldspati su ponajčešće samci, dok se u prosjeku jedno do dva zrna sraslačke građe nađu gotovo u svakom preparatu. Primjećuju se zrna i sa sekundarnim rastom. Pomoću Beckeove linije utvrđeno je da im je indeks loma, uz vrlo malo iznimaka, niži od indeksa loma kanadskog balzama. To su alkalijski feldspati, pretežno *albit*, zatim *ortoklas*, a ima nešto malo i *mikroklina*. Zastupan je i *oligoklas*.

Muskovit je također obilniji u sastavu uzoraka starijih sedimenata profila. Njegovi su listići pretežno svježi i nepravilni, kršeni, tek je njihova zaobljenost došla do izražaja u lesu i lesolikim naslagama. I na muskovitu se susreću uklpoci amfibola, a katkada se primjećuju u njemu i listići biotita.

I čestice stijena su redoviti sastojci lake frakcije. Zastupane su čestice tinjčastog kvarcita, tinjčastog škrljca, čestice kvarcfeldspatskih stijena, sitnolistićave nakupine, čert i čestice neodredivih pelita.

UZORCI ŠLJUNČARE TRNOVEC

Analizi uzoraka iz šljunčare Trnovec nedaleko Varaždina pristupilo se ponajviše zbog toga da se ustanovi nije li Drava, moguće, s odlaganjem glavnine šljunkovitog materijala odložila i detretičnu karbonatnu komponentu koja je stigla nizvodno do bušotine B-12 u gotovo minimalnim količinama.

Bušotina S-4 šljunčare Trnovec doseže u dubinu do 30 m. Analizirani su uzorci iz dubine od 7-8 m, 18-19, 25-26 metara. Prva su dva uzorka pjeskoviti šljunci, a treći je šljunkoviti pijesak. Veličine valutica kreću se u grancijama od 0,5-3,0 cm, a u najgornjem uzorku i do 8 cm. Uzorci

su raznobojni, pa ima valutica bjeličastih, svijetlosivih, sivih, zelenkastosivih, tamnosivih i crnih, dok su oblikom okruglaste, izdužene, plosnate, katkada su i kršene. U sastavu je zastupan tinjčasti kvarcit, tinjčasti škriljac, okcasti gnajs i rastrošeni efuzivi. Karbonatna je komponenta predstavljena tek s nekoliko vapnenačkih valutica u uzorku sa dubine od 18–19 m. Nešto je više tih valutica primijećeno u uzorku sa dubine od 7–8 metara. Srednji i donji uzorak bušotine je tinjčast.

Djelovanjem s razrijeđenom solnom kiselinom najjače je reagirao prvi uzorak, nešto slabije srednji, a najslabije donji uzorak sa dubinskog horizonta od 25–26 metara. Izvršena su također i kvantitativna mjerenja sadržaja CaCO_3 na 1. i 2. uzorku. Sadrže cca 5% CaCO_3 . Iz rezultata je dakle vidljivo, da su i ovi uzorci slabo karbonatni poput onih uzoraka iz gornjeg dijela profila bušotine B-12. Izvršene su također i granulometrijske analize i analize mineralnog sastava teške i lake frakcije. Rezultati su izneseni u Tabelama II i III.

PODRAVSKI PIJESCI

Obrada uzoraka ovih pijesaka izvršena je radi usporedbe rezultata analiza ovih pijesaka s rezultatima analiza uzoraka iz bušotine B-12 i šljunčare Trnovec, i to naročito s obzirom na njihov mineralni sastav.

Uzorci 1. i 2. su homogeni, žučkastosmeđi i tinjčasti. Treći je uzorak nešto malo krupnijeg zrna, sivkastosmeđe je boje i slabije je tinjčast. Uzorci 2. i 3. nemaju u sastavu karbonata. Uzorak 1. tek slabo i polagano reagira s kiselinom, a to upućuje ne samo na prisutnost kalcita nego i dolomita.

Morfološke analize uzoraka pijesaka izvršene su pod binokularnom lupom u reflektiranom svjetlu. Uzorci su analizirani u granulometrijskim frakcijama od 0,2 do 0,3 mm i od 0,15 do 0,2 mm. Vrijednosti za zaobljenost i sferičnost određene su vizuelnom komparacijom na osnovi Pettijohnove (1957) ljestvice za određivanje sferičnosti i zaobljenosti čestica u klastičnim stijenama. Pod lupom je pregledano cca 150 do 200 zrna od svakoga uzorka, a rezultati su prikazani na Tabeli I.

Iz razmjesta zrna po ljestvici zaobljenosti razabire se da se zrna krupnije frakcije odlikuju boljom zaobljenošću nego zrna sitnije frakcije. I listićavi minerali u toj frakciji pokazuju bolju zaobljenost. Krupnija se zrna odlikuju i višim stupnjem sferičnosti. Njihove zamucene površine kao i otupljeni im bridovi i uglovi posljedice su intenzivnog eolskog prerađivanja riječnog nanosa. Sitnija zrna lakše izmiču međusobnom trenju, pa su im tako ostali bolje sačuvani oštri bridovi i staklast izgled površine njihovih zrna.

