

UPRAVLJANJE PROCEDNIM VODAMA NA REGIONALNOJ DEPONIJU U KIKINDI

MANAGING THE LEACHATE AT THE REGIONAL LANDFILL IN KIKINDA

Dr Sanja Marković, Visoka poslovna škola strukovnih studija „Prof. dr Radomir Bojković“
 Kruševac, sanja.markovic@indmanager.edu.rs

Dr Jelena Milanović, Gradska uprava Kruševac, milanovic0602@gmail.com

Sažetak

U razvijenim industrijskim državama, po stanovniku dnevno nastaje oko 1,2kg otpada, koji se prikuplja i odlaže na uređenim, sanitarnim deponijama koje poseduju sisteme za zaštitu podzemnih voda i vazduha od zagađujućih materija. U Srbiji, najveći broj deponija još uvek ne zadovoljava ni osnovne bezbednosne kriterijume za zaštitu životne okoline. Nekoliko opština u Srbiji je započelo sa organizovanjem regionalnih sistema za upravljanje otpadom i u okviru toga, sa izgradnjom regionalnih deponija koje zadovoljavaju evropske standarde u pogledu zaštite životne sredine. U radu je dat način upravljanja i korišćenja procednih voda na regionalnoj deponiji otpada „ASA“, Kikinda.

Abstract

In developed, industrial countries, there is 1.2kg waste per capita, waste being collected and disposed of in regulated, sanitary landfills, which have systems for the protection of groundwater and air from pollutants. In Serbia, the largest number of landfills does not meet even the basic safety criteria for environmental protection. Several municipalities in Serbia began with the organization of the regional waste management system and within that frame, the construction of regional landfills which meet European standards in terms of environmental protection. The paper presents a method of management and use of leachate at the regional waste landfill "ASA", Kikinda.

Ključne reči: otpad, deponija, vodonepropusni sloj, procedne vode, deponijski gas

Keywords: waste, landfill, impermeability, landfill leachate, landfill gas

1. Uvod

Otpad je svaka materija ili predmet koji vlasnik odbacuje, namerava ili mora da odbaci. Kategorizacija otpada se može izvršiti na osnovu više kriterijuma. Prema agregatnom stanju, otpad može biti u čvrstom, tečnom ili gasovitom stanju. Prema svojstvima koje poseduje, među otpadom razlikujemo:

- opasni otpad
- neopasni otpad
- inertni otpad

Prema izvoru (mestu nastanka), razlikuju se tri kategorije otpada:

- gradski otpad
- industrijski otpad
- posebne kategorije otpada

Gradski otpad nastaje:

- u stanovima, ustanovama (vrtići, škole, bolnice) – komunalni otpad
- u privrednim subjektima, institucijama na javnim površinama i drugim organizacijama koje se delimično bave trgovinom, uslugama, administrativnim poslovima, sportom, rekreacijom i zabavom – komercijalni otpad.

Treba istaći da otpad u najvećoj meri sadrži organske materije (biorazgradiv otpad), u koje se ubraja hrana, baštenski otpad, tekstil, drvni i papirni proizvodi [1]. Sa promenom načina života, odnosno standarda, dolazi do promene količine i morfološkog sastava komunalnog otpada. Značajan uticaj na masu komunalnog otpada ima: stepen industrijskog razvoja, način stanovanja, socijalno okruženje, potrošnja energije za zagrevanje stanova, učestalost sakupljanja i odvoženja smeća, nivo životnog standarda, porast ukupnog broja stanovnika u gradu, kao i drugi sezonski, geografski i demografski faktori. I pored toga što se komunalni otpad smatra neopasnim, ovaj otpad ipak sadrži male količine potencijalno opasnih komponenti kao što su: sredstva za čišćenje, baterije, lekovi i dr. [2] Količina otpada se konstantno povećava, kao posledica naglog, ubrzanog rasta urbane populacije i rasta standarda u razvijenim zemljama, uprkos dramatičnim upozorenjima ekologa.



