

Metode sanacija nesanitarnih odlagališta otpada

Petrović, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:384657>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO - GEOLOŠKO - NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

**METODE SANACIJA NESANITARNIH
ODLAGALIŠTA OTPADA**

Diplomski rad

Domagoj Petrović

R 192

Zagreb, 2018.

**METODE SANACIJA NESANITARNIH
ODLAGALIŠTA OTPADA**

DOMAGOJ PETROVIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U diplomskom radu opisane su vrste otpada i odlagališta. Dan je pregled stanja u Hrvatskoj, od osamostaljenja pa do danas. Prikazan je utjecaj odlagališta otpada na okoliš. Objašnjeni su temeljni i pokrivajući zaštitni slojevi, funkcije slojeva te materijali koji se ugrađuju. Navedene su metode sanacija odlagališta otpada i monitoring koji traje tijekom i nakon zatvaranja odlagališta.

Ključne riječi: otpad, odlagalište, sanacija

Diplomski rad sadrži: 42 stranice, 17 slika, 9 tablica i 18 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Želimir Veinović, docent RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Želimir Veinović, docent RGNF

Dr. sc. Gordan Bedeković, redoviti profesor RGNF

Dr. sc. Dubravko Domitrović, docent RGNF

Datum obrane: 28. rujna 2018., Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

NON-SANITARY LANDFILL REMEDIATION METHODS

DOMAGOJ PETROVIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Department of Mining Engineering and Geotechnics
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Summary

In this master's thesis the classification of waste and landfills are explained. Thesis describe summary of conditions of Croatian landfills, from independence to today. The impact of the landfill on the environment is presented. The basic and covering layers, layer functions and embedded materials are explained. Waste disposal methods have been identified and monitoring is ongoing during and after the landfill closure.

Keywords: waste, landfill, remediation

Thesis contains: 42 pages, 17 figures, 9 tables, 18 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Želimir Veinović, Assistant Professor

Reviewers: PhD Želimir Veinović, Assistant Professor
PhD Gordan Bedeković, Full Professor
PhD Dubravko Domitrović, Assistant Professor

Date of defence: October 28, 2018, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

I. SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. STANJE U HRVATSKOJ	5
2.1. Sastav otpada u Republici Hrvatskoj.....	6
2.2 Lokacije u Republici Hrvatskoj.....	9
2.3. “Crne točke”	12
3. UTJECAJ NA OKOLIŠ	14
3.1. Utjecaj na vode	15
3.2. Utjecaj na zrak	17
4. TEMELJNI I POKRIVAJUĆI SLOJEVI.....	18
4.1. Temeljni zaštitni sloj.....	18
4.2. Pokrovni zaštitni sloj	19
4.3. Karakteristike slojeva	20
4.3.1. Temeljno tlo	20
4.3.2. Brtveni sloj	20
4.3.3. Drenažni sloj	21
4.3.4. Zaštitni i prijelazni slojevi.....	22
4.3.5. Rekultivirajući sloj.....	22
5. METODE SANACIJA NESANITARNIH ODLAGALIŠTA OTPADA	24
5.1. IN SITU sanacija.....	24
5.1.1. Prekrivajuća IN SITU sanacija	25
5.1.2. IN SITU metoda s podzemnim vodama i nepropusnom podlogom	26
5.1.3. IN SITU metoda s vododrživom barijerom.....	27
5.1.4. IN SITU metoda s sustavom za crpljenje podzemne vode.....	27
5.1.5. IN SITU metoda s mlaznim injektiranjem.....	28
5.2. EX SITU	29
5.2.1. EX SITU metoda izdvajanja sekundarnih sirovina.....	30
5.2.2. EX SITU metoda premještanja na obližnju lokaciju	31
5.2.3. EX SITU metoda premještanja otpada.....	32
5.2.4. Stanica za izdvajanje sekundarnih sirovina	33
6. MONITORING	35
6.1. Podzemne vode.....	36
6.2. Slijeganje	37
6.3. Površinska voda.....	37
6.3. Odlagališni plinovi	37

6.4. Zračenje.....	37
6.5. Lizimetar.....	38
7. ZAKLJUČAK.....	39
8. LITERATURA.....	41

II. POPIS SLIKA

Slika 2-1 Udio postupaka oporabe/zbrinjavanja ukupnog otpada (proizvodnog i komunalnog) sa područja RH u 2014. g. prema prijavama obrađivača otpada.....	7
Slika 2-2 Intenzitet stvaranje otpada u RH u razdoblju od 1995.-2015.....	8
Slika 2-3 Lokacije odlagališta otpada u Republici Hrvatskoj.....	10
Slika 3-1 Produkcija odlagališnih plinova po fazama starenja otpada.....	15
Slika 4-1 Temeljni sustav slojeva.....	18
Slika 4-2 Pokrovni sustav slojeva.....	19
Slika 5-1 Prekrivajuća IN SITU metoda.....	26
Slika 5-2 IN SITU metoda s podzemnim vodama i nepropusnom podlogom.....	26
Slika 5-3 IN SITU metoda s vododrživom barijerom.....	27
Slika 5-4 IN SITU metoda s sustavom za crpljenje vode.....	28
Slika 5-5 IN SITU metoda s mlaznim injektiranjem.....	28
Slika 5-6 IN SITU metoda injektiranja otpada.....	29
Slika 5-7 EX SITU metoda izdvajanja sekundarnih sirovina.....	31
Slika 5-8 EX SITU metoda premještanja na susjednu lokaciju.....	32
Slika 5-9 EX SITU metoda premještanja otpada.....	33
Slika 5-10 Postrojenje za razdvajanje.....	34
Slika 6-2 Lizimetar.....	38

III. POPIS TABLICA

Tablica 2-1 Plan sanacija odlagališta za razdoblje 2005.- 2009.....	6
Tablica 2-2 Obrada i odlaganje komunalnog otpada u odabranim zemljama EU i u Hrvatskoj 2000. g.....	8
Tablica 2-3 Pregled statusa i kapaciteta aktivnih odlagališta po županijama.....	11
Tablica 2-4 Pregled prijava za izvještajno razdoblje od 01. siječnja do 30. lipnja 2016 godine.....	12
Tablica 2-5 Prijave operatera odlagališta koja su bila aktivna tijekom izvještajnog razdoblja od 01. siječnja do 30. lipnja 2016.godine.....	12
Tablica 2-6 Pregled statusa projekata sanacija crnih točaka.....	13
Tablica 3-1 Usporedba koncentracija nekih zagađivala u mladom filtratu s dopuštenim koncentracijama istih tvari u pitkoj vodi.....	16
Tablica 3-2 Sastav odlagališnog plina.....	17
Tablica 6-1 Zahtjevi za program monitoringa.....	35

IV. POPIS KORIŠTENIH KRATICA

Simbol	Značenje	Jedinica
--------	----------	----------

L	duljina	cm/m
---	---------	------

pH	kiselost	pH
----	----------	----

1. UVOD

Gospodarski razvitak svijeta u 20. i 21. st. donio je mnoge pozitivne pomake u načinu života na Zemlji. Brzi razvoj industrije čovjeku je mnogo olakšao svakodnevni život, i omogućio mu ubrzani intelektualni razvitak. Međutim, silna industrijalizacija donijela je i mnoge neželjene i štetne pomake. Onečišćenje zraka, vode i tla postaju glavni problemi današnjice i sutrašnjice, a idu toliko daleko da se u pitanje dovodi čak i egzistencija čovjeka u budućnosti. Resursi se troše mnogo brže nego se oni sami uspijevaju obnovljati, a većina je neobnovljiva.

Čovjek je u početku industrijalizacije, pa sve do kraja 20. stoljeća u potpunosti marginalizirao zaštitu okoliša i prirode, ne vodeći računa o otpadu koji nastaje. Nije se vodilo računa o ponovnoj uporabi materijala, kao niti recikliranju, dok se neobrađeni otpad odlagao bez kontrole i razmišljanja o daljnjim štetnim utjecajima na prirodu i okoliš. Neke su zemlje brzo shvatile kako taj način odlaganja nije u načelima očuvanja okoliša. Primjerice, prvo zabilježeno odlaganje otpada na sanitarno odlagalište je u Londonu 1920-tih (The Encyclopedia, 2018). Otpad se zbijao i na kraju svakog dana prekrivao sa slojem zemlje. Ta praksa je nastavljena u SAD-u 1940-tih godina.

Nažalost, u većini država otpad se najvećim dijelom odlagao na samom mjestu nastajanja, tvoreći tako hrpe otpada, koje su se odvozile na određene lokacije, gdje su nastajala neuređena (nesanitarna) odlagališta. Tamo je dolazilo do onečišćenja tla i vode, jer su procjedne vode kroz tlo dolazile do podzemnih voda, dok su plinovi nesmetano odlazili u atmosferu, tako zagađujući zrak. Prva odlagališta koja su projektirana tako da se vodilo računa o filtratu i plinovima pojavila su se ranih 1970-tih godina (The Encyclopedia, 2018).

Kroz povijest postojali su različiti pokušaji smanjivanja nastalog otpada, od kojih je najstarije paljenje, još krajem 19. st. Od paljenja se odustalo vrlo brzo zbog neefikasnosti te se vratilo tradicionalnom odlaganju. Idući pokušaj su bile spalionice, nastale između 1930.-tih i 1940.-tih, koje također nisu zaživjele zbog emitiranja velikih količina zagađujućih čestica u zrak. Novija generacija spalionica, koja je nastala 1970.-tih, i do danas se održala je "waste-to-energy" postrojenje. Ono kroz sagorijevanje otpada proizvodi struju ili toplinu, ali i visokotoksični pepeo, koji se također mora negdje odložiti. Još jedna vrlo negativna metoda odlaganja otpada, koja je aktivna čak i danas je odlaganje otpada u oceane. (The Encyclopedia, 2018)

Cilj ovog rada je prikazati načine zbrinjavanja otpada na propisani način, definirati metode optimalnog zbrinjavanja s obzirom na vrstu otpada i nastalo onečišćenje okoliša te objasniti kako obavljati monitoring zatvorenih odlagališta.

Prema Strategiji gospodarenja otpadom (IPZ Unipojekt, 2016.) termin “otpadom onečišćeno tlo” podrazumijeva jednu od sljedećih definicija:

„Odlagalište I. kategorije – građevine koje su izgrađene i rade u skladu s važećim propisima uz odobrenje nadležnog tijela državne uprave i uz posjedovanje dozvola (lokacijska, građevinska ili uporabna). U ovu kategoriju spadaju i odlagališta koja su u fazi legalizacije te imaju najmanje važeću lokacijsku dozvolu. Sastoje se od građevnog dijela i opreme koji zajedno čine tehnološku cjelinu. Namijenjene su odlaganju pojedinih vrsta otpada, ovisno o kojem se dijele na “odlagališta I. kategorije” (za komunalnih otpad) i “odlagališta II. kategorije” (za intertan neopasan otpad).

Službena odlagališta – mjesta (lokacije) na koje su poduzeća koja organizirano skupljaju komunalni otpad (komunalna poduzeća ili koncesionari) isti odlažu, a na temelju odluka lokalne samouprave. Ova odlagališta obuhvaćaju lokacije na kojima se kroz duže vrijeme (trajno) vrši odlaganje, ali to ne pretpostavlja postojanje određenog oblika građevine za odlaganje otpada, kao niti postojanje potrebnih dozvola (lokacijska, građevinska, uporabna). Uglavnom su određena samo prostorno-planskom dokumentacijom.

Odobrena odlagališta – mjesta (lokacije) odobrena od lokalne samouprave za odlaganje komunalnog otpada manjim koncesionarima, prijevoznicima ili proizvođačima otpada. Nisu izgrađena i na njima se ne radi sukladno važećim propisima. U pravilu nisu određena prostorno planskom dokumentacijom.

Dogovorena smetlišta - mjesta (lokacije) na koja neka naselja ili skupine domaćinstava odlažu svoj komunalni otpad na osnovi dogovora ili nalogu lokalne samouprave (uz znanje lokalne uprave), ali bez ikakvih mjera zaštite i kontrole.

Smetlišta – mjesta (lokacije) na koja neke skupine domaćinstava odlažu svoj komunalni otpad bez ikakvih dogovora i bez znanja lokalne samouprave, te bez ikakvih mjera zaštite i kontrole.“

Prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN br. 114/15) odlagališta se dijele na sljedeće kategorije:

1. odlagalište za opasni otpad
2. odlagalište za neopasni otpad
3. odlagalište za inertni otpad

Kako se na odlagališta otpada odlaže otpad, a otpad nastaje iz kućanstava i industrije, navesti ćemo vrste i definicije otpada prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN br. 94/2013):

“1. “biološki razgradivi otpad” – otpad koji se može razgraditi biološkim aerobnim ili anaerobnim postupkom

2. “biootpad” – biološki razgradiv otpad iz vrtova i parkova, hrana i kuhinjski otpad iz kućanstva

3. “biorazgradivi komunalni otpad” – otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede, šumarstva, a koji u svom sastavu sadrži biološki razgradiv otpad

4. “građevni otpad” – otpad nastao prilikom gradnje građevina, rekonstrukcije, uklanjanja i održavanja postojećih građevina, te otpad nastao od iskopanog materijala, koji se ne može bez prethodne uporabe koristiti za građenje građevine zbog kojeg građenja je nastao

5. “inertni otpad” – otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim i/ili biološkim promjenama

6. “Krupni (glomazni) komunalni otpad” – predmet ili tvar koju je zbog zapremnine i/ili mase neprikladno prikupljati u sklopu usluge prikupljanja miješanog komunalnog otpada...