Iz rezultata granulometrijskih analiza razabire se da su veličine čestica pijesaka raspoređene u frakcije srednjozrnatog i sitnozrnatog pijeska. Uzorci 1. i 2. imaju u sastavu i vrlo malo siltne primjese, a uzorak 3.

TABELA—TABLE I

frakcija fraction	% zrna listići grains mica	% Indeks zaobljenosti Index of roundness					100% Indeks sferičnosti Index of sphericity				
		0,0—0,15	0,15—0,25	0,25—0,40	0,40—0,60	0,60—1,0	0,0—0,2	0,2—0,4	0,4—0,6	0,6—0,8	0,8—1,0
		0,20—0,30 mm	zrna grains 97	—	11	50	31	8	—	1	16
	listići mica 3	—	—	—	30	70	—	—	—	—	—
0,15—0,20 mm	zrna grains 98	—	15	64	17	4	—	3	34	58	5
	listići mica 2	—	—	—	50	50	—	—	—	—	—

naprotiv ima primjese krupnozrnatog pijeska. Sva tri analizirana uzorka spadaju u kategoriju dobro sortiranih sedimenata. Vrijednosti koeficijentata asimetrije kod 1. i 3. uzorka vrlo su bliske vrijednosti jedan (1), odnosno simetričnoj raspodjeli krupnijih i sitnijih čestica oko medijana.

IZVORNO PODRUČJE MINERALA

Konačna je asocijacija mineralnih vrsta ispitanih uzoraka naslaga bušotine B-12 rezultat od više faktora. U prvom redu dolazi u obzir izvorno područje, odnosno matične stijene mineralnih vrsta, zatim reljef izvornog područja, klimatski faktor erozije faze, dinamika transportnog sredstva i odlaganje eventualno prerađivanje materijala u taložnoj sredini.

Mineralna se asocijacija ispitanih uzoraka gotovo neizmijenjena provlači cijelim profilom naslaga bušotine B-12. Povremena odstupanja, odnosno skretanja od njenog toka sad udesno, sad ulijevo, kako se to zorno vidi na grafičkom prikazu (Tabla I), više su kvantitativnog nego kvalitativnog karaktera. Očito je dakle da se u nastajanju ovih naslaga radi o eroziji područja istog petrografskog sastava. Pa ipak u konačnom

reziduumu u sedimentu u kvantitativnom pogledu ne nalazimo u svim uzorcima mineralne asocijacije nasljeđene i ponesene iz njihovih matičnih stijena. Primjećuju se koncentracije pojedinih mineralnih vrsta nekih u jednoj, a drugih opet u drugoj frakciji veličina čestica klastičnog sedimenta. Tako su na pr. granati i staurolit obilniji u krupnozrnatijem materijalu, epidot u sitnozrnatijem, dok su amfiboli skloniji srednjim veličinama pjeskovitog sedimenta. Ni listićavi minerali u konačnom sedimentu nisu udruženi s mineralima s kojima su bili u sastavu u matičnoj stijeni. Količinska kolebanja mineralnih vrsta, odnosno njihova raspodjela u klastičnim sedimentima, ovisna je dakle o njihovim fizičkim svojstvima, na pr. kalavosti, lomu, tvrdoći, iskonskom obliku i veličini zrna i dr.

Mineralni sastav riječnih naslaga

Iz prilično dugog spektra mineralnih vrsta (Tabela III) zaključuje se da je petrografsko područje porijekla minerala vrlo složenog sastava. U prvom redu su tu zastupane stijene niskog i visokog stupnja metamorfoze. Iz stijena niskog stupnja metamorfoze (epidotski, kloritski, amfibolski škriljci) potječu epidot, coisit, kloritoid, klorit, aktinolit, glaukofan, albit, oligoklas i smeđi turmalin. Predstavnici su stijena visokog stupnja metamorfoze u analiziranim uzorcima: granati, staurolit, disten, andaluzit, rutil, biotit, muskovit i korund. Kisele su eruptivne stijene zastupane cirkonom, apatitom, ružičastim i modrim turmalinom i titanitom. Iz stijena bazičnog sastava dolaze augit, hornblenda, kromit i magnetit. Zaobljeni rezistentni minerali: cirkon, turmalin i rutil porijeklom su iz starijih klastičnih sedimentata. Karbonatne su stijene predstavljene u sastavu kalcitom i dolomitom.

Općenito se smatra da su detritalni feldspati indeks-minerali i visokog reljefa i oštre hladne i aridne klime erozione faze nekog izvornog područja. Prema Pettijohnu čini se da je visoki reljef više važan nego oštra klima u nastajanju sedimenta koji je bogat na feldspatima. I analizirani uzorci riječnih naslaga bušotine B-12 sadrže u sastavu znatne količine prilično svježih i neizmijenjenih feldspata.

