

HIDROGEOLOGIJA PODRUČJA SMETLIŠTA JAKUŠEVAC (ZAGREB)

Darko MAYER i Zvonimir MARKOVAC

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 41000 Zagreb, Hrvatska***Ključne riječi:** Otpad, Odlagalište otpada, Vodonosnik, Utjecaj na podzemnu vodu

Prikazana je struktura vodonosnika i raspored potencijala na području odlagališta otpadaka Jakuševac. Procijenjeni su mogući utjecaji odlagališta na kvalitetu podzemne vode.

Key-words: Refuse, Refuse disposal site, Aquifer, Effects on ground water

The structure of the aquifer and distribution of potentials in the area of refuse disposal site Jakuševac are described. Possible effects of disposal site on ground water quality are estimated.

Uvod

Zbrinjavanje komunalnog i industrijskog otpada predstavlja jedan od najvećih problema naše civilizacije. Taj problem rješava se na različite načine koji uglavnom ovise o materijalnoj snazi društva. Najvećim dijelom zbog nedostatka sredstava, ali i zbog organizacijskih slabosti, prikupljeni komunalni, a dijelom i industrijski otpad na području grada Zagreba odlaže se na neorganizirano i neuređeno smetlište Jakuševac. To odlagalište nalazi se na lokaciji Prudinec koja je smještena između naselja Jakuševac i Mičevac u jugoistočnom dijelu grada Zagreba. Otpaci se bez ikakve prethodne selekcije i pripreme odlažu na prostoru koji se pruža paralelno s rijekom Savom. Dužina smetlišta iznosi nešto više od 2 km, a širina varira od stotinjak do više stotina metara. Procjenjuje se da zauzima površinu od preko 600.000 m². Ta lokacija je izuzetno nepovoljna jer zadire u područje grada, a nalazi se i u zoni koja najvjerojatnije ima utjecaja na postojeća i buduća crpilišta gradskog vodovoda. Zbog toga je donesena odluka da se u najskorije vrijeme obustavi odlaganje otpadaka na smetlište Jakuševac te da se pristupi njegovoj sanaciji kako bi se minimizirali mogući negativni utjecaji na okoliš, a posebno podzemnu vodu.

Mogući utjecaj na podzemne vode, kao i način sanacije u najvećoj mjeri ovise o hidrogeološkim značajkama šireg područja smetlišta. U cilju definiranja tih značajki provedena je reinterpetacija podataka prikupljenih relativno obimnim hidrološkim istraživanjima koja su rađena u sklopu vodoistražnih radova za crpilište Črnkovec i za hidroenergetsku stepenicu Drenje. Rezultati te reinterpetacije izneseni su u ovom radu.

Količina i kvaliteta otpadaka

Na području grada Zagreba dnevno se u prosjeku prikupi 824 tone komunalnih otpadaka, oko 40 tona industrijskih otpadaka i oko 3,5 tone bolničkog otpada (Tušar i dr., 1991). Pod komunalnim otpadom podrazumijevaju se otpaci nastali u domaćinstvima i otpaci prikupljeni čišćenjem gradskih ulica i drugih javnih površina.

Industrijski otpad sastoji se od ostataka različitih sirovina, ambalaže, organskih i anorganskih otapala, muljeva iz bazena za galvanizaciju, taloga iz rezervoara različitih kemikalija koje se koriste u proizvodnji, nafte i naftnih derivata i produkata sagorjevanja – pepela i šljake.

Bolnički otpad čine ostaci lijekova i lijekovi kojima je prošao rok uporabe, različita ambalaža i upotrijebljeni sanitetski materijal. Na smetlištu Jakuševac odlaže se sav komunalni i bolnički otpad, te dio industrijskog otpada. Dio industrijskog otpada koji se kategorizira kao opasan u pravilu se ne bi smio dovoziti na Jakuševac, no zabilježeni su slučajevi ilegalnog odlaganja i tog tipa otpada.

Uzorkovanjem i sortiranjem smeća koje se dovozi na smetlište Jakuševac utvrđen prosječni sastav nalazi se u tablici 1.

Po kemijskom sastavu 75,8% otpadaka čini mineralna tvar, a 24,2% organska tvar. Prosječna vlažnost varira ovisno o godišnjem dobu i kreće se između 31 i 47%.

S obzirom na mogućnost utjecaja na kvalitetu podzemnih voda posebno je važan kemijski sastav otpadaka. Prema rezultatima analiza koje je izvršio Fakultet poljoprivrednih znanosti – Institut za agro-

Tablica 1. Prosječni sastav zagrebačkog komunalnog otpada (prema Tušar i dr., 1991)

Table 1. Average content of refuse from Zagreb (after Tušar et al., 1991)

Tvar Material	Udio u % Share in %
Građevinski materijal / Civil stuff	28,2
Organski otpaci / Organic refuse	23,3
Papir / Paper	20,5
Staklo / Glass	7,3
Mekana plastika / Soft plastics	6,6
Tvrda plastika / Hard plastics	4,2
Tekstil / Textile	3,8
Željezo / Iron	2,4
Koža i kosti / Leather and bones	2,2
Drvo / Wood	1,1
Guma / Rubber	0,4

kologiju (1985) najveći dio otpada sačinjen je od kalcija, magnezija, kalija, natrija, željeza i ugljika, odnosno silikata, karbonata, klorida, sulfata i fosfata tih elemenata. No zagrebački otpad, upravo zbog djelomičnog odlaganja industrijskog i bolničkog otpada, sadrži i znatne koncentracije mikroelemenata i teških metala, što posebno ugrožava podzemne vode (Tabl. 2).