Slika 1. Procentualni udeo generisanja komunalnog otpada prema bruto nacionalnom dohotku [12]

Prema klasifikaciji koju primenjuje Svetska banka, zemlje sa visokim dohotkom generišu najveću količinu otpada (gradsko stanovništvo u razvijenim zemljama čini 25,9 % svetske populacije, a stvara najveći deo zagađenja i otpada - 46%) (Slika1). Intenziviranje generisanja komunalnog otpada u narednim decenijama očekuju se u zemljama u razvoju.

U opštinama Srbije dnevno se generiše od 0,28 kg po stanovniku komunalnog otpada u Topoli, do 1,53 kg po stanovniku u Beogradu, što govori da otpada ima znatno više, što je grad razvijeniji [3].

2. Deponije

Odlaganje otpada na deponije još uvek je najjednostavniji, najjeftiniji i najzastupljeniji način odlaganja otpada kod nas i u svetu. Gotovo 80% otpada u Evropi se još uvek odlaže na deponijama. Otvorene deponije se dele na:

- neuređene, i
- uređene

Kod neuređenih deponija se ne primenjuje ni jedna od mera za sprečavanje štetnog dejstva deponije na životnu sredinu. Mnoge od tih deponija nisu opremljene odgovarajućim sistemima za smanjenje emisija štetnih materija u životnu sredinu kao što su: sakupljanje procednih voda i deponijskog gasa. Deponija koja ne zadovoljava navedene uslove i nije verifikovana od strane stručnih službi naziva se divlja deponija. Divlje deponije su nelegalna odlagališta koja zauzimaju mali prostor i sadrže ograničene količine otpada, najčešće formirane neposredno uz put, u blizini naseljenog mesta, često uz strmo korito reke, na obali mora, u napuštenim rudnicima, kamenolomima itd. Po konfiguraciji terena, uglavnom su to strme padine na kojima se vrlo teško može organizovati čišćenje i odvoz deponovanog materijala. Jedan od najvećih problema koji proističu iz nekontrolisanog i neorganizovanog odlaganja otpada na neuređene, divlje deponije, jeste zagađenje voda - pojava procednih voda. Filtrat (otpadna voda sa deponija) se sakuplja i pročišćava da bi se uklonile štetne materije ili svele na nivo koji je prihvatljiv za životnu sredinu. U novije vreme, grade se uređene - sanitarne deponije koje su odlika savremenog društva koje ima plan upravljanja otpadom, u cilju zaštite zdravlja ljudi zemljišta i vode za piće. To je inženjersko postrojenje gde se vrši i konačno odlaganje i transformacija otpada njegovim ukopavanjem u zemlju ili odlaganjem na površinu, na takav način i pod takvim uslovima, da se u velikoj meri eliminišu svi negativni uticaji otpada na životnu sredinu u smislu zagađenja: vazduha, prirodnih vodnih resursa i zemljišta [4]. Ključni elementi tehnološkog projekta savremene, sanitarne deponije su: a) postupak deponovanja otpada, b) obezbeđenje vodonepropusnosti dna deponije i pokrivnog sloja (zatvaranje deponije), c) sakupljanje i

tretman procednih voda, d) sakupljanje, tretman i iskorišćenje deponijskog gasa.

Sanitarna deponija ima ugrađenu nepropusnu podlogu kojom se sprečava oticanje procednih voda u zemlju i sistem za prečišćavanje otpadnih voda, gde se procedne vode sakupljaju i recirkulišu. Kao elementi vodonepropusnog sloja najčešće se koriste sledeći materijali:

- a) prirodni (glina)
- b) jednostavni materijali na bazi bentonita i veštačkih materijala (geomembrane; geosintetička glinena obloga - eng. Geosynthetic Clay Liner, GCL)
- c) složeni materijali na bazi bentonita (mešavina peska i bentonita ojačana polimerom - eng. Polymer Enhanced Bentonit Sand Mixture, PEBSM) [5].

Uređena deponija se uglavnom zatrpava (nasipa) zemljom - privremeno ili trajno. Privremeno nasipanje se ređe primenjuje. Kod trajnog nasipanja, deponija se nakon nekog vremena (po sleganju zemljišta), može koristiti za građenje: terena za sport i rekreaciju, skladišnog prostora, kamp naselja, parkova, pa čak i aerodroma (aerodrom LaGuardia u Njujorku).

