

NATAŠA D. ČALIĆ¹
MIRJANA Đ. RISTIĆ²

¹Institut "Kirilo Savić", Beograd

²Tehnološko–metalurški fakultet,
Beograd

NAUČNI RAD

504.054:628.4.034:628.51

ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA PROCEDNIH VODA DEPONIJE "VINČA" METODOM IZLUŽIVANJA

Komunalni čvrsti otpad iz Beograda odlaže se na deponiju "Vinča" od 1978. godine, a od 1987. do 2002. godine odloženo je oko 4.100.000 tona. Jedna od posledica odlaganja čvrstog otpada na deponiju jeste pojava procednih voda/filtrata. U okviru eksperimentalnog dela rada vršeno je izluživanje primenom TCLP metode (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) uzoraka otpada koji su bili odloženi 6, 12 odnosno 24 meseca pre uzorkovanja. U rastvorima dobijenim izluživanjem koncentracije teških metala (Cu, Cd, Pb i Zn), hlorida, sulfata, amonijaka, nitrata i nitrita su bile niske, i nisu se znatno razlikovale za uzorke različite starosti. Dobijeni rezultati pokazali su da se pH vrednost i HPK (hemijska potrošnja kiseonika) menjaju u zavisnosti od starosti ispitivanog odloženog materijala, odnosno dostignutog stepena stabilizacije.

Pod terminom čvrsti otpad podrazumeva se heterogena masa koja se kao nepotrebna izdvaja iz urbanih zajednica, kao i relativno homogeni otpad iz poljoprivrede, industrije i prerade mineralnih sirovina. Pravilno rukovanje nastalim otpadnim materijalom je fundamentalna osnova svih aktivnosti uključenih u upravljanje otpadom, bilo da je planiranje na lokalnom, regionalnom, republičkom ili federalnom nivou. Poznavanje izvora i tipova čvrstog otpada, zajedno sa podacima o sastavu i brzini nastajanja otpada, predstavljaju osnovu za projektovanje i funkcionisanje pojedinačnih faza u okviru upravljanja čvrstim otpadom.

Racionalno upravljanje otpadom danas predstavlja jedan od ključnih segmenata strategije održivog razvoja pod kojom se podrazumeva zadovoljenje potreba sadašnjih generacija, bez dovođenja u pitanje opstanka i kvaliteta življenja budućih. Razvijene zemlje sveta strategiju upravljanja čvrstim otpadom zasnivaju na hijerarhiji, koja podrazumeva: izbegavanje nastajanja otpada, minimizaciju količine nastalog otpada, reciklažu otpada, adekvatan tretman (obično uz dobijanje energije ili korisnih nusproizvoda) i kontrolisano odlaganje, odnosno deponovanje (ponekad uz iskorišćenje izdvojenog metana).

Poslednji funkcionalni element u sistemu za upravljanje čvrstim otpadom je dispozicija ili odlaganje. Deponija za odlaganje otpada predstavlja krajnje odredište svih nastalih čvrstih otpadaka, bilo da su oni komunalnog porekla, sakupljeni i prevezeni direktno na deponiju, bilo da je to mulj iz komunalnih i industrijskih postrojenja za preradu otpadnih voda, pepeo i šljaka iz komora za spaljivanje, zaostao kompost ili neke druge materije preostale iz postrojenja za preradu čvrstih otpadnih materija koje više nemaju upotrebnu vrednost.

Problem konačnog odlaganja komunalnog čvrstog otpada danas se praktično isključivo rešava njegovim sanitarnim deponovanjem. Savremena sanitarna deponija predstavlja inženjersko postrojenje, gde se vrši konačno odlaganje i transformacija otpada njegovim ukopavanjem u zemlju ili odlaganjem na površinu, na takav način i pod takvim uslovima, da se u najvećoj mogućoj meri eliminišu svi negativni uticaji otpada na životnu sredinu u smislu zagađenja vazduha, prirodnih vodnih resursa i zemljišta. Po konačnom formiranju deponije i po njenom zatvaranju, zemljište na toj lokaciji može se koristiti za različite namene, kao što je izgradnja terena za sport i rekreaciju, kamp naselja, pa čak i aerodroma (LaGuardia u Njujorku), čime se u suštini ostvaruje njegova rekultivacija i revitalizacija.

