

Geol. vjesnik	Vol. 41	str. 167—179	Zagreb 1988.
---------------	---------	--------------	--------------

UDK 552.14:551.793

Izvorni znanstveni rad

Litološka korelacija i kronostratigrafsko razgraničavanje kvartarnih naslaga na lokalitetu Prevlaka jugoistočno od Zagreba

Alka ŠIMUNIĆ, Stanislava NOVOSEL-ŠKORIĆ i Ljiljana PILJUROVIĆ
Geološki zavod, M. Sachsas 2, YU — 41000 Zagreb

Korelirajući rezultate sedimentoloških, paleontoloških, mineraloških, kemijskih, geokemijskih i radiometrijskih analiza izvršeno je kronostratigrafsko razgraničavanje kvartarnih sedimenata iz dvije bušotine na lokaciji NE Prevlaka. Izdvojene su naslage holocena i gornjeg pleistocena. Određen je mehanizam transporta, porijeklo detritičnog materijala i sredina sedimentacije.

Krupnozrnati i srednjezrnati sedimenti taloženi su riječnim tokovima, a sitnozrnati su nastali u barskoj sredini s lesnim utjecajem. Riječni sedimenti su odlagani za vrijeme interstadijala u toplijoj klimi i oksidativnim uvjetima, dok su močvarni sedimenti taloženi za vrijeme stadijala u hladnijim klimatskim uvjetima i reduktivnoj sredini. Utvrđeno je i miješanje ovih sedimenata zbog usijecanja riječnog korita u već istaložene naslage i zbog preplavlivanja. Izvorišno područje bilo je izgrađeno iz metamorfnih stijena, kiselih, neutralnih i bazičnih eruptiva i starijih sedimenata. Većina detritičnog materijala potječe iz masiva Medvednice i susjednog gorja, a manji dio iz područja Alpa. Donos materijala iz bližih područja intenzivniji je u doba interstadijala, dok su alpski utjecaji zračnim strujama veći u vrijeme stadijala.

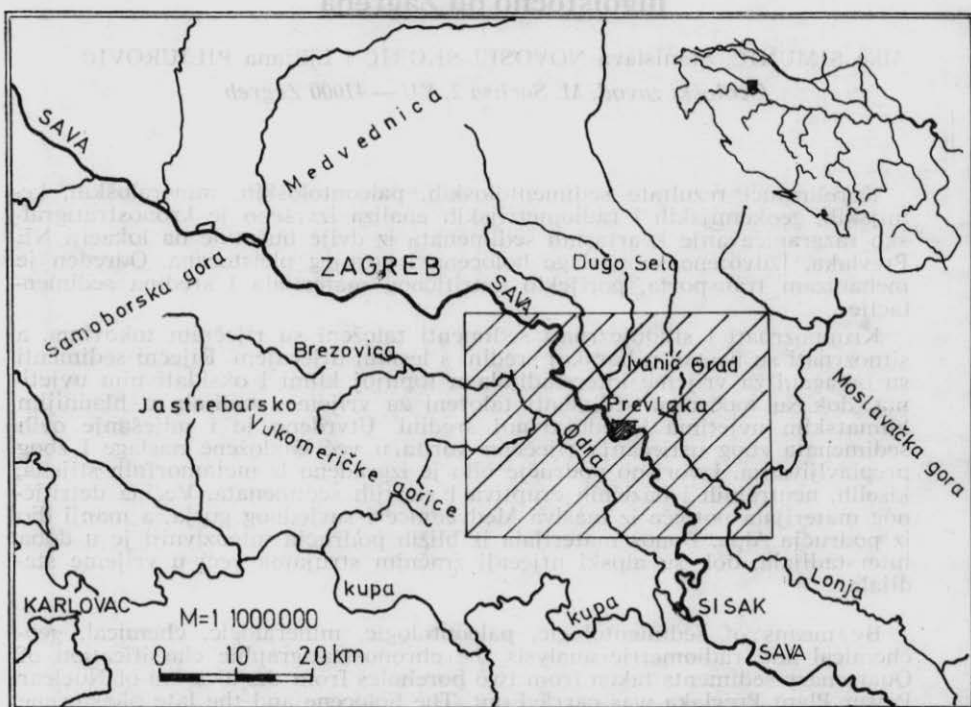
By means of sedimentologic, paleontologic, mineralogic, chemical, geochemical and radiometric analysis the chronostratigraphic classification of Quaternary sediments taken from two boreholes from the location of Nuclear Power Plant Prevlaka was carried out. The holocene and the late pleistocene sediments are singled out. There have been determined the mechanism of transportation, origin of detrital constituents, as well as the sedimentation environment.

The beds of middle granular and large granular sediments are settled by river flows, are separated from small granular ones developed in pond environments with influences of loess. River sediments were deposited mainly during warmer climate in oxidizing condition in the interstadial periods, while pond sediments were settled during stadial periods in colder climate condition in mainly reducing environment. The mixing of these sediments is also established, cut by river bed into already deposited strata and overflowing.

The source area, from where detrital constituents of Quaternary sediments originate, had been made up of metamorphic rocks, acid, neutral and basic eruptives and older sediments. The major part of detrital materials came from Medvednica and nearby mountains and the minor part from the Alps. The depositing of sediments from closer areas was more intense during interstadial, while the alpine influences by means of air-currents were more important in the stadial periods.

UVOD

Tijekom posljednjeg desetljeća vršena su brojna istraživanja s ciljem izgradnje nuklearne elektrane na lokalitetu Prevlaka, uz lijevu obalu Save, oko 30 km jugoistočno od Zagreba. U vezi s tim izvršena su i detaljna istraživanja kvartarnih sedimenata različitim analitičkim postupcima s težištem na sedimentološkim analizama. Analizirani su uzorci sedimentata iz dvije bušotine S-10 i S-5, koje su međusobno udaljene oko 200 metara, a nalaze se neposredno i u blizini planiranog građevinskog objekta nuklearne elektrane.



