

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Jari Räsänen

YHDYSKUNTAJÄTTEEN KAATOPAIKAN SULKEMINEN JA KAA-
TOPAIKKOJA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ - Case Kitee Sopensuo

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2013
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
050-913 1784

Tekijä
Jari Räsänen

Nimeke

Yhdyskuntajätteen kaatopaikan sulkeminen ja kaatopaikkoja koskeva lainsäädäntö -
Case Kitee Sopensuo

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää kaatopaikkoja ohjaavaa lainsäädäntöä, sekä tutkia kaatopaikkaan liittyviä prosesseja ja rakenteita. Työssä käydään läpi kaatopaikkajätteen luokittelua, kaatopaikan elinkaarta, jätteessä tapahtuvia prosesseja, ympäristöhaittoja sekä jätteestä vapautuvan biokaasun hyödyntämistä.

Opinnäytetyössä käydään myös Case - tyyppisesti läpi vuonna 2012 suljetun Kitee Sopensuon yhdyskuntajätteenkaatopaikan lopettamistoimenpiteet. Tietolähteinä käytettiin omakohtaisia kokemuksia työnjohdon näkökulmasta.

Alueella sijaitsevaan kaatopaikkaan rakennettiin tiivis pintakerros sadevesien pääsyn estämiseksi jätetäyttöön, suoto- ja sadeveden keräilyjärjestelmät sekä kaatopaikkakaasun talteenottojärjestelmä kaasun hyödyntämiseksi energiaksi viereisellä BioKymppi Oy:n biokaasulaitoksella, sekä kilometrin päässä sijaitsevalla Kiteen Lämpö Oy: laitoksella.

Kieli
suomi

Sivuja 90
Liitteet 4
Liitesivumäärä 4

Asiasanat
jätelaki, jäte, kaatopaikka, kaatopaikkakaasu



THESIS
April 2013
Degree Programme in Civil Engineering
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
050-913 1784

Author
Jari Räsänen

Title

The shutdown and legislation of a refuse dump - Case Kitee Sopensuo

Abstract

The thesis examines the legislation related to refuse dumps. Furthermore, the thesis also studies the processes and structures related to a refuse dump. The study handles waste classification, refuse dump cycle, refuse processes, environmental hazards and the reuse of the biogas which is released from the refuse.

The thesis will also review step by step the shutdown of the Sopensuo refuse dump in Kitee in the year 2012. All the information related to the shutdown is based on personal experiences of the author of this thesis. The author worked at the Sopensuo refuse dump as a superior during the shutdown.

A compact surface layer was built at the refuse dump to prevent the rainwater from accessing the waste fillings. There were built systems to collect rainwater and also the water which is filtered through the waste. The filtered water comes from the rain and from melted snow. There was also a need for a recover system so that the gases from the refuse dump could be used as a form of energy at a nearby biogas factory Bio-Kymppi Oy and also at nearby Kiteen Lämpö Oy facility.

Language
Finnish

Pages 90
Appendices 4
Pages of Appendices 4

Keywords

legislation of waste, waste, refuse dump, gases of a refuse dump

Sisällys

1	Johdanto	7
2	Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus	8
3	Kaatopaikkoja ohjaava lainsäädäntö Suomessa.....	8
3.1	Kaatopaikkoja koskeva vesistöjen pilaantumiskielto	11
3.2	Ennakkotoimenpiteet ympäristön pistekuormittajaa koskevasta toiminnasta	11
3.3	Velvoitteet jätehuollon järjestämisestä	12
3.4	Jätehuollon normit	12
3.5	Ympäristölupa.....	14
3.6	Jätteen käsittelyä koskeva jätelupa	15
3.7	Kaatopaikkoja koskevat direktiivit	17
3.8	Tarkemmat säädökset kaatopaikoista ja niiden tarkkailusta	19
3.9	Jätelainsäädännön uudistus	20
3.10	Yhdyskuntajätteen tulevaisuus	20
4	Kaatopaikkajätteet ja niiden ympäristövaikutukset.....	21
4.1	Kaatopaikkajätteen luokittelu	21
4.2	Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden osoittamismenettely	23
4.2.1	Jätteen perustietojen määrittäminen	24
4.2.2	Jätteen vertaaminen määritettyihin perustietoihin.....	25
4.2.3	Tarkastus kaatopaikalla	26
4.3	Yhdyskuntajätteen hajoamisprosessi.....	26
4.4	Kaatopaikkojen vaikutus ympäristöön.....	28
5	Kaatopaikkavesien keräily- ja käsittely.....	29
5.1	Niska- ja kokoojaojitus	30
5.2	Kaatopaikkaveden sisäisen vesipinnan lasku	31
5.3	Vesimäärän säätely kaatopaikoilla.....	32
5.4	Kaatopaikkavesien käsittely.....	34
5.5	Pohjaveden suojapumppaus.....	37
6	Kaatopaikkakaasun keräily ja käsittely.....	37
6.1	Kaasun imuputkiston suunnittelu ja rakentaminen.....	38
6.2	Kaasun hyödyntäminen energiana	42
6.3	Kaatopaikkakaasun biologinen käsittely	46
7	Suljettavan kaatopaikan rakenteet.....	47
7.1	Jätetäytön käsittely	48
7.2	Esipeittokerros	49
7.3	Kaasunkeräyskerros	49
7.4	Tiivistyskerros	50
7.5	Keinotekoinen eriste	57
7.6	Pystyeristys.....	58
7.7	Muut kaatopaikan kunnostustoimenpiteet.....	60
7.8	Kuivatuskerros	61
7.9	Pintakerros.....	62
8	Case Sopensuon kaatopaikka, Kitee	63

8.1	Urakka-alueen lähtötiedot.....	64
9	Urakassa suoritettut työvaiheet.....	64
9.1	Tyhjennettävät tuhka- ja lietealtaat	67
9.2	Väliaikaiset työmaatiet	69
9.3	Maanleikkaus ja esipeittokerroksen muotoilu.....	69
9.4	Kaatopaikan suotovesien keräilylinja	71
9.5	Sadeveden keräävä avo-oja	72
9.6	Suotovesisalaojat.....	73
9.7	Huoltotie ja pengser.....	74
9.8	Kaasun imulinjat	75
9.9	Kaasusalaojat	75
9.10	Mineraalieristeen suojakerros	77
9.11	Mineraalieriste bentoniittimatosta ja kuivatuskerros salaojamatosta..	77
9.12	Pintakerros.....	82
9.13	Kasvukerros.....	84
10	Arviointi	86
11	Pohdinta.....	87
	Lähteet.....	90
	Liitteet	
Liite 1	Leikkaukset A-A ja B-B	
Liite 2	Tyypipoikkileikkaus reunarakenteet	
Liite 3	Tyypipiirustus kaasukaivo	
Liite 4	Tyypipoikkileikkaus pintarakenne	

Sanasto

ASTM D5890	Bentoniitin turpoamista tutkiva menetelmä.
BOD7	Biokemiallinen hapenkulutus, analysointiaika 7 vrk.
CH4	Metaani.
CODCr	Kemiallinen hapenkulutus.
DIN 18132	Koe jossa määritetään veden imeytymistä maaperään.
HDPE	High Density Polyethylen, (suuritiheysinen polyeteeni).
LLDPE	Linear Low Density Polyethylene, (lineaarinen pientiheys polyeteeni).
Metyylisiinimenetelmä	Veden saastuneisuuden määrittäminen metyleenisinitestillä.
N-kok	Typen kokonaismäärä.
O2	Happi.
PE	Polyeteeni.
PEH	Korkeatiheysinen polyeteeni.
P-kok	Fosforin kokonaismäärä.
PP	Polypropeeni.
PVC	Polyvinyylikloridi.
VLDPE	Very Low Density Polyethylene, (erittäin pienitiheysinen polyeteeni).
XRD- menetelmä	X-ray diffraction, menetelmä jossa röntgensäde diffraktoituu tutkittavasta kiteestä.

1 Johdanto

Tänä päivänä vanhojen sulkemattomien kaatopaikkojen aiheuttamat ympäristö-ongelmat ovat hyvin tiedossa. Näin ei kuitenkaan aina ole ollut. Vasta 1960-luvulla tuli voimaan ensimmäiset ympäristön pilaamiseen liittyvät lait ja asetukset. Tällöin myös kaupunkeja ja kuntia velvoitettiin järjestämään riittävä määrä kaatopaikkoja tai yleisiä jätteiden käsittelylaitoksia tai -laitteita alueelleen. Kaatopaikkojen aiheuttamiin ympäristöongelmiin alettiin kiinnittää huomiota tultaessa 1980-luvulle, jolloin ryhdyttiin myös peittämään kaatopaikkoja maakerroksella ehkäisemään roskien leviämistä ympäristöön.

Nykyään kaatopaikkarakenteiden suunnittelu ja rakentaminen vaativat kokemusta työtekniikoista sekä materiaaleista. Tulevaisuudessa tiukentuvat viranomais määräykset aiheuttavat lisää haasteita markkinoille tulevien uusien materiaalien sekä käytettävien työtekniikoiden yhteensovittamiseksi asetettuihin vaatimuksiin. Tämä asettaa myös laadunvalvonnalle uusia haasteita.

Kaatopaikkojen sulkemiseen liittyvät suunnitelmat ovat yleensä ns. perusratkaisuja ja lopullinen rakenne voi poiketa merkittävästi alkuperäisistä suunnitelmissa. Tällöin myös erilaisille rakenneratkaisuille pitäisi pystyä laatimaan vertailukelpoinen laadunvarmistussuunnitelma. Näin ollen työnaikainen tiivis yhteydenpito suunnittelijaan, valvojaan sekä tilaajaan vaatii erityistä huomiota yhteisen sävelen löytämiseksi.

Nykyään jätteistä pystytään saamaan myös yhteiskunnallista hyötyä polttamalla kaatopaikkakaasua sähköksi ja lämmöksi. Myös kaatopaikkavesien käsittelyssä on tultu suuri askel eteenpäin, ja näin ollen ympäristökuormitukset ovat laske-
neet.

Opinnäytetyössä käsiteltäviä kaatopaikkarakenteita on valittu Sopensuon kaatopaikan sulkemista silmälläpitäen. Kaatopaikkavesien ja -kaasujen puhdistusmenetelmiä on käyty läpi myös yleisellä tasolla. Lopussa käydään läpi Kiteen Sopensuon yhdyskuntajätteenkaatopaikan sulkeminen case -tyyppisesti.

2 Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus

Oma roolini työnjohtajana Kiteen Sopensuon kaatopaikan sulkemisurakassa oli pitää päivittäinen työ sujuvana, sekä välttää mahdolliset työn keskeytykset. Tämä piti sisällään niin materiaalien tilauksia, lähitulevaisuuden suunnittelua, kuin työnaikaisten ongelmatilanteiden ratkomista. Työmaalla työskenneltäessä huomasin, että tietoni kaatopaikkaan liittyvistä laeista, asetuksista sekä kaatopaikan pintaa syvemmällä tapahtuvista prosesseista olivat hyvin rajalliset. Opinnäytetyön idea sai alkunsa oman ammattitaidon kehittämisen halusta ja ajatuksesta, että työstä voisi olla hyötyä myös muille kaatopaikkarakentamisen parissa työskenteleville tai asiasta muuten vain kiinnostuneille.

Työn tavoitteena on aukaista kaatopaikkoja koskevien lakien ja asetusten kehitystä modernin jätehuollon alkuajoista nykypäivään sekä oppia ymmärtämään, miksi joku tietty rakennusvaihe tehdään, ja mitkä ovat mahdollisten rakennusvirheiden ympäristövaikutukset. Työn lopussa läpikäytävän Kiteen Sopensuon kaatopaikan sulkemistoimenpiteiden tarkoituksena on kertoa, miten teoriassa esitetyt vaatimukset ja ohjeet saadaan toteutettua käytännön rakentamisessa, sekä minkälaisia ongelmia ja ratkaisuja sulkemistyö tuo tullessaan.

3 Kaatopaikkoja ohjaava lainsäädäntö Suomessa

Tänä päivänä tunnettu jätehuolto sai alkunsa 1800 -luvun puolivälissä kolera-epidemian kurittaessa Eurooppaa. Epidemia kulkeutui myös Suomeen tappaen

esimerkiksi Turussa ja Helsingissä satoja ihmisiä. Tärkein syy taudin puhkeamiseen löytyy kehittymättömästä puhtaanapidosta sekä huonosta hygieniasta. Epidemian laantumisen jälkeen alettiin Euroopan kaupungeissa kuljettaa jätteet kauemmas asutuksesta, kaatopaikoille. (Salonen 1998, 1.)

Suomen ollessa vielä maatalousyhteiskunta oli materiaalien käyttö vaatimattomissa oloissa varsin tarkkaa. Vähäiset saatavilla olevat tuotteet oli tehty kestäviksi ja valmistettu ympäristön kannalta vaarattomista materiaaleista. Myös ruokajäte löysi tiensä parempiin suihin eläinten ravintona ja ulosteet kompostoitii maanparannusaineeksi, joten ihmisen aiheuttama ympäristökuormitus oli varsin olematonta. (Lettenmeier 1994, 12.)

Ongelmia alkoi tulla vasta Suomen teollistumisen myötä, jolloin saatavilla olevien tuotteiden määrä kasvoi huimasti. Sarjatuotannon myötä ihmiset pystyivät helpommin korvaamaan vanhan tuotteen uudella sen sijaan, että se olisi korjattu tai kierrätetty. (Lettenmeier 1994, 12.) Jättemäärien lisääntyessä huomattiin myös kaatopaikkojen aiheuttamat ongelmat, ja niiden ehkäisemiseksi alettiin säätää jätehuoltoa koskevia lakeja ja asetuksia. Taulukossa 1 esitetään tärkeimpien kaatopaikkainormien kehitys.

Taulukko 1. Tärkeimmät normit, jotka ohjaavat kaatopaikkoja ja niiden kehitys. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 13.)

<i>Normi</i>	<i>Voimaantulo</i>	<i>Muutos</i>
VL (264/1961) → YSL (86/2000)	1.4.1962	Vesistön ja pohjaveden pilaamiskiellot (1 luku 19 § ja 22 §)
Asetus 283/1962	1.4.1962	Asetus vesien suojelua koskevista ennakkotoimenpiteistä
Asetusmuutos 309/1979	1.4.1979	Kaatopaikat ennakkoilmoitusmenettelyn piiriin (3 § kohta 38)
THoL (469/1965)	1.1.1967	Jätteiden ohjaus kaatopaikoille, joita tuli olla kunnissa riittävästi (63 §)
JHuL (673/1978)	1.4.1979	Kunnan järjestettävä kiinteistöjätteiden vastaanotto, varastointi ja vaarattomaksi tekeminen (16 § 1 mom)
JHuL (673/1978)	1.4.1979	Kunnissa oltava riittävästi kaatopaikkoja ja ongelmajätteen käsittelypaikkoja (17 §)
JHuA (307/1979)	1.4.1979	Kaatopaikalle tuodut jätteet sijoitettava suunnitelmallisesti ja tarvittaessa peitettävä maakerroksella tai muulla sopivalla tavalla (8 § 1 mom)
JHuA (118/1981)	1.4.1981	Kaatopaikka hoidettava siten, ettei siitä aiheudu mm. pinta- tai pohjavesien pilaantumista (7 §)
JHuA (118/1981)	1.4.1981*	Jätteen vastaanoton loputtua kaatopaikka on viipymättä peitettävä maakerroksella, siistittävä ja sopeutettava ympäristöön sekä poistettava kaatopaikasta aiheutuva ympäristöriski (8§ 2 mom)
JHuL (673/1978: 65/1986)	1.10.1986	Kiinteistön haltijan esitettävä jätehuoltosuunnitelma ympäristölautakunnalle/lääninhallitukselle (21 §)
JHuL (673/1978: 65/1986)	1.10.1986	Kaatopaikat suunniteltava, perustettava ja hoidettava asianmukaisesti (17 § 2 mom)
YMeL (735/1991)	1.9.1992	Kaatopaikan ympäristölupavelvollisuus (2 §), joka sisälsi mm. jätehuoltosuunnitelman ja sijoitusratkaisun
YMeA (772/1992)	1.9.1992	Lupahakemukseen liitettävä tieto ympäristövaikutusten tarkkailusta (2 § kohta 8)
JL (1072/1993)	1.1.1994	Kaatopaikasta ei saa aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle (6 § kohta 4)
JL (1072/1993)	1.1.1994	Kaatopaikoissa käytettävä mahdollisimman hyvää terveys- ja ympäristöhaitan torjuntamenetelmää (6 § kohta 5)
JA (1390/1993)	1.1.1994	Tarvittaessa suoto- ja valumavesien keräys ja puhdistus (8 § kohta 1)
JL (1072/1993)	1.1.1994	Sulkemisen jälkeen kaatopaikka saatettava viipymättä sellaiseen kuntoon, ettei siitä aiheudu 8 §:ssä tarkoitettua vaaraa/haittaa
JL (1072/1993)	1.1.1994**	Jätelupavelvollisuus (42 §), joka käsiteltiin YMeL:n mukaisesti
JA (1390/1993)	1.1.1994	Kaatopaikan hoito ja sulkeminen niin, ettei maaperä saastu (8 § kohta 1)
VNp (861/1997)	1.10.1997***	Yksityiskohtaiset säädökset kaatopaikan perustamiseen, hoitoon, käyttöön ja jälkihoitoon (sis. jälkitarkkailun)
YSA (169/2000)	1.3.2000	Tarkat määräykset kaatopaikan tarkkailusta toiminta-aikana ja sen jälkeen

* Kaatopaikat, joilla jätteen vastaanotto oli lopetettu ennen asetusmuutoksen voimaantuloa 1.4.1981, tuli saattaa 8 § 2 momentin mukaiseen kuntoon 1.4.1983 mennessä (23 §).

** Siirtymäsäännösten (78 § 3 mom) mukaan ennen lain voimaantuloa harjoitettu ja lain mukaan jätelupaa vaativa toiminta saattoi jatkua ilman jätelupaa 31.12.1996 saakka.

*** Siirtymäsäännöksiä, jotka astuivat voimaan 1.1.1999/1.1.2002/1.1.2005.

3.1 Kaatopaikkoja koskeva vesistöjen pilaantumiskielto

Vesistön pilaantumiskielto astui voimaan vuonna 1961. Laki kieltää ilman vesioikeuden lupaa toteuttamasta toimenpiteitä, joista joko välittömästi tai toimenpiteiden jatkuessa aiheutuu vesistön pilaantumista. Kaatopaikkojen kannalta tärkeintä oli, että mikäli jätevesien ympäristöön johtamisen haittavaikutukset voitiin katsoa rajoittuvan ojaan tai maahan, pystyi luvan tarvittaessa myöntämään kunnan ympäristönsuojelulautakunta vesioikeuden sijaan (10:3). Vesilaissa säädettiin pintaveden lisäksi myös pohjaveden pilaamiskiellosta (1:22). Pohjaveden pilaamiskielto on alusta asti ollut ehdoton. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 8.)

3.2 Ennakkotoimenpiteet ympäristön pistekuormittajaa koskevasta toiminnasta

Vesilakia tarkentamaan säädettiin asetus vesiensuojeluun liittyvistä ennakkotoimenpiteistä. Ennakkoilmoitusmenettelyn myötä vesiensuojeluviranomaisten (aiemmin vesihallitus, myöhemmin vesi- ja ympäristöpiiri/alueellinen ympäristökeskus) tuli arvioida, voiko ilmoitettavan laitoksen tai siihen rinnastettavan pistekuormittajan toiminnasta aiheutua vesistöjen pilaantumista vai ei. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 8.)

Ilmoitusvelvollinen toiminnanharjoittaja veloitettiin tekemään vesistöjen pilaantumista ehkäiseviä toimenpiteitä ja hakemaan lupaa toiminnalle, mikäli viranomainen katsoi toiminnasta olevan vaaraa vesistöille. Asetus vesiensuojelua koskevista ennakkotoimenpiteistä kumottiin 9.2.2000 (113/2000, 2 § ja 27 §) ympäristönsuojelulain tullessa voimaan 1.3.2000. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 8.)

3.3 Velvoitteet jätehuollon järjestämisestä

Kaupungeja ja väestökeskittymällisiä maalaiskuntia veloitettiin järjestämään riittävä määrä kaatopaikkoja tai yleisiä jätteiden käsittelylaitoksia tai -laitteita (63 §) alueelleen. Kuntien terveyslautakunnilla oli oikeus kieltää myrkyllisten tai muuten vahingollisten jätteiden vienti kaatopaikoille. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 8.)

Terveystieteiden lain myötä ryhdyttiin ohjaamaan kaatopaikkojen sijoitusta. Kaatopaikan tuli sijaita riittävän etäällä asutuksesta sekä taloustarkoituksien käytettävistä pohjavesialueista. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 9.)

Kunnanhallitus vastasi kaatopaikan tai muun jätteenkäsittelylaitoksen perustamisesta ja sen tuli pyytää lupa terveyslautakunnan valvontajaostolta. Luvan myöntäessään valvontajaosto määräsi kaatopaikan käyttöä koskevat lupamääräykset, joiden tuli liittyä elinympäristön terveellisyteen (Terveystieteiden laki 26 § ja -asetus 17 §). (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 9.)

3.4 Jätehuollon normit

Varsinaiset jätteen käsittelyä ohjaavat normit tulivat jätehuoltolain ja -asetuksen myötä voimaan huhtikuussa 1979. Siinä luotiin normit, joita jätehuollossa on noudatettava. Laissa säädettiin, että jätehuolto on mahdollisuuksien mukaan järjestettävä niin, että jätteet voidaan käyttää uudelleen tai muutoin hyödyksi ja ettei jätteistä aiheudu haittaa ympäristölle (2 §). Lain myötä uutena asiana tulivat määritelmät jätehuollolle, jätteelle ja ongelmajätteelle. Laki myös normitti jätehuollon eri osa-alueita. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 9.)

Lain 17 § mukaan kunnilla tuli tarpeen mukaan olla käytettävissä yleisiä jätteen käsittelypaikkoja, kuten kaatopaikkoja. Vuonna 1981 lakiin tehty muutos (117/81) teki jätteen loppusijoituksen muualle kuin kunnan osoittamiin yleisiin jätteen käsittelypaikkoihin laittomaksi (19 §) ja samalla astui voimaan myös roskaamiskielto (32 §). (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 9.)

Jätehuoltolaki ei sen voimaantulon aikaan ohjeistanut ongelmajätteen käsittelyä muutoin kuin että kunnilla on oltava tarpeen mukaan käytettävissä ongelmajätteen vastaanottopaikkoja. Yleistä oli, että ongelmajäte sijoitettiin muun jätteen mukana kaatopaikoille, ja vielä yleisempää oli ongelmajätteen poltto, läjittäminen mereen tai muualle ympäristöön tai kuljettaminen ulkomaille. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 9.)

Tilanne parani vuonna 1981 jätehuoltolakiin lisätyillä ongelmajätteitä koskevilla normeilla ja vuonna 1984 valtakunnallisen ongelmajätelaitos Ekokem Oy:n aloittaessa toimintansa, jolloin tarjoutui laillinen tapa käsitellä ongelmajätettä. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 12.)

Vuonna 1987 vesi- ja ympäristöpiirit veloitettiin valvomaan jätteen käsittelypaikkojen hoitoa sekä mahdollisia epäkohtia. Heidän tuli ilmoittaa havainnoistaan lääninhallitukselle, joka vastasi jätehuollon alueellisesta ohjauksesta ja valvonnasta. Paikallisesta jätevalvonnasta vastasivat ympäristönsuojelulautakunnat, vaikka velvollisuus huolehtia jätehuollosta niiltä osin, kun se liittyi ihmisten elinympäristöjen terveellisyyteen, säilyi terveyslautakunnilla. Vuonna 1981 voimaan tulleen asetusmuutoksen mukaan jätteen vastaanoton loputtua kaatopaikalla kaatopaikka-alue oli viipymättä peitettävä maakerroksella, siistittävä ja sopeutettava ympäristöön (8 § 2 momentti). (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 9.)

Varsinaisesti kaatopaikkojen sijoittamista, rakenteita ja käyttöä koskevat periaatteet ovat kehittyneet vasta 1990-luvulla. Niinpä erityisesti pienempien käytöstä poistettujen kaatopaikkojen jätepenkereet on "suljettu" ainoastaan levit-

tämällä niiden päälle ohut irtomaakerros roskien näkymisen ja leviämisen estämiseksi. 1980- luvulla ruvettiin kiinnittämään huomiota muihinkin käytöstä poistettujen kaatopaikkojen haittatekijöihin ja riskeihin. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 12.)

3.5 Ympäristölupa

Vuonna 1991 uudistettiin kaatopaikkojen lupakäsittely ympäristölupamenettelylain ja -asetuksen myötä. Tämän lain myötä kaatopaikoille ja muille erikseen mainituille laitoksille tuli olla toimintaansa varten ympäristölupa. Ympäristölupaan sisällytettiin sijoitusta koskevia ratkaisuja, ilmansuojeluilmoituksen tarkastusta koskeva ratkaisu, jätelupa ja ongelmajätteiden käsittelylupa. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 9.)

Ympäristölupien käsittely kuului lääninhallituksille josta se vuonna 1995 siirtyi perustettuihin alueellisiin ympäristökeskuksiin. Vuodesta 2010 lähtien ympäristölupien myöntäminen on kuulunut aluehallintovirastoille ja niiden noudattamista on valvottu elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksissa. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 9.)