I reljef i raznolikost matičnih stijena koje su predstavljene utvrđenim mineralnim vrstama u sastavu uzoraka odgovara petrografskom sastavu kristaliničnih stijena alpskog područja, kako su to već pokazali i rezultati ranijih istraživanja mineralnog sastava dravskog nanosa (F. Kučan, 1914; B. Šćavničar i A. Bedenko: vidi M. Malez, 1973).

Osim toga osobine nekih mineralnih vrsta, pojačane koncentracije svježih i malo nošenih zrna kao i pojava nekih mineralnih vrsta makar i u minimalnim količinama uopće, sve ovo upućuje na blisko izvorno područje tih i takovih minerala. Obzirom na okolnosti ovo bi blisko područje u prvom redu odgovaralo Papuku kako po reljefu tako i po

sastavu što ga čine kristalasti škrljci (razni varijeteti gnajsa), amfiboliti i magmatske intruzivne i efuzivne stijene praćene piroklastitima. Iz tih stijena također potječu granati, amfiboli, tinjci, plagioklasi, kvarc, augit i drugi minerali. Katkada su mineralne asocijacije pojedinih uzoraka – češće u donjem nego u gornjem dijelu profila – miješane od vrlo svježih, malo nošenih zrna i zrna koja su dugo nošena. Ta osvježenja u sastavu najčešće predstavljaju granati i amfiboli.

I metamorfne stijene Pohorja po svoj su prilici po pojedinim mineralnim vrstama također zastupane u sastavu riječnih naslaga bušotine B-12. Smatra se, da andaluzit kao detritalni mineral ne odolijeva dugom transportu. Vjerojatno je iz stijena Pohorja koje sadrže u svom sastavu taj mineral (andaluzit-biotitni sjajnik i gnajs). Također i svježi listići smeđecrvenog i žuto-crvenog biotita u sastavu sa šljunkovitim materijalom u uzorcima bušotine Trnovec upućuju na bliskost izvorne stijene, što bi opet moglo biti Pohorje. Duljim transportom biotit bi se inače našao udružen sa sitnijim materijalom u sedimentu.

Mineralni sastav eolskih naslaga

I u eolskim naslagama profila bušotine B-12, tj. u uzorku barskog lesa s dubinskog horizonta od 186,0–189,0 m i uzorku glinovitog silta sa 176,0–179,0 m dubine, zastupana je ista mineralna asocijacija kao i u uzorcima riječnih naslaga bušotine. Jedino se u sastavu eolskih uzoraka pojavila razlika u količini glavnih mineralnih sastojaka, naime porasla je količina epidota, a smanjila se količina granata (Tabla I). Takav se odnos epidota i granata naglo i iznenada pojavio i kasnije u sastavu uzorka pjeskovitog silta na dubinskom horizontu od 129,0–129,5 m. Moguće se i na ovom nivou profila radi o eolskom sedimentu na što upućuje upravo taj odnos mineralnih vrsta kao i faunistički ostaci nađeni u njemu. Međutim, zbog znatne pjeskovite primjese u uzorku pjeskovitog lesa sa nivoa od 5,2–5,7 m nije mogao doći do izražaja takav odnos mineralnih vrsta kakav se pokazao u uzorcima naslaga lesa iz donjeg dijela profila bušotine.

Isti mineralni sastav uzoraka eolskih i riječnih naslaga profila bušotine B-12 odražava i isti izvor mineralnih vrsta, odnosno eroziju istih matičnih stijena alpskog područja, samo što je prašinasti materijal lesnih naslaga donesen drugim sredstvom, naime vjetrom.

To je u skladu s ranije iznesenim mišljenjima M. T a j d e r a (1942) i A. T a k š i ć a (1947), koji smatraju da je les najsitniji rastročbeni materijal oledbe Alpa donesen vjetrom u vrijeme gornjeg pleistocena.

Premda su teški minerali nekog klastičnog sedimenta, pa prema tome i lesa, genetski značajniji jer bolje ukazuju na porijeklo materijala nego laki minerali, ipak kad je riječ o lesu, tada je kvarc kao laki mineral značajan u njegovom sastavu. Les je izgrađen od čestica veličine silta, a kvarc je glavni mineralni sastojak lesa. Postavljalo se naime pitanje

postanka toga siltnog kvarca u lesnim naslagama, kad se inače smatra, da se prilikom raztrožbe iz stijene oslobađaju pretežno čestice veličine pijeska. Postanak kvarca siltnih veličina lesnih naslaga prema nekim autorima (J. Smalley & N. Perry, 1969; vidi C. Vita-Finzi & J. Smalley, 1970) nije vezan za sam izvor, nego za način rastrožbe. Oni smatraju da je siltni kvarc produkt glacialnog kršenja, drobljenja, odnosno da nastaje kršenjem u prah onih čestica kvarca veličine pijeska koje nisu stigle izmaknuti fazi glacialnog kršenja i drobljenja neke stijene.

