

Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky -selvitys

Pöyry Environment Oy

SITRA

ISBN 978-951-563-597-6
URL:<http://www.sitra.fi>

SISÄLTÖ

Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky -selvitys 1

Sisällysluettelo 2

1 Johdanto 3

2 Lietteen käsittelyn ja loppusijoituksen nykytila 4

2.1 Lietemäärät 4

2.2 Nykyiset käsittelymenetelmät ja loppusijoitus 4

2.3 Lietteen kuljetus 7

3 Lainsäädäntö 9

3.1 Tuleva lainsäädäntö 12

4 Menetelmäketjut 14

4.1 Kompostointi 14

4.2 Mädätys 19

4.3 Terminen kuivaus 26

4.4 Poltto 29

4.5 Kemiallinen käsittely: Kemicond ja kalkkistabilointi 33

5 Yhteenveto 38

Liite 1 41

Liite 2 45

1 JOHDANTO

Suomessa muodostuu lietteitä yhdyskuntajätevesistä, haja-asutuksesta, maataloudesta, maaseudun pienteollisuudesta ja elintarviketeollisuudesta arviolta yhteensä noin 23 000 000 tonnia märkää lietettä vuodessa. Tässä "Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky" -raportissa esitellään, miten näitä lietejakeita käsitellään nykyisin, miten lietteitä hyödynnetään ja mitkä ovat lietteiden tärkeimmät loppusijoituskohteet.

Lietteenkäsittelyn osalta lainsäädäntö on muuttunut viime vuosina ja on edelleen muuttumassa. Uusi ja tuleva lainsäädäntö sekä muut ympäristö- ja energiapolitiittiset ratkaisut vaikuttavat lietteenkäsittelymenetelmiin ja lietteiden hyötykäyttöön. Raportissa on selvitetty eri lietteenkäsittelymenetelmien soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin ja vertailtu näiden menetelmien kilpailukykyä.

Lietteenkäsittelymenetelmille on erilaisia variaatioita ja vaihtoehtoja. Nämä vaihtoehdot on esitetty raportin tekniikkaosissa. Niissä on vertailtu eri vaihtoehtojen soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin, ympäristövaikutuksia ja menetelmien tunnettavuutta.

Yleisellä tasolla lietteen käsittelyvaihtoehtoista on vertailtu kompostointia, mädätystä, termistä kuivausta, polttoa ja kemiallista käsittelyä. Menetelmät on käsitelty menetelmäketjuina "esikäsittely – lietteenkäsittely – loppusijoitus". Menetelmille on laskettu kustannukset. Lisäksi menetelmistä on arvioitu ympäristövaikutuksia ja lainsäädännön tuomia rajoituksia.

Tulevaisuudessa tullaan yhä enemmän kiinnittämään huomiota myös lietteen käsittelyssä eri menetelmien energiataloudellisuuteen ja lietteiden hyötykäyttöön energian tuotannossa. Tätä näkökohtaa on myös tarkasteltu eri menetelmien osalta.

Tämä selvitys tehtiin Pöyry Environment Oy:ssä tammi-huhtikuussa 2007. Selvitys tehtiin Suomen itsenäisyyden juhlarahaston (Sitra) ja Maa- ja metsätalousministeriön (MMM) rahoituksella. Ohjausryhmässä oli mukana Sitran, MMM:n, ympäristöministeriön ja elintarviketurvallisuusviraston edustajat.