7. “komunalni otpad” – otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede i šumarstva

8. “miješani komunalni otpad” – otpad iz kućanstva i otpad iz trgovina, industrije i iz ustanova koje je po svojstvima i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, iz kojeg posebnim postupkom nisu izdvojeni pojedini materijali (kao što je papir, staklo i dr.) te je u Katalogu otpada označen kao 20 03 01

9. *“morski otpad” – otpad u morskom okolišu i obalnom području u neposrednom kontaktu s morem koji nastaje ljudskim aktivnostima na kopnu ili moru, a nalazi se na površini mora, u vodenom stupcu, na morskom dnu ili je naplavljen*

10. *“neopasni otpad” – otpad koji ne posjeduje niti jedno od opasnih svojstava određenih Dodatkom III. ovog zakona*

11. *“opasni otpad” – otpad koji posjeduje jedno ili više opasnih svojstava određenih Dodatkom III. ovog zakona*

12. *“otpad” – svaka tvar ili predmet koju posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Otpadom se smatra svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa*

13. *“otpadna ulja” – mineralna ili sintetička ulja za podmazivanje ili industrijska ulja koja su postala neprikladna za uporabu za koju su prvobitno namijenjena, primjerice ulja iz motora s unutarnjim izgaranjem i ulja reduktora, ulja za podmazivanje, ulja za turbine i hidraulička ulja*

14. *“problematični otpad” – otpad iz podgrupe 20 01 Kataloga otpada koji uobičajeno nastaje u kućanstvu te opasni otpad koji je po svojstvima, sastavu i količini usporediv s opasnim otpadom koji uobičajeno nastaje u kućanstvu pri čemu se problematičnim otpadom smatra sve dok se nalazi kod proizvođača tog otpada*

15. *“proizvodni otpad” – otpad koji nastaje u proizvodnom procesu u industriji, obrtu i drugim procesima osim ostataka iz proizvodnog procesa koji se koriste u proizvodnom procesu istog proizvođača”*

2. STANJE U HRVATSKOJ

Stanje u Hrvatskoj 1995. g., kako zbog neposredno završenog Domovinskog rata tako i zbog dugogodišnjeg zanemarivanja problematike odlaganja bilo je zabrinjavajuće. Fundurulja i dr. (2000) navode podatak da je 1995. g. u Republici Hrvatskoj bilo između 800 i 1000 divljih odlagališta, “službenih odlagališta” bilo je 120, a “odlagališta I. kategorije” samo 5. Strategija gospodarenjem otpadom (NN 130/2005) navodi broj od čak 3000 divljih odlagališta otpada. Razlog takvom poražavajućem podatku s toliko divljih odlagališta leži u više uzroka. Jedan od njih je sigurno taj da čak trećina kućanstava (1995. g.) nije bila uključena u organizirano skupljanje i odvoz kućnog otpada. Zajedno sa nepostojanjem centara za reciklažu i skupljanje glomaznog otpada, rezultiralo je bacanjem otpada na ljudima prvu pogodnu lokaciju, tvoreći tako divlja odlagališta smeća. Često su to bili jarci, potoci ili općenito močvarne i poplavne lokacije. Još jedan od razloga bio je nepostojanje zakonske regulative koje bi lokalne uprave i građanstvo prisilile na rješavanje ovog problema, kao i podizanje svijesti o važnosti pravilnog odlaganja otpada.

Stvari su se počele značajnije mijenjati na bolje tek 2004. g., kada počinje djelovati Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost koji provodi značajne aktivnosti na sustavnijoj sanaciji, usmjerujući prikupljene naknade prema sanaciji odlagališta. Godinu dana kasnije donesena je već spomenuta Strategija gospodarenjem otpadom Republike Hrvatske (NN 130/2005) koja je donijela prioritete, od koji su neki :

- odgoj i obrazovanje za okoliš i gospodarenjem otpadom
- sanacija postojećih odlagališta
- izgradnja građevina i uređaja za obradu otpada
- ...

Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju nastavljeno je s promjenama zakona i regulativa u skladu s EU.

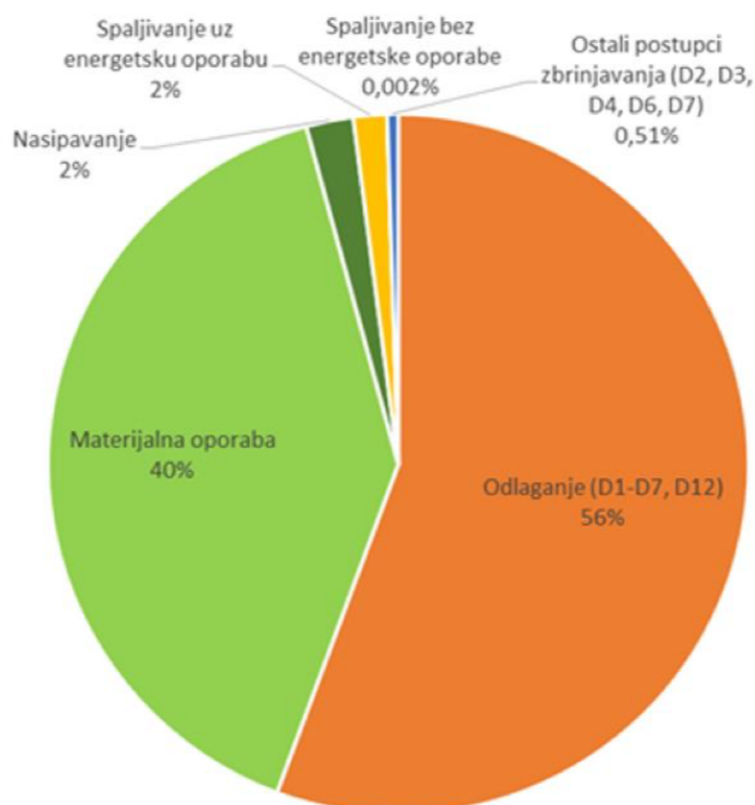
Kako je sanacija divljih odlagališta otpada iznimno skup zahvat (Tablica 2-1), predviđeno je da Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost sudjeluje u investicijama s udjelom u prosjeku oko 50%, u ukupnom rasponu od 35 – 80%. (NN 130/2005)

Tablica 2-1 Plan sanacija odlagališta za razdoblje 2005.-2009 (NN 130/2005)

Lokacija	Broj županija	Broj odlagališta	Procjena investicija		Udio Fonda	
			mil. kn	%	mil. kn	%
Priobalje	7	77	1.333	51,6	645	50
Kontinent	13	84	1.248	48,4	650	50
Ukupno	20	161	2.581	100,0	1.295	100,0

2.1. Sastav otpada u Republici Hrvatskoj

Prema podacima Ministarstva zaštite okoliša i energetike, u 2014. g. u Hrvatskoj je proizvedeno 3,7 milijuna otpada. Uspoređujući sa 2012. g., to je povećanje od 10,5%. Neopasni otpad je u udjelu od 97%, dok je opasni prisutan sa 3%. Najveći dio otpada nastaje u kućanstvima (oko trećine). Otpad iz gospodarskog sektora dolazi najviše iz uslužnih djelatnosti i građevine (po 17% svaki), zatim slijedi prerađivačka industrija (12%) i djelatnost sakupljanja, obrade, zbrinjavanja otpada i oporabe materijala (11%). Najzastupljeniji je komunalni otpad, metali (13%), zemlja (9%), mineralni građevinski otpad (9%), životinjske fekalije, urin i gnojivo (7%) i otpadni papir (6%). U Hrvatskoj je u 2014. g. obrađeno oko 3,4 milijuna tona otpada, od čega je 3,1 milijun tona otpad s teritorija Hrvatske, a ostatak se odnosi na uvezeni otpad. (MZOIP, 2016)

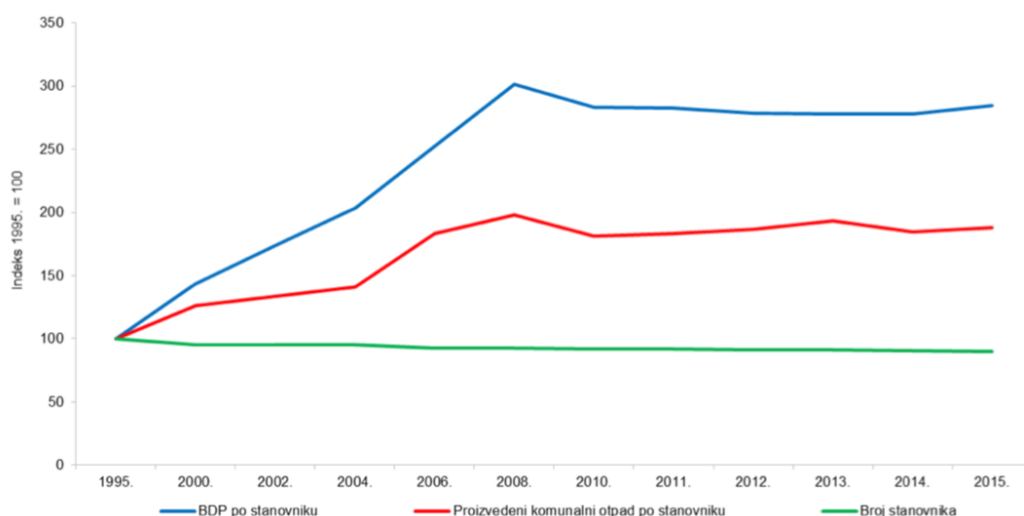


Slika 2-1 Udio postupaka uporabe/zbrinjavanja ukupnog otpada (proizvodnog i komunalnog) sa područja RH u 2014. g. prema prijavama obrađivača otpada (HAOP, 2016)

Iz slike 2-1 vidimo da je 2014. g. 56% ukupne količine nastalog otpada odloženo na odlagališta. Iako je zabilježen pad udjela odlaganja za 10% u odnosu na 2012. g., uspoređujući taj podatak sa tablicom 2-2, vidimo da Republika Hrvatska 2014. g. nije niti blizu stanja u Austriji 2000. g. (udio otpada skupljenog i odloženog na odlagališta bio je 28,5%, broj stanovnika 8 milijuna, BDP 192 mlrd. USD) (*Raspodjela se odnosi na ukupnu proizvodnju otpada).

Tablica 2-2 Obrada i odlaganje komunalnog otpada u odabranim zemljama EU i u Hrvatskoj 2000. g., (NN 130/2005)

	Austrija	Danska	Slovenija*)	Hrvatska
Otpad skupljen za recikliranje	34,3%	14%	10%	10%
Otpad skupljen za biološku obradu	21,7%	-	12%	1%
Otpad skupljen za spaljivanje	14,7%	81%	–	–
Otpad skupljen i odložen na odlagališta	28,5%	5%	73%	89%



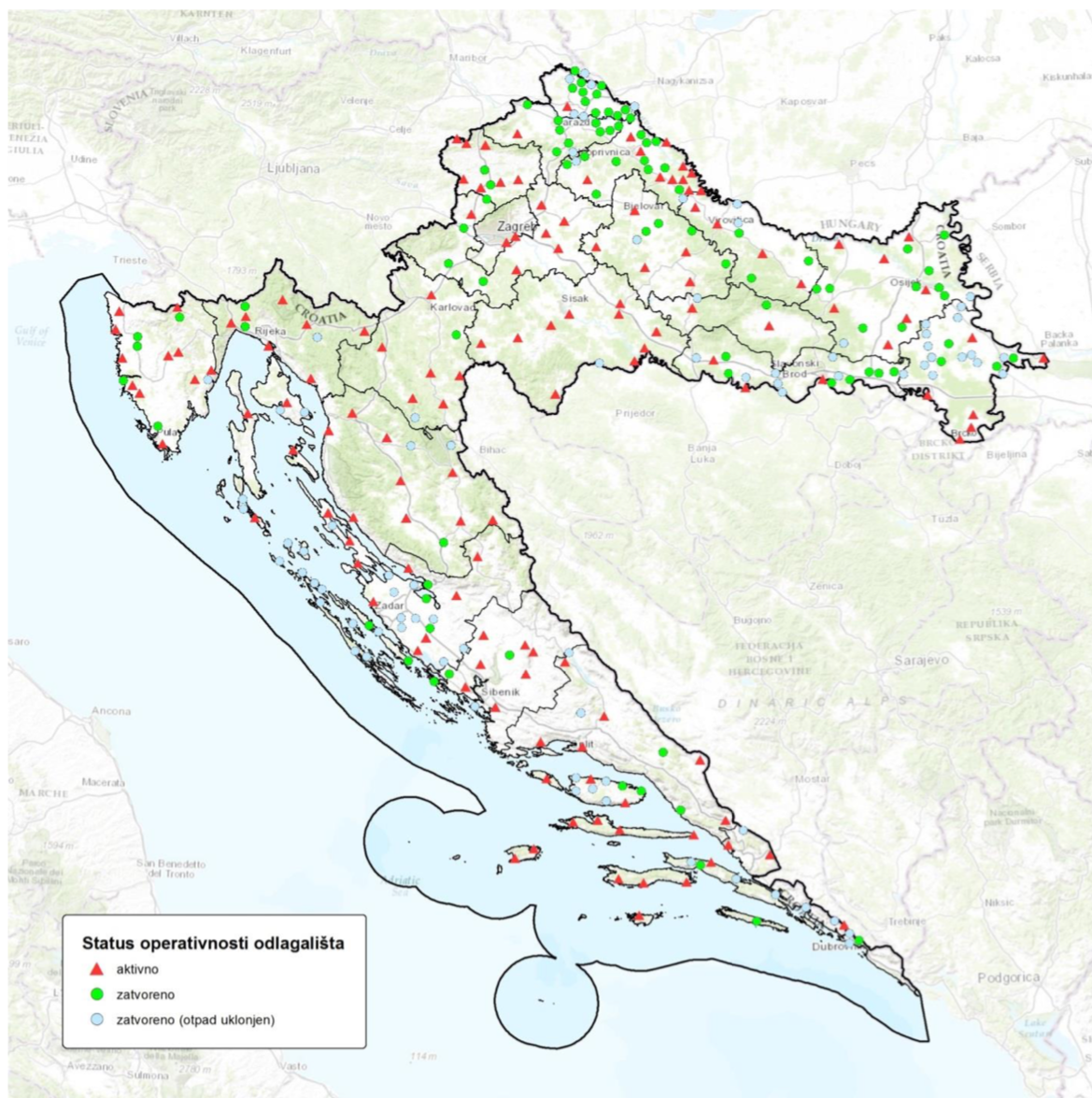
Slika 2-2 Intenzitet stvaranja otpada u RH u razdoblju od 1995. do 2015. (MZOE, 2016)

