

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Teknillinen tiedekunta
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
BH10A0300 Ympäristötekniikan kandidaatintyö ja seminaari

LANDFILL MINING

Landfill mining

Työn tarkastaja: Professori, Tekniikan tohtori Mika Horttanainen

Työn ohjaaja: Nuorempi tutkija, diplomi-insinööri Antti Niskanen

Lappeenrannassa 31.10.2012

Piia Kainulainen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	2
2.	LANDFILL MINING HISTORIAA	2
3.	LANDFILL MINING PROJEKTIN SUUNNITTELU	4
3.1	Projektin suunnittelun vaiheet	5
3.1.1	Selvitys alueen luonteesta	5
3.1.2	Mahdollisten taloudellisten hyötyjen arviointi	6
3.1.3	Toimintaa säätelevien lainsäädännön ja vaatimusten tutkinta	7
3.1.4	Alustavat laadinnat työntekijöiden terveys- ja turvallisuussuunnitelmille	7
3.1.5	Projektin kustannusten arviointi	8
3.2	LFM –toiminnan mahdolliset hyödyt ja haitat	9
4.	LANDFILL MINING PROSESSI JA KÄYTETTÄVÄT TEKNOLOGIAT	11
4.1	Landfill mining prosessi	11
4.2	Käytettävät teknologiat	12
4.2.1	Kaivaminen	12
4.2.2	Materiaalien käsittely ennen seulontaa	13
4.2.3	Seulonta	14
4.2.4	Kuljetus	16
4.3	Takaisin saadun materiaalin koostumus ja hallinta	17
5.	ESIMERKKITAPAUKSIA LANDFILL MINING PROJEKTEISTA	18
5.1	Naples Landfill, Collier County, Yhdysvallat	18
5.1.1	Projektin suunnittelu ja toteutus	19
5.1.2	Projektin tulokset ja kustannukset	20
5.2	Frey Farm, Lancaster County, Yhdysvallat	22
5.2.1	Projektin suunnittelu ja toteutus	23
5.2.2	Projektin tulokset ja kustannukset	24
6.	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET	27

1. JOHDANTO

Landfill mining (LFM) on englanninkielinen termi, joka voidaan suoraan suomentaa sanaksi kaatopaikkakaivostoiminta. Suomenkielessä ei ole vastaavaa vakiintunutta termiä, joten tässä työssä käytetään termiä landfill mining. Käsitteenä landfill mining tarkoittaa toiminnassa olevalle tai suljetulle kaatopaikalle haudatun materiaalin kaivamista, kuljetusta ja käsittelyä. Prosessiin kuuluu materiaalin kaivaminen, seulonta ja lajittelu maa-ainekseen, kierrätettäviin aineksiin, ympäristölle haitallisiin aineksiin ja jäännöksiin.

Syitä LFM- toimintaan ovat olleet:

1. kaatopaikkatilan suojele/korjaus
2. kaatopaikkatilan pienentäminen
3. potentiaalisen saastumislähteen eliminointi
4. olemassa olevan saastumislähteen lieventäminen
5. jätteiden energiakäyttö
6. talteen saatujen materiaalien kierrättäminen
7. hallintajärjestelmäkustannusten pienentäminen
8. alueen uudelleenkehitys (Hogland et al 2004, 119).

Prosessiin liittyy mekaanisia työvaiheita, joiden tarkoituksena on yleensä saada talteen puuta puuhakkeen tuotantoon, betonia, tiiliskiviä tai muurauslastiainesta tienrakennukseen, metallia (teräs, alumiini, kupari) kierrätykseen, kompostia tai maa-ainesta ja lisätä kaatopaikkatilaa. (Kurian et al 2004.)

Tämän työn tavoitteena on selvittää, kuinka landfill mining toimintaa toteutetaan. Työssä kerrotaan landfill miningin historiasta, mitä täytyy selvittää LFM-projektia suunniteltaessa, mitä hyötyjä ja haittoja toiminnasta voi aiheutua, millainen itse prosessi voi olla ja millä teknologioilla LFM-toimintaa voidaan toteuttaa. Lisäksi työssä tarkastellaan kahta yhdysvaltalaisista esimerkkiprojektia, kuinka ne toteutettiin ja mitä tuloksia niistä saatiin.

2. LANDFILL MINING HISTORIAA

Ensimmäisen kerran LFM- toimintaa tehtiin vuonna 1953 Tel Avivin kaupungissa Israelissa. Päällimmäisenä syynä tällöin oli maa-aineksen saaminen käytettäväksi

hedelmätarhoissa. Landfill mining toiminta pysähtyi vuosikymmeniksi ja siihen heräsi kiinnostus uudelleen 1980-luvun lopussa. (Krook et al. 2011, 514.) Ensimmäinen dokumentoitu LFM- projekti tehtiin vuosien 1986 ja 1992 välisenä aikana Yhdysvalloissa (Collier County, Florida) tarkoituksena saada talteen maa-ainesta ja vähentää pohjavesien saastumisriskiä. Yhdysvalloissa tehtiin 90-luvulla seitsemän muuta LFM-projektia. (Hogland et al. 2004, 119.) Yhtenä syynä kiinnostuksen kasvuun Yhdysvalloissa voidaan pitää tiukentuneita ympäristölainsäädäntöjä (esimerkkinä luonnonvarojen säilytys- ja talteenottolaki), jotka pakottivat kaatopaikkoja lopettamaan toimintaansa ja asettivat vaatimuksia lopulliselle sulkemiselle ja jälkihallinnalle. LFM- toiminta nähtiin lupaavana vastauksena kasvavalle kaatopaikka-aluepulalle ja keinona hallita sulkemisista aiheutuvia kustannuksia. (Krook et al. 2011, 514.)

Myös Euroopassa kaatopaikat ovat joutuneet lopettamaan toimintaansa mm. Euroopan Unionin kaatopaikkadirektiivin (1999/31/EY) johdosta. Direktiivi vaatii kaatopaikan pohjan tiivistystä ja biohajoavien jätteiden esikäsittelyä ennen niiden sijoitusta kaatopaikalle. Euroopassakin LFM-toiminta voidaan nähdä keinona välttää kaatopaikalla syntyviä ympäristöongelmia ja korkeita kaatopaikan sulkemiskustannuksia. (Hogland et al. 2010, 4.)

Taulukossa 1 on esitetty joitain toteutettuja landfill mining projekteja.

Taulukko 1. Landfill mining projekteja maailmalla (Barlow et al. 2012).

Aloitusvuosi	Valtio ja sijainti	Syy toimintaan
1953	Israel, Tel Aviv	Maa-aineksen saanti
1989	Intia, Deonar, Mumbai	Pilottitutkimus, orgaanisen aineksen käyttö kompostina
1986	Yhdysvallat, Collier County	Maa-aineksen saanti, kaatopaikka-alueen lisäys, pohjavesien saastumisen estäminen
1990	Yhdysvallat, Edinburg	Demonstraatioprojekti
1991	Yhdysvallat, Lancaster County	Energiantuotanto, maa-aineksen saanti
1992	Yhdysvallat, Bethlehem	Kaatopaikkakapasiteetin lisäys, pohjavesien saastumisen estäminen
1992	Yhdysvallat, Thomson	Kaatopaikkakapasiteetin lisäys
1993	Yhdysvallat, Nashville	Päästöjen hallinta, tuhkan ja maa-aineksen saanti
1993	Yhdysvallat, Newbury	Kaatopaikkakapasiteetin lisäys, pohjavesien saastumisen estäminen
1994	Yhdysvallat, Hague	Maa-alueen uudelleenkäyttö
1994	Canada, Ontario	Pohjavesien saastumisen estäminen
1994	Saksa, Berghot	Kierrätys, kaatopaikkakapasiteetin lisäys
1994	Sardinia	Kaatopaikkakapasiteetin lisäys
1994	Ruotsi, Filborna	Pilottitesti
1998	Ruotsi, Gladsax	Energiantuotanto ja kierrätys
2001	Hollanti, Arnhem	Maan uudelleenkäyttö
2001	Hollanti, Heiloo	Kaatopaikkakapasiteetin lisäys