Jedna od posledica odlaganja čvrstog otpada na deponiju jeste pojava procednih voda/filtrata. Tečnost koja se cedi kroz deponiju i ekstrahuje rastvorene ili suspendovane materije nastale biološkim i hemijskim procesima konverzije, koji se neminovno odigravaju, čini procednu vodu deponije. Ove vode su po sastavu kompleksne otpadne vode jer sadrže visoke koncentracije organskih materija i neorganskih soli [1]. Procedne vode deponije mogu biti izvor zagađenja podzemnih i površinskih voda [2], pa je neophodno pratiti njihov sastav, odnosno koncentracije zagađujućih materija. Takođe, poznavanje odgovarajućih parametara je neophodno kod projektovanja postrojenja za tretman procednih voda, ili pravilnog rukovanja, ako ovakvo postrojenje postoji na deponiji. Karakteristika procednih voda deponije zavise od: sastava i karakteristika odloženog otpada, sadržaja vlage, temperature, stepena kompaktiranja, stepena razlaganja odloženog otpada i menjaju se sa vremenom koje je proteklo od momenta odlaganja [3].

Cilj ovog rada bio je da se ispitivanjem uzoraka uzetih sa deponije čvrstog otpada "Vinča" u Beogradu koji su odloženi u različitim vremenskim periodima odredi stepen zagađenja procednih voda u kontaktu sa odloženim otpadom, odnosno da se utvrdi kako se menjaju karakteristike procednih voda sa stepenom razlaganja otpadnog materijala.

Adresa autora: M.Đ. Ristić, Tehnološko–metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Karnegijeva 4
E–mail: risticm@tmf.bg.ac.yu
Rad primljen: Avgust 31, 2005
Rad prihvaćen: Maj 24, 2006

EKSPERIMENTALNI DEO

Predmet rada

Deponija "Vinča" je projektovana 1977. godine i od 1978. godine na njoj se odlaže komunalni čvrsti otpad iz Beograda. Od 1998. godine, posle zatvaranja deponije u Batajnici, na deponiju u Vinči odlaže se sav komunalni otpad iz 11 urbanih opština Beograda, u kojima, po popisu iz 2002. godine, živi 1.576.000 stanovnika. Od 1987. godine, od kada se sakupljaju podaci o deponovanom otpadu, do 2002. godine na deponiju u Vinči iz gradskih opština odloženo je oko 4.100.000 tona čvrstog otpada, a samo 2002. godine odloženo je 360.679 tona. Prema Nacionalnoj strategiji upravljanja otpadom iz 2003. godine koju je usvojila Vlada Republike Srbije, deponija "Vinča" u Beogradu ubraja se u zvanične deponije koje se mogu koristiti u dužem vremenskom periodu [4].

Deponija smeća "Vinča" obuhvata prostor levkaste doline na dunavskoj padini, u središnjem delu slivnog područja Ošljanskog potoka u Vinči, opština Grocka. Deponija je sa svih strana okružena poljoprivrednim zemljištem, prostorno i orografski potpuno izolovana od prigradskih naselja Veliko Selo i Slanci na severu i Vinče na jugu. Sa zapadne strane povezana je preko odvojka dužine 3 km sa Smederevskim putem, odnosno sa Beogradom. Ukupna površina prostora predviđenog za deponovanje smeća iznosi oko 0,4 km². Međutim, prema Regulacionom planu deponije smeća "Vinča", postoji mogućnost proširenja površine na oko 1,3 km². Na deponiji ne postoji drenažni sistem za odvođenje procednih voda, niti se vrši kontrolisano odvođenje metana. Sadašnji, složeni oblik deponije "Vinča", rezultat je više-godišnjeg deponovanja smeća na nekoliko površina.

Uzorkovanje

Sastav, karakteristike i starost deponovanog otpadnog materijala su faktori koji u velikoj meri utiču na kvalitet i karakteristike procednih voda. Iz otpadnog materijala koji je odlagan na deponiju u Vinči nije vršeno, niti se danas vrši, odvajanje korisnih materijala kao što su papir, metal, plastika i guma, a tek poslednjih godina nanošenjem inertnog sloja i upotrebom kompaktoara, sprečava se prodiranje vazduha i vode u deponovani materijal.