U Srbiji, sakupljeni otpad se uglavnom odlaže na lokalne deponije koje su nastale neodgovornim odlaganjem i bacanjem smeća uz reke, odnosno deponije, koje zvanično koriste komunalna preduzeća, iako se na njima ne primenjuju nikakve mere zaštite životne sredine, koje su nedovoljne da zadovolje osnovne zahteve EU. Ovo se pre svega odnosi na nepostojanje zaštitnih slojeva na postojećim deponijama koji bi onemogućili zagađenje podzemnih voda, vazduha, kao i tla (nepostojanje zaštitnih mreža koje sprečavaju raznošenje otpada). Jedan od osnovnih problema upravljanja otpadom odnosi se na problem sakupljanja i upravljanja procednim vodama. Procedne deponijske vode predstavljaju medijum čiji se sastav i količina količina značajno menjaju u toku životnog veka deponije.

3. Procesi koji se odvijaju u deponiji

Deponije su veliki mikrobiološki i hemijski reaktori, sa otpadom i vodom kao ulaznim, i deponijskim gasom i procednom vodom kao izlaznim komponentama, u kojima do potpune

stabilizacije dolazi nakon dugog vremenskog perioda koji se meri destinama godina.

U toku radnog veka deponije, mogu se uočiti 4 faze:

I faza – aerobna faza koja traje nekoliko dana (nedelja), a razgradnju otpada vrše aerobne bakterije, tako da ne postoji značajan uticaj na kvalitet procednih voda. Imajući u vidu da se procesom aerobne degradacije toplota oslobađa, temperatura procedne vode može da dostigne 80-90°C.

II faza – daljim procesom razlaganja otpada, sredina u telu deponije postaje anaerobna (nemetanska). Traje nekoliko meseci. Razgradnjom otpada nastaju organske kiseline i alkoholi.

III faza – anaerobna „nestabilna metanska faza“ traje od nekoliko meseci do godinu dana. Filtrat postaje neutralan ili blago alkaln, te nastaju acetati i vodonik, uz udeo značajnih količina određenih zagađivača (npr. amonijak).

IV faza – anaerobna „stabilna metanska faza“ traje godinama. Aerobni uslovi se ponovo mogu uspostaviti unutar tela deponije. Procedna voda postaje manje štetna po životnu sredinu. U ovoj fazi razgradnju otpada vrše metanske bakterije koje su aktivne samo kada je vrednost pH~7.

Do intenzivne emisije deponijskog gasa dolazi tokom prvih nekoliko godina stabilizacije otpada (između prve i treće godine, dok maksimum generisanja dostižu od pete i sedme godine, nakon odlaganja otpada na deponiju), pa je za razmatranje dugoročnih uticaja na životnu sredinu veoma važno pratiti kvalitet procednih voda sa deponije, koje mogu značajno uticati na kvalitet podzemnih voda. Nakon 20 godina po deponovanju, generisanje deponijskog gasa je minimalno i u tragovima, dok se sasvim male količine gasa mogu generisati i nakon pedeset godina. Zagađenje podzemnih voda je posebno izraženo u blizini deponija na kojima je, osim komunalnog otpada, odlagan i industrijski otpad.

4. Procedne vode

Procedne vode deponije mogu biti izvor zagađenja podzemnih i površinskih voda [4]. Procednom vodom se nazivaju atmosferske padavine koje padaju na aktivni deo deponije prolaze kroz slojeve deponovanog otpada i

sakupljaju zagađujuće materije iz njega. Deo tih voda otiče sa deponija, deo se vraća u atmosferu isparavanjem sa gornje površine deponija ili vegetacije (transpiracija), a ostatak se zadržava u gornjem sloju deponija, pri čemu dolazi do povećanja vlage u otpadu. (Slika2)