Tablica 2. Koncentracija mikroelemenata i teških metala u suhoj tvari sa smetlišta Jakuševac (prema Tušar i dr., 1991)

Table 2. Content of trace element and heavy metals in dry matter from refuse of Jakuševac (after Tušar et al., 1991)

Element Element	Koncentracija u mg/kg suhe tvari Content in mg/kg dry matter
Mangan / Manganese	678
Cink / Zinc	512
Olovo / Lead	415
Bakar / Cooper	251
Živa / Mercury	52,4
Kadmij / Cadmium	40
Arsen / Arsenic	30
Krom / Chromium	23,1
Molibden / Molybdenum	14,3
Selen / Selenium	10
Kobalt / Cobalt	7,9
Bor / Boron	2,8

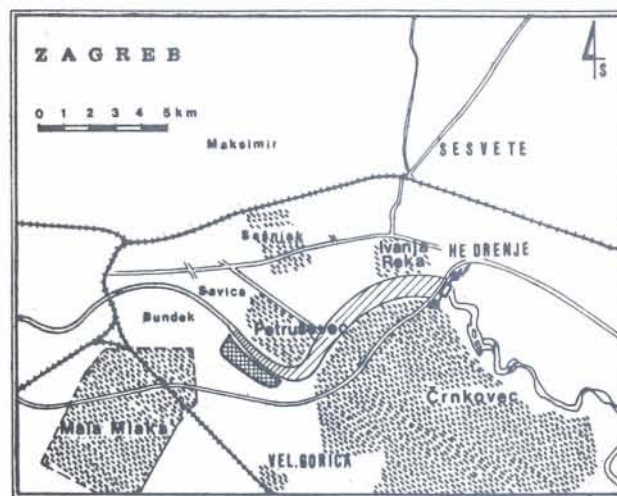
Odloženi otpaci doživljavaju transformaciju koja se odvija kroz dva stadija (Orašanić, 1978). U prvom stadiju se organska tvar iz otpadaka pretvara u humusnu tvar, a u drugom stadiju humusna tvar prelazi u mineralnu tvar. Pri tome važnu ulogu igra fermentacija. U površinskom dijelu odloženih otpadaka odvija se aerobna fermentacija pri čemu dolazi do razvijanja topline, tako da se u otpacima temperatura diže na 70 do 90 °C. U dubljim dijelovima odlagališta, tamo gdje je onemogućena cirkulacija zraka, odvija se anaerobna fermentacija pri kojoj se otpaci zagrijavaju na 35 do 40 °C. Procesima fermentacije oko 60% otpadaka prelazi u tzv. kompost – tvar bogatu ugljikom, dušikom, kalijem, magnezijem, ali i mikroelementima i teškim metalima.

Zbog infiltracije kiše i otpuštanja primarne vlage iz otpadaka u odloženom smeću nakuplja se određena količina vode koja postepeno otpada toplive komponente iz otpadaka i komposta (Zanoni, 1972). Tako se stvara otopina složenog, često puta i vrlo toksičnog kemijskog sastava koja se procjeđuje u donje dijelove tijela odlagališta. Taj filtrat predstavlja potencijalnu opasnost za podzemne vode. Stvarni utjecaj odlagališta otpadaka na podzemne vode u najvećoj mjeri ovisi o hidrogeološkim značajkama terena na kojem se smetlište nalazi.




Hidrogeološke značajke područja smetlišta Jakuševac

Smetlište Jakuševac nalazi se na desnoj obali rijeke Save u jugoistočnom dijelu grada Zagreba (slika 1.). Geološki taj teren pripada dijelu Savske potoline, odnosno Zagrebačkoj depresiji, a izgrađen je od kvartarnih klastičnih sedimenata pretežno aluvijal-

nog litofacijesa. S obzirom na različiti granulometrijski sastav naslaga koje izgrađuju ovaj dio terena, pojedini dijelovi sedimenata imaju različite hidrogeološke funkcije. Tako se razlikuju krovinski pokrivač, vodonosnik i podina vodonosnika.



LEGENDA-LEGEND

-  smetlište
refuse disposal site
-  zone crpilišta
well field zone
-  akumulacijsko jezero HE Drenje (buduće)
accumulation lake of HE Drenje (future)