Uzorci za analizu sa deponije smeća "Vinča" uzimani su krajem februara i početkom marta 2004. godine. U cilju utvrđivanja karakteristika procednih voda otpadnog materijala različitog stepena razlaganja, uzeta su tri uzorka vertikalnim uzorkovanjem otpada, sa dubine (I) od 0–10 cm i dubine (II) od 10–20 cm, koji su odloženi u različitim vremenskim periodima. Otpad je bio prekriven slojem inertnog materijala debljine oko 50 cm, koji je neposredno pre uzorkovanja uklonjen da bi se došlo do sloja otpada. Svaki uzorak predstavljen je sa tri poduzorka uzeta na međusobnom rastojanju od 10 cm. Ovako dobijeni uzorci pakovani su u kese, pri čemu su bili označeni i tretirani kao uzorak A, B i C. Uzorak A je

uzet sa lokacije na kojoj je otpadni materijal odložen oko 6 meseci pre uzorkovanja, dok su uzorci B i C uzeti sa lokacija na kojima je čvrsti otpad odložen pre više od 12, odnosno 24 meseca. Uzorkovani materijal uglavnom je bio u homogenizovanom stanju, mada su nalaženi i komadi nerazgrađene plastike (kese) kao i ostaci građevinskog materijala, koji su na licu mesta odvajani. Uzorci su do analize čuvani na temperaturi od 7 °C.

Priprema uzoraka

Danas se primenjuje veliki broj raznih metoda ispitivanja koje simuliraju proces izluživanja otpada na deponiji ili u životnoj sredini da bi se procenio sadržaj zagađujućih materija, odnosno da bi se odredile karakteristike procednih voda u kontaktu sa ispitivanim materijalom. Najčešće se primenjuju TCLP metoda (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) [5] i metoda preporučena od strane Američkog udruženja za ispitivanje i materijale–ASTM (American Society for Testing and Materials) [6]. Poređenja ovih metoda ispitivanjem referentnih uzoraka pokazala su da se primenom TCLP metode dobijaju nešto tačniji rezultati [7], pa je za karakterizaciju ispitivanog čvrstog otpada u ovom radu odabrana TCLP metoda. I istraživači iz Evropske unije najčešće primenjuju TCLP test, jer se u okviru Evropske unije tek od 2002. godine koristi standard EN 12457 koji je razvijen radi usaglašavanja standardnih procedura u okviru Evropske unije i zasniva se na standardnim procedurama pojedinih zemalja članica: DIN 38414 S4, AFNOR X-31 210, NEN 7343 i ONORM S 2072. Standard EN 12457 se primenjuje uglavnom za ispitivanje neorganskih sastojaka; ne uzimaju se u obzir organska jedinjenja, prisutna ili nastala procesima mikrobiološke razgradnje, koja su značajna sa aspekta vezivanja u komplekse jona teških metala.

Za izluživanje kod TCLP metode primenjuju se dva različita ekstrakciona rastvora, u zavisnosti od alkaliteta i puferskog kapaciteta otpada: rastvor 1 ima pH vrednost 4,92; rastvor 2 ima pH vrednost 2,88. Stoga je u radu najpre određivana pH vrednost uzoraka da se utvrdi koji je odgovarajući ekstrakcioni rastvor za izluživanje: mešano je 5 g usitnjenog materijala (prečnik manji od 1 mm) tokom 5 minuta sa 96,5 cm³ destilovane vode. Prema proceduri US EPA [5] ako je pH ovako dobijenog rastvora niža od 5 koristi se rastvor 1; ako je pH vrednost viša od 5 koristi se rastvor 2 za izluživanje. U ovim ispitivanjima za izluživanje je korišten ekstrakcioni rastvor 1 (pH = 4,92). Uzorci su usitnjeni i prosejani, tako da je za analizu korištena frakcija sitnija od 9,5 mm. Ekstrakcioni rastvor je po proceduri dodat u odnosu 20:1 prema čvrstoj fazi (100 g uzorka i 2 dm³ rastvora) i uzorci su mešani na magnetnoj mešalici tokom 18 h. Rastvor je odvojen filtriranjem pomoću vakuuma kroz filter od staklenih vlakana (veličina pora 0,7 μm) i korišten za analize.

Ispitivanje karakteristika procednih voda

U okviru eksperimentalnog dela rada u rastvoru dobijenom izluživanjem deponijskog materijala prime-

nom TCLP metode određivani su sledeći parametri: hemijska potrošnja kiseonika (HPK), koncentracija teških metala (Cu, Cd, Pb i Zn), hlorida, sulfata, amonijaka, nitrata i nitrita i ukupna tvrdoća.