Sl. 1. Geografski smještaj istraženog područja.

Fig. 1. Situation map.

Prilikom rada su korišteni dostupni tiskani podaci o kvartarnim naslagama širjeg područja Zagreba. Već D. Gorjanović-Kramberger (1907) spominje u svom radu, da je u dolini Save postojala neprekinuta sedimentacija od gornjeg pliocena do kraja kvartara, ali je dio sedimentata erodiran. Kvartarne pećinske sedimente, kao i fosilne vertebrate iz pećina okolice Zagreba, obradio je u svojim radovima M. Malez (1961, 1963, 1965).

Intenzivno istraživanje kvartarnih naslaga okolice Zagreba započelo je nakon poplave Save 1964 godine. Rezultat toga su inženjersko-geološki

i hidrogeološki radovi N. Novinske i surad. (1967) i D. Borčić i surad. (1968) u kojima su izdvojeni i protumačeni Savski vodonosni horizonti. U novije vrijeme u radu I. Čakaruna i surad. (1987) izvršena je stratifikacija i hidrogeološka rajonizacija naslaga kvartarnog vodonosnog kompleksa na dionici granica SR Slovenije — Ruvica.

Novi podaci o geološkoj građi šire okolice Zagreba nalaze se u Tumaču Osnovne geološke karte list Ivanić i na Osnovnoj geološkoj karti mjera 1 : 100.000 (Basch, 1983.). Na ovoj karti su neposredno uz Savu izdvojene naslage aluvijalnih recentnih tokova i močvarnog lesa.

An. Šimunić i O. Basch (1975) analizirali su terenski i laboratorijski kvartarne naslage Zagrebačkog posavlja, gdje su izdvojili holocenske i pleistocenske sedimente. U profilima bušotina izvršena je podjela pleistocenskih sedimentata na fluvijatilne i močvarne, a određena je i bogata fauna mekušaca.

Karakteristike ostrakodne faune kvartarnih naslaga istraživanog područja prikazala je A. Soikač (1978).

Razmatranja o stratigrafiji gornjeg pleistocena s osvrtom na topla razdoblja i njihov odraz u naslagama na području Jugoslavije dane su u radu D. Rukavine (1983).

Z. Hernitz i surad. (1981) daju kompletan prikaz geološko-geofizičkih istraživanja kvartarnih naslaga okolice Prevlake. Analizom geofizičkih mjerenja i prema drugim podacima kvartarne su naslage razlučene u nekoliko nivoa, izvršena je njihova korelacija, te određena relativna stabilnost područja.

J. Velić (1983) iznosi rezultate strukturnog proučavanja zapadnog dijela Savske potoline. Dopunjava mrežu dislokacija za sva tri dominantna sustava. O neotektonskim pokretima ovog područja pisali su također V. Kranjec i surad. (1972), V. Klein (1972) i E. Prelogović (1974).

U našem su radu prilikom obrade kvartarnih sedimentata korištene sve dostupne analitičke metode, ali je težište bilo na sedimentološkim istraživanjima.

Procesi laboratorijskih analiza uzoraka izvršeni su u laboratorijima Geološkog zavoda i Instituta Ruđer Bošković (Centar za istraživanje mora u Zagrebu), te SAZU u Ljubljani.

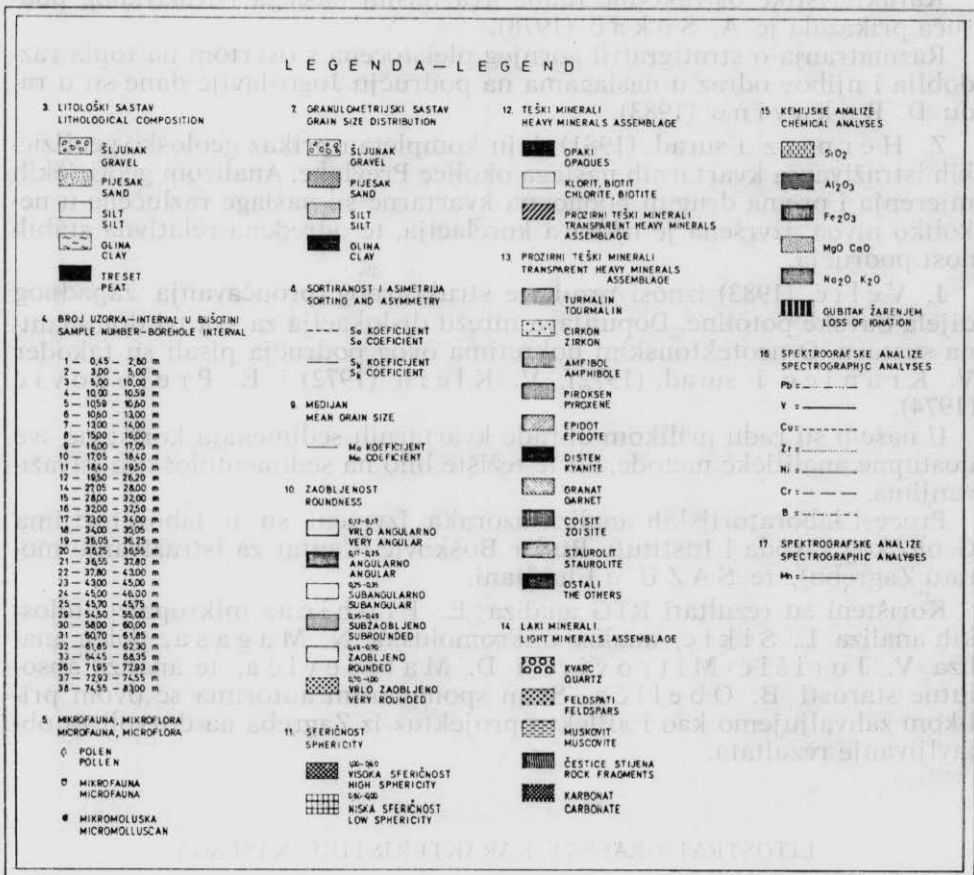
Korišteni su rezultati RTG analiza E. Prohica, mikropaleontoloških analiza L. Šikić, analize mikromoluska N. Magaša, polen analiza V. Jurišić-Mitrovići i D. Maleševića, te analiza apsolutne starosti B. Obelića. Svim spomenutim autorima se ovom prilikom zahvaljujemo kao i »Elektroprojektu« iz Zagreba na dozvoli za objavljivanje rezultata.

LITOSTRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE NASLAGA

Mineralni i granulometrijski sastav

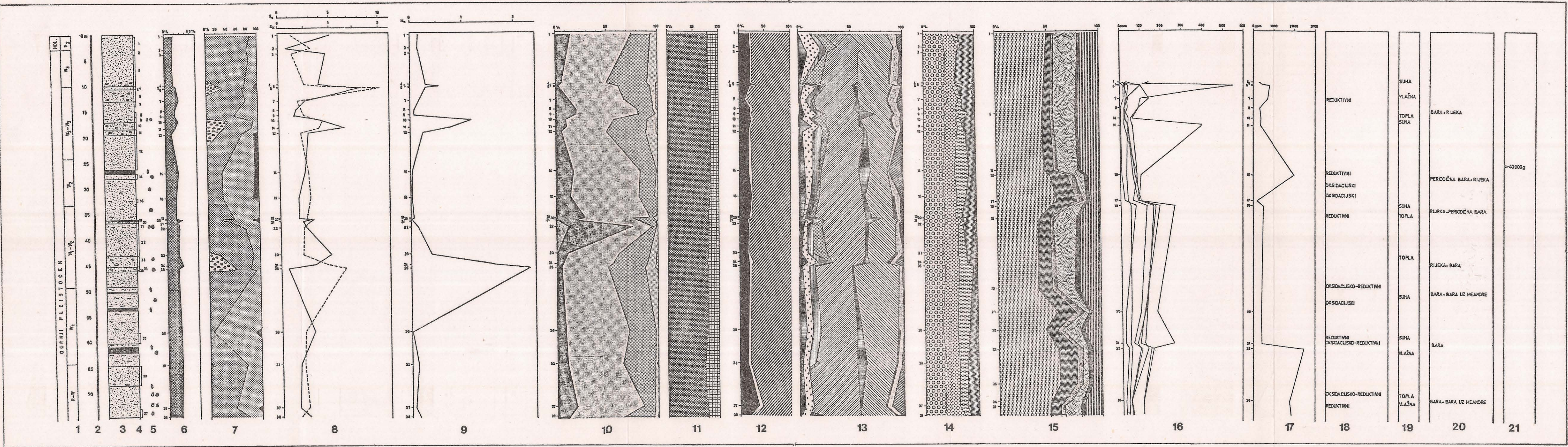
Detaljno su analizirane kvartarne naslage iz bušotine S-10 do dubine 100 m. Osim toga su radi uspoređivanja analizirani sedimenti iz bušotine S-5 do dubine 40 m. Rezultati analiza su grafički prikazani na sl. 2.

Na profilima bušotina su izdvojene naslage holocena i gornjeg pleistocena. Debljina holocenskih naslaga iznosi 2,3–3 m, a gornjepleistocenskih 73 m. Holocenske naslage su izdvojene na temelju litoških karakteristika kao i promjena u mineralnom sastavu u odnosu na sedimente gornjeg pleistocena. One su sterilne u paleontološkom smislu. Kod njihovog izdvajanja je korišten i podatak, da je apsolutna starost naslaga u bušotini OS-4 na lokaciji Prevlaka mjerena na dubini 5,1–5,2 m 20.000 godina (Hernitz i surad., 1981). Debljina sloja humusa u bušotinama iznosi oko 0,45 m. Ostale holocenske taložine predstavljene su siltnim pijescima s oko 80% pješčane i oko 20% siltna frakcije. Sortiranost ovih sedimentata je dobra, a veličina medijana je 0,13–0,16 mm. Među mineralnim sastojcima su određeni kvarc, feldspati, čestice stijena i muskovit. Posljednji sastojak je prisutan u povećanoj količini. Među prozirnim



Sl. 2. Kronostratigrafsko rasčlanjavanje kvartarnih naslaga iz bušotine S-10 NE Prevlaka.

Fig. 2. Chronostratigraphic subdivision of quaternary deposits from borehole S-10 NE Prevlaka.



REDUKTIVNI

REDUKTIVNI

OKSIDACIJSKI

OKSIDACIJSKI

REDUKTIVNI

OKSIDACIJSKO-REDUKTIVNI

OKSIDACIJSKI

REDUKTIVNI

OKSIDACIJSKO-REDUKTIVNI

OKSIDACIJSKO-REDUKTIVNI

REDUKTIVNI

SUHA

MLAŽNA

TOPLA

SUHA

SUHA

TOPLA

TOPLA

SUHA

SUHA

MLAŽNA

TOPLA

MLAŽNA

BARA - RIJEKA

PERIODIČNA BARA - RIJEKA

RIJEKA - PERIODIČNA BARA

RIJEKA - BARA

BARA - BARA UZ MEANDRE

BARA

BARA - BARA UZ MEANDRE

≥4000g

akcesornim teškim mineralima prevladava granat nad epidotom, a utvrđena je i prisutnost cirkona, piroksena i staurolita u povećanoj količini.

Ispod naslaga holocena su u obe bušotine izdvojeni sedimenti pleistocena. Analiza granulometrijskog i mineralnog sastava sedimentata iz bušotine S-10 je pokazala, da se na profilu jasno mogu razlučiti horizonti s pretežno srednjezrnatim i krupnozrnatim sedimentima od onih u kojima prevladavaju sitnozrnatim sedimenti. Tako su izdvojena tri horizonta srednjezrnatih do krupnozrnatih sedimentata na dubinama 10,6—24,0 m, 43—49 m i 64—73 m, te tri horizonta sitnozrnatih sedimentata u intervalima 3—10 m, 24—33 m i 49—64 m.