Iz grafova na slici 2-2 se vidi kretanje krivulja BDP (plava), proizvedenoga komunalnoga otpada po stanovniku (crvena) i broja stanovnika (zelena). Uz konstantan broj stanovnika, krivulja BDP raste od završetka Domovinskoga rata sve do krize 2008. g. kada lagano pada i zadržava se na skoro istoj razini do 2015. Linija zabilježenog komunalnog otpada vidljivo raste do pojave krize, kada uz oscilacije ostaje na istoj razini do 2015. Razlog zabilježenom povećanju proizvedenoga komunalnog otpada, premda

građanstvo od 1995. do 2008. nije toliko drastično povećalo proizvodnju otpada, leži u nepokrivenosti cijele Republike Hrvatske organiziranim odvozom smeća, nepravilnim bilježenjima nastalog otpada u počecima te sanacijama divljih odlagališta otpada. Primjećujemo nagli skok između 2004. g. i 2008. g., koje pripisujemo djelovanju FZOEU i donošenju Strategije gospodarenja otpadom Republike Hrvatske.

2.2 Lokacije u Republici Hrvatskoj

Lokacija na koja se odlagao komunalni otpad tijekom 2015. g. bilo je 148. Komunalni otpad se odlagao na 135 odlagališta, a proizvodni na 13 lokacija. Zatvoreno je 174, a premješteno 83 odlagališta. Zabilježeno je povećanje broja saniranih odlagališta sa 63 na 171 u periodu od 2008. do 2015. g., dok je u tijeku ili pripremi sanacija 134 odlagališta (Slika 2-3). (MZOE, 2016)



Slika 2-3 Lokacije odlagališta otpada u Republici Hrvatskoj, MZOE

Tablica 2-3 Pregled statusa i kapaciteta aktivnih odlagališta po županijama, MZOE

Županija	Odlagališta aktivna krajem 2015. godine	Procijenjeni preostali kapacitet krajem 2015. godine (t)
Bjelovarsko-bilogorska	5	237.625
Brodsko-posavska	3	86.384
Dubrovačko-neretvanska	8	159.879
Grad Zagreb	2	968.740
Istarska	11	993.161
Karlovačka	6	114.615
Koprivničko-križevačka	11	262.961
Krapinsko-zagorska	7	258.361
Ličko-senjska	10	97.498
Međimurska	1	112.598
Osječko-baranjska	7	405.718
Požeško-slavonska	2	44.408
Primorsko-goranska	11	270.558
Sisačko-moslavačka	10	6.699.869
Splitsko-dalmatinska	15	682.847
Šibensko-kninska	7	231.019
Varaždinska	1	3.671
Virovitičko-podravska	4	94.402
Vukovarsko-srijemska	6	274.319
Zadarska	8	3.209.009
Zagrebačka	6	2.094.073
Ukupno	141	17.301.717

Međutim, iako su ovo službeni podaci, treba napomenuti da dolazi do razlika u podacima u službenim objavama nadležnih institucija. Ako je moguće, treba težiti što novijim istraživanjima i prikupljanjima podataka. Tako za period od 1. siječnja do 30. lipnja 2016. g. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu navodi slijedeće podatke koje je prikupljala od samih operatera aktivnih odlagališta (Tablica 2-4 i tablica 2-5).

Tablica 2-4 Pregled prijava za izvještajno razdoblje od 01. siječnja do 30. lipnja 2016. godine, HAOP

OPIS	BROJ OBVEZNIKA
Ukupno aktivnih odlagališta na koja se odlagao komunalni otpad	131
Ukupno aktivnih odlagališta isključivo proizvodnog otpada	10
Ukupno aktivnih odlagališta	141
Dostavilo podatke putem aplikacije „OOO“	140

Tablica 2-5 Prijave operatera odlagališta koja su bila aktivna tijekom izvještajnog razdoblja od 01 siječnja do 30. lipnja 2016. godine, HAOP

Postupak	Prijavilo odlagališta
Sanacija u pripremi	60
Sanirano - otpad se odlaže na sanitaran način	29
Postupci sanacije u tijeku	42
Odlagalište isključivo proizvodnog otpada/nije primjenjivo	10
Ukupno	141

2.3. “Crne točke”

Iz podataka se vide značajni pomaci u rješavanju problematike nesaniranih odlagališta smeća. No, potencijalno još veću opasnost za okoliš i prirodu predstavljaju “Crne točke”. “Crne točke” su lokacije u okolišu visoko opterećene otpadom nakon dugotrajnog neprimjerenoga gospodarenja proizvodnim (tehnoškim) otpadom. U početku rješavanje ovog problema, 2004. g. ustanovljeno je 10 lokacija, odnosno 10 točaka visokog rizika. Do kraja 2016. sanirano je više lokacija, primjerice Koksara Bakar (2010. g.), Odlagalište šljake TE Plomin I,... U tijeku je sanacija 7 lokacija, kojima trenutno stanje možemo vidjeti na tablici 2-6. FZOEU financira sanaciju “crnih točaka” i vrši monitoring. (MZOIP, 2016)

Tablica 2-6 Pregled statusa projekata sanacija crnih točaka, MZOIP

Br	Lokacija onečišćena otpadom (crna točka)	Status projekta	Izvori financiranja
1.	Bazeni crvenog mulja i otpadne lužine bivše tvornice glinice u Obrovcu	U prosincu 2015. godine MZOE je izdalo Suglasnost na Sanacijski program podnositelja zahtjeva FZOEU. U narednom razdoblju FZOEU planira provesti javnu nabavu za odabir izrađivača Glavnog projekta za završetak sanacije u kome će se odrediti svi detalji oko postupka sanacije te dovođenja lokacije u prihvatljivo stanje za okoliš.	Nacionalna sredstva/FZOEU
2.	Sanacija obalnog dijela nasuprot tvornice Salonit d.d. u stečaju – Kosica	U planu je izrada projektne dokumentacije za sanaciju dijela obale onečišćene azbestnim otpadom.	Nacionalna sredstva/FZOEU/EU
3.	Sanacija neuređenog odlagališta s većim količinama opasnog otpada „Lemić brdo“ kraj Karlovca	Nakon što je izrađena projektna dokumentacija i ishođene potrebne dozvole u kolovozu 2014. godine započeli su radovi na sanaciji opasnog otpada čiji završetak se očekuje do konca 2016. Na sanaciji je FZOEU investitor, a dio sredstava se sufinancira iz Operativnog programa zaštite okoliša 2007-2013.	FZOEU/EU
4.	Sanacija lokacije na kojima se nalaze veće količine šljake i pepela: odlagalište šljake u Kaštelanskom zaljevu	Sredstvima FZOEU su provedeni su istražni radovi i izrađena je Dopuna programa sanacije na koju je u lipnju 2014. godine MZOE izdalo Suglasnost. Grad Kaštela mora donijeti izmjenu prostorno-planskog dokumenta kako bi se, imajući u vidu buduću namjenu lokacije, moglo nastaviti s projektiranjem.	Potrebno donijeti odluku o izvoru i načinu daljnjeg financiranja
5.	Sanacija lokacije praonice i dezinsekcijske stanice u Botovu	Izrađen je Program sanacije koji je potrebno dopuniti. Potrebno odrediti pravnog sljedbenika onečišćivača.	Onečišćivač
6.	Sanacija jame Sovjak kod Rijeke	Izrađena je projektna dokumentacija. U svibnju 2014. godine provedeni su istražni radovi nakon čega je izrađena Studija o utjecaju na okoliš, te je u siječnju 2016. godine ishođeno rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš. Nakon izrađenog idejnog projekta, u rujnu 2016. godine ishođena je Lokacijska dozvola.	IPA/FZOEU /EU
7.	DIV d.o.o. iz Samobora – sanacija mazuta u sklopu bivše tvornice vijaka TVIK u Kninu	U sklopu projekta PHARE 2006 izrađen je prijedlog Plana sanacije. Tvrtka DIV d.o.o. je dužna izraditi Plan sanacije onečišćenja za područje te tvrtke.	Onečišćivač

3. UTJECAJ NA OKOLIŠ

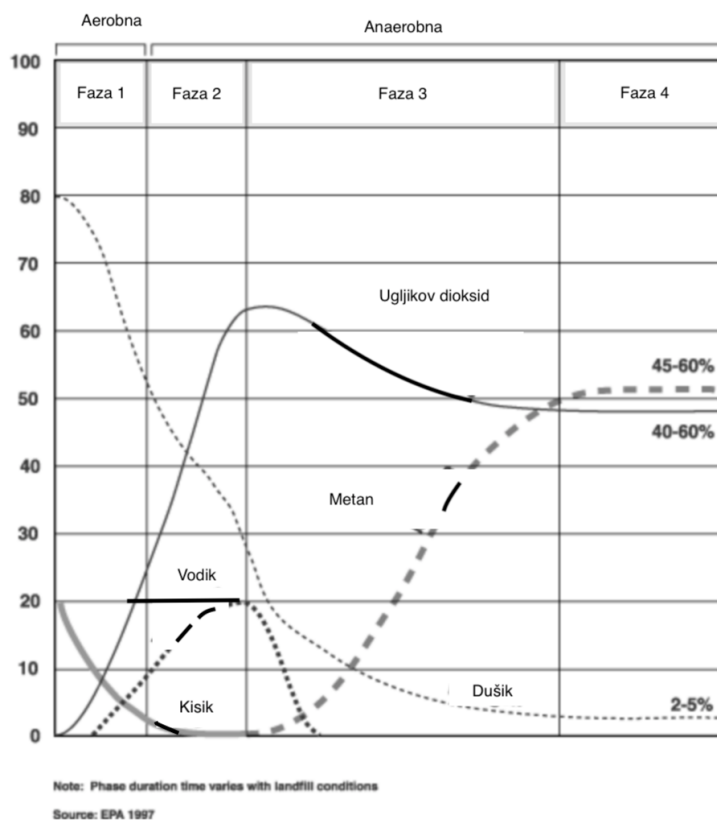
Odlaganje otpada na odlagališta neminovno nosi sa sobom negativan utjecaj na okoliš. Utjecaj na okoliš se očituje u promjeni pejzaža, onečišćenju podzemnih i površinskih voda, raznošenju neugodnih mirisa i materijala vjetrom, buci strojeva, mogućnosti zaraza primarnim i sekundarnim patogenima. Otpad se kroz vrijeme neutralizira, razgradi i mineralizira kroz kemijske, fizikalne i mikrobiološke procese razgradnje uz nastajanje vodene pare, topline i plinova. Brzina procesa ovisi o vrsti i udjelu organskih tvari, sastavu otpada, sadržaju vlage, načinu odlaganja, gradnji odlagališta i meteorološkim čimbenicima. Postoje izravne i neizravne opasnosti od odlagališta otpada. Izravne su širenje toksičnih plinova, bakterija, virusa, plijesni i opasnosti od nastanka požara uslijed plinova. Neizravne opasnosti su širenje neugodnih mirisa, prašine, pojava glodavaca, ptica i kukaca. Naravno, najveću opasnost predstavlja otpad odložen na divljim i nekontroliranim odlagalištima, gdje dolazi do zagađenja svih dijelova čovjekova okoliša, posebno površinskih i podzemnih voda. (Barčić i Ivančić, 2010)

Tijekom vremena sa starenjem otpada dolazi i do promjena karakteristika otpadnih materijala. Promjene mogu biti namjerne ili spontane. U namjerne ubrajamo fizičke, kemijske i biološke, koje zapravo potencira sam čovjek kako bi ubrzao procese razgradnje. Spontane promjene se odvijaju unutar tijela odlagališta, a događaju se 4 faze (Veinović i Kvasnička, 2007), (Slika 3-1):

1. Aerobna faza – zahtijeva prisustvo kisika pa do nje dolazi tijekom ugradnje materijala otpada u tijelo odlagališta. Aerobni organizmi troše kisik i razgrađuju organsku tvar na ugljični dioksid, vodu, djelomično raspadnutu organsku tvar i toplinu. Temperatura raste na otprilike 70 C, a koncentracija CO₂ u plinu je 90%. Povišena razina ugljičnoga dioksida uzrokuje nastanak ugljične kiseline i smanjuje pH filtrata. Filtrat u ovoj fazi obično ne nastaje.
2. Kisela faza anaerobne razgradnje (nemetanogena) – slijedi nastavak razgradnje organske materije uz visoke koncentracije organskih kiselina, amonijaka, vodika i ugljičnog dioksida. Smanjuje se pH vrijednost na 5,5 – 6,5 što uzrokuje razgradnju drugih organskih i anorganskih tvari. Dobivamo kemijski agresivan filtrat s visokom specifičnom vodljivošću.
3. Anaerobna razgradnja (metanogena) – u trećoj fazi počinje rad metanogenih bakterija. Kisik postaje nedostupan s napredovanjem biodegradacije otpadnog materijala a redoks potencijal se smanjuje. Metanogene bakterije stvaraju ugljični dioksid, metan i vodu, a kao nusprodukt i male količine topline. Ako je

otpad vlažan ova faza traje 3 mjeseca i u tom vremenu dolazi do postizanja proizvodnje metana u iznosu od oko 50% volumenskog udjela ukupno proizvedenog odlagališnog plina. Ako u otpadu nema vode, ili je brzina cirkulacije na nuli, metanogena faza može započeti čak i za nekoliko godina, a nekad i izostati.

