

NADA NOWINSKA, PAVAO MILETIĆ,  
DINKA BORČIĆ i DARKO TUFEKČIĆ

## PRIOLOG POZNAVANJU ALUVIJALNOG VODONOSNOG HORIZONTA NA UŽEM PODRUČJU ZAGREBA

### *S 2 priloga*

Materija izložena u ovom radu odnosi se na upoznavanje aluvijalnog vodonosnog - »pjeskovito šljunčanog« horizonta na užem području Zagreba. Prikazane su fizičke granice, promjene u krupnoći zrna, osnovne hidrogeološke osobine te karakter njegovih pokrovnih i podinskih naslaga.

### UVOD

Kad je 1964. došlo do poznate poplave Zagreba postavljeno je pitanje obrane grada od visokih voda Save u budućnosti. Pitanje regulacije Save došlo je u prvi plan a s tim u vezi predloženo je nekoliko varijanti regulacije. Jedna od ovih uključuje i izradu hidroenergetskih objekata na ovom dijelu savskog toka.

Paralelno s problematikom regulacije nametnula se i potreba poznavanja litologije aluvijalnog vodonosnog horizonta a također i režima podzemnih voda. Bilo je naime jasno da se bez ovih podataka ne može izvesti niti jedan obrambeni objekat s potpunom sigurnošću. Osim toga poznata je činjenica da je lokalna plavljenja uzrokovala podzemna voda i iza obrambenih objekata.

Već kod prvih analiza podataka pokazalo se, da unatoč relativno velikog broja izvedenih istraživanja na zagrebačkom području ne postoji njihova zajednička interpretacija. Što više, do 1965. nije izvedena niti kritička analiza podataka koji su postojali, a koja bi pokazala njihov stupanj tačnosti i upotrebljivosti.

Institut za geološka istraživanja je preko svojih predstavnika na nizu sastanaka ukazivao na takvo stanje, a ujedno je preko Saveznog geološkog zavoda iz Beograda osigurao početna sredstva za formiranje ekipe koja je pristupila sređivanju i analizi dotadašnjih istraživanja. Istovremeno je izveden i ograničen obim dodatnih istraživanja koja su bila ne-

ophodna da se međusobno povežu pojedina područja na kojima su ranija istraživanja bila intenzivnija. Dodatni istražni radovi obuhvatili su plitka sondiranja i geoelektrična ispitivanja te izradu niza pijezometarskih bušotina, na kojima je organizirano mjerenje razine podzemne vode.

U okviru ovog zadatka posebno su obrađivani podaci koji su se odnosili na režim podzemnih voda i oni koji su se odnosili na litologiju i hidrogeološke osobine aluvijalnog vodonosnog horizonta.

Započeti rad na gornjoj problematici imao je vrlo skućene financijske granice i predstavlja prvi korak detaljnijem poznavanju neposrednog podzemlja Zagreba. Financijske mogućnosti za daljnje istraživanje nisu mnogo povoljnije, ali se istraživanja ipak produžuju sredstvima Skupštine grada Zagreba i poduzeća »Elektroprivreda«. Nastavak radova bit će zbog ograničenog intenziteta dugotrajan i to nas je ponukalo da ovako, sukcesivno, obavijestimo stručnu javnost o dosadašnjim naporima i poznavanju aluvijalnog vodonosnog horizonta zagrebačkog područja. Smatramo da su već do sada prikupljeni materijali i zaključci dovoljno zanimljivi i potrebni za veliki broj stručnjaka koji su zainteresirani za probleme koji se nameću kod rješavanja perspektivnog planiranja razvoja grada i realizacije urbanističkih rješenja, za rješenje problema regulacije Save, zaštite grada, izradu hidroenergetskih postrojenja, uređenja plovnog puta do Zagreba i vodoopskrbe grada.

Posebna poteškoća kod izrade ovog prikaza predstavljao je popis literature. Kod izrade priloženih karata korišten je vrlo velik broj stručnih geotehničkih i drugih izvještaja ali njihov broj ne dozvoljava da se iznese u popisu literature. Zato smo odlučili da u uvodu citiramo samo autore čiji izvještaji su korišteni, a oni koji su zainteresirani za detaljniji uvid u korištenu dokumentaciju upućuju se na Institut za geološka istraživanja gdje u Inženjerskom odjelu postoji detaljno uređena kartoteka podataka kao i popis arhiva gdje se određeni podaci mogu naći.