Izdvojeni srednjezrnat i krupnozrnat nevezani sedimenti su granulometrijski vrlo nehomogeni, a analizom su u njima određene do tri različite granulometrijske frakcije. Sedimenti su pjeskoviti šljunci i silt pjeskoviti šljunci s 48—52% šljunka, 29—44% pijeska i 8—9% silta. Rijedi sedimenti su pjeskoviti silt i glinovito pjeskoviti silt s 24—43% pješćane, 48—62% siltne i 9—14% glinovite komponente. Ovi sedimenti su pretežno slabo sortirani, a sastojci su nesimetrično raspoređeni oko medijana. Kod većine sedimentata prevladavaju čestice veće od medijana.

U intervalima u kojima prevladavaju sitnozrnat sedimenti određeni su glinoviti silt s 80% čestica silta i malo primjesa gline i pijeska, te pjeskoviti silt s 63% silta, 29% pijeska i vrlo malo gline.

Sitnozrnat sedimenti su u sva tri intervala bušotine slabo sortirani, a čestice su nesimetrično raspoređene oko medijana.

Mineralni sastav sedimentata određen je analizom lake i teške mineralne frakcije i rendgenskim analizama.

Tako je mineralni sastav pješćanih sedimentata analiziran u granulometrijskoj frakciji 0,06—0,15 mm. Od sastojaka su najviše zastupljeni kvarc (38—53%), feldspati (18—31%), čestice stijena (8—33%) i muskovit (0—27%).

Sadržaj akcesornih teških minerala, koji su bili važni za horizontiranje naslaga, određivanje načina transporta i porijekla detritičnog materijala, varira u sedimentima od 0,70 do 2,25%.

U teškoj frakciji su zastupljeni opaki sastojci: limonit, magnetit, ilmenit i hematit (16—34%), zatim listićavi minerali klorit i biotit u maloj količini (1—6%). Najzastupljeniji i najvažniji sastojci ove frakcije su prozirni teški minerali. Među njima su najučestaliji epidot (27—49%) i granat (11—43%). Općenito gledano epidot je najviše zastupljen mineralni sastojak u sitnozrnatijim sedimentima (30—49%), dok su pjeskovito-šljunkoviti sedimenti bogatiji granatom (32—45%). Tako granat u profilu bušotine pokazuje nagle oscilacije. Slično se ponašaju amfiboli i pirokseni. Redovito u gotovo nepromjenjenim količinama su u svim sedimentima prisutni cirkon (2—13%) i turmalin (4—15%). Staurolit, disten, apatit, rutil, titanit, kromspinel, kloritoid i andaluzit dolaze u vrlo malim količinama u odnosu na ukupan sastav prozirnih teških minerala.

Mineralni sastav silt-glinovitih i glinovitih sedimentata je prema rendgenskim analizama vrlo širokog raspona sastojaka. Siltna komponenta ovih sedimentata se sastoji od kvarca praćenog feldspatima, te promjenjivom količinom dolomita i kalcita. Samo sporadično su utvrđeni hematit, anatas zeolit i kristobalit. Osim ovih sastojaka određene su izvjesne

količine klorita. Zanimljiva je raspodjela kalcita i dolomita. Detritični dolomit je prisutan u gotovo svim uzorcima, dok je kalcit određen u svim analiziranim uzorcima i to u manjim količinama od dolomita. Redoviti omjer kalcita i dolomita je 2 : 1 i 4 : 1. Feldspati su predstavljeni kiselim plagioklasima tipa oligoklasa (20% anortitne komponente), rijetki su albit, mikroklin, ortoklas i bitovnit.

Od minerala glina se u analiziranim uzorcima javljaju kaolinit, ilit, montmorilonit i miješanoslojne gline. Samo jedan uzorak u potpunosti odgovara glini i to iz sloja na dubini 92,25—97,25 m bušotine S-10. U ovom sloju je prevladavajuća komponenta miješanoslojna glina, a zatim slijede montmorilonit, kaolinit, ilit i klorit. Miješanoslojna glina je tip intrastratifikacije slojeva ilita i montmorilonita s podređenom montmorilonitnom komponentom. Ovaj tip gline predstavlja intermedijalnu fazu montmorilonita u ilit kod povišenog tlaka i temperature.

Uočena je promjena u relativnim omjerima minerala glina u glinovitim sedimentima u profilu bušotine S-10. Ona je vezana za promjenu litološkog sastava stijena izvornog područja, ili količine donešenog i taloženog materijala.

Paleontološki sadržaj

Mikropaleontološka analiza sitnozrnatih sedimenata ukazala je na nalaze autohtone mikrofaune, koja se sastoji od nalaza slatkovodnih ostrakoda *Scottia*, *Candona* i *Ilyocypris*, koji se javljaju u nekoliko primjeraka nedovoljnih za određivanje kronostratigrafske pripadnosti. Zbog toga je pretpostavljena pleistocenska starost sedimenata. Faunu ostrakoda opisala je s područja Hrvatske kao i s lokaliteta Prevlaka A. Sokrač (1981). Utvrdila je da su tu u pleistocenu česte vrste *Candona candida*, *C. weltneri*, *C. neglecta*, *C. marchica*, te vrste *Typlehocypris ermita*, *Eucypris crassa* i *Herpetocypris reptans*, kojima je određen gornji pleistocen.

Asocijacija mikromoluska iz sitnozrnatih sedimenata je vrlo siromašna brojem vrsta i brojem jedinki. Samo neke vrste indiciraju na pleistocen. Usprkos tome određeni ostaci su poslužili za određivanje klimatskih uvjeta i ambijenta sedimentacije. Bogatu asocijaciju mikromoluska iz istovremenih naslaga iz bušotine na lokalitetu Resnik istočno od Zagreba opisali su An. Šimunić i O. Basch (1975). Fauna mikromoluska predstavljena je autohtonim vodenim i alohtonim kopnenim vrstama i mogla je poslužiti za kronostratigrafsko rasčlanjivanje naslaga.

