

Neven KRALJ
dipl. ing. rud., Geotehnički studio d.o.o., Zagreb, Hrvatska

Nives SOKOLIĆ
dipl. ing. eko, Geotehnički studio d.o.o., Zagreb, Hrvatska

ISPITIVANJE ONEČIŠĆENOSTI TLA I PODZEMNE VODE NA LOKACIJAMA BUDUĆIH BENZINSKIH POSTAJA OMV ISTRABENZ U REPUBLICI HRVATSKOJ

SAŽETAK: U radu je dan prikaz istraživanja onečišćenosti tla i podzemne vode na devet lokacija u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske na kojima se planira izgradnja benzinskih postaja OMV *Istrabenz*. Radovi su provedeni u svrhu utvrđivanja nultog stanja kvalitete okoliša. Na slijedećim stranicama dana je usporedba dobivenih rezultata na pojedinim lokacijama, a ovisno o specifičnosti lokacije na kojoj se planira izgradnja, te geološkim, hidrogeološkim i hidrološkim uvjetima koji su vladali u vrijeme uzorkovanja tla i podzemne vode.

Ključne riječi: onečišćenje, tlo, podzemna voda, procjena nultog stanja okoliša, ispitivani parametri

THE INVESTIGATIONS OF SOIL AND GROUNDWATER CONTAMINATION ON LOCATIONS OF FUTURE GAS STATIONS OMV ISTRABENZ IN REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY: The paper shows the investigations of soil and groundwater contamination of nine locations in continental part of Croatia. These locations are future building sites for OMV *Istrabenz* gas stations. The investigations were carried out in order to evaluate the existing environmental conditions. Next pages give the comparison of obtained results, depending on specific quality of every location, geological, hydro geological and hydrological terms on locations in the time of sampling.

Key words: contamination, soil, groundwater, environmental assessment, tested parameters

UVOD

U periodu od svibnja do listopada 2003. godine obavljena su ispitivanja onečišćenosti tla i podzemne vode na devet lokacija u Republici Hrvatskoj. Lokacije su definirane od strane Investitora (OMV – *Istrabenz*) i na njima je planirana izgradnja benzinskih postaja. Nalaze se u kontinentalnom dijelu Hrvatske (po tri u Zagrebu i Osijeku, te po jedna u Varaždinu, Vinkovcima i Đakovu) u kojem prevladavaju vodonosnici s intergranularnom poroznošću, a na području Slavonije zbog morfološki slabo raščlanjenog terena i s usporenom cirkulacijom podzemnih voda.

Kroz rad će se dati usporedba dobivenih rezultata na pojedinim lokacijama ovisno o geološkim, hidrogeološkim i hidrološkim uvjetima koji su vladali na terenu u vrijeme uzorkovanja tla i podzemne vode.

GEOLOŠKE, HIDROGEOLOŠKE I HIDROLOŠKE ZNAČAJKE LOKACIJA

Na osnovi detaljnih pregleda lokacija, inženjerskogeoloških snimaka terena, kao i na osnovi podataka dobivenih determinacijom jezgre iz izvedene istražne bušotine dobiveni su neki osnovni geološki i hidrogeološki podaci o lokacijama na kojima su provedena istraživanja.

Geološke i hidrogeološke prilike na lokacijama u Zagrebu i Varaždinu vrlo su slične. Zagrebačke lokacije nalaze se u zoni aluvijalnog nanosa prve savske terase, dok se varaždinska lokacija nalazi se u zoni aluvija prve i druge dravske terase. Aluviji su nastali taloženjem šljunkovito–pjeskovitog horizonta tijekom holocena. Izvedenim bušotinama utvrđeno je da ispod početnog sloja humusa temeljno tlo izgrađuje u početku interval gline srednje plastičnosti i konzistencije, na koju se nastavlja sloj prekomjerno zaglinjenog pijeska, ispod kojega se proteže sloj šljunka koji je u početku prekomjerno pjeskovit a kasnije prelazi u dobro graduiran, srednje do gusto zbijen.

Za lokacije na području Slavonije (Osijek, Vinkovci i Đakovo) karakteristične su kvartarne naslage, od kojih prevladavaju barski kopneni les i les, na tektonski uzdignutom prostoru, kojeg čine pjeskoviti silt, gline i organogene gline. U obje vrste sedimenta najveći udio čini les eolskog porijekla u kojem se nalazi i prašina i pijesak doneseni iz napuštenih riječnih i lesnih prostora. Šljunak je uglavnom zapostavljen iako je za područje Đakova karakterističan i aluvijalni nanos potoka kojega čine uglavnom pijesci, siltovi, zaglinjeni pijesci i šljunci.