Ympäristölupamenettelylaki ja -asetus astuivat voimaan 1.9.1992. Siirtymäajan vuoksi ympäristölupaa edellytettiin kaatopaikkojen perustamiseen ja sulkemiseen, jos niiden toiminta alkoi tai jatkui 1.1.1997 jälkeen. Kaatopaikkojen sijoittamista tarkemmin ohjaava terveydensuojelulaki (763/1994) korvasi vuonna 1994 aikaisemman terveydenhoitolain. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 9.)

3.6 Jätteen käsittelyä koskeva jätelupa

Uusi jätelaki astui voimaan 1.1.1994 ja se korvasi jätehuoltolain (673/1978). Lain mukaan jätteen laitos- tai ammattimaiseen hyödyntämiseen tai käsittelyyn oli oltava jätelupa. Ympäristölupamenettelylakiin tuli muutos (1073/1993), jonka mukaan ympäristölupaan oli sisällytettävä myös jätelain mukainen jätelupa (2 §). (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Jäteluvan saaneen toiminnan olennaiseen laajentamiseen tai muuttamiseen oli myös oltava lupa. Tästä, samoin kuin toiminnan lopettamisesta oli ilmoitettava lupaviranomaiselle välittömästi. Jätelain siirtymäajan vuoksi ennen lain voimaantuloa harjoitettu ja jätelupaa vaativa toiminta sai jatkaa ilman jätelupaa 31.12.1996 saakka. Jos toiminta oli jatkuva 1.1.1997 jälkeen, tuli lupahakemus jättää 31.12.2006 mennessä. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Suomen liittyttyä Euroopan Unioniin keskeiset jätealan puitedirektiivit sisällytettiin jätelakiin (1072/93) ja jäteasetukseen (1390/93). Jätelainsäädäntöön sisällytettiin uusi lupavelvollisuus kaatopaikoille ja monia uusia vaatimuksia kaatopaikkojen haitallisten ympäristövaikutusten torjumiseksi. Uutena tuli myös maaperän saastuttamiskielto, jota voitiin soveltaa myös kaatopaikkoihin. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 9.)

Kaatopaikkojen lopettamisesta säädettiin tarkemmin jäteasetuksessa (1390/1993). Jätteiden vastaanoton lakattua kaatopaikka-alue edellytettiin viipymättä saatettavaksi sellaiseen kuntoon, ettei siitä käytöstä poistamisen jälkeen aiheutuisi 8 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai haittaa. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Vuonna 2008 jätelakiin (1072/1993) tehdyn lakimuutoksen mukaan jätteen haltijan on vastattava käsittelystä aiheutuvista kustannuksista liittyen kaatopaikan käyttöön, käytöstä poistamiseen ja jälkihoitoon mukaan lukien kaatopaikan käytöstä poistamisesta ja jälkihoidosta aiheutuvat arvioidut kustannukset vähintään

30 vuoden ajalta (27 §). (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Jätelain voimaantulon ja sen kolmen vuoden siirtymäaikana on pieniä, puutteellisesti perustettuja ja ympäristölle haitallisia kaatopaikkoja lopetettu hyvin paljon, n.70 kpl vuosivauhtia (taulukko 2). Kaatopaikkojen vuosittaista sulkemisivauhtia ovat ylläpitäneet osaltaan valtioneuvoston päätös kaatopakoista (861/97) ja valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005 (1998), joka asetti kaatopaikkojen lukumäärän tavoitteeksi 50 – 80 kpl. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 9.)

Taulukko 2. Kaatopaikkojen määrän kehitys vuosina 1990 - 2001. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 10.)

Kaatopaikkatyyppi	Kaatopaikan pitäjä	Kaatopaikkojen lukumäärä									
		1990	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Tavanomaisen jätteen kaatopaikat	Kunta			268	232	190	157	110	91	87	76
	Teollisuus			83	72	73	76	70	71	61	64
	Yhteensä	561	451	351	304	263	233	180	162	148	140
Ongelmajätteen kaatopaikat	Kunta			4	5	5	5	5	9	10	8
	Teollisuus			3	8	8	9	8	6	7	8
	Yhteensä	3	2	7	13	13	14	13	15	17	16
Pysyvän jätteen kaatopaikat	Kunta			6	6	19	23	35	48	4	3
	Teollisuus			2	4	5	6	15	23	15	16
	Yhteensä	3	16	8	10	24	29	50	71	19	19
Yhteensä	Kunta			278	243	214	185	150	148	101	87
	Teollisuus			88	84	86	91	93	100	83	88
	Yhteensä	567	469	366	327	300	276	243	248	184	175
Maankaatopaikat	Kunta									77	90
	Teollisuus									14	14
	Yhteensä									91	104

3.7 Kaatopaikkoja koskevat direktiivit

1990- luvun alussa Euroopan komissio alkoi valmistella kaatopaikkoja koskevia yksityiskohtaisempia säännöstöjä (direktiivit). Suomi alkoi tehdä myös omien kaatopaikkadirektiivien valmistelun samoihin aikoihin kyllästyttyään odottamaan EU-direktiivien tuloksia. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/97) astui voimaan 1.10.1997 ja se perustui EU- direktiivin luonnoksiin ja suomalaiseen pohjatyöhön. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 9-10.)

Kaatopaikkapäätös eritteli tarkasti kaikki kaatopaikan perustamiseen, käyttöön ja sulkemiseen sekä jälkitarkkailuun kuuluvat toimenpiteet ja vaatimukset. Päätöstä sovelletaan niihin kaatopaikkoihin, joihin jätteen läjitystä on jatkettu loka-kuun 1997 jälkeen. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Normeissa säädetään kaatopaikkojen luokittelusta tavallisen, pysyvän ja ongelmajätteen kaatopaikkoihin, jätteiden sijoittamista koskevista rajoitteista, kaatopaikoille sijoitettavan jätteen tiedoista ja jätteen vastaanotosta sekä käyttöaikaisesta valvonnasta ja tarkkailusta. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Aiemmin terveysuojelulaissa säädettyjä kaatopaikan sijoitusvaatimuksia tiukennettiin kaatopaikkapäätöksessä. Kaatopaikkaa ei sen mukaan saa sijoittaa mm. tärkeälle pohjavesialueelle tai sellaisen läheisyyteen, virkistyskäyttöön tarkoitetun tai erityistä suojelua tarvitsevan vesistön läheisyyteen, luonnonsuojelu-, maisemansuojelu- tai virkistysalueeksi tarkoitetun alueen välittömään läheisyyteen eikä suolle, vedenjakajalle tai tulvavaaran alaiselle maalle. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Kaatopaikkapäätöksen myötä tuli myös vaatimus kaatopaikan maaperän vedenläpäisykyvylle. Jos maaperän tiiveys ei luonnostaan täytä vedenläpäisyvaatimuksia, tulee rakentaa erillinen tiivistyskerros. Myös kaatopaikan suotovedet täytyy pitää erillään valumavesistä sekä pohjavedestä. Suotovesi tulee puhdis-

taa tehokkaasti joko kaatopaikalla tai johtaa muualle puhdistettavaksi. Jätetäytössä muodostuva kaasu tulee kerätä talteen erillisten pintarakenteiden avulla. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Kaatopaikan käytöstä poistamisen jälkeen alueelle on tehtävä perustilaselvitys, jossa selvitetään alueen pinta- ja pohjavesiä, jätetäytön hajoamistilaa ja kaasu- muodostusta jälkitarkkailua varten. Kaatopaikan sulkemistoimien tulee olla sellaisia, ettei kaatopaikalla tapahdu tai pääse aiheutumaan jätetäytön sortumia tai painumia, ympäristön roskaantumista, tulipaloja, eläinten aiheuttamia haittoja, haju- eikä pölypäästöjä eikä melu- tai liikennehaittoja. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Kaatopaikan toiminnanharjoittajalta edellytetään kaatopaikan ja sen ympäristön säännöllistä seuranta- ja kaatopaikan käyttöaikana että sen jälkeen. Jälkitarkkailun piiriin kuuluu suotovesi sekä pinta- ja pohjavesi. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Kaatopaikkatoiminnan lopettamisen jälkeen omistajalta on vaadittu asianmukaisia kunnostustoimia ja jälkitarkkailua, joihin kuuluvat mm. jätetäytön tiivistäminen, täytössä muodostuvan kaasun keräysjärjestelmän rakentaminen, salaojitus, kaatopaikkavesien viemärointi tms. käsittely, jätetäytön pinnan peittäminen, maisemointi kasvi-istutuksin, alueen aitaaminen sekä kaatopaikan ja sen läheisten pinta- ja pohjavesien jälkitarkkailu. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 10.)

Vuonna 1999 astui voimaan kaatopaikkadirektiivi joka aiheutti vielä muutoksia jäte- ja ympäristölainsäädäntöön, erityisesti valtioneuvoston päätökseen kaatopaikoista jota on muutettu (1049/99). Muutos astui voimaan 1.1.2002. Valtioneuvoston päätöstä kaatopaikoista on muutettu useasti, joista viimeisin on vuodelta 2008. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 10.)

Valtioneuvoston kaatopaikkapäätöksen pohjalta on Suomen ympäristökeskuksessa tehty "Opas kaatopaikan sulkemiseen" (Suomen ympäristökeskus, 2001), joka on päivitetty oppaaksi "Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito" (Suomen ympäristökeskus, 2008). (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 11.)

3.8 Tarkemmat säädökset kaatopaikoista ja niiden tarkkailusta

Ympäristönsuojelulakiin ja -asetukseen siirrettiin vesilaissa säädetyt vesistön ja pohjaveden pilaantumiskiellot sekä entisen ympäristömenettelylain säädös kaatopaikkojen ympäristöluvanvaraisuudesta sekä kaatopaikkatoimintaa ohjaavista lupamääräyksistä. Ympäristönsuojeluasetuksessa säädetään ympäristölupamenettelyasetusta tarkemmin kaatopaikasta ja sen tarkkailusta. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 13.)

Ympäristölupia käsiteltiin vuoteen 2009 asti alueellisissa ympäristökeskuksissa joista toiminta siirtyi aluehallintovirastoihin vuonna 2010. Ympäristölupahakemuksessa hakijan on selvitettävä kaatopaikkannormien noudattaminen perustamisessa, hoidossa, käytössä ja käytöstä poistamisessa sekä tieto siitä kuinka tarkkailu järjestetään. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 13.)

Viranomaisen lupapäätöksessä on oltava tiedot mm. toiminnan tarkkailusta, ympäristövahinkojen vaaran ehkäisemisestä sekä siitä kuinka kauan toiminnanharjoittaja on vastuussa kaatopaikan jälkihoidosta. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 13.)

Ympäristönsuojelulakiin (86/2000) ja – asetukseen (169/2000) tulleet muutokset (ympäristönsuojelulaki (647/2011) ja -asetus (180/2012) astuivat voimaan 1.5.2012 yhdessä jätelain (646/2011) ja – asetuksen (179/2012) kanssa. (Levinen 2012, 2.)

3.9 Jätelainsäädännön uudistus

Uusi jätelaki (646/2011) tuli voimaan 1.5.2012. Samaan aikaan tuli voimaan myös valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012) sekä muutoksia ympäristön-suojelulakiin (647/2011) ja -asetukseen (180/2012). (Levinen 2012, 2.)

Tämän jätelainsäädännön uudistamisen tarkoituksena on ehkäistä jätteen syntyä sekä lisätä jätteen hyödyntämistä sekä materiaalitehokkuutta. Jätelainsäädäntöä piti uudistaa, koska jätteen määrä ei ole vähentynyt toivotulla tavalla, jätteen kierrätys ja muu hyödyntäminen ei ole edistynyt tavoitteiden mukaisesti, sekä vastaamaan EU:n jätedirektiivin (2008/98/EY) uudistusta. (Uusi jätelainsäädäntö 2012, 3.)

Jätelainsäädännön uudistaminen tehostaa jätehuollon etusijajärjestystä, sekä toimijoiden valvontaa ja seuranta. Myös kierrätysvaatimuksia tiukennetaan sekä jätteen käsittelyä kaatopaikoilla rajoitetaan. (Uusi jätelainsäädäntö 2012, 3.)

3.10 Yhdyskuntajätteen tulevaisuus

Valtioneuvosto hyväksyi 10.4.2008 uuden valtakunnallisen jätesuunnitelman vuoteen 2016 – Kohti kierrätisyhteiskuntaa. Suunnitelma korvaa valtioneuvoston 2.7.1998 vahvistaman valtakunnallisen jätesuunnitelman vuoteen 2005. Suunnitelman keskeisenä tavoitteena on viisiportainen jätehierarkia: jätteen synnyn ehkäisy – uudelleenkäyttö – materiaalikierrätys – energiana hyödyntäminen – loppukäsittely kaatopaikoilla. (Ympäristöministeriö. Kohti kierrätisyhteiskuntaa 2008, 3,7.)

Suunnitelman tavoitteena on saada yhdyskuntajätteen määrä kääntymään laskuun vuoteen 2016 mennessä., joten olemassa olevia kaatopaikkoja suljettaisiin yhä enemmän ja uusia rakennettaisiin yhä vähemmän. Yhdyskuntajätteen määrä yritetään saada vakiintumaan 2000 -luvun alun tasolle (noin 2,3–2,5 miljoo-

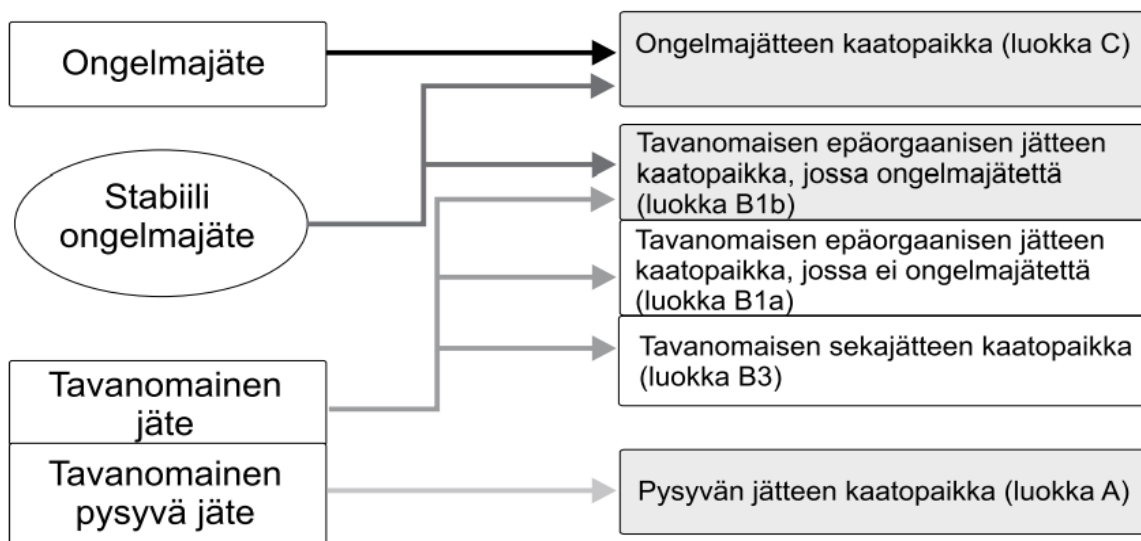
naan tonniin vuodessa) ja sen jälkeen kääntymään laskuun vuoteen 2016 mennessä. Vuonna 2016 on tavoitteena kierrättää yhdyskuntajätteistä materiaaleina 50 % ja hyödyntää energiana 30 %. Kaatopaikoille päätyisi loppusijoitettavaksi enää 20 % yhdyskuntajätteestä ja kaatopaikkojen määrä olisi vuonna 2016 30 - 40 kaatopaikkaa. (Kohti kierrätysyhteiskuntaa 2008, 9-10.)

Rakennusjätteiden osalta tavoitteena on hyödyntää vähintään 70 % materiaalina ja energiana sekä maanrakennuksessa korvata luonnonsoraa ja kalliomurskettä teollisuuden ja kaivannaistuotannon jätteillä 5 % eli noin 3–4 miljoonaa tonnia. Suunnitelma arvioi että vuoteen 2016 mennessä rakentamisen painopiste on siirtynyt uudisrakentamisesta korjausrakentamiseen, jolloin valtaosa rakentamisen jätemäärästä tulisi korjausrakentamisesta. (Kohti kierrätysyhteiskuntaa 2008, 9-10.)

4 Kaatopaikkajätteet ja niiden ympäristövaikutukset

4.1 Kaatopaikkajätteen luokittelu

Jätteen kaatopaikkasijoituksen määrää jätteen saama luokitus (kuvio 1). Jätteet luokitellaan tavanomaiseksi jätteeksi sekä ongelmajätteeksi. Myös osa tavanomaisista jätteistä voidaan luokitella pysyväksi tavanomaiseksi jätteeksi. Kaatopaikalle saa sijoittaa vain sen luokituksen mukaisia jätteitä, ellei lainsäädännössä ole toisin säädetty, kuten on stabiilin ongelmajätteen kohdalla. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 13.)



Kuvio 1. Kaatopaikkaluokat ja niiden alatyypit. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 13.)

Valtioneuvoston päätöksessä on tarkennettu direktiivin mukaista EU-maiden yhteistä jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden osoittamismenettelyä annettu sitovat kelpoisuusstandardit seuraaville kaatopaikoille ja jätteille (suluissa EY-säädöksen (2003/33/EY) mukaiset kaatopaikkaluokat:

- pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoitettava jäte (kaatopaikkatyyppi A)
- tavanomaisen epäorgaanisen jätteen kaatopaikalle (kaatopaikkalatyypit B1a ja B1b) sijoitettavan jätteen osalta seuraavissa tapauksissa:
 - tavanomainen jäte, joka sijoitetaan samaan kaatopaikan osaan vakaan, reagoimattoman ongelmajätteen kanssa
 - asbestijäte
 - kipsijäte
 - vakaa (fysikaalisesti stabiili ja kantava) ja reagoimaton ongelmajäte.
- ongelmajätteen kaatopaikalle sijoitettava jäte (kaatopaikkatyyppi C). (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 13.)

Ongelmajätteen sijoittaminen tavanomaisen jätteen kaatopaikalle on mahdollista, mikäli sitä voidaan esikäsittää vaarattomammaksi esimerkiksi kemiallisesti. Keskeisinä toimijoina jätteen kaatopaikkasijoituksessa ovat kaatopaikan pitäjät, jätteen tuottaja/haltijat, jätteen kuljettajat sekä lupa- ja valvontaviranomainen. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 14.)

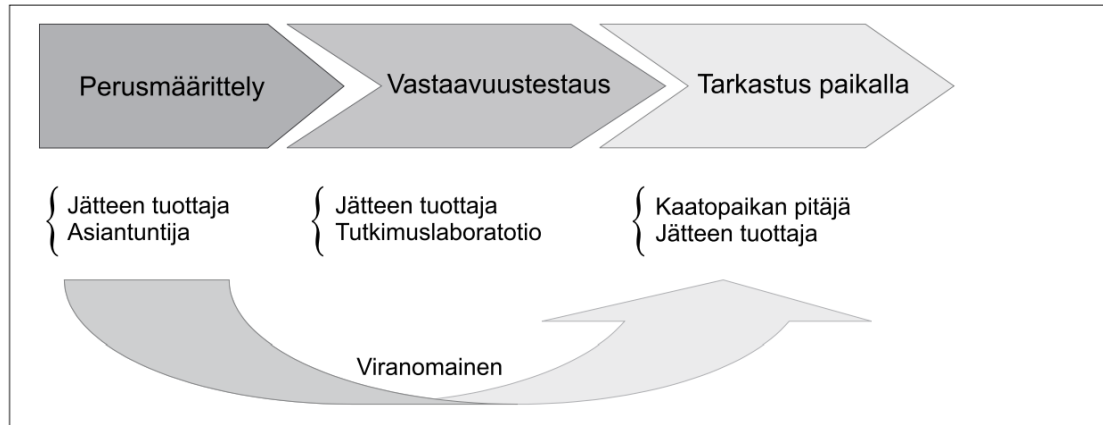
4.2 Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden osoittamismenettely

Yleistä kaatopaikkakelpoisuuden arviointimenettelyä sovelletaan kaikkiin kaatopaikalle sijoitettaviin jätteisiin. Kokeellista kelpoisuuden tutkimista ei kuitenkaan sovelleta yhdyskuntajätteeseen tai ominaisuuksiltaan sen kaltaiseen jätteeseen. Kaatopaikkakelpoisuuden arviointi- ja toteamismenettelyssä määritetään jätettä, ongelmajätettä ja tiettyjä tavanomaisia jätteitä koskevat kelpoisuuskriteerit. Kaatopaikkakelpoisuuden toteamista sekä jätteen sijoittamista kaatopaikoille koskevat yleiset rajoitukset jotka on esitetty valtioneuvoston päätöksessä. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 10.)

Lainsäädännön mukaan kaatopaikoille ei saa sijoittaa seuraavia jätteitä (4 §)

- jätettä, jota ei ole esikäsitelty
- asumisessa syntynyttä jätettä tai ominaisuuksiltaan ja koostumukseltaan siihen rinnastettavaa jätettä, josta suurinta osaa biohajovasta jätteestä ei ole erotettu erillistä hyödyntämistä tai muuta käsittelyä varten¹
- nestemäistä jätettä
- jätettä, joka on kaatopaikkaolosuhteissa räjähtävää, syövyttävää, hapettavaa taikka helposti syttyvää
- sairaalassa tai eläinlääkäriasemalla sekä siihen rinnastettavassa toiminnassa syntynyttä jätettä, joka on tartuntavaarallista ja jonka vaikutuksia ei tunneta
- käytöstä poistettuja auton, työkoneen tai muun ajoneuvon kuin polkupyörän renkaita tai niiden silppua
- jätettä, joka ei täytä kaatopaikkajätteelle asetettavia kelpoisuusvaatimuksia. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 11.)

Jätteen kaatopaikkakelpoisuuden määrittelyssä käytetään kolmitasoista menettelyä (kuvio 2), johon kuuluvat perusmäärittely, vastaavuustestaus ja tarkastus kaatopaikalla. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 13.)



Kuvio 2. Jätteen kaatopaikkakelpoisuuden osoittamisen ja toteamisen eri vaiheet ja niihin osallistuvat tahot. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 13.)

4.2.1 Jätteen perustietojen määrittäminen

Ensimmäisessä vaiheessa tehdään jätteelle perusmäärittely (taulukko 3) jossa kerätään ne tiedot, joita tarvitaan jätteen turvalliseen sijoittamiseen pitkällä aikavälillä tiettyyn kaatopaikkaluokkaan. Lähtökohtana perusmäärittelylle on aina riittävät taustatiedot mm. jätteen syntytyyppi, muodostuva ja kaatopaikalle sijoitettava jätemäärä, sekä erilaiset arviot jätteen mahdollisesti sisältämistä haitta-aineista. Oleellista on myös tietää jätteen suunniteltu kaatopaikkaluokka. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 18.)

Perusmäärittelyssä selvitetään mm. seuraavat asiat:

1. Jätteen syntytyyppi ja syntyprosessissa käytetyt raaka-aineet.
2. Perustiedot jätteestä (koostumus, kiinteys, vesipitoisuus, pH, liukoisuusominaisuuksien arviointi ajan funktiona, sijoitusolosuhteiden vaikutus liukoisuuteen, perusmäärittelyssä käytetyn liukoisuustestin korrelaatio vastaavuustestiin, laatuvaihtelut tärkeimpien ominaisuuksien osalta ja muut perusominaisuudet)
3. Tarpeen mukaan eräissä tapauksissa jätteen kaatopaikkakäyttötymien (esimerkiksi ikääntymisen vaikutukset ominaisuuksiin, jätteiden ominaisuuksien muuttuminen erilaisissa sijoitusolosuhteissa)
4. Tarpeen mukaan eräissä tapauksissa jätteen arviointi raja-arvojen perusteella. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 19.)

Taulukko 3. Perusmäärittelyn eri vaiheiden mahdollinen sisältö. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 21.)

Toiminto	Selvitettävät tiedot / huomioitavat tai dokumentoitavat asiat
Taustatietojen kerääminen	<ul style="list-style-type: none"> perustiedot jätteen muodostumisesta tiedot lähtömateriaaleista jättemäärän arviointi
Testaustarpeen arviointi	<ul style="list-style-type: none"> Suunniteltu kaatopaikkaluokka Jätteen sisältämien haitta-aineiden kartoitus Haitta-aineiden kokonaispitoisuuksien määrittäminen (mg/kg) Jätteen ja haitta-aineiden yleiset ominaisuudet ja ympäristöominaisuudet Sijoittamisen yleiset riskit Taustatietojen riittävyys
Näytteenoton suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> Suurten jätevirtojen laatuvaihtelun selvittäminen Näytteenottosuunnitelman laatiminen Näytteen luonne (kokoomanäyte vai kertaanäyte) Näytteenoton edustavuuden takaaminen
Näytteenotto	<ul style="list-style-type: none"> Näytteenotto yleensä vain normaalissa prosessissa syntyvästä jätteestä Näytteenottaja ja näytteenottajan pätevyys Näytemäärä
Tutkimusohjelman laadinta	<ul style="list-style-type: none"> Tutkimustarpeen arvioiminen Jätteen sijoitusluokan valinta Haittaominaisuuksien (esim. kokonaispitoisuusmääritykset) tutkimuksiin soveltuvien menetelmien valinta (menetelmien soveltuvuusalue, rajoitukset) Sopivan liukoisuustestin / sopivien testien valinta Analysoitavien komponenttien valinta
Tutkimus	<ul style="list-style-type: none"> Tutkimusten ja testien määrittäminen ja suorittaminen Haitta-aineiden analysoiminen Testitulosten käsittely ja raportointi Perusmääritystestien ja vastaavuustestien välisten korrelaatioiden selvittäminen Jätteen kaatopaikkasijoituksen kannalta oleellisten ominaisuuksien tunnistaminen
Tulosten arviointi	<ul style="list-style-type: none"> Tutkimusten riittävyyden ja soveltuvuuden arvioiminen ja toteaminen
Lausunto	<ul style="list-style-type: none"> Lausunto jätteen sijoituskelpoisuudesta
Jätteen luokittelu ja sijoituspäätös	<ul style="list-style-type: none"> Jätteen sijoituspäätös Kaatopaikan eristerakenteet

4.2.2 Jätteen vertaaminen määritettyihin perustietoihin

Toisessa vaiheessa tehdään vastaavuustestaus sen määrittämiseksi, vastaako jäte perusmäärittelyn tuloksia ja asiaan liittyviä kelpoisuusperusteita. Testin parametrit määräytyvät perusselvityksessä, ja ainoastaan niiden tarkistaminen on tässä yhteydessä tarpeen. Vastaavuustestauksen tarkoituksena on testata säännöllisesti syntyviä jätevirtoja vuosittain. Lisäksi testin on osoitettava, että jäte vastaa avainominaisuuksien raja-arvoja. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 21.)

