

ODLAGALIŠTA OTPADA - KRITIKNI ASPEKTI PROJEKTIRANJA I IZVEDBE

prof. dr. sc. **Mensur Mulabdi**, dipl. inž. gra
Građevinski fakultet Sveučilišta JJS u Osijeku

Sažetak

Projektiranje i izvedba odlagališta otpada imaju brojne kritične elemente koji mogu ugroziti stabilnost, okoliš i / ili otkrivaju neželjene efekte (npr. iskoristivost plina). U radu se analiziraju važni aspekti kao stabilnost temeljnog i pokrovnog sustava, primjena materijala, kriteriji za izbor prirodnih i umjetnih materijala (geosintetika), plinski zdenci, kontrola kvalitete i mjerenja koja se odnose na izvedbu, opažanja objekta i okoliša, te važne direktive i pravila projektiranja, za koje se iniciraju i neke preporuke. Daje se pregled i usporedba razvoja regulative i prakse u Republici Hrvatskoj u odnosu na europske direktive po pitanjima preuzimanja odredbi pravilnika i kriterija za odlagališta otpada.

Ključne riječi

odlagalište, projektiranje, izvedba, kritični elementi, hrvatska iskustva, direktiva

LANDFILL WASTE - CRITICAL ASPECTS OF DESIGN AND CONSTRUCTION

Abstract

Landfill design and landfill construction are both full of critical elements that may compromise stability, environmental protection and / or positive effects expected to be achieved (for instance use of bio-gas). In this article important aspects are discussed, like stability problems for bottom and slope elements, use of materials, criteria for selection of natural and artificial products (geosynthetics), gas wells, quality control and monitoring measures in regard to construction and observations of changes on the landfill and its environment, relevant directives and rules for design, for which some recommendations are initiated. Review of relevant legislation in Republic of Croatia compared to European directives regarding landfills is presented.

Key words

landfill, design, construction, critical aspects, croatian experience, directives

1. UVOD - ZAŠTO E NAM I DALJE TREBATI ODLAGALIŠTA ?

Odlagališta otpada e uvijek postojati, bez obzira na napredak tehnologija obrade otpada i zbrinjavanja otpada (spalionice, uporaba otpada, obrada otpada). Bit e ih manje ali e biti ve a (regionalna u odnosu na lokalna) i donosit e ve e zahtjeve na objekte i tehnologije odlaganja otpada. Ona su najjeftinije rješenje i jednostavna i tehni ki dostupna rješenja za zbrinjavanje otpada. Danas se zahtijeva da se otpad obra uje prije odlaganja tako da ne ostane više od 35% biorazgradive tvari. Unato tome krajnji dio sustava završava s odlagalištem otpada na koje e se uvijek odlagati dio obra enog ostatnog otpada.

Ovaj lanak ujedno inicira aktivnost na pojašnjenju i uputi o primjeni nekih pravila propisanih pravilnikom u RH i europskom direktivom (1), (2).

U tablici 1. prikazan je kronološki razvoj europskih direktiva za odlagališta otpada i Pravilnika u RH za odlaganje otpada.

Tablica 1. Pregled razvoja europskih direktiva i hrvatskih pravilnika o odlagalištima otpada

GODINA	EC DIRECTIVE	RH PRAVILNIK
1999	Direktiva Vije a 1999/31/EZ od 26. travnja 1999. o odlagalištima otpada	
2000		
2001		
2002	Odluka Vije a 2003/33/EZ od 19. prosinca 2002. kojom se utvr uju kriteriji i postupci za prihvatanje otpada na odlagališta sukladno lanku 16. i Prilogu II. Direktivi 1999/31/EZ	
2003		
2004		
2005		
2006		
2007		Pravilnik , 08.11.2007. NN 117/07
2008	Direktiva 1008/98/EC, 19.11.2008. on waste	
2009		
2010		
2011	Direktiva Vije a 2011/97/EU od 5. prosinca 2011. o izmjeni Direktive 1999/31/EZ u pogledu posebnih kriterija za skladištenje elementarne žive koja se smatra otpadom	
2012	Direktiva 2012/19/EU Europskog parlamenta i Vije a od 4. srpnja 2012. o otpadnoj elektri noj i elektroni koj opremi (OEEO)	
2013	1. srpnja 2013. RH postala lanica EU	Pravilnik , 24.05.2013. NN 62/13
2014		
2015		PRAVILNIK RH, 29.10.2015.
2016		

2. KONCEPT ODLAGALIŠTA OTPADA

Razlikujemo usklađena i nesuklađena odlagališta otpada. Usklađena odlagališta zadovoljavaju zakonske odredbe Pravilnika (npr. u RH (1)) i europske direktive EC 31/99 (2) a nesuklađena ne. Odlagalište koje zadovoljava uvjete funkcionalne i mehaničke stabilnosti (uredni slojevi brtvenih sustava, drenaže, ograde, ceste i slično – tj. predstavlja građevinski ispravno odlagalište) nije usklađeno dok god ne zadovolji uvjet prihvata otpada - najviše 5% organske tvari u odloženom otpadu. To znači da se uz odlagalište mora izgraditi sustav koji će obraditi otpad do potrebne mjere (objekti za obradu otpada). Tri su osnovna sustava u građevini koju zovemo odlagalište otpada: brtveni sustavi (pokrovni i temeljni), drenažni sustav (misli se na sustav odvodnje filtrata iz temeljnog brtvenog sustava) i sustav za otplinjavanje odlagališta otpada. Svaki od njih ima zadane kriterije u vidu tehničkih elemenata koji su propisani pravilnicima. To nije dovoljno za uspješno projektiranje tih sustava i od projektanta se zahtijeva poznavanje relevantnih procesa i materijala koji su svojstveni pojedinoj cjelini da bi se ostvarilo uspješno rješenje. Ta znanja se odnose na geotehničke, hidrauličke i statičke probleme vezane uz stabilnost i funkcionalnost ovih cjelina. Pri tome je poznavanje i odabir materijala po vrsti, načinu ugradnje i kontroli svojstava od posebnog značaja.