Autori čiji izvještaji su korišteni svrstani po abecednom redu su slijedeći: Aranicki I., Bonacci B., Ćuk, Domačinović Z., Eiler Z., Eiler Z. & Posarić Z., Fijember M., Horvatić-Mandić V., Horvatić V. & Horvat N., Horvat N., Horvat N. & Zgaga M., Katalinić J. i sur., Kleiner I., Klemenčić B. & Aranicki I., Kos D., Kos D. & Matošević Š., Lorencin L., Manojlović R., Maravić D., Matošević Š. & Teskeredžić F., Matošević I., Mojsijević J., Müller B., Nonveiller E., Papeš J., Percol B., Percol B. & Kleiner I., Petrinec F., Poturić M., Prebeg L., Rečaj I., Roudnicki M., Shek T., Sladović B., Sladović B. & Matošević Š., Smokvina, Srebrenović D., Strmac A., Svetličić E., Szavits-Nossan S., Swain J. S., Stajduhar M., Teskeredžić F., Vincek R., Verić F., Zgaga M.

Na kraju se moramo posebno zahvaliti nizu kolega koji su nam pomogli kod prikupljanja i interpretacije podataka, od kojih u prvom redu ističemo D. Vukovojca, M. Roudnicki, G. Špigelski i M. Cerovac.

ISTRAŽNI RADovi NA OBRADENOM PODRUČJU I KRITIČKI OSVRT  
NA KORIŠTENE PODATKE

Od svih istraživanja koja su izvedena na obrađivanom području do godine 1965. najmnogobrojnija su ona koja se odnose na geotehničko ispitivanje tla u zonama izgradnje. Za studij prvog vodonosnog horizonta upotrebljena su u ovom prikazu 234 takva izvještaja sa 2129 bušotina. K ovim podacima treba pribrojiti 38 strukturnih bušotina Vodovoda grada Zagreba i 31 bušotinu izrađenu u zoni projektirane Savske luke Zagreb.

Analizom i korištenjem ovih podataka pokazala su se njihova dva osnovna nedostatka. Prvi nedostatak odnosi se na nejednolikost gustine istraživanih lokaliteta za pojedina područja (prilog 1). Drugi je mala dubina bušotina, jer je samo oko 15% od ukupnog broja bušotina probušilo vodonosni horizont i ušlo u njegovu podinu. Na prilogu 1 takvi lokaliteti su posebno označeni pa vidimo da su oni češći na lijevoj nego na desnoj obali Save. Iz istog priloga vidi se da je do 1965. samo centralni dio gradskog područja bio intenzivnije istraživan.

Tokom 1965. u okviru našeg zadatka izvedena su ograničena dopunska istraživanja.

Između ostalog izrađeno je 79 plitkih strukturnih bušotina. Kako je međutim osnovna namjena ovih bušotina bila ugradnja pijezometarskih cijevi, to su i one iz materijalnih razloga opterećene istim nedostatkom kao i prethodne, tj. rijetko koja od njih je probušila čitav vodonosni horizont.

Da bi se ipak o vodonosnom horizontu moglo govoriti kao o jednoj cjelini, izrađeno je 12 profila sa ukupno 300 geoelektričnih sondi. Geoelektrično sondiranje izvedeno je metodom Schumbergera sa razmakom strujnih elektroda do  $AB/2=140$  m. Podaci nekih od izvedenih sondi bili su opterećeni greškama nastalim pod utjecajem površinskih nehomogenosti, osobito u užem prigradskom području, i takvi podaci nisu korišteni kod interpretacije.

Rezultati geoelektričnog sondiranja korišteni su direktno kod izrade karte vodonosnog horizonta (prilog 2).

Od dopunskih radova izvršen je i niz granulometrijskih analiza čiji rezultati su upotrebljeni kod određivanja litoloških promjena u šljunkovitom horizontu te za određivanje propusnosti slojeva uz pomoć iskusvenih formula.

## TUMAČ PRILOŽENOJ KARTI IZOBATA KROVINE I IZOPAHA PJESKOVITO ŠLJUNKOVITOG HORIZONTA

Na originalnoj karti »Hidrogeološke studije – Zagreb«, koja je rađena u mjerilu 1 : 10.000 prikazane su sve tri vrste izolinija: izobate krovine, izobate podine i izopahe pjeskovito-šljunkovitog horizonta, i to:

- izobate krovine sa dubinskim intervalom od 1 m
- izobate podine i izopahe s intervalom od 5 m.