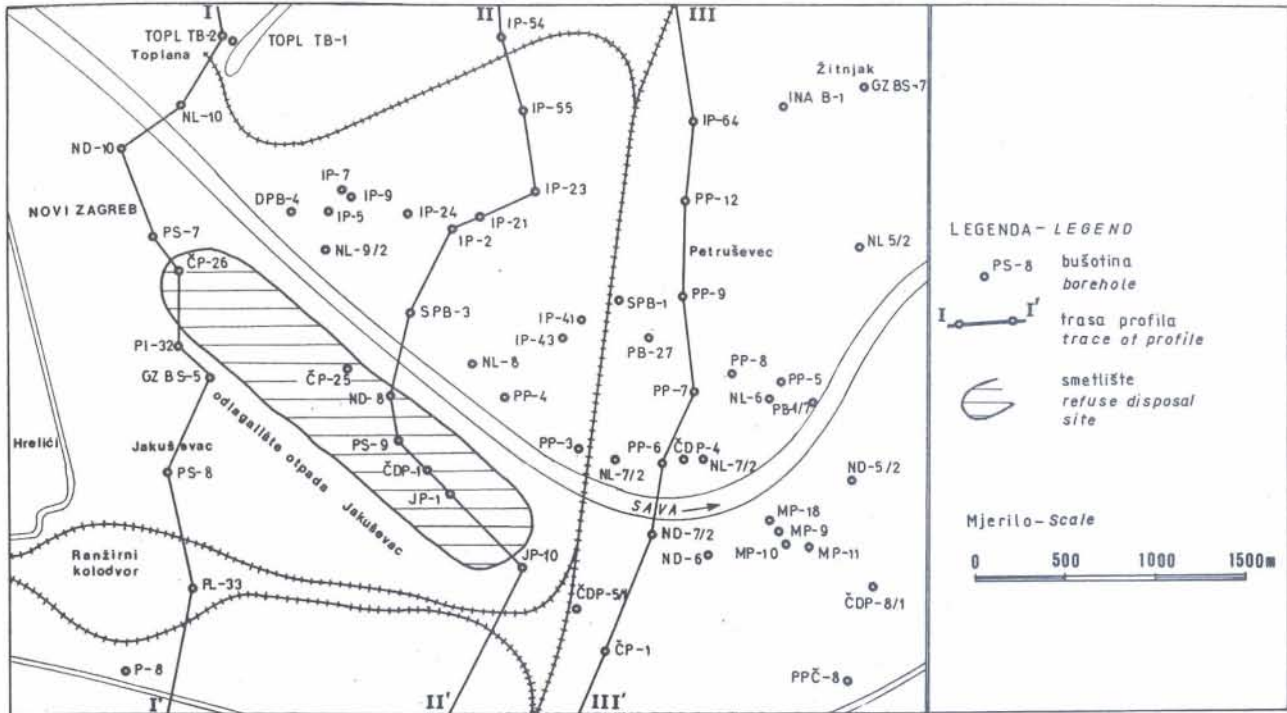
Sl. 1 Lokacija smetlišta Jakuševac

Fig. 1 Location of refuse disposal site Jakuševac

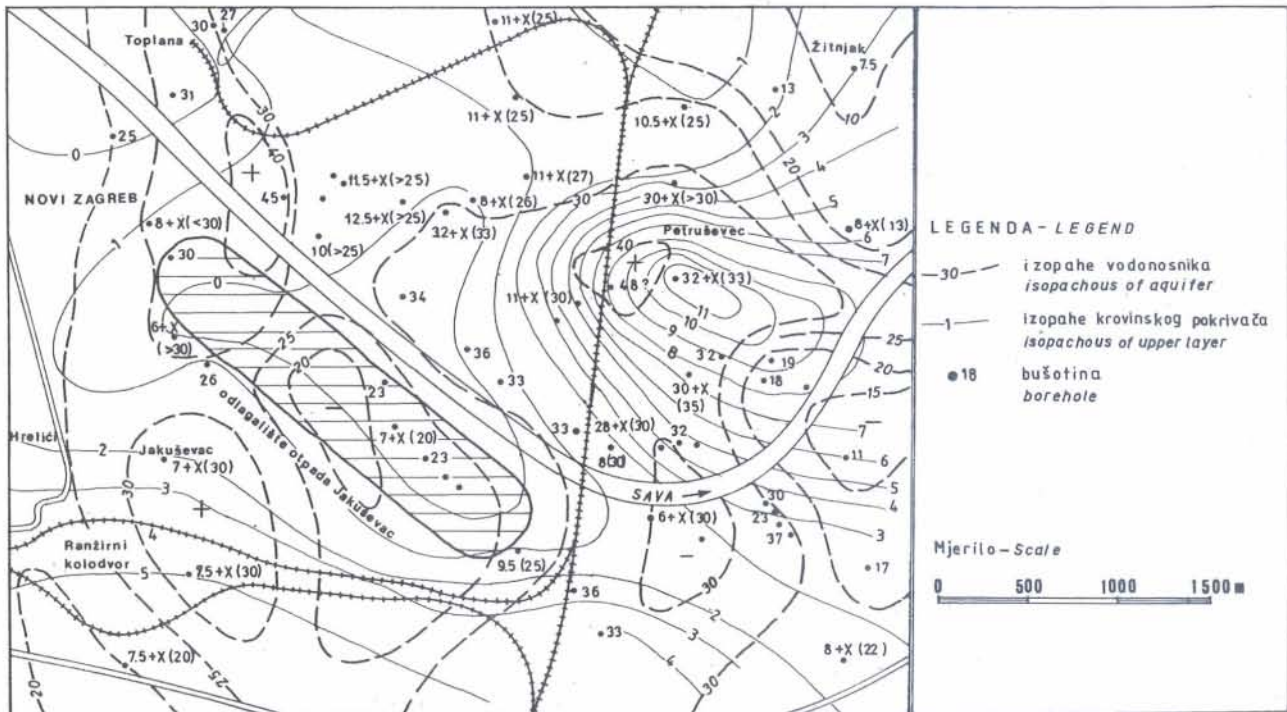
Krovinski pokrivač

Krovinski pokrivač nalazi se na površini terena, a izgrađen je od vrlo heterogenih sedimenata. Prevladavaju sitnozrnati prašinsto-pjeskoviti do prašinsto-glinoviti materijali. Debljina krovinskog pokrivača u široj zoni smetlišta Jakuševac jako varira i kreće se od 0 do 15 metara, no na najvećem dijelu prostora iznosi 2 do 3 metra (Blašković i Dragičević, 1989). Najmanje debljine su uz Savu, gdje ne prelaze 1,5 metara. Idući na sjever i na jug od savskog korita debljina krovinskog pokrivača postepeno raste. Najveća debljina od 14 metara registrirana je bušotinom PP-6 na lijevoj obali Save (slike 3 i 4). Na samom smetlištu krovinski pokrivač je vrlo tanak ili nedostaje. Dijelom je erodiran rijekom Savom koja je tekla područjem današnjeg smetlišta prije regulacije Save, a dijelom