4.2.3 Tarkastus kaatopaikalla

Kolmanteen vaiheeseen kuuluu jätteen tarkastus kaatopaikalla. Kaatopaikalla tarkastettaviin asioihin kuuluu jätekuorman asiakirjat, jätteen syntypaikka sekä itse jätekuorma. Jätekuorman tarkastus suoritetaan aistinvaraisesti (väri, olo-muoto, poikkeava öljyn tai liuottimien haju) ennen purkamista tai purkamisen yhteydessä. Tarpeen mukaan apuna käytetään soveltuvia pikamääritysmenetelmiä mm. pH-mittaukset ja analysointi kenttäanalyysointilaitteilla. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 22.)

Mikäli saapuva jäte on ympäristöluvan mukaista, se voidaan hyväksyä sijoitettavaksi kaatopaikalle. Kaatopaikalle tuodusta jätteestä on otettava näytteitä säännöllisin väliajoin ja tuloksia on säilytettävä vähintään yhden kuukauden ajan, ellei pidempi varastointiaika ole perusteltua. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 22.)

Jätetutkimuksen näytteenotto- ja tutkimussuunnitelmat on monesti laadittava tapauskohtaisesti. Tutkimustulosten on oltava toistettavissa ja mahdolliset epävarmuustekijät on otettava huomioon jo testauksen suunnitteluvaiheessa. Tutkimusmenetelmien ja esikäsittelytapojen on oltava hyvin dokumentoituja tutkimuksen myöhemmän toiston sekä vertailukelpoisuuden vuoksi. (Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen 2006, 22.)

4.3 Yhdyskuntajätteen hajoamisprosessi

Jätekuorman saapuessa kaatopaikalle se ajetaan täyttöön ja tiivistetään. Tiiviissä jätetäytössä tapahtuu lähinnä eloperäisen aineksen kompostoitumista eli aerobista hajoamista (Taulukko 3). Hajoamisprosessissa kuluu happea ja syntyy hiilidioksidia ja vettä, typen runsaimman esiintymismuodon ollessa nitraattityppi. Happi loppuu jätetäytöstä nopeasti jolloin hajoaminen muuttuu anaerobiseksi mädäntymiseksi lyhyen siirtovaiheen jälkeen. Anaerobista hajoamista kut-

sutaan myös happovaiheeksi. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 16.)

Anaerobisessa hajoamisessa syntyy rikkivetyä sekä orgaanisia happoja jolloin jätetäytön pH laskee jopa alle 5 pH yksikön. Jätetäytön suotoveden liukenee happamissa olosuhteissa jätteen sisältämiä metalleja, joista ensimmäisinä kalsium ja magnesium, jotka kuitenkin kationeina sitoutuvat nopeasti maahiukkasiin. Tyypillisessä Suomalaisessa maaperässä on paljon alumiini- ja rautaoksideja, joihin anaerobisessa hajoamisessa syntyviä anioneja kuten kloridi- ja sulfaatti-ionit eivät pidäty. Kaatopaikan suotovesissä voidaan havaita runsaasti kloridia sekä sulfaatteja ja niitä voidaan käyttää kaatopaikkavaikutuksen indikaattoreina pinta- ja pohjavesissä. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 16.)

VanLoo ja Duffy (2005) mukaan jätetäytön pH- arvon lasku on väliaikaista ja happamuuden vähentyessä jätetäyttö alkaa hajota käymällä metaanibakteerien kasvun myötä. Jätetäytön käymisprosessissa syntyy runsaasti metaania (jopa 60 tilavuusprosenttia kaikesta kaatopaikkakaasusta). Jos jätetäytössä on kolme neljäsosaa orgaanisia aineita, tuottaa yksi jätetonnei keskimäärin 100m³ metaania. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 16.)

Kaatopaikan kaasunkeräysjärjestelmä on välttämätön, sillä hallitsemattomat kaasuvuodot aiheuttavat herkästi tulipaloja. Kun ilman ja metaanin seoksesta metaania on 5 - 15 tilavuusprosenttia, on kaatopaikka räjähdysherkimmillään. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 16.)

Kaatopaikan saavuttaessa kypsymissvaiheen (= humusvaihe) kaatopaikkakaasujen sekä suotoveden happipitoisuus kasvaa ja jätetäytön pH neutralisoituu, jolloin kaatopaikan tila stabilisoituu. Myös kemiallinen hapenkulutus, rauta- ja sinkkipitoisuudet sekä haihtuvat rasvahapot (VFA) pienenevät kaatopaikkavedessä. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkai-

lusta Uudellamaalla. 2011, 16.) Taulukossa 4 esitetään jätteiden hajoamisen neljä eri vaihetta.

Taulukko 4. Jätteiden hajoaminen kaatopaikalla voidaan lajitella neljään vaiheeseen. (Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011, 16.)

Vaihe	Mitä jätetäytössä tapahtuu
Aerobinen hajoaminen (1)	Eloperäinen aines hajoaa kuluttaen happea
Happovaihe (2)	Happi loppuu, jäte alkaa mädäntyä, pH laskee, metalleja liukenee
Metaanintuottovaihe (3)	pH alkaa nousta, jäte hajoaa käymällä, metaanibakteerit lisääntyvät
Humusvaihe (4)	pH neutralisoitunut, happipitoisuus kasvanut, metallipitoisuudet laskeneet

4.4 Kaatopaikkojen vaikutus ympäristöön

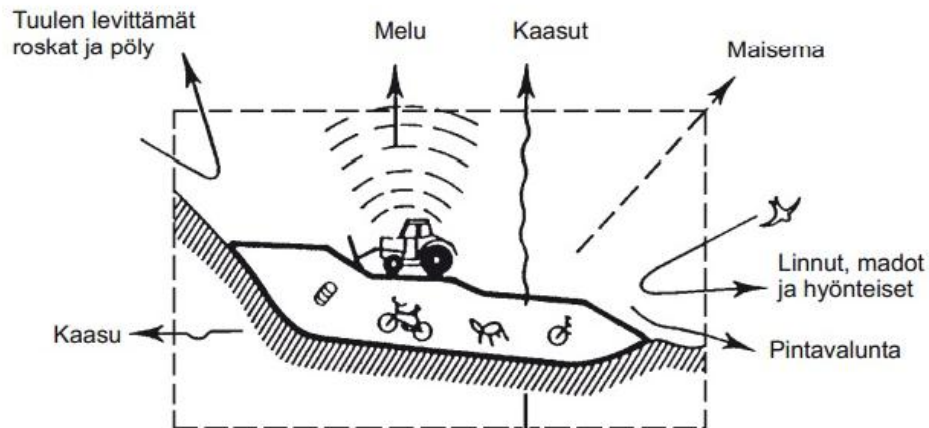
Kaatopaikan ympäristökuormitus (kuvio 3) jatkuu niin kauan kuin jätetäytössä on liukenemiselle, kemialliselle muuntumiselle tai hajoamiselle alttiita aineita. Käytössä olevalla kaatopaikalla kaatopaikkaprosessit ovat täysin erilaisia kuin vuosia käytöstä poistamisen jälkeen. Mikäli kaatopaikka on jätetty avoimeksi, saattaa se jätetäytön alttiiksi sateelle ja tuulelle sekä haittaeläimille. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 12.)

Suljetun kaatopaikan ympäristökuormittajat ovat lähinnä kaasumaisia tai nestemäisiä ja niiden määrä riippuu jätetäytön tilasta johon vaikuttavat jätteen koostumus ja jakauma, jätetäytön kosteus, hajoamiskelpoisen jätteen määrä ja ilman mahdollinen pääsy jätepenkereeseen. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 12.)

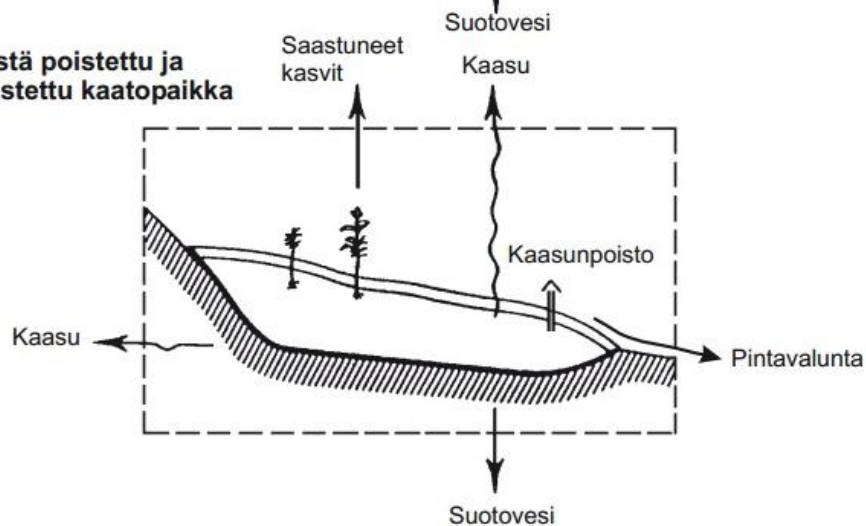
Kun lopetetun kaatopaikan päästöt ympäristöön arvioidaan vaarattomiksi, voidaan kaatopaikan seuranta lopettaa. Tässä prosessissa kestää kuitenkin vuosikymmeniä, esimerkiksi orgaanisen aineen osalta noin 35 vuotta, ammoniumtyypen osalta yli 50 vuotta ja raskasmetallien sekä kloridien osalta satoja vuosia.

Kuvassa 1 esitetään kaatopaikan vaikutukset ympäristöön. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 12.)

Toiminnassa oleva kaatopaikka



Käytöstä poistettu ja kunnostettu kaatopaikka



Kuvio 3. Kaatopaikan vaikutukset ympäristöön. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 13.)

5 Kaatopaikkavesien keräily- ja käsittely

Kaatopaikkaveden laatuun vaikuttaa kaatopaikan sisältämän jättemateriaalin koostumus ja sen ikä, kaatopaikan täyttötekniikka ja -nopeus sekä kaatopaikan

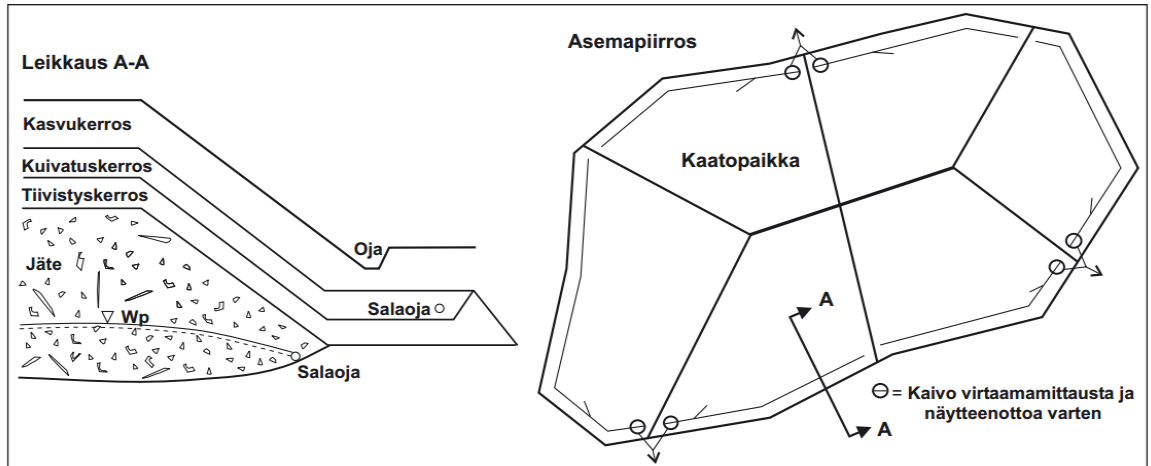
pintarakenneratkaisu ja ilmastolliset olosuhteet. Kaatopaikkavedet voivat sisältää runsaasti ympäristölle haitallisia aineita muun muassa kiintoainetta, orgaanista ainesta, ravinteita sekä metalleja. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 10.)

5.1 Niska- ja kokoojajitus

Jätepenkereen ulkopuolelle kaivettava niskaaja estää ulkopuolisen puhtaan veden sekoittumisen likaantuneeseen kaatopaikkaveteen. Niskaajan pohjan on oltava riittävän tiivis, jotta se estää puhtaiden pintavalumavesien kulkeutumisen jätepenkereeseen tai kokoojajoihin. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 41.)

Ojan pohjan korkoa pidetään vieressä olevien kokoojajojien pohjan tasalla tai hiukan sitä ylempänä, jolloin likaantuneen kaatopaikkaveden hallitsematon virtaus ympäristöön estyy. Kaatopaikan kuivatuskerroksen vesi kerätään yleensä salaojien avulla, josta se edelleen johdetaan avo-ojan tai putken kautta käsitte-lyyn. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 41.)

Mikäli kaatopaikalle on rakennettu tiivis pintakerros ehkäisemään jätepenkereen vesimäärää, tehdään luiskan alareunaan oja keräämään kuivatuskerroksesta valuva sekä sateesta aiheutuvasta pintavalunnasta syntyneet vedet (kuva 1). (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 41.)



Kuva 1. Kuivatuskerroksesta ja pintavaluntaa purkautuvien puhtaiden vesien sekä kaatopaikkavesien keräilyjärjestelmä luiskan alareunassa. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 42.)

5.2 Kaatopaikkaveden sisäisen vesipinnan lasku

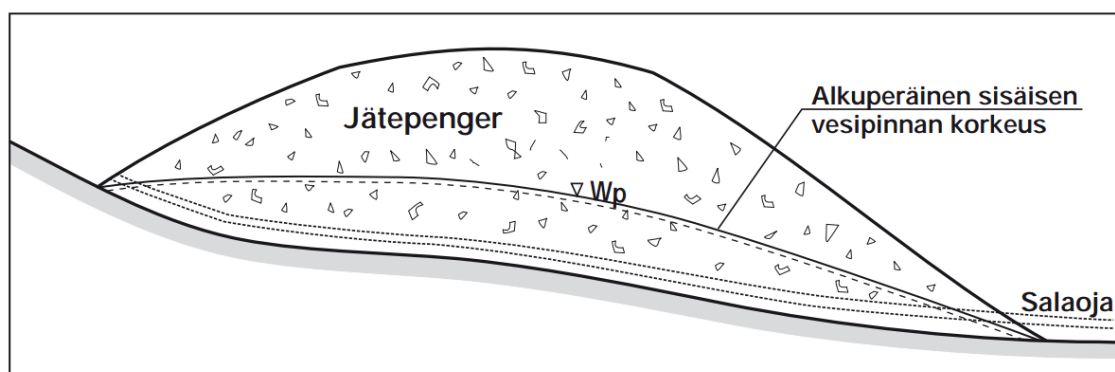
Kaatopaikan pohjamaan hydrostaattista painetta ja pohjavesien kuormitusta vähentämään käytetään jätepenkereen sisäistä vedenpinnan laskua. Tämä toimenpide parantaa myös kaatopaikkakaasun talteenottomahdollisuuksia. Haittapuolena liialliselle kuivumiselle on jätetäytön hajoamisen sekä kaasun tuotannon väheneminen. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 42.)

Suoalueelle perustetun kaatopaikan jätevesien käsittely on hankalaa koska jäte on painunut vedellä kyllästyneeseen turvekerrokseen. Turvetta sisältävien alueiden kaatopaikkojen veden virtaussuunnan muuttaminen jätepenkereeseen päin ja pumpatun sisäisen veden johtaminen käsittelyyn on tarkoituksenmukaista. Tällaisilla alueilla veden pumppauksen riskinä on kaatopaikan ulkopuolisten vesien virtaus jätepenkereen läpi tai sitä kohti. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 42.)

Jätepenkereen sisäistä vedenpintaa voidaan laskea pystypumppauksen sekä vaakasalaojien avulla. Pystypumppaus voidaan suorittaa soveltuvin osin käyttämällä hyväksi kaatopaikkakaasun pystysuoraa keräilyjärjestelmää. Mikäli jä-

tepenkereellä on huono vedenjohtavuus (mm. metsäteollisuuden jätteet) heikentää se pumppauksen tuottoa ja vaikutusalueita, jolloin tehokas vesipinnan lasku edellyttää suurta kaivojen ja pumppujen lukumäärää. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 42.)

Vaakasalaojat voidaan asentaa myös jälkikäteen myös vanhan käytössä olevan jätepenkereen alle (kuva 2). Salaojat asennetaan jätepenkereen paksuudesta riippuen joko kaivamalla tai suuntaporauksella (kuva 10). Salaojaputken suositeltu vähimmäishalkaisija on 160 mm ja se on asennettava siten, että putki on puhdistettavissa ja tarkastettavissa molemmista päistä. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 42.)



Kuva 2. Salaojan asentaminen käytössä olevan jätepenkereen alle suuntaporauksella. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 43.)

5.3 Vesimäärän säätely kaatopaikoilla

Kaatopaikkojen aiheuttamaa vesistökuormitusta voidaan pienentää vähentämällä purkautuvan veden määrää tai parantamalla sen laatua. Kaatopaikkaveden määrää voidaan pienentää pintaeristyksen lisäksi lisäämällä haihduntaa sekä auraamalla lumet jätepenkereen ulkopuolelle. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 43.)

Auraus on mahdollista lähinnä silloin kun pintakerrosta ei ole tiivistetty lopulliseen tiiveyteen ja se on ajoitettava maaliskuulle juuri ennen sulamiskauden al-

kamista. Aurauksella on arvioitu pystyttävän vähentämään sadevesien suotautumista jätepenkereeseen 5–10 % Helsingin, 10–15 % Kuopion ja 20–25 % Sodankylän alueella. Tosin on muistettava kosteuden suuri merkitys jätteiden hajoamisessa sekä stabiloitumisessa. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 44.)

Kaatopaikkavettä voidaan myös kierrättää ja sen määrää vähentää sadettamalla tai kaatamalla sitä suoraan jätetäytön pinnalle haihtumisen lisäämiseksi. Mikäli kaatopaikkavettä johdetaan tiivistyskerroksen alle, on sen tarkoituksena edistää jätteiden hajoamista. Kaatopaikkaveden kierrätyksen tarkoituksena on luoda otolliset olosuhteet anaerobiselle hajoamiselle, jolloin jätteen hajoamisaika yleensä lyhenee ja kuormitetun kaatopaikkaveden purkautuminen vesistöön vähenee. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 43.)

Ennen kierrätyksen aloittamista on selvitettävä mahdollisten rajoittavien tekijöiden olemassaolo kuten veden virtausta estävien jätteiden sijainti sekä jätepenkereen vedenläpäisevyys. Liiallinen imeytys voi nostaa jätepenkereen sisäistä vedenpintaa sekä aiheuttaa liettymis-, kantavuus-, ym. ongelmia. Tästä syystä kierrätettävän veden määrän on oltava alkuvaiheessa 100 - 300 mm, sääolosuhteista riippuen. Jakelujärjestelmän tukkeutumisen estämiseksi voi olla tarpeen poistaa kiintoaines ja samalla varmistettava veden tasainen jakautuminen jätetäyttöön. Hyvänä ratkaisuna voi toimia imeytyskaivojen asentaminen. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 43.)

Kaatopaikkaveden haihtumista voidaan lisätä nurmetuksella tai istuttamalla nopeakasvuisia pensaita. Vuotuisesta sateesta jätteeseen suotautuvaa vesimäärää voidaan vähentää jopa 20 - 30 % hyvin kasvavalla pajukolla, 15 - 20 % hyvällä nurmikolla ja 5 - 10 % huonolla nurmikolla. Kun pintakerrosta ei ole tiivistetty liian tehokkaasti on pajukasvien haihduttava teho suurin ja se voi vastata jopa koko vuoden sademäärää. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 43.)

5.4 Kaatopaikkavesien käsittely

Kaatopaikkavesien voimakas laadun ja määrän vaihtelu vuodenaikojen mukaan aiheuttaa ongelmia niiden käsittelyssä. Kaatopaikkaveden käsittelyssä voidaan käyttää fysikaalis-kemiallisia tai biologisia menetelmiä (taulukko 5). (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 44.)

Taulukko 5. Kaatopaikkavesien käsittelymenetelmiä ja niiden vaikutus kaatopaikkaveden ominaisuuksiin. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 45.)

Menetelmät	Ominaisuus, johon menetelmä vaikuttaa	Huomioitavaa
1. Fysikaalis-kemialliset menetelmät		
Laskeutus, flotaatio	Kiintoaine	Harvoin riittävä käsittely yksin
Suodatus	Kiintoaine	Harvoin riittävä käsittely yksin
Kaasujen strippaus	NH ₄ -N, hajuyhdisteet (riikki)	Kaasupäästöjen hallinta
Ioninvaihto	Metallit valikoivasti, suolat	Esikäsittely- ja regenerantin jatkokäsittelytarve
Kemiallinen saostus	Metallit, kiintoaine, väri	Lietteen käsittelytarve
Kalvosuodatus	NH ₄ -N, orgaaninen aines, metallit, suolat, kiintoaine	Esikäsittelytarve
Aktiivihiliadsorptio	Toksiset ja hydrofobiset yhdisteet, metallit, suolat, väri	Esikäsittelytarve
Kemiallinen hapetus	Orgaaninen aines, rauta, väri	Suuri kemikaaliannostus, haitalliset sivutuotteet
Haihdutus	NH ₄ -N, toksiset yhdisteet, orgaaninen aines, metallit, suolat, väri	Konsentraatin käsittelytarve, saostumien hallinta, kaasupäästöjen hallinta
2. Biologiset menetelmät		
Aerobiset, esim. aktiiviliete-prosessi, biosuodin	Orgaaninen aines, NH ₄ -N, toksiset yhdisteet (osa), metallit (osa), väri	Toksiset yhdisteet heikentävät tehoa, jälkikäsittelytarve, lietteen käsittelytarve
Anaerobiset, esim. lietepatja-reaktori, biosuodin	Orgaaninen aines, NO ₃ -N, metallit (osa), toksiset yhdisteet (osa), väri	Toksiset yhdisteet heikentävät tehoa, jälkikäsittelytarve, NH ₄ -N-poistotarve

Valittaessa käsittelymenetelmiä kaatopaikkavesille on huomioitava lisäksi käsittelykustannukset sekä laitoksen hoito- ja huoltotoimenpiteiden tarve. Käsiteltävän veden laatu (esim. laimea vai väkevä vesi), määrä sekä käsittelyssä muodostuvien jätteiden käsittelytarve vaikuttavat käsittelyn edullisuuteen. Samoin huomioon on otettava prosessien vaatima tilantarve sekä veden käsittelyn yhtyminen muuhun kaatopaikkatoimintaan esim. kaatopaikkakaasun hyödyntämi-

seen ja käsittely- tai hyödyntämismenetelmään. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 45.)

Vesien käsittelymenetelmien tavasta riippumatta kaatopaikkavesien taseus on aina tarpeellista. Kuitenkin käsittelymenetelmän valinnalla on vaikutusta keräily- ja taseusaltaan mitoituseseen. Altaan vedenpinnan korkeus on pidettävä jätepenkereen pohjatason ja mahdollisen salaojituksen alapuolella, elleivät altaan käyttötapa ja purkuajankohta ehdottomasti muuta edellytä. Jätepenkereen sadetus ja muut sisäiset toimenpiteet voidaan keskittää huonolaatuisiin vesiin ja jättää puhtaammat kaatopaikkavedet vähemmälle huomiolle, mikäli kaatopaikalla on eri täyttövaiheessa olevia alueita. Taseusaltaan käyttöä ja rakenteita suunniteltaessa on tärkeää ottaa huomioon talvisaikaan tapahtuva jäätyminen. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 46.)

Yleensä käsittelymenetelmiä on syytä yhdistää kaatopaikkavesien sisältämien erilaisten epäpuhtauksien lukuisuuden vuoksi. Suunniteltaessa kaatopaikkavesien käsittelyä noudatetaan samoja periaatteita ja mitoituskäytäntöjä kuin yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistamoita suunniteltaessa. Suunnittelussa on otettava huomioon kaatopaikkojen erityispiirteet ja kaatopaikkaveden laadun vaikutukset mitoitusparametreihin, laite- ja materiaalivalintoihin sekä rakenteisiin. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 44.)

Vesienkäsittelylaitteissa on käytettävä korroosionkestäviä materiaaleja kaatopaikkaveden korrodoivan vaikutuksen takia. tällaisia materiaaleja ovat esim. PEH, lasikuitu, haponkestävä teräs sekä muovikalvolla pinnoitetut teräs-rakenteet. Vesienkäsittelylaitteissa on käytettävä korroosionkestäviä materiaaleja kaatopaikkaveden korrodoivan vaikutuksen takia. tällaisia materiaaleja ovat esim. esim. PEH, lasikuitu, haponkestävä teräs sekä muovikalvolla pinnoitetut teräs-rakenteet. Vesienkäsittelylaitteissa on käytettävä korroosionkestäviä materiaaleja kaatopaikkaveden korrodoivan vaikutuksen takia. tällaisia materiaaleja ovat esim. esim. PEH, lasikuitu, haponkestävä teräs sekä muovikalvolla pinnoitetut teräs-rakenteet. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 44.)