3. LANDFILL MINING PROJEKTIN SUUNNITTELU

Landfill mining toiminta soveltuu ensisijaisesti alueille joiden käytettävissä oleva tila on rajallista eikä vaihtoehtoista paikallista jätteenloppusijoituspaikkaa ole; alueille, joilla on rajoitetusti maanottoaluetta päällysmaa-aineksen saantia varten; alueille joilla on tarve poistaa pohjavedensaastuttamislähde ja alueille, joilla on kustannustehokkaampaa elvyttää olemassa olevaa kaatopaikkaa kuin luovallistaa uusi kaatopaikka. Landfill mining toiminnalla voi olla myös rajoittavia tekijöitä. (Hardin & Hudgins 2010, 52.) Kaatopaikka-alueella jätteen hajotessa muodostuu kaasuja, kuten ilmakehään joutuessaan räjähdysherkkää metaania ja myrkyllistä rikkivetyä. Kaatopaikkakaasujen pitoisuudet

voivat olla liian korkeita eikä jätettä voida kaivaa turvallisesti. (Innovative Waste Consulting Services 2009, 34.) Kaatopaikalla olevan jätteen täytyy olla riittävästi hajonnutta, jotta kierrätettävien materiaalien takaisinsaanti on optimaalista. (Hardin & Hudgins 2010, 52.) Landfill mining toiminnan soveltuvuus riippuu aluekohtaisista tekijöistä ja projektin tavoitteista. Projektia suunniteltaessa on otettava huomioon lukuisia seikkoja, kuten käytettävä laitteisto ja prosessin työvaiheet, ympäristövaikutukset, terveys- ja turvallisuusriskit, valmiussuunnitelmat vaarallisten aineiden varalle, taloudelliset seikat sekä toimintaa ohjaavat säädökset, lait ja hallinnolliset kysymykset. (Guerriero 1996, 283.) Tässä osiossa käsitellään LFM -projektin suunnittelua sekä projektin mahdollisia hyötyjä ja haittoja.

3.1 Projektin suunnittelun vaiheet

Yhdysvaltain liittovaltion ympäristökeskus EPA on laatinut projektisuunnitelman laitoksille, jotka ovat aikeissa aloittaa LFM – toiminnan. Suunnitelma koostuu viidestä vaiheesta:

1. Selvitys alueen luonteesta
2. Mahdollisten taloudellisten hyötyjen arviointi
3. Toimintaa säätelevien vaatimusten tutkinta
4. Alustavat laadinnat työntekijöiden terveys- ja turvallisuussuunnitelmille
5. Projektin kustannusten arviointi

Tämä suunnitelma olettaa, että projektin suunnittelijat tekevät väliaikaisen arvioinnin projektin toteutettavuudesta jokaisen vaiheen jälkeen. Lopuksi suunnittelijoiden täytyy arvioida projektin toteutettavuutta vertailemalla projektin kustannuksia mahdollisiin saavutettaviin hyötyihin. Viimeisessä arvioinnissa tulee käydä läpi projektin tavoitteet ja syyt sekä mahdolliset vaihtoehtoiset tavat saavuttaa ne. (EPA 1997, 3.)

3.1.1 Selvitys alueen luonteesta

Projektin alussa täytyy tehdä perusteellinen selvitys alueen luonteesta, jotta voidaan määrittää kuinka suuri osa kaatopaikka-alueesta otetaan käsiteltäväksi sekä arvioida materiaalin prosessointiaste. Selvityksessä tulee arvioida alueen maaston

pinnanmuodostus, morfologia, jätteen määrä ja paksuus, alueen toimintahistoria, (Hogland 2008, 4.) ympäröivän alueen stabiliteetti ja pohjaveden läheisyys. Lisäksi tulee määrittää kaatopaikka-alueen osuudet seuraaville seikoille: käyttökelpoinen maa-aines, kierrätettävä materiaali, polttoaineeksi kelpaava jäte, ympäristölle haitallinen jäte (EPA 1997, 3). Tiedettäessä jätteen laatu ja koostumus voidaan arvioida mahdolliset muodostuvat riskit aiheutuen kaasusta, jätemassan stabiliteetista, jätteen alapuolisesta maa-aineksesta ja maa-aines-jäte suhdelvusta (Hogland 2008, 4).

Tyypillisesti kunnallisten kaatopaikkojen koostumus on seuraava: 50–60 painoprosenttia maa-ainesta, kuten peitemaata ja hyvin hajonnutta jätettä, 20–30 painoprosenttia polttoaineeksi kelpavaa jätettä, kuten paperi, muovi ja puu, 10 painoprosenttia epäorgaanista materiaalia, kuten sementti, kivet ja lasi ja muutama painoprosentti metalleja joista pääosa rautametalleja. Tämä on myös yleinen tilanne, kun kyseessä on eri puolella maailmaa olevat kaatopaikat. (Krook et al 2011, 3.)

3.1.2 Mahdollisten taloudellisten hyötyjen arviointi

Landfill mining projektin mahdollisia hyötyjä arvioitaessa täytyy käyttää hyväksi jo valmiina olevia tietoja kaatopaikka-alueesta ja paikallisista olosuhteista. Projektin suunnittelijoilla täytyy olla luotettavaa taustatietoa, ennen kuin aletaan tehdä päätöksiä laitehankinnoista ja käytettävistä teknologioista. Jotta jätettä voitaisiin hyödyntää paremmin, olisi myös syytä kehittää uusia taloudellisia työkaluja, joilla jäte nähtäisiin arvokkaana tuotteena. (Hogland et al. 2010, 11.)

LFM-toiminnasta saadut taloudelliset hyödyt ovat aina tapauskohtaisia ja usein ne voivat olla välillisiä. Tuloja voidaan kuitenkin saada kaatopaikalta takaisin saaduista materiaaleista. Mahdollisia taloudellisia hyötyjä voivat olla:

- Käyttöön palautuva kaatopaikkakapasiteetti.
- Kustannusten välttäminen tai pienentäminen kaatopaikan sulkemisen ja sen jälkeisen hoidon ja seurannan, lisäkapasiteetin ja hienostuneiden järjestelmien hankinnan sekä ympäröivien alueiden kunnostuksen vastuun osalta.
- Tulot kierrätettävistä ja uudelleenkäytettävistä materiaaleista, polttoon kelpaavasta jätteestä ja maa-aineksesta.

- Maa-alueen saaminen muuhun käyttöön.

Arvioitaessa edellä mainittuja taloudellisia hyötyjä onkin syytä tutkia nykyisen ja tulevaisuudessa tarvittavan kaatopaikka-alueen kapasiteetti, kaatopaikan sulkemisen tai laajentamisen arvioitua kustannukset, tulevien vastualueiden nykyiset ja arvioitua kustannukset, kierrätettävien ja hyödynnettävien materiaalien arvioitua markkinat sekä hyötykäyttöön otetun maan arvioitu arvo. (EPA 1997, 3.)

3.1.3 Toimintaa säätelevien lainsäädännön ja vaatimusten tutkinta

Ennen LFM-projektin aloittamista on otettava selvää toimintaa ohjaavasta lainsäädännöstä ja toiminnalle asetetuista vaatimuksista. Projektin suunnittelijoiden on syytä ottaa yhteyttä paikallisiin viranomaisiin. Euroopan Unionin kaatopaikkadirektiivissä (1999/31/EY) on säädetty vaatimuksista, jotka koskevat kaatopaikkojen lupia, suunnittelua, toimintaa, sulkemista ja jälkihuoltoa. (Hogland et al. 2010, 3.)

3.1.4 Alustavat laadinnat työntekijöiden terveys- ja turvallisuussuunnitelmille

Kaatopaikan tilan ja historian tutkimuksesta saatujen tietojen perusteella voidaan arvioida toiminnasta aiheutuvat mahdolliset terveys- ja turvallisuusriskit. Mahdollisuudet riskien pienentämiseen tai poistoon täytyy selvittää. Näiden tietojen pohjalta on laadittava kattava työntekijöiden terveys- ja turvallisuussuunnitelma. (EPA 1997, 3.)

Vaikkakin kaatopaikan tilasta on tehty tutkimus, ei välttämättä tiedetä kaikkia materiaaleja joita on hautautuneena kaatopaikalla. Tämän takia myös terveys- ja turvallisuussuunnitelmassa on varauduttava siihen, että työntekijät tulevat käsittelemään vaarallisia materiaaleja ja kehitettävä toimintasuunnitelmat niiden varalle. (EPA 1997, 4.)