4. Ustaljena anaerobna razgradnja (metanogena) – karakterističan je polagani i efikasan rad metanogenih mikroorganizama koji kroz određeno vrijeme razgrade svu organsku materiju. Razgradnja organskih kiselina uzrokuje rast pH vrijednosti na 7 do 8, čime filtrat prestaje biti agresivan. Previsoka koncentracija kiseline u filtratu može biti toksična za mikroorganizme, pa ova faza može čak i izostati.



Slika 3-1 Produkcija odlagališnih plinova po fazama starenja otpada (Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2001)

3.1. Utjecaj na vode

Filtrat je visokozagađena procjedna tekućina odlagališta otpada koja je prošla kroz slojeve odloženog otpada primajući pri tome u sebe velike količine otopljenih i suspendiranih tvari, uključujući i produkte biokemijskih reakcija. Kemizam i sastav filtrata ovise o sastavu otpada, razgradivosti i o pH vode. Filtrat često sadržava i bakterije, kao i cijanide.

Filtrat nastaje iz vode koja je sadržana u otpadu i iz padalina. Voda u odlagalište prodire kroz bokove i dno (podzemna voda) i kroz površinu (visoki vodostaji i padaline). Kod samog projektiranja odlagališta treba odabrati lokaciju u kojoj će biti eliminirane mogućnosti ulaska vode visokim vodostajima i podzemnim vodama. Poželjno je također kod dnevnog prekrivanja otpada, nanašati takav materijal koji će onemogućiti cirkuliranje filtrata. Kod divljih odlagališta ili loše saniranih odlagališta dolazi do kontakta filtrata s pitkom vodom i zatim slijedi onečišćenje ili zagađenje. U tablici 3-1 vide se koncentracije zagađivača u pitkoj vodi ukoliko dođe do kontakta sa filtratom. (Veinović i Kvasnička, 2007)

Tablica 3-1 Usporedba koncentracija nekih zagađivala u mladom filtratu s dopuštenim koncentracijama istih tvari u pitkoj vodi (Veinović i Kvasnička, 2007).

KOMPONENTA (ZAGAĐIVALO)	KONCENTRACIJA [mg/l]		
	1-2 GODINE	4-5 GODINA	TIPIČNI STANDARD ZA PITKU VODU
ALKALIJSKI METALI			
kalcij	1000-3000	100-1000	500
natrij	1000-3000	100-1000	20
magnezij	500-1000	100-1000	-
kalij	500-1000	100-1000	-
TEŠKI METALI			
željezo	500-1000	100-300	0,03
aluminij	100-200	10-50	0,1
cink	100-200	10-50	5
bakar	<10	-	1
olovo	<10	-	0,05
kadmij	<1	-	0,005
živa	<1	-	0,001

ANIONI			
klorid	1000-3000	500-2000	250
bikarbonat	1000-3000	1000-2000	-
sulfat	500-1000	50-500	500
fosfat	50-150	10-50	-

3.2. Utjecaj na zrak

Odlagališni plin predstavlja smjesu plinova nastalih biokemijskim procesima tijelu odlagališta. Plin najčešće nastaje od organskog otpada, ali isto tako može nastati djelovanjem filtrata na neorganski otpad. Kemizam i sastav odlagališnog plina ovise o sastavu i vrsti otpada, starosti otpada i fazi raspadanja. Može biti agresivan, eksplozivan i zapaljiv. Plinovi mogu negativno utjecati na više načina, npr.: nestabilnost odlagališta, trajnost zaštitnih sustava i sigurnost ljudi. Također velika opasnost dolazi i od mogućih požara i trovanja radnika. Moguće su i štete po vegetaciju, jer odlagališni plinovi istiskuju kisik u zoni korijenja. Upravo zbog navedenog odlagališni fluidi se moraju prikupljati i odvoditi iz odlagališta drenažnim sustavima. (Veinović i Kvasnička, 2007)

Tablica 3-2 Sastav odlagališnog plina (Veinović i Kvasnička, 2007).

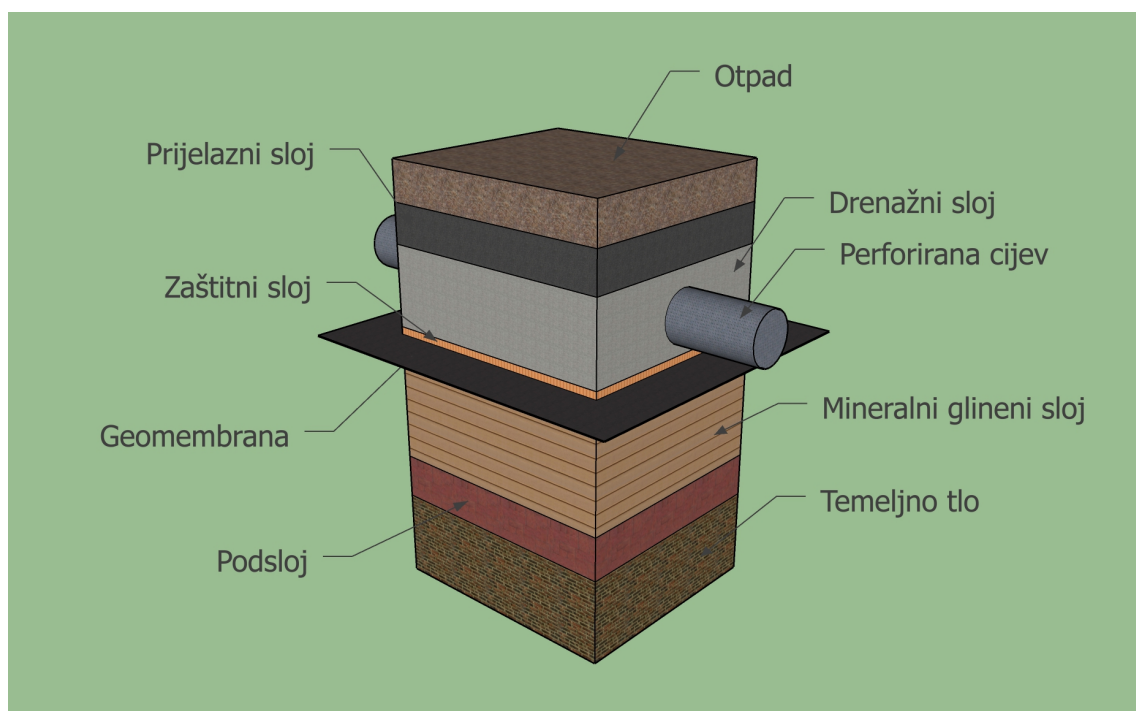
KOMPONENTE		VOLUMNI UDIO
metan	CH ₄	≈54%
ugljični dioksid	CO ₂	≈40%
dušik	N ₂	≈4%
kisik	O ₂	≈1%
vodena para	H ₂ O	≈1%
ostalo (mahom štetne tvari)		u tragovima ⁸

Razgradnja plina može trajati od 30 godina na više, zavisno o sastavu i količini organske tvari (tablica 3-2) te uvjetima u tijelu odlagališta, dok ukupna količina i odnosi koja će nastati ovise o sadržaju organskih tvari u otpadu. Primjerice, najviše metana će nastati iz otpada u kojem prevladavaju masti.

4. TEMELJNI I POKRIVAJUĆI SLOJEVI

4.1. Temeljni zaštitni sloj

Zadaće temeljnog zaštitnog sloja su sprečavanje izlaska filtrata iz odlagališta, tj. sprečavanje onečišćenja tla i voda te sprečavanje ulaska faune. Temeljni zaštitni sloj je zapravo sustav slojeva i sastoji se od: temeljnog tla, brtvenih slojeva, drenažnih slojeva i zaštitnih slojeva (slika 4-1) (Veinović i Kvasnička, 2008).

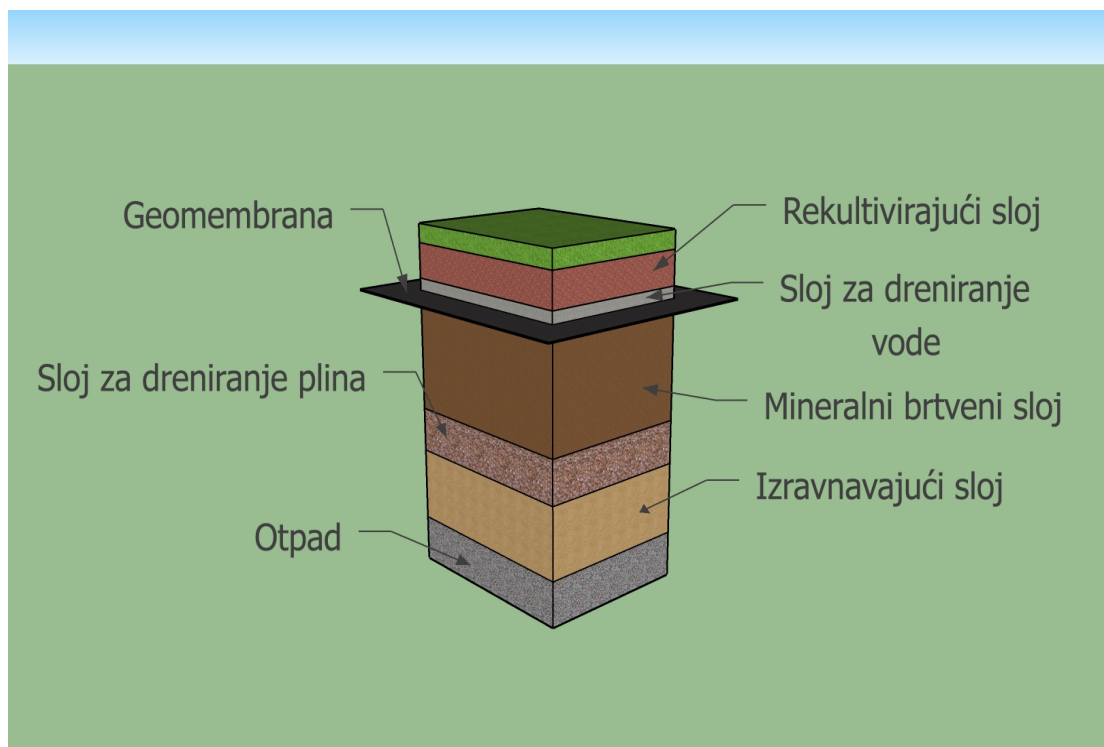


Slika 4-1 Temeljni sustav slojeva

Tip temeljnog zaštitnog sloja ovisi o karakteristikama otpada koji se odlaže. Ako se odlaže visokoorganski otpad koji proizvodi puno filtrata slojevi moraju biti deblji i kvalitetniji. Ukoliko je otpad inertan, zbog svojih blažih karakteristika slojevi mogu biti tanji. Otpad koji je opasan ili neki drugi za okolinu potencijalno opasan razlog zahtijeva dvostruki sustav slojeva. Primjer takvog sustava je odlagalište Prudinec, a razlog je blizina zdenaca pitke vode grada Zagreba.

4.2. Pokrovni zaštitni sloj

Namjena pokrovnog zaštitnog sloja je spriječiti izlazak plinova u atmosferu i ulazak padalina u odlagalište. Isto tako zadaća mu je kontrolirana odvodnja plinova. Isto kao i temeljni zaštitni sloj, pokrovni se sastoji od više slojeva: brtvenih slojeva, slojeva za dreniranje plinova i padalina, rekultivirajućeg sloja i zaštitnih slojeva (Slika 4-2) (Veinović i Kvasnička, 2007)



Slika 4-2 Pokrovni sustav slojeva

Debljina slojeva će ovisiti o količini proizvedenih plinova, količini padalina i o kasnijim planovima rekultivirane površine. Detaljnije o slojevima temeljnog i pokrovnog sustava sloja obrađeno je u idućem poglavlju.