Käsittelymenetelmän mitoitukseen vaikuttaa myös kaatopaikkaveden alhainen lämpötila (< 5 °C useita kuukausia ja valtaosa virtaamasta), jolloin esim. biologisten prosessien teho laskee. Kaatopaikkavesien allastaminen ennen puhdistusta laskee veden lämpötilaa enemmän, kuin niiden johtaminen suoraan jätepenkereestä puhdistamolle. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 44.)

Kaatopaikkavesien johtamiselle ympäristöön tarvitaan lupa, joskaan sen laadulle ei ole annettu valtakunnallisia vaatimuksia. Mikäli kaatopaikkavedet ohjataan kunnan jätevedenpuhdistamoon, tarvitaan tällöin sopimus puhdistamon kanssa. Puhdistamon pitäjä myös määrittää vaatimukset veden laadulle ja kuormittavuudelle. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 45.)

Käsittelymenetelmän mitoitukseen vaikuttaa myös kaatopaikkaveden alhainen lämpötila (< 5 °C useita kuukausia ja valtaosa virtaamasta), jolloin esim. biologisten prosessien teho laskee. Kaatopaikkavesien allastaminen ennen puhdistusta laskee veden lämpötilaa enemmän, kuin niiden johtaminen suoraan jätepenkereestä puhdistamolle. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 45.)

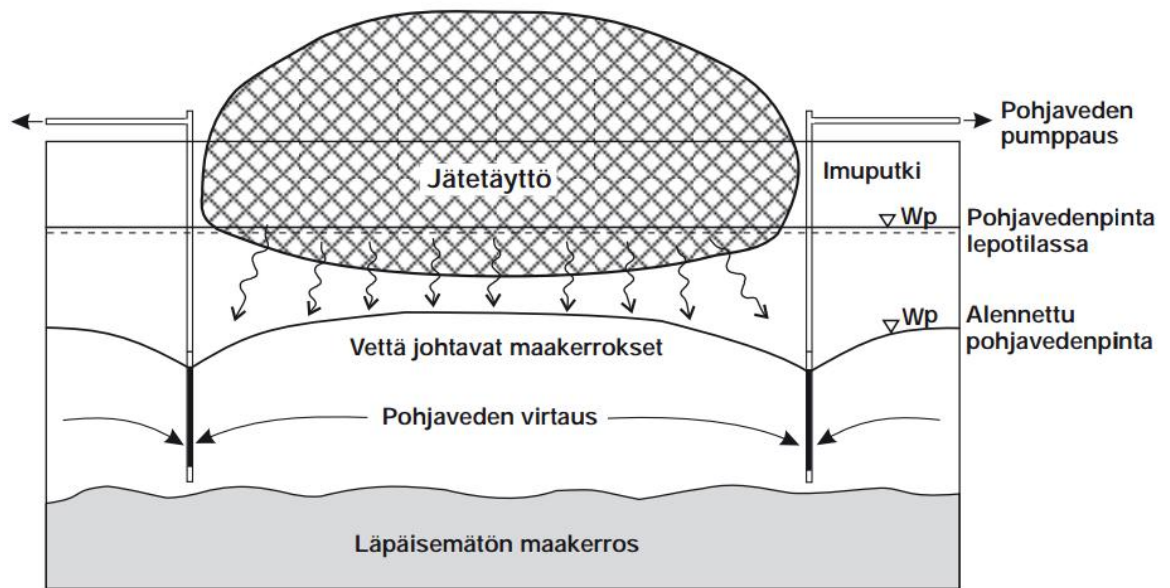
Kaatopaikkavesien johtamiselle ympäristöön tarvitaan lupa, joskaan sen laadulle ei ole annettu valtakunnallisia vaatimuksia. Mikäli kaatopaikkavedet ohjataan kunnan jätevedenpuhdistamoon, tarvitaan tällöin sopimus puhdistamon kanssa. Puhdistamon pitäjä myös määrittää vaatimukset veden laadulle ja kuormittavuudelle. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 45.)

Kaatopaikkavesien käsittelyn lopettamista arvioidaan tapauskohtaisesti. Yleisesti lähtökohtana on ympäristölainsäädännön mukaisesti arvioida ympäristön pilaantumisen vaara. Valtioneuvoston päätös (VNp 365/1994 ja 757/1998) antaa enimmäispitoisuudet yhdyskuntien jätevesien laadulle

- BOD7 (ATU) 30 mgO₂ /l
- CODCr 125 gO₂ /l
- kiintoaine 35 mg/l
- P-kok 2 mg/l
- N-kok 15 mg/l. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 45.)

5.5 Pohjaveden suoja-pumppaus

Pohjaveden suoja-pumppauksella voidaan hydraulisesti erottaa kaatopaikan liikaama pohjavesi muusta pohjavedestä sekä muuttaa pohjaveden virtausta haluttuun suuntaan (kuvio 4). Vesistönkuormituksen suuruudesta riippuen on pumpattu pohjavesi käsiteltävä edellä mainituin menetelmin. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 47.)

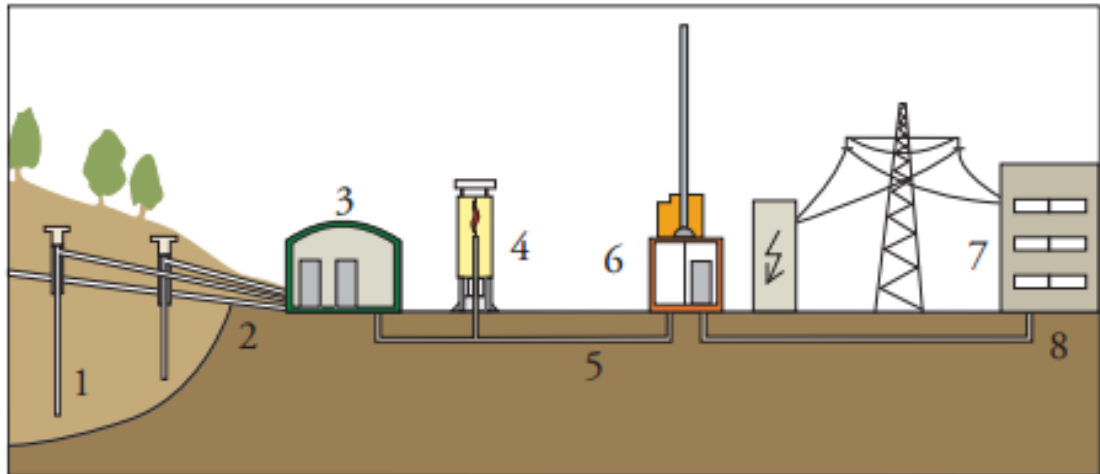


Kuvio 4. Pohjaveden suoja-pumppaus kaatopaikan vesien erottamiseksi ympäristöstä hydraulisesti. (Kaatopaikkojen lopettamisopas YO89 2001, 47.)

6 Kaatopaikkakaasun keräily ja käsittely

Valtioneuvoston päätökseen kaatopaikoista (861/1997) perustuva kaatopaikan ympäristölupa asettaa vaatimuksen kaatopaikkakaasun keräilylle ja käsittelylle. Mikäli biokaasua kerätään kaatopaikoilta, suoritetaan vedenerotus ja biokaasua poltetaan kaatopaikan läheisyydessä olevassa soihdussa, komprimoidaan tai siirretään sekä jaetaan käytettäväksi muualla, sovelletaan maakaasuasetusta (1058/1993). Aktiivisen imujärjestelmän rakentamiseen tarvitaan lähes aina

TUKES: in rakentamislupa. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 76.) Kuvassa 3 havainnollistetaan kaatopaikan kaasun hyödyntämisen prosessia.



(1) Kaasukaivot jätepenkassa (2) Imuputkisto (3) Pumppaamo
(4) Soihtupoltin (5) Jakeluputki (6) Kaasuturbiini jaltai lämpökattila
(7) Sähköä (8) Lämpöä

Kuva 3. Kaatopaikkalaitoksen toimintaperiaate. (Huttunen & Kuittinen 2012, 31.)

6.1 Kaasun imuputkiston suunnittelu ja rakentaminen

Kaatopaikkakaasun suunnittelussa ja asennuksessa on otettava huomioon mm. jätetätön rakenne, imusäteet, kaasun määrä ja laatuarvio (taulukko 5). (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 76.)

Taulukko 6. Kaatopaikalla muodostuvan kaasun imujärjestelmien ominaisuuksia. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 77.)

	Vertikaali- eli imukaivo järjestelmä	Horisontaali- eli salaojajärjestelmä
Imusäde	20–40 m	10–25 m vaaka 3–5 m pysty
Soveltuvuus	Yli 8 m korkeat kaatopaikat	Matalat kaatopaikat, joilla sisäinen vedenpinta on matalalla Synteettisillä kalvolla peitettävät kaatopaikat Kaasunkeräyskerrokseen
Edut	Hyvä tehokkuus Säätö helppoa Veden pumppaus kaivosta mahdollinen Runsaasti käyttökokemuksia	Helppo asentaa täytön yhteydessä, ei rajoita täyttöä Vesiä voidaan johtaa samassa rakenteessa Runsaasti käyttökokemuksia
Haitat	Ei sovellu matalille täyttöalueille Reikien teko jätetäyttöön on usein ongelmallista Kaivolta lähtevä putkisto altis painumille	Vesi aiheuttaa usein ongelmia Tarvitaan useita kerroksia korkeassa täytössä Imupainetta ei voida hallita koko pituudelta Kestävää salaojaputkea riittävällä rei'ityksellä on hankala löytää

Kaasun imukaivojen sijoituksessa tulee suosia jätetäytön alueita joissa on paljon biologisesti hajoavaa jätettä ja välttää alueita joissa on runsaasti ongelmajätettä tai jätepenkereen korkeus on alle 3-5 m. Imukaivojen sijainnin sekä lukumäärän suunnittelussa voidaan käyttää apuna emissiokartoitusta jonka avulla saadaan selville jätetäytön eniten kaasua muodostavat alueet. Lopettamattomilla kaatopaikoilla emissiomittausten perusteella ei pelkästään voida arvioida sitä, ettei alueella ole kaasuntuotantoa kaatopaikan pinnan epähomogeenisyyden vuoksi. Kaasun helpoimpana poistumisreitteinä toimii karkeampi aines sekä halkeamat, ja kaasun päävirtaussuunta on vaakasuunta alueen reunoja kohti, johon jätetäytön kerroksellisesta täyttötavasta. Rakennustoimenpiteiden aikana myös kaasun virtausolosuhteiden muutos tulee ottaa huomioon. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 76.)

Jätetäytössä tapahtuu myös painumaa, joka voi olla erittäin nopeaa sekä epätasaista, ja se tulee ottaa huomioon imukaivojen sekä putkistojen rakenteissa. Suurin rasitus kohdistuu kaivojen ja putkistojen liitoskohtiin, jotka voivat murtua rasituksen kasvaessa. Rasitusta voidaan ehkäistä tekemällä kaivon rakenteesta teleskooppimainen jolloin yläosa voi painua vapaasti siiviläputken sisään. Kaatopaikan sisäisissä rakenteissa tulee välttää raskaita betonirakenteita sekä kor-

roosiolle alttiita materiaaleja. Yleisesti käytetty materiaali on PEH, paineluokka PN10 (kaasuluokitus PN4/S5). (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 77.)

Pystysuora imukaivo tehdään lyömällä tai poraamalla jätteeseen reikä, johon sujutetaan 140–160 mm polyeteenistä valmistettu siiviläputki jonka ympärystyttönä on soraa. Nykyisin tehdään myös yli 1000 mm halkaisijaltaan olevia imukaivoja. Kaivon toiminnalle keskeinen tekijä on kaasutiivis liitos putken yläpäässä sekä liitos siirtoputkeen. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 77.)

Vaihtoehtona pystysuoralle imukaivolle on imujärjestelmän rakentaminen rei'itetyillä PEH- salaojaputkella vaakatasoon. Salaojan ympärillä on oltava riittävästi inerttiä materiaalia, sekä asentaminen on toteutettava kaatopaikan sisäisen vesipinnan yläpuolelle kaasun talteenoton onnistumiseksi. Vaakasalaojituksen etuna on edullisempi hinta, koska sen asennus ei vaadi kallista erikoiskalustoa sekä suurempi imupinta-ala pystysuoriin imuputkiin verrattuna. Haitta- puoliin voidaan lukea asentamisen hitaus, kaatopaikan täyttötilavuuden piene- minen, huono säädettävyys sekä imuvaikutuksen epätasainen jakautuminen. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 77.)

Päävaihtoehtoina kaasunkeräysjärjestelmän sijoitukselle on yhdistää yksittäiset imuputket pumppaamolle tai yhdistää imukaivot ala-asemiin kaasun siirtämiseksi kokoojalinjan avulla pumppaamolle. Valinnan ratkaisee kaatopaikan koko. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 78.)

Imukaivon yläosassa kaasun lämpötila vaihtelee välillä 5–30 °C ja se sisältää vesihöyryä jopa 30 g/m³. Putkisto on rakennettava routarajan alle ja pääsään- töisesti yli 5 % kaltevuuteen kondenssiveden aiheuttamien ongelmien välttämiseksi. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 78.)

Keräilyverkoston pumppaamon tehtävänä on aiheuttaa riittävä alipaine (tarvitta- essa noin 800 mbar: in paine-ero) kaasun ympäristöön pääsemisen estämiseksi. Pumppaus aiheuttaa ilmavirran kulkemisen kaatopaikkaan päin jolloin kasvil-

lisuudelle suotuisat olosuhteet säilyvät pintakerroksessa sekä hajuhaitat poistuvat. Imuteho on myös säädettävä siten, että happi ei pääse kulkeutumaan syvälle jätetäyttöön. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 78.)

Pumppaamon mitoituksessa, materiaali- ja laitevalinnoissa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin

- pumppauskapasiteetti ja säätöalue
- imupaineen ja virtauksen säätömenetelmä
- paine kompressoriaseman jälkeen (siirtoputkiston koko, pituus, hyötykäyttö-laitteiden tarvitsema kaasun paine)
- vedenerotus tulevasta kaasusta
- kaasun kuivaustarve pitkällä siirtoetäisyyksillä
- tilaluokitus (kyseessä on räjähdysvaarallinen tila)
- käyttöturvallisuus, mittaukset ja analysaattorit (vähintään CH₄ ja O₂)
- soihtupoltin (kontrolloitu korkealämpötilapolttio 1200 °C, viiveaika 0,3 s)
- dokumentointi
- käytettävyys. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 76.)

Kaasun poltto pystytään toteuttamaan myös kaivokohtaisesti, jolloin imuputkisto sekä pumppausasema jäävät tarpeettomaksi. Itsepolttava kaasukaivo rakennetaan asentamalla betonilaatta pystykaivon päälle jonka läpi itseimevä pystyputki tulee liitettäväksi polttimoon. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 78.)

Metaani- ja happianalysaattorit seuraavat jatkuvasti kaasun koostumusta ja aiheuttavat räjähdysvaarasta johtuen laitoksen alasajon, mikäli kaasun happipitoisuus kohoaa yli tai metaanipitoisuus laskee alle hälytysrajan (taulukko 6). (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 78 - 79.)

Taulukko 7. Kaatopaikkakaasulaitoksen valvonta. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 78.)

Mitattu suure	Syttymisraja	Pysäytys	Hälytys
Kaasun metaanipitoisuus	12,5 %	25 %	30 %
Kaasun happipitoisuus	11,6 %	6 %	3 %
Huoneilman metaanipitoisuus	5 %	2,5 %	1 %

6.2 Kaasun hyödyntäminen energiana

Mahdollisuuksien mukaan kaatopaikkakaasun sisältämä energia tulisi hyödyntää sähkön ja lämmön tuotantona sekä suoraan metaanina. Mikäli kaatopaikkakaasua ei ole mahdollista hyödyntää joko taloudellisista tai teknisistä syistä, tulee kaasu käsitellä biologisesti tai polttamalla. Jotta metaanista saataisiin mahdollisimman suuri osa talteen, tulisi kaatopaikkakaasun talteenotto järjestää jo kaatopaikan käytössäoloaikana. Kaasun hyödyntämistä, keräämistä ja käsittelyä koskevia määräyksiä voidaan alentaa lupaviranomaisten päätöksellä. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 79.)

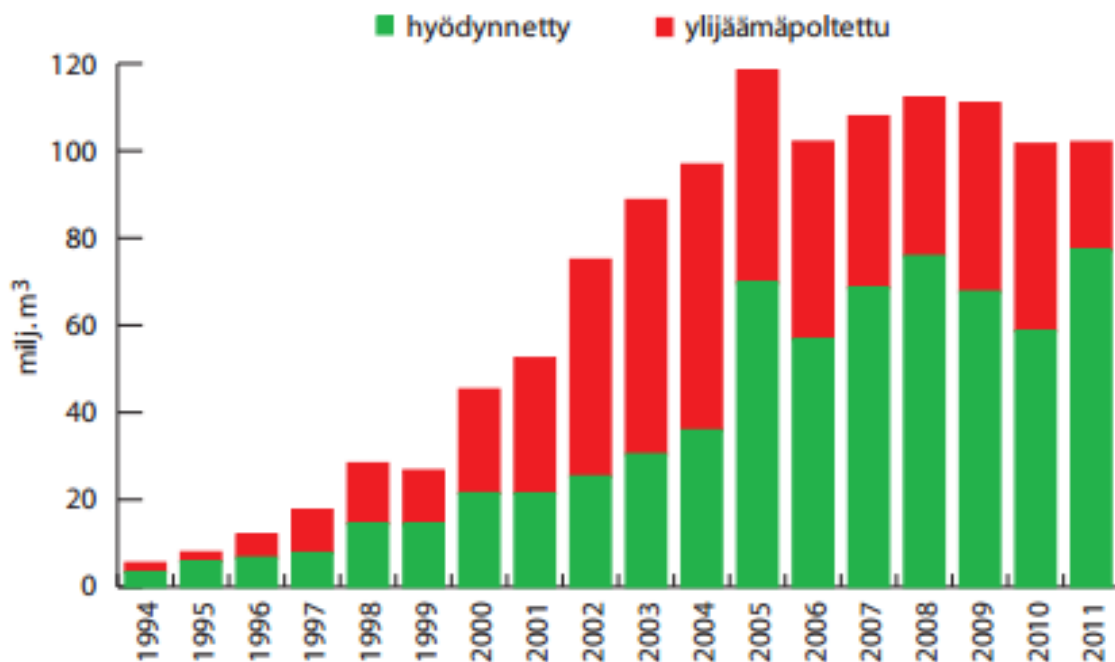
Suomessa tuotettujen kasvihuonepäästöjen määrää voidaan vähentää keskeisesti kaatopaikkakaasujen keräilyllä ja poltolla. Kaatopaikkakaasu sisältää yleensä haitallisia kloori- ja fluorihiihivetyjä 0–300 mg/m³. Epätasainen lämpötilajakauma sekä hallitsematon poltto ulkoilmassa voi synnyttää erittäin haitallisia palamisyhdisteitä. Tästä syystä myös soihtupolttamisessa on palaminen tapahtuttava riittävällä ilmakertoimella ja sekoituksella, 1000–1200 °C lämpötilassa 0,3 s ajan riittävän hyvän palamistuloksen saavuttamiseksi. Soihtupoltossa ei kuitenkaan voida hyödyntää metaanin sisältämää energiaa. Vuonna 2002 kaatopaikkakaasun kerääminen ja käsittely tuli pakolliseksi, ja siitä lähtien metaania on tuhottu sekä poltettu vähemmän haitalliseksi hiilidioksidiksi. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 79.)

Metaani sisältää runsaasti energiaa noin 4,5 kWh / m³ (metaania vähintään 50 %), ja kaksi kuutiota metaania vastaa noin litraa öljyä. Kuutiometrissä kaasua voidaan saada sähköä 1,5 kWh ja lämpöä 2,5 kWh tai vaihtoehtoisesti pelkkää

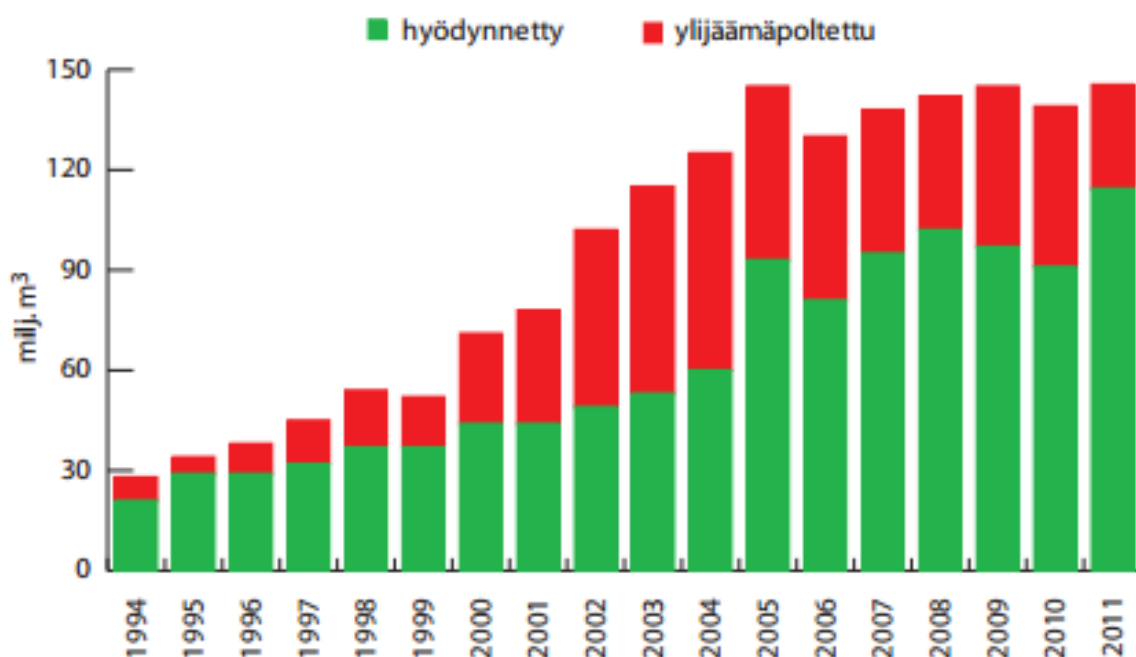
lämpöä 4 kWh. Kaatopaikkahehtaaria kohden saadaan yleensä energiaa noin 100–200 kW. Näin ollen n 10 ha kaatopaikka voi tuottaa vuosittain 4200 MWh sähköä ja 7000 MWh lämpöä kaasumoottorivoimalaitoksessa. Lämpöä voidaan tuottaa vaihtoehtoisesti myös lämpökeskuksessa noin 11000 MWh. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 79.)

Kaasun hyödyntämiseen lämpöenergiana liittyy myös ongelmia. Taloudellisesti lämmöntuotanto on kannattavaa vain jos kaatopaikan läheisyydestä löytyy lämmön käyttökohde. Tämä voi olla haastavaa sillä nykyiset kaatopaikat on sijoitettu kauas taajamista ja kaukolämpöverkoista. Myös kaasuntuotannon kausivaihtelu aiheuttaa ongelmia, sillä kesällä kaasuntuotanto on suurimmillaan ja lämmöntarve pienimmillään. Kaasun varastointi kausivaihtelun tasaamiseksi isoimmissa määrin on myös hankalaa. Yhdistetty kaasuntuotannon hyödyntäminen sähkö- ja lämpöenergiana on tehokkaampaa kuin pelkän lämmön tuottaminen, sillä sähköenergiaa voidaan tuottaa myös silloin kun lämpöenergian tarve on vähäistä. Puhdistetun, jalostetun ja paineistetun biokaasun käyttö on mahdollista myös liikennekäytössä. Sitä voidaan käyttää maakaasua käyttävien ajoneuvojen polttoaineena. Ympäristöä ajatellen puhdistettu biokaasu on erittäin hyvä liikennepolttoaine. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 80 - 81.)