Tyypillisessä terveys- ja turvallisuussuunnitelmassa käsiteltävät asiat ovat seuraavia:

- Vahingonvaarasta ilmoittaminen ja kommunikointi
- Hengityksensuojaustoimenpiteet, johon kuuluu mm. haitallisten materiaalien tunnistus ja arviointi, laitteiston käytön opettelu
- Pölyn ja melun hallinta

- Lääketieteelliset seurantatiedot (tilanteesta riippuen pakollisia tai valinnaisia)
- Onnettomuuksia ehkäisevä ja haitallisia materiaaleja käsittelevä turvallisuuskoulutus
- Ahtaan tilan turvallisuustoimenpiteet (ilmanlaadun testaus räjähtävien pitoisuuksien varalta, hapen riittävyys, rikkivetypitoisuudet) työntekijöille
- Kirjanpito.

Suunnitelman täytyy kattaa myös työntekijöiltä vaadittavat suojarusteet, jotka voivat olla standardeja turva-, erityisturva- tai valvontavarusteita. Standardeihin turvavarusteisiin kuuluvat mm. suojakypärät, turvalasit, suojaavat hansikkaat, kuulonsuojaimet ja turvakengät. Erityisturvavarusteita ovat mm. kemikaaleilta suojaavat haalarit ja hengitystiensuojaimet. Valvontalaitteet mittaavat esim. kaasu- ja happipitoisuutta. (EPA 1997, 4.)

3.1.5 Projektin kustannusten arviointi

Projektin aiheuttamat kustannukset vaihtelevat projektista saatujen hyötyjen tapaan tapauskohtaisesti. Kustannukset riippuvat projektin tavoitteesta (esim. kaatopaikka-alueen korjaus tai sulkeminen ei vaadi seulontaprosesseja, toisin kuin kierrätysmateriaalien talteensaanti) ja kaatopaikka-alueen luonteesta, kuten jätteen laadusta ja hajoavuudesta, hautaustavoista, kaatopaikan iästä ja syvyydestä. Mitä syvemmälle jäte on haudattu, sitä kalliimmaksi sen kaivaminen tulee. (Hogland et al. 2010, 5.) Myös paikalliset taloudelliset tekijät vaikuttavat kustannuksiin. Maa-alueen arvo, käytettävät sulkemismateriaalit ja monitorointi voivat lisätä kustannuksia (Kurian et al. 2004, 46).

Van der Zee et al. (2004, 21) on laatinut landfill mining projekteille kustannusanalyysin, jossa kustannuksia arvioitiin kolmen skenaarion (huonoin mahdollinen, realistinen ja paras mahdollinen) kautta. Mukana vertailussa oli yhdeksän hollantilaista kaatopaikkaa. Huonoimmassa skenaariossa kustannukset olivat korkeat ja hyödyt pienemmät kun taas parhaimmassa skenaariossa kustannukset arvioitiin alemmaksi ja hyödyt suuremmaksi. Taulukossa 2 esitetään landfill mining projektin kustannuskenario.

Taulukko 2. Landfill mining projektin kustannusskenaarioita [€] (van der Zee et al. 2004, 22).

	Huonoin skenaario	Realistinen skenaario	Paras skenaario
Kustannukset			
-Tutkimus	20 000	15 000	10 000
-LFM-prosessi	1 000 000	800 000	600 000
-Uudelleen sijoitus	300 000	200 000	100 000
Hyödyt			
-Takaisin saatu maa-alue	1 000 000	1 250 000	1 500 000
-Kierrätettävät	50 000	80 000	100 000
Tuotto	-270 000	315 000	890 000

Suunnitteluprojektin aikaisemmista vaiheista saatujen tietojen perusteella voidaan arvioida pääoma- ja toimintakustannuksia, jotka on esitetty taulukossa 3. (EPA 1997, 4.)

Taulukko 3. Arvioidut pääoma- ja toimintakustannukset (EPA 1997, 4).

Pääomakustannukset	Toimintakustannukset
- Työmaan esivalmistelut	- Työvoima
- Laitteiston vuokrat tai hankinnat.	- Laitteiston polttoaine ja huolto
- Turvallisuuslaitteiston vuokrat tai hankinnat.	- Käsittelemättömän maan tai palamattoman lento- tai pohjatuhkan loppusijoitus, jos jätemateriaalia loppusijoitetaan muualle.
- Materiaalinkäsittelylaitosten rakennus tai laajennus.	- Hallintokulut
- Kuljetuskaluston vuokrat tai hankinnat.	- Työvoiman turvallisuuskoulutus
	- Kuljetuskustannukset

Kustannusanalyysissä täytyy selvittää ovatko projektista aiheutuvat kustannukset kohtuullisia verrattuna projektista saataviin hyötyihin. Esimerkiksi suunnittelijoiden tulee arvioida onko polttolaitokselle lähetettävästä jätteestä saatavan energian hyödyt tarpeeksi suuret suhteessa jätteen kuljetuskustannuksiin. On myös hyödyllistä arvioida onko laitteiston vuokraus tai lainaus halvempaa suhteessa niiden hankintaan. (EPA 1997, 4.)

3.2 LFM –toiminnan mahdolliset hyödyt ja haitat

Ennen LFM-projektin aloittamista on tärkeää ottaa huomioon LFM-toiminnasta saatavia hyötyjä ja arvioida mahdollisia haittoja. Taulukkoon 4 on listattu toiminnan mahdollisia hyötyjä ja haittoja.

Taulukko 4: Landfill mining-toiminnan mahdolliset hyödyt ja haitat (EPA 1997, 2, Innovative Waste Consulting Services 2009, 34).

Mahdolliset hyödyt	Mahdolliset haitat
<p>-Nykyisen kapasiteetin lisääminen kaatopaikalla</p> <p>-Kierrätettyjen materiaalien, hyödynnettävän maa-aineksen myyntitulot</p> <p>-Pienemmät käyttökustannukset</p> <p>-Energiantuotanto poltetusta jätteestä</p> <p>-Kaatopaikan sulkemiskustannusten pienentyminen</p> <p>-Tiivistekerrosten jälkiasennus ja haitallisten materiaalien poisto</p>	<p>-Ympäristölle haitallisten aineiden käsittely</p> <p>-Kaatopaikkakaasujen ja muodostuvien hajuhaittojen hallinta</p> <p>-Pöly ja roskat</p> <p>-Maan vajoamisen tai sortumisen hallinta</p> <p>-Kaivantalaitteistolle ja jätteenpolttolaitteistolle aiheutuvat haitat</p>