Kako je već spomenuto radi se dakle o istom izvornom području minerala i eolskih i riječnih naslaga, samo je različit način trošenja tog istog područja, odnosno način oslobađanja čestica iz matičnih stijena nije isti, kao što nisu isti ni klimatski uvjeti erozione faze, a niti vrijeme.

Mineralni sastav uzoraka šljunčare Trnovec i »podravske pijesake«

Mineralni sastav kako uzoraka šljunčare tako i uzoraka podravske pijesake podudara se s mineralnim sastavom uzoraka iz bušotine B-12. U kvantitativnom pogledu njihov sastav odgovara sastavu uzoraka riječnih naslaga gornjeg dijela profila bušotine (Tabela III). Uzorci se podravske pijesake odlikuju gotovo ujednačenom visoko procentualnom količinom teške frakcije i visokom zastupljenošću granata. Približna je ujednačenost u učestalosti i drugih mineralnih vrsta također došla do izražaja u sastavu tih pijesaka. U kvantitativnom pogledu mineralni sastav podravske pijesake izgleda da se podudara s mineralnim sastavom uzoraka iz intervala 16 do 25 metara gornjeg dijela profila bušotine B-12.

Mineralni sastav jedne i druge skupine uzoraka (Trnovec i podravske pijesaci) i mineralni sastav uzoraka bušotine B-12 zastupan istim mineralnim vrstama upućuje i na iste izvorne stijene alpskog područja. Biotit uzoraka Trnovec vjerojatno uključuje i bliži izvor, naime Pohorje, kako je to već i ranije spomenuto. Na kristalaste škriljce alpskog područja kao izvoru minerala »podravske pijesake« i pijesaka iz arteškog bunara u Osijeku upozorio je već i ranije F. K u č a n (1914).

UVJETI SEDIMENTACIJE

Bušotina B-12 nedaleko Podravske Slatine stala je na 205. metru dubine. Ona je prošla samo kroz jedan dio kvartarnih naslaga izgrađenih uglavnom od dravskog nanosa. Na nekim je dubinskim horizontima u tim naslagama zastupan i eolski materijal. Profil nam bušotine, znači,

otkriva samo jedan period povijesnog toka rijeke Drave, i to iz razvoja gornjopleistocenskih naslaga predstavljene raznim fazama virmske glacijacije.

Uspoređujući postignute rezultate analiza iz naslaga bušotine B-12 s rezultatima analiza iz profila dubokih bušotina u kvartarnim naslagama Panonskog bazena na teritoriju Mađarske (B. Molnar, 1968 i 1973), došlo se do zaključka, da i naslage profila bušotine B-12, makar i u ovom kraćem dubinskom intervalu, nose obilježja jedne cikličke sedimentacije.

U tekstu više puta isticane razlike između donjeg i gornjeg dijela profila bušotine (granica na 100 m dubine) ili donjeg i gornjeg kompleksa riječnih naslaga izražene različitim veličinama čestica u sastavu, stratifikacijom, bojom, prisutnošću ili odsutnošću ulomaka erodiranih starijih naslaga, autigenim tvorevinama, sadržajem kalcijevog karbonata, kvantitativnim odnosom mineralnih sastojaka, zastupljenošću tinjčastih minerala, sve u svemu predstavljaju razliku između dva ritma u razvojnoj dinamici riječnih naslaga. Izdvojene sredine, odnosno ritmovi u razvoju tih naslaga podudaraju se sa gonjopleistocenskim dravskim terasama t_1 i t_2 , koje je po prvi put izdvojio M. Malez (1973).

Pa ipak, ti ritmovi ne čine jednu cjelinu u naslagama profila bušotine, odnosno elemente jednog ciklusa. Kako ciklus čine dva ritma, tj. ritam nestabilne faze predstavljene intenzivnom erozijom izdignutog reljefa i prema tome sedimentaciju krupnozrnatijeg klastičnog materijala (pijesak, šljunkoviti pijesak, šljunak), sedimentaciju iz razrijeđene suspenzije s povremenom infiltracijom materijala finijeg zrna, i zatim drugi ritam, koji predstavlja stabilniju fazu, taloženje finijeg materijala u sredini visoke gustoće (sitnozrnati pijesak, siltni pijesak, pjeskoviti i glinoviti silt), — u profilu su bušotine, dakle, zastupana dva manjkava sedimentaciona ciklusa (Tabela II i Tabla I).

Prvom ciklusu odozdo — od 199 do 100 m — manjka njegov ritam nestabilne faze predstavljen krupnozrnatijim materijalom. Taj ritam treba dakle očekivati ispod dubinskog horizonta od 199 m' dakle u produžetku bušotine. Vrlo tanki proslojak crne ugljevite gline i ispod njega sivi srednjozrnati pijesak na dubini od 200,0–201,0 m — u smislu prema dolje — moguće znači početak druge sedimentacione sredine. I k tome, ako se uzme u obzir interval bušotine od 201,0 — 205,0 m čija jezgra nije ostala sačuvana, a iz opisa hidrogeološkog profila razabire se, da se u tom intervalu radi o sitnozrnatom do krupnozrnatom pijesku sive boje, tada vjerojatno raspoložemo sa 6 metara jezgre bušotine, odnosno završetkom jednog trećeg, još starijeg kompleksa naslaga, tj. ritmom nestabilne faze I ciklusa (Tabla I).