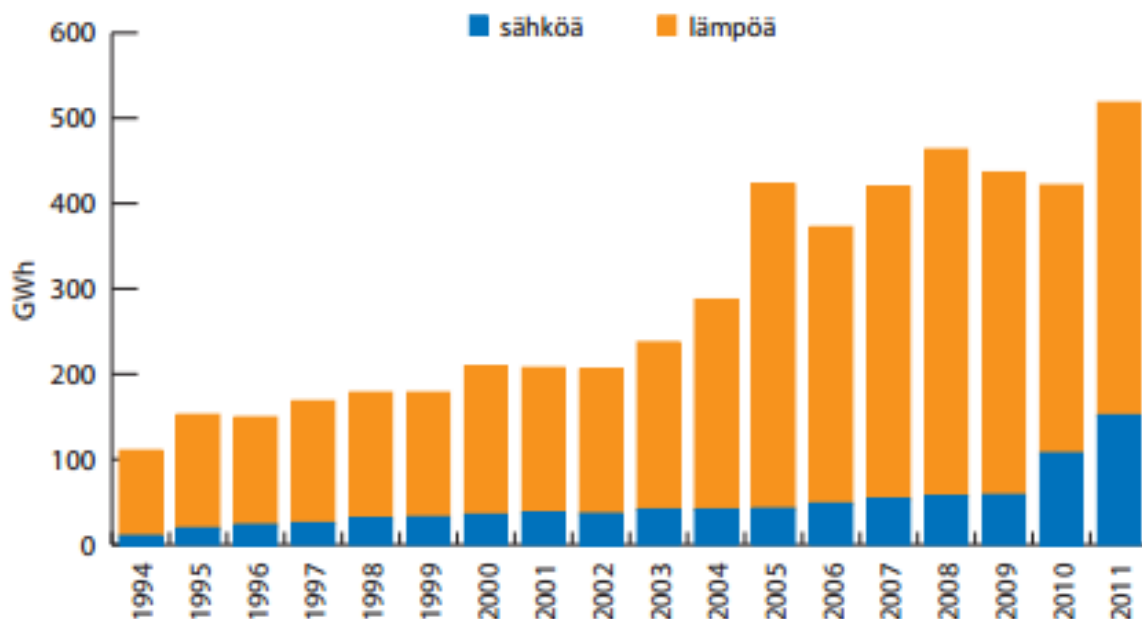
Kaaviossa 1 esitetään Suomessa tapahtuvan kaatopaikkakaasun tuotantoa, josta huomataan kaasun hyödyntämisen olevan melko tasaisesti kasvavaa. Tämä sama kehitys on nähtävissä myös koko Suomen biokaasun tuotannossa ja hyödyntämisessä (kaavio 2). Koko suomen biokaasun tuotannosta energiaksi hyödyntämiseen kuluu suurin osa kaasusta lämmöntuotantoon (kaavio 3). Selvästi suurimpana biokaasun lähteenä toimivat kaatopaikat (kaavio 4.)



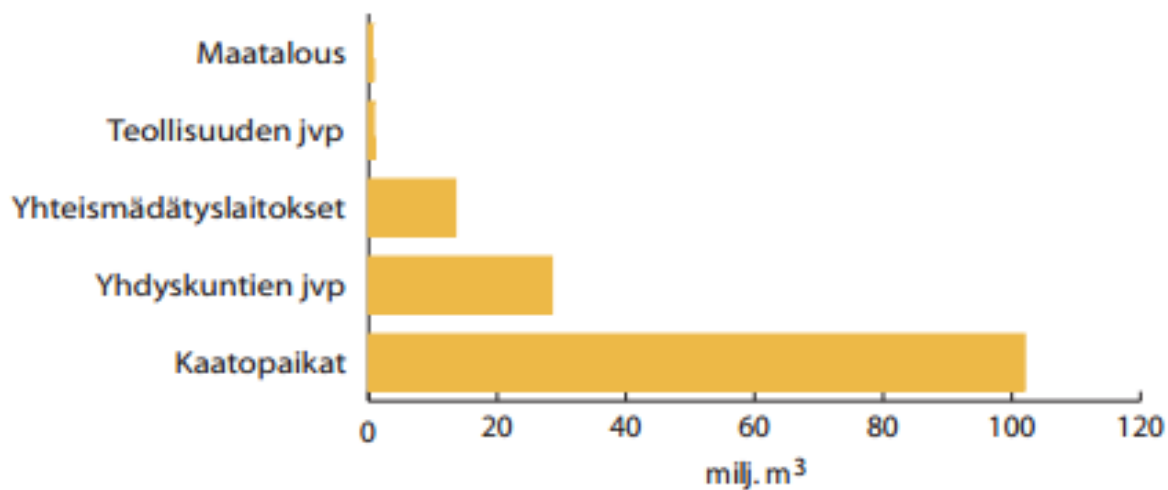
Kaavio 1. Kaatopaikkakaasun tuotanto ja hyödyntäminen vuosina 1994 - 2011. (Huttunen & Kuittinen 2012, 31.)



Kaavio 2. Suomessa vuosina 1994 - 2011 tuotettu biokaasu ja sen hyödyntäminen. (Huttunen & Kuittinen 2012, 16.)



Kaavio 3. Biokaasulla tuotettu energiamäärä Suomessa vuosina 1994 - 2011. (Huttunen & Kuittinen 2012, 16.)



Kaavio 4. Biokaasutuotanto Suomessa laitostyypeittäin vuonna 2011. (Huttunen & Kuittinen 2012, 16.)

6.3 Kaatopaikkakaasun biologinen käsittely

Kaatopaikkakaasua voidaan käsitellä myös biologisesti, missä mikro-organismeihin perustuvaa metaanin hapettumista tapahtuu kaatopaikan pintakerroksessa tai erillisissä biosuotimissa ($\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$). Pintakerros hapettaa myös haisevat rikkiyhdisteet. Rakentamalla yksittäisiin kaasunpurkautumiskohtiin biosuodin tai levittämällä esimerkiksi kompostia jätepenkeeseen pintaan, voidaan biologista hapettumista tehostaa. Kompostin mahdollinen ympäristökuormitus tulee myös ottaa huomioon. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 82.)

Metaania hapettavien mikro-organismien toiminnalle oleellisia tekijöitä pintakerroksessa tai biosuotimessa ovat:

- lämpötila (optimi 25–36 °C)
- kosteus (optimi 10–15 %)
- happi
- orgaaninen hiilipitoisuus ja ravinteet
- materiaalin huokoisuus. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 82.)

Optimaalisten olosuhteiden säilyminen mikro-organismeille tulee varmistaa riittävällä kunnossapidolla mm. huolehtimalla riittävästä pintakerroksen ravinnetilasta sekä huokoisuudesta. Biologinen kaasunkäsittely ei ole paras teoreettinen kaasunkäsittelytapa, koska optimilämpötilan ylläpitäminen pintakerroksessa ei ole mahdollista Suomen olosuhteissa. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 82.)

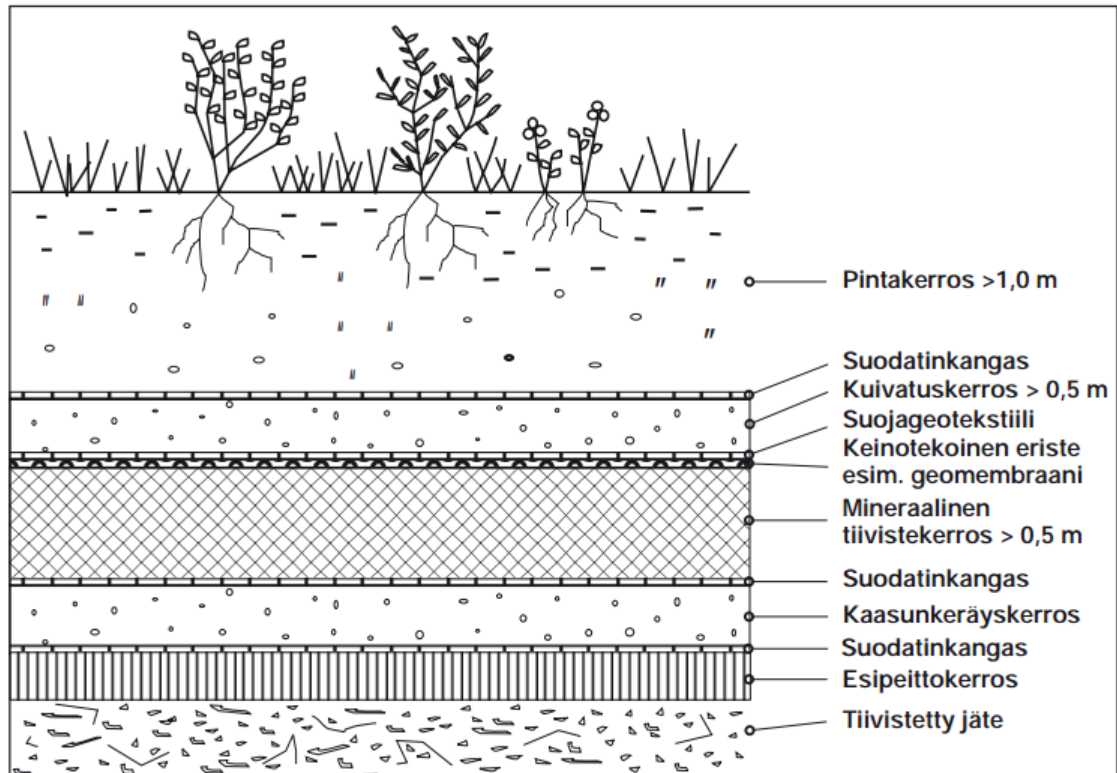
Kaatopaikkaveden ja kaatopaikkakaasun keräilyä ja käsittelyä suunniteltaessa on muistettava:

- Kaatopaikan sisäisen vesipinnan lasku voidaan tarvittaessa toteuttaa suuntaporausta käyttäen tai muiden ojitus- ja pumppausjärjestelyiden avulla.
- Kaatopaikalta purkautuvaa vesimäärää voidaan pienentää au-raamalla lumi ja kierrättämällä vettä tai tehostamalla haihduntaa.
- Puhtaat ja likaantuneet kaatopaikkavedet on pidettävä erillään ojitusjärjestelyin.

- Kaatopaikkavedet puhdistetaan riittävän tehokkaalla puhdistusmenetelmällä joko paikan päällä tai johdetaan jätevesien puhdistamolalle, mikäli siitä ei aiheudu haittaa tämän toiminnalle.
- Kaatopaikkakaasut on kerättävä ja käsiteltävä tai hyödynnettävä tapauskohtaisesti tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 83.)

7 Suljettavan kaatopaikan rakenteet

Kaatopaikan saavutettua lopullisen täyttökorkeutensa on rakennettava pintaeristys (kuva 4). Pintaeristys estää sade- ja pintavaluntavesien imeytymistä jätemassaan, likaisen suotoveden muodostumista sekä haitta-aineiden imeytymistä ympäristöön. Tiivis pintakerros tehostaa kaatopaikkakaasun talteenottoa sekä vähentää kaatopaikalla esiintyviä haju-, pöly-, lintu- ja maisemahaittoja. Myös pintavesien erillään pitämisessä kaatopaikkavesistä on tiiviillä pintakerroksella tärkeä rooli. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 45.)



Kuva 4. Esimerkki kaatopaikan pintaeristyksen rakennekerroksista. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 45.)

Pintaeristysrakenteen jokaisella kerroksella on oma tehtävänsä ja omat vaatimuksensa. Eri vaatimukset riippuvat siitä, onko kyseessä tavanomaisen jätteen, pysyvän jätteen vai ongelmajätteen kaatopaikka ja nämä vaatimukset on asetettu valtioneuvoston päätöksessä kaatopaikoista (VNp 861/1997). (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 46.)

7.1 Jätetäytön käsittely

Jätetäyttö tulee muotoilla tulevien rakennekerrosten kaltevuuteen siten, että pintakaltevuus on riittävän jyrkkä tehokkaan pintakuivatuksen saamiseksi myös painuman jälkeen, ja toisaalta riittävän loiva rakennekerrosten liukumisen estämiseksi. Mikäli jätetäyttöä ei ole tiivistetty, on se tehtävä muotoilun yhteydessä esimerkiksi raskaalla kaatopaikkajyrällä. Tiivisty tehdään parantamaan kantavuutta sekä ehkäisemään epätasaista painumista. Jätetäytön kantavuutta voi

lisätä myös lajittelemalla kantavampi jäte täytön pinnassa tasaiseksi kerrokseksi. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 46.)

7.2 Esipeittokerros

Esipeittokerroksen tehtävänä on estää jätteen ja pintarakenteiden sekoittuminen, tasata jätetäytön pinta sekä tuoda kantavuutta tuleville rakennekerroksille. Esipeittokerrokseen voidaan käyttää luonnon maa-ainesta sekä työstämiskelpoisesta ylijäämämaasta. Mikäli jätetäytön kantavuus on huono, voidaan käyttää myös kantavuutta parantavia materiaaleja. Suositeltuna vähimmäispaksuutena esipeittokerrokselle on 300 mm. Esipeittokerrosta voi joutua korjaamaan ja jätetäyttöä muotoilemaan ennen pintarakenteiden tekoa, mikäli jätetäytössä painuminen on jatkunut. Esipeittokerroksessa ei saa olla esiin työntyviä suuria lohkareita tai kiviä, liian suuria epätasaisuuksia tai vettä kerääviä painanteita. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 46 - 47.)

7.3 Kaasunkeräyskerros

Tärkeimpiä vaatimuksia kaasunkeräyskerroksen toiminnalle ja niihin vaikuttavista tekijöistä ovat

- kaasunkeräyskyky, mitoitus kerrospaksuuden ja kaasunläpäisevyyden perusteella
 - kestävyys aggressiivisten kaasukomponenttien suhteen
 - kestävyys suotovirtausten suhteen
 - kyky olla karstaantumatta kaasusta peräisin olevasta materiaalista
- (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 47.)

Suosittelut minimipaksuus kaasunkeräyskerrokselle on 300 mm maa-aineksesta tehtynä. Kerrokseen käytetään karkeaa, lajittunutta maa-ainesta tai geosynteettistä materiaalia ja se liitetään kaasunkeräysjärjestelmään. Jättemassaa voidaan joutua kastelemaan kaasunmuodostuksen tehostamiseksi jolloin kaasunkeräyskerroksen yhteyteen voidaan rakentaa kosteuden jakokerros. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 47.)

7.4 Tiivistyskerros

Kaasun purkautumisen ohjaamiseen sekä sadeveden imeytymisen vähentämiseksi jätetäyttöön rakennetaan tiivistyskerros. Se toimii pintarakennekerroksen tärkeimpänä osana ja siksi sen suunnitteluun sekä rakentamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tärkein asia mineraalisessa tiivistyskerroksessa on halkeamien syntymisen ehkäisy, sillä vedenläpäisevyys halkeilleella tiivistysrakenteella voi olla 100 - 1000 -kertainen. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 48.)

Suunnittelussa ja rakentamisessa on kiinnitettävä huomiota jätetäytön painumiseen, routimiseen, kuivumiseen ja kemialliseen muuntumiseen halkeilun estämiseksi. Tiivistyskerroksen rakenteen on kestävä myös vetojännitystä jotta tiiveysominaisuudet säilyvät. Minimipaksuus tiivistyskerrokselle on 500 mm, mutta kaatopaikkamääräyksissä ei ole annettu numeerisia arvoja vedenläpäisevyydelle. Rakenteen tehokkuus määrää vedenläpäisevyysvaatimuksen. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 48.)

Toinen tapa vedenläpäisevyysvaatimuksen määrittämiseksi on arvioida kaatopaikkaan päästettävä veden määrä ja mitoittaa tiivistyskerros tämän vaatimuksen mukaisesti. Esimerkiksi haluttaessa kaatopaikkaan imeytyvän veden määräksi 5 % vuotuisesta sadannasta tiivistyskerroksen vedenläpäisevyyden on oltava $1 \cdot 10^{-9}$ m/s tai pienempi. Mikäli voidaan sallia jätetäyttöön imeytyvän veden määräksi 20 - 25 % on vedenläpäisevyyden oltava $1 \cdot 10^{-8}$ m/s tai pienempi. Tiivistysrakenteen ja suotoveden puhdistustoimien välillä on suoritettava optimointitehtävä, sillä suotoveden määrään vaikuttaa tiivistyskerroksen mitoitus. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 48.)

Tiivistyskerroksen materiaaleina voidaan käyttää maabentoniittiseosta, silttiä, silttimoreenia, savea. geosynteettistä materiaalia (bentoniittimatto) sekä teollisuuden sivutuotteesta joka täyttää mineraalisen tiivistyskerroksen laatu- ja ympäristövaatimukset. Mikäli halutaan käyttää vaihtoehtoisia materiaaleja, tulee niiden perusratkaisua vastaava tiiveys osoittaa laboratoriokokein sekä testattavalla koerakenteella. Rakennettu tiivistyskerros on suojattava välittömästi kastumiselta, kuivumiselta, eroosiolta sekä jäätymiseltä. Mikäli materiaali vahingoittuu kastuessaan tai kuivuessaan, on vahingoittunut, vettynyt tai kuivunut materiaali poistettava ja korvattava uudella. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 48.)

Mineraaliseen tiivistyskerrokseen käytettävä materiaali on tarvittaessa homogeenisoitava ja siitä on poistettava yli 32 mm kivet. Varastoitu materiaali on tarvittaessa peitettävä kastumisen ja pölyämisen estämiseksi. Mikäli materiaalissa pääsee tapahtumaan erottumista kuljetuksen tai varastoinnin yhteydessä, on se homogeenisoitava uudelleen ennen rakenteeseen vientiä. Taulukossa 7 esitetään ohjeellisia minimivaatimuksia kaatopaikkojen minimisuojausrakenteista. Tiivistyskerroksen vaatimukset vastaavat kaatopaikan pohjarakenteille esitettyjä minimivaatimuksia, jotka esitetään kaatopaikkadirektiivissä. Tapauskohtaisesti lupaviranomainen voi tiukentaa suojausvaatimuksia, mutta niiden alentaminen vaatii luotettavan ympäristö- ja terveysvaikutusten kokonaisarvioinnin. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 48.)

Taulukko 8. Suositukset tiivistysrakennerratkaisuiksi. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 49.)

	Tavanomaisen jätteen kaatopaikka	Ongelmajäte- ja riskikaatopaikka
Tavoite	Suotovesien rajoitus, haitan esto	Suotovesien rajoitus, haitan ja leviämisen esto
Perusratkaisu	Mineraalieriste: paksuus: $\geq 0,5$ m k-arvo: $< 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ^{x)}	Mineraalieriste: paksuus: $\geq 0,5$ m k-arvo: $< 1 \cdot 10^{-9}$ m/s Keinotekoinen eriste
Materiaalivaatimukset:	“Kaatopaikan tiivistysrakenteet” (Leppänen 1998)	“Kaatopaikan tiivistysrakenteet” (Leppänen 1998)
Mahdolliset vaihtoehdot (Vastaavuus perusratkaisuun osoitettava)	Ohennettu mineraalieriste Bentoniittimatto Muut korvaavat materiaalit Yhdistelmä rakenne	Poikkeusratkaisu mahdollinen vain erityisen hyvin perustelluissa tapauksissa

^{x)} Vaatimuksesta voidaan poiketa tekstissä ilmenevin perustein

Tiivistyskerroksen esitettyjä paksuuksia ei tarvitse pitää ehdottomina, sillä kerros on mahdollista korvata ohuemmalla, saman suojaustason saavuttavalla kerroksella. Kuitenkin vastaavuuslaskelmissa käytetään taulukon antamia paksuuksia sekä vedenläpäisevyysarvoja. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 49.)

Mikäli mineraalinen tiivistyskerros halutaan korvata vaihtoehtoisella materiaalilla, on sen täytettävä perusratkaisulle asetetut vaatimukset ja se tarvitsee myös ympäristöluvan. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 49.)

Mineraalista tiivistyskerros materiaalia korvattaessa tutkitaan vaihtoehtoisesta materiaalista mm. seuraavien teknisten ja ympäristö-kelpoisuutta kuvaavien ominaisuuksien vastaavuudet

- maksimimuodonmuutos (painuma)
- vedenläpäisevyys eri rasiutilanteissa
- ominaisuuksien säilyminen pakkas-/sulamisrasitusten jälkeen
- materiaalien ympäristökelpoisuus
- biologinen hajoaminen
- karbonaattimineraalien ja muiden liukenevien aineiden määrä
- kuivumiskutistuma < 5 % (tilavuuskutistuma)
- kaatopaikkakaasujen läpäisevyys kuivana ja märkänä.

Lisäksi edellä mainittuja ominaisuuksia on tarkasteltava tiivisterakenteessa käytettäville vaihtoehtoisille materiaaleille seuraavissa rasiustilanteissa

- toistuva kastuminen ja kuivuminen
- eroosiorasitus
- UV-rasitus
- terminen rasitus (hetkellinen/pitkäaikainen)
- juuriston ja pieneläinten aiheuttamat vauriot

Rakenteen vastaavuutta perusratkaisuun verrattuna voidaan arvioida mallinnuksen avulla. (Ympäristöhallinnon ohjeita 2008, 49 - 50.)

Kysymykseksi muodostuu se, että voidaanko luonnonmateriaaleilla saavuttaa riittävä tiiveys painuvalle alustalle rakennettaessa. Esimerkiksi rakennettaessa tiivistyskerros savesta, muodostaa se rakentamiskosteudessa paakkuja jotka olisi syytä saada rikottua rakennetta tehtäessä. Jos paakkuja ei saada rikottua, muodostuu tiiviiden paakkujen ympärille halkeamia ja vähemmän tiiviitä alueita, joiden vedenläpäisevyys on helposti sata kertaa suurempi kuin vastaavasta materiaalista saatu laboratoriotulos. Ongelmaa on pyritty vähentämään tiivistämällä rakenne useassa kerroksessa ja tekemällä siitä paksu. Paakkuuntumisongelmaa ei yleensä esiinny moreenilla sen vähäisen savipitoisuuden vuoksi ja tiivistyksen yhteydessä se homogenisoituu. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 54.)

Luonnonmateriaalista tehdylle tiivistyskerrokselle sallitaan noin 1 %:n venymä pintarakenteen kuormituksen ollessa 15–20 kPa. Venymä ylittyy rakenteessa hyvin todennäköisesti, mutta luonnonmaasta tehdyn tiivisrakenteen kestävyyttä painumia vastaan voidaan lisätä tiivisteen alle tai sisään asennettavien geolujitteiden avulla. Luonnonmateriaalista tehtyjen rakenteiden tiiviyttä huonontaa lisäksi kuivuminen, jäätyminen ja sisäinen eroosio. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 54 - 55.)

Luonnonmaatiivisteet ovat nykykäsityksen mukaan huomattavasti vettä läpäisevämpiä kuin niiden oletetaan olevan suunnitelmien perusteella, joten niitä ei tule käyttää kuin vähäisen riskin omaavilla kaatopaikoilla. Useimpia rasiuste-

kijöitä vastaan voidaan taistella lisäämällä tiivistekerroksen päälle vaikka ohutkin keinotekoinen eriste ja lisäämällä suojakerroksen paksuutta. (Ympäristöhallinnon ohjeita 2008, 56.)

Luonnonmaa-ainekseen sekoitetulla jauhemaisella bentoniitilla saadaan valmistettua maabentoniittia, ja sitä voidaan tiivistää samoin menetelmin kuin luonnonmateriaaleja. Bentoniitin sekoittaminen runkoainekseen homogeenisesti on rakenteen toimivuuden kannalta tärkeää. Bentoniitin määrä riippuu runkoaineksen rakeisuudesta sekä tiivistysolosuhteista. Maabentoniitin tiivistyksessä on päästävä riittävän suureen suhteelliseen tiiviyteen, joka on pintarakenteille 90–92 %. Vedenläpäisevyyksarvoksi laboratorikokeissa tulisi saada $k \leq 10\text{-}10\text{m/s}$. Tämän tuloksen saavuttamiseksi on bentoniitin määrä suhteutettava oikein runkoainekseen. ((Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 56.)

Maabentoniitilla on hyvä jäätymis- sulamisrasitus kestävyys. Myös jäätyneenä maabentoniitti säilyttää osan hydraatiosta ja hydratoituu uudestaan rakenteen sulaessa. Maabentoniitin kuivussa se ei yleensä halkeile, vaikka sen huokoisuus kasvaa, johtuen kantavasta runkoaineksesta. Bentoniitin kastuessa se hydroituu ja täyttää jälleen huokokset. Bentoniitin ioninvaihto sekä sisäinen eroosio vaarantavat maabentoniitin pitkäaikaiskestävyyden. Pienet montmorillonitiipartikkelit aiheuttaa bentoniitin tiiveysvaikutuksen niiden sitoessa sähköisillä voimilla suuren määrän vettä. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 56.)

Natriumbentoniitti voi paisua jopa 15-kertaiseksi ionivaihdetussa vedessä. Mikäli bentoniitissa tapahtuu natriumin vaihtuminen kalsiumiksi tai magnesiumiksi, on paisuminen enää vain kolmasosa natriumbentoniitin alkuperäisestä paisumisesta. Maabentoniitti ei pysty kompensoimaan bentoniitin paisumisen vähentymistä sen jäykän runkorakenteen vuoksi, jolloin vedenläpäisevyys ja huokoisuus kasvavat. Mikäli rakenteeseen muodostuu vettä johtavia huokosia tai halkeamia alkaa sisäinen eroosio joka kiihtyy ajan mittaan. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 56 - 57.)

Tiivistysrakenteena voidaan käyttää myös bentoniittimattoa, jossa bentoniittia on levitetty ohut kerros (alle 1 cm) kahden neulasidotun kuitukankaan väliin. Kuitukankaiden välissä olevan bentoniitin kastuessa se muodostaa paineellista geeliä, jolla päästään vedenläpäisevyydessä luokkaan 5-10-11m/s. Kun bentoniittimaton kosteus nousee yli 70 tilavuus- % (vastaa 20 kPa:n kuormituksella 120 %) siitä tulee myös hyvin kaasutiivis. Bentoniittimaton sidontatekniikka, kuormituspaine, bentoniitin laatu ja vesipitoisuus vaikuttavat kaasunläpäisevyyteen alhaisissa kosteuksissa. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 57.)

Bentoniittimatto voi myös kuivua sekä halkeilla. Sen saadessa uudestaan vettä se kuitenkin paisuu ja täyttää halkeamat nopeasti. Kuivuneella bentoniittimatolla voi olla suuri vedenläpäisyarvo ensimmäisen rankkasateen aikana, mutta vuorokauden kuluttua se pienenee huomattavasti. Saksalaisen tutkimuksen mukaan bentoniitin paisumiskapasiteetti pienenee merkittävästi ja vedenläpäisevyys kasvaa, mikäli kuivumiseen liittyy liukoisen kalsiumin kulkeutuminen bentoniittiin. (Egloffstein 2001) mukaan bentoniitin ionivaihto on välttämätöntä, mutta kuormituspaineen ollessa riittävä (15–20 kN/m²) kasvaa vedenläpäisevyys vain 10–15-kertaiseksi, mikä vastaa vuosisadannasta 1-2 % läpäisyä. Yhdysvaltalaisen tutkimuksen (Meer ja Benson 2007) mukaan bentoniitin nopea ionivaihdos ja tähän yhdistyvä kuivuminen kasvattavat bentoniittimaton vedenläpäisevyyttä jopa neljä kertaluokkaa. (Egloffstein 2001) mukaan Ns. aktivoitun bentoniitin sisältämä kalsiumkarbonaatti aiheuttaa väistämättä natriumbentoniitin muuttumisen kalsiumbentoniitiksi (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 57.)