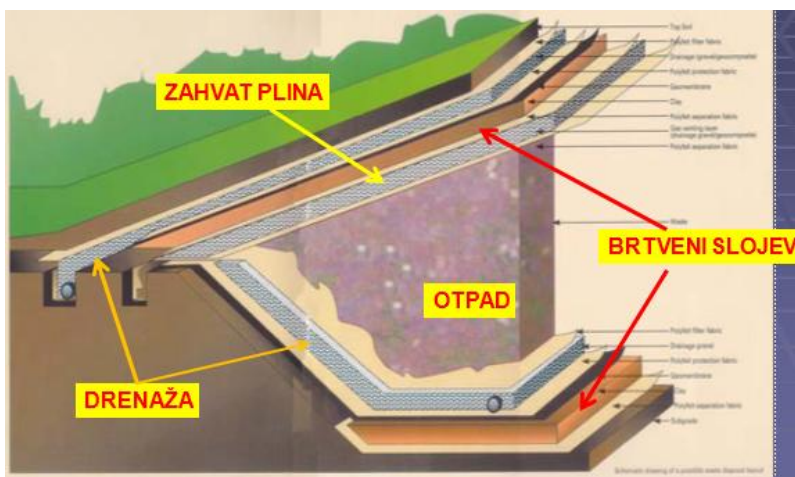
Novim pravilnikom u RH (1) razlikuju se tri vrste odlagališta otpada: odlagališta inertnog, neopasnog i opasnog otpada. Uvedene su podkategorije odlagališta neopasnog otpada:

- Podkategorija 1: Bioreaktorsko odlagalište
- Podkategorija 2: Odlagalište za odlaganje otpada za stabiliziranu frakciju otpada nakon postupka mehaničko-biološke obrade,
- Podkategorija 3: Odlagalište anorganskog neopasnog otpada s niskim sadržajem organske/biorazgradive tvari.

Bioreaktorska odlagališta po svom konceptu predstavljaju složeniji i osjetljiviji oblik odlagališta koji još nije sasvim zaživio u širokoj primjeni i koji nosi izazove i u tehnologiji i u ponašanju materijala i stabilnosti odlagališta u uvjetima povećane vlažnosti.

2. PROJEKTNJA RJEŠENJA

Odlagališta otpada štite okoliš od nedopuštenog zagađenja svojim pokrovnim i temeljnim brtvenim sustavom, ispravnim drenažnim sustavom i zahvatom plina.



Slika 1. Glavni zaštitni elementi odlagališta otpada

Propisivanje uvjeta na projektiranje i izvedbu glavnih zaštitnih elemenata odlagališta otpada posebno je važno za ostvarenje njihove zaštitne funkcije. To se odnosi na izbor materijala, svojstva materijala, trajnost svojstava materijala i efikasnost primijenjenog rješenja. Pogrešan ili nedovoljno dobar izbor rješenja može kritično ugroziti odlagalište, bilo po pitanju funkcionalnosti i efikasnosti zaštite okoliša bilo po pitanju sigurnosti i isplativosti rješenja.

2.1. Brtveni sustavi

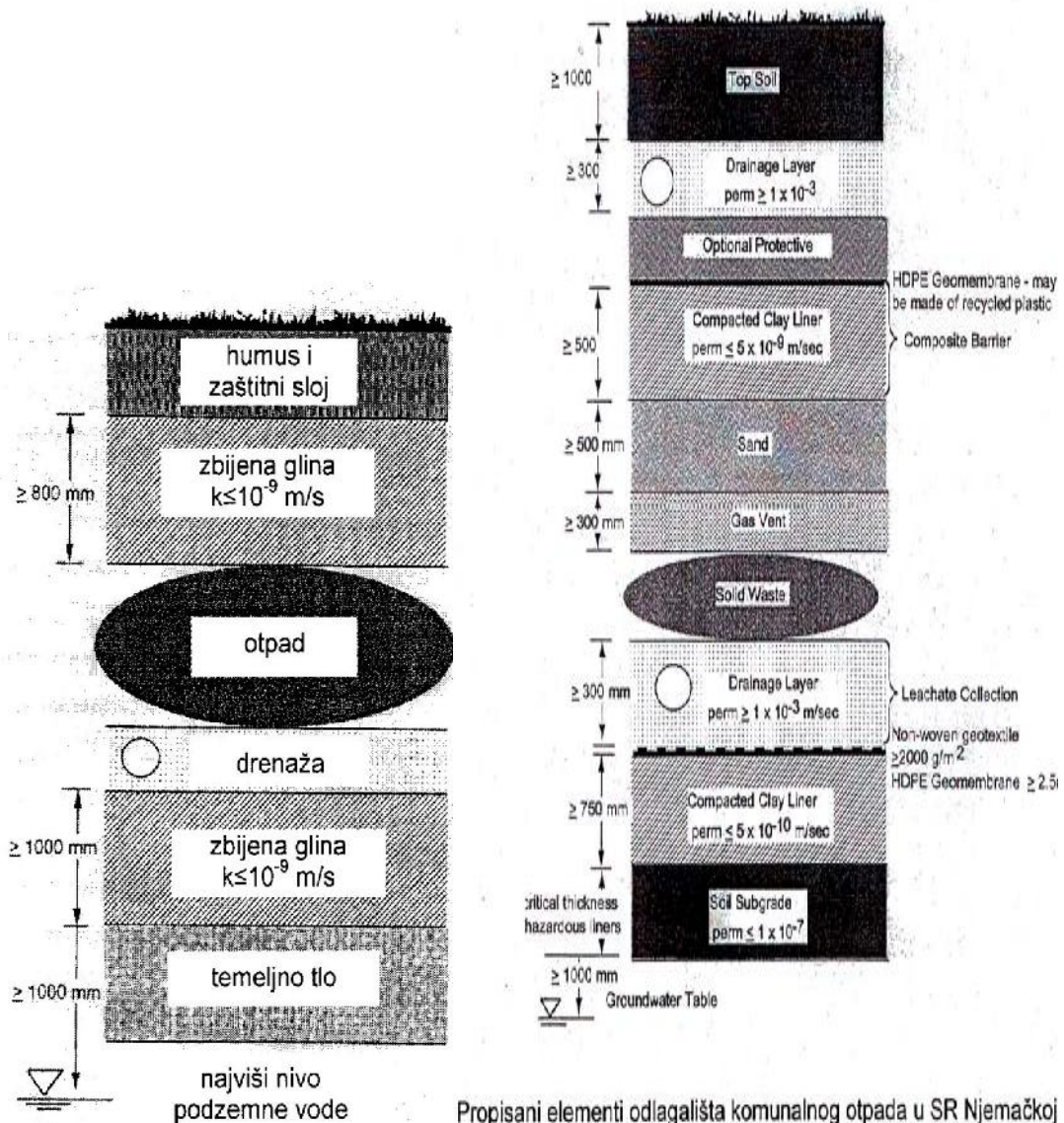
Uobičajeno se za brtvljenje koriste prirodni materijali, a vrlo često i umjetni materijali – geosintetici.