je uklonjen zbog eksploatacije šljunka (Mayer, 1980). Tako je danas na samom smetlištu stvoren »umjetni« krovinski pokrivač koji se sastoji od humusne tvari nastale pretvorbom organskog dijela otpadaka i od nerazgrađenog otpada. Debljina tih naslaga varira između 2 i 10 metara, a u prosjeku iznosi 7 metara. Na dijelu smetlišta na površinu terena navezen je sloj zemlje i šljunka debljine do 0,8 metara.

Hidrogeološka funkcija krovinskog pokrivača ovisi o njegovoj debljini. Tamo gdje je on tanak ili nedostaje dolazi do neposredne infiltracije padalinskih voda u vodonosnik, a tamo gdje je debeo više metara ima ulogu vremenskog regulatora procjeđivanja, tj. značajno ga usporava. Već je rečeno da je krovinski



Sl. 2 Karta lokacija bušotina s trasama profila
Fig. 2 Map of borehole locations with traces of profile



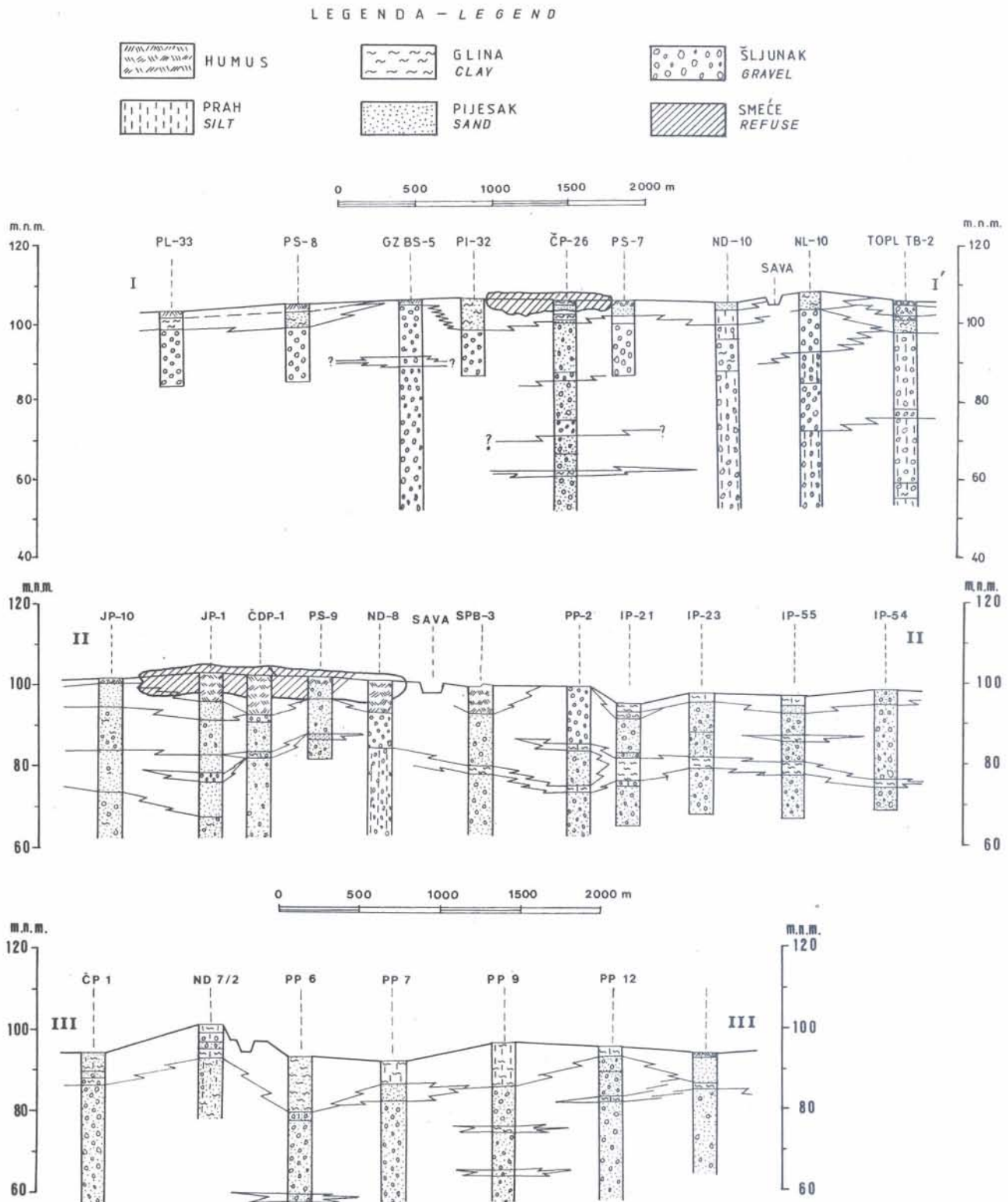
Sl. 3 Karta debljina vodonosnika i krovinskog pokrivača
Fig. 3 Isopahons map of the aquifer and his upper layer