Stabilna faza I ciklusa ili donji kompleks riječnih naslaga predstavljen asocijacijom finozrnatih naslaga riječnog i eolskog porijekla odražava velike klimatske promjene u izvornom području toga materijala.

Pojavom barskog lesa na početku donjeg dijela profila ili stabilne faze najavljen je početak glacijacije izdignutih reljefa širih razmjera, odnosno virmske glacijacije predstavljene u barskom lesu prvim virmskim stadijalom (W_1). Fluvijatilnu je sedimentaciju detritičnog materijala zamijenila eolska sedimentacija siltnog materijala nastalog glacijalnim satiranjem u prah čestica i kršja stijena alpskog područja. Taj vjetrom nošeni materijal spuštao se u ovom dijelu naslaga u bare ili plitke stajace ili jedva tekuće vodene sredine, uslijed čega je djelomično i gubio svoja karakteristična svojstva kao na pr. granulometrijski sastav. Slabo sačuvane krhotinice vapnenačkih ljušturica i kućica pužica u mlađim naslagama (176,0–179,0 m i 129,0–129,5 m) donekle i kvantitativni odnos mineralnih sastojaka, po svoj prilici znače, da je eolska aktivnost još uvijek bivala povremeno prisutna u formiranju fluvijatilnih naslaga ovog stabilnog ritma I ciklusa.

Drugi je ciklus u profilu bušotine predstavljen ritmom svoje nestabilne faze, krupnozrnatijim materijalom (u profilu interval od 100. m do 8. m), a manjka mu ritam stabilne faze. Kompleks riječnog nanosa ovoga manjkavog ciklusa završava naslagom tinjčastog pjeskovitog silta i zatim pjeskovitim lesom. Unutar ovoga ritma u približno podjednakim intervalima pojave šljunkovitog materijala predstavljaju male cikluse u razvojnoj dinamici naslaga ovoga ritma nestabilne faze. Nakon svake pojave šljunka primjećuje se opadanje veličine zrna u sastavu, odnosno daljnje naslage postaju sve finozrnatije. U tom se dijelu profila vide četiri takve pojave šljunka; u četvrtoj je donos ovog klastičnog materijala bio najjačeg intenziteta (Tabla I). S vremenskom i granulometrijskom koincidencijom spomenute šljunkovite pojave u razvoju naslaga bušotine B-12 podudaraju se sa šljunkovitim nanosom u naslagama profila bušotine IG-I (dubina do 120 m) u istočnom predgrađu Zagreba (R. Mutić, 1973). Taj je šljunkoviti materijal po svoj prilici donijela rijeka Sava. Ove su manifestacije grubljeg klastičnog materijala u naslagama jedne i druge bušotine vjerojatno znakovi kolebanja klime i predstavljaju povremeno povlačenje leda i snijega u izvornom alpskom području, a s time i povećanje količine vode u rijekama Dravi i Savi. Vjerojatno se jačoj protoci rijeke Drave može pripisati i naplavljeno drvo – *Quercus* sp., koje je pougljenjeno, a u cijelosti predstavlja jezgru bušotine dugu nekoliko decimetara na dubinskom horizontu od 57–58 metra gornjeg dijela profila bušotine B-12.

Na osnovi svega iznesenog kao: sukcesiji naslaga, litostratigrafskim karakteristikama, granulometrijskom i mineralnom sastavu ispitanih uzoraka naslaga može se zaključiti ovo: 1) da se izdvojena dva kompleksa kvartarnih riječnih naslaga, odnosno donji i gornji dio profila bušotine, podudaraju s utvrđenim gornjopleistocenskim dravskim terasama t_1 i t_2 (M. Malez, 1973), i 2) da dinamika razvoja riječnih naslaga profila bušotine B-12 po utvrđenim ritmovima stabilne i nestabilne faze

nosi obilježja jedne cikličke sedimentacije u razvoju riječnih nanosa uvjetovanu dizanjem i spuštanjem zemljine kore (B. Molnar, 1968 i 1973). Konkretno, u naslagama profila bušotine B-12 predstavljena su dva nekompletna sedimentaciona ciklusa (Tabla I).

Primljeno 31. 03. 1975.