Određivanje koncentracije teških metala vršeno je metodom atomske apsorpcione spektroskopije (AAS), sadržaj hlorida određivan je Morovom (Mohr) metodom (argentometrijski), a sadržaj sulfata gravimetrijskom metodom.

Određivanje amonijaka i nitrita vršeno je spektrofotometrijski, dok je određivanje nitrata vršeno pomoću brucina, upoređivanjem boje uzoraka u Henerovim (Hener) cilindrima. Ukupna tvrdoća određivana je kompleksometrijskom metodom.

REZULTATI I DISKUSIJA

pH vrednosti ispitivanih rastvora dobijenih izluživanjem uzoraka A, B i C, različite starosti primenom TCLP metode prikazane su u tabeli 1. Poduzorci 1, 2 i 3 uzeti su na međusobnom rastojanju od 10 cm, na dve dubine: I od 0–10 cm i II od 10–20 cm.

Veoma značajan parametar kod ovakvih ispitivanja je pH vrednost rastvora jer je indikator agresivnosti procednih voda, a takođe na osnovu vrednosti ovog parametra može se odrediti u kojoj fazi razlaganja se nalazi materijal odložen na deponiju. pH ispitivanih rastvora varira od 5,59 za uzorke stare šest meseci do 7,79 za uzorke stare 12 meseci. Očigledno, sa povećanjem vremena koje je proteklo od odlaganja otpada raste i pH vrednost, tako da se uzorak A nalazi u acetogenoj fazi, odnosno razgradnja deponovanog materijala odigrava se u aerobnim uslovima. Na osnovu pH vrednosti za uzorke B i C može se zaključiti da se nalaze u metanogenoj fazi, odnosno da su uspostavljeni anaerobni uslovi u delovima deponije sa kojih su uzimani ovi uzorci.

Tabela 1. pH vrednosti ispitivanih rastvora
Table 1. pH variation of the examined leaching solutions

Uzorak	A _{1I}	A _{2I}	A _{3I}	A _{1II}	A _{2II}	A _{3II}
pH	5,81	5,70	5,85	5,61	5,58	5,59
Uzorak	B _{1I}	B _{2I}	B _{3I}	B _{1II}	B _{2II}	B _{3II}
pH	7,08	7,22	6,91	7,69	7,58	7,79
Uzorak	C _{1I}	C _{2I}	C _{3I}	C _{1II}	C _{2II}	C _{3II}
pH	7,55	7,24	7,25	7,43	7,28	7,30

U tabeli 2 prikazane su koncentracije hlorida i sulfata u rastvorima dobijenim TCLP metodom izluživanja.

Sadržaj hlorida na deponijama starih do pet godina je 1000–3000 mg/dm³, a kod deponija starijih od 20 godina koncentracija hlorida u procednim vodama je manja od 100 mg/dm³ [8]. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je sadržaj hlorida u odloženom otpadu bio manji nego što je uobičajeno ili se proces razgradnje odvijao znatno brže tako da je materijal uglavnom razložen i hloridi, kao jedan od najmobilnijih jona

Tabela 2. Sadržaj hlorida i sulfata (mg/dm³) u rastvorima dobijenim izluživanjem TCLP metodom

Table 2. Chloride and sulfate in the leachate by the TCLP method

Uzorak	A _{1I}	A _{2I}	A _{3I}	A _{1II}	A _{2II}	A _{3II}
c (hlorida)	21,0	21,0	14,0	14,0	14,0	14,0
c (sulfata)	–	–	–	106	125	114
Uzorak	B _{1I}	B _{2I}	B _{3I}	B _{1II}	B _{2II}	B _{3II}
c (hlorida)	35,0	21,0	35,0	35,45	35,0	35,45
c (sulfata)	246,0	177,6	211,2	232,8	212,2	199
Uzorak	C _{1I}	C _{2I}	C _{3I}	C _{1II}	C _{2II}	C _{3II}
c (hlorida)	7,10	14,0	14,0	35,0	21,0	21,0
c (sulfata)	102,0	95,4	98,4	133,0	157,2	145,7

na deponiji, su sa procednim vodama napustili deponiju. Naime, ovi joni ne podležu biodegradaciji, niti fizičko-hemijskim procesima bivaju vezani za deponovani materijal, već uglavnom lako napuštaju čvrstu fazu [8]. Gradijent koncentracije hlorida po dubini uočen je samo za uzorak C, gde je koncentracija hlorida na većoj dubini dva do tri puta veća nego u površinskom sloju. Koncentracija hlorida u sva tri ispitivana uzorka A, B i C na dubini (I) i (II) u proseku je niska.