Slika 2. Kretanje vode na deponiji

Procedna voda je zapravo zagađena tečnost, koja se procedila kroz slojeve odloženog otpada i pri tome apsorbirala velike količine zagađujućih supstanci (teški metali, pesticidi, fenoli i slično) iz otpada, uključujući proizvode hemijskih i biohemijskih reakcija koje se odvijaju u telu deponije. (Slika 3) Procedna voda predstavlja složenu, heterogenu smešu promenljivog sastava, koja se sastoji od različitih organskih i neorganskih jedinjenja i mikroorganizama. Sastav procednih voda veoma je teško predvideti, jer zavisi od niza varijabilnih faktora kao što su: starost deponije, godišnja količina padavina, sastav odloženog otpada, temperatura i sadržaj vlage, migracioni tok tečnosti, debljina tela deponije, faze razlaganja otpada, mogući procesi samoprečišćavanja, mogućnosti međufaznih slojeva da adsorbiraju (apsorbiraju) i minimiziraju zagađenje, kvalitet voda koje se infiltriraju u deponiju i dr.

Filtrat (otpadna voda sa deponija) se sakuplja i prečišćava da bi se uklonile štetne materije ili se svele na nivo prihvatljiv za životnu sredinu.



Slika 3. Procedna voda i filtrat

Opšte karakteristike filtrata su jak, neprijatan miris i tamno-braon boja, visoki koncentracioni nivoi polutanata. Tokom eksploatacionog veka deponije neophodno je kontrolisati filtrat i vode u okolini deponija, čime se prati kretanje procednih voda u životnoj sredini. Prema koncentraciji i nastanku, deponijski filtrat se može podeliti na:

- kiseli deponijski filtrat (iz biloške razgradnje otpada u I i II fazi), i
- metanski deponijski filtrat (iz biološke razgradnje otpada u III i IV fazi).

Kroz navedene faze razgradnje organskih komponenti otpada, parametri deponijskog filtrata se značajno menjaju. Neorganski zagađivači u filtratnoj vodi deponije čine, u najvećoj meri: teški metali, detektovani uglavnom u nižim koncentracijama, sa izuzetkom gvožđa i mangana. Organska jedinjenja u telu deponije potiču od različitih proizvoda koji se svakodnevno koriste u domaćinstvu: namirnica, dezinfekcionih sredstava, dezodoransa, sredstava za čišćenje, kozmetičkih proizvoda, sapuna i šampona, farbi, boja i lakova, lekova i dr. Osnovni izvori patogenih organizama u otpadu su: papirne maramice, fekalije, pelene, papirni ubrusi i hrana, kontaminirani industrijski otpad i bio-medicinski otpad [6]. Istraživanjem problema procednih voda ustanovljeno je da ove vode predstavljaju jedan od najsloženijih izvora zagađenja u prirodi, sa aspekta toksičnosti, kao i u smislu izbora odgovarajućih metoda (tehnika) za njihovo pročišćavanje. Procedne vode se ne smeju direktno izliti u životnu sredinu bez prethodnog sakupljanja i prečišćavanja.

Merenje zapremine i sastava tj. kvalitativnih i kvantitativnih parametara procedne vode vrši se jednom mesečno u toku eksploatacije deponije

[7]. U tabeli 1 prikazani su fizičko-hemijski parametri procedne vode sa regionalne deponije „ASA“, Kikinda.

Tabela 1. Fizičko-hemijski parametri procedne vode na uzorku sa deponije Kikinda [6]

Br.	Ispitivani parametar	Procedna voda	
		KI3	KI3
1.	Temperature vode [°C]	27	13
2.	Temperatura vazduha [°C]	4	4
3.	PH vrednost	8,59	8,65
4.	Nitriti [mg/l]	0,31	0,4
5.	Nitrati [mg/l]	40	37
6.	Fosfor [mg/l]	13,6	6,85
7.	Kalijum [mg/l]	515,75	491,85
8.	Hrom [mg/l]	1,08	0,306
9.	Gvožđe [mg/l]	18,32	10,095
10.	Cink [mg/l]	1,444	1,517
11.	Kadmijum [mg/l]	<0,02	<0,02
12.	Nikl [mg/l]	4,613	5,029
13.	Kalcijum [mg/l]	51,613	58,15
14.	Magnezijum [mg/l]	293,28	281,43