4.3. Karakteristike slojeva

4.3.1. Temeljno tlo

Kako je temeljno tlo dodirna točka sa sustavom slojeva potrebno je izvršiti temeljitu pripremu samog. Nužno je poboljšati tlo nekom od geotehničkih metoda u slučaju stišljive podloge (slijeganje tla), ili primjerice ukoliko je površina tla prekrivena raslinjem potrebno ga je ukloniti, jer takvo tlo ima loša geomehanička svojstva. Pametno ga je sačuvati, jer ga kasnije možemo upotrijebiti kao rekultivirajući sloj. Ukoliko se geotehničkim metodama ne mogu poboljšati svojstva, navozi se odgovarajuće tlo. Tlo mora biti dobro poravnato, ali opet ne savršeno ravno, jer tako dolazi do smanjenja trenja između dva sloja, i nastanka klizanja. Isto tako bitno je da je tlo dobro uvaljano. U izuzetnim slučajevima, ukoliko se za temeljno tlo nalazi glina visoke zbijenosti onda uopće nije potrebno ugrađivati brtvene slojeve (odlagališta s prirodnim prigušenjem) (Veinović i Kvasnička, 2007).

4.3.2. Brtveni sloj

Brtveni sloj je sustav slojeva koji zaustavljaju tok fluida. Vrste brtvenih slojeva su: glineni brtveni slojevi, geomembrane, bentonitni tepisi (GCL), kombinirani sustavi brtvljenja (Veinović i Kvasnička, 2007):

1. Glineni brtvni slojevi – jednostavan i vrlo čest izbor materijala za izradu brtvnih slojeva. Jednostavno se ugrađuje, a i raspolaže se s velikim iskustvom. Karakteristike su im smanjenje procjeđivanja, otpornost na prodiranje vode, otpornost na filtrat, sposobnost apsorpiranja teških metala, neosjetljivost na slijeganje... Problem s kojim se suočava je način reagiranja glinenih brtvenih slojeva s agresivnim filtratom, jer glina u kontaktu s njim gubi svojstvo bubrenja. Također jedan od problema je naglo sušenje gline prilikom ugradnje, na što treba paziti kako ne bi došlo do stvaranja pukotina. Vrste glina koje se ugrađuju su: kaolin, ilit i bentonit. Bentonit ima najveći indeks bubrenja iz čega proizlazi smanjenje propusnosti. Ugrađuje se u slojevima, debljine oko 15 cm, a ukupne debljine sloja od 0,7 m do 1,3 m. Ugrađuje se kompaktorima.

2. Geomembrana – njena uloga je sprečavanje izlaska fluida van odlagališta. Napravljena je od sintetike (plastična folija), a zadaće koje mora ispuniti su: spriječiti procjeđivanje filtrata, sadržavati kemijske i mehaničke otpornosti, spriječiti ulazak oborinske vode te štititi od ulaska glodavaca. Koriste se u kombinaciji s glinom, a izrađuju se od polietilena i razlikuje se: HDPE (*polietilen visoke gustoće*), PE, i LDPE (*polietilen niske gustoće*). Debljina bi trebala biti minimalno 1 mm, a otpornost ovisi o gustoći membrane. Prilikom postavljanje geomembrane se spajaju termički i lijepljenjem. Problemi koji su prisutni su klizanje slojeva, kvaliteta spojeva, oštar otpad, osjetljivost na ugljikovodike.
3. Bentonitni tepisi (GCL) – barijera koja se sastoji od bentonitne gline i geosintetika. Debljina je između 5 - 8 mm, i mora udovoljavati određenim zahtjevima u smislu debljine, sadržaju bentonita (najvećim dijelom montmorilonit), vodonepropusnost, otpornost na probijanje i smicanje, vlačnu čvrstoću, bujanje i adsorpciju. GCL je prošiven vlaknima kako bi mu se povećala čvrstoća. Prednosti su jednostavnost ugradnje, cijena, otpornost na atmosferlije, slabopropusnost, neosjetljivost na slijeganje, samozacjelivanje... Mane su: kratko iskustvo, osjetljivost prilikom ugradnje, osjetljivost na oštre predmete
4. Kombinirani sustav brtvljenja – kombinacija dva ili više gore navedenih slojeva

4.3.3. Drenažni sloj

Drenažne slojeve dijelimo na sloj za dreniranje filtrata, plina, oborinske vode i kontrolni sloj u temeljnom zaštitnom sustavu (Veinović i Kvasnička, 2007)

1. Sloj za dreniranje filtrata – sastoji se od tri dijela: drenažnog sloja, filtarskog sloja i drenažne cijevi. Kako bi drenažni sloj funkcionirao koeficijent procjeđivanja mora biti barem za jedan red veličine veći od komunalnog otpada sa minimalnom debljinom od 30 cm. Koristi se šljunak, krupni pijesak i umjetni materijali (geotekstili) u rasponu od 6 mm do 30 mm. Sustav mora zadovoljavati čimbenike poput čvrstoće (opterećenje otpada i strojeva za

zbijanje), preuzimanja naprezanja od slijeganja, otpornosti na agresivne tvari, zadovoljavanja djelotvornosti i omogućavanja kontrole i održavanja.

2. Sloj za dreniranje plina – zahtjevi su slični kao kod dreniranja filtrata. Proviđi se horizontalnim i vertikalnim sustavima (bunarima). Vertikalni bunari djeluju 25 do 30 m. Broj bunara ovisi o veličini i vrsti odlagališta. Sastoji se od drenažnog sloja, drenažne cijevi i drenažnog bunara. Drenažni sloj se nalazi ispod cijele površine odlagališta debljine oko 30 cm. Koristi se šljunak, otporan na agresivne tvari. Postoje dvije vrste, a to su aktivno i pasivno otplinjavanje.
3. Sloj za dreniranje oborinske vode – slični zahtjevi kao i kod dreniranja filtrata i plinova ali ovdje nema agresivnog filtrata, već samo padaline. Debljina sloja je minimalno 30 cm, a sastoji se od: drenažnog sloja, filtarskog sloja, drenažne cijevi. Ugrađuje se pod nagibom kako bi padaline brže otjecale.
4. Kontrolni sloj drenažnog sustava – koristi se kod odlagališta opasnog otpada. Vršni kontrolu ako prvi brtveni sloj počne propuštati

Drenažni slojevi mogu biti prirodni (mineralni) i umjetni (sintetički). Prirodni drenažni slojevi su izrađeni od nekoherentnih materijala (šljunak ili pijesak). Bitna je debljina sloja ali i kemijski utjecaj. Umjetni drenažni slojevi izrađeni su od PVC-a ili HDPE-a, a to su: geotekstili, geokompoziti i geomreže.

4.3.4. Zaštitni i prijelazni slojevi

Za zaštitne i prijelazne slojeve koriste se koherentni, nekoherentni, sintetički materijali, kao i kombinacija svih. Zadaća zaštitnih slojeva je štititi drenažne i brtvene slojeve od mehaničkih oštećenja. Debljina ovisi o namjeni zaštitnih slojeva, debljini otpada, vrsti mehanizacije za zbijanje. Zadaće prijelaznih slojeva su poravnavanje površina na koje se ugrađuje sustav slojeva, zaravnavanje površine temeljnog tla... (Veinović i Kvasnika, 2007)

4.3.5. Rekultivirajući sloj

Rekultivirajući sloj dolazi kao zadnji sloj u pokrivajućem sustavu slojeva i kao takvom mu je zadaća ublažiti vizualno onečišćenje krajolika, pružiti osnovu za ozelenjavanje i štiti sloj za dreniranje oborinskih voda. Debljina mu je 0,5 do 1,5 m. Sadi se bilje koje je autohtono, i koje se svojim izgledom uklapa u okolinu. Mora biti postavljena pod određenim nagibom, dovoljnim da bi oborinska voda otjecala, ali ne preveliki da ne prouzroči eroziju. (Veinović i Kvasnička 2007)

5. METODE SANACIJA NESANITARNIH ODLAGALIŠTA OTPADA

Prije početka radova na sanaciji odlagališta potrebno je napraviti opsežne istražne radove. Svim radovima potrebno je pristupiti detaljno i opsežno kako bi se osigurala maksimalna zaštita okoliša i ljudi. Ti radovi se odnose na (Veinović i Kvasnička, 2007):

- količinu otpadnog materijala
- kvalitativno i kvantitativno određivanje sastava otpada
- obujam zagađenosti tla
- karakteristike onečišćivača koje je ušlo u tlo
- blizina vodonosnika
- značajke lokacije

Sanacija divljih odlagališta otpada vrši se na dva osnovna načina.

1. IN SITU – nema premještanja otpada i zagađenoga tla, već se otpad i tlo hermetički zatvore. Cilj je postići jednake uvjete kao kod sanitarnih odlagališta koja su od početka projektirana po pravilima
2. EX SITU – otpad i zagađeno tlo se iskapaju i premještaju na novu lokaciju, tj., na prethodno uređeno sanitarno odlagalište

5.1. IN SITU sanacija

Sanacija “na licu mjesta” je tip sanacije u kojem otpad i onečišćeno tlo ostaju na svojoj lokaciji nastajanja. Prednosti takve sanacije su u izbjegavanju prenašanja otpada (što predstavlja veliki rizik za okoliš), izostajanje troškova iskapanja i transporta, nema potrebe za novom lokacijom i moguće je odlagati otpad do potpune sanacije. Mane takvog tipa sanacije je mogućnost zagađenja tla u slučaju kopanja za ugradnju dijafragmi, neke IN SITU metode ne predstavljaju trajno rješenje, lokacija se ne može naknadno iskoristiti i stanje temeljnih slojeva je pod velikim upitnikom. (Veinović i Kvasnička, 2007)

5.1.1. Prekrivajuća IN SITU sanacija

Prva faza počinje prikupljanjem razbacanog otpada na nekom području, koje može biti ručno ili strojno. Nakon prikupljenog otpada na željenu lokaciju, provodi se deratizacija i dezinfekcija. Otpad se strojno sabija. Kako bi se onemogućilo ljudima i životinjama pristup odlagalištu, potrebno je sagraditi ogradu oko čitavoga odlagališta. Prvi korak prema pravilnoj odvodnji padalina je gradnja kanala, u koji će se slijevati oborine. Iskustva su pokazala da nagib padine odlagališta mora biti 1:3 (visina:duljina). Samo slijevanje otpada će odlagalištu dati dodatnu stabilnost od projektirane. Slijevanje je relativno brzo, pa se 90% slijevanja dogodi u prvih 5 godina (IPZ Uniprojekt MCF, 2005). Ukoliko se sanacija vrši s ciljem daljnjeg odlaganja otpada na odlagalište na sanitarni način slijedi slučaj (1), a ukoliko se cijelo odlagalište sanira s ciljem prestanka odlaganja otpada onda slijedi slučaj (2).

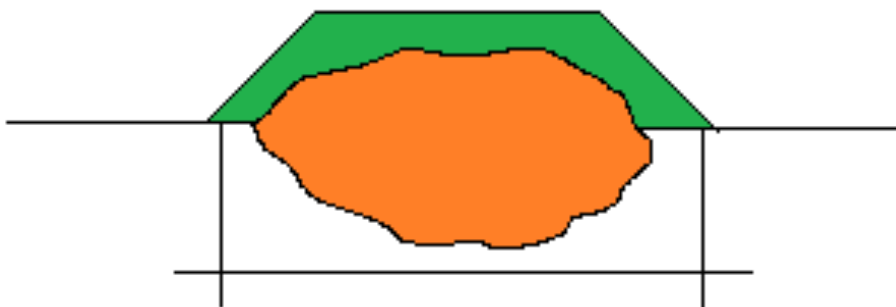
- (1) Otpad se prekriva dnevnim prekrivajućim slojem, i to materijalom koji će usmjeriti odlagališni plin prema plinskom drenažnom sustavu. Još jedna bitna uloga dnevnog prekrivajućeg sloja je onemogućavanje glodavcima i pticama pristup otpadu. Materijali koji se koriste za prekrivajući sloj su šljunak, ili pijesak ili sličan materijal, bez prekomjernog sadržaja sitnih čestica. Zatim slijedi postavljanje brtvenog sloja koji se sastoji od sloja gline od 1 m, pa HDPE – folije. Slijedi geotekstil i drenažne cijevi, na koji se postavlja drenažni sustav debljine 50 cm. Otpad se postavlja na drenažni sustav. Otpad se sabija 4-7 puta, u slojeve debljine do 0,5 m, ukupne debljine 2,5m. Za nastavak kvalitetnog prikupljanja voda nužno je sagraditi sabirni bazen. Nakon pravilno napravljenih svih slojeva može se nastaviti sa sanitarnim odlaganjem u etaže. (IPZ Uniprojekt MCF, 2005).
- (2) Postavlja se izravnavajući sloj (debljine 25 cm) pod nagibom otprilike 2 stupnja. Taj nagib će biti temelj za efikasno odvodnjavanje oborina. Slijedi sloj za drenažu plinova (30 cm), pa zatim bentonitni tepih (GCL). Bentonitni tepih bi trebao biti sličnih karakteristika gline koeficijenta vodopropusnosti $k=10 \times 10^{-9}$ m/s. Sloj za drenažu oborinskih voda (1/2 metra), i na taj sloj geotekstil. Rekultivirajući sloj je posljednji sloj koji mora biti pripremljen za rast raslinja (Slika 5-1) (IPZ Uniprojekt TERRA, 2017)