Posljednji intervali odabrani su zbog toga što dubina podine jače varira od debljine krovine, a i zbog toga što za podinu ima znatno manje podataka. Dok se debljina krovinskih naslaga kreće u granicama od 1 do 7 m, dubina podine raste od 6 m (PJ-20) do 44 m (geoelektrična sonda 8/X). Postoje međutim nove indikacije da je ta vrijednost na nekim lokalitetima i znatno veća.

Na radnoj podlozi karte koja je priložena uz ovaj članak i koja je rađena u mjerilu 1 : 50.000 (prilog 2) dane su samo izobate krovine i to sa intervalom od dva metra i izopahe pjeskovito-šljunkovitog horizonta. Izobate podine, koje su ionako imale karakter pomoćnih izolinija i poslužile su za konstrukciju izopaha nisu ucrtane zbog skućenog prostora.

Debljina krovine i dubina do podine su relativne vrijednosti, tj. računane su od površine terena, a ne od apsolutne kote, a izopahe su konstruirane na osnovu presjecišta jednih i drugih izobata. Utjecaj neravnina terena osjeća se znatnije samo kod izobata krovine, zbog male debljine krovinskih naslaga, dok kod ostalih vrijednosti dolazi slabije do izražaja.

Priložena karta ima samo pregledan karakter. Na njoj se mogu zapaziti izvjesne pravilnosti u prostiranju i debljini krovinskih naslaga i pjeskovito-šljunkovitog horizonta.

Kod krovinskih naslaga uočljivo je, da su izobate svojim generalnim smjerom paralelne sa koritom Šave i da pokazuju tendencu zadebljanja idući od korita prema sjeveru i jugu.

Na sjevernoj obali uz korito Save debljina krovinih naslaga kreće se do cca 1 m, i to počevši od Podsuseda pa do područja Jaruna (bušotina 490/9). Odatle nizvodno do kraja terena ona iznosi oko 1–2 m.

Na području Podsuseda izobata 1 ulazi dosta duboko u unutrašnjost terena (bušotina 252/4 i sonde od 7–12 profila III). Na tom području je, kao što se vidi, debljina krovinih naslaga općenito malena (do 3 m). Lokalnu iznimku čini nešto veća debljina oko bušotina izvještaja 66 (bušotina 66/20 u prilogu 2). Veće debljine krovine počinju tek u graničnoj zoni između Stenjeveca i Vrapča. Podaci su međutim za ovu zonu dosta nepouzdana. U pitanju su plitke bušotine koje dopiru do šljunka ili su nešto ušle u njega, tako da se tačno ne zna da li se radi o proslojku šljunka male debljine u zaglinjenom materijalu ili o stvarnom šljunčanom horizontu. Zato je uzeto da izobata 7 označava i granicu šljunkovitog horizonta kojeg obrađujemo na ovom mjestu. Ona počinje

kod Kustošije i može se sa manjim ili većim prekidima slijediti do Resničkog gaja. Za graničnu zonu karakteristične su nagle promjene dubine do šljunka. Između ove dvije karakteristične zone, tj. područja uz Savu i granične zone, izolinije različito povijaju, ovisno najviše o količini podataka. Gdje ima više podataka povijanja su veća, dok su između pojedinih grupa bušotina izolinije shematizirane.

Situacija južno od Save nešto se razlikuje od situacije na sjevernoj obali. Općenite pravilnosti u izgledu izobata su iste. Manjka samo zona sa većom dubinom do šljunka, jer istraživanjem nije zahvaćena južna granica aluvijalnih naslaga. Pojas gdje šljunak dolazi do vrlo blizu površine pruža se na manjoj ili većoj udaljenosti od Save – izolinija 1 m – i to od Podsuseda do Bundeka, te sa izvjesnim prekidom nizvodno na području projektirane savske luke. Izuzetno veće debljine krovine registrirane su lokalno oko sonde 15/X i 14/X, zatim 2/XI, 9/XII, te bušotina Iz 9/D i SI-74.

Na području južnog Zagreba izolinije su izvučene pretežno na osnovu podataka bušenja izvedenih tokom 1965 god. i geoelektričnog sondiranja. Zbog malog broja podataka tačnost karte je na ovom dijelu terena mala. Iznimku čine dijelovi terena između Remetinca i Zapruđa, te na području nove savske luke, gdje postoji izvjestan broj geomehaničkih bušotina.

Kod debljine šljunkovitog sloja uočljive su također dvije pravilnosti: smanjenje debljine šljunkovito-pjeskovitog horizonta idući od Save prema rubovima terena i zadebljanje naslaga u smjeru od zapada prema istoku.