2 LIETTEEN KÄSITTELYN JA LOPPU-SIJOITUKSEN NYKYTILA

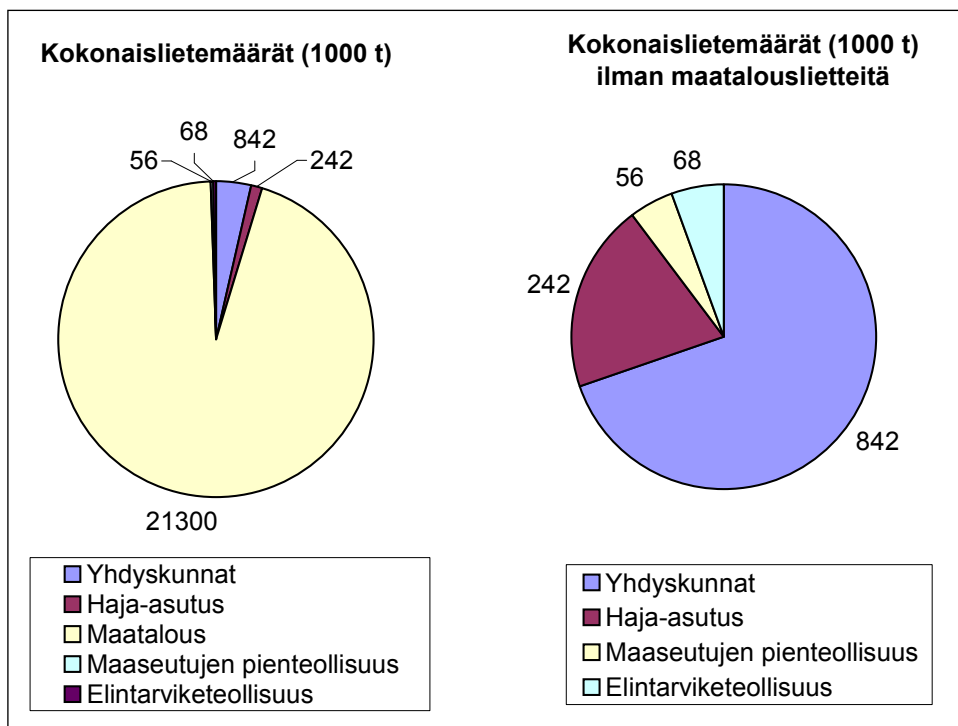
2.1 Lietemäärät

Vesihuollossa ja jätevedenpuhdistamoilla muodostuu vuosittain lietettä noin 840 000 t/a, joka kuiva-aineeksi (Total Solids, TS) muutettuna vastaa 160 000 t TS/a. Raportissa jäljempänä mainitut tonnimäärät ovat todellisia tonneja, ellei niitä ole erikseen mainittu kuiva-aineeksi muutetuksi.

Ylivoimaisesti suurin lietteen tuottaja on maatalous. Suomessa vuosittain syntyvää lantamäärää ei tilastoida, mutta eläinten lukumäärän perusteella voidaan arvioida lietelantaa muodostuvan 20 Mm³/a. Lannan tuotannon kannalta tärkeimmät eläimet ovat naudat ja siat, joiden osuus koko lantamäärästä on 95 %.

Elintarviketeollisuudessa syntyy lietteitä arviolta 67 600 t/a. Osa elintarviketeollisuudesta voi johtaa jätevedensä suoraan viemäriin, jolloin jätevedet ja muodostuvat lietteet käsitellään yhdyskuntajätevedenpuhdistamolla. Muutamilla elintarviketeollisuuslaitoksilla on käytössä omat jäteveden esikäsittelyprosessinsa tai jätevedenpuhdistamonsa. Elintarviketeollisuudessa lietteitä voi syntyä myös itse valmistusprosessin yhteydessä.

Eri lietejakeiden määrät on esitetty kuvassa (Kuva 2.1).



Kuva 2.1: Lietteen kokonaismäärät merkäpainona ilmoitettuna. Vasemmanpuoleisessa kuvassa kaikki lietteet ja oikeanpuoleisessa lietemäärät ilman maatalouden lietteitä.

2.2 Nykyiset käsittelymenetelmät ja loppusijoitus

Suomessa tällä hetkellä sijaitsevat lietteen kompostointi- ja mädätyslaitokset sekä niiden tyypit on esitetty kartassa (Kuva 2.2). Kuvan laitosten lisäksi keväällä 2007 otetaan Savonlinnassa käyttöön rumpukompostointilaitos.



Kuva 2.2: Suurimpien mädätys- ja kompostointilaitosten sijainti Suomessa.