Nakon provedbe istražnih bušotina na području Slavonije (Osijek, Vinkovci i Đakovo) utvrđeno je da temeljno tlo uglavnom tvori glina do prah srednje plastičnosti i srednje konzistencije, mjestimično ispresijecana slojevima gline ili praha također srednje plastičnosti i srednje konzistencije, a u Đakovu i slojevima pjeskovitog, zaglinjenog i srednje zbijenog šljunka.

Specifičnost savskog aluvijalnog vodonosnika proizlazi kao posljedica asimetričnosti porječja i neotektonskih prilika koje su pratile formiranje kvartarnih naslaga u savskoj depresiji. Na zagrebačkom području prilike su vrlo slične kao i na varaždinskom području, a odlikuju se visokom propusnošću. Koeficijent filtracije iznosi 1×10^{-1} cm/s, a razlika između horizontalnog i vertikalnog smjera vodopropusnosti je povoljna (vertikalni smjer vodopropusnosti je minimalno 10 puta manji). Obzirom na te karakteristike mogućnost infiltracije eventualnog onečišćenja na površini u dublje slojeve tla, pa tako i do nivoa podzemne vode je velika. S druge strane prethodno navedene karakteristike u normalnim uvjetima pozitivno utječu na kvalitetu podzemne vode koja se time nalazi u povoljnim, oksidativnim, uvjetima.

Za razliku od šljunčanih slojeva, slojevi praha i gline u ravničarskim predjelima Drave niske su propusnosti, te je stoga mogućnost infiltracije onečišćenja na površini u dublje slojeve tla i podzemnu vodu mala. Oblik tih naslaga kao i formiranje kemijskog sastava podzemne vode uvjetovali su neotektonski pokreti. U predjelima spuštanja terena nastaju debele naslage koje se talože u močvarnim uvjetima, pa nastaje reduktivna sredina s karakteristično povišenim sadržajem prirodnog amonijaka, željeza, mangana i pratećih sastojaka u podzemnim vodama.

Geološki uvjeti na terenu samo djelomično utječu na kvalitetu tla i podzemnih voda. Osnovni problem ipak je urbaniziranost i industrijski razvoj, koji je u prošlom stoljeću uvelike povećao degradaciju kvalitete istih.

PROVEDENA ISTRAŽIVANJA

Istraživanja na svakoj od spomenutih lokacija podijeljena su u dva dijela: terenski istražni radovi i laboratorijska ispitivanja.

Terenski istražni radovi

Cilj terenskih istražnih radova bio je upoznavanje s karakteristikama lokacija i sakupljanje reprezentativnih uzoraka tla i podzemne vode. U okviru istraživanja obavljen je detaljni vizualni pregled terena na užem području gdje se planira izgradnja budućih benzinskih postaja, na temelju čega su odabrani položaji istražnih bušotina i sondažnih jama. Bušotine i sondažne jame locirane su u blizini postojećih izvora onečišćenja (prometnice, tvornice, poljoprivredna zemljišta...), na vidljivo onečišćenim zonama ili na područjima buduće pumpne stanice na kojima je vjerojatnost od eventualnog hazarda najveća (podzemni spremnici goriva, odlagališta za ulja i masti, mjesta za punjenje goriva...)

U svrhu utvrđivanja površinske i dubinske raspodjela onečišćenja, na svakoj od lokacija izvedena je po jedna istražna bušotina i dvije sondažne jame iz kojih su uzimani uzorci tla za analizu. Dubine sondažnih jama na svim lokacijama su iste i iznose 30 cm mjereno od površine terena. Bušenje istražne bušotine izvedeno je uz kontinuirano jezgrovanje, te vizualnu identifikaciju i klasifikaciju izbušene jezgre, a praćena je i razina pojave i oscilacija podzemne vode. O razini podzemne vode ovisi i dubina bušotine jer je po dovršenju bušenja u bušotinu ugrađen piezometar koji, da bi se dobili važeći uzorci, mora biti uronjen jednom trećinom dužine u vodu. Uzorak vode za daljnja laboratorijska ispitivanja uzet je nakon sanitarnog čišćenja i probnog crpljenja piezometra.