Institut za geološka istraživanja
Sachsova 2, 41000 Zagreb

LITERATURA

- * Babić, Z., Čakarun, I. & Mraz, V. (1973): Konačni izvještaj za 1972/73. o regionalnim hidrogeološkim istraživanjima na području porječja donje Drave (III faza radova). — Fond str. dok. Instituta za geol. istraž. br. 5426, 1—91+knj. priloga, Zagreb.
- ✦ Babić, Z. & Mraz, V. (1973): Izvještaj o izvedenim istražnim radovima na lokalitetu predviđene šljunčare »Trnovec«. — Fond str. dok. Instituta za geol. istr. br. 5409, 1—6+7, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1922): Morfolozijske i hidrografijske prilike prapornih predjela u Srijemu te pograničnih česti županije virovičke. — Glasnik Hrv. Prirod. društva, 34/2, 111—164, Zagreb.
- Kučan, F. (1914): Pijesak u Hrvatskoj. — Glasnik Hrv. prirodosl. društva 26/4, 1—7, Zagreb.
- Malez, M. (1973): Kvartarne naslage šire okolice Podravske Slatine i Orahovice u Slavoniji. — Radovi Centra za organizaciju naučnoistraživačkog rada u Vinkovcima, 2, 5—55, Zagreb.
- Molnar, B. (1968): Sedimentationszyklen in den pleistozänen Ablagerungen des südlichen Ungarischen Beckens. — Geol. Rundschau, 57/2, 532—557, Stuttgart.
- Molnar, B. (1973): Latest Tertiary and Quaternary Sedimentary Accumulation cycles of the Great Hungarian Plain. — Földtani Közlöny, 103/3—4, 294—310, Budapest.
- Mutić, R. (1973): Mineraloško i granulometrijsko ispitivanje gornjopleistocenskih uzoraka iz profila bušotina IG—1, IG—2 i IG—3. U istočnom predgrađu Zagreba. — Fond str. dok. Instituta za geol. istr. br. 5238/6, 1—6+15, Zagreb.
- + Mutić, R. (1975): Sedimentološka ispitivanja naslaga lesa iz okolice Vinkovaca, Našica i Valpova. — Geol. vjesnik, 28, 269—286, Zagreb.
- Pettijohn, F. J. (1957): Sedimentary Rocks. — 718, Harper & Brothers, New York.
- † Tajder, M. (1942): Sastav i postanak srijemskog prapora. — Spomenica vukovarske real. gimn., 107—112, Vukovar.
- ✦ Takšić, A. (1947): Prinos poznavanju prapora istočne Hrvatske. — Vjesnik geol. rud. Inst. Ministr. ind. rud., 1, 202—231, Zagreb.
- Vita-Finzi, C. & Smalley, I. J. (1970): Origin of Quartz Silt: Comment on a Note by Ph. H. Kuenen. — J. Sed. Petrology, V. 40, No 4, p. 1367—1368, Urbana, Ill. U.S.A.

R. MUTIĆ

THE DRAVA SAND IN THE BOREHOLE B-12 NEAR
PODRAVSKA SLATINA (NORTHERN CROATIA)

During regional hydrogeological investigations in the lower course area of the Drava and a part of the Danube, conducted for several years by geologists of the Institute of Geology in Zagreb (Z. Babić, I. Čakarun, and V. Mraz, 1973), deep exploratory drilling for structural information was also taking place. The samples taken from the bore-hole B-12, located in the vicinity of Podravska Slatina and having reached a depth of 205 m, were subjected to sedimentological examination, too. To make the correlation of results obtained on the sands from that bore hole, possible three samples from the bore hole of the planned gravel-pit Trnovec, near Varaždin, as well as three sand samples from the Podravina District, were also analyzed one of which was taken from the surroundings of Đurđevac, the remaining two near the roads Đurđevac-Kalinovac and Đurđevac-Ferdinandovac, respectively.

It was in 1914 that Kučan published the results of his investigations regarding the sands in Croatia. Among the results of his examinations, on the mineral composition of sands in the Podravina District, are also the results concerning the sands from the artesian well in Osijek, located where the hospital stands today. The samples from the sand deposits of the said well, taken for analysis, come from the depths of 50 m, 75 m, 85 m, and 118.8 m, respectively. By their external appearance, these sands were very similar and as regards their mineral composition, they were almost identical. On that occasion, Kučan made only qualitative microscopic determinations of the mineral composition. The following minerals were found to be present: silica, muscovite, phlogopite, feldspar, limestone, chlorite, epidote granate, coisite, clinocoisite, distene, apatite, amphibole, titanite, pyroxene, tourmaline, rutile and zircon. In the sample taken from the 75 m depth, anatase, cordierite, and talc were reported by the author, and staurolite was encountered in the sample obtained from the 85 m depth. The sample from the deepest interval of 118.8 m was made up of sillimanite, hematite, and sagenite. As these samples, from the artesian well bore-hole show a mineral composition very similar to that of sands in many localities in the Podravina District, whose composition had been determined by the same author, he came to the conclusion that the sands, too, had been arrived from Alpine crystalline schists. »This sand was deposited by waters ... It was brought down by the Drava and its tributaries.«

On the ground of geological investigations of the Quaternary deposits, in the wider area of Podravska Slatina and Orahovica in Slavonia, M. Malez (1973) gave a new opinion on the Quaternary deposits, in the Drava River depression. Besides performing the separation and stratigraphic division of Quaternary deposits in the said area, the author singled out, for the first time, Upper Pleistocene terraces of the Drava River. In this same work the results of analyses of the mineral composition of samples from several localities in the same area are described. Their composition is in accordance with the composition of the average Drava River alluvium taking its origin in the Alps area.