2.2.1 Kunnallinen puhdistamoliete

Jätevedenpuhdistamoilla käsitellään pääsääntöisesti laitosten omia lietteitä. Jätevedenpuhdistamoille tuodaan sako- ja umpikaivolietettä, jotka yleensä johdetaan vesiprosessiin, joten osa muodostuvasta lietteestä on peräisin haja-asutusalueen sako- ja umpikaivolietteilistä. Jätevedenpuhdistamot ottavat vastaan myös jatkokäsiteltäväksi pienten jätevedenpuhdistamoiden sakeutettua lietettä. Jätevedenpuhdistamoiden lietteen käsittelyprosessissa joillakin laitoksilla käsitellään teollisuuden lietteitä, puutarhajätettä, karjan tai hevosen lantaa ja biojätettä. Yksittäisillä laitoksilla voidaan käsitellä myös rasvakaivo- ja kalanviljelylaitosten lietteitä. Arviolta 75 % laitoksista käsittelee liete-prosessissaan vain oman laitoksen lietteitä.

Jätevedenpuhdistamoilla muodostuva liete sakeutetaan ja kuivataan mekaanisesti lingoilla ja vanhemmilla laitoksilla suotonauhapuristimilla. Joillakin pienillä laitoksilla sakeutettu liete kuivataan lietelavoilla tai imeytetään turvelavoilla. Suomessa lietettä mädätetään 15 jätevedenpuhdistamolla. Mädätetty liete kuivataan mekaanisesti.

Kuivatun lietteen yleisin jatkokäsittelymenetelmä on auma- tai reaktorikompostointi. Muita käsittelymenetelmiä ovat nykyisin kalkkistabilointi, mädätys, terminen kuivaus, poltto ja varastointi.

Lietettä hyödynnetään eniten viherrakentamiseen ja kaatopaikkojen peitekerroksiin. Muita hyödyntämistapoja ovat lietteen käyttö maataloudessa ja mullan valmistus. Monissa tapauksissa lietteelle ei ole löytynyt sopivaa käyttöä tai loppusijoitusta, jolloin liete vietään kaatopaikalle tai se varastoidaan esimerkiksi kompostikentille.

Puhdistamolietteelle pyritään jatkossa löytämään muitakin käyttötapoja kuin peltolevitys ja lannoitekäyttö. Jätevedenpuhdistamot näyttävät keskittyvän yhä suuremmiksi yksiköiksi ja lietemäärät kasvavat paikallisesti. Tällöin on vaikeampi löytää sopivia kohteita ja alueita, joissa puhdistamon koko lietemäärä voidaan hyödyntää.

2.2.2 Lanta

Lantaa käsitellään nykyisin monilla eri menetelmillä ja tekniikoilla. Yleisin tapa (noin 60 %) on edelleen lannan kuivattaminen kuivikkeiden avulla. Kuivikekuivattamisessa lannan laatu vaihtelee johtuen käytettyjen kuivikkeiden laadusta ja siitä, onko lannasta erotettu virtsa. Toinen pääasiallinen käsittelymenetelmä on käsitellä lanta liettelantana. Liettelannan käsittelyssä laadun vaihtelu johtuu siitä, johdetaanko lannan joukkoon lisäksi pesu- ja sadevesiä.

Lannan yleisin hyötykäyttötapa (yli 90 %) on peltolevitys. Peltolevityksessä saadaan hyödynnettyä lannan sisältämät ravinteet kasvintuotannossa. Peltolevitys soveltuu erityisesti tiloille, joissa tuotettu lantamäärä suhteessa peltopinta-alaan on sopiva. Suurilla tiloilla ongelmaksi muodostuvat ylisuuret lannoitemäärät peltohehtaaria kohti. Ongelmia voi muodostua, jos eläimiä on paljon, lantaa ei ehditä levittämään pelloille, peltolevitykselle on rajoituksia ja varastointitilat ovat liian pienet tai puutteelliset.

2.2.3 Teollisuuslietteet

Osa elintarviketeollisuuden lietteistä, kuten rasvakaivoliete, sisältää paljon helposti hajoavaa orgaanista ainetta ja soveltuu erityisen hyvin mädätyksen raaka-aineeksi. Samoin panimoilta, virvoitusjuoma-, rasva-, rehu- ja tärkkelystehtailta sekä leipomoilta voi tulla mädätykseen sopivia jakeita tai lietteitä ja pilaantuneita tuotantoeriä. Teollisuuslietteet voidaan myös kompostoida, mikäli mädätyskapasiteettia ei ole käytettävissä. Orgaanisen jätteen vieniä kaatopaikoille pyritään vähentämään. Osa orgaanisesta aineksesta voidaan hyödyntää mm. rehutuotannossa.

Perunanjalostusyrytyksistä tulee esimerkiksi Pohjanmaalla paljon perunajätettä (perunalietettä) 16...20 000 t/a, joka soveltuu myös hyvin mädätykseen. Tällä hetkellä ei ole rakennettua kapasiteettia perunalietteen käsittelemiseksi.

Elintarviketeollisuudesta peräisin olevat lietteet ja jakeet soveltuvat yksittäisissä tapauksissa myös alueellisten biokaasulaitosten raaka-aineeksi maatalous- ja puhdistamolietteiden lisäksi. Elintarviketeollisuuden jakeet voidaan joutua esikäsittelemään ennen niiden syöttöä biokaasulaitokselle.

Metsäteollisuudessa muodostuu myös paljon lietettä jätevedenpuhdistamoilla. Yritykset voivat esimerkiksi polttaa kattilalaitoksillaan omat lietteensä. Mikäli metsäteollisuuden jätevedenpuhdistamoilla käsitellään yhdyskunnan jätevesiä, luetaan puhdistamon liete jätteeksi ja lietteen poltto täytyy tehdä silloin jätteenpoltovaatimusten mukaisesti.

Tehostuneet kuidun talteenottomenetelmät ja kasvanut päällystetyn paperin tuotanto ovat pienentäneet puhdistamoilla muodostuvan primäärilietteen määrää ja nostaneet tuhkapitoisuutta. Primäärilietteen määrän

pienentyessä ja biolietteen suhteellisen määrän kasvaessa on lietteenkuivaus vaikeutunut ja lopputuotteen kuiva-ainepitoisuus laskenut. Lietteenkuivauksessa käytetään suotonauha- ja ruuvipuristimia. Perinteisesti metsäteollisuuden liete on poltettu tai sijoitettu kaatopaikalle (vuoteen 2005 asti). 1990-luvulla selviteltiin metsäteollisuuden lietteiden kompostointia ja metsälevitystä tuhkan kanssa, mutta menetelmät eivät ole yleistyneet. Yhdellä tehtaalla jätevedenpuhdistamon liete kuivataan termisesti ja syötetään suoraan hienojakoisena pölynä kuorikattilan polttoaineeksi. Kahdella tehtaalla linkokuivattu bioliete sekoitetaan mustalipeän joukkoon, haihdutetaan ja poltetaan soodakattilassa.

2.2.4 Muut lietteet

Kasvatettu biomassa kuten puna-apila ja vihannesjäte sopivat alueellisen biokaasulaitoksen raaka-aineeksi maatalouden ja puhdistamolietteiden lisäksi. Kasvatettua biomassaa ei ole vielä paljonkaan käytetty tähän tarkoitukseen, mutta pilot-kokeita ja tutkimustyötä on tehty jo pitemmän aikaa. Vihannesjätettä tulee keskikokoiselta salaatin ja vihannesten käsittely- ja pakkauslaitokselta 400...500 t/a ja tämä sisältää 90...95 % orgaanista ainetta ja on merkittävä liete-erä (10 %) biokaasulaitoksella, jonka kapasiteetti on 1 000 t TS/a. Myös muu kasviperäinen jäte tai liete sopii sekä kompostointiin että mädätykseen käytettäväksi.

Pienemmät teurasjäte-erät on mahdollista käsitellä esimerkiksi alueellisella biokaasulaitoksella. Teurasjäte on lämpökäsitteltävä (70°C, 1 h) käsittelyn helpottamiseksi