Pravilnik RH (1) o načinima i uvjetima zbrinjavanja otpada (NN 114/15) regulira građu brtvenih sustava kako je prikazano na slici 2.

Usporedba zahtjeva po Pravilniku RH (1) i zahtjeva po pravilima u Njemačkoj napravljena je da bi se ilustrirala razlika u bitnim elementima: brtveni sustavi u Njemačkoj imaju obavezno i geomembranu iznad sloja gline, dok se u RH to ne zahtijeva. Prema odredbama EC Directive 31/99 temeljni brtveni sustav treba imati dodatnu zaštitu geomembranom. Osim toga, u Njemačkoj se zahtijeva i propisana nepropusnost temeljnog tla ispod odlagališta otpada, što se u RH ne zahtijeva. Prema EC Directive 31/99 propisuju se zahtjevi za temeljno tlo, ali nedovoljno jasno i nedovoljno detaljno.

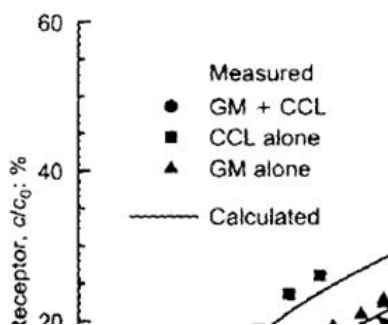
Na slici 3. prikazana je učinkovitost zaštite okoliša od filtrata uz primjenu gline, geomembrane i gline sa geomembranom u temeljnom brtvenom sustavu.

Primjećuje se da je kombinacija gline i geomembrane najučinkovitija u sprječavanju prodora zagađenja iz odlagališta u okoliš. To je zbog toga što se zagađenje prenosi i difuzijom, a ne samo tekućom vodom. Nepropusnost geomembrane je veća od nepropusnosti gline za oko tisuć puta, ali je zato debljina gline važna u sprječavanju difuzije zagađenja. Kombinacijom dva materijala postiže se kumulativno najbolja zaštita okoliša od filtrata (to propisuje i EC D 33/99).



Propisani elementi odlagališta komunalnog otpada u SR Njemačkoj

Slika 2. Građa brtvenih sustava prema Pravilniku RH (1) – lijevo, i prema odredbama pravilnika koji se primjenjuje u SR Njemačkoj – desno; najveća razlika u primjeni geomembrane i zahtjevima za nepropusnost temeljnog tla ispod odlagališta



Slika 3. Efikasnost pojedinog brtvila na propuštanje filtrata; geomembrana 2 mm (GM), glina debljine 30 cm i kombinacija oba materijala (3)

EU direktiva CD 31/99 (2) i pravilnici pojedinih zemalja dopušta uporabu umjetnih materijala za brtvene slojeve. Ta je mogućnost povezana sa geološkim uvjetima na lokaciji koji se odnose na karakter temeljnog tla. EC dokument nije dovoljno precizno definirao primjenu umjetnih materijala (geosintetika) u postizanju dovoljne zaštite po pitanju nepropusnosti temeljnog brtvenog sustava. Tako je u RH u Pravilnik o odlagalištima otpada (1) ušla odredba da se umjetni sustav mora izvesti u debljini od 50 cm. Ta besmislica je pogreška krivog shvaćanja problema, krivog prijevoda odredbe EC 31/99 i nepoznavanja prirode problema.

Stručnjacima iz ovog područja nije teško uočiti nejasnoće i u EU direktivi i krivo tumačenje odredbe u Pravilniku RH, kao i problematičan prijevod teksta na hrvatski jezik.

EU direktiva spominje tlo ispod brtvenog sloja – tzv. geološku barijeru (temeljno tlo) i mineralni sloj kao osnovu temeljnog brtvenog sustava (odlagalište). Od geološke barijere (dakle temeljnog tla) traži se stanoviti potencijal prigušenja rasprostiranja zagađenja (ne propisuje se mjera). Dakle, direktiva razlikuje temeljno tlo (geološka barijera) i brtveni sloj izveden od mineralnog materijala (glina, prirodni materijal). Za temeljno tlo (geološka barijera) opisno se traži potencijal prigušenja širenja zagađenja – bez brojeva, a za brtveni sloj (mineralni sloj) traže se brojne vrijednosti propisanih svojstava.

Umjetni sloj u direktivi predstavlja zamjenski sloj za nedovoljno dobro temeljno tlo (npr. pijesak, šljunak), ali se na taj sloj ne primjenjuju kriteriji za brtveni sloj, nego zahtjev za prigušenjem širenja zagađenja u podzemlje, dakle kao za geološku barijeru.