pokrivač uz Savu relativno tanak, tako da je na cijelom promatranom prostoru korito Save urezano u podlogu krovinskog pokrivača, odnosno u vodonosnik.

Vodonosnik

Vodonosnik je izgrađen od krupnoklastičnih naplavina Save. Sastoji se od šljunaka i šljunkovitih pije-

saka koji se međusobno izmjenjuju i po vertikali i lateralno. U pravilu krupnoća zrna opada idući od zapada prema istoku. U širem području Jakuševca debljina vodonosnika varira između 5 i 50 metara (slika 3), (Blašković i Dragičević, 1989). Najveće debljine registrirane su uz Savu. Tako kod Petruševca debljina iznosi 48 m, južno od Savice 45 m, u selu Jakuševac 30 m, kod Buzina 25 m, u zoni



Sl. 4 Litološki profili

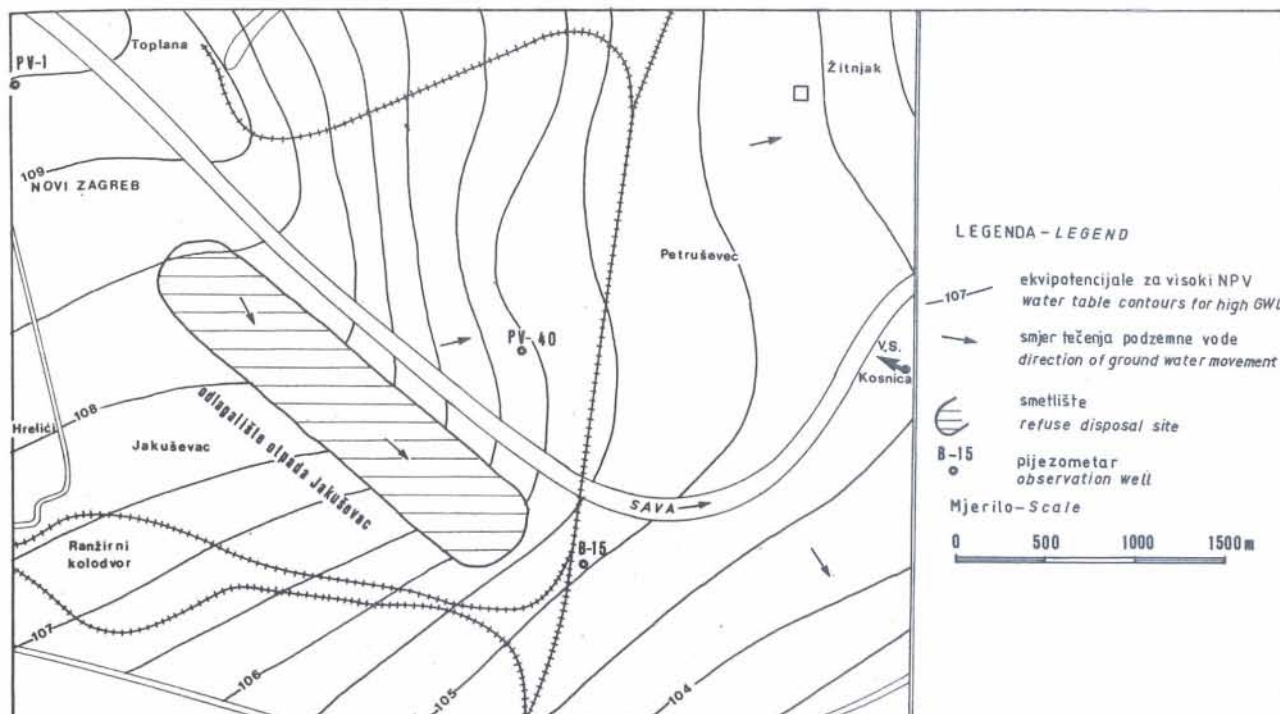
Fig. 4 Lithologic cross sections

aerodroma Zagreb 30 m i sjeverno od Selnice 43 m. Najveća debljina vodonosnika unutar cijele Zagrebačke depresije registrirana je kod sela Črnkovca, jugoistočno od smetlišta i iznosi oko 100 m.