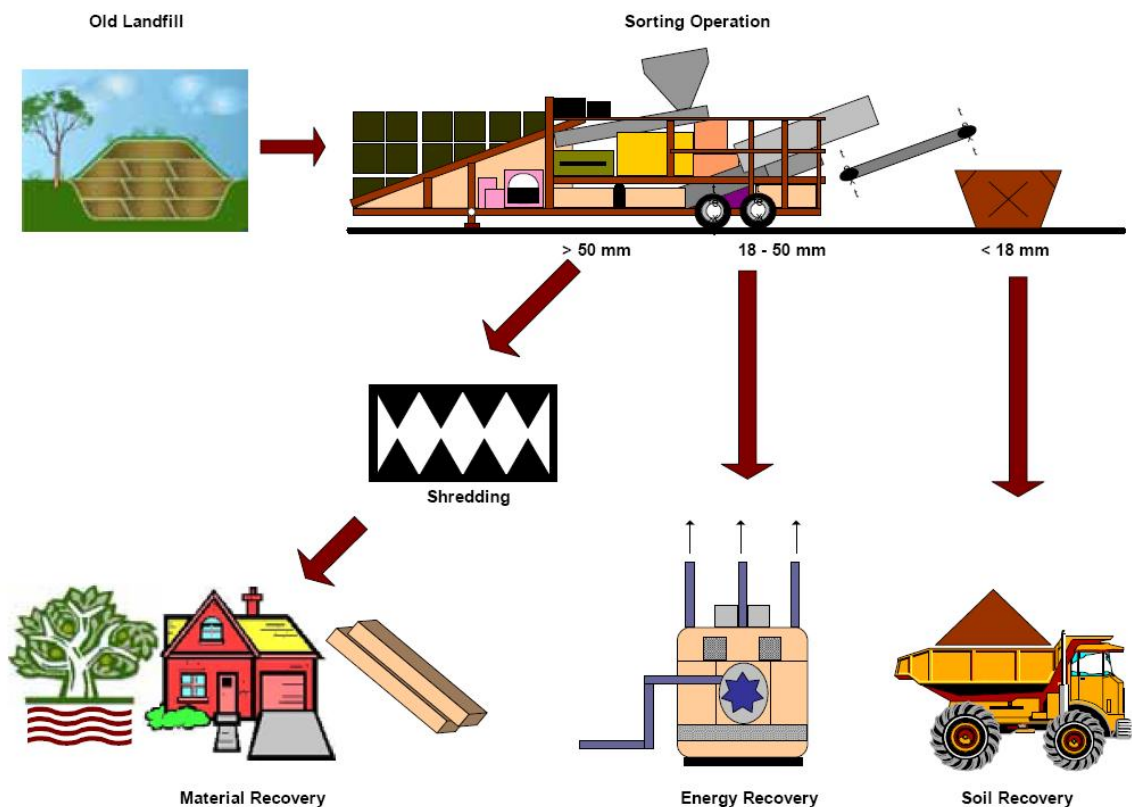
Poistamalla kierrätykseen kelpaavaa ainesta kaatopaikalta ja vähentämällä jätteen määrää poltto- tai tiivistysprosesseilla kaatopaikan toiminta-aikaa voidaan lisätä. Kaatopaikkatilan pienentyessä voidaan myös pienentää mahdollisia kaatopaikan sulkemiskustannuksia ja kaatopaikan maa-aluetta voidaan saada myös muuhun käyttöön. Kierrätykseen kelpaavaa jäteainesta (rautametallit, alumiini, muovit, lasi) ja talteensaatua maa-ainesta voidaan myydä, jos näille materiaaleille on olemassa olevia markkinoita. Talteensaatua maa-ainesta voidaan myös käyttää kaatopaikalla peittomaana ja tällöin voidaan myös välttyä peittomaan ostosta aiheutuville kustannuksille. Polttoon kelpaavaa jätettä voidaan hyödyntää energiantuotannossa. Vanhemmille kaatopaikoille voidaan LFM projektin yhteydessä asentaa tiivistekerroksia ja suotovesien keräysjärjestelmiä tai olemassa olevia järjestelmiä voidaan korjata. Myös ympäristölle haitallista jätettä voidaan poistaa kaatopaikalta ja sen käsittely voidaan hoitaa turvallisemmin. (EPA 1997, 2.)

Ympäristölle haitallisen jätteen käsittely vaatii erityisiä käsittely- ja hävitysmenetelmiä, joiden kustannukset voivat nousta suhteellisen korkeiksi projektin muihin kustannuksiin verrattuna. Kaivamisessa vapautuvista kaasuista voi muodostua ongelma. Metaanin joutuessa ilmakehään voi syntyä räjähtäviä yhdistelmiä. Myös muita myrkyllisiä kaasupäästöjä, kuten rikkivetyä, voi syntyä kaivettaessa vanhoja kaatopaikkoja. Kaasut aiheuttavat myös hajuhaittoja, joiden peittämiseksi tulee tehdä toimenpiteitä. Kaivamis- ja seulontaprosesseissa voi muodostua myös pölyä ja tuulen kantamaa roskaa. (Innovative Waste Consulting Services 2009 ,34.)

4. LANDFILL MINING PROSESSI JA KÄYTETTÄVÄT TEKNOLOGIAT

4.1 Landfill mining prosessi

Landfill mining prosessi koostuu pääasiassa kolmesta vaiheesta: jätteen kaivamisesta, kaivetun jätteen prosessoinnista ja kaivetun tai prosessoidun jätteen hallinnasta. Jätteen prosessoinnin tavoitteita voi olla isompikokoisen aineksen erottelu, ympäristölle vaarallisen jätteen erottelu, maa-aineksen erottelu jätteestä sekä aineksen erottelu kierrätysmateriaaliksi tai energiahyötykäyttöön. Prosessin periaate näkyy kuvassa 1.



Kuva 1. Landfill mining prosessi (Kurian et al. 2004, 32).

Kaivetun jätteen käsittelyprosessiin ja hallintaan vaikuttavat projektin tavoitteet, kaivetun aineksen ominaisuudet ja kunto sekä prosessoinnin kustannukset ja prosessointiaika. LFM-projektin tavoitteet ovat tärkeimmässä asemassa valitessa sopivaa laitteistoa jätteen prosessointia varten. Seulontaa voidaan käyttää esim. vain maa-aineksen erotteluun tai myös kierrätettävän materiaalin, kuten metallin erotteluun. Kaivettua jätemateriaalia ei tarvitse seuloa lainkaan, jos projektin tavoitteena on ollut vain siirtää jätettä

tiivistemättömältä kaatopaikka-alueelta tiivistelylle alueelle. (Innovative Waste Consulting Services 2009, 6.)

Ennen jätteen kaivamista haudatun orgaanisen jätteen täytyy olla stabiilia. Riittämättömästi mädäntyneen jätteen kaivaminen aiheuttaisi muuten häiriöitä ja ympäristöhaittoja. (Savage et al. 1993, 59.)

4.2 Käytettävät teknologiat

Tyypillisesti landfill mining toiminnassa käytetään koneita ja laitteita, jotka ovat osa kiinteiden jätteiden jätehuoltoa sekä laitteistoa, jota käytetään avolouhintateollisuudessa, kuten kaivin- ja raivauskoneita. Yhdysvalloissa maastokulkuinen kaatoallasauto on yleisessä käytössä päällyksmaan siirrossa. Kaivetun materiaalin prosessoinnissa tarvitaan myös laitteistoa, joka ei ole päivittäisessä käytössä kaatopaikkatoiminnassa. (Innovative Waste Consulting Services 2009, 8.)

4.2.1 Kaivaminen

Yksi yleisesti käytetty tapa kaivaa jätettä on käyttää kaivinkonetta (esitetty kuvassa 2) tai kuokkakaivinta, josta jätemateriaali ladataan seulaan tai kaatoallasautoon. Toinen tapa on käyttää raivaustraktoria, joka kaapii jätettä rinnettä pitkin ylhäältä alas kaivinkoneeseen. Kaivinkoneesta jäte syötetään seulimeen. (Innovative Waste Consulting Services 2009, 9) Jätteen kaivamisprosessissa voidaan käyttää myös maaimuria tai kahmaria (TWRF 1995). Yleensä käytössä on kaksi tai useampi kaivinkone tai kuokkakaivin riippuen halutusta kaivantopeudesta. (Innovative Waste Consulting Services 2009, 9.)



Kuva 2. Kaivinkone (Innovative Waste Consulting Services 2009, 9).

4.2.2 Materiaalien käsittely ennen seulontaa

Jäteaineksen, kuten kookkaiden kappaleiden ja ympäristölle haitallisen jätteen, tunnistaminen ja lajittelu ovat olennainen osa prosessia. Riippuen siitä, millaista laitteistoa käytetään ja millaisia prosessimenetelmiä, isokokoiset kappaleet täytyy erotella kaivetusta jäteaineksesta ennen jätteen prosessointia mekaanisessa välpässä. Tähän tarkoitukseen käy kaivinkoneen yhteydessä käytettävä etukuormuri, joka on esitetty kuvassa 3. (Innovative Waste Consulting Services 2009, 10.) Etukuormuri lajittelee materiaalit hallittaviin kasoihin ja erottaa suurehkot kappaleet. (Kurian et al. 2004, 32).



Kuva 3. Etukuormuri (Innovative Waste Consulting Services 2009, 10).

4.2.3 Seulonta

Kaivetun aineksen seulonnan päätarkoituksena on erottaa maa-aines tai hienoaines suuremmista kappaleista. Hienoaines koostuu pääasiassa päivittäis- tai välipölyistä käytettävästä maa-aineksesta sekä myös hajonneesta orgaanisesta aineksesta ja muista pienistä jätemateriaalikappaleista. Yleisimmin mekaaniseen seulontaan käytetään rumpuseulaa ja tärytintä tai täryseulaa ja hihnakuuljettimia. Kuvassa 4 on esitetty rumpuseula ja kuvassa 5 täryseula. Rumpuseulat ovat usein tehokkaampia kuin täryseulat ja niillä on vähemmän toimintaongelmia (Innovative Waste Consulting Services 2009, 11). Valittavan seulan koko ja tyyppi riippuu siitä, mitä käyttöä uusiomateriaalille halutaan. Jos kaivettua maa-ainesta halutaan käyttää kaatopaikan peittoaineena, seulan rakoväli voi olla isompi. Pienempikokoista välppää käytetään kun halutaan erottaa metallin, lasin, muovin ja paperin pienempikokoista ainesta ja maa-aineksen täytyy olla parempi laatuista esim. käytettäessä rakennusten täyttömaana. (Kurian et al. 2004, 33.)