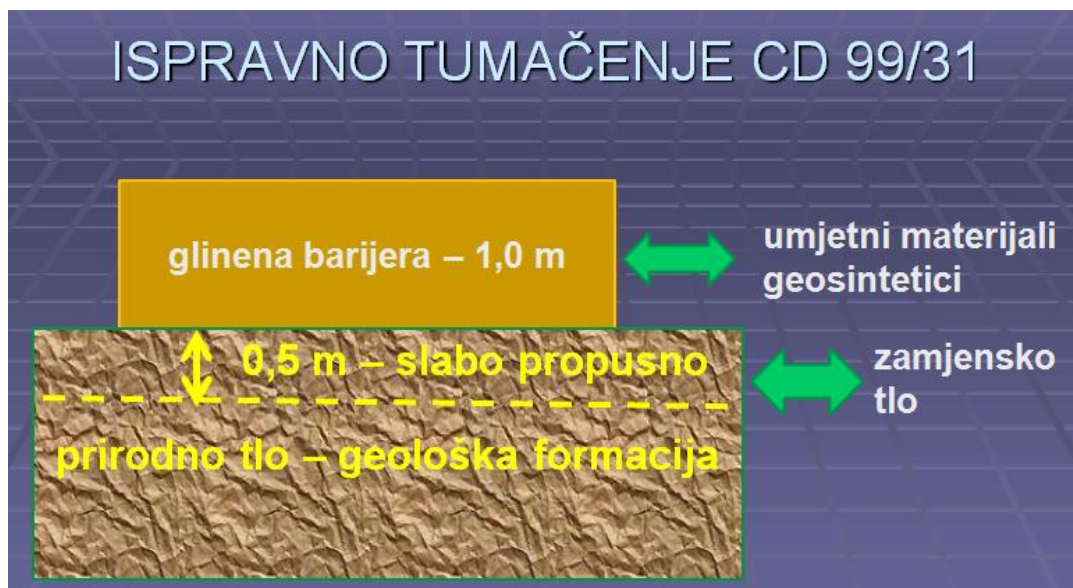
To praktično znači sljedeće:

1. da se na propusnom temeljnom tlu (pijesak, šljunak) ispod temeljnog brtvenog sloja, treba izgraditi slabo propusan sloj najmanje 0,5 m debljine, zamjenom tla ili poboljšanjem svojstava temeljnog tla (npr. miješanjem pijeska s bentonitom) do potrebnih svojstava
2. temeljni brtveni sloj može biti zamijenjen umjetnim slojevima (npr. geosinteticima – geomembranom i/ili geosintetičkom glinenom barijerom, tzv. bentonitnim tepihom - GCL) koji daju ekvivalentnu nepropusnost.

Treba imati u vidu da se ekvivalentnost nekih nepropusnih sustava mjeri i nepropusnošću i zaštitom okoliša (procjena i difuzija, slika 3).

Na slici 4. prikazani su grafički uvjeti i na primjene odredbi EC 31/99 za temeljni brtveni sustav.

Ove nejasnoće ne postoje u pravilniku koji se primjenjuje u Njemačkoj (slika 2). Tamo se traži da se ispod temeljnog brtvenog sloja (propisanih svojstava – propusnosti 5×10^{-10} m/s, dakle strožije od direktive, debljine 75 cm – manje nego traži direktiva i naš Pravilnik, ali sa geomembranom iznad kao što traži direktiva, ali ne i Pravilnik RH) nalazi slabopropusan sloj propusnosti 10^{-7} m/s. Takvi kriteriji su sukladni mišljenju autora i njegovom tumačenju odredbi EU direktive i odredi Pravilnika RH.



slika 4. Zahtjevi na temeljni dio odlagališta otpada prema EC 31/99 (10)

Na temelju takve interpretacije odredbi iz (2) može se postupiti prema slici 5. To znači da se nepovoljna geološka podloga treba poboljšati u oba slučaja, i sa glinom i sa geosinteticima u temeljnom brtvenom sustavu.



Slika 5. Postupak rješavanja nepovoljne geološke barijere u temeljnom tlu ispod odlagališta otpada sa izvedbom temeljnog brtvenog sloja u prirodnom i umjetnom materijalu (11)

Pojednostavljeno rečeno debljina 0,5 m odnosi se na unapređene svojstva temeljnog tla po pitanju propusnosti, a umjetni slojevi odnose se na temeljni brtveni sustav, kada se sloj gline debljine 1 m zamjenjuje geomembranom i/ili GCL (Geosynthetic Clay Liner, bentonitni tepih) jednake uinkovitosti po pitanju propusnosti. Zbog toga se može govoriti o zamjeni u temeljnom tlu boljim materijalom, ili poboljšanju svojstava postojećeg tla, i o zamjeni gline (mineralnog sloja) u temeljnom brtvenom sloju odlagališta geosinteticima.

Osim toga, EU direktiva govori o nadležnom (stru nom) tijelu koje po potrebi može dati procjenu rizika za zaga enje, s obzirom na specifi ne lokalne geološke i hidrološke uvjete, i poja ati ili umanjiti uobi ajene odredbe propisane dokumentom a koje se odnose na brtvene slojeve. Takva mogu nost ne postoji u našem Pravilniku RH, a vrlo je korisna i trebala bi biti prisutna u praksi.