Kampanja uzorkovanja procednih voda i vazduha sa deponije Kikinda izvršena je u periodu od novembra 2008. do februara 2009. godine., u ciklusima od po 3 časa na svakoj lokaciji. Uzorkovanje filtratnih voda i deponijskih gasova je usmereno ka kolektovanju, detekciji i daljoj kvantifikaciji definisanih polutanata u vodi. Prva tačka uzorkovanja KI3 - Šaht procednih voda S1 iz Sektora 1, 20 m naspram ulaza na deponiju, na dubini od 3m, druga tačka uzorkovanja KI4 - Sabirni kanal - Sabirni šaht za procedne vode iz sektora S1, S2, S3 i S4, 50 m naspram ulaza, na dubini od 4m. Na osnovu rezultata koji su prikazani u tabeli 1, zaključeno je da procedne deponijske vode u Kikindi, i pored povišenog stepena kontaminacije, nakon recirkulacionog ciklusa realizovanog u okviru deponije, dostižu stepen kvaliteta kojim ne mogu izazvati negativne efekte u životnoj sredini [6].

5. Tehničke karakteristike regionalne deponije „ASA“, Kikinda

Iako je regionalna deponija „ASA“ u Kikindi, projektovana da opslužuje region od 250.000 stanovnika (sporazum o pristupanju su potpisale okolne opštine Novi Kneževac, Čoka, Senta, Bečej, Žitište, Nova Crnja i Kikinda), trenutno se na deponuju godišnje odlaže 22.000-24.000 t/god otpada sa teritorije opštine Kikinda.



Slika 4. Površina zemljišta namenjena za regionalnu deponiju „Kikinda“

Projekat „ASA International“ GmbH predviđa kapacitet I faze (prva od četiri predviđene kasete) od 280.000 m³ deponovanog otpada na površini od 7.000 m² koja bi se koristila u narednih 8-10 godina (u zavisnosti od brzine priključivanja ostalih opština). Regionalna deponija u Kikindi je izgrađena u skladu sa najvišim standarima zaštite životne sredine. Otpad koji je namenjen za deponovanje, dovozi se na sanitarnu deponiju i odlaže na mesto pripremljeno za odlaganje, tzv. „telo deponije“, koje je podeljeno na više segmenata (kasete i ćelije), čime je omogućeno fazno popunjavanje sanitarne deponije. U okviru kasete su konstruisane manje ćelije u koje se na dnevnoj bazi odlaže otpad, koji se nakon odlaganja sabija mašinama. Osnovne komponente sanitarne deponije su:

- vodonepropusna podloga,
- sistem za sakupljanje procednih voda
- sistem za sakupljanje deponijskog gasa.

Kod sanitarnih deponija, vodonepropusni slojevi projektuju se i grade za sprečavanje prodiranja procednih voda u bokove i dno deponije, odnosno u podzemne i površinske vode. Vodonepropusnost dna deponije postiže se izgradnjom deponija na terenu sa osobinom prirodne geološke barijere ili uspostavljanjem veštačke geološke barijere.

Pored geološke barijere (pesak i šljunak), obavezan element deponija je veštačka zaptivna obloga, uglavnom folija (često mehanički zaštićena slojem geotekstila), koja se postavlja između geološke barijere i drenažnog sloja [8]. Na regionalnoj deponiji „Kikinda“, nepropusna podloga i stranice (bentovi) sačinjeni su od kompakovanog sloja gline debljine 0,4 m, iznad koga je izvedena „sanitarna kada“ od

polietilenske (PEHD) folije debljine 2 mm. Preko nepropusne podloge se ugrađuje cevna drenaža za sakupljanje procednih voda i njihovo odvođenje do sistema za prečišćavanje. Na dnu deponije nalazi se sloj šljunka, debljine 50 cm. Pokrivanje deponija u toku eksploatacije se prvenstveno koristi za zaustavljanje emisije gasova (da bi se kontrolisao neprijatan miris deponije), ispiranja ili razbacivanja otpada sa lokacije, kao i za sprečavanje pojave životinja kao mogućih uzročnika zaraze. Pokrivanje može biti korisno i za kontrolu količine vode koja ulazi na