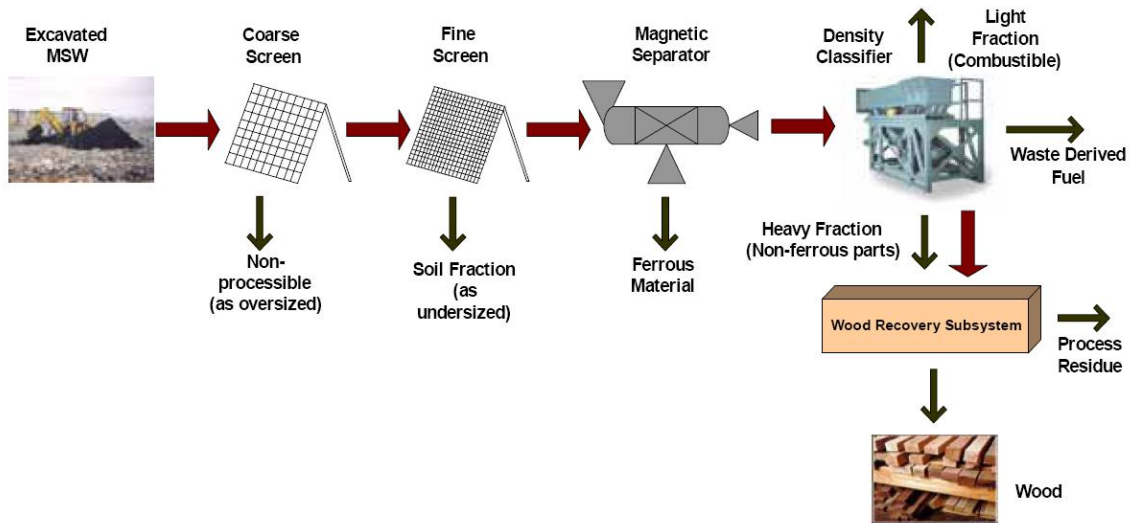
Kuva 4. Rumpuseula (Innovative Waste Consulting Services 2009, 12).



Kuva 5. Täryseula (Innovative Waste Consulting Services 2009, 12).

Rautametallit erotetaan pääjätevirrasta magneettierottimella ja ei-rautametallit voidaan erottaa tuuliseulalla (Kurian et al. 2004, 31) tai ilmaharjalla (Stessel & Murphy 1991, 107). Hoglandin (2008, 8) mukaan magneettiset vetopyörät eivät erota rautametalleja yhtä hyvin kuin riippuvat magneetit. Riippuvat magneetit ovat kuitenkin vaativampia käyttää (Hogland 2008, 8).

Kuvassa 6 on esitetty prosessikaavio tyypillisestä landfill mining seulontaprosessista.



Kuva 6. Landfill mining seulontaprosessikaavio (Kurian et al. 2004).

4.2.4 Kuljetus

Seulottu maa-aines ja jäte kuljetetaan joko loppusijoitus alueelle tai alueelle, jossa sitä käytetään hyödynnettäväksi. Kuljetukseen käytetään kaatolava-autoja tai maastokuljetukseen sopivia lava-autoja. Hihnakuljetinta voidaan käyttää jätteen maa-aineksen siirtämiseen jätekasa-alueille. Hihnakuljetin on esitetty kuvassa 7. (Innovative Waste Consulting Services 2009, 13).



Kuva 7. Hihnakuuljetin (Innovative Waste Consulting Services 2009, 13).

4.3 Takaisin saadun materiaalin koostumus ja hallinta

Kaatopaikalle sijoitetun aineksen talteensaatavat osuudet riippuvat seuraavista asioista: kaatopaikkajätteen fyysiset ja kemialliset ominaisuudet, käytetyn teknologian tehokkuus ja tehokkuus, jolla valittua teknologiaa käytetään. Takaisin saatavien materiaalien osuudet on raportoitu olevan seuraavat: maa-aines 85–90 %, rautametalli 80–95 %, muovi 70–90 %. Potentiaaliset puhtaudet takaisin saaduille materiaaleille ovat: maa-aines 90-95 %, rautametalli 80- 95 %, muovit 70-90 %. Korkeampien puhtauslukujen saavuttamiseksi vaaditaan monimutkaisempia prosesseja. (Savage et al 1993, 59.)

Italiassa kaivetun jätteen energiasisällöksi on määritelty olevan 3,4 – 8,7 MJ/kg ja Ruotsissa Filbornan kaatopaikalta kaivetun jätteen energiasisällöksi saatiin 6,9 -7,9 MJ/kg kevyelle ainekselle ja alle 2 MJ/kg hienoainekselle. Muissa tutkimuksissa jätteen energia-arvoksi on saatu 11 MJ/kg tai jopa 20 MJ/kg lajittelemattomassa kevyessä aineksessa. (Hogland 2002, 1-2.)

Maa-aineksen osuuden suhde jätteeseen vaihtelee suuresti riippuen jätteen kosteudesta ja hajoamisasteesta (Kurian et al. 2004, 33). Taulukossa 5 näkyy eri projekteista saatuja suhdelukuja käytettäessä 24 mm suuruista välppää.

Taulukko 5. Maa-aines:jäte suhdelukuja LFM-projekteissa (Kurian etl al. 2004, 33).

Kaatopaikka	Maa-aines:jäte suhdeluku
Edinburg, New York, Yhdysvallat	72:25
Horicon, New York, Yhdysvallat	63:35
Hague, New York, Yhdysvallat	50:50
Chester, New York, Yhdysvallat	25:75
Coloni, New York, Yhdysvallat	20:80
Sandtown, Delaware, Yhdysvallat	46:54
Filborna, Ruotsi	63:35

5. ESIMERKKITAPAUKSIA LANDFILL MINING PROJEKTEISTA

Tässä osiossa käydään läpi 1990-luvulla tehtyjen kahden eri yhdysvaltalaisen landfill mining projektin toteutusta ja tuloksia.

5.1 Naples Landfill, Collier County, Yhdysvallat

Vuonna 1986 yksi Yhdysvaltain ensimmäisistä LFM-projekteista toteutettiin Collier Countyssa Naplesin kaatopaikalla. Alueelta kaivattu jäte oli ollut kaatopaikalla 10-15 vuoden ajan. Floridan yliopiston tekemästä tutkimuksesta osavaltion vuoraamattomista kaatopaikoista selvisi, että Naplesin kaatopaikka oli uhka pohjavesistölle. Floridan osavaltion päällystys asetukset vuoraamattomille kaatopaikoille vaativat suhteellisen läpäisemättömän päällyksen asentamista ja sulkemisen jälkeistä valvontaa. Naplesin viranomaiset tekivät kaatopaikalle korjaussuunnitelman, jonka tavoitteina oli pienentää alueen sulkemiskustannuksia, vähentää pohjaveden saastumisriskiä, saada talteen jätettä hyödynnettäväksi jätteenpolttolaitoksella, maa-aineksen saanti kaatopaikan peittoaineeksi ja kierrätettävien materiaalien takaisin saanti. Vuosien 1986–1992 aikana yli 70 000 tonnia jätettä ja peittoainesta kaivettiin alueelta. Jätettä ei saatu polttoon, koska Collier County ei rakentanut jätteenpolttolaitosta. Kierrätettävät materiaalit eivät olleet tarpeeksi laadukkaita kelvataksaan myyntiin ja niiden lisäprosessointi olisi tullut projektille liian kalliiksi. Projektissa kuitenkin onnistuttiin hyödyntämään maa-ainesta peittomaana.

Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto EPA valitsi vuonna 1991 Naplesin LFM-projektin demonstraatioprojektiksi Municipal Solid Waste Innovative Technology Evaluation (MITE) ohjelmaan. Ohjelman tavoitteena oli arvioida alueella käytettyjä kaivanta- ja prosessointitekniikoita maa-aineksen saamiseksi hyödynnettäväksi. Ohjelma arvioi myös laitteiston kapasiteettia ja suorituskykyä, projektin ympäristönäkökulmia, takaisin saadun materiaalin ominaisuuksia ja niiden sopivuutta hyödynnettäväksi markkinoilla sekä projektin mahdollisia kustannuksia. (EPA 1997, 5.)