3.2. Problem stabilnosti odlagališta otpada

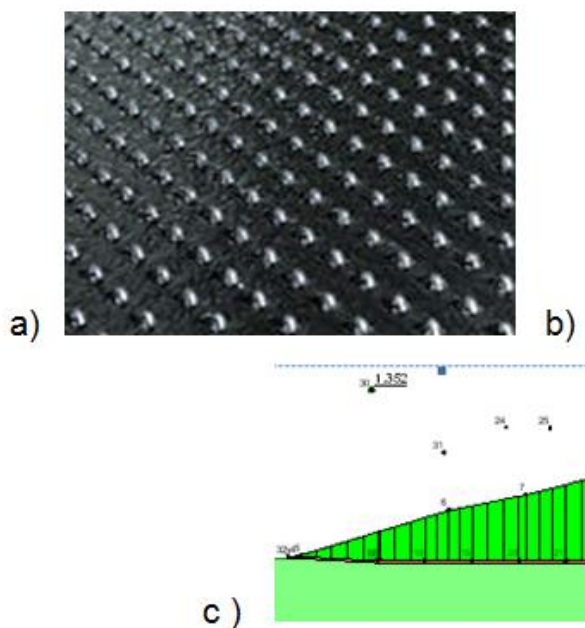
Stabilnost odlagališta otpada odnosi se na mehani ku otpornost klizanju dijela odlagališta, kroz temeljni ili pokrovni brtveni sustav. Kriti ni elementi su posmi ne vrsto e na kontaktima materijala u tim zonama, naj eš e geomembrane ili geosinteti ke glinene barijere (GCL) sa geotekstilom ili glinom. Klizne plohe kroz tijelo odlagališta i preko kontakata u temeljnom brtvenom sustavu su kriti ne.

Hrapave geomembrane imaju ve e trenje i esto se moraju koristiti u temeljnom brtvenom sustavu (slika 6.)

Pri tome hrapave geomembrane mogu biti izvedene sa intaktnom hrapavosti ili dodatnom hrapavosti – postignutom špricanjem. Ove posljednje nisu dobrodošle jer se takva hrapavost može uništiti pri manjim relativnim pomacima geomembrane i susjednih materijala.

Geosinteti ko-glinena barijera (GCL, kod nas esto nazivana bentonitni tepih) tako er može imati nedovoljnu internu posmi nu vrsto u ako nije prošivena, i ako geotekstili nisu dovoljno vrsto spojeni (obi no se koriste netkani geotekstil).

Problem stabilnosti odlagališta otpada rješava se odvojeno za pokrovni sustav i za tijelo odlagališta. Pokazuje se da su kriti ne klizne plohe po kontaktima materijala. S toga nije dobro raditi sa kružnim kliznim plohama kroz tijelo odlagališta nego uvijek uklju iti i kontakt sa geomembranom ili GCL-om u kliznu plohu.



slika 6. Kontrola stabilnosti za kliznu plohu po kontaktima temeljnog brtvenog sustava sa geomembranom esto pokazuje da su nužne hrapave , a ne glatke geomembrane (c); primjeri hrapavih geomembrana (a = integralna i b - špricana)

Na slici 7. prikazani su uobi ajeni kutevi trenja me u pojedinim komponentama – geosinteticima i tlom, koje se susre u u pokrovnom i temeljnom brtvenom sustavu.

GEOSINTETIK - TLO	
geomembrana (HDPE) - pijesak	$\phi = 15^\circ$ do 28°
geomembrana (HDPE) - glina	$\phi = 5^\circ$ do 29°
geotekstil - pijesak	$\phi = 22^\circ$ do 44°
bentonitni tepih - pijesak	$\phi = 20^\circ$ do 25°
bentonitni tepih - glina	$\phi = 14^\circ$ do 16°
hrapava HDPE - zbijena glina	$\phi = 7^\circ$ do 35° c= 20 - 30 kPa
hrapava HDPE - pijesak	$\phi = 30^\circ$ do 45°
geotekstil - glina	$\phi = 15^\circ$ do 33°
GEOSINTETIK - GEOSINTETIK	
geomreža -geomembrana (HDPE)	$\phi = 6^\circ$ do 10°
geomembrana (HDPE) - geotekstil	$\phi = 8^\circ$ do 18°
geotekstil -geomreža (geonet)	$\phi = 10^\circ$ do 27°
bentonitni tepih - hrapava HDPE	$\phi = 15^\circ$ do 25°
bentonitni tepih - geomembrana (HDPE)	$\phi = 8^\circ$ do 16°
bentonitni tepih - bentonitni tepih	$\phi = 8^\circ$ do 25° c=8 do 30 kPa
hrapava HDPE - geomreža	$\phi = 10^\circ$ do 25°
hrapava HDPE - geotekstil	$\phi = 14^\circ$ do 52°

Slika 7. Vrijednosti kuta trenja me u razli itim materijalima u odlagalištu otpada (3), (4), (5)

Projektom analizama stabilnosti propisuje se potreban kut trenja me u komponentama u pokrovnom i temeljnom brtvenom sustavu. U izvedbi se smiju primijeniti oni materijali za koje je dokazano da u me usobnom kontaktu zadovoljavaju taj kut trenja, a to se može utvrditi jedino ispitivanjem u laboratoriju.

Postoji dodatni problem: trenje me u komponentama brtvenog sustava pokazuje vršnu i rezidualnu vrstu u. Projektant je esto u dilemi koju vrijednost koristiti i uz koji faktor sigurnosti. Dobro je uzeti u obzir mogu nost pomaka pri klizanju, te ve e faktore sigurnosti koristiti za vršne vrijednosti kuta trenja i manje pomake a manje faktore sigurnosti za rezidualne vrijednosti kuta trenja i ve e pomake.

Stabilnost pokrovnog brtvenog sustava esto se mora osiguravati geomrežama. One moraju biti postavljene u jednom komadu, po itavom pokosu, dobro usidrene na vrhu, u kanalu koji e biti primjereno dimenzioniran.

3.3. Problem filtracije – izbor filtera

Geotekstil ili drugi filtarski sloj, koji dijeli otpad od drenaže, u temeljnom brtvenom sustavu treba sprije iti pronos estica iz zone otpada (iznad sebe) u drenažni sloj ispod sebe, a propustiti filtrat. Osim toga, takav filterski sloj mora sprije iti nastanak gnijezda gljiva i bakterija koja ga mogu za epiti ili blokirati i onemogu iti mu filtarsku funkciju.

Ako se geotekstil koristi za takav filtarski sloj onda on mora biti izabran na temelju uvjeta koji se propisuju i osiguravaju njegovu sigurnu i trajnu funkciju kao filtra. Ti uvjeti se razlikuju u USA i u Europi ((8), (9)).