The cross-section of the B-12 bore hole displaying sand development throughout its entire length, comprises older and younger Drava alluvium. Granulometric analyses of samples and modal analyses of the heavy and light mineral fractions were made, as well as the determination of the calcium carbonate content. The following results have been obtained by the said analyses:

1. The mean grain size (M_d) determined for the section of the older Drava alluvium is greatly varied within the range 0.013–0.42 mm. As for the sorting coefficient, the samples show medium good sorting. Yet, this type of sorting was found to be disturbed several times by fairly large amounts of finer grains in the samples. In connection with the median, the better grouping of particles in these samples has been observed to be on the side of the finer particles. With just a few exceptions, the predominant component in this portion of the Drava alluvium is that of the sand fraction. This relation is shifted considerably several times into the silty component and, to a certain degree, also into the fraction of the finest, claysized particles.

The accumulation of sand-sized particles of younger Drava alluvium was accompanied periodically by larger contributions of finer grains and was interrupted several times, giving place to the deposition of the gravel-sized material. In the sample from the 21.00–21.50 m depth level gravel was even predominant in the sample's composition. While the older Drava alluvium points to the deposition from a more or less finer suspension, the periodic occurrences of gravel in the younger Drava alluvium are typical of a more deluted suspension.

2. Significant constituents of the mineral composition of analysed samples taken from the B-12 bore hole and the Trnovec gravel-pit, are as follows: granates, epidote, and amphiboles, accompanied by quite a number of secondary and accessory minerals. Light minerals are represented by quartz (45–65%), feldspars mainly albite (25–35%) and muscovite (5–15%). The mineral association of samples is indicative of the Alpine source area represented by the schists showing high grade low grade metamorphism (green schists, chlorite schists, mica schists, gneisses, and amphibolites). The presence of older sediments in the samples' composition is also evident. Rock particles belonging to the light mineral association represent direct relics of some of the above mentioned source rocks.

3. The carbonate development of the material's source area is much less abundantly represented in the composition of analysed samples of the Drava sands. In the gravel from the B-12 bore hole and the Trnovec gravel-pit, there are few pebbles and small quantities of debris of carbonate rocks. The carbonate content is concentrated in the samples' sand and silt fractions, and even then it amounts to between 5 and 7 per cent CaCO_3 . There are also samples with no carbonate content.

4. Taking into account the results of the grain size analyses of the older Drava alluvium, and furthermore the occurrences of fragments of carbonaceous clay, the stratification in fine lamellae expressed by the change of colour, the limonitic concretions, and fragments of calcareous shells, – all these elements point to certain periods of less abundant material supply and even to the stagnation of the same. All this was favourable to the development of fauna and flora wherein the wind, too, contributed to the material's deposition. So, on the basis of faunal remains from the interval between 186 and 189 m in the B-12 bore hole, marsh loess of Pleistocene age has been determined by A. Simunić.

5. The sediments of younger Drava alluvium represent the results of a stronger hydro-power régime, particularly manifested by the gravel material in several cases. This made the establishment of any kind of living conditions impossible. This made the establishment of any kind of living conditions impossible. However, the younger Drava alluvium gives evidence of a changing climate, which was manifested by the river's higher rate of erosion (gravel and gravel sand) and its less intensive erosional force (sandy material). The gravel intervals in the B-12 bore hole, above 100 m, probably resulted from the period of snow and ice retreat respectively, accompanied by increased amounts of water in the Drava river during the Upper Pleistocene.

By the application of sedimentological analyses, cyclic sedimentation, represented by fluvial facies, has been determined, in the profile of the B-12 bore hole. Two incomplete sedimentary cycles have been found present. The first cycle (I) comprises the interval from 199–100 m, which is represented by its stable phase, by the rhythm of weak supply of fluvial and wind-blown material, consequently by the development of fine-grained deposits. The rhythm of the erosional, unstable phase of this cycle should, therefore, be expected in deeper intervals below 199 m. The second cycle (II), comprises the profile's interval above 100 m toward the earth's surface. It is represented by the rhythm of erosional, unstable phase, i.e. by the development of more coarse-grained deposits. This complex of beds ends by the marsh loess. This cycle is lacking its stable phase rhythm (Plate I).

Maybe, some interest, or even significance, might be found in the occurrence of red and brown-red fragments of calcareous silt and light-grey micaceous silt (by their form, the latter ones resemble the calcareous concretions found in the loess), determined in the marsh loess sample (Würm I) from the depth interval 186–189 m, and also in the sample of greenish-grey clayey silt (176 – 179 m) from the B-12 bore hole. It was way back in 1922 that D. Gorjanović-Kramberger called attention to the fragments of red clay (terra rossa) in the beds underlying loess deposits, in a profile near Slankamen and Kamenica in Sirmium. In his opinion, they represented an evident product of weathering on dry land. Brownred fragments have also been found in a sample of greenish-grey micaceous clayey silt, at the 53.0–53.5 m depth interval of the B-9 bore hole in the vicinity of Valpovo (R. Mutić, 1975).