5.1.1 Projektin suunnittelu ja toteutus

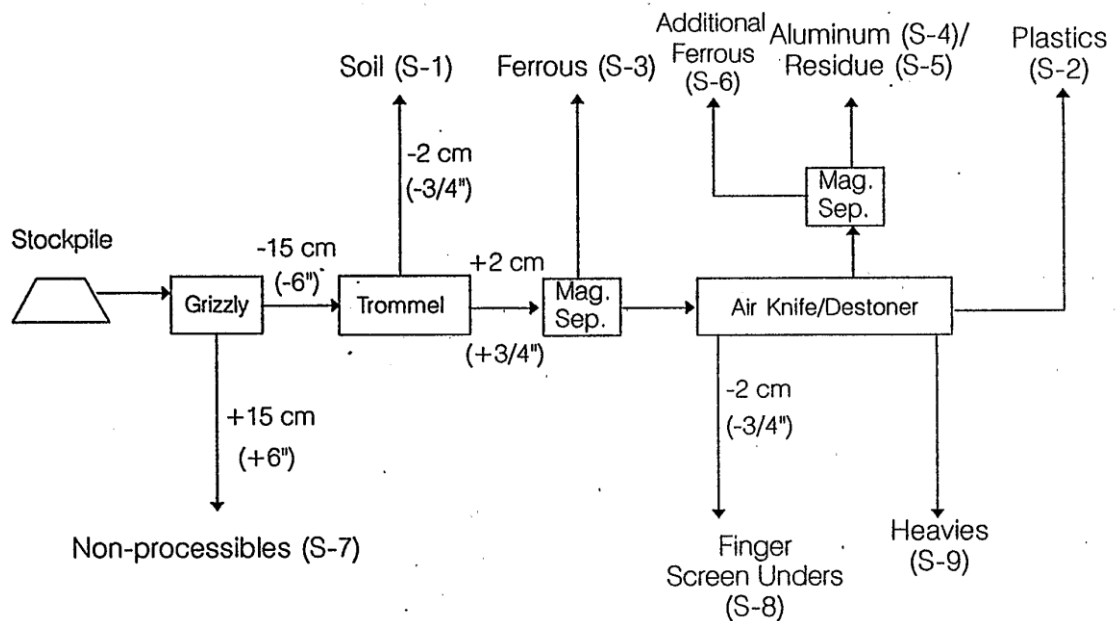
Projektilla oli käytössä tiedot Naplesin kaatopaikasta ja sen toimintahistoriasta sekä Collier Countyn LFM-projektin tiedot. Projektisuunnitelma valmisteltiin EPA:n vaatimusten mukaisesti. Suunnitelmassa määriteltiin näytteenotto –ja analyttiset menetelmät ja analyysit. Suunnitelma sisälsi myös suppeat tiedot suositelluista menettelytavoista. (EPA 1993, 6.)

Testit toteutettiin huhtikuussa 1992. Kahden viikon aikana 265 tonnia kaivettua jätettä käsiteltiin. Prosessin lopputuotteista otettiin näytteet ja ilmanlaatua tarkkailtiin prosessilaitteiston lähettyvillä. Näytteet lähetettiin laboratorioanalyysiin. Ainetaseen määrittämistä varten syötteen ja lopputuotteet punnittiin neljän näytteenottopäivän aikana. Erottelujärjestelmää arvioitiin mekaanisen tehokkuuden (ulostulovirtojen puhtaudet), käyttökelpoisuuden (ajoaika) ja ympäristövaikutusten (vaikutukset ilmanlaatuun, tuotosten laatu) osalta.

Kaivamiseen käytettiin Michigan (FEL) etukuormuria, jossa oli 5 m³ hammaskauha ja kaivamisen alullepanemiseen tai tiheämmin pakkautuneen materiaalin erotukseen käytettiin Caterpillaria (D8). Etukuormureita ja siirtovaunua käytettiin materiaalin kasaukseen ennen prosessointia. (EPA 1993, 9-10.)

Kaivannon jälkeen maa-aines osuus erotettiin mekaanisesti käytettäväksi kaatopaikan peittomaana. Kaivuri syötti jätemateriaalia karkeavälppään, rumpuseulaan ja ilmaharjaan/hiekanerottimeen joita yhdisti hihnakuuljettimet kahdella magneettisella vetopyörällä. Kuvassa 8 näkyy kyseinen prosessi.

Karkeavälppä poisti ylisuuret materiaalit kuten renkaat ja matot. Rumpuseulassa erottui maa-aines, magneettisilla erottimilla erotettiin rautametallit ja ilmaharja sekä hiekanerotin erotti raskasainesta ja muoviainesta. Kuvassa 8 näkyy MITE-projektin prosessikaavio. Kuvan ulostulovirtaukset ovat: S-1 maa-aines, S-2 muovi, S-3 ja S-6 rautametallit, S-4 ja S-5 alumiini/jäännös, S-7 ei-käsiteltävät, S-8 sormivälppän alitteet ja S-9 raskasaines. (EPA 1993, 9-10.)



Kuva 8. MITE testien prosessikaavio (von stein et al. 1993).

5.1.2 Projektin tulokset ja kustannukset

Kahden viikon aikana kaivetusta jätteestä 265 tonnia prosessoitiin. Projektissa prosessoitiin jätettä keskimäärin 11,8 tonnia tunnissa. Taulukossa 6 näkyy käsitellyn jätteen massaosuudet sekä eri virtauksien puhtaudet (massaosuus/virtauksen massa). (EPA 1993, 3). Taulukossa 7 näkyy keskimääräinen eroteltujen jakeiden koostumus prosenttiosuuksina.

Taulukko 6. Käsitellyn jätteen massaosuudet ja virtauksien puhtaudet (EPA 1993, 3).

Aines	Massaosuus-%	Virtauksen puhtaus %
Ei-prosessoitavissa	18	ei raportoitu
Maa-aines	60	94
Rautametallit	2	82
Muovit	2	75
Ylijäämä ja muu aines	18	61
Yhteensä	100	-

Taulukko 7. Eroteltujen jakeiden koostumus prosenttiosuuksina. (EPA 1993, 20).

Haluttu materiaali	Maa-aines (S1)	Muovit (S2)	Rautamet. (S3)	Rautamet. (S6)	Alumiini/jäännös (S4/S5)	Ei-prosess. (S7)	Sormivälppä alite (S8)	Ilmakaavin (S9)
Muovi	4,0 %	42,1 %	3,7 %	0,2 %	43,7 %	0,0 %	2,6 %	3,7 %
Rautamet.	0,0 %	0,0 %	74,2 %	3,2 %	1,6 %	0,0 %	0,5 %	20,5 %
Alumiini	0,0 %	4,3 %	2,2 %	0,0 %	91,3 %	0,0 %	0,0 %	2,2 %
Inerti	94,7 %	0,0 %	0,1 %	0,0 %	1,0 %	0,0 %	0,5 %	3,7 %

Maa-aineksen puhtaus oli suuri, mutta muilla virtauksilla epäpuhtauspitoisuudet olivat suhteellisen suuria. Alumiinin talteenotto epäonnistui sen erotteluun sopivan laitteiston puutteen vuoksi (EPA 1993, 17). Tehtyjen analyysien perusteella maa-aineksen kosteus oli 26 % ja sen pH arvo 7,22. Maa-aines näytteistä löydettiin suhteellisen suuria indikaattorieliöiden populaatiokeskittymiä, osoittaen niistä löytyvän ihmis- tai eläinperäistä jätettä. Talteen saatu maa-aines näytti esteettisesti myös maa-ainekselta ja sen arvioitiin olevan käypää ilman ylimääräistä mekaanista prosessointia. (EPA 1993, 23.)

Kierrätykseen kelpaavan aineksen sopivuutta markkinoille tutkittiin lähettämällä näytteitä mahdollisten ostajien edustajille. Lähetettyjen näytteiden perusteella kukaan ostajista ei olisi ollut valmis pistämään talteen saatua kierrätysmateriaalia sellaisenaan markkinoille. Ollakseen kilpailukykyinen tuote vastaavien markkinoilla olevien tuotteiden kanssa, kaatopaikalta talteen saatu aines olisi vaatinut huomattavaa puhdistusta ja esiprosessointia. (EPA 1993, 30-31.)