USA – tkani geotekstil (5)

- AOS oko 0,42 mm (apparent opening size – karakterizira propusnost za zrna),
- POA 14-32 % (porose open area – postotak šupljina u odnosu na totalnu površinu, što više to bolje)

- $O_{90} < 0,25$ mm (karakteristični otvor strukture geotekstila)
- propusnost $> 0,2$ s⁻¹
- debljina nije bitna

Europa - netkani geotekstil (6),(7)

- masa 300 g/m²
- debljina min 3 mm
- debljina min 30 x O_{90}
- CBR min 2,5 kN
- min deformacija u CBR 50 mm

Primjenom ovih kriterija izbjegava se za epljenje i blokiranje filtra. Specifičnost filtra od geotekstila u odlagalištu otpada je da postoji opasnost od gomilanja gljivica i bakterija po vlaknima i porama geotekstila. Zato geotekstili moraju biti otvoreni, s većim porozitetom.

3.4. Drenažni sustav

Drenažni sustav u temeljnom brtvenom sustavu postavljen je iznad neprpusnog sustava i mora imati cijevi dovoljnog promjera, koje moraju biti postavljene u nagibima koji će osigurati da se i nakon slijeganja odlagališta ostvare minimalni nagibi cijevi radi otjecanja filtrata. Ovaj problem, da se zbog slijeganja temeljnog tla odlagališta otpada poremete nagibi drenažnog sustava, javlja se na podlogama tipa gline i drugih mekših formacija, ali se ne treba o ekivati tu pojavu u kršu ili na stjenovitoj podlozi. Taj sustav se mora redovito održavati i kontrolirati.

Drenažni sustav mora se redovito kontrolirati i održavati (snimanje kamerama, ispuhivanje zrakom, kontrola protoka filtrata i sli no).

Granulacija drenažnih slojeva je esto propisana pravilnicima. Posebnu pažnju posvetiti odnosu geotekstila i drenaže.

3.5. Sustav za zahvat plina

Plinski sustav za zahvat plina može zbog velikih slijeganja biti oštećen, i kod glava plinskih zdenaca i u samokm plinskom zdencu, jer se esto može predobiti / slomiti cijev za evakuaciju plina. Problem se može riješiti na više načina, najčešće odgoćenim zatvaranjem pokrova odlagališta (dok se ne postigne neki stupanj slijeganja) i/ili posebnim konstrukcijama cijevi i izlaznih razvoda zdenaca. To praktično znači da se prve dvije do tri godine ne bi trebalo zatvarati odlagalište u konačnom obliku.

Razmak zdenaca ne smije biti prevelik, a zdenci bi trebali biti u kontaktu sa drenažnim slojem radi boljeg i potpunog zahvata plina oko sebe, za što je potrebno potpuno dreniranje vode i filtrata iz zone oko zdenaca. Zdenci su vertikalni drenovi u tijelu odlagališta i voda i filtrat se procjeđuju u njima. Ako zdenic nemaju mogućnost otpustiti filtrat u drenažni temeljni sustav onda će filtrat spriječiti prikupljanje plina u zdencima, onemogućiti proizvodnju struje te čak i ugroziti stabilnost odlagališta otpada zbog tlakova u plinu i vodi koji se stvaraju zbog nedovoljnog dreniranja tijela odlagališta. Ovo može biti izraženo na pokosima odlagališta, kada se moraju izvoditi dodatni boćni drenovi za otplinjavanje. Mreža horizontalnih i vertikalnih sustava za otplinjavanje je dobro rješenje za velika odlagališta.

Na malim odlagalištima (do 100.000 t ukunog kapaciteta) problem otplinjavanja nije toliko važan i nema značajan utjecaj na okoliš.

Pitanje izvedbe plinskih zdenaca prisutno je u praksi - da li ih raditi naknadno po zapunjavanju (bušenjem) ili ih ugrađivati postupno od dna prema vrhu sa naopredovanjem odlagališta. U oba slučaja treba voditi računa da se održi integritet zdenca (izbjegavanje savijanja, pucanje cijevi, izmicanje), i da se adekvatno uzme u obzir opterećenje koje se prenosi na cijevi zdenca zbog slijeganja otpada.

3.6. Slijeganje odlagališta

Radnici se prosječno da je slijeganje tijela odlagališta (iskazano kao promjena visine odlagališta) oko 20% njegove visine, a to znači više metara. Ovom slijeganju tijela treba dodati slijeganje podloge – temeljnog tla koje nastaje zbog tereta odlagališta koje pritišće temeljno tlo. Takvo slijeganje predstavlja problem za elemente