Bentoniittimaton alempi kuitukangas kestää yleensä jopa 10 - 15 % venymiä ennen repeämistä, joten se on hyvin sietokykyinen alustan epätasaisille muodonmuutoksille. Bentoniittimattoon on mahdollista asentaa kiinteä membraanikalvo jo tehtaalla, millä edelleen parannetaan maton kestävyyttä. (Koerner ym. 1996) tutkimuksen mukaan painuvassa rakenteessa tulisi käyttää kalvolaatuja jotka ovat joustavia kuten VLDPE, LLDPE, PP tai PVC (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 56.)

Bentoniittimattojen asennuksessa kriittinen kohta on saumojen limityspituus epätasaisen painumisen omaavalla jätetäytöllä. Mikäli suunnittelija ei ole erikseen arvioinut limityspituutta, voidaan minimileveytenä pitää 500 mm sekajätteen kaatopaikalla. Asennusalustan on oltava tasainen eikä se saa sisältää kiviä eikä teräviä kappaleita. Tästä muodostuu kriittinen kohta maton vedenläpäisevyydelle. Bentoniittimatto kestää hyvin jäädytys-sulatus rasitusta. Podgorney ja Bennett (2006) tekemässä kokeessa, bentoniittimaton vedenläpäisevyys ei huonontunut 20 kPa:n rasituksessa, vaikka sille oli tehty 150 jäädytys-sulatussykliä. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 58.)

Bentoniittimaton minimilaatuvaatimuksina voidaan pitää seuraavia vaatimuksia:

- Bentoniitin tulee olla luonnon natriumbentoniittia (Natural sodium bentonite), aktivointia ei sallita.
- Bentoniitin laatu, eli montmorilloniittipitoisuus, varmistetaan joko XRD menetelmällä, jolloin vaatimus on 90 % tai metyleenisinimenetelmällä, jolloin vaatimus on ≥ 300 mg/g. Bentoniitin laatu varmistetaan lisäksi paisumiskokeella. Minimivaatimus ASTM D5890 -menetelmällä on 24 ml/2 g ja DIN 18132 -kokeella ≥ 600 %.
- Bentoniitin minimimäärä matossa on 4000 g/m² 0 %:n kosteudessa. Keskiarvo on tällöin käytännössä 4500 g/m²
- Yläpuolisen kuitukankaan tulisi olla neulasidottu (non-woven) ja painoltaan vähintään 200 g/m². Alapuolisen tukikankaan tulisi olla yhdistelmä kudotusta (woven, paino vähintään 100 g/m²) ja neulasidotusta (paino vähintään 100 g/m²).
- Maton vetolujuuden tulee olla vähintään 7 kN/m.
- Maton repimislujuuden (Peel strength) tulee olla Peel-testillä (ISO 10319) ≥ 60 N/10 cm.
- Maton murtovenymän (elongation at break) tulee olla vähintään 25 %.
- Maton vedenläpäisevyyden on oltava joko pienempi kuin 5·10⁻¹¹m/s (k-value tai permeability) tai pienempi kuin 5·10⁻⁹m³/m²/s (permittivity). (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 58 - 59.)

Luonnonmaatiivistettä luotettavampana vaihtoehtona voidaan pitää bentoniittimattoa sekä maabentoniittia. Bentoniitti on aina suojattava kastumiselta ja sen yläpuolelle ei saa sijoittaa materiaaleja joista voi liueta magnesiumia tai kalsiumia. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 59.)

On olemassa myös yhdistelmäateriaaleja jotka sisältävät hiekkaa, bentoniittia, vettä ja polymeeriä. Tällaisia materiaaleja sisältävä tuote on esimerkiksi patentoitu Trisoplast, jonka Saksalainen riippumaton asiantuntijaelin on hyväksynyt korvaamaan luonnonmaatiivisten Trisoplast- kerroksen ollessa 100mm paksu. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 60.)

Kaatopaikan lopettamiseen liittyviä kustannuksia voidaan pienentää myös käyttämällä ympäristölle haitattomia ja vaatimukset täyttäviä teollisuuden sivutuotteita, ylijäämämaita, lievästi pilaantuneita maita sekä kompostoitua lietettä. Nämä vaihtoehdot myös vähentävät luonnonmateriaalien käytöstä johtuvia maisema- ja ympäristövaikutuksia. Sivutuotteiden ollessa pääasiassa jätettä, niiden käyttö vaatii jäteluvan ja hyödyntäminen ympäristöluvan. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 60.)

Tiivisrakennetta ei saa tehdä alle +5 °C lämpötilassa, eikä se saa sisältää jäätä tai lunta. Pääsääntöisesti työtä ei saa tehdä myöskään sateen aikana. Myös liiallinen tuuli ja auringonpaiste voivat aiheuttaa ongelmia rakennetta tehtäessä liiallisen kuivumisen myötä. Kuivunut pinta on korjattava tai poistettava ennen uuden kerroksen levittämistä sen päälle. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 66.)

7.5 Keinotekoinen eriste

Mikäli halutaan kokonaan estää sadevesien imeytyminen jätetäyttöön sekä tehostaa kaasun keräilyä, käytetään mineraalisen eristeen sijasta keinotekoista rakennetta / materiaalia (muovikalvo) joka ei läpäise vettä. Keinotekoisen eristeen käyttämisestä vaaditaan ongelmajätteen kaatopaikoilla, mutta sitä voidaan

tarvittaessa vaatia myös tavanomaisen jätteen kaatopaikoilla, esimerkiksi pohjavesialueen läheisyydessä. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 50.)

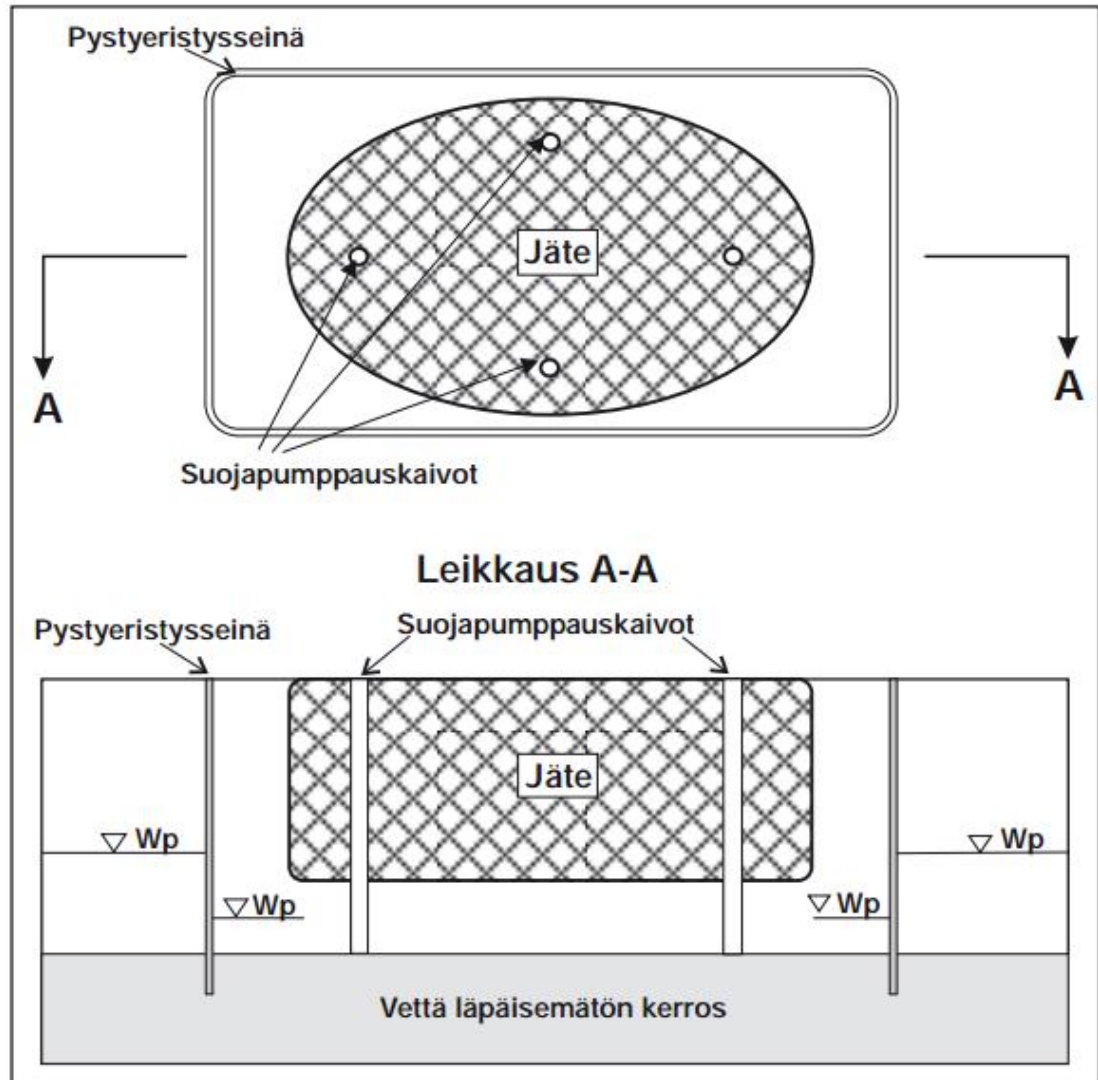
Keinotekoisien eristeiden on kestävä kemiallisia rasituksia sekä muodonmuutoksia, joita aiheuttaa alapuolisten rakenteiden ja jätetäytön epätasainen painuminen. Kalvon mekaaniset ominaisuudet alkavat heiketä auringon UV-säteilyn vaikutuksesta, joten se on peitettävä maakerroksella tai tapauskohtaisesti geotekstiilillä heti asennuksen jälkeen. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 50.)

Keinotekoisien eristyksen materiaaleina käytetään bitumia ja butyylikumia, polyeteeniä (PE), polypropeenaa (PP) sekä polyvinyylidikloridia (PVC). Asfalttia voidaan käyttää eristeenä vain harvoin, sillä se ei juuri kestä pohjan muodonmuutoksia. Myös asfaltin saaminen vesitiiviiksi vaatii hyvin kantavan alustan (vähintään 45 MPa). Asfaltin käyttö tiivistysrakenteena sopii lähinnä tavanomaisen- tai ongelmajätteen kaatopaikoille, jonka jäte koostuu lähinnä tuhkasta tai mineraaleista. Ohuet kalvot reikiintyvät helposti kuljetuksen, asentamisen sekä käytön aikana, joten niitä ei tule käyttää yksinään ilman alapuolista mineraalista tiivistyskerrosta. Myös kalvon yläpuoli on suojattava rakenteessa hienorakeisella kiviaineksella ($d < 3$ mm ja kerrospaksuus 50 - 100 mm), karkean kiviaineksen kalvoon tunkeutumista vastaan. Mikäli kalvon yläpuolella käytetään geotekstiiliä suojaamaan karkealta kiviainekselta, on sen suojausteho osoitettava. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 50 - 51.)

7.6 Pystyeristys

Pystyeristysseinien (kuva 5) tehtävänä on veden vaakasuuntaisen liikkumisen estäminen siten, että jätetäytöstä liukeneva suotovesi ja puhdas pohjavesi eivät joutuisi kosketuksiin toistensa kanssa. Materiaaleina käytetään yleensä maabentoniittia, jota tuetaan rakennusaikana bentoniitti- tai slurrytuella. Suojapumppauksella pystytään tehostamaan pystyeristystä, mutta se on kuitenkin

pidettävä väliaikaisena. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 63.)



Kuva 5. Hydraulinen eristys yhdistettynä pystyeristykseen. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 64.)

Maaperästä, kaivukalustosta sekä eristemateriaalista riippuen, pystyseiniä paksuus vaihtelee 0,5–1,2 m välillä. Mikäli kaatopaikalla ei käytetä vaakasuuntaisia eristerakenteita, kuivatusjärjestelmiä tai vedenjohto- ja vedenkäsittelymenetelmiä yhdessä pystyeristysseinän kanssa kasvaa vedenpaine seinän takana liian suureksi jolloin veden virtaus seinän yli on mahdollista. Mikäli pystyeristystä ei voida viedä riittävän syvälle vedenläpäisevyydeltään riittävän tiiviiseen

maakerrokseen, on veden kulkeutumista rajoitettava pumppaamalla. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 63.)

Myös HDPE- kalvoja voidaan käyttää parantamaan tiiveyttä ja kemiallista kestävyttä. Etuna kalvoja käytettäessä on helppo ja nopea asennus, pitkä kestoikä, hyvä kestävyys jyrksijöitä ja juuria vastaan sekä erittäin hyvä vesitiiveys. Tällä hetkellä tiivein toteutettavissa oleva pystyeristysrakenne on kalvon ja bentoniittilietteen muodostama yhdistelmä. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 63.)

7.7 Muut kaatopaikan kunnostustoimenpiteet

Muita kaatopaikan sulkemisen yhteydessä tapahtuvia kunnostustoimenpiteitä joilla parannetaan ympäristön viihtyisyyttä, ovat

- suojapuuston kasvattaminen jätepenkereen ja asutuksen tai muun häiriintyvän kohteen välille
- tien tai muun häiriintyvän kohteen siirto kaatopaikan vaikutusalueen ulkopuolelle
- lopettamisen vaiheistus ja täyttötoiminnan ohjaaminen siten, että jätettä läjitetään mahdollisimman kaukana häiriintyvistä kohteista
- täyttötoiminnan kehittäminen esimerkiksi pölyn sidontaa tehostamalla ja peittämällä haisevat jätteet nopeasti
- haittaeläinten tehokas torjunta (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 66.)

Pienien pohjavesialueilla sijaitsevien riskikaatopaikkojen kunnostuksen vaihtoehtona on myös kaatopaikan siirto. Siirto on mahdollista tehdä joko nykyisille tai uusille valvotuille kaatopaikoille. Mikäli siirrettävän kaatopaikan pohjamaa on pilaantunut, alue on puhdistettava. Myös kaatopaikan siirto tarvitsee ympäristöluvan. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 66.)

7.8 Kuivatuskerros

Kuivatuskerroksen tarkoituksena on johtaa kasvu- ja pintakerroksesta tuleva vesi pois rakenteesta sekä alentaa tiivistyskerrokseen kohdistuvaa vedenpainetta. Kuivatuskerroksen osalta on otettava huomioon seuraavia tekijöitä

- hydrostaattisen paineen minimointi: vedenläpäisevyys (materiaali ja kerrospaksuus), hydraulinen gradientti, imeytyvät vesimäärät ja yläpuoliset rakenteet huomioon ottaen
- eroosiokestävyys
- liukumisen estäminen luiskissa
- pinnan suojaustarve pintamaan rakeisuudesta riippuen (kuivatuskerroksen tukkeutumisen estäminen) (Ympäristöhallinnon ohjeita 2008, 51.)

Kaatopaikkamääräysten (VNp 861/1997) mukaan vähimmäispaksuus kuivatuskerrokselle on 500 mm ja suositeltu vähimmäiskaltevuus 5 % sekä vedenläpäisevyys $k > 1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Tällaisella rakenteella saavutetaan hyvin suuri varmuus vedenjohtavuudelle. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 51.)

Laboratoriokokeilla osoitetaan kuivatuskerroksen materiaalien vedenjohtavuus ja erityisesti tutkitaan hienoaineksen ($< 0,125$ mm) määrän vaihteluita. Kiviaineksesta rakennetun kuivatuskerroksen sijaan voidaan käyttää myös rengasrouhetta tai geosynteettistä kuivatusrakennetta eli ns. salaojamattoa. Salaojamatto toimii tehokkaasti myös tiivistyskerroksen suojana. Salaojamatossa tulee olla molemmilla puolilla suodatinkankaat tukkeutumisen estämiseksi ja maton sydämen tulee olla vähintään 2 cm paksu sekä kahteen suuntaan vettä johtava. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 52.)

Rengasrouhetta käytettäessä tulee kerroksen paksuuden olla vähintään 250 mm, rouheen palakoko enintään 100mm ja esiin työntyvien terästen pituus enintään 50 mm. Tiivistyskerroksen ja rouheesta tehdyn kuivatuskerroksen väliin tarvitaan vähintään 100 mm paksu suojakerros renkaiden sisältämien terästen vuoksi. Rengasrouheen tukkeutuminen hienoaineksella estetään asentamalla sen päälle suodatinkangas. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 56.)

7.9 Pintakerros

Pintakerroksen materiaalina käytetään vettä pidättävää luonnonmaa-ainesta. Myös teollisuuden sivutuotteita voidaan käyttää, mikäli niiden haitta-ainepitoisuudet eivät ole ristiriidassa pilaantuneiden maiden ohjearvojen kanssa. Vähimmäispaksuutena pintakerrokselle pidetään kaatopaikkapäätöksen mukaisesti 1000 mm, mutta riittävän suojan saamiseksi juurien tunkeutumista sekä routaa vastaan voidaan vaatia myös paksumpaa rakennekerrosta. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 52.)

Pintakerroksen päälle tehtävään kasvukerrokseen istutetaan nurmikkoa tai kasveja lisäämään veden haihduntaa, vähentämään veden imeytymisen määrää sekä suojaamaan rakennekerrosta eroosiolta. Kasveissa tulee suosia matalajuurisia lajeja, juuriston tiivistyskerrokseen tunkeutumisen vaaran vuoksi. Toisen vaihtoehdona on lisätä pintakerroksen paksuutta. Juurien tiivistyskerrokselle tuhoisia vaikutuksia voidaan ehkäistä lisäksi juurimatolla tai geomembraanilla. Kasvukerroksen materiaaleina käytetään humuspitoista maata tai muuta siihen soveltuvaa materiaalia. (Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito 2008, 53.)

Pintakerrokselle voidaan asettaa seuraavia toiminnallisia vaatimuksia ja tavoitteita

- mineraalisen tiivistyskerroksen routasuojaus ja sen kuivumisen estäminen
- jätteisiin kohdistuvan sade- ja sulamisveden suotautumisen vähentäminen
- valunnan tasaaminen
- pintavalunnan edistäminen
- kasvillisuuden vedensaannin turvaaminen
- alempien kerrosten suojaaminen kasvien juurilta
- metaanin ja hajukaasujen biologinen hapettaminen
- vesi- ja tuulieroosion estäminen (erityisesti on kiinnitettävä huomiota luiskien pysyvyyteen)
- esteettisyyden parantaminen ja ympäristöön sulautuminen
- alueen jälki- ja hyötykäytön edistäminen
- palovaaran estäminen
- eläinten aiheuttaman jätteiden ja tartuntavaarallisten aineiden leviämisen estäminen

- roskien ja pölyn leviämisen estäminen (Ympäristöhallinnon ohjeita 2008, 52.)

8 Case Sopensuon kaatopaikka, Kitee

Rakennuskohteena toimiva Kiteen kaupungin Sopensuon jätteenkäsittelypaikan viimeistelemätön täyttöalue sijaitsee noin 2 km:n etäisyydellä Kiteen keskustasta luoteeseen 486-tien varrella. Lähimpään asutukseen on matkaa noin 1 km. Urakan tilaajana, rakennuttajana sekä käyttäjänä toimii Kiteen kaupunki. Urakan suunnittelun on toteuttanut FCG Finnish Consulting Group Oy, ja pääurakoitsijana toimi Ekokem - Palvelu Oy. (Urakkaohjelma 2010, 1-2.)

Suljettava kohde on toiminut sekajätteen kaatopaikkana. Alueelle ei enää läjitetty uutta jätettä, vaan siellä toimii ainoastaan jätteen siirtokuormausasema, josta uusi yhdyskuntajäte siirretään Joensuuhun Kontiosuon kaatopaikalle.

Alueen muita käynnissä olevia toimintoja ovat

- puhtaiden ylijäämämaiden ja pysyviksi jätteiksi luetta-
vien rakennusjätteiden kaatopaikka
- biojätteiden ja jätevesilietteiden biokaasutus
- hyötyjätteiden vastaanotto
- ongelmajätteiden vastaanotto
- sähkö- ja elektroniikkaromun vastaanotto
- lumen läjitys. (Kiteen kaupunki 2013.)

Alueella toimii myös Biokymppi Oy, joka käsittelee orgaanista jätettä, tuottaa lannoitetta sekä käyttää itse tuottamaansa biokaasua energian tuotantoon. Myös kaatopaikalta purkautuvaa kaasua johdetaan käsiteltäväksi Biokymppi Oy:lle joko lämmön, tai sähkö- ja lämmön tuottoa varten. Osa kaatopaikan tuot-
tamasta biokaasusta johdetaan myös Kiteen lämpö Oy:n laitokselle.

Sulkemistyöt oli tehtävä siten, ettei toiminnasta aiheutuisi terveyshaittaa tai vaaraa alueella työskenteleville tai lähialueen asukkaille, eikä maiseman rumentumista, epäsiisteyttä, ympäristön roskaantumista tai maaperän tai pohja- ja pintaveden pilaantumista. Myös rakennusmateriaaleja sekä jätteitä oli käsiteltävä siten, että pölyäminen olisi mahdollisimman pientä. (Työselostus 2010, 3.)

8.1 Urakka-alueen lähtötiedot

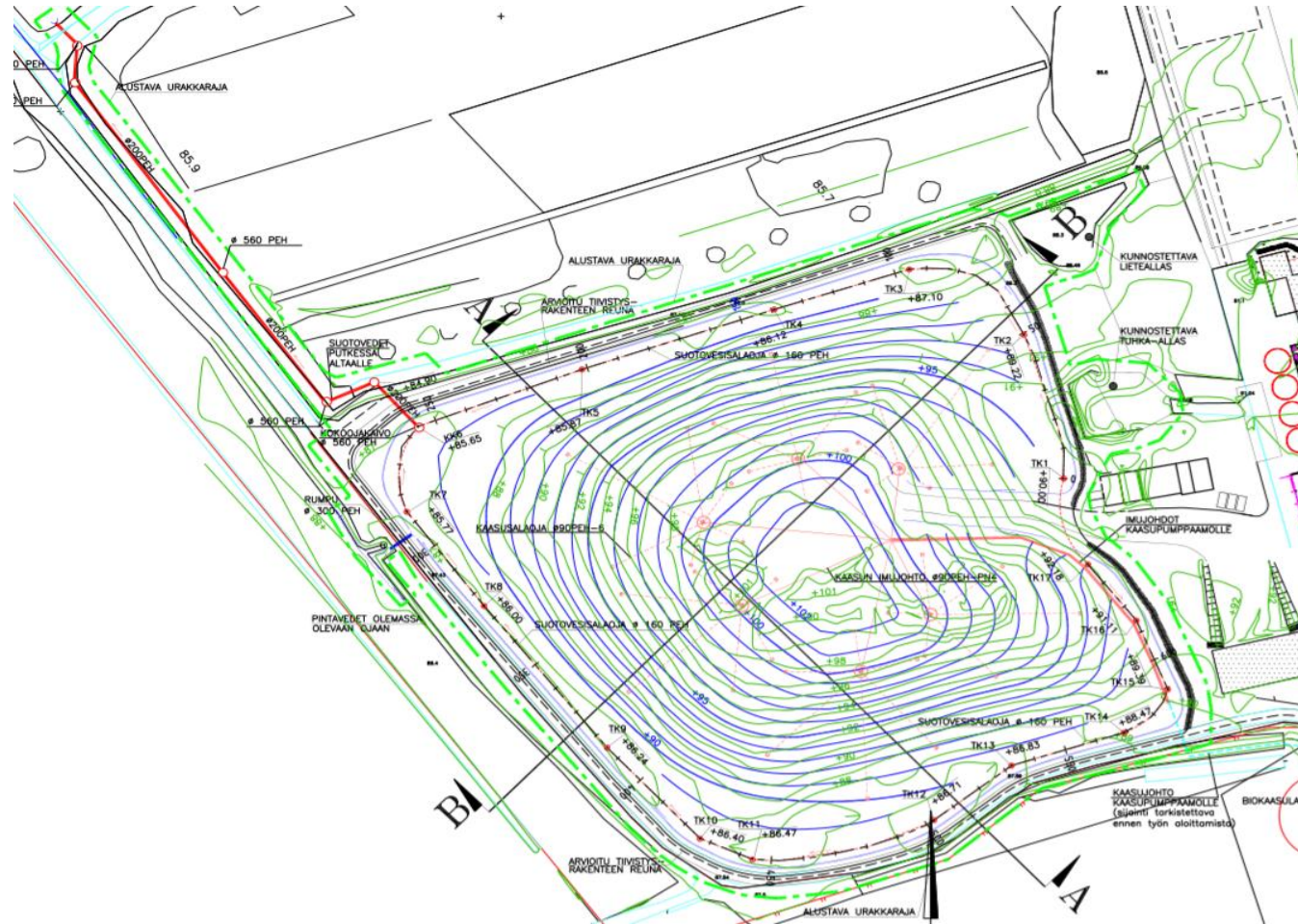
Rakennusalue oli tiivistettyä jätettä ja esipeittokerrosta. Keväällä 2010 oli suoritettu maastomittauksia, joiden pohjalta suunnitelmat oli tehty. Jätealueella ilmoitettu maanpintatieto ei pitänyt paikkaansa, johtuen jätetäytössä tapahtuvasta epätasaisesta painumisesta. Jätteen peitemaan, sekä esipeittokerrosten paksuutta ei ollut tutkittu, vaan sen arvioitiin olevan 0,3 - 2,0 m.