Talteen saadusta maa-aineksesta 155 tonnia oli sopivaa hyödynnettäväksi kaatopaikan peittomaana ja kasvien kasvatukseen maa-aineksena (EPA 1997, 5). Rautametallit varastoitiin mahdollista myyntiä varten ja muut talteen saadut materiaalit loppusijoitettiin takaisin kaatopaikalle. (EPA 1993, 9.)

MITE-projektin pääoma- ja käyttökustannukset on arvioitu vuoden 1992 tammikuun Yhdysvaltain dollarin arvon mukaan (EPA 1993, 363-37). Arvioidut pääomakustannukset ovat esitetty taulukossa 8 ja arvioidut vuosittaiset käyttökustannukset taulukossa 9.

Taulukko 8. Arvioidut pääomakustannukset (von stein et al. 1993, 38).

	Kustannus [\$]
Työmaan valmistelu	52 000
Kiinteä laitteisto	255 500
liikuteltava laitteisto	695 000
Satunnaiset menot	200 500
Yhteensä	1 203 000

Taulukko 9. Arvioidut vuosittaiset käyttökustannukset (von stein et al. 1993, 38).

	Kustannus [\$]
Kaivanta ja prosessointi:	
Työvoima, suorat	435 760
Työvoima, juoksevat	108 940
Polttoaine	48 048
Huolto	20 050
Tuotteen kuljetus ja jäännösten hävittäminen	229 320
Hallinto	8 200
Juoksevat	170 064
Yhteensä	1 020 38

Alkuperäiset investointikustannukset olivat alhaiset, koska Collier County vuokrasi tai lainasi käytettävän laitteisto sekä siirsi osan omistamastaan laitteistosta LFM-projektiin (EPA 1993, 36).

LFM-projektista seurasi hyötyjä: Collier County vältti maa-aineksen ostoa kaatopaikan peittoaineeksi, pohjaveden saastumisriski väheni, mahdollisilta tulevilta korjaustoimenpidekustannuksilta vältyttiin sekä tarve uuden kaatopaikka-alueen kehittämiselle poistui (EPA 1993, 40, EPA 1997, 6).

5.2 Frey Farm, Lancaster County, Yhdysvallat

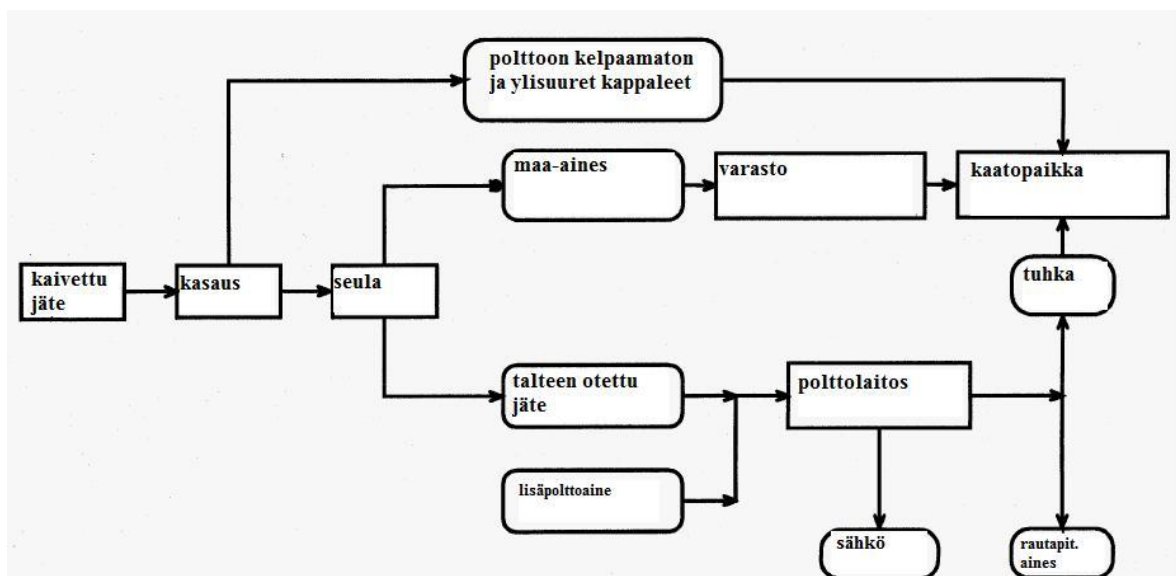
Vuonna 1990 Lancaster Countyn jätehuolto-yhtiö rakennutti jätteenpolttolaitoksen tarkoituksena vähentää Frey Farmin kaatopaikalle sijoitettavaa jätettä. Vuonna 1991 Frey Farmin kaatopaikan alueella 1 aloitettiin LFM-projekti, jonka pääsyinä olivat lisätä energiantuotantoa ja tehokkuutta jätteenpolttolaitoksella sekä kasvattaa kaatopaikan käyttöikää saamalla käytettyä aluetta uudelleenkäyttöön. Jätteenpolttolaitokselle ei tullut

tarpeeksi jätettä joten kunnan viranomaiset päättivät kasvattaa syötetyn jätteen määrää kaatopaikalta takaisin saadulla jätteellä. (Lancaster Environmental Foundation 1995, 1.)

5.2.1 Projektin suunnittelu ja toteutus

Lancaster Countyn jätehuoltolaitos suoritti testikaivauksia Creswellin 10 vuotta vanhalla kaatopaikan alueella tarkoituksena selvittää jätteen luonnetta ja määrittellä sen sopivuutta jätteenpolttolaitokselle (Lancaster Environmental Foundation 1995, Executive summary A). Ennen kaivauksien aloitusta viranomaiset laativat työturvallisuussuunnitelman ja määräsivät kokopäiväisen toimihenkilön valvomaan työalueen toimintoja (EPA 1997, 7).

Projektissa käytettiin Caterpillar (CAT) D8N raivaustraktoria jätteen kaivaukseen. Jäte kasattiin lähelle hydraulista kaivuria, jolla jäte lastattiin erotusseulaan. Seulalla erotettiin maa-aines. Seulaylite lastattiin jätehuoltolaitoksen kuormureihin ja avonaisiin perävaunuihin kuljettavaksi jätteenpolttolaitokselle. Vuoden 1991 helmikuun alusta käytössä oli rumpuseula, joka vaihdettiin paremmin maa-ainesta erottavaan seulaan saman vuoden lokakuussa. Myös vuosien 1992 ja 1993 aikana seulavalintaan tehtiin muutoksia erotustehokkuuden parantamiseksi. (Lancaster Environmental Foundation 1995, 3.) Kuvassa 9 on esitetty Frey Farm landfill mining projektin prosessikaavio.



Kuva 9. Frey Farm LFM-prosessikaavio (Lancaster Environmental Foundation 1995,6).

5.2.2 Projektin tulokset ja kustannukset

Vuosien 1991 ja 1993 välisenä aikana n. 227 885 tonnia jätettä kaivettiin ylös ja viikossa polttolaitokselle tuotettiin keskimäärin 1 339 tonnia seulottua jätettä. Takaisin saadusta jätteestä 56 prosenttia muutettiin polttoaineeksi ja 41 prosenttia saatiin käytettäväksi maa-aineena. Loput kolme prosenttia olivat polttoon kelpaamatonta ja ylisuurta jätettä, joka sijoitettiin takaisin kaatopaikalle. (Lancaster Environmental Foundation 1995, Executive summary B.)

Polttolaitokselle menevästä jätteestä noin 67 % koostui paperista, kankaista, puusta, pahvista, kotitalousjätteistä, muovista, katteesta ja eristemateriaalista. Melkein 30 % oli polttoon kelpaamatonta materiaalia, kuten kiveä ja hiekkaa. Loput kolme prosenttia sisälsi kierrätettävää alumiinia, kaksoismetalleja ja peltitölkkejä. (Lancaster Environmental Foundation 1995, 21.)

Talteenotetun jätteen lämpöarvo oli vuoden 1993 testeissä keskimäärin 7,16 MJ/kg. Polttoaineseoksen lämpöarvoa nostettiin keskiarvolukemaan 11,77 MJ/kg siten, että neljä osaa tuoretta jätettä (mm. renkaan osia, puuhaketta) sekoitettiin yhteen osaan talteen otettua jätettä. (Lancaster Environmental Foundation 1995, Executive summary G.)