Slika 5-1 Prekrivajuća IN SITU metoda

5.1.2. IN SITU metoda s podzemnim vodama i nepropusnom podlogom

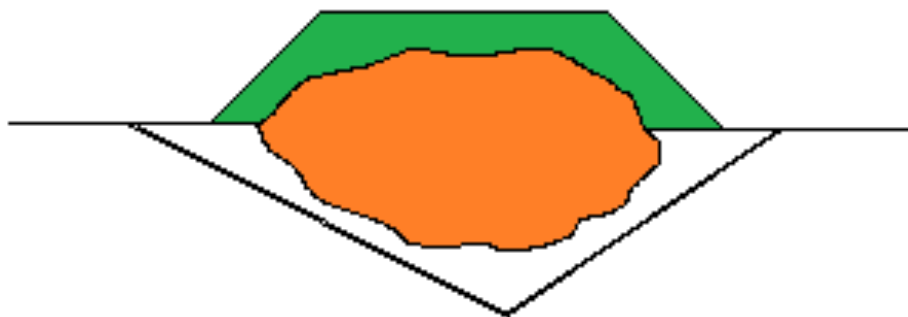
Ova metoda se koristi kada je prisutan tok podzemne vode ali i nepropusna podloga na određenoj dubini. Ugradnjom vododržive dijafragme prekida se horizontalni tok vode i tako se sprječava zagađenje podzemne vode koja teče ispod odlagališta otpada. Dijafragma se usijeca u nepropusne slojeve gline (Slika 5-2). Dubina nepropusne podloge ne smije biti prevelika, jer tada se pristupa drugoj metodi. Pripremni radovi, i radovi na završnim zaštitnim slojevima su isti kao i u “prekrivajućoj IN SITU metodi”. (Veinović, 1996; Veinović i Kvasnička, 2007)



Slika 5-2 IN SITU metoda s podzemnim vodama i nepropusnom podlogom

5.1.3. IN SITU metoda s vododrživom barijerom

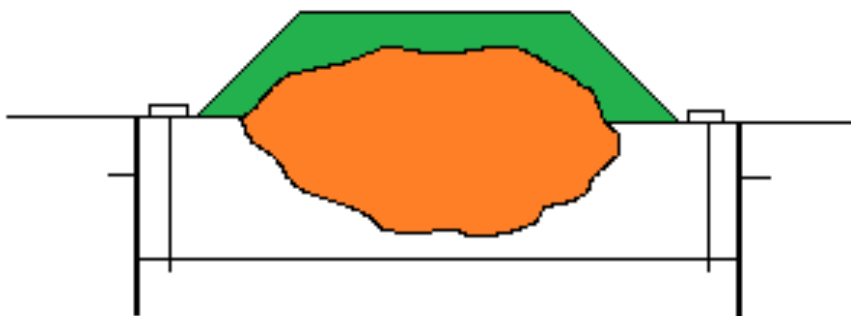
Jedna od IN SITU metoda koja se koristi ukoliko ne postoji vodonepropustan sloj, ili ako je na jako velikoj dubini. Grade se kose vododržive barijere, i to na način da se prvo radi iskop, a zatim ugradnja ispunom koja je glinobeton (Slika 5-3). Ugradnja se u prošlosti često obavljala metodom “kontraktor” ili modernija metoda su teleskopske cijevi za betonske pumpe. Gradi se pokrivni sustav slojeva opisan u poglavlju 5.1.1. (Veinović, 1996)



Slika 5-3 IN SITU metoda s vododrživom barijerom

5.1.4. IN SITU metoda s sustavom za crpljenje podzemne vode

Postoje uvjeti u kojima je odlagan otpad a da je nepropusni sloj na velikoj dubini ili nepostojeći, a ne postoje uvjeti za gradnju kosih vododrživih barijera. Tada se grade vertikalne barijere i sustavi za crpljenje podzemne vode (Slika 5-4). Sustav za crpljenje “okreće” razliku potencijala i tako se mijenja put podzemne vode. Voda koja uđe u područje crpljenja crpi se skupa sa filtratom na površinu. Pripremni radovi kao i radovi na pokrivnom sustavu slojeva opisani su u poglavlju 5.1.1. (Veinović, 1996)



Slika 5-4 IN SITU metoda s sustavom za crpljenje podzemne vode

5.1.5. IN SITU metoda s mlaznim injektiranjem

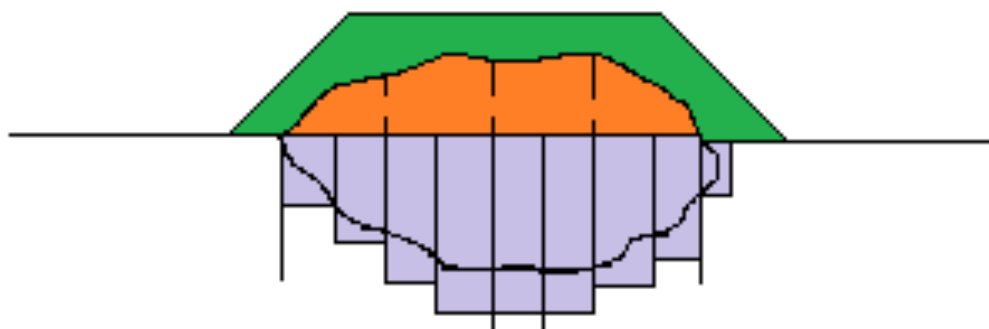
IN SITU metoda s ugradnjom horizontalne vododržive barijere i to mlaznim injektiranjem (Slika 5-5). Radi se kada to omogućavaju uvjeti, posebno oni ekonomski jer spada u najskuplje metode. Prvo se buši do određene dubine da bi se nakon toga izvlačio pribor istovremeno s injektiranjem. Postoji mogućnost injektiranja vapna kako bi se agresivnom filtratu povećao pH. Bitno je da dođe do preklapanja segmenata, pa se zbog toga oni rade veće debljine (1 – 1,5 m) kako ne bi došlo na mimoilaženjima na većim dubinama. (Veinović, 1996)



Slika 5-5 IN SITU metoda s mlaznim injektiranjem

5.1.6. IN SITU metoda injektiranja otpada

Metoda pri kojoj se cjelokupni otpad i zagađeno tlo injektira. Koristi se prvenstveno za sanaciju nekih zagađenih tla, ali izvediva je i kod komunalnog otpada. Tlo bi se trebalo u cjelokupnom volumenu injektirati, a otpad u cijelom ili djelomičnom volumenu, tako da se spriječi zagađenje (Slika 5-6).



Slika 5-6 IN SITU metoda injektiranja otpada

5.2. EX SITU

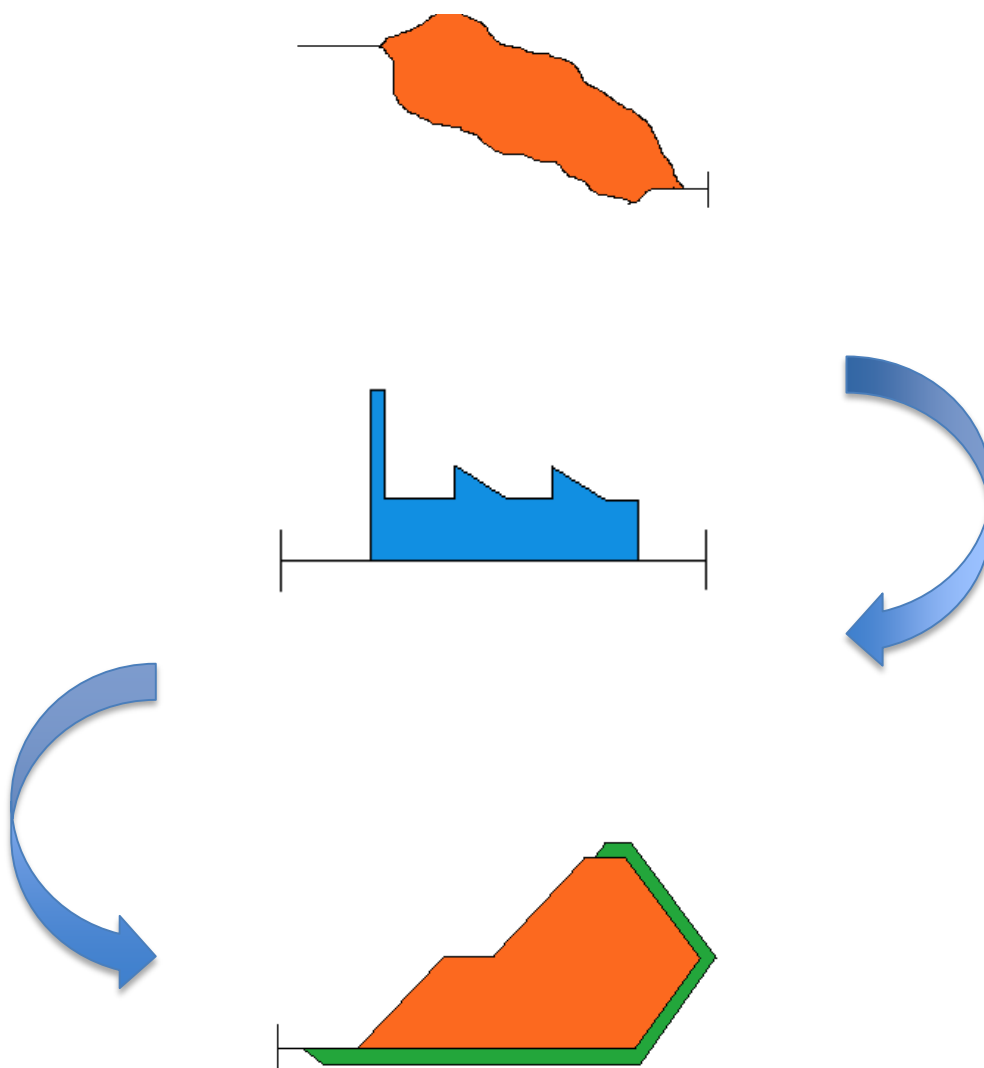
EX SITU metode se temelje na iskapanju otpada i njegovom preseljenju na novu uređenu lokaciju. EX SITU metodama se pristupa ukoliko je ispitivanjima utvrđeno da karakteristike otpada su takve da predstavljaju opasnost za okoliš u smislu onečišćenja (zagađenja) tla i voda, ukoliko ne postoje temeljni zaštitni slojevi ili ako su temeljni zaštitni slojevi upitne kvalitete. Prednosti EX SITU metoda su iskorištavanje sekundarnih sirovina, mogućnost obrade otpada, ispravno postavljeni temeljni sustavi zaštite i poznata količina otpada. Mane su visoki troškovi (sam iskop i transport je skup), prilikom transporta moguća su dodatna zagađenja, problematika traženja nove lokacije (npr. sukob s lokalnim stanovništvom). (Veinović i Kvasnička, 2007)

Zajedničko svim EX SITU metodama je iskapanje zagađenog tla i gradnja sustava temeljnih zaštitnih slojeva. Sustavom temeljnih zaštitnih slojeva onemogućava se doticaj

procjednih voda s temeljnim tlom i vodom. Sustav započinje s temeljnim slojem od nekog vodonepropusnog materijala, primjerice bentonitne gline koja mora onemogućiti procjeđivanje filtrata. Na taj sloj dolazi HDPE folija ili geotekstil s sustavom za drenažu procjednih voda.

5.2.1. EX SITU metoda izdvajanja sekundarnih sirovina

Jedna od EX SITU metoda je EX SITU metoda izdvajanja sekundarnih sirovina (Slika 5-7). Otpad se iskopava i prenosi na novu uređenu lokaciju. Specifično za ovu metodu je da se otpad prije odlaganja na novu lokaciju obradi, tj. izvrši se izdvajanje vrijednih sekundarnih sirovina. Svakako bi bilo poželjno pristupiti izdvajanju sekundarnih sirovina u svakoj EX SITU sanaciji, jer time se dobivaju vrijedne sirovine poput plastike, papira, biootpada ili građevinskog otpada ali i smanjuje volumen otpadu koji će se tek odložiti. Pod obavezno bi se trebalo pristupati ovoj metodi na odlagalištima koja su nastala odlaganjem otpada koji se nije razvrstavao na mjestu svog nastanka. Logično je da se u takvom otpadu nalazi najviše sekundarnih sirovina. Izdvajanje se može izvršiti u mobilnim i stacionarnim stanicama za izdvajanje sekundarnih sirovina. Nakon izdvajanja sirovina slijedi odlaganje inertnog materijala na uređenu površinu (poglavlje 4.3.), dok se otpad zatrpava slojevima koje će onemogućiti ulazak padalina i izlazak plinova (poglavlje 4.2.1.)