U uzorcima otpada odloženim pre šest meseci, uzetim na dubini od 0–10 cm sadržaj sulfata je bio ispod granice detekcije, a na dubini 10–20 cm 106–125 mg/dm³, što ukazuje na njihovu vertikalnu migraciju. U ostalim uzorcima koncentracija sulfata bila je u opsegu 95,4–238,2 mg/dm³. Koncentracija sulfata u uzorcima starih 6 meseci je bila izuzetno niska, ili čak nisu detektovani, iako je očekivano da u ovoj fazi razlaganja otpada njihov sadržaj bude znatno viši. Poređenjem uzoraka B i C očigledno je da sa povećanjem starosti otpada – opada sadržaj sulfata, jer u metanogenoj fazi koja je uspostavljena u ovim delovima deponije, dolazi do njihove redukcije u sulfide.

U tabeli 3 date su koncentracije ispitivanih teških metala u rastvorima dobijenim izluživanjem ispitivanih uzoraka.

Koncentracija bakra u svim ispitivanim rastvorima, bez obzira na starost uzorka, bila je dosta niska, kretala se u opsegu 0,05–0,1 mg/dm³. Koncentracija olova bila je 0,21 do 3,22 mg/dm³, a cinka 0,08–0,78 mg/dm³. Kao što je i očekivano maksimum koncentracija teških metala u ispitivanim rastvorima uočen je kod uzoraka iz grupe A, koji se nalaze u acetogenoj fazi, gde je zbog uslova sredine (pH<6) olakšana migracija teških metala. Najniže koncentracije uočene su u uzorcima iz grupe C kod kojih su teški metali pri pH vrednostima većim od 7,2 (tabela 1) vezani za čvrstu fazu u obliku hidroksida, ili su bili isprani u proteklom periodu. Gradijent koncentracije teških metala sa dubinom nije bio sasvim jasno izražen, a kao što se vidi iz tabele 3 uzorci su dosta heterogeni. Pored navedenih metala u ispitivanim uzorcima je određivan i sadržaj kadmijuma, ali je u svim uzorcima njegova koncentracija bila ispod granice detekcije in-

Tabela 3. Koncentracija teških metala (mg/dm^3) u rastvorima dobijenim izluživanjem TCLP metodom

Table 3. Results of the examined heavy metals leachability by the TCLP method

Uzorak	A _{1I}	A _{2I}	A _{3I}	A _{1II}	A _{2II}	A _{3II}
c (bakra)	0,09	<0,05	0,06	0,09	0,1	0,06
c (olova)	3,22	0,56	<0,05	3,0	<0,05	<0,05
c (cinka)	0,40	0,11	0,13	0,78	0,5	0,65
Uzorak	B _{1I}	B _{2I}	B _{3I}	B _{1II}	B _{2II}	B _{3II}
c (bakra)	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	0,05
c (olova)	<0,05	0,28	0,43	<0,05	0,50	0,28
c (cinka)	0,10	0,34	0,55	0,22	0,20	0,49
Uzorak	C _{1I}	C _{2I}	C _{3I}	C _{1II}	C _{2II}	C _{3II}
c (bakra)	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05
c (olova)	<0,05	0,21	0,21	<0,05	0,25	0,25
c (cinka)	0,14	0,11	<0,05	0,11	0,11	0,12

strumenta ($0,003 \text{ mg}/\text{dm}^3$). Koncentracije ispitivanih teških metala u rastvoru nalazile su se u opsegu uobičajenom za procedne vode deponija [8].