Laboratorijska ispitivanja

Laboratorijska ispitivanja tla i podzemne vode provedena su u ovlaštenom laboratoriju Zavoda za javno zdravstvo grada Zagreba. Za utvrđivanje onečišćenosti korišteni su propisi i zakoni doneseni za temelju Ustava Republike Hrvatske. Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN. br. 34/91) osnovni je zakon kojim se regulira zaštita poljoprivrednog zemljišta odnosno oranice, vrtovi, voćnjaci, vinogradi, livade, pašnjaci, ribnjaci, trstici i močvare, ali i sva neizgrađena građevinska zemljišta. Na temelju tog zakona donesen je i Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima (NN. br. 15/92) kojim se određuje koje se tvari smatraju štetnim za tlo, te njihove dozvoljene količine u tlu. Kao štetne tvari navode se teški metali i potencijalno toksični elementi (Cd, Hg, Mo, As, Co, Ni, Cu, Pb, Cr i Zn) te policiklički aromatski ugljikovodici - PAH.

U nedostatku domaćih propisa za ocjenu stupnja onečišćenosti ostalim parametrima procjena je provedena na osnovu preporučenih vrijednosti iz nizozemske literature (Intervention values and target values – Soil quality standards). Prema nizozemskim kriterijima zone onečišćenosti tla s pojedinim tipovima onečišćivača podijeljene su na 2 nivoa po kojima su propisane dvije granične vrijednosti, a to su:

- ciljana vrijednost – koncentracija pojedinog onečišćivača dosiže vrijednost koja ima neznatan utjecaj na okoliš. Predstavlja vrijednost u svezi kakvoće okoliša koju treba postići.
- interventna vrijednost – koncentracija pojedinog parametra onečišćivača dosiže vrijednost koja ima štetan utjecaj na ljude, biljke i životinje. Koncentracije koje prelaze interventnu vrijednost podrazumijevaju jako zagađeno tlo, te je sanacija neophodna.

Procjena onečišćenosti podzemne vode provedena je prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN. br. 77/98). Uredba je donesena na temelju Zakona o vodama (NN. br. 107/95) i njome se ocjenjuje kakvoća voda i obavlja svrstavanje voda u vrste na temelju dopuštenih graničnih vrijednosti pojedinih skupina pokazatelja (fizikalno – kemijski, mikrobiološki, biološki pokazatelji, režim kisika, hranjive tvari, metali, organski spojevi i radioaktivnost). Vode se prema graničnim vrijednostima pokazatelja svrstavaju u pet vrsta od I do V, od kojih u vode I. kategorije spadaju podzemne i površinske vode koje se u svom prirodnom stanju ili nakon dezinfekcije mogu koristiti za piće ili u prehrambenoj industriji, a u petu vrstu vode koje se gotovo ne mogu koristiti ni za kakve namjene.

Osim ove Uredbe korištena je i Uredba o opasnim tvarima u vodama (NN. Br. 78/98) prema kojoj su preuzete granične vrijednosti za pokazatelje koji nisu navedeni u Uredbi o klasifikaciji voda.

ONEČIŠĆENOST TLA

Za ispitivanje kvalitete tla na svakoj od navedenih lokacija uzeta su po tri uzorka. Cilj radova bio je utvrditi najveće koncentraciju štetnih parametara na svakoj od lokacija, tako da su dubinski uzorci uzimani iz slabo propusnih slojeva tla.

Rezultati provedenih analiza pokazali su da ispitivani parametri na sedam lokacija zadovoljavaju granične vrijednosti za čisto tlo prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog tla od onečišćenja (NN. br. 15/92) i nizozemskim propisima. Na temelju toga zaključuje se da tlo na predmetnim lokacijama nije onečišćeno.

Na jednoj od lokacija na području Grada Zagreba (uz Ljubljansku aveniju) koncentracije slobodnih cijanida pokazale su vrijednosti više od dozvoljenih prema korištenoj literaturi. Obzirom da su granične vrijednosti za cijanide preuzete iz nizozemske literature i prema Hrvatskim propisima ne ubrajaju se u štetne tvari također se zaključuje da tlo na ovoj lokaciji nije onečišćeno.

Jedina lokacija na kojoj su koncentracije mjerenih parametara prelazile dopuštene vrijednosti propisane Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima (NN. br. 15/92) nalazila se u Osijeku na području bivše tvornice tekstila. Dugogodišnji rad tvornice utjecao je na povišene koncentracije nikla u tlu koji je karakterističan nusprodukt kemijskih anorganskih industrija.