deponiju, a samim tim i količine stvorenih procednih voda. Postupak pokrivanja deponije je sličan izgradnji dna deponije. Kada je ćelija deponije popunjena i nema više kapaciteta da se puni otpadom, otpad se teškim mašinama (kompaktorima), sabija i prekriva prekrivačem od polietilenske plastike, sabijenog sloja zemlje i sloja površinske zemlje (humusa) na kojoj može da se zasadi vegetacija i na taj način spreči erozija zemljišta. Progresivnim nabijanjem materijala u deponiji količina ocedne vode se smanjuje za 10-20%.

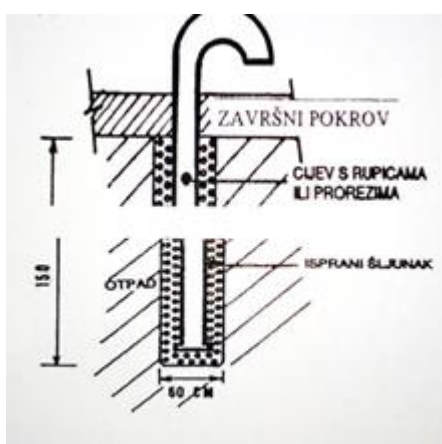


Slika 5. Poprečni presek slojeva regionalne deponije „ASA“Kikinda

Bakterijskim aktivnostima u deponiji generiše se deponijski gas (biogas). Povećano generisanje deponijskog gasa je povezano sa količinom organskog otpada u deponiji. Na proces formiranja deponijskog gasa utiču brojni faktori: karakter otpada, kiseonik u deponiji, sadržaj vlage, temperatura i vreme kada je otpad odbačen[6]. Temperatura povećava bakterijsku aktivnost, što direktno ima za posledicu povećano stvaranje deponijskog gasa. Bakterijska aktivnost oslobađa toplotu, tako da stabilna temperatura deponije iznosi 25^o-45^o C, mada su na deponijama registrovane temperature i do 70^o C. Prosečan sastav deponijskog gasa je 35-60% metana, 37-50%

ugljen-dioksida, i u manjim količinama se mogu naći ugljen-monoksid, azot, vodonik-sulfid, fluor, hlor, aromatični ugljovodonici i drugi gasovi u tragovima. Na osnovu sastava deponijskog gasa, zaključuje se da je on vrlo opasan po čovekovu životnu sredinu, kako za zdravlje živih organizama, tako i po infrastrukturne objekte u blizini deponija, obzirom da je metan u određenim uslovima vrlo eksplozivan. Pravilno upravljanje deponijskim gasom je od velikog značaja u prevenciji nastajanja požara i eksplozija, širenja neprijatnih mirisa i emisija gasova sa efektom staklene bašte. U idealnim uslovima, tona kućnog otpada proizvede oko 350-400 m³ deponijskog gasa. Jedan od načina

tretmana deponijskog gasa je spaljivanje na baklji. Daleko bolje, energetski efikasnije rešenje je sagorevanje i direktna upotreba nastale toplotne energije. Sistem za sakupljanje deponijskog gasa sastoji se od sistema horizontalnih i vertikalnih perforiranih fleksibilnih cevi postavljenih u deponiju (biotrnovi, sonde ili neki dr. sistem). Preko kompresorskog postrojenja deponijski gas se isisava, sabija, suši i usmerava ka gasnom motoru. Kod većih deponija (gde se očekuje velika količina emisije gasova) uobičajeno je kontrolisano sakupljanje gasova i njihovo korišćenje za proizvodnju toplotne i električne energije [9].