Amonijačni azot, HPK i ukupna tvrdoća su takođe određivani u rastvorima dobijenim izluživanjem ispitivanih uzoraka i dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 4. Amonijačni azot je sastojak procednih voda deponije koji se najduže zadržava i obično služi da se preko njega odredi zaostali potencijal procednih voda kao zagađivača, odnosno period posle zatvaranja deponije tokom koga treba pratiti procedne vode. Na deponijama starosti do 5 godina koncentracija amonijaka u procednim vodama je $500\text{--}1500 \text{ mg}/\text{dm}^3$, preračunato na amonijačni azot. Koncentracija amonijaka u ispitivanim rastvorima bila je izuzetno niska, dobijene vrednosti se mogu uporediti sa sadržajem amonijaka u procednim vodama deponija starijih od 20 godina, u kojima je koncentracija amonijačnog azota manja od $30 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Sadržaj nitrata je bio ispod granice detekcije metode ($0,02 \text{ mg}/\text{dm}^3$), dok je prisustvo nitrata uočeno samo u uzorku C i to u vrlo niskoj koncentraciji. Poredeći ispitivane uzorke može se uočiti da je najveća koncentracija amonijačnog azota u uzorcima najmanje starosti, mada je amonijačni azot, pored hlorida, parametar koji se malo ili nimalo menja sa proticanjem vremena od momenta odlaganja. Naime, amonijum-jon i hloridni-jon su sastojci procednih voda koji nisu podložni biodegradaciji, niti učestvuju u raznim fizičko-hemijskim procesima pri kojim dolazi do razgradnje prisutnih materija. Dobijeni rezultati mogu se objasniti velikim fluksom vode kojim su nastali pogodni uslovi za njihovo ispiranje.

Hemijska potrošnja kiseonika (HPK) kao indikator stepena zagađenosti voda (komunalnih, industrijskih, kao i procednih) organskim materijama se može definisati kao kiseonični ekvivalent sadržaja organske materije koja je podložna hemijskoj oksidaciji pod određenim uslovima. Promena hemijske potrošnje kiseonika sa vrstom uzorka prikazana je u tabeli 4. Sa povećanjem starosti odloženog materijala smanjuje se HPK, odnosno manji je sadržaj nerazgrađenog organskog materijala u

Tabela 4. Koncentracija amonijačnog azota, HPK i ukupna tvrdoća u ispitivanim uzorcima

Table 4. Ammonia nitrogen, COD and hardness of the examined leachate samples

Parametar	A _I	A _{II}	B _I	B _{II}	C _I	C _{II}
NH ₃ -N (mg/dm^3)	1,93	1,45	0,94	0,76	0,79	1,15
HPK (mg/dm^3)	60.350	44.806	18.288	4.572	13.716	3.658
Ukupna tvrdoća ($\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$)	1.272	1.800	1.720	1.832	1.856	1.928

deponiji. HPK vrednosti uzorka A nalaze se u opsegu navedenom za deponije u acetogenoj fazi razlaganja, dok se uzorci B i C prema opsegu HPK vrednosti nalaze u metanogenoj fazi. HPK vrednost uzoraka B i C je niža od vrednosti navedenih u literaturi za deponije starosti do dve godine [9] (brzo smanjenje HPK sa vremenom je rezultat prisustva lako biorazgradivih materijala i velikog sadržaja vlage). U svim ispitivanim uzorcima uočeno je opadanje HPK vrednosti sa dubinom.

Ukupna tvrdoća ispitivanih rastvora kretala se u opsegu $1.272 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (A_I) do $1.928 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (C_{II}), što je niže od minimalne vrednosti ukupne tvrdoće navedene u literaturi za deponiju u acetogenoj fazi ($2.720 \text{ mg}/\text{dm}^3$). Ovim se potvrđuje ranije zapažanje da je verovatno zbog velike količine vode koja je prodrila u telo deponije došlo između ostalog i do ispiranja katijona kalcijuma i magnezijuma.

ZAKLJUČAK

Cilj prikazanih istraživanja bio je ispitivanje fizičko-hemijskih parametara u rastvoru dobijenom izluživanjem uzoraka različite starosti uzetih sa deponije "Vinča" TCLP metodom. Dobijeni rezultati pokazali su da se pH vrednost i HPK menjaju u zavisnosti od starosti ispitivanog odloženog materijala, odnosno dostignutog stepena stabilizacije. Koncentracije teških metala, sulfata, hlorida i amonijačnog azota u ispitivanim rastvorima su relativno niske i ne postoje znatne razlike između ispitivanih uzoraka; ovakvi rezultati mogu biti posledica njihove niske koncentracije u početnim uzorcima ili migracije i napuštanja deponije sa procednim vodama. Najveća zavisnost od starosti odloženog otpada uočena je za HPK vrednost, koja opada sa povećanjem vremena proteklog od momenta odlaganja, jer se smanjuje sadržaj prisutnog organskog materijala usled biohemijske razgradnje. Poređenje dobijenih rezultata sa podacima iz sličnih istraživanja ukazuje da se razgradnja otpada na ispitivanim lokacijama odigravala brže nego što je uobičajeno za otpad odgovarajuće starosti. Distribucija zagađujućih materija po dubini nije pokazala značajne razlike, tako da bi za buduća istraživanja bilo neophodno vršiti ispitivanja na znatno većim dubinama.