Manje debljine šljunčanog sloja (izopaha 5) mogu se pratiti uz sjeverni rub područja sa prekidima na potezu od Vrapča do Resničkog Gaja. Izuzevši rubnu zonu one se još javljaju samo lokalno oko pojedinih sonde ili bušotina (2/II, 3/II, 7/II, PI-2,278/2). Južno od Save takve male debljine registrirane su samo na području Rakitje-Osredok (sonda 7/I i lokalno oko bušotine PI-19). Kod Podsuseda imamo najrnanje debljine ovog horizonta ali i jedno lokalno zadebljanje oko geoelektričnih sonde, koje iznosi cca 15 m (sonde 12/III i 9/III).

Za dio terena sjeverno od Save osobito za uži centar Zagreba, karakteristična je prilično postojana debljina (5, 9 i 10 m). Postepeno zadebljanje sloja praćenog uz Savu, počinje između Mosta Slobode i Jakuševačkog mosta. To zadebljanje možemo promatrati ako ga ograničimo izopahom 10. Iz položaja ostalih izopaha prema izopahi 10 vidi se da se sloj šljunka postepeno zadebljava prema Petruševcu, tj. prema geoelektričnim sondama 9/X, 8/X, 11/X gdje je u okviru ovih istraživanja izmjerena i najveća debljina šljunkovitog horizonta (cca 35 m). Opći izgled izolinija na ovom mjestu je takav kao da su naslage šljunka ispunile prostranu udubinu. Usporedbom ove pojave s geološkom kartom nameće se pretpostavka da je zadebljanje djelomično vezano uz najmlađu tektoniku. Kod korištenja podataka izopaha ne smijemo

međutim smetnuti s uma ekstremno mali broj podataka s kojima se na ovom dijelu terena raspolaže. Veće dubine od 30 m dane su samo sondama profila X, a manje debljine od 25 m nepotpunim podacima bušenja (bušotine koje nose oznaku IZ 9/40, IZ 9/38, IZ 9/31, IZ 9/35 i još neke bušotine na istom lokalitetu). Za geoelektrični profil X je općenito karakteristična znatna debljina šljunčanog sloja, tako da se čak prema jugu ne pojavljuje inače karakteristično smanjenje debljine šljunčanog horizonta.

Zbog malog broja podataka s jedne strane, a s druge strane zbog njihove male gustine, a imajući u vidu sredinu u kojoj se vršila sedimentacija, na ovom se mjestu nismo upuštali u izradu litoloških profila aluvijalnog horizonta.

Paralelno s promatranjem prostiranja i promjena u prvom – aluvijalnom – horizontu izvršena je i gruba ocjena njegove propusnosti na osnovu većeg broja granulometrijskih analiza i izvršenih pokusnih crpljenja.

Obzirom na promjenjivost sastava tla i vodonosnog horizonta ustanovljene su znatne varijacije koje se statistički promatrane ipak mogu svrstati u određene grupe. Ustanovljeno je da se red veličine propusnosti pokrovnih naslaga kreće u granicama  $K = 10^{-3}$  do  $10^{-6}$   $\text{cm sek}^{-1}$ . Red veličine propusnosti za pješčano šljunkoviti horizont iznosi  $K = 10^0$  do  $10^{-2}$   $\text{cm sek}^{-1}$ , a propusnost podinskih naslaga je  $K = 10^{-6}$   $\text{cm sek}^{-1}$  ili manja.

#### ZAKLJUČAK

Prethodna hidrogeološka studija poplavnog područja Zagreba rađena je krajem 1964. i tokom 1965. godine. Obuhvatila je prikupljanje, analizu i selekciju postojećih podataka, te izvjesna dopunska istraživanja: plitke strukturne bušotine, osmatranje razine podzemne vode i geoelektrično sondiranje. Ovaj rad omogućio je stvaranje predodžbe o hidrogeološkim karakteristikama savskog aluviona na kome leži veći dio Zagreba, jer sličan rad za ovo područje do sada nije izveden. Njegovi rezultati višestruko su potrebni: kao podloga za regulacione zahvate na Savi, stvaranje temeljitije predodžbe o mogućnostima dalje izgradnje grada, vodoopskrbe itd.

Jednogodišnji period istraživanja uz ograničena materijalna sredstva nije bio dovoljan da se postignu potpunija ili konačna saznanja u vezi obrađivane problematike, ali kontinuitet rada koji je sada osiguran sigurno će dovesti i do toga.

Zbog toga rezultate koje iznosimo u ovom prikazu treba smatrati prvim upoznavanjem šire stručne javnosti sa naporima koji se ulažu u rasvjetljavanje ovog krupnog i kompleksnog problema. Rezultati su informativni a ne konačni.