The sand samples from the Đurđevac, Kalinovac and Ferdinandovac localities are almost identical – with regard to both the qualitative and quantitative composition of their mineral constituents – with those from the B-12 bore hole, this being particularly true of the samples from the bore hole's gravel bearing intervals. The roundness, sphericity, and good sorting of these samples give evidence of the sand samples' maturity which resulted from multifold aeolic reworking of the younger Drava alluvium.

I wish to express my sincere appreciation to the colleagues B. Molnar and E. Krolp of Szeged, for their great kindness and useful suggestions during the preparation of this paper.

Received 31 march 1975

*Institute of Geology,
Sachsava 2, 41000 Zagreb*

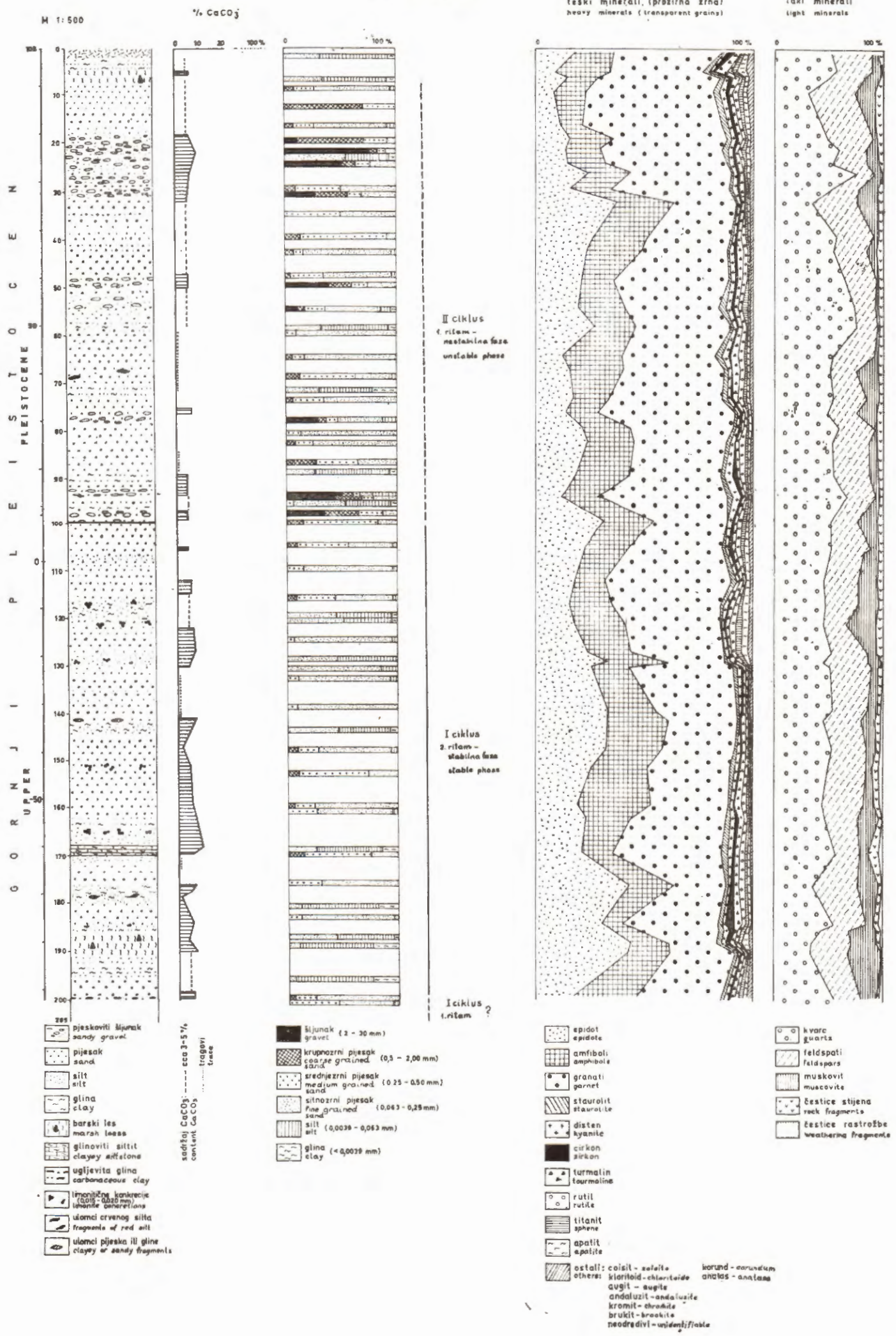


TABLA — PLATE I