Polen analize glinovitih sedimenata ukazuju na prisustvo polena iz asocijacije crnogorice i breza iz odsjeka kasnog glacijala. Određene stadijalne forme su uniformne i vrlo ih je teško vremenski definirati. Vjerojatno je dio formi pretaložen. Sve forme su indikator hladne klime, pa su poslužile za određivanje klimatskih prilika. Ovi rezultati analiza su u skladu s istim analizama iz rada Z. HERNITZ i surad. (1981).

Iz iznesenih rezultata je vidljivo, da analize mikrofaune, polena i mikromoluska, same nisu bile dovoljne za detaljno kronostratigrafsko rasčlanjivanje, ali su poslužile za komparaciju s drugim podacima i za određivanje klimatskih prilika i uvjeta sedimentacije (slika 2).

PORIJEKLO DETRITIČNOG MATERIJALA I UVJETI SEDIMENTACIJE

Prema sastavu teške i lake mineralne frakcije određeno je porijeklo detritičnih sastojaka silt-pješčanih i pješčanih sedimenata. Pretpostavlja se da je izvorno područje bilo izgrađeno iz metamornih stijena, kiselih, neutralnih i bazičnih eruptiva, te starijih sedimenata. Dio detritičnog materijala potječe iz područja Alpa, ali je najveći dio lokalnog porijekla s područja Medvednice i susjednog gorja, gdje su otkrivene metamorfne stijene, bazični eruptivi, paleozojske i mezozojske naslage i terciarni sedimenti. Vidljivo je da postoji kvalitativno jednolika asocijacija teških minerala kroz cijeli profil naslaga u bušotini, pa se zaključuje, da je detritični materijal donasan za vrijeme pleistocena iz istog izvorišnog područja. Značajni su lokalni utjecaji u doba interstadijala, dok za trajanja stadijala zračne struje donose materijal iz područja Alpa.

Poznato je da uvjeti sedimentacije uključuju mehanizam taloženja sedimenata, medije transporta, klimatske prilike, procese oksidacije i redukcije, humiditet i slično. Zbog toga je ova analiza izvršena na temelju svih dostupnih podataka, odnosno granulometrijskog, mineralnog i kemijskog sastava sedimenata, paleontološkog sadržaja i sastava rijetkih elemenata. Teksture nažalost nisu bile sačuvane u jezgrama bušotina. Parametri iz korištenih analiza pokazuju, da su krupnozrnati i srednjezrnati sedimenti prenošeni tekućom vodom, što znači da su fluvijatilnog porijekla. Sitnozrnati sedimenti su nastali u barama, močvarama i meandrima neposredno uz riječni tok i mogli su se odrediti kao barski s lesnim utjecajem. Na manji i povremeni donos lesnog materijala ukazuje mineralni i granulometrijski sastav sedimenata, odnosno prevladavanje silta u odnosu na pješčanu frakciju, kao i povećana količina epidota među teškim mineralima. Ove činjenice su karakteristične za lesne sedimente. Krupnozrnati i srednjezrnati sedimenti su transportirani većom energijom vode. To potvrđuje i sadržaj teških minerala veće gustoće kao što su granat i opaki sastojci. Sitnozrnati sedimenti u kojima je prevladavajući akcesorni sastojak epidot, koji ima manju gustoću od granata, nastali su u močvarama i mrtvajama u koje je silti materijal bio nošen vjetrom iz područja Alpa u vrijeme glacijala. Na ove uvjete ukazuju i nalazi mikromoluska.

U profilu kroz pleistocenske naslage u bušotini S-10 zapažena su neka odstupanja od u tekstu prikazanih činjenica. Analize pokazuju miješanje riječnih i barskih sedimenata, što je u vezi s promjenom riječnog toka, usijecanjem korita rijeke u već istaložene sedimente ili preplavlivanjima.

Rezultati kemijskih i spektrografskih analiza omogućili su rekonstrukciju klimatskih uvjeta, određivanje humidnosti, te oksidativnosti i reduktivnosti sredine sedimentacije. Korišteni su slijedeći indikatori: kalcij, željezo, mangan i krom. (Slika 2.)

Kalcijev karbonat se u pleistocenskim sedimentima iz bušotina na lokalitetu Prevlaka ne može uzeti kao siguran indikator za hladnija klimatska razdoblja. Njegova količina je malo povećana u intervalima 10—13 m, 37—43 m, 43—45 m i 58—60 m u bušotini S-10. Ove povećane vrijednosti vezane su za krupnozrnate i srednjezrnate sedimente u profilu, koji sadrže kalcit ili dolomit kao detritičnu komponentu. Konstantna prisut-

nost karbonatne komponente duž cijelog profila naslaga ukazuje na relativno slabiju cirkulaciju vode kroz ove naslage.

Povećano prisustvo mangana utvrđeno je također u srednjezrnatim i krupnozrnatim sedimentima. Praćeno je porastom oksida i hidroksida željeza. Ovi podaci indiciraju oksidativnu sredinu koja je vezana za tekuću vodu, odnosno riječni tok. Znatna količina manganovih iona također indicira vlažnu klimu.

Pojava željeznih oksida ukazuje na toplija razdoblja i procese oksidacije. Može se općenito ustvrditi da se mangan i cink vežu uz karbonatnu komponentu u sedimentu. Krom, čije je prisustvo također utvrđeno ukazuje na reduktivne uvjete.

Vanadij je asociran sa sulfidima željeza, a galij s organskom tvari. Pojava titana i cirkonija vezana je isključivo za određene minerale kao što su rutil i cirkon.

Bakar kao teški element vezan je za površinu čestica gline i za organsku tvar.