Slika 6. Poprečni presek cevi za sakupljanje deponijskog gasa

6. Koncept upravljanja procednim vodama na regionalnoj deponiji „ASA“, Kikinda

Atmosferske padavine koje padaju na aktivni deo deponije (segmenti koji se koriste) prolaze kroz slojeve deponovanog otpada stvarajući procedne vode koje se talože na dnu deponije. Sistem kolekcije tečnosti iz deponije sastoji se od drenažnog sistema, šljunka i peska koji je smešten na dnu deponije. Ovim drenažnim sistemom procedne vode se odvođe van deponije u bazen za prečišćavanje. Sistem za odvođenje atmosferskih padavina je konstruisan tako da kontroliše količinu atmosferskih padavina na deponiji. Da bi se uspešno upravljalo vodama sa deponije, neophodno je onemogućiti kontakt atmosferskih padavina sa procednim vodama i njihovu kontaminaciju istim, te na taj način smanjiti količinu filtrata koji treba da se

prečišćava pre ispuštanja u vodotokove. Da bi se to omogućilo, potrebno je izgraditi obodne kanale oko deponije, kanale kojim će se sakupljati padavine i koji će ih potom preko kolektora posebno odvoditi do bazena za atmosferske vode, a zatim ispuštati u sistem za preradu i recirkulaciju. Sakupljene procedne vode potrebno je odgovarajućim tretmanima prečistiti da bi se mogle bezbedno ispustiti. U svetu poznate metode za tretman procednih voda uključuju: korišćenje aerisanih laguna, isparavanje, reverznu osmozu, flokulaciju, adsorpciju i anaerobnu digestiju. Uglavnom jedan od ovih postupaka sam nije dovoljno efikasan za dostizanje potrebnih standarda kvaliteta voda, zbog čega se koristi kombinovanje navedenih metoda. Mnoge od ovih metoda su skupe, tako da je veoma korisna primena metoda za smanjenja količina procednih voda.

Poboljšanje tehničkih karakteristika regionalne deponije Kikinda ogleđa se u unapređenju sistema za upravljanje procednim vodama (slika 7) podelom deponije na odvojene segmente, čime se dobija manja količina zagađenih voda. Umesto transporta neprerađenih voda u sistem gradske kanalizacije, procedne vode se „recirkuliraju“, odnosno vraćaju na telo deponije, čime se postižu višestruki povoljni ekološki i finansijski efekti.

Drenažni sloj šljunka omogućuje slivanje procednih voda do cevi koje ih odvođe u sistem za preradu i recirkulaciju, sprečavajući ulazak čvrstih i krupnijih delova otpada. Ovakav način sakupljanja je omogućen projektovanim nagibom dna deponije (nagib 1:1.000), i svih slojeva od kojih je dno sačinjeno. Procedne vode sakupljene na ovaj način se sistemom PEHD cevi za vodu, šahtova i pumpi odvođe do taložnika – bazena što omogućuje taloženje čestica mulja na najnižem delu deponije. Periodično (na svakih 6 meseci) se vrši pražnjenje vode iz bazena i čišćenje sloja mulja sa dna. U toku redovne eksploatacije, procedna voda se odvođa do bazena za aeraciju - prirodnim oticanjem vode sa površine bazena i prelivanjem vode u sledeći bazen. Aeracija je operacija u obradi voda kojom se gasovita faza, obično vazduh ili kiseonik i voda dovode u kontakt u cilju ostvarivanja što

intenzivnijeg prenosa gasova. Aeracija ima najširu primenu za biološku aerobnu obradu otpadnih voda, za uklanjanje površinski aktivnih supstancija iz otpadnih voda, kao i za postupke koji prethode biološkoj obradi vode [10].

Procedna voda koja se uliva u bazen za aeraciju je uglavnom oslobođena krupnih čestica mulja, čime je omogućen ulazak procedne vode u perforirane cevi. Perforacije na cevima su veličine 0,1 mm.



Slika 7. Sistem za upravljanje procednim vodama na deponiji "Kikinda"

Ovako obogaćena kiseonikom, procedna voda se sistemom pumpi, cevi i prskalica vraća na deponiju, što ima višestruko pozitivno dejstvo:

- onemogućava/otežava samozapaljenje tela deponije
- unošenjem pocedne vode obogaćene vazduhom, poboljšava se biorazgradnja organskih materija, što rezultira povećanom produkcijom deponijskog gasa. Zakonska obaveza sakupljanja i spaljivanja deponijskog gasa nameće kao rešenje: sagorevanje gasa u energetske svrhe uz stvaranje ekonomske dobiti.
- povećanje kompaktnosti otpada
- smanjenje koncentracije zagađujućih materija u otpadnoj vodi

Recirkulacijom procednih voda postiže se „in – situ“ tretman procednih voda, čime se smanjuju troškovi tretmana procednih voda i ukupni troškovi rada deponije [5].