Arviolta 33 % projektin kustannuksista liittyy kaivanta ja seulontaprosesseihin, 31 % kustannuksista tuli jätteen kuljetuksesta polttolaitokselle ja polttolaitoksella syntyvän tuhkan siirtämisestä kaatopaikalle. Kustannuksia syntyi myös käsittelymaksuista, joita suoritettiin mm. polttolaitokselle. (Lancaster Environmental Foundation 1995, Executive summary B.) Vuosien 1992 ja 1993 aikana kustannukset olivat keskimäärin yhteenlaskettuna 16,32 dollaria kaivettua jätetonna kohden. Keskimääräiset tulot, joita syntyi kierrätysmetallin myynnistä ja energiantuotannosta olivat 20,66 dollaria kaivettua jätetonna kohden. Täten nettotuloa syntyi 4,34 dollaria kaivettua jätetonna kohden. Myös takaisin saadun maa-aineksen ja takaisin saadun kaatopaikka-alueen hyödyntämisestä saatiin omaisuuden lisäystä. (Lancaster Environmental Foundation 1995, 123.)

Frey Farmin LFM-projektista koitui seuraavia hyötyjä: kaatopaikka aluetta saatiin uudelleen käyttöön, energiantuotantoon saatiin täydennystä sekä lisäksi saatiin talteen maa-ainesta ja rautametalleja. Projektista syntyi myös haittoja: talteen saadun jätteen korkean

maa-aines pitoisuuden vuoksi tuhkan synty kasvoi, haju ja ilmapäästöt kasvoivat, jätteenpolttolaitoksen ja kaatopaikan välinen liikenne kasvoi sekä polttolaitoksen ja kaatopaikalla käytetyn laitteisto kärsi kulumia johtuen talteen saadun jätteen hankaavista ominaisuuksista. (EPA 1997, 7.)

6. YHTEENVETO

Landfill mining toimintaa voidaan harjoittaa monien eri syiden takia. Sen avulla voidaan lisätä kaatopaikan käyttöikä tai kapasiteettia ja hallita toiminta- ja sulkemiskustannuksia, saada talteen kierrätykseen, myyntiin tai energiantuotantoon sopivaa jättemateriaalia sekä hallita kaatopaikan ympäristövaikutuksia. Prosessina LFM voi yksinkertaisimmillaan olla jätteen kaivamista kaatopaikalta ja siirtämistä toiselle alueelle. Jotta eri jättejakeita saadaan eroteltua, tarvitaan myös erilaisia jätteen lajitteluprosesseja. Erotusteknologia monimutkaistuu sen mukaan mitä puhtaampia pitoisuuksia erotetuista jättejakeista halutaan. Haasteena on saada puhtauspitoisuudet sille tasolle, että jätekierrätysmateriaalit voivat kilpailla jo markkinoilla olemassa olevien tuotteiden kanssa. Tähän mennessä LFM-toimintaa onkin käytetty lähinnä kaatopaikkakapasiteetin lisäykseen ja maa-aineksen saantiin.

Landfill mining projektin huolellinen suunnittelu on tärkeää ennen itse projektin aloitusta. Kaatopaikan historiasta, jätteen koostumuksesta ja alueen luonteesta täytyy tehdä selvitys, lisäksi täytyy selvittää taloudelliset hyödyt ja kustannukset ja toimintaa säätelevä lainsäädäntö sekä varmistaa turvallinen työympäristö ja laatia toimintaohjeet mahdollisten riskien varalle.

Tässä työssä tarkasteltiin kahta Yhdysvalloissa toteutettua landfill mining projektia. Frey Farm kaatopaikan tapauksessa projekti oli taloudellisesti kannattava energiantuotannosta ja metallin myynnistä saatujen tuottojen ansiosta sekä maa-aineksen käytön ja kaatopaikka-alueen uudelleenkäytön antaman omaisuuden lisäyksen ansiosta. Naplesin kaatopaikalla saatiin myös maa-ainesta hyötykäyttöön. Naplesin projektissa käytössä olleet seulontateknologiat eivät kuitenkaan olleet tarpeeksi tehokkaita, jotta kierrätykseen sopiva materiaali, kuten metalli ja lasi, olisi ollut tarpeeksi puhdasta kilpaillakseen markkinoiden vastaavien tuotteiden kanssa.

LÄHTEET

Barlow Claire, Iqbal Waseem, Ashton Simon. Landfill Mining. University of Cambridge, Institute for Manufacturing, Department of Engineering. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.4.2012]. Saatavissa: <http://www.srcf.ucam.org/awtbi/documents/Landfillmining.pdf>

EPA. 1993. Evaluation of the Collier County, Florida, landfill mining demonstration. EPA/600/R-93/163. Toim. von Stein Edward., Savage George. United States Environmental Protection Agency of Research and Development, Washington, DC. 47 s. Saatavissa: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30002Y4O.txt>

EPA. 1997. Landfill reclamation. EPA 530-F-97-001, United States Environmental Protection Agency. 7s. Saatavissa: <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/landfill/land-rcl.pdf>

Guerriero Joanne. 1996. Status of landfill reclamation and its applicability to solid waste management. Proceedings of the 17th Biennial Waste Processing Conference. s. 283-287. Saatavissa: <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/nawtec/1996-Biennial-Waste-Processing-Conference/1996-Waste-Processing-Conference-27.pdf>

Hardin Christopher., Hudgins Mark. 2010. Landfill Life Support. Waste Age. Vol. 41, Issue 3. s 50-52. ISSN: 00431001.

Hogland William. 2008. Landfill mining –In a global perspective. [Luentomoniste] Avfall Inlandet Tekna. [viitattu 10.3.2012]. Saatavissa: <http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/36086/Hogland.Landfill%20Mining.pdf>

Hogland William., Hogland Marika., Marques Marcia. 2010. Enhanced Landfill Mining: Material recovery, energy utilization and economics in the EU (Directive) perspective. Enhanced Landfill Mining and the transition of Sustainable Materials Management.: Proceedings of the International Academic Symposium on Enhanced Landfill Mining, Houthalen-Helchteren, Belgium. 11 s. Saatavissa: http://elfm-symposium.eu/docs/Papers/ELFM_Symposium_2010_Paper12_Hogland_

Hogland_Marques.pdf

Hogland William., Hogland Marika., Marques Marcia. 2011. Material Recovery, Energy Utilization and Economics of Landfill Mining in the EU (Directive) Perspective. Sustainable solid waste management in Eastern Europe - prospects for the future. Kyiv - Ukraina, 19-20 May, 2011, Taras Shevchenko National University of Kyiv. 6s. Saatavissa: <http://waste-utilisation.org/docs/05.pdf>

Hogland William. Marques Marcia. Nimmermark Sven. 2004. Landfill mining and waste characterization: a strategy for remediation of contaminated areas. Journal of Material Cycles and waste management. Volume 6, Number 2, s. 119-124. ISSN: 1438-4957.

Krook, J., Svensson N, Eklund, M. 2012. Landfill mining: a critical review of two decades of research. Waste Management Volume 32, Issue 3, March 2012, s. 513–520. ISSN: 0956-053X.

Kurian J. et al. 2004. Dumpsite Rehabilitation and Landfill Mining. CES, Anna University, Chennai-600 025, Intia. 53 s. Saatavissa: <http://www.swlf.ait.ac.th/data/pdfs/DRLM1.pdf>

Lancaster Environmental Foundation. 1995. Assessment of Landfill Reclamation and the Effects of Age on the Combustion of Recovered Municipal Solid Waste. Toim. Forster Gary. National Renewable Energy Laboratory NREL. U.S. Department of Energy. 125 s. Saatavissa: http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti_id=10122255

Savage George. Golueke Clarence. von Stein Edward. 1993. Landfill mining: past and present. Biocycle 34. s. 58-61. ISSN: 0276-5055.

Stessel Richard. Murphy Ian. 1991. Processing of old material mined from landfills. Proceedings of the National Waste Processing Conference. ASME; Detroit; MI, USA. s.101-111.

TWRF (The World Resource Foundation). 1995. Landfill mining. [verkkodokumentti]. [viitattu 11.3.2012]. Bridge House, Tornbridge, Iso-Britannia.

Saatavissa: <http://www.enviroalternatives.com/landfill.html>

Van der Zee D.J., Achterkamp M.C., de Visser B.J. 2004. Assessing the opportunities of landfill mining. [verkkodokumentti]. [viitattu 31.10.2012]. 28 s.

Saatavissa: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/assessing.pdf>