ONEČIŠĆENOST PODZEMNE VODE

Za ispitivanje kvalitete podzemne vode na svakoj je lokaciji uzet po jedan uzorak iz piezometra ugrađenog u istražnu bušotinu. Prije uzorkovanja piezometar je sanitarno očišćen, a uzorci su sakupljeni crpljenjem ručnim i električnim pumpama.

Za razliku od tla koje na većini ispitivanih lokacija nije onečišćeno, rezultati ispitivanja uzoraka podzemne vode pokazali su zabrinjavajuće rezultate. Na svim lokacijama (izuzev jednu u Zagrebu) voda je uvrštena spada u IV. i V. kategoriju prema Uredbi o klasifikaciji voda. Za takve vode karakteristično je da se ne mogu koristiti ni za kakve namjene (V. kategorija), odnosno da se mogu koristiti isključivo uz pročišćavanje na područjima gdje je veliko pomanjkanje vode (IV. kategorija).

Na svih pet lokacija na području Slavonije podzemna voda pripada V. kategoriji. Na području Osijeka i Đakova izmjerene su iznimno visoke koncentracije teških metala (Cr, Hg, Pb, Zn, Fe, Mn i Cu). Na lokacijama u Osijeku osobito su povećane koncentracije željeza, koje su čak do dvadeset i pet puta više od zakonom propisanih, i bakra, koje su dva puta više od dopuštenih. U Đakovu dobiveni rezultati ukazuju na još veću onečišćenost. Koncentracije željeza sto su puta više od dozvoljenih, a uvelike su povišene i koncentracije mangana, cinka i bakra. Na lokaciji u Vinkovcima podzemna voda također spada u V. kategoriju zbog povišene koncentracije željeza, ali su koncentracije ostalih elemenata niže u odnosu na Đakovo i Osijek.

Razlog ovako visokim vrijednostima nalazi se u prirodnim karakteristikama tla, koje je na području Slavonije iznimno reduktivnih svojstava, što pridonosi povišenom sadržaju amonijaka, željeza,

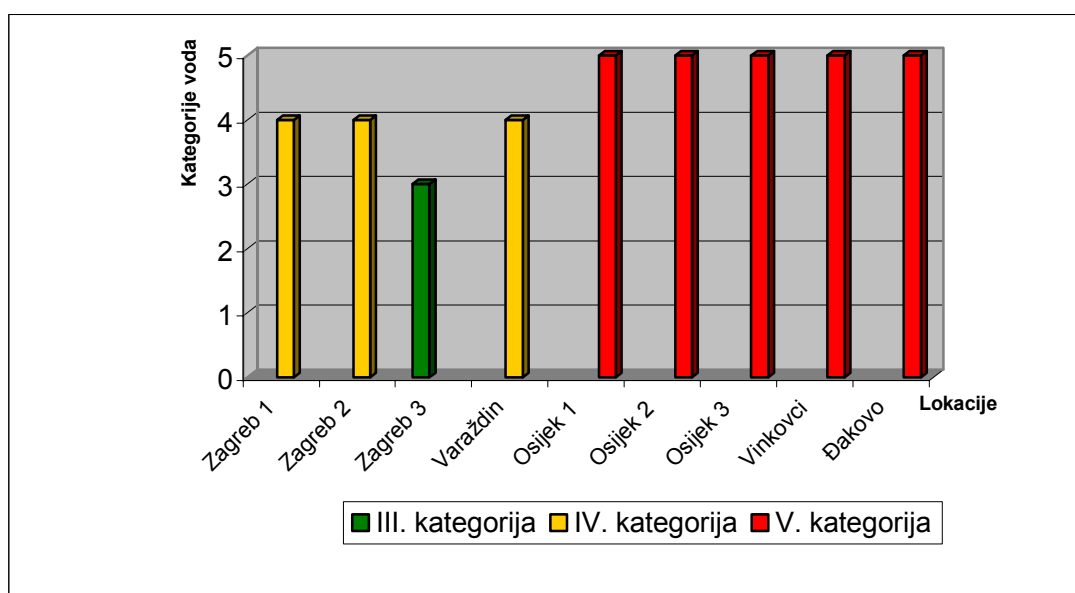
mangana i pratećih sastojaka. Osim prirodnih predispozicija na ovakve rezultate velik utjecaj imaju i izvori onečišćenja u okolici lokacija (jedna je na području bivše tvornice tekstila dok su ostale pored velikih prometnica ili na poljoprivrednom zemljištu uz koje se veže i povećana upotreba pesticida).