Na području samog odlagališta otpadaka Jakuševac debljine vodonosnika su također različite. U sjeverozapadnom dijelu kreću se između 30 i 40

metara, u središnjem dijelu smanjuju se na oko 20 metara, a na krajnjem jugoistočnom dijelu ponovno dođu 30 metara.

Sa promjenom granulometrijskog sastava i debljine vodonosnika mijenja se i propusna moć, odnosno koeficijent transmisivnosti. Tako se u središnjem dijelu odlagališta transmisivnost kreće oko $2,5 \times 10^{-1}$ m²/s. U jugoistočnom dijelu smetlišta vrijednost koe-



Sl. 5 Karta vodnog lica
Fig. 5 Water table map

ficijenta transmisivnosti kreće se oko $3,0 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$, a udaljavanjem od Save opada na $1,5 \times 10^{-1}$ do $2,0 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$.

Za ocjenu mogućnosti širenja toksičnog filtrata iz tijela odlagališta kroz vodonosnik u njegovoj podlozi važna su filtracijska svojstva vodonosnika. Poznate su vrijednosti koeficijenta filtracije samo za gornji dio vodonosnika, a određene su na temelju granulometrijskog sastava. Na području smetlišta izračunate vrijednosti koeficijenta filtracije kreću se oko $1,5 \times 10^0 \text{ cm/s}$. Udaljavanjem od Save na sjever i jug vrijednosti se smanjuju, no nigdje nisu manje od reda veličine 10^{-1} cm/s .

S obzirom da na dijelu područja nedostaje krovinski pokrivač vodonosnika, te da je korito Save urezano u vodonosnik, radi se o tzv. otvorenom vodonosniku. To znači da su propusne naslage dijelom saturirane vodom čija razina varira ovisno o klimatskim prilikama i vodostaju Save.

Maksimalne razine podzemnih voda u široj zoni smetlišta kreću se od 109,5 mm na krajnjem sjeverozapadu (Zapruđe), do 103,5 na krajnjem jugoistoku (Mičevac) (slika 5). Na samom smetlištu maksimalne razine iznose 108,5 mm na sjeverozapadnom rubu, odnosno 106,0 mm na jugoistočnom rubu. Razlike između minimalnih i maksimalnih razina podzemne vode na području Jakuševca kreću se oko 2,5 metara. Kako razine podzemne vode ovise o vodostaju Save, tijekom godine javljaju se dva minimuma (kraj zime i početak jeseni) i dva maksimuma (proljeće i kasna jesen).

U području smetlišta Jakuševac podzemna voda teče paralelno sa Savom, odnosno smjer tečenja se podudara s pružanjem tijela odlagališta. Dok na području desne obale podzemna voda teče od sjeverozapada prema jugoistoku, na lijevoj obali prevla-

dava tečenje od zapada prema istoku. S obzirom da Sava u svim hidrološkim uvjetima hrani podzemlje, ona ujedno predstavlja i hidrauličku barijeru koja sprječava podzemno širenje zagađenja sa smetlišta u područje lijeve obale.

Uzimajući u obzir ranije spomenute vrijednosti koeficijenta filtracije i veličine hidrauličkog gradijenta može se procijeniti da se brzine tečenja podzemne vode u užoj zoni smetlišta kreću između 4 i 16 m/dan. Prosječne brzine tečenja iznose oko 6 do 8 m/dan.

Podina vodonosnika

O podini vodonosnika ima malo podataka. Može se reći da se radi o relativno slabije propusnom kompleksu klastičnih naslaga uglavnom nedefinirane debljine. U području Jakuševca ona leži na dubini od oko 30 metara ispod površine terena.

Utjecaj smetlišta na kvalitetu podzemne vode

S obzirom na količinu i sastav otpadaka koji su do sada odloženi na smetlište Jakuševac taj objekt nesumnjivo predstavlja najveći izvor zagađenja podzemne vode na području grada Zagreba. Naime, može se realno procijeniti da je kroz period od 26 godina, koliko se lokacija kao privremeno rješenje koristi, na smetlište Jakuševac odloženo oko 5.000.000 tona otpadaka. Prema podacima iznesenim u tablici 2 to znači da je tamo odloženo preko 2.000 tona olova, preko 250 tona žive, više od 60 tona arsena, oko 50 tona kroma i značajne količine drugih toksičnih elemenata i spojeva. Uz to što se na smetlištu nalaze ogromne količine kemijskih anorganskih i organskih, kao i bioloških polutanata, značajno je i to da se smetlište nalazi, s obzirom na mogućnost

zagađenja podzemne vode, na hidrogeološki krajnje nepovoljnoj lokaciji. Otpaci su deponirani na dio terena gdje uglavnom ne postoji slabopropusni krovinski pokrivač koji bi spriječavao ili usporavao prodor filtrata iz tijela odlagališta u vodonosnik. Što više, dio otpadaka odlagan je u prirodne depresije ili rupe nastale eksploatacijom šljunka, tako da je u neposrednom kontaktu s podzemnom vodom. Danas prosječna debljina sloja otpadaka iznosi oko 7 metara, a nivo podzemne vode oscilira u zoni između 1 i 5 metara ispod površine terena. To znači da unutar tijela odlagališta dolazi do vertikalnog kretanja podzemne vode što sigurno doprinosi procesima otapanja i izluživanja topivih komponenata. Tome treba dodati i relativno velike brzine horizontalnog tečenja podzemne vode, koje se kreću oko nekoliko metara na dan.