Pri razmatranju odnosa kemijskih elemenata i spojeva u svrhu rekonstrukcije klimatskih odnosa, te oksidativnosti i reduktivnosti sredine sedimentacije potrebno je uzeti u obzir moguće pretaložavanje sedimenta u vezi s mehanizmom sedimentacije kao i detritični karakter većine sastojaka u sedimentu.

Općenito su se na slici 2. mogli naznačiti oksidativni i reduktivni uvjeti. Dok su reduktivni uvjeti vezani isključivo za bare, močvare i meandre uz rijeke, u domeni tekuće vode su vladali izrazito oksidativni uvjeti.

Dobiveni kemijski parametri ukazali su samo na toplija interstadijalna razdoblja uz koje je bila vezana sedimentacija fluvijatilnih krupnozrnatih i srednjezrnatih sedimenta. Međutim ostaci mikrofosila i polena iz sitnozrnatih sedimenta ukazali su na postojanja hladnijih razdoblja stadijala. To potvrđuje i apsolutna starost, koja je izmjerena na sedimentu na dubini od 26 m i veća je od 40.000 godina.

Prema literaturnim podacima istraživano područje nije bilo prekriveno naslagama leda, a prosječna godišnja temperatura je varirala između -3 i $+10$ °C (Ložek, 1964).

USPOREDBA REZULTATA IZ BUŠOTINE S-10 I S-5

Iako udaljenost lokacija bušotina nije velika (oko 200 m) uočene su neke litološke razlike u profilima ovih mlade pleistocenskih naslaga. Ove razlike su uvjetovane tipom sedimentacije, odnosno izmjenom riječnih i barskih sedimenta, meandriranjem, preplavlivanjem i usijecanjem korita rijeke. Potrebno je naglasiti da je to u geološkom smislu isti tip naslaga s tim da odnos debljine riječnih i močvarnih sedimenta nije identičan u obe bušotine. Odnos debljina naslaga taloženih u intersatdijalu W_2/W_3 u bušotinama S-10 i S-5 je 14 : 17 m, a stadijala W_2 u istim bušotinama je 9 : 7 m.

U pogledu granulometrijskog sastava sedimenta nije isti odnos i raspored, te debljina slojeva šljunkovitih, pješčanih i silt glinovitih sedimenta u vertikalnom slijedu na profilima bušotina. Međutim, ako se promatra granulometrijski sastav pojedinih karakterističnih slojeva stadijala i in-

terstadijala i vrši usporedba u horizontalnom smislu u obe bušotine, zapaža se da je on sličan. Pri tome se misli na odnos šljunka, pijeska, silta i gline u tim slojevima.

Rezultati analiza mineralnog sastava sedimenata, osobito sadržaj karakterističnih teških minerala izražen u postocima, može se dobro komparirati u obe bušotine. Zapaža se ista pravilnost u izmjeni slojeva u kojima prevladava granat ili epidot, a koji su važan faktor kod određivanja tipa sedimenta i porijekla detritičnog materijala.

Analiza mineralnog sastava silt glinovitih sedimenata utvrdila je identičan mineralni sastav sedimenata iz bušotine S-5 na dubini 33.50—33,60 m i onih iz bušotine S-10 sa dubine 33—34 m.

Mikropaleontološke, malakološke i polen analize su u obe bušotine dosta oskudne, ali ipak ukazuju na iste klimatske i ambijentalne uslove.

Slični rezultati, koji se mogu bolje ili slabije usporediti, vidljivi su i kod ostalih izvršenih analiza. Bolje se mogu uspoređivati rezultati analiza silt-glinovitih sedimenata, što je razumljivo s obzirom na način sedimentacije i ujednačenost sastava ovih slojeva. Tako se moglo dobro uspoređivati rezultate kemijskih i spektrokemijskih analiza.

Uzevši u obzir navedene činjenice donijeti su identični zaključci o starosti naslaga u obe bušotine, zatim o porijeklu sedimenata, načinu transporta, medijima sedimentacije, genezi i dr.

Opći zaključak bio bi slijedeći: litološki sastav naslaga u obe bušotine nije identičan u vertikalnom profilu, pa se takve razlike mogu pretpostaviti za širje područje lokacije NE Prevlaka. S obzirom na to nije jednaka ni debljina izdvojenih kronostratigrafskih jedinica. Ove razlike nisu velike, ali postoje. Međutim, moglo se ustvrditi, ako se u horizontalnom smislu usporede pojedini karakteristični slojevi, da su oni vrlo slični u pogledu granulometrijskog, mineralnog i kemijskog sastava.

Uspoređujući bušotine S-10 i S-5 s lokaliteta Prevlaka i B-2 s lokaliteta Resnik (An. Š i m u n i ć i B a s c h, 1975) može se ustvrditi da je to isti tip pleistocenskih naslaga sa sličnim litološkim karakteristikama. Samo naslage kod Resnika su bogate fosilnim ostacima, osobito mikromoluskama. Osim toga u interstadijalnim fluvijatilnim sedimentima izrazito prevladavaju šljunci. Uočena je izvjesna podudarnost u granulometrijskom i mineralnom sastavu sedimenata.

KRONOSTRATIGRAFSKA PODJELA

Na temelju komparacija rezultata svih analiza, a osobito korišćenja rezultata određivanja apsolutne starosti izvršeno je kronostratigrafsko razgraničavanje kvartarnih naslaga u bušotini S-10. Pri tome su korištene slijedeće činjenice: izmjena paketa krupnozrnatih i srednjezrnatih sa sitnozrnatim sedimentima u vertikalnom profilu naslaga, apsolutna starost, paleontološki podaci, uvjeti sredine taloženja i promjena u sastavu karakterističnih teških minerala, odnosno procentualne zastupljenosti pojedinih vrsta.