Iz tehničkih razloga materija je podijeljena i bit će prikazana u dva dijela. Prvi dio obrađuje materijal koji se odnosi na pjeskovito šljunčani vodonosni horizont i predmet je ovog članka. U drugom dijelu bit će prikazano poznavanje i stanje podzemnih voda.

Kao što smo kazali, prikazani rad obuhvatio je prikupljanje i obradu postojećih podataka a u manjoj mjeri i dopunska istraživanja. Tokom rada ustanovljeno je da postoji prostorna i kvalitetna neujednačenost podataka pa zato njihova sinteza predstavlja orijentacionu sliku stanja na terenu i ne može poslužiti kao konačna podloga građevinskim zahvatima.

Za prvi vodonosni horizont ustanovljeni su slijedeći osnovni podaci.

Debljina horizonta mijenja se postepeno od zapada prema istoku. Kod Posuseda iznosi cca 5 m, na potezu između Podsuseda i Mosta Slobode kreće se između 5 i 10 m a na potezu između Mosta Slobode i Petruševca zadebljanje se naglo povećava i iznosi cca 35 m. U ovoj fazi studije pretpostavlja se da je ovo zadebljanje u neposrednoj vezi s najmlađom tektonikom, jer je na području zadebljanja seizmičkom metodom otkriveno nekoliko rasjeda pokrivenih najmlađim sedimentima.

U pogledu sastava šljunkovitog horizonta najznačajnije promjene ustanovljene su na sjevernoj obali Save krajnjeg sjeveroistočnog ruba terena. Iz podataka dobivenih geoelektričnim sondiranjem na profilima IX, X i XII opaža se postepeni prelaz iz pjeskovito-šljunkovitog u glineni sastav popraćen padom specifičnog otpora. Ova osebujna zona može se pratiti već od bušotine 253/5 (stadion Dinama) i preko geoelektričnog profila IX, sonde profila X, PI-42 i sonde profila XII do krajnje istočne granice terena. Na južnom dijelu terena obuhvaćenog ovim profilima nema prelazne zone, samo se zapaža tendenca smanjenja debljine šljunkovitog horizonta.

Još jednu jasno izraženu prelaznu zonu imamo na geoelektričnom profilu I, južno od Podsuseda, gdje od sonde 6/I prema sonde 10 prevladavaju glinovito pjeskoviti sedimenti. Izvjesno zaglinjenje zabilježeno je na krajnjim sjevernim i južnim tačkama profila III (sonde 1 i 13, na sjevernom, te sonde 9 i 10 na južnom dijelu profila).

Na sjevernoj granici terena gdje šljunčani horizont graniči sa sedimentima »zagrebačke terase« nema postepenog prelaza šljunka u glinovite sedimente. Moramo ipak napomenuti da ovdje nema niti dovoljan broj bušotina kojima se to može dokumentirati. Ipak u prilog te tvrdnje govori činjenica da se »dubina do šljunka« naglo mijenja na razmjerno malom području, pa neke bušotine duboke do 10 m nisu registrirale šljunak.

Na južnom rubu terena između geoelektričnih profila VI i XII nije registrirana spomenuta prelazna zona.

Unutar šljunčanog horizonta zapažene su također promjene u krupnoći taloženog materijala. One su registrirane na profilima pojedinih bušotina kao ulošci glinovitog materijala.

Sve ove promjene vezane su uz promjenu sedimentacionih uvjeta. Potrebna su međutim daljnja vrlo detaljna istraživanja pomoću kojih bi se moglo tačnije registrirati litološke promjene u inače jedinstvenom horizontu i rekonstruirati režim taloženja koji je vladao za vrijeme njegovog stvaranja.

Statistički, na osnovu podataka granulometrijskih analiza i pokusnog crpljenja, uglavnom na crpilištima Gradskog vodovoda, ustanovljeni su prosječni srednji koeficijenti propusnosti za pjeskovito šljunčani horizont, njegovu krovinu i podinu. Red veličine koeficijenta propusnost za krovinu iznosi  $K = 10^{-3} - 10^{-6} \text{ cm sek}^{-1}$ , za podinu on je uglavnom manji od  $10^{-6} \text{ cm sek}^{-1}$ , a za sam horizont kreće se u granicama  $10^0$  do  $10^{-2} \text{ cm sek}^{-1}$ .

Primljeno 8. 11. 1966.

Zavod za opću i primijenjenu geologiju,  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet,  
Zagreb, Pierottijeva 6,  
Institut za geološka istraživanja,  
Zagreb, Kušska 2.