9 Urakassa suoritettavat työvaiheet

Kaatopaikka-alueen suljettavan osan laajuus oli noin 30 000 m² (kuva 5). Alueella sijaitti myös tyhjennettävä tuhka- sekä lieteallas. Urakka oli kiinteä kokonaisuus johon sisältyivät seuraavat työsuoritteet:

- reunarakennealueen tasaus, luiskan muotoilu ja leikkaus tai pengerrys esim. maa-aineksella
- täyttöalueen muotoilu kaivumassoilla ja esipeittokerroksen rakentaminen
- pintakerrosten rakentaminen suunnitelmien mukaisesti
- tiivistys- ja kuivatuskerrosrakenteiden rakentaminen suunnitelmien mukaan
- kuivatus- ja salaojitusrakenteet
- suoto- ja pintavesiviemäreiden sekä purkukaivojen rakentaminen ja liittäminen olemassa oleviin rakenteisiin
- kaasukaivojen ja imulinjojen rakentaminen
- lietealtaan kunnostaminen ja kaivumassan siirto viimeisteltävään kaato-paikan luiskaan

- tuhka-altaan kunnostus ja kaivumassan siirto viimeisteltävään kaatopaikan luiskaan
- nykyisen suotovesijärjestelmän purku (imeytyskenttä ja paineviemäri)
- tarvittaessa pinta- ja suotovesien työnaikainen pumpaus ja poisjohtaminen
- yleisesti kaikki liitostyöt materiaaleineen urakka-alueen reunalle rakennettuihin järjestelmiin
- muut varusteet ja laitteet suunnitelmien mukaan
- viimeistelyt ja siivoukset (Urakkaohjelma 2010, 1-2.)



Kuva 6. Urakka-alueen rajakartta. (Piirustusluettelo 2009)

9.1 Tyhjennettävät tuhka- ja lietealtaat

Urakka-alueella olevien tuhka- ja lietealtaiden tyhjentäminen kuului urakkaan. Altaista irtoavat massat oli tarkoitus käyttää kaatopaikan luiskissa muotoilumassoina. Aloitettaessa lietealtaan (kuva 7) tyhjennystä, sieltä kantautui voimakas öljyn haju. Tutkittaessa lietealtaan massaa, ilmeni sen olevan voimakkaasti öljyllä pilaantunutta. Lietealtaan massat jouduttiin tyhjentämään PIMA- mittauskonsultin valvonnassa (kuva 6) ja kuljettamaan Outokumpuun Jyrin käsittelyasemalle. Myös tuhka-altaasta (kuva 8) kantautui lievä öljyn haju, ja varmuuden myös sieltä otettiin näytteitä, jotka kuitenkin osoittautuivat puhtaksi. Tuhka-altaan massat voitiin näin ollen sijoittaa kaatopaikalle.



Kuva 7. PIMA- konsultin kenttämittauslaitteistoa.



Kuva 8. Lieteallas.



Kuva 9. Tuhka-allas.

9.2 Väliaikaiset työmaatiet

Urakka-alueelle jouduttiin tekemään runsaasti työmaateitä johtuen jätetäytön huonosta kantavuudesta sekä jätetäytön alaosassa olevasta vedestä. Työmaatie tehtiin kiertämään ympäri jätetäytön helman sekä alhaalta harjalle, kuorma-autojen etenemisen varmistamiseksi. Työmaateiden materiaalina käytettiin alueelle läjitettyä louhetta sekä betoni- ja tiilimurskaa.

9.3 Maanleikkaus ja esipeittokerroksen muotoilu

Jätetäytön pinnalla kasvanut kasvillisuus (kuva 9) täytyi poistaa ennen esipeittokerroksen tekoa. Mikäli jätetäyttöä jouduttiin leikkaamaan, oli työ tehtävä lohkoittain ja minimoitava kerralla avattava alue työvuoroon. Näkyviin tullut jäte oli peitettävä esipeittokerroksella (vähintään 300 mm) ennen työvuoron päättymistä. Näin ehkäistiin hajuhaittojen leviämistä lähiympäristöön.

Jätetäytön leikkausta jouduttiin tekemään, jotta saavutettaisiin luiskissa kaltevuus 1:3 tai loivempi. Kaatopaikan harjaa jouduttiin vastaavasti korottamaan maa-aineksella, jotta saavutettiin vaadittu kaltevuus 1:20 tai jyrkempi. Korotuksessa käytettiin alueelle läjitettyä betoni- ja tiilimurskaa sekä karkeaa, kiviä sisältävää maa-ainesta. Liitteessä 1 näkyy kaatopaikan poikkileikkaus.

Esipeittokerroksen materiaalin maksimirakekoko oli murskeella 16 mm ja luonnonmateriaalilla 32 mm. Esitiedoissa mainittua 0,3m - 2,0 m esipeittokerrosta ei löytynyt kaikkialta urakka-alueelta, ja joissain kohdissa sen määrittäminen oli mahdotonta jätteen ollessa sekoittunutta maa-ainekseen, joten esipeittokerrokseksi lisättiin kivituhkaa varmistamaan esipeittokerroksen riittävä paksuus.

Esipeittokerros käsiteltiin ja muotoiltiin konetyötarkkuudella siten, että se saavutti asetetun tasaisuusvaatimuksen +/- 100 mm 4 m:n matkalla. Epätasaisuuk-

sia ja vettä kerääviä painanteita ei saanut esiintyä, mutta lievä aaltoilu oli sallittua. (Työselostus 2010, 8.) Esipeittokerros oli rakennettava siten, että se oli soveltuva bentoniittimaton asennusalustaksi (kuva 10). Esipeittokerroksen pinta tasattiin kaivinkoneeseen kiinnitetyn putken avulla.



Kuva 10. Jätetäyttöä peittävää kasvillisuutta.



Kuva 11. Valmista esipeittokerrosta ja bentoniittimaton asennuspintaa.

9.4 Kaatopaikan suotovesien keräilylinja

Kaatopaikan suotovesien ohjaamiseksi jätettäytöstä pois rakennettiin viettoviemäri (kuva 11). Viemäri kulki suotovesiä keräävän salaojalinjan kokoojakaivolta ilmastus- ja selkeytysaltaille.

Asennustyö aloitettiin linjan matalimmalta kohdalta eli ilmastusaltaalta, jolloin saatiin putkikaivantoon satava ja maan läpi työntyvä vesi johdettua pois työn alla olevasta kohdasta. Veden ohjauksessa apuna käytettiin myös pumppuja. Putkilinja kulki hyvin vetisen suon laidalla, jolloin jouduttiin tekemään myös patoja tiiviistä maa-aineksesta estämään suolta tulevan veden pääsy putkikaivantoon.

Putkilinjan perustukseksi oli tehtävä huonosti kantavalle alueelle kalliomurskeesta 0 - 55 mm kiviainesarina, jonka paksuus oli 350 mm. Arinan pohjalle

asennettiin suodatinkangas. Arinan päälle tehtiin 150 mm paksu asennusalusta, jonka materiaalina oli 0 - 16 mm kalliomurske. Mikäli pohjamaa oli hyvin kantavaa, riitti putken alle tehtäväksi ainoastaan asennusalusta. Putkimateriaalina oli ø 200 PEH- viemäriputki jonka liitokset oli tehtävä sähköhitsattavilla muhveilla.



Kuva 12. Viettoviemärin rakentamista salaojien kokoojakaivolta kohti ilmastus- ja selkeytysaltaita.

9.5 Sadeveden keräävä avo-oja

Liitteessä 2 näkyy kaatopaikan puoleiselle reunalle tehty avo-oja (kuva 12), joltamaan jätetäytön päälle satava vesi rumpuputkien kautta ympäristöön. Ojan pohjan korkoa jouduttiin muuttamaan alkuperäisistä piirustuksista poiketen, ympäröivän suon vedenpinnan ollessa niin korkealla. Ellei näin olisi tehty, vesi olisi patoutunut rumpuputkien läheisyyteen. Avo-ojan luiskat oli tehtävä kaltevuuteen 1:1,5, ja materiaalina käytettiin mursketta 0 - 64 mm kerrospaksuuden ollessa 150 mm. (Työselostus 2010, 9).



Kuva 13. Avo-ojan rakentamista jätetäytön helmassa.

9.6 Suotovesisalaojat

Jätetäytöstä suotautuvien kaatopaikkavesien keräämistä varten rakennettiin suotovesisalaojat (kuva 13). Suotovedet tuli johtaa kaatopaikan reunan korkeimmalta kohdalta molemmin puolin jätetäytön ympäri salaojaputkien avulla kokoojakaivoon, joka yhdistyi ilmastus- ja selkeytysaltaille menevään viettoviemäriin. Myös suotovesisalaojien korkoa oli muutettava avo-ojan korkomuu-
toksen takia, sillä suotovesisalaojalinja ei saanut kulkea avo-ojan pohjan korkoa ylempänä.

Salaojan ympärystäytön materiaalina käytettiin 6 - 16 mm murskettä. Putkimateriaalin oli oltava kaatopaikkavesien johtamiseen tarkoitettuja yläpuolelta reiätettyjä putkia Ø 160 -PEH ja asennusluokan T8. Salaojalinjalle oli rakennettava myös tarkastusputket noin 12 m:n välein. Tarkastusputkien koko on Ø 200.

Salaojalinjan kaivussa ylösnoussut jäte oli läjitettävä, muotoiltava ja peitettävä esipeittokerroksella saman työvuoron aikana.



Kuva 14. Suotovesisalaojalinjan rakentamista.

9.7 Huoltotie ja penger

Kaatopaikalla oli jo olemassa olevia huoltoteitä, jotka eivät kuitenkaan kulkeneet koko kaatopaikan ympäri. Alueen pohjoispuolella oli umpeen kasvanut metsätie, jonka tilalle täytyi rakentaa uusi tie. Myös olemassa olevan huoltotien rakennekerrokset täytyi uusida (liite 2). Huoltotien rakennekerrosten vaihdolla oli myös toinen tarkoitus. Bentoniittimatto tuli ankkuroida alapäästään huoltotien jakavan ja kantavan kerroksen väliin. Huoltotie myös muodosti avo-ojan uloimmaisen luiskan. Siellä missä ei tarvittu huoltotietä, rakennettiin bentoniittimaton ankkurointiin ja luiskan uloimmaista reunaa varten penger.

9.8 Kaasun imulinjat

Urakka-alueelle oli edellisenä vuotena rakennettu kaasun imulinjat. Nämä imulinjat johtavat kaasukaivoista imetyin kaasuun Biokymppi Oy: lle ja noin kilometrin päässä sijaitsevalle Kiteen Lämpö Oy:lle käsittelyä varten. Imulinjat oli asennettu pintakerrokseen. Materiaalina on käytetty Ø 90 PEH-PN4 (kaasuputki).

9.9 Kaasusalaojat

Kaasusalaojaputkina käytettiin ympäriinsä rei'itettyä Ø 90 PEH-6- putkea. Salaojaputkien uloimmat päät oli tulpattava ja toinen pää liitettävä kaasukaivoon. Kaasusalaojat asennettiin esipeittokerroksen päältä kaivettuun noin 700 mm syvään kaasunkeräyskanavaan, jossa oli suodatinkankaalla pussitettuna hyvin kaasua johtavaa kiviainesta rakeisuudeltaan 6 - 16 mm (kuva 14). Kaasunkeräyskanavan päälle asennettiin 2 mm paksu LLDPE- muovikalvo (kuva 15), jonka tehtävänä oli estää kaasun nouseminen kiviaineksen läpi sekä ohjata sitä kaasukaivoja kohden. Muovikalvot hitsattiin kiinni kaasukaivon ympärille (kuva 16). Yhteen kaasukaivoon liittyi kuusi kaasusalaojaa. Liitteessä 3 näkyy kaasusalaojan sekä kaasunkeräyskaivon tyyppipoikkileikkaukset.



Kuva 15. Kaasusalaojalinjan rakentamista.



Kuva 16. LLDPE -muovikalvoa asennettuna.



Kuva 17. LLDPE -muovikalvot hitsattuina kaasukaivon ympärille.

9.10 Mineraalieristeen suojakerros

Huoltotien sekä pengerrakenteen kaatopaikan puoleisiin luiskiin tehtiin kivituhkasta suojakerros bentoniittimatolle. Kerroksen paksuuden tuli olla vähintään 300 mm, ja suurin sallittu poikkeama vaaditusta paksuudesta + 50 mm. (Työselostus 2010, 10). Liitteessä 4 esitetään kaatopaikan pintarakenteiden leikkauskuva.

9.11 Mineraalieriste bentoniittimatosta ja kuivatuskerros salaojamatosta

Bentoniittimaton asennusalustana toimi yhdessä esipeittokerrokseksi levitetty kivituhka (kuva 17). Yksi tärkeimmistä työvaiheista oli varmistaa pohjan soveltu-

vuus maton asennusalustaksi. Asennuspohjassa ei saanut olla kiviä, teräviä esineitä, roskia tai vettä kerääviä painanteita.



Kuva 18. Bentoniittimaton asennusalustaa.

Bentoniittimatto levitettiin maton kulkusuuntaan nähden sivusta, jolloin jokaisen mattokaistan alta oli pohja erikseen tasattava kaivinkoneeseen kiinnitetyllä putkella. Bentoniittimatto levitettiin suoraan rullalta, sen läpi ulottuvan puomin avulla (kuva 18). Asennuksessa oli tärkeää, että bentoniittimattoon ei jäisi poimuja tai vekkejä, ja ettei siihen tulisi venymiä eikä reikiä.

Mikäli bentoniittimattoon jäi poimuja, vekkejä tai reikiä, tuli kyseinen kohta leikata auki ja paikata uudella bentoniittimaton palasella, jonka saumat tiivistettiin bentoniittijauheella. Jauheen määrä tuli olla $3,0 \text{ kg/m}^2$. Bentoniittimaton korjauspaikan tuli olla kooltaan vähintään $1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$, ja vauriokohdasta katsottuna limitys vähintään 500 mm . (Työselostus 2010, 11.)



Kuva 19. Bentoniittimaton levityspuomi sekä asennusalustan tasaukseen käytettävä putki.

Bentoniittimattojen limitys oli päätysaumoissa 500 mm, ja sivusaumoissa 300 mm. Bentoniittimaton sivusaumat oli kyllästetty bentoniittijauheella jo tehtaalla, joten bentoniittijauhetta lisättiin vain päätysaumoihin. Mikäli bentoniittimatto sijaitsi kokonaan luiskassa, tuli sen yläpää ankkuroida rakenteeseen. Ankkurointi toteutettiin kaivamalla maton yläpäähän noin 500 mm syvä oja, johon maton pää laitettiin. Tämän jälkeen oja täytettiin hienorakeisella maa-aineksella joka tiivistettiin täryjyrällä. Seuraavan maton levitys aloitettiin 500 mm limityksellä, edellisen maton päältä.

Asennetun bentoniittimaton päälle (kuva 19) levitettiin kuivatuskerrokseksi salaojamatto (kuva 20). Salaojamaton tarkoituksena on johtaa pintakerroksesta suotautuvaa sadevettä kaatopaikan alareunassa sijaitsevaan avo-ojaan, ja keventää bentoniittimatolle tulevaa veden kuormitusta. Salaojamatto levitettiin kantamalla mattorulla pyöräkoneella kaatopaikan päälle, josta se voitiin vierittää alas miesvoimin. Salaojamattorullan paino oli noin 175 kg.



Kuva 20. Asennettua bentoniittimattoa.



Kuva 21. Asennettua salaojamattoa.

Salaojamaton ytimenä on HDPE- muovista valmistettu vettä johtava kennorakenne, jonka molemmin puolin on kiinnitettynä suodatinkangas estämään kennon tukkeutuminen. Kaatopaikan avo-ojasta noin 4,5 m matkalla jätetäytön rinnettä ylöspäin, salaojamaton korvasi sepelistä tehty 300 mm paksu kuivatuskerros (kuva 21). (Työselostus 2010, 12.) Bentoniittimatton kuormitus kiviaineksella voitiin aloittaa salaojamaton asennuksen jälkeen.



Kuva 22. Luiskan reunaan rakennettua kuivatuskerrosta.

Levitetty bentoniittimatto ei saanut kastua ennen kuin sen päälle oli ajettu kuormitukseksi myös pintakerroksen alaosana toimiva 500 mm kiviaineskerros. Näin ollen peittäminen kiviaineksella tuli olla samanaikaista bentoniitti- ja salaojamatton levityksen kanssa. Mikäli bentoniittimattoa ei olisi saatu kuormitettua kiviaineksella, oli se suojata muovilla tai salaojamatolla. Myös kiviaineksella peitetyn maton paljaana oleva sivu- ja päätysauma tuli suojata muovilla jokaisen työvuoron päätteeksi. (Työselostus 2010, 11.)

Bentoniitti- ja salaojamaton kuormitus kiviaineksella oli tehtävä vuorokauden kuluessa, koska bentoniittimatto alkoi imeä kosteutta ilmasta ja näin ollen turvota. Mikäli bentoniittimaton sisältämä bentoniitti ehti turvota ennen sen kuormittamista kiviaineksella, tuli se purkaa ja korvata uudella matolla. (Työselostus 2010, 11.)

Asennettaessa bentoniittimattoa tuli kaivinkoneenkuljettajan tehdä levitystyö erityisellä huolella, sillä maton painon ollessa 5 kg / m² ja rullapainon 1250 kg/kpl, oli sen liikuttaminen levityksen jälkeen hyvin työlästä. Bentoniittimaton levitys on täysin säiden armoilla, joten säätiedotuksien tarkkailu ja säämuutoksien ennakointi oli ensisijaisen tärkeää. Bentoniitti- ja salaojamaton levityksessä myös tuulella on merkittävä vaikutus. Mikäli mattoja ei saada painotettua riittävästi asennuksen aikana, on hyvin tavallista että tuuli vie ne mukanaan.

Tela-alustaisilla työkoneilla liikuttaessa, tuli mattojen päällä olla rakennettuna vähintään 500 mm pintakerrosta. Näin ollen 300 mm kiviaineksesta tehdyn kuormituksen rakentamiseksi oli rakennettava paksumpia ajoväyliä. Ajoväyliä tuli olla niin tiheään, että kaivinkoneen puomi ylsi levittämään kiviainesta joka paikkaan, sillä pusku- traktorin ja kauhakuormaajan käyttö oli kiellettyä. Kielto johtui siitä, että puskettaessa pintakerrosta mattojen päälle, niiden saumat saattoivat liikkua ja muodostaa vedelle vapaan pääsyn jätetäyttöön. Pyöräalustaisien, vähintään kolme akselisten koneiden paino ei saanut ylittää 25 t ja kokonaispaino kuormattuna 40 t. Pyöräalustaisten koneiden käyttö oli sallittua vain jos mattojen päällä on 1 000 mm pintakerrosmateriaalia, eli käytännössä koko kaatopaikkarakenteen tulisi olla valmis. (Työselostus 2010, 8.)

9.12 Pintakerros

Salaojamaton päälle tehtiin 700 mm pintakerros (kuva 22), joka toimii kasvukerros pohjana. Materiaali sai olla vettä pidättävää luonnon maa-ainesta, tai geoluokitukseltaan siltti- tai hiekkamoreenia. Materiaaleina käytettiin alueelle läjitettyjä ylijäämämaita sekä kaatopaikan viereisestä soraharjusta seulottua

tavaraa (kuva 23). Maa-aines ei saanut sisältää epäpuhtauksia tai yli 300 mm kiviä, eikä se saanut olla tasarakeista. (Työselostus 2010, 12.)



Kuva 23. Salaojamaton päälle levitettyä pintakerrosta.

Jyrkissä luiskissa rakenne täytyi tehdä kasvattamalla sitä alhaalta ylöspäin, sillä ylhäältä vyöryttäminen oli kiellettyä. Tasaisessa alueella myös vyöryttäminen sallittiin. Pintakerros tiivistettiin työkoneella yliajamalla vähintään kolme kertaa. Pinnan tasaisuusvaatimuksena oli ± 50 mm. Erityisesti täytyi huomioida jyrkkien luiskien työnaikainen vakavuus ja sateen aiheuttama eroosio. (Työselostus 2010, 13.)



Kuva 24. Kaatopaikan viereisen soraharjun kiviaineksen seulontaa.

9.13 Kasvukerros

Kasvukerroksen paksuus oli 300 mm. Materiaalin tuli olla esim. lietteestä kompostoitua multaa, johon oli sekoitettu kivennäismaita (hiekkä, siltti ym.). Seos-
suhteen tuli olla 40/60 (40 % multaa, 60 % kivennäismaata). (Työselostus 2010, 13.)

Tällä työmaalla kompostoitu multa kuljetettiin Kuopiosta Savon Sellun tehtaalta vesiteitse. Laiva purki kuorman Puhoksen satamaan (kuva 24), josta se siirrettiin kuorma-autoilla välivarastoihin kaatopaikan ympärille (kuva 25). Välivarastossa olleeseen kompostiin sekoitettiin kaivinkoneella kivituhkaa, jotta saavutettiin annetut vaatimukset. Sekoitettu pintakerroksen materiaali siirrettiin rakenteeseen kuorma-autoilla, ja se levitettiin kaivinkoneilla. Viimeisenä työvaiheena valmiiseen kasvukerrokseen kylvettiin A3- luokan siemenseos (luonnonnurmi).



Kuva 25. Kompostoidun mullan purkua laivasta Puhoksen satamaan.



Kuva 26. Kompostoitua multaa läjitettynä välivarastoon kaatopaikan läheisyydessä.

10 Arviointi

Opinnäytetyön alkuperäinen tavoite oman ammattitaidon lisäämiseksi onnistui varsin hyvin. Työn loppumetreillä rupesin miettimään, miten vähän oikeastaan tiesin kaatopaikoista ennen kirjoittamiseen ryhtymistä. Aikaisemmin pidin kaatopaikkoja koskevia lakeja loputtomana viidakkona, mutta työtä tehtäessä sain asiasta hyvän kokonaiskäsityksen. Sain myös huomata, kuinka suuri merkitys kullakin työvaiheella voi olla jätetäytössä tapahtuvien prosessien onnistumiseksi, ja toisaalta kuinka vakavat vaikutukset ympäristöön mahdollisilla rakennusvirheillä voi olla. Myös kaatopaikkojen jälkihoidon merkitys ja tärkeys yllätti.

Työskennellessäni Sopensuon kaatopaikan sulkemisen parissa, vanhentuneet tai muuten vajavaiset suunnitelmat aiheuttivat turhaa lisätyötä heti urakan alettua. Jätetäytön painumisen sekä aluetta ympäröivän vedenpinnan muutosten johdosta ajantasaisten suunnitelmien olemassaolo olisi ollut erittäin tärkeää. Tämä olisi säästänyt niin aikaa kuin rahaakin. Toinen lukunsa olivat myös kaatopaikan rakenteita koskevat suunnitelmat, jotka yleensä perustuvat perusratkaisuihin. Tämä on tosin ymmärrettävää, sillä vallitsevia olosuhteita maanpinnan alla on vaikeaa arvioida tarkasti, ja suunnitelmat elävät työn edistymisen myötä. Tämä tosin aiheutti lisätyötä, koska suunnittelijaan, valvojaan sekä tilaajaan joutui olemaan tiiviissä yhteydessä oikean rakenneratkaisun löytymiseksi.

Kaatopaikkatyömaalla esiin tuli useasti yllätyksiä, joiden ratkominen vei useasti huomattavan osan työajasta. Useasti sai taistella niin maan sisältä työntyvää vettä, kuin huonosti kantavaa maata vastaan. Sään vaikuttaessa suuresti tiettyjen kokonaisuuksien rakentamiseen, työajat olivat usein epäsäännölliset, ja tämä toi lisähaasteita kaikille työntekijöille. Oman lukunsa kaatopaikalla työskentelyyn toi myös jätetäytössä piilevät työturvallisuusriskit. Työmiehien oli tavannaisten riskien lisäksi varottava jätetäytöstä suotautuvaa kaatopaikkavettä, jätetäytössä olevia pistäviä esineitä sekä oikeina pitoisuuksina myrkyllistä kaatopaikkakaasua. Myös kaatopaikalla työskentelevien koneuskien täytyi noudattaa erityistä varovaisuutta jätepenkereellä työskenneltäessä. Jätetäytössä saattoi olla huonosti kantavia kohtia, jotka erityisesti luiskissa aiheutti työkoneen

kaatumisvaaran. Myös sateen kastelema luiska oli haastava paikka työkoneen kuljettajalle, sillä myös tela-alustaisilla työkoneilla hallitsemattomaan luisuun lähteminen rinnettä alaspäin oli varsin vakavasti otettava vaara.

11 Pohdinta

Kaatopaikkoja koskevat lait ja asetukset ovat tarkentuneet ja tiukentuneet entistä kiihtyvämällä tahdilla. Syynä tähän on valtakunnalliset ja myös globaalit tavoitteet hyödyntää entistä enemmän materiaaleja, vähentää loppusijoitettavien jätteiden määrää kaatopaikoilla sekä suojella ympäristöä. Yhdyskuntajätteen kaatopaikkojen määrää ollaan vähentämässä tasaista tahtia myös Suomessa, uuden valtakunnallisen jätesuunnitelman vuoteen 2016 myötä.