Na osnovu navedenih postavki sedimenti u bušotini S-10 do dubine 75 m su uvršteni u gornji pleistocen i pripadali bi Wirmskom glacijalu i Riss-Wirm-skom interglacijalu, dok naslage u intervalu 75—100 m iste bušotine, vjerojatno pripadaju srednjem pleistocenu (glacijal Riss). Ko-

rištena je uvriježena Alpska podjela u smislu Pencka i Brücknera (1909), nadopunjena od Soergela (1939) i Zeunera (1945 i 1958). Osim toga izvršena je i klasična podjela gornjeg pleistocena u smislu navedenih autora, te Grossa (1957) i Brandtnera (1956) na tri stadijala: w_1 , w_2 , w_3 , te dva interstadijala w_1/w_2 i w_2/w_3 . Korišteni su i podaci o apsolutnoj starosti sedimenata. Ona u bušotini S-5 na dubini od 15 m iznosi 28.000 godina, a u bušotini S-10 na dubini 25—26 m sedimenti su stariji od 40.000 godina.

Debljina naslaga u bušotini S-10 prema opisanoj »alpskoj« podjeli je slijedeća:

Holocen	— 3 m	W_1/W_2	— 16 m
W_3	— 7 m	W_1	— 15 m
W_2/W_3	— 14 m	R-W	— 12,5 m
W_2	— 9 m		

Uzevši u obzir debljinu naslaga kao i apsolutnu starost sedimenata izračunata je brzina sedimentacije u holocenu i gornjem pleistocenu uz pretpostavku polaganog spuštanja u bazenu sedimentacije. Iz činjenica da je trajanje holocena 10.000 godina, a debljina naslaga 3 m, proizlazi da je brzina sedimentacije 0,3 mm na godinu. Debljina pleistocenskih naslaga u bušotini S-10, kojima je određena apsolutna starost 28.000 godina je 12 m, što govori da je brzina sedimentacije u gornjem pleistocenu bila oko 0,4 mm na godinu.

Ovi izneseni podaci se zbog tipa sedimentacije ne mogu generalizirati na širje područje i to zbog slijedećih činjenica. Za vrijeme glacijalnih, odnosno stadijalnih hladnih razdoblja sedimentacija se odvija pretežno u močvarama uz donos lesnog materijala. Ovaj lesni materijal je nošen vrlo izraženim zračnim strujama za vrijeme glacijala i stadijala iz područja Alpa. Riječni tok je bio tada slabo izražen s malom energijom vode. U doba interglacijala i interstadijala, kada dolazi do topljenja leda na Alpama i na visokim planinama, jačaju vodeni tokovi, koji nose u prvoj fazi krupan materijal, a zatim sve sitniji i sitniji. Tada se talože riječni sedimenti.

Prilikom naglih nadiranja riječnih tokova dio prije istaloženog riječnog materijala biva odnesen. Zbog toga u profilu naslaga u bušotini S-10 u bazi krupnijih sedimenata taloženih u W_1/W_2 i W_2/W_3 dio sitnozrnatih naslaga istaloženih u stadijalima nedostaje. Međutim debljina erodiranih sedimenata vjerojatno ne prelazi nekoliko metara. Ova vrsta erozije se pretpostavila na dubini 12 m, 22 m i 46 m analiziranog profila u bušotini S-10. Ovu pojavu je uz normalno pretaložavanje zbog usijecanja korita rijeke i preplavlivanja bilo potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja cijelog profila kao i kod korelacije s drugim profilom.

ZAKLJUČAK

Dopunjavanjem i korelacijom rezultata sedimentoloških i drugih pogodnih analiza izvršeno je kronostratigrafsko rasčlanjivanje kvartarnih sedimenata iz dvije bušotine na lokaciji NE Prevlaka. Naslage su uvršte-

ne u holocen i gornji pleistocen s prijelazom u srednji pleistocen. Sedimenti gornjeg pleistocena pripadaju Würm-u, a bilo je moguće izdvojiti tri stadijala i dva interstadijala.

Na profilima bušotina su odjeljeni horizonti srednjezrnatih i krupnozrnatih riječnih sedimenata od sitnozrnatih nastalih u barama i mrtvaja-ma. Riječni sedimenti su odlagani u periodima toplije klime za vrijeme trajanja interstadijala u oksidativnim uvjetima. Močvarni sedimenti su nastali za vrijeme trajanja stadijala u hladnijoj klimi. Sredina sedimentacije je bila pretežno reduktivna, a postojao je i donos lesnog materijala.

Koristeći sastav akcesornih teških minerala određeno je izvorišno područje i vrste matičnih stijena. Zaključeno je da većina materijala potječe iz masiva Medvednice i susjednog gorja, a manji dio iz područja Alpa. Donos materijala iz bližih područja bio je intenzivniji u vrijeme interstadijala. Litološki sastav kvartarnih naslaga se u profilima dvaju analiziranih bušotina razlikuje, što se tumači usijecanjem riječnih korita u veći istaložene naslage kao i zbog povremenih poplava. Ove razlike nisu velike, pa su se mogli komparirati karakteristični slojevi.

Primljeno: 14. 1. 1988.