#### LITERATURA

- Dukić, D. (1957): SAVA – potamološka studija. Izdanje Srpske akademije nauka, Beograd; Geografski zavod Zagreb.
- Gračanin, M. (1947): Pedologija, II dio. Zagreb.
- Herak, M. (1956): Geologija Samoborskog gorja, JAZU, Acta geologica 1, Zagreb.
- Herak, M. & Nedžela, D. (1963): Geologija Zagrebačke regije, Geografski institut PMF-a Zagreb.
- Kranjec, V. (1961–62): Geološko kartiranje jugozapadne polovine Zagrebačke gore. Institut za geološka istraživanja, Arhiv br. 3531, Zagreb.
- Marić, L., Bogojević, D. & Majer, V.: Petrografski spektar vučenog nanosa u koritu rijeke Save. Građevinar, 6, Zagreb 1954.
- Magdalenić, A.: O geološkom kartiranju područja Ozalj, Draganić i Slavetić-Jurjevčani. Institut za geološka istraživanja, Arhiv br. 2808, Zagreb.
- Ožegović, F. (1952): Geološko kartiranje Dubranec–Bukovčak, Naftaplin, Arhiv br. 2055, Zagreb.
- Sila, N. (1959): Izvještaj o geološkom kartiranju područja Samobor–Sv. Nedjelja. Institut za geološka istraživanja. Arhiv br. 3144, Zagreb.
- Šimunić, A. (1964): Vukomeričke gorice. Institut za geološka istraživanja, Arhiv Zagreb.



N. NOWINSKA, P. MILETIĆ,  
D. BORČIĆ and D. TUFEKČIĆ

A CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE ALLUVIAL WATER-BEARING  
HORIZON IN THE AREA OF THE CLOSE PRECINCTS OF ZAGREB

A Preliminary hydrogeological study of the area of Zagreb flooded by the Sava River was initiated by the catastrophic flood in November, 1964. The study comprehended a collection and evaluation of the existing data, as well as the execution of some additional investigations: shallow structural drilling, geoelectrical sounding and measurements of ground water levels. The use of the results is manifold; it serves particularly as a basis for the newly planned protective dams on the Sava River, banks, and for the construction of electrical power plants in this area.

An investigation period of scarcely one year, with very modest financial means, have not been sufficient for a completely satisfactory solution of the stated problem, and investigations have to be resumed in the near future. Meanwhile, the data presented in the following article are the first ones of such a character for the studied area, the reason why the authors decided to publish them for a broader use.

In the present paper we are dealing with the boundaries and lithologic characteristics of the alluvial groundwater horizon only. The storage and yield conditions of groundwater strata will be discussed in the next paper.

As already stated, the study started with the selection and evaluation of the existing data, and at the very beginning of our work it was discovered that the amount and quality of these data varied extensively throughout the area. The synthesis of the data presented in this article is in this way just of a preliminary character, and should not be used as a basis for any new construction in the studied area. Such constructions have to be preceded by more detailed geotechnical or hydrogeological investigations at the proper sites.

Concerning the first water bearing horizon (the alluvial deposits of the Sava River), several important facts have been established.

The thickness of the horizon changes gradually from the West to the East. A thickness of about 5 m. is recorded at the western side of the area and of about 35 m. in the East. Such a great accumulation of coarse clastic sediments at the downstream site of the river is attributed to the youngest tectonic movements due to the fact that some faults were detected by the seismic method at this locality. The faults are covered by alluvial deposits and can neither be seen nor studied on the surface.

The most important lithologic variations in composition of the studied horizon are found on the northern bank of the Sava River, specially near the north-eastern boundary of the area. At this place the successive transition from coarse sediments to fine ones has been detected by means of geoelectrical sounding. The coarseness of deposits changes from the West - where coarse gravels prevail - to the East, where finer clastic sediments (sandy gravel and sand) dominate.

The boundary of the studied horizon toward the North is well defined, but in the South it stretches outside the studied area.

According to the granulometric data, and to the data obtained during the pumping of wells, it was established that the permeability of the water bearing horizon ranges from  $K = 10^0$  to  $K = 10^{-2}$  cm./sec.<sup>-1</sup>.