Uz sve ove činjenice dosadašnjim istraživanjima nisu uočeni veći negativni utjecaji na podzemne vode u širem području. Dokazano je da postoji veliko zagađenje neposredno ispod deponije, kao i da su zagađene podzemne vode u području sela Jakuševac i nešto manje, u zoni Mičevca (Jung, 1981). S druge strane, obimnim istražnim radovima na lokaciji budućeg crpilišta »Črnkovec«, koja se nalazi nizvodno od smetlišta, nije uočeno značajnije zagađivanje podzemnih voda. Za to se može dati više teoretskih objašnjenja. Prvo, zbog velike količine organske tvari vjerojatno unutar odlagališta dolazi do stvaranja organsko-metalnih kompleksa, koji su teško pokretni, pa se najveći dio teških metala zadržava unutar smetlišta. Drugo, dio metalnih iona sigurno se veže uz minerale glina, koji su svakako prisutni u vodonosniku, a dolazi i do procesa ionske zamjene. Treće, filtrat koji nastaje u odlagalištu je vodena otopina složenog kemijskog sastava ali i veće gustoće i specifične težine od vode, tako da se kreće vertikalno u dublje dijelove vodonosnika, gdje su brzine horizontalnog tečenja znatno manje nego u gornjim dijelovima, što rezultira zadržavanjem zagađenja u zoni ispod smetlišta. Četvrto, zbog velike količine podzemne vode u zagrebačkom vodonosniku, intenzivne dinamike i utjecaja Save odvijaju se procesi disperzije i razrjeđenja koji utječu na bitno smanjivanje koncentracije zagađenja na malim udaljenostima od smetlišta.

Dakle, može se reći da je zbog cijelog niza fizikalnih i kemijskih procesa, koji se simultano odvijaju u zoni smetlišta Jakuševac, stvarni negativni utjecaj na podzemne vode u širem prostoru bio vrlo mali. Treba imati na umu da su ti procesi u velikoj mjeri posljedica postojećih hidrogeoloških uvjeta. U skoroj budućnosti se u široj zoni Jakuševca predviđaju vrlo ozbiljni hidrotehnički zahvati, kao što je eksploatacija vode na crpilištu Črnkovec i izgradnja akumulacije HE Drenje. Tim zahvatima bitno će se promijeniti hidrodinamički odnosi na području današnjeg smetlišta, pa je realno očekivati da će se time značajno povećati utjecaj smetlišta na podzemne vode. Zbog toga projektom sanacije treba predvidjeti takvo tehničko rješenje kojim će se trajno imobilizirati ogromno zagađenje koje nesumnjivo postoji na užem području današnjeg smetlišta.

Zaključak

Komunalni, bolnički i dijelom industrijski otpad sa područja grada Zagreba od 1968. godine, odlaze se na smetlište Jakuševac, koje se nalazi na desnoj obali rijeke Save sjeverno od prigradskih naselja Jakuševca i Mičevca. Na odlagalište se svakodnevno dovozi oko 900 t otpadaka, što godišnje iznosi oko 290.000 tona. Otpaci se prikupljaju bez ikakve selekcije i odlažu se bez prethodne obrade tako da sadrže velike količine toksičnih elemenata i spojeva.

Smetlište se nalazi na terenu izgrađenom od kvartarnih aluvijalnih naslaga koje čine zagrebački vodonosnik. Na lokaciji odlagališta debljina šljunkovito-pjeskovitog vodonosnika iznosi oko 30 metara. Slabije propusni krovinski pokrivač na najvećem dijelu odlagališta je erodiran tokom rijeke Save prije regulacije njezinog korita, a dijelom je uklonjen zbog svojevremene eksploatacije šljunka. Tako se otpaci odlažu neposredno u šljunčano-pjeskoviti vodonosnik vrlo visokih koeficijenata filtracije čije se vrijednosti kreću u redu veličine od 10^9 cm/s. Vodonosnik je otvorenog tipa, tako da raspored i kolebanje potencijala ovise o vodostajima Save. Smjer tečenja podzemne vode paralelan je toku Save i odvija se uzduž tijela odlagališta. Brzine tečenja podzemne vode kreću se oko nekoliko metara na dan. Tako smetlište Jakuševac predstavlja vrlo veliki izvor zagađenja podzemne vode koji je smješten na terenu krajnje nepovoljnih hidrogeoloških karakteristika.

Ipak do sada registrirani negativni utjecaji smetlišta na kvalitetu podzemnih voda znatno su manji nego što bi se to moglo očekivati. To se može objasniti nizom kemijskih i fizikalnih procesa koji se simultano odvijaju u samom odlagalištu i njegovoj okolini. Tu se prvenstveno misli na stvaranje organsko-metalnih kompleksa, sorpcijski kapacitet minerala glina koji su prisutni u vodonosniku, te disperziju i razrjeđenje kao posljedicu hidrodinamičkih odnosa. Svi ti procesi kao i njihov rezultat posljedica su hidrogeoloških uvjeta koji danas vladaju na području smetlišta.