LITERATURA

- Basch, O. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Ivanić grad, L-33-88, Geološki zavod Zagreb i Savezni geološki zavod Beograd, 1—66, Beograd.
- Basch, O. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Ivanić grad, Geološki zavod Zagreb i Savezni geološki zavod Beograd, 1980, Beograd.
- Borčić, D., Capar, A., Čakarun, I., Kostović, K., Miletić, P. & Tufekčić, D. (1986): Prilog daljnjem poznavanju aluvijalnog vodonosnog horizonta na širem području Zagreba. *Geol. vjesnik*, 21, 303—309, Zagreb.
- Briggs, L. I. (1965): Heavy mineral correlation and provenances. *Journ. Sed. Petrol.*, 35/4, 939—955, Tulsa, Oklahoma.
- Čakarun, I., Mraz, V., Babić, Z., Mutić, R., Sokač, A. & Franić, D. (1987): Geološke i hidrogeološke specifičnosti kvartarnog vodonosnog kompleksa prisavske ravnice na dionici granica SR Slovenija — Rugvica. *Geol. vjesnik*, 40, 273—289, Zagreb.
- Gorjanovi-Kramberger, D. (1907): Dali je bila gora Zagrebačka odleđena i kako je postala Zagrebačka terasa. *Glasn. hrv. naravosl. društva*, 19, 37—43, Zagreb.
- Hernitz, Z., Kovačević, S., Velić, J., Babić, Z. & Urli, M. (1981): Primjer kompleksnih geološko-geofizičkih istraživanja kvartarnih naslaga u okolici Prevlake. *Geol. vjesnik*, 33, 11—34, Zagreb.
- Klein, V. (1972): Die Ergebnisse einer vorläufigen geomorphologischen Analyse des Talteiles des Savestromes im Gebiete der nordwestlichen Hälfte des Savegrabens unter Berücksichtigung der neotektonischen verhältnisse. *Bull. sci. Cons. Acad. Yougosl. (A)*, 17, 1—2, 4—6, Zagreb.
- Kranjec, V., Prelogović, E. & Hernitz, Z. (1972): Strukturno-geomorfološka proučavanja neotektonskih gibanja u dijelu Posavine između Zagreba i Siska, te obziri kod planiranja građnji. Zbornik radova 2. jugoslav. simpoz. hidrogeol. i inž. geol. Sarajevo, 1972, 161—186, Beograd.
- Ložek, V. (1964): Měkhyši Československého kvartéru. *Raspr. Ustr. Geol.*, 17, 475, 12, Praha.

- Malez, M. (1961): Nalaz dvaju pleistocenskih sisavaca kod Zagreba i pregled okolnih nalazišta. *Geol. vjesnik*, 14, 63—88, Zagreb.
- Malez, M. (1963): Kvartarna fauna pećine Veternice u Medvednici. *Paleont. Jugosl.*, 5, 1—193, Zagreb.
- Malez, M. (1965): Pećina Veternica u Medvednici. I. Opći speleološki podaci. II. Stratigrafija kvartarnih taložina. *Acta geologica JAZU*, 5, 175—237, Zagreb.
- Nowinska, N., Miletić, P., Borčić, D. & Tufekčić, D. (1967): Prilog poznavanju aluvijalnog vodonosnog horizonta na užem području Zagreba. *Geol. vjesnik*, 20, 293—391, Zagreb.
- Prelogović, E. (1975): Neotektonska karta SR Hrvatske. *Geol. vjesnik*, 28, 97—108, Zagreb.
- Rukavina, D. (1983): O stratigrafiji gornjeg pleistocena s osvrtom na topla razdoblja i njihov odraz u naslagama na području Jugoslavije. *Rad JAZU*, 404, *Prirodne znanosti*, 19, 7—26, Zagreb.
- Sokač, A. (1978): Pleistocene ostrakode fauna of the Pannonian Basin in Croatia. *Paleont. Jugosl.*, 21, 1—51, Zagreb.
- Šimunić, An. & Basch, O. (1975): Stratigrafija kvartarnih sedimenata Zagrebačkog Posavlja. *Geol. vjesnik*, 28, 153—164, Zagreb.
- Velić, J. (1983): Neotektonski odnosi i razvitak zapadnog dijela Savske potoline. *Acta geol. JAZU*, 13/2, 26—65, Zagreb.

Chronostratigraphic subdivision of Quaternary sediments from the location Prevlaka southern from Zagreb

A. Šimunić, S. Novosel-Škorić & Lj. Piljurović

By means of sedimentologic, paleontologic, mineralogic, chemical, geochemical and radiometric analysis the chronostratigraphic classification of Quaternary sediments taken from boreholes S-10 and S-5 from the location of Nuclear Power Plant Prevlaka was carried out. The holocene strata are singled out as well as the late pleistocene with transition to the middle pleistocene ones. The late pleistocene strata are by means of »Alpine« division interlocated into Würm with transition to Riss-Würm. Würm sediments are separated in three stadial ages and two interstadial ones.

The thickness of holocene strata measures 2,5—3 metres, while the thickness of pleistocene strata is approximately 73 metres.

In profiles of the boreholes, the beds of middle granular and large granular sediments, settled by the river flows, are separated from small granular ones developed in pond environments with influences of loess. River sediments were deposited mainly during warmer climate in oxidizing condition in the interstadial periods, while pond sediments were settled during stadial periods in colder climate condition in mainly reducing environment. The mixing of these sediments is also established, cut by river bed into already deposited strata and overflowing.

Mineral components of sand sediments are quartz, feldspars rock particles and muskovite. The dominant accessory heavy minerals are garnet and epidote, which are important indicators for determination of the transport mod and sedimentation environment. The other important components are piroxene, staurolite, zirkon and tourmaline.

The mineral composition of silt-clay sediments is uneven. The constituent elements of silt component are quartz, feldspars, mica, dolomite and calcite. Among the clay minerals which are found, there are kaolinite, illite, montmorillonite and mixed layer clay. The alteration of the relative proportion of clay minerals in clay sediments is observed in the profile of borehole. It is presumed that the silt-clay and clay strata are of the sedimentary origin.

Using the composition of accessory heavy minerals, the source area, from where detrital constituents of Quaternary sediments originate, is determined. It had

been made up of metamorphic rocks, acid, neutral and basic eruptives and older paleozoical, mesozoical and tertiar rocks and sediments. The major part of detrital materials came from Medvednica and nearby moutains and the minor part from the Alps. The deposing of sediments from closer areas was more intense during interstadial, while the alpine influences by means of air-currents were more important in the stadial periods.

Lithologic composition of quaternary strata in boreholes is variable. For that reason it can not be compared in details in the boreholes. The diferences between two analyzed boreholes are not significant. But the charakteristic strata can be well compared by their distinctive traits.