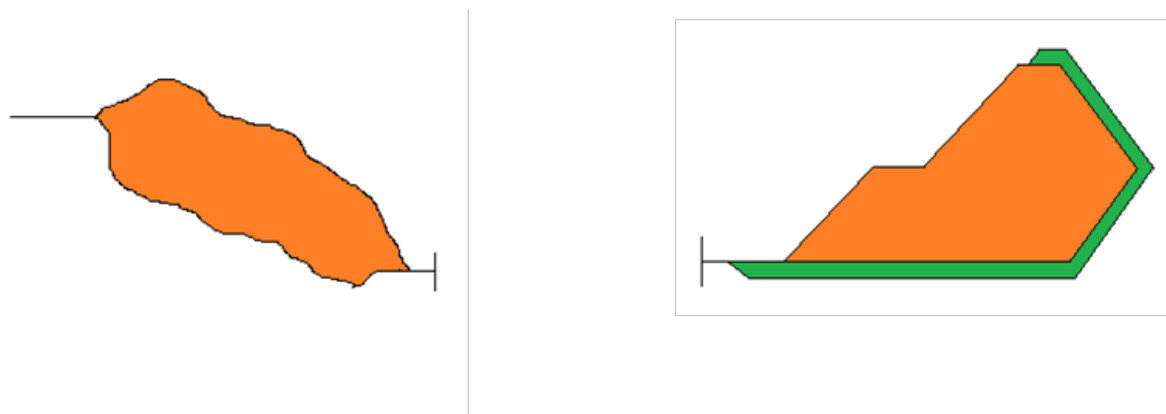


Slika 5-7 EX SITU metoda izdvajanja sekundarnih sirovina

5.2.2. EX SITU metoda premještanja na obližnju lokaciju

Vrsta EX SITU sanacije kojoj se pristupa ako lokacija odlaganja zadovoljava, ali je otpad potrebno iskopati i premjestiti jer je došlo do zagađenja tla i voda, ili su temeljni slojevi nezadovoljavajući ili nepostojeći (Slika 5-8). Nova lokacija se nalazi u neposrednoj blizini stare lokacije, i na njoj su temeljni slojevi uređeni na sanitarni način (poglavlje 4.3.). Otpad se iskopa i transportira, može kamionima ili transportnim trakama. Svakako je preporučljivo otpad prije odlaganja provesti kroz stanicu za izdvajanje sekundarnih sirovina. Nakon što je otpad odložen, nanose se slojevi kako bi bio onemogućen izlazak

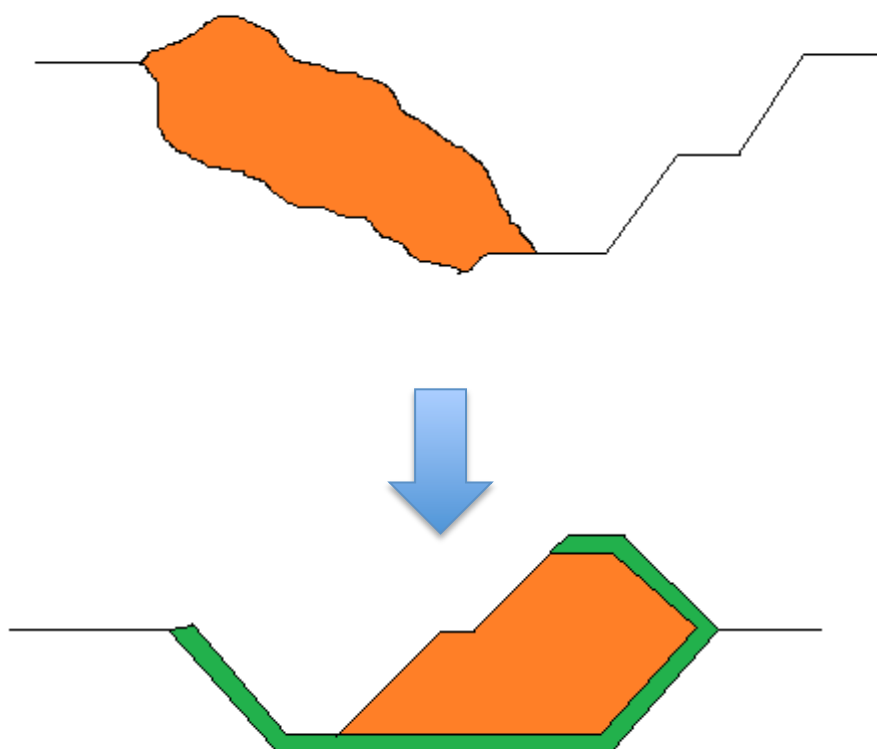
plinova i ulazak padalina (poglavlje 4.2.1.). Primjer ovakvog tipa sanacije je odlagalište Prudinec.



Slika 5-8 EX SITU metoda premještanja na susjednu lokaciju

5.2.3. EX SITU metoda premještanja otpada

EX SITU metoda premještanja otpada je metoda korištena za sanaciju odlagališta čija lokacija niti sustav temeljne zaštite ne zadovoljavaju propisanim pravilima. Otpad se iskapa i prevozi na udaljenu lokaciju koja zadovoljava uvjete sanitarnog odlaganja otpada (Slika 5-9). Zbog kombinacije financijskog aspekta (transport), ekološkog (mogućnost zagađenja prilikom transporta) te birokracijskog (npr.: teško pronaći adekvatnu lokaciju zbog otpora stanovništva) jedna je od najzahtjevnijih metoda. Na novoj lokaciji temeljni slojevi su tipični kao i kod drugih EX SITU metoda, dok je pokrovni sloj jednak svim metodama. Prije odlaganja otpada poželjno je otpad provesti kroz stanicu za izdvajanje sekundarnih sirovina.

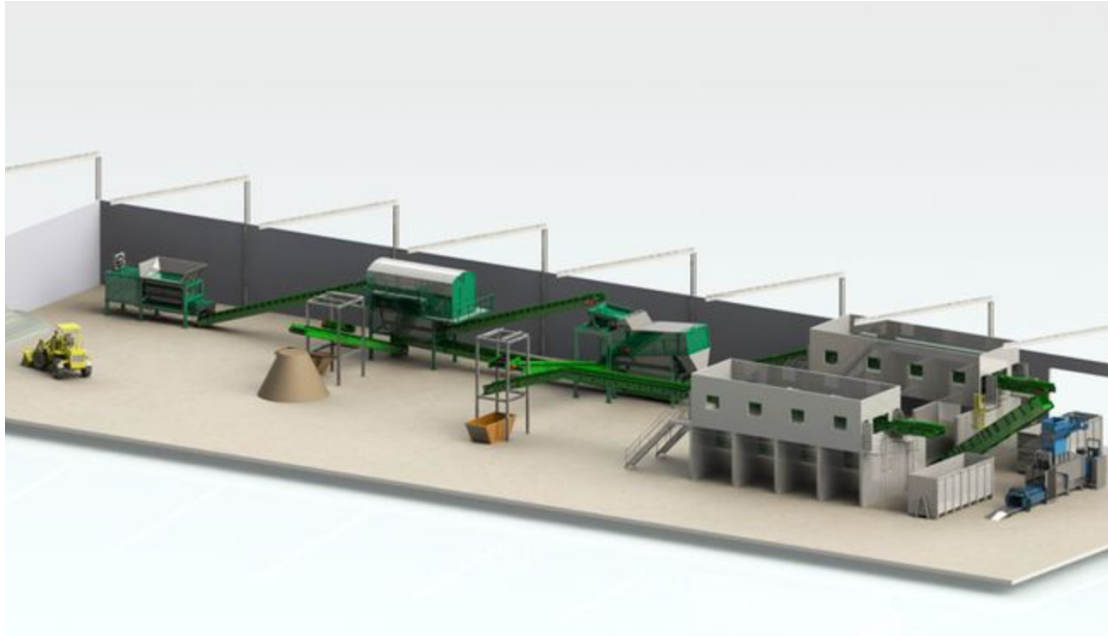


Slika 5-9 EX SITU metoda premještanja otpada

5.2.4. Stanica za izdvajanje sekundarnih sirovina

Kod EX SITU metoda svakako je preporučljivo nad otpadom izvršiti sekundarno izdvajanje sirovina iz razloga što se tako smanjuje volumen otpadu koji će se odlagati na novoj lokaciji i zbog vrijednih sekundarnih sirovina osim ako je organizirano odvajanje otpada na mjestu nastanka (u kućanstvima ili industriji). Postoje mobilna i stacionarna postrojenja. Odabir ovisi o količini otpada koji je potrebno separirati. Ukoliko je namjera da se obradi manja količina otpada na licu mjesta, s ciljem zakopavanja inertnog otpada, a odvoza sekundarnih sirovina rješenje je mobilna stanica. Ako je velika količina otpada za separiranje, ili ako nije organizirani odvojeno prikupljanje otpada tada je svakako izbor na stacionarnom postrojenju (zbog velike količine otpada koje će redovito pristizati u budućnosti) (Slika 5-10). Način rada postrojenja ovisi od proizvođača do proizvođača, ali on je kod svih u osnovi isti. Svakom postrojenju je cilj separirati otpad na broj željenih frakcija, dok su razlike primjerice u poretku izdvajanja otpada; kod nekih je prva na redu

organska frakcija, a kod nekih feromagnetični metali. Pitanje koje se nameće je: ima li potrebe za odvojenim skupljanjem smeća, kada postoje učinkovite stacionarne sortirnice koje će nerazvrstani otpad razdvojiti u željeni broj frakcija.



Slika 5-10 Postrojenje za razdvajanje (Kompotech, 2018)

6. MONITORING

Sanitarno odlagalište otpada, kako u svom radu, tako i poslije svog zatvaranja (minimalno 20 godina) zahtijeva praćenje stanja okoliša (monitoring). Monitoring se vrši kako bi se utvrdilo da odlagalište prati sve propisane standarde i kako bi se sa sigurnošću znalo da odlagalište funkcionira kako je zamišljeno. Prate se idući parametri (tablica 6-1) (Veinović i Kvasnička, 2007):

- razina filtrata
- razina podzemne vode
- procjeđivanje filtrata
- plin - podzemni monitoring
- nadzemni monitoring
- kvaliteta vode oko lokacije
- razina i kvaliteta filtrata u bazenu za prikupljanje
- procjeđivanje iz bazena za prikupljanje
- stabilnost pokrovnog sustava - diferencijalno slijeganje
- formiranje klizne plohe

Tablica 6-1 Zahtjevi za program monitoringa (Veinović i Kvasnička, 2007)

PREDMET OPAŽANJA	PARAMETAR	UČESTALOST OPAŽANJA
PODZEMNA VODA		
piezometri (bunari) na lokaciji	kvaliteta vode	mjesečno
		sezonski (4 mj.)
		svake 3 godine
		svakih 6 mjeseci
	hlapivi organski sastojci	godišnje
	potpuna provjera piezometra	svakih 6 mjeseci
piezometri van (oko) lokacije	kvaliteta vode	svakih 6 mjeseci
DJELOVANJE BRTVENOG SLOJA		
lizimetri	količina filtrata	svaka 4 mjeseca
	kvaliteta filtrata	svaka 4 mjeseca
senzori za mjerenje vodljivosti	vodljivost	kontinuirano
piezometri s vibrirajućom žicom	razina filtrata na brtvenom sloju	kontinuirano
ODLAGALIŠNI PLIN		
jarci (sloj) za dreniranje plina	statički pritisak, tok, temperatura, koncentracija metana	tjedno
bunari za dreniranje plina	statički pritisak, tok, temperatura, koncentracija metana	tjedno
baklja za spaljivanje	statički pritisak, tok, temperatura, koncentracija metana	dnevno
sonde za detekciju propuštanja plina	tlak, koncentracija gorivog plina	mjesečno
kondenzat	količina	mjesečno
	kvaliteta	mjesečno

FILTRAT		
filtrat	količina	mjesečno
	kvaliteta	mjesečno
pumpne stanice	alarmi za poplave i razinu filtrata	kontinuirano
ispust u bazen	količina filtrata	kontinuirano
	kvaliteta filtrata	mjesečno
mjesta za čišćenje sustava za dreniranje filtrata	nagomilavanje sedimenata	godišnje
cijevi za dreniranje filtrata	nagomilavanje sedimenata, cjelovitost	godišnje
bazen za prikupljanje filtrata	nagomilavanje sedimenata, cjelovitost	godišnje
POVRŠINSKA VODA		
udubine (depresije)	nagomilavanje sedimenata, prekrivni sloj	za vrijeme velikih oluja i svaka 4 mj.
otvori jaraka i slivnici	začepljenje	svakih 6 mjeseci
bazeni za prikupljanje oborinske vode za jakog olujnog vremena na području odlagališta otpada	nagomilavanje sedimenata	za vrijeme velikih oluja i mjesečno
područje van odlagališta	tok	kontinuirano
	kvaliteta	svake tri godine
KLIMATSKI UVJETI		
na lokaciji	brzina vjetra, smjer vjetra, barometarski tlak, temperatura	kontinuirano
REKULTIVIRANA LOKACIJA		
pokrovni sustav	erozija, površinsko procjeđivanje, promjena boje podzemne vode, raspucalost, stvaranje barica (lokava)	kontinuirano
pokrovni sustav	diferencijalno slijeganje	kontinuirano/svakih 6 mj.
neugodni mirisi	površinski prolaz fluida	kontinuirano
PRISTUPNI PUTEVI I POMOĆNI SKLOPOVI		
površine	čisti asfalt, površine od širokograduiranog nekoherentnog materijala	kontinuirano
zaštitna ograda	oštećenja, održavanje	kontinuirano
znaci na putevima i znaci upozorenja	oštećenja, održavanje	kontinuirano

6.1. Podzemne vode

Praćenje stanja podzemne vode mora biti pouzdano, tj. moraju se koristiti metode koje se slažu uzorkovanjima podzemne vode. Piezometri moraju biti postavljeni iznad i ispod odlagališta otpada. Razlog zašto je bitno da se postave uzvodni piezometri su: ukoliko dođe do otkrivanja onečišćenja u toku podzemne vode da se zna dali je odlagalište uzrok tomu onečišćenju ili je onečišćenje postojalo prije odlagališta i mogućnost da zagađena podzemna voda sa svojim agresivnim djelovanjem nagriza sustav slojeva. Prate se sljedeći parametri: pH, BPK, KPK, masti i ulja, cijanidi, fenoli, živa, nikal, bakar, arsen, kadmij... Prilikom ugradnje piezometara treba odrediti "0" stanje. Ispitivanje se provodi prvih deset godina jedanput godišnje, a drugih 10 godina dvogodišnje. (IPZ Uniprojekt MCF, 2006)