Prema rezultatima laboratorijskih ispitivanja uzoraka s područja Zagreba i Varaždina podzemna voda je uvrštena u IV. kategoriju voda, a na jednoj od lokacija u Zagrebu (na križanju Ljubljanske i Zagrebačke Avenije) u III. kategoriju. Usprkos povoljnim geološkim prilikama na tom području voda je i ovdje pokazala visok stupanj onečišćenosti čemu je uzrok nagla urbanizacija i industrijski razvoj, te sve veći unos štetnih tvari i energije u okoliš.

Osim urbanizacije i geoloških uvjeta, na rezultate ovih ispitivanja utjecali su i hidrološki uvjeti na terenu koji su u vrijeme istraživanja bili uglavnom nepovoljni. Suša i niski vodostaj podzemnih voda povisili su koncentraciju kemijskih elemenata u uzorcima, ali i utjecali na mikrobiološka svojstva vode. Da bi se dobila kvalitetnija slika stanja na lokacijama potrebno je sustavno provoditi prethodna ispitivanja na istim lokacijama i na taj način prikupiti više vjerodostojnijih podataka o stanju okoliša.

Rezultati ispitivanja onečišćenosti podzemne vode prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Prikaz onečišćenosti podzemne vode na istraženim lokacijama



ZAKLJUČAK

U radu su opisana provedena istraživanja onečišćenosti tla i podzemne vode u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske na području Osijeka, Zagreba, Vinkovaca, Varaždina i Đakova. Radovi su provedeni u svrhu utvrđivanja nultog stanja okoliša na lokacijama na kojima su planirane izgradnje benzinskih postaja OMV *Istrabenz*. Iznesena je i usporedba dobivenih rezultata na pojedinim lokacijama ovisno o antropogenom utjecaju, te geološkim, hidrogeološkim i hidrološkim uvjetima koji su vladali na terenu u vrijeme uzorkovanja tla i podzemne vode.

Autori članka smatraju da bi ispitivanja tla i podzemne vode trebale biti planirane i svrhovite akcije čiji je cilj utvrditi vrstu i raširenost zagađivača na ispod površine tla i time odrediti je li mjesto onečišćeno ili ne. Jako je važno utvrditi potpovršinske fizičke uvjete u tlu i putove kojima bi se zagađivači mogli dalje širiti, te izvršiti kemijske analize tla koje nam daju podatke o veličini onečišćenog prostora i o stupnju onečišćenosti.

Nadalje iznimno je važno detaljno obaviti predterenska istraživanja i prikupiti što više podataka o lokaciji, uključujući geološke i hidrogeološke uvjete koji prevladavaju na širem području, na terenu pažljivo izvršiti pregled lokacije i odabrati mjesta uzorkovanja na način da se dobiju reprezentativni uzorci.

Obzirom na složenost problema potrebno je da važeća regulativa jasno i nedvosmisleno propisuje pristup istraživanju, kemijske parametre koje je potrebno ispitivati da se precizno utvrdi onečišćenje, načine sanacije onečišćenih zona kao i provedbu praćenja stanja na terenu.

Kako bi se ovakvi problemi korektno rješavali potrebno im je pristupiti uz formiranje interdisciplinarnih timova (stručnjaka) geotehničara, geologa, ekologa, kemičara...), koji bi našli rješenja od opće koristi za ljude i okoliš u kojem živimo.

LITERATURA

- (1) T. Cairney, D. M. Hobson (1998.) *Contaminated Land Problems and Solution*, New York.
- (2) S. Tedeschi (1997.) *Zaštita voda*, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
- (3) "Hrvatska vodoprivreda" (1992.) Vode Hrvatske, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Zagreb
- (4) Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN. br. 34/91)
- (5) Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima (NN. br. 15/92)
- (6) Zakona o vodama (NN. br. 107/95)
- (7) Uredbi o klasifikaciji voda (NN. Br. 77/98)
- (8) Uredba o opasnim tvarima u vodama (NN. Br. 78/98)
- (9) Geotehnički studio (2003.) Izvještaj o stanju kvalitete tla i podzemne vode na lokacijama budućih benzinskih postaju OMV *Istrabenz*, Zagreb