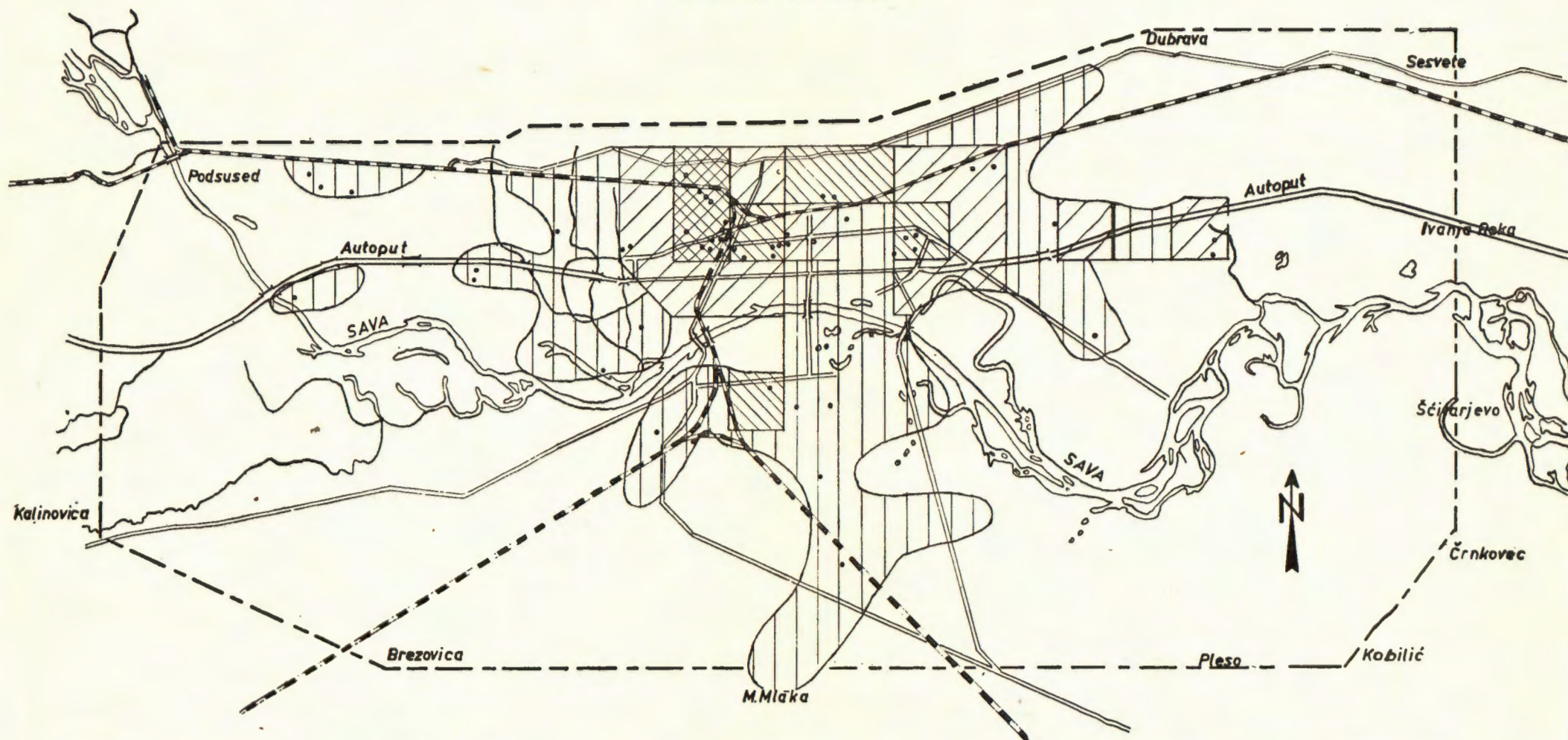
Received 8th November, 1966.

*Institute of General and Applied Geology,  
Faculty of Mines, Geology and Petroleum,  
Zagreb, Pierottijeva 6.*

*Institute of Geology,  
Zagreb, Kupaska 2.*

# KARTA GUSTINA ISTRAŽIVANIH LOKALITETA NA UŽEM PODRUČJU GRADA ZAGREBA

MAPE OF THE INVESTIGATED LOCATIONS  
AREA OF ZAGREB



**LEGENDA :** Broj istraživanih lokaliteta po  $\text{km}^2$   
**LEGEND** Number of the investigated lokations per sq.km