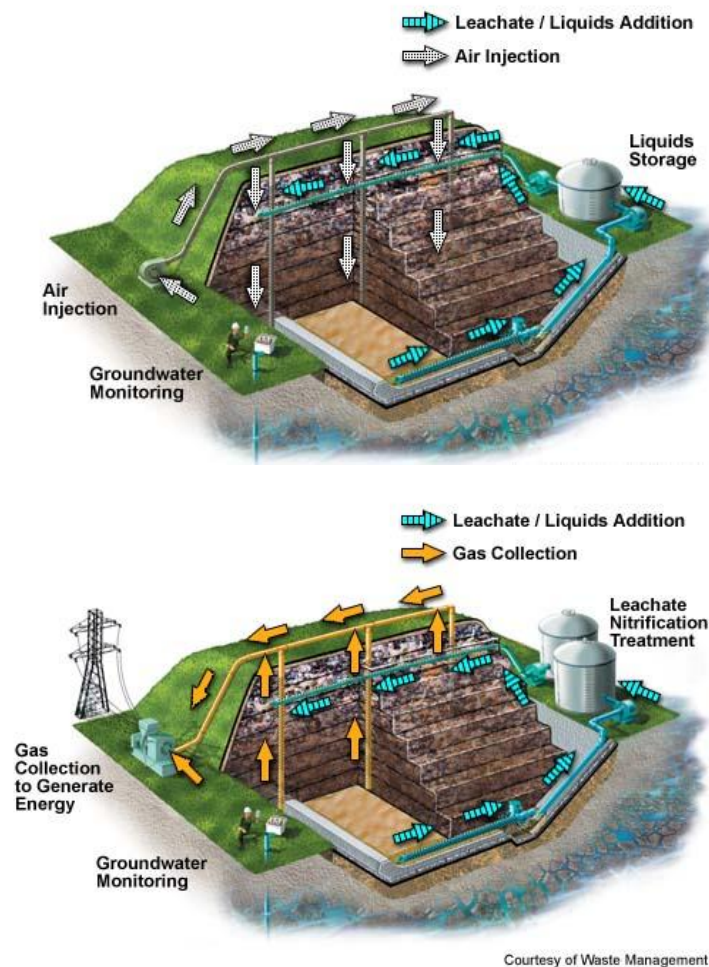
ugra ene u tijelo odlagališta (cijevi, kanali, plinski zdenci) i za pokrovni sustav u kojem može do i do pukotina i propuštanja oborina, što se ne smije dozvoliti. Neki stru njaci predlažu da se odlaglaište ne zatvara sasvim/kona no odmah po postizanju visine nego da se napravi privremeno zatvaranje membranama, dok se ne odigra dobar dio slijeganja, pa da se onda izvede kona ni pokrovni sustav. Posebno je pokrov osjetljiv na diferencijalna slijeganja, i kod nepropusne zone izra ene od gline (raspucavanje) i kod primjene geosintetika (istezanje, pucanje, gubitak preklopa).

3.7. Bioreaktorska odlagališta otpada

Ova odlagališta koriste komplicirane tehnologije kojima se ubrzava raspad organskih komponenti, iskorištavanje plina i slijeganje objekta. Prema na inu rada mogu biti aerobna (upuhivanje zraka i filtrata), anaerobna (povrat filtrata) ili kombinirana (hibridna). Svaka varijanta izaziva pojavu ve e koli ine teku ine u tijelu odlagališta, što mijenja mehani ka svojstva otpada i utje e na stabilnost odlagališta otpada, te zahtijeva obazrivost u dimenzioniranju drenažnog sustava za prihvat ve e koli ine vode i filtrata. Filtrat koji se procje uje kroz drenažni sustav vra a se u tijelo odlagališta sustavom prethodno pripremljenih kanala ili cjevovoda. Potrebno je stalno opažanje i mjerenje koli ine procjedne vode i pomaka u odlagalištu otpada koji se ubrzano razvijaju, jer je raspad otpada i iskorištavanje plina višestruko brži proces od procesa kod klasi nog odlagališta otpada.

Ne postoji dovoljno iskustvo u ovj izvedbi odlagališta, pogotovu u našem bližem okruženju, pa se od projektanta zahtijeva poseban oprez u rješenjima tehnologije i ocjeni stabilnosti i deformabilnosti gra evine te korištenje postoje ih iskustava.

Ranije spomenute ekspertne skupine, koje predvi a EC 31/99, imaju itekako smisla i zna aja u provedbi programa vezanih za bioreaktorska odalagališta otpada. Zato je pametno okupiti mjerodavne stru njake i dozvoliti im da ocjenjuju i usmjeravaju rješenja ka ispravnom konceptu i tehni koj dotjeranosti i funkcionalnosti.



Slika 8. Bioreaktorsko odlagalište otpada - aerobno (gore) i anaerobno (dole), shematski prikaz

4. IZGRADNJA ODLAGALIŠTA OTPADA

Izvedba / izgradnja odlagališta otpada mora slijediti propisane mjere koje su definirane u glavnom projektu. Odlaga lište otpada je građevina koja podliježe svim zakonima zakona o građevini. Te mjere se odnose na izbor i svojstva materijala (gline, šljunka, geosintetika) i na način izvedbe. Očekuje se da izvođač ima znanja i iskustva u izvedbi takvih radova, pa se neke mjere i ne propisuju jer ih stručna ekipa na izvedbu treba primjenjivati kao ustaljenu dobru praksu (npr. veze slojeva gline, zbijanje na pokosima i sl.).

Dnevni pokrovi moraju se izvoditi, radi sprječavanja zagađenja okoliša i radi sprječavanja nakupljanja oborinske vode u odlagalištu (u pravilu na odlagalištima neobrađenog otpada). Pravilan izbor tehnologije za ostvarenje dnevnog pokrova (tlo, folije, pjena) i disciplina u provedbi takve zaštite nužni su za dobru izgradnju odlagališta i brigu o okolišu.

Jedini kontrolni mehanizam za ispravnu izvedbu osigurava se djelovanjem nadzorne službe, putem investitorskog nadzora (nadzornog inženjera) i putem projektantskog nadzora.

Takve aktivnosti nisu skupe ako se ima u vidu izbjegavanje rizika od mogućih loših posljedica loše izvedbe, i investitori bi trebali u pravilu ugovarati takve aktivnosti.

Takav nadzor je specijalno važan u složenim uvjetima (npr. odlagalište na kršu) ili u složenim rješenjima (npr. bioreaktorski koncept odlagališta).

Često se kod primjene geomembrana događa problem gužvanja (boranja, naboranja) membrane, kao posljedica lošeg postavljanja ili pojave istezanja kod većih temperatura.

Geomembrana mora sa glinom ispod sebe imati tzv. "intimni kontakt", jer se u protivnom omogućiti nakupljanje filtrata ispod sebe i povećati protok filtrata do okoliša i time povećati rizik od zagađenja okoliša.

Postoji i obrnuti problem - da se membrana zategne kod smanjenja temperature i odvoji od temeljnog sloja u zipovima oko nasipa kazeta temeljnog sustava, kada nisu pokriveni drenažnim materijalom (što se može dogoditi iz raznih razloga, ali što nije preporučljivo). Analize koje je proveo autor za jedan takav slučaj pokazuju da se pritiskom drenažnog materijala može vratiti membranu u osnovni - povoljan položaj. Ta izvedba mora biti pažljiva i po pitanju smjera i intenziteta zasipanja i po pitanju strojeva i njihovog kretanja po radnoj plohi.