Bez obzira na sve, sigurno je da neposredno ispod smetlišta kao i u njegovoj blizini postoji ogromna količina vrlo opasnih polutanata koji predstavljaju veliku potencijalnu opasnost za podzemne vode u širem području. Tu opasnost povećavaju planirani hidrotehnički zahvati, kao što je puštanje u pogon crpilišta Črnkovec i izgradnja hidroenergetske stepenice Drenje, koji će bitno promijeniti dinamiku podzemnih voda, a time poremetiti odvijanje procesa koji u postojećim uvjetima ograničavaju širenje zagađenja. Zbog toga prije izgradnje navedenih objekata treba obustaviti daljnje odlaganje otpadaka na smetlište Jakuševac i provesti njegovu sanaciju. Pri tome će trebati odabrati takvo tehničko rješenje koje će trajno imobilizirati postojeće zagađenje u zoni smetlišta.

Primljeno: 25. X. 1991.

Prihvaćeno: 9. VI. 1992.

LITERATURA

Objavljeno

- Jung, V. (1981): Utjecaj deponija krutog otpada na kvalitetu voda na primjeru Jakuševca. Magistarski rad, 51 str., Sveučilište, Zagreb
- Mayer, D. (1980): Mogućnost zagađivanja vodonosnih slojeva kao posljedica hidrodinamičkih značajki na području užeg porječja Save u SR Hrvatskoj. Doktorska disertacija, 151 str., Sveučilište, Zagreb.
- Zanoni, A. E. (1972): Ground Water Pollution and Sanitary landfills-Agricultural Review. *Ground Water* 10, No. 1, 3-16, Louisville.

Neobjavljeno

- Blašković, I. & Dragičević, I. (1989): Studija prostornog rasporeda i geometrije sedimentnih tijela i njihov utjecaj na hidrogeološke odnose na području lijeve i desne obale Save od Bregane do Rugvice. Arhiv RGN-fakulteta, Zagreb.
- Orašanić, R. (1978): Studija za izbor sistema suvremenog zbrinjavanja otpadaka za Zagreb. Fond stručne dokumentacije, Industrijski projektni zavod, Zagreb.
- Tušar, B. et al., (1991): Studija utjecaja na okolinu sanitarnih deponija komunalnog otpada na područjima: Donja Bistra, Dumovečki Lug, Mraclin, Obrežnica, Pokupsko, Pušća-Trstenik, Šuma Starča. Arhiva Fakulteta građevinskih znanosti, Zagreb.

Hydrogeology of Refuse Disposal Site Jakuševac (Zagreb)

D. Mayer and Z. Markovac

Public, hospital and partly industrial refuse of the Zagreb city has been deposited on the refuse disposal site Jakuševac for 23 years. This refuse disposal site is located on the right bank of the Sava river north of the suburbs Jakuševac and Mičevac, occupying the area of about 600.000 m². About 900 t refuse is deposited on this location daily. It is estimated, that altogether over 5.000.000 t refuse has been deposited on the Jakuševac refuse disposal site so far. The waste materials are collected and deposited without any selection and treatment, so that they contain big amounts of toxic elements and compounds among which heavy metals, mercury and chromium are predominant.

The Jakuševac refuse disposal site is located on the site composed of Quaternary aluvial sediments forming the Zagreb aquifer. The thickness of aquifer on the depot location amounts over 30 m. This is an unconfined aquifer, because a semi-permeable surface cover on the broader area was eroded by the Sava river before its regulation, and it was partly eliminated because of the previous exploitation of gravel. The transmissivity coefficient values about $2,5 \times 10^{-1}$ m²/d are established and the hydraulic conductivity vary about 10⁰ cm/s.

The arrangement of groundwater potential is prescribed by adjacent water body of Sava river. The velocity of ground water flow amount about several m/d. Therefore it can be stated, that the Jakuševac refuse disposal site represents a big source of pollution located on the field with an especially inappropriate hydrogeologic characteristics considering groundwater protection.

However, negative influences of the refuse disposal site up to now, on the groundwater quality are considerably smaller than expected. The explorations proved a big groundwater pollution

in underlying strata of the waste depository as well as on the area of Jakuševac village. There is considerably less pollution on the Mičevac area and on the location of the future drainage basin Črnkovec, about 2 km south-eastwards from the refuse disposal site, there is no pollution evidence at all. Such a condition can be explained by several chemical and physical processes taking place in the depot, itself and in its close vicinity. This implies first of all the formation of organic-metallic complexes, mineral clay sorption, ion exchange and dispersion and dilution. All these processes as well as their results are the consequence of hydrogeologic conditions existing today on the waste depository area.

Without regarding the described condition it is obvious, that there are big quantities of dangerous pollutants concentrated in the zone of the refuse disposal site, which points to potential danger for groundwater in broader area. This danger is particularly increased by the planned hydrotechnical operations in the zone of Jakuševac. Namely, in near future, the Črnkovec well field with the capacity about 6 m³/s is supposed to be put into operation, as well as the construction of the hydroelectric plant accumulation of Drenje. These actions will essentially change the groundwater dynamics and there disturb the processes which confine pollution spreading today.

It is therefore necessary, before starting to build the mentioned constructions, to stop further deposition of waste materials on the Jakuševac refuse disposal site and to perform its healing. In doing this, such technical solution has to be chosen, which would permanently immobilize existing pollution in the zone where it is present today.