Deo redovne procedure upravljanja otpadom na deponiji je i tzv. *kompaktovanje* – sabijanje otpada, specijalnim vozilom (kompaktor), koji svojom težinom sabija deponovani otpad, čime je moguće otpad sabiti za čak 70 % od prvobitne zapremine otpada. Prosečna težina nesabijenog otpada iznosi približno 150kg/m³, a

kompaktovana težina iznosi 700kg/ m³, u zavisnosti od sastava otpada, vremena utrošenog na postupak sabijanja, itd.

7. Zaključak

Voda i otpad neraskidivo su povezani. Svaki neadekvatno odložen otpad pre ili kasnije dospeva do površinskih i podzemnih voda, zagađujući ih. Prečišćavanje procednih voda zahteva projektovanje postrojenja u kom može doći do varijacija u kvalitetu i količini otpadnih voda. U okviru rada ukazano je na mogućnost vršenja recirkulacije procednih voda kroz telo deponije, radi smanjenja mogućnosti samozapaljenja deponije, upravljanja stvaranjem deponijskog gasa i smanjenja koncentracije zagađujućih materija u otpadnoj vodi. Uprkos evidentnim naporima u otvaranju novih sanitarnih deponija, upravljanje otpadom u Srbiji je još uvek neadekvatno i predstavlja opasnost po životnu sredinu, a pre svega i po zdravlje ljudi.

Bibliografija

1. Ubavin D., "Model emisije i redukcije metana – gasa staklene bašte generisanog na deponijama komunalnog otpada u Srbiji",

- doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.
2. Jovičić N., "Upravljanje čvrstim otpadom", skripta sa materijalom za kurs - Tehnologije i oprema za deponovanje otpada, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2005.
 3. Đurđević J., Rajković D., Đorđević S., "Upravljanje otpadom u Srbiji kroz akciju „Očistimo Srbiju“, Nacionalna konferencija o kvalitetu života, Kragujevac, 2011. pp.315-320
 4. N. Čalić, M. Ristić, „Ispitivanje karakteristika procednih voda deponije „Vinča“ metodom izluživanja“, Hemijska industrija, 2006, 60 (7-8): pp. 171-175.
 5. Berge, N. D., Reinhart, D. R., Batarseh, E. S., „An assessment of bioreactor landfill costs and benefits“, Waste Management, 2009, 29(5), pp.1558-1567.
 6. Vujić G., Vojinović Miloradov M., i drugi, „Preliminarna kvalitativna i kvantitativna analiza procednih voda i gasova sa deponija u cilju uspostavljanja kontinualnog monitoringa“, Fakultet tehničkih nauka, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine, Novi Sad, 2009
 7. Vlada Republike Srbije, "Uredba o odlaganju otpada na deponije", "Službeni glasnik Republike Srbije, br. 92/2010, Beograd, 2010
 8. Karanac M., Jovanović M., Timmermans E., Mulleneers H., Mihajlović M., Jovanović J., „Prilog projektovanju vodonepropusnih slojeva deponija“, Hemijska Industrija, 2013, 67(6), pp.961-973.
 9. Ugrinov D., Komatina-Petrović S., Stojanov A., Mogućnosti eksploatacije deponijskog i biogasa kao obnovljivog izvora energije u Srbiji, Zaštita materijala, 2012, 53(4): pp. 379-385.
 10. Stanojević M., Simić S., Radić D., Jovović A., „Aeracija otpadnih voda“, ETA, Beograd, 2006
 11. Hoorweg D., Bhada-Tata P., „What a waste: A Global Review of Solid Waste Management“, World bank, 2012

Istorija rada:

Rad primljen: 07.05.2016.

Prva revizija: 13.05.2016.

Prihvaćen: 18.05.2016.