Nykyään kaatopaikoille saapuva jäte on tarkkaan tutkittua kaatopaikkajätteen luokittelun sekä jätteen kaatopaikkakelpoisuuden tutkimisen myötä. Näin pystytään kontrolloimaan sekä valvomaan sitä, että oikea jäte päätyy oikeaan paikkaan, jolloin ympäristöä koskevat riskit pienentyvät.

Kaatopaikoista suotautuvan veden puhdistamisessa on kehitytty viime vuosikymmeninä merkittävästi, ja ympäristön kuormitukset ovat laskeneet huomattavasti. Suomen kylmä talvi tuo vielä omat lisähaasteensa kaatopaikan suotovesien puhdistamiseen mikrobitoiminnan hidastumisen myötä. Kaatopaikkojen sulkeminen on pitkäaikainen prosessi, joka alkaa jätteen vastaanoton lopettamisesta, ja päättyy vuosikymmeniä myöhemmin todettaessa jätetäytöstä suotautuva vesi tarpeeksi puhtaaksi.

Tänä päivänä myös kaatopaikkojen tuottama biokaasu käytetään mahdollisuuksien mukaan sähkön- ja lämmön tuotantoon. Biokaasun tuotanto ja hyödyntäminen ovat olleet Suomessa tasaisesti kasvavia, ja suurimpina biokaasun tuottajina ovatkin toimineet kaatopaikat. Mikäli kaatopaikan lähistöllä ei ole biokaa-

sua hyödyntävää laitosta, kaatopaikkakaasu voidaan kuitenkin käsitellä biologisesti esim. biosuodattimella, tai se voidaan polttaa soihduissa ja näin ollen ilmaan pääsee metaania vähemmän haitallista hiilidioksidia.

Jätetäytössä tapahtuvat hajoamisprosessit ovat hyvin riippuvaisia oikein rakennetuista rakenteista, sekä riittävän huolellisesta jälkihoidosta. Esimerkiksi huonosti asennettu bentoniittimatto voi päästää hyvinkin paljon vettä jätetäyttöön, jonka seurauksena jätteen hajoamisprosessi voi häiriintyä. Mikäli jätetäytössä ei vallitse oikea kosteus, ei jätteen elinkaari tule pitkienkään aikojen saatossa tensä päähän. Myös mahdollisen rakennusvirheen paikantaminen maan alta on erittäin vaikeaa sekä kallista, joten rakennustyön huolellinen suunnittelu ja laadunvarmistus ovat ensisijaisen tärkeitä toimenpiteitä.

Yhdyskuntajätteen kaatopaikkoja tullaan tulevaisuudessa vähentämään Suomessa merkittävästi. Kaatopaikkoihin liittyvä rakentaminen ei kuitenkaan ole loppumassa, sillä myös ongelmajätteet sekä teollisuuden tarpeet tulee huomioida. Suomalaista kaatopaikkarakentamisen osaamista viedään myös ulkomaille. Myös vähemmän kehittyneissä maissa ollaan heräämässä jätteiden aiheuttamiin ympäristöongelmiin, ja se tuo työmahdollisuuksia kaatopaikkarakentamisen osaajille huomattavasti lisää. Esimerkiksi suomalainen Ekokem-Palvelu Oy toimii useissa kaatopaikkakohteissa ympäri maailmaa. Tulevaisuuden näkymät kaatopaikkarakentamisessa ovat hyvät sekä suomessa että ulkomailla. Lakien ja asetusten määräämät kaatopaikkoja koskevat toimenpiteet pitävät työmaiden tarjonnan tasaisena, ja näin ollen jätteisiin liittyvä rakentaminen on taattua.

Tulevaisuutta ajatellen koen opinnäytetyötä tehtäessä oppimani asiat varsin tärkeinä. Tämän työn tekeminen on tuonut lisää valmiuksia selittää erillisen työvaiheen tarkoitus pintaa syvemmältä, sekä antanut edellytyksiä ammattimaisempaan ajatteluun.

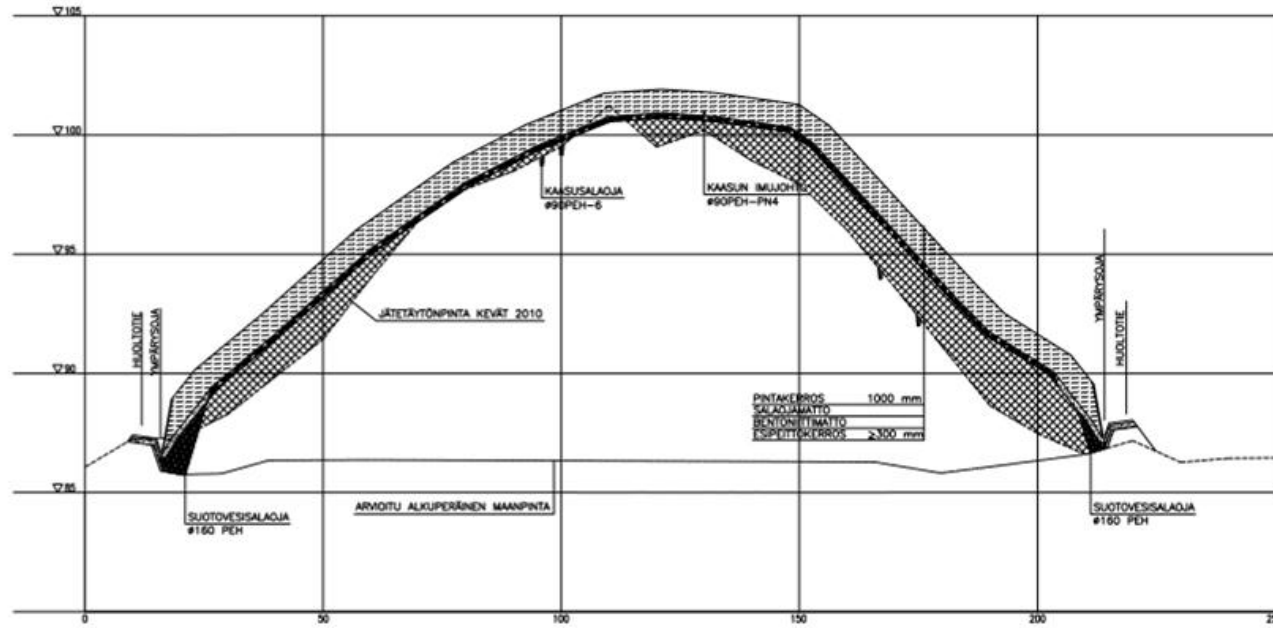
Mikäli rupeaisin tekemään jatkotutkimusta kaatopaikoista, liittyisi se kaatopaikkojen rakenteissa käytettävien materiaalien ja työtekniikoiden tutkimiseen. Kuinka olisi mahdollista kehittää käytettäviä materiaaleja sekä niiden asentamiseen käytettäviä työtekniikoita niin, että rakennusvirheiden riski olisi mahdolli-

simman pieni. Sillä pienikin vuoto putkessa tai repeämä bentoniittimatossa voi aiheuttaa ympäristölle suurta vahinkoa.

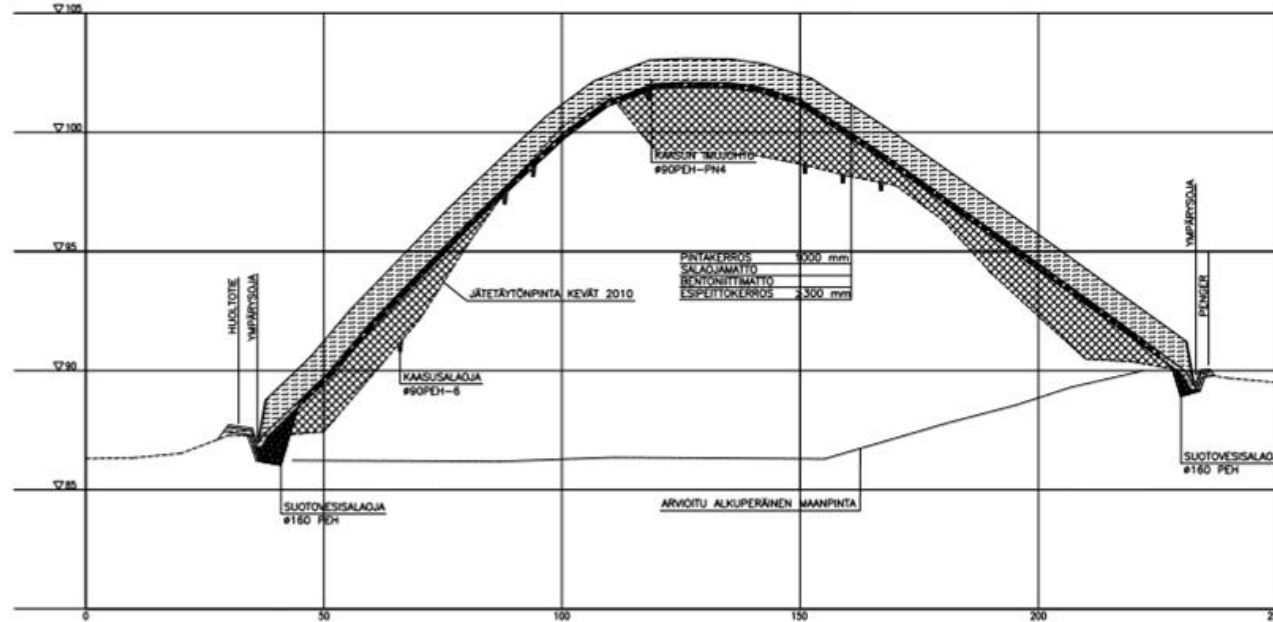
Lähteet

- Huttunen & Kuittinen. 2012 Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 15. Joensuu: University of Eastern Finland.
<http://www.biokaasuyhdistys.net/media/Biokaasulaitosrekisteri2011.pdf>. 9.4.2013
- Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen. Ympäristöministeriö.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=55778>. 8.4.2013.
- Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito. 2008. Ympäristöhallinnon ohjeita. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=90466>. 8.4.2013.
- Kiteen kaupunki 2013. Jätehuolto. <http://www.kitee.fi/Resource.phx/sivut/sivut-kitee/palvelut/ymparisto/jatehuolto.htx>. 9.4.2013
- Kohti kierrätysyhteiskuntaa. 2008. Ympäristöministeriö.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38363/SY_32__Kohti_kierratys.pdf?sequence=1. 8.4.2013
- Lettenmeier, M. 1994. Roskapuhetta - jäteneuvonnan käsikirja. Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK.
- Levinen, R. 2012. Uudistunut jätelainsäädäntö.
http://www.elykeskus.fi/fi/ELYkeskukset/HameenELY/Ajankohtaista/apahtumat/Aineistot/Documents/01112012/J%C3%84TELAKI_Levinen_0112012.pdf. 8.4.2013.
- Piirustusluettelo. 2009. Finnish Consulting Group Oy, Kiteen kaupunki.
- Salonen, H. 1998. Jätehuollon perusteet, koulutuskansio. Jämsänkoski: Suomen jätehuoltoliitto ry.
- Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. 2011. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja. 6.
<http://www.elykeskus.fi/fi/ELYkeskusetuudenmaanly/Ajankohtaista/Julkaisut/julkaisusarja/2011/Sivut/62011.aspx>. 8.4.2013.
- Työselostus. 2010. Finnish Consulting Group Oy, Kiteen kaupunki.
- Urakkaohjelma. 2010. Finnish Consulting Group Oy, Kiteen kaupunki.
- Uusi jätelainsäädäntö. 2012. Ympäristöministeriö.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=133722&lan=sv>. 8.4.2013.
- YO89 Kaatopaikkojen lopettamisopas. 2001. Suomen ympäristökeskus.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=12458&lan=fi>. 8.4.2013

LEIKKAUS A-A



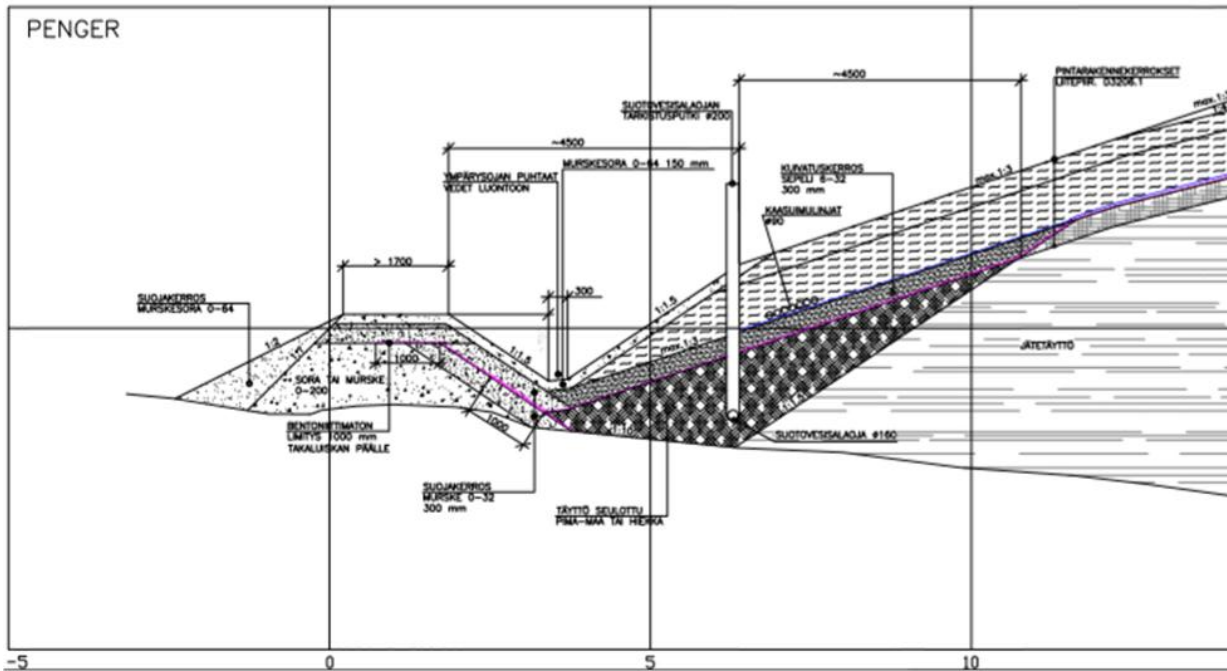
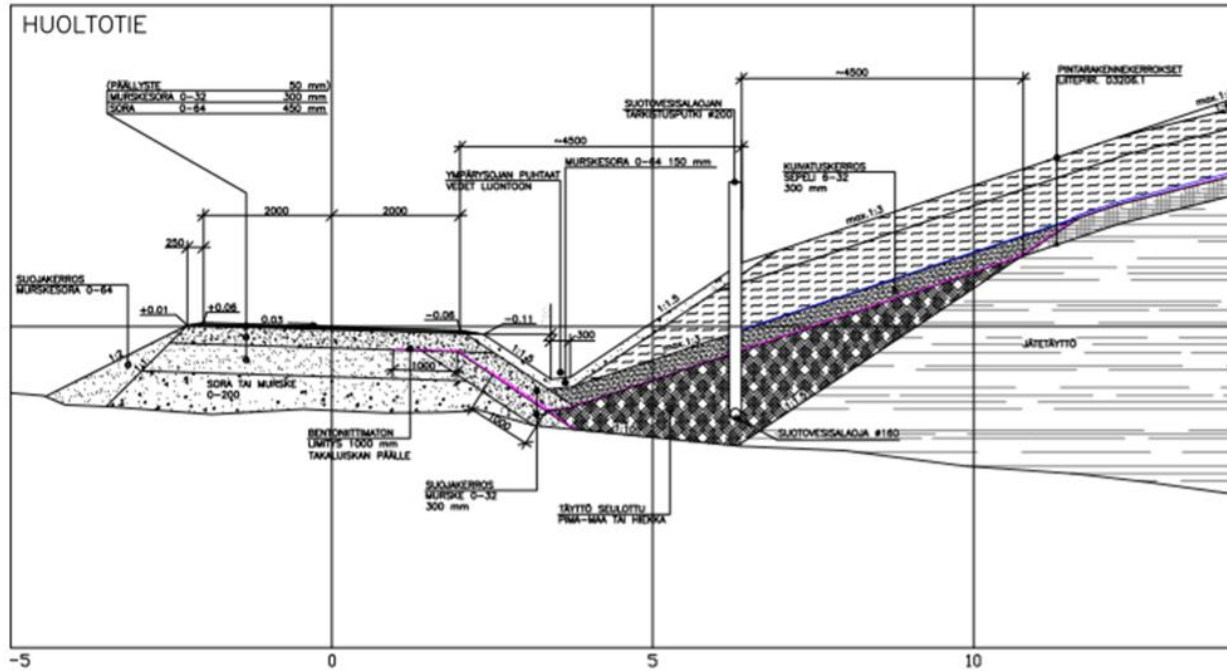
LEIKKAUS B-B



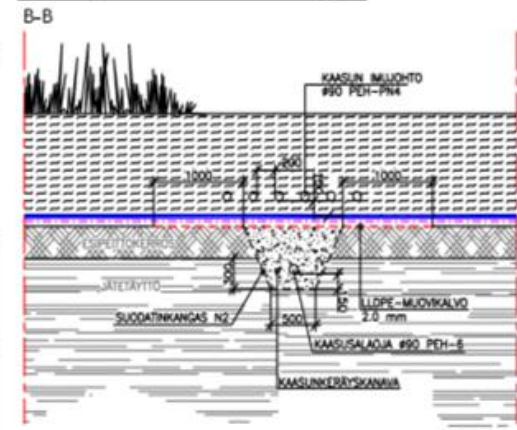
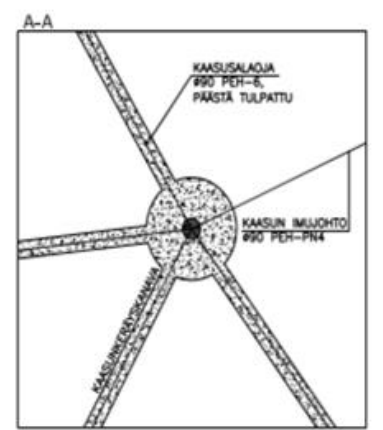
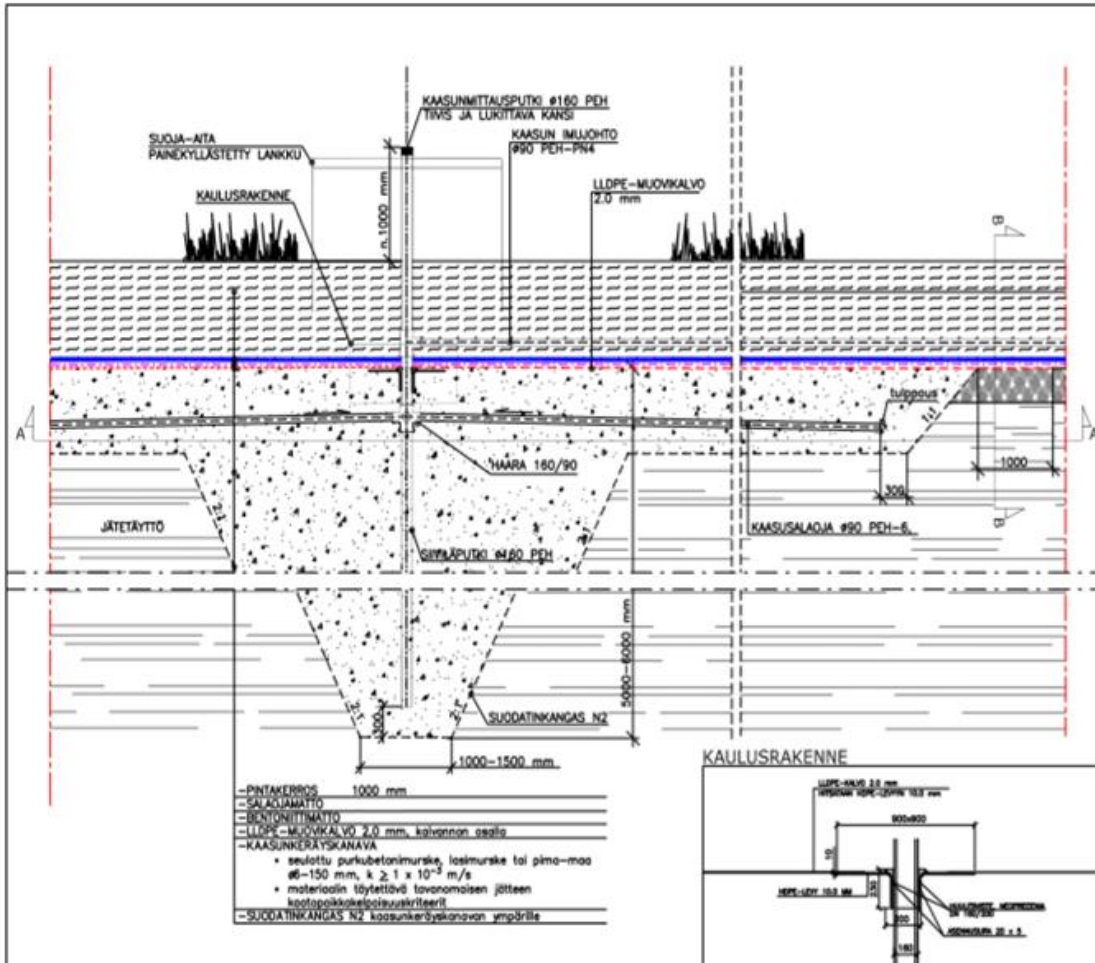
LIITE 1

YMPÄRISTÖ- JA LUONNONSUOJELUKESKUS YMPÄRISTÖSUOJELUKESKUS KÄYTÖN KALPUNKI SOPEUSKOKO AJONEUVOLIITTELPÄÄKKÄ		LIITE 1 LEIKKAUKSET A-A, B-B 1:500/1:100
RGG - Finnish Consulting Group Ympäristö- ja luonnonsuojelukeskus Puh. +358 (0)9 2510 2000 Faksi +358 (0)9 2510 2001 Sähköposti: info@rfg.fi www.rfg.fi		YMP 423-03206 206 Suunnittaja: RGG Suunnittelija: RGG Tekijä: RGG Tarkastaja: RGG

LIITE 2



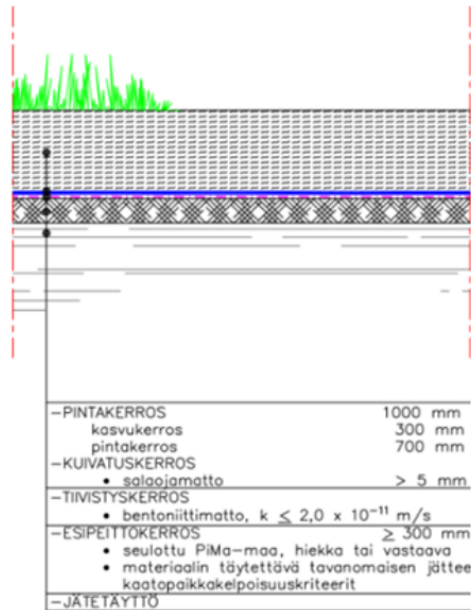
Kaupunki/maakunta	Kortti/tila	Tuote/osa	Esikonsultoinnissa
Käyttökäsiin numero/luovutuksen numero/lokalisointinumero/luovutuskäsiin			
Käyttökäsiin/osa			
Käyttökäsiin			
Käyttökäsiin KITEEN KAUPUNKI SOPENSUON JÄTTEENKÄSITTELYPAIKKA			TYYPPIPOIKKILEIKKAUS REUNARAKENTEET 1:50
FCG Finnish Consulting Group			YMP -423-D3206- 203
Auktorisointi 9.8.2010 Luvut Puh. 0104000100, www.fcg.fi			
Päiväys 22.4.2010			
Yhteyshenkilö ASTA SÄÄTIÖN Puh. 0400 841800 FAX 0400 841801			Yhteyshenkilö MIKKO KÄRRE Yhteyshenkilö MIKKO KÄRRE



Käyttökohde/Alue	Luokka/tyyppi	Tuotteen nimi	Käyttökohde/Alue
Käyttökohde: Kiteen kaupungin jätteenkäsittelylaitos			
Käyttökohde/Alue		Wälte/B	A42/L4
Käyttökohde/Alue		KITTEEN KAUPUNKI SOPENSUON JÄTTEENKÄSITTELYYKÖKÄÄ	Kiteen kaupunki TYYPPIRUSTUS KAASUKÄYTO 1:30
Suunnittelija: Finnish Consulting Group Oy Finnish Consulting Group YMP -423-03206- 204 Suunnittelija: Tapani Mäkelä Arkkitehti: AATTA Oksanen Tekijä: YMP/RS/LAB/O Tekijä: YMP/RS/LAB/O			

LIITE 4

VIIMEISTELYN PINTARAKENNE



Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/no	Viranomaisen merkintä
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset			
Rakennusvaihe	Piirustuslaji	Juoks.no	
Rakennuskohde KITEEN KAUPUNKI SOPENSUON JÄTTEENKÄSITTELYPAIKKA	Piirustuksen sisältö	Hittakaavat	
	TYYPPIPOIKKILEIKKAUS PINTARAKENNE	1:50	
Suunnitteluala, työnnumero ja piirustuksen numero		Muutos	
		YMP 423-D3206	202
Asiakas: Askonkatu 9 B, 15100 Lahti Puh. 0104096300, www.fcg.fi		Tiedosto: p2\plan\hki\ymk\jah\0423\03206\CTäy_2010\dwg\202.dwg	
Päiväys: 22.6.2010	Suunn./Piirt. ASTA SÄÄMÄNEN		A
Pääsuunn. ASTA SÄÄMÄNEN	Tarkastaja HANNU KARHU		S
Hyt. HANNU KARHU	Yhteyshenkilö HANNU KARHU		