6.2. Slijeganje

Slijeganje je bitno jer u samom odlagalištu dolazi do velikih naprezanja i to povodom težine samog otpada u odlagalištu, strojeva, mehaničkog slijeganja i biomehaničkog slijeganja. Slijeganje se može zaustaviti dobrom pripremom temeljnog tla, kontroliranom ugradnjom otpada, reduciranjem biorazgradive tvari i ispravnošću temeljnih sustava slojeva. Posljedica nekontroliranoga slijeganja je pucanje zaštitnih slojeva, što za posljedicu ima puštanje plinova u okolinu, puštanje padalina u tijelo odlagališta i nastanak klizišta. Slijeganje se prati ugradnjom repera na udaljenost od 30 metara jedan od drugog. Prate se pomaci između njih, i to svakih par mjeseci. (Stojak, 2016)

6.3. Površinska voda

Potrebno je kontrolirati površinske (oborinske) vode. Oborinske vode se skupljaju u odvodnim kanalima, i kontroliraju jednom godišnje za vrijeme rada odlagališta. Prate se fizikalno kemijske, bakteriološke, i biološke značajke. Prvih deset godina nakon prestanka rada mjerenje se provodi jednom godišnje, a drugi deset godina dvogodišnje. (IPZ Uniprojekt MCF, 2006)

6.4. Odlagališni plinovi

Plinovi koji nastaju u značajnijim količinama u odlagalištu otpada su metan, kisik, dušik, ugljični dioksid i sumporovodik. Mjerenje se provodi 4 puta godišnje, nakon prestanka rada odlagališta, prvih 10 godina mjerenje se provodi dva puta godišnje, a drugih 10 godina jednom u dvije godine. Izvodi se na odzračnicima, bunarima za otplinjavanje ili sondama. (IPZ Uniprojekt MCF, 2006)

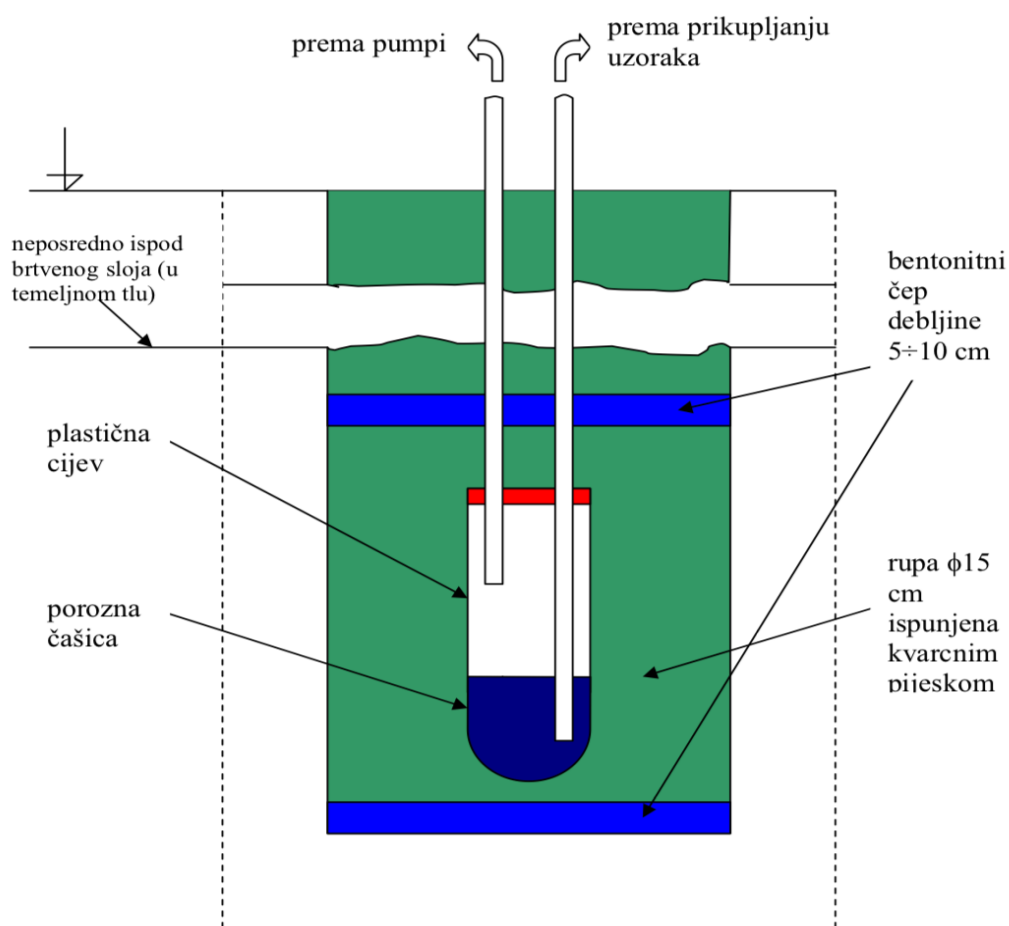
6.5. Zračenje

Mjeri se toplinsko i radioaktivno zračenje. Toplinski utjecaj na okoliš nije veliki, ali vidljiv je vizualnom smislu, primjerice snijeg će se na pokrovu odlagališta brzo otopiti... Mogući je blagi utjecaj na mikroklimu nekog prostora. Radioaktivno zračenje je moguće,

ukoliko je na odlagališta komunalnog otpada odlagan radioaktivni otpad ili ukoliko pri odlagalištima radioaktivnog otpada nije napravljena odgovarajuća izolacija. (Veinović i Kvasnička, 2007)

6.6. Lizimetar

Zadaća lizimetara je pronalaženje pojave procjeđivanja i to na način da u sebe prikupljaju procjedne vode. U lizimetru je 96% kvarcni pijesak koji služi za filtriranje tekućine od čestica zemlje. Prikupljanje uzoraka se vrši jednom u mjesec dana, ili jednom u tri mjeseca (Slika 6-2). (Vrbek, 2005)



Slika 6-2 Lizimetar (Veinović i Kvasnička, 2007.)

7. ZAKLJUČAK

Nakon godina sustavnog zanemarivanja problematike odlaganja otpada, danas se može reći da je situacija u Republici Hrvatskoj daleko bolja nego ranih 90-tih. Podatak o preko 170 zatvorenih odlagališta i preko 80 premještenih govori kolika su sredstva i trud uloženi u rješavanje ovoga problema. Velikim dijelom zasluga je to ulaska Hrvatske u Europsku Uniju, kada se još u predpristupnim pregovorima usklađivalo zakone o sanitarnom zbrinjavanju otpada. U Hrvatskoj postoje dobri i loši primjeri odlaganja otpada. Dobri su zasigurno otok Krk sa svojim višegodišnjim odvojenim prikupljanjem otpada, i primjerice odlagalište grada Velika Gorica "Mraclinska Dubrava". Negativni primjeri su i dalje brojna divlja odlagališta otpada, od kojih su mnoga sanirana, ali isto tako zbog neodgovornosti i nemara ljudi nastaju nova. Područje na kojem se moglo i trebalo više napraviti su tzv. "crne točke". Mnoga takva mjesta krenula su sa sanacijom, ali primjerice nedopustivo je da odlagalište gudrona u neposrednoj blizini jednog od zagrebačkih najvećih vodonosnika i dalje nije krenulo sa sanacijom. Stvari su se pokrenule, ali uvijek može bolje.

Hrvatska jako zaostaje po pitanju udjela odloženog otpada na odlagališta. Tu se možda daje i najveći prostor za napredak. Uz već spomenutu usporedbu Hrvatske danas s Austrijom od prije 18 godina, jasno nam je koliko zaostajemo za Europom. Premalo ili nimalo se otpad odvaja za potrebe recikliranja, pa u nedopustivo velikom udjelu završava na odlagalištima. To se gleda kao ekološka i ekonomska šteta. Grad Zagreb u posljednje vrijeme pokušava uspostaviti sustav odvojenog prikupljanja otpada pa nam preostaje vidjeti dali će i ostali gradovi slijediti tu praksu, i koliko će to pomoći u smanjivanju udjela odloženog otpada.

Odabir tipa sanacije, dakle IN SITU ili EX SITU, ovisi o više parametara. Smatram kako bi najbolje bilo u svakom tipu odlagališta otpad iskopati i odložiti ga na uređenu lokaciju. Međutim, takvo što vrlo često nije moguće primjerice zbog visokih troškova ili problematike pronalaženja novih lokacija, ali isto tako nije niti potrebno, ukoliko odloženi otpad ne predstavlja opasnost za okoliš. Odabir metode sanacije ovisi o količini odloženoga otpada, stupnju zagađenja, o načinjenom utjecaju na okoliš. Ukoliko je otpad inertan, i ne predstavlja opasnost za okoliš, dovoljno je pristupiti jednostavnoj IN SITU metodi sa prekrivajućim slojem. Ukoliko je primjerice otpad takvih svojstava da predstavlja opasnost za podzemne vode, a neisplativo ga ja premještati potrebno je razmatrati jednu od metoda koja će zaustaviti procjeđivanje procjednih voda u tlo. Što se tiče EX SITU metoda, njihova velika prednost je da se otpad sa tлом u cjelini sanira, dok

kod IN SITU metoda to nije slučaj. Daljnja znatna prednost je mogućnost separacije sekundarnih sirovina, pri čemu se smanjuje volumen otpadu na novom odlagalištu. U svakom slučaju za svaki tip odlagališta postoji odgovarajuća sanacija.

U budućnosti očekujem daljnje usavršavanje metoda, i moguće otkrivanje novih, što ovisi o razvoju tehnologije na tom području. Isto tako s razvojem tehnike i tehnologije moguće je da će se stara sanirana odlagališta otvarati, u svrhu dobivanja sekundarnih sirovina. U svakom slučaju, danas je čovjek nemjerljivo svjesniji problematike odlaganja otpada u odnosu na prošlost, i uvelike mijenja svoje navike, i za očekivati je da će sa tim promjenama nastaviti u budućnosti, u cilju održivog života na Zemlji.

8. LITERATURA

Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2001. Landfill Gas Basics (*osnove odlagaličnih plinova*). URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/landfill/html/ch2.html> (28.8.2018.)

Barčić D., Ivančić V. 2010: Utjecaj odlagališta otpada Prudinec/Jakuševac na onečišćenje okoliša. Šumarski list, 7 - 8, str. 349 - 359.

Fundurulja D. 2005: Idejni projekt sanacije odlagališta otpada s nastavkom odlaganja i planom zatvaranja na lokaciji Jerovec. Zagreb: IPZ Uniprojekt MCF.

Fundurulja D. 2006: Studija ciljanog sadržaja o utjecaju na okoliš sanacije odlagališta komunalnog otpada "Jelenčiči V" - Grad Pazin. Zagreb: IPZ Uniprojekt MCF i IPZ Uniprojekt TERRA.

Fundurulja D. 2017: Sanacija i zatvaranje odlagališta neopasnog otpada „Hintov“ općina Gola. Idejni projekt. Zagreb: IPZ Uniprojekt TERRA d.o.o., 51/17.

Fundurulja D., Mrkoci S., Burazin J., Franolić V. 2016: Plan sanacije odlagališta "Zmajevac" na području Općine Kneževi Vinogradi. Zagreb: IPZ Uniprojekt TERRA.

Fundurulja D., Mužinić M., Pletikapić Z. 2000: Odlagališta komunalnog otpada na području Hrvatske. Građevinar, 52, str. 727-734.

Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP), 2017. Podaci o odlaganju i odlagalištima otpada za 2016. godinu. Zagreb

Komptech, 2018. Splitting system (*postrojenje za razdvajanje*). URL: <https://www.komptech.com/en/plants/splitting-systems.html> (25.8.2018.)

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (MZOIP), 2016. Plan gospodarenjem otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2016.-2022. Zagreb

Narodne novine br. 94/2013. Zakon o održivom gospodarenju otpadom. Zagreb: Narodne novine d.d.

Narodne novine br. 114/15. Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada. Zagreb: Narodne novine d.d.

Narodne novine br. 130/2005. Strategija gospodarenjem otpadom Republike Hrvatske. Zagreb: Narodne novine d.d.

Stojak J. 2016: Sanacija odlagališta otpada s rekultivacijom. Diplomski rad. Zagreb: Šumarski fakultet

The Encyclopedia, 2004. Waste Disposal (*Odlaganje otpada*). URL: <https://www.encyclopedia.com/history/united-states-and-canada/us-history/waste-disposal> (1.9.2018)

Veinović Ž. 1996: Uporaba vodorživih dijagragmi pri sanaciji postojećih odlagališta otpada. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko - geološko - naftni fakultet.

Veinović Ž., Kvasnička P. 2007: Površinska odlagališta otpada. Interna skripta. Zagreb: Rudarsko - geološko - naftni fakultet.

Vrbek B. 2005: Lizimetrijska pedologija kao metoda istraživanja kvalitete procjernih voda šumskih tala hrvatske. Šumarski list br. 7-8, str. 397 - 407.