LITERATURA

- [1] A. Ding, Z. Zhang, J. Fu and L. Cheng, Biological control of leachate from municipal landfills, *Chemosphere* **44** (2001) 1–8.
- [2] H. Khattabi, L. Aleya and J. Mania, Changes in the quality of landfill leachates from recent and aged municipal solid waste, *Waste Manage. Res.* **20** (2002) 357–364.
- [3] Z. Youcai, L. Jiangying, H. Renhua and G. Guowei, Long-term monitoring and prediction for leachate concentrations in Shanghai refuse landfill, *Water Air Soil Pollut.* **122** (2000) 281–297.
- [4] Republika Srbija, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstva i zaštitu životne sredine, Nacionalna strategija upravljanja otpadom – sa programom približavanja EU, Beograd, 2003, str. 29
- [5] US EPA, Test Methods for Evaluating Solid Waste, Method 1311, US EPA, Washington DC, 1990
- [6] ASTM, Standard Test Method for Shake Extraction of Solid Waste with Water, ASTM D3987–85, ASTM, 1995
- [7] E.E. Chang, P.C. Chiang, P.H. Lu and Y.W. Ko, Comparisons of metal leachability for various wastes by extraction and leaching methods, *Chemosphere*, **45** (2001) 91–99.
- [8] M. El-Fadel, E. Bou-Zeid, W. Chahine and B. Alayli, Temporal variation of leachate from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content, *Waste Manag.* **22** (2002) 269–282.
- [9] G.J. Farquhar, Leachate: production and characterization, *Can J. Civ. Eng.* **16** (1989) 17–25.

SUMMARY

VINČA LANDFILL LEACHATE CHARACTERISTICS PREDICTION BY THE LEACHING METHOD

(Scientific paper)

Nataša D. Čalić¹, Mirjana Dj. Ristić²

¹Institute "Kirilo Savić", Belgrade, ²Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade

Under the newly implemented waste management policy in European Union countries, sanitary landfilling constitutes the fourth and the least preferred of the alternative management options for the disposal of solid urban wastes. Landfills generate emissions over long periods, often longer than a lifetime. The longest lasting emission is leachate: leachate production and management is now recognized as one of the greatest problems associated with the environmentally sound operation of sanitary landfills. These liquid wastes can cause considerable pollution problems by contacting the surrounding soil, ground or surface waters and, are therefore considered major pollution hazards unless precautionary measures are implemented. Landfill leachate characterization is a critical factor in establishing a corresponding effective management strategy or treatment process. This paper summarizes leachate quality indicators, and investigates the temporal variation of leachate quality from municipal solid waste. The toxicity of leachates from the municipal solid waste landfill "Vinča" in Belgrade, the capital of Serbia, was characterized using toxicity characteristics leaching procedures (TCLP). The "Vinča" landfill was established in 1978 as one of several municipal landfills. Since the 1990ies the "Vinča" landfill has been the only operating landfill servicing the Belgrade Metropolitan area, the biggest city in Serbia, with 1,576,124 inhabitants in the larger-city area, and 1,273,651 inhabitants in the inner-city area. The total average amount of solid wastes deposited in the landfill is estimated to be 1100 tons/day. The landfill site is not lined and the tributary flows through the centre of the site—in some places directly under the mass of refuse. No consideration has been given to the protection of ground waters, surface runoff or drainage. Local authorities plan to expand the landfill by 0.4 km² to a total of 1.3 km². Chemical analysis was performed on the samples and the temporal variation of several parameters was monitored including pH, COD, chlorides, sulfates, nitrates, ammonia nitrogen, hardness, and heavy metals. The COD and pH were related to the biological activity within the landfill and the results indicated differences between the samples due to waste age. The concentrations of heavy metals, sulfates, nitrates, chlorides and ammonia nitrogen in the leachate were low, indicating their initially low amount in landfilled waste or their flushing with moisture contributing to a reduction in their concentrations.

Key words: Environmental pollution
• Leachate characteristics •
Municipal solid waste • Landfill •

Ključne reči: Zagađenje životne
sredine • Karakteristike procednih
voda • Komunalni čvrsti otpad •
Deponija •