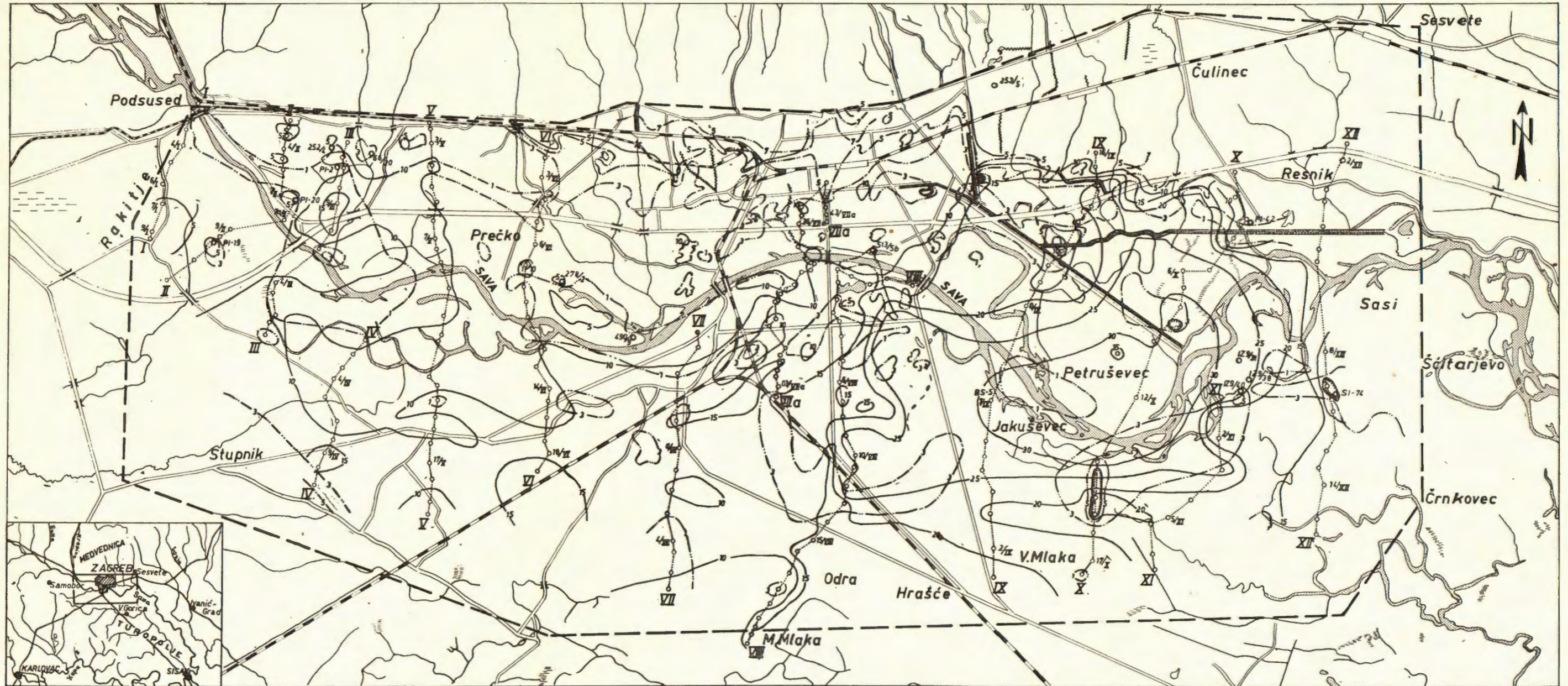
15-20
  10-15
  5-10
  1-5

• bušotine koje su nabašile podinu I vodonosnog horizonta  
 Boreholes with the determined thickness of the first ground water horizon

0 1 2 3 4 5 km

KARTA IZOBATA KROVINE I IZOPAHA I VODONOSNOG SLOJA  
Područje Zagreb

MAP OF THE ISOBATHES TO THE AND  
ISOPACHES OF THE FIRST GROUND WATER HORIZON



MJERILO  
SCALE



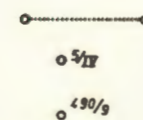
LEGENDA:  
LEGEND



IZOBATE KROVINE  
IZOBATHES TO THE FIRST GROUND WATER HORIZON

IZOPAHE I VODONOSNOG SLOJA  
IZOPACHES OF THE FIRST GROUND WATER HORIZON

NAGLI PORAST DUBINE  
RAPID INCREASE IN DEPTH



GEOELEKTRIČNI PROFILI  
GEOELECTRIC PROFILES

BROJ SONDE/BROJ PROFILA  
NUMBER OF GEOELECTRICALLY INVESTIGATED POINT/NUMBER OF THE PROFILE

BROJ IZVJEŠTAJA/BROJ BUŠOTINE  
NUMBER OF THE REPORT/NUMBER OF THE BOREHOLE

GRANICA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA  
BOUNDARY OF THE INVESTIGATED AREA