Zato je važno završavati radove "u paketu". Ne smije se dozvoliti postavljanje geotekstila po pokosima a da se on ne pokrije u prvih 15 dana drenažnim materijalom, ili da se geomembrana ne pokrije drenažnim materijalom u temeljnom sustavu. Ponekad nadzorni inženjeri, neiskusni u ovoj vrsti posla i nedovoljnog znanja, prouzrokuju nepotrebne poteškoće i troškove, inzistiraju i na strogim pravilima kontrole radova i dokaza kvalitete po materijalima, a zanemaruju i činjenicu da su te komponente "u paketu", i da se ne može špoložiti geotekstil ako nije pripremljen i odobren drenažni materijal za njegovo projektiranje.

5. OPAŽANJA I MJERENJA

Odlagališta otpada moraju imati sva potrebna mjerenja i opažanja, što je i propisano pravilnicima. Mjerenja količine filtrata i plina omogućuju procjenu uspješnosti zahvata, ali i indikacije o eventualnim poteškoćama ili problemima. Piezometri koji se koriste za mjerenje zagađenja u podzemnoj vodi moraju biti dobro raspoređeni i imati zahvat uzoraka na različitim dubinama.

Posebno se treba opaziti geometrija odlagališta i pojave eventualnih pomaka na pokosima, jer to može ukazivati na lokalne nestabilnosti. Zato je geodetska mreža toliko važna. Na temelju podataka dobivenih geodetskim mjerenjima može se ustanoviti i sljeganje odlagališta, ukupno i lokalno, opasnost od oštećenja pokrovnog brtvenog sloja, opasnost od ugrožavanja funkcioniranja zahvata plina i erozije pokrova.

Projektant projektira sustav opažanja u odnosu na karakter građevine, tehnologiju koja je primijenjena, i u odnosu na lokalne utjecaje i tehnička rješenja na građevini.

6. ZAKLJUČAK

Odlagališta otpada će uvijek biti potrebna, i uvijek će se zahtijevati provjera rješenja, bez obzira na ponavljanje koncepta i relativno dobro iskustvo u izvedbi takvih građevina. Izbor materijala, geometrija pokosa, način izvedbe i redosljed izvedbe moraju biti pod nadzorom projektanta i nadzornog inženjera, kako bi se izbjegli negativni utjecaji na okoliš. Zbog toga i tehnički zahtjevi iz projektne dokumentacije moraju biti detaljni i dovoljni za uspješnu izvedbu. Kontrolnim opažanjem i mjerenjem važnih parametara (pojava zagađenja u

zraku, vodi, kontrola rada drenažnog i plinskog sustava) te urednim održavanjem svih sustava može se osigurati uredan i kontroliran rad odlagališta otpada.

Kriteriji propisani raznim obveznim dokumentima (EC direktiva, pravilnici) moraju se poštivati ali se moraju znati i tumačiti i razumjeti na ispravan način. Odlagališta su inženjerski objekti, kompleksni i višedisciplinarni. Tehnologije zahvata plina i obrade otpada su važne za funkcionalnost zahvata, ali presudan je građevinski aspekt - odlagalište je građevina kojoj se mora osigurati i dokazati stabilnost i funkcionalnost u cjelini i u pojedinim dijelovima. Za taj zadatak inženjeri moraju imati potrebna znanja i iskustva, i po pitanju materijala, i po pitanju tehnologije izvedbe i po pitanju geostatičkih analiza i dokazivanja stabilnosti građevine. U tome im ekspertna grupa, koja bi trebala djelovati na nivou šire društvene zajednice, može pomoći i osigurati da zahvat bude racionalan i siguran.

7. LITERATURA

- [1] Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN114/15)
- [2] Council Directive 1999/31/EC on the landfill of waste
- [3] Mulabdi, M., Minažek, K. (2008). O posljedicama „kataloškog projektiranja“ pokrova odlagališta otpada, Zbornik radova X. Međunarodni simpozij Gospodarenje otpadom, Zagreb, pp 515-526
- [4] Mulabdi, M. (2009). Mehanička stabilnost i funkcionalnost odlagališta komunalnog otpada, Publikacija No.6, zbirka studentskih radova po znanstvenom projektu, GF Osijek, CD i knjiga sažetaka.
- [5] Technical report (2005) : Report of the ISSMGE Technical Committee TC 5 on Environmental Geotechnics, September
- [6] Rowe, R.K.(2005). Long term performance of contaminant barrier systems, *Geotechnique* 55, No 9, pp 631-678
- [7] BAM. Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff Dränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen. BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 2010
- [8] Saathoff, F., Cantré, St., Müller, W. (2010). The new German filtration criteria for geosynthetics in landfills, 5th European Geosynthetics Congress, Valencia, pp 264-268
- [9] Peri, D., Mulabdi, M. (2013). Pregled kriterija za izbor geotekstila za filter, E-GFOS, elektronički časopis GF Osijek, broj 7, pp 43-55
- [10] Giroud, J.P. (2010). Development of criteria for geotextile and granular filters, 9th International Conference on Geosynthetics, Brazil, pp 45-64
- [11] Mulabdi, M., Fundurulja, D. (2014). Kritični aspekti projektiranja i izvedbe odlagališta otpada, Zbornik konferencije Zaštita okoliša i održivo gospodarenje otpadom, organizator TEHNOEKO Zagreb, 5-6.06.2014, Zagreb
- [12] Mulabdi, M., Fundurulja, D. (2016). Novi pravilnik o odlagalištima otpada - vizija u budućnost?, Zbornik Konferencije o zaštiti okoliša - Vizija gospodarenja otpadom, organizator Tehnoeko Zagreb, 09-10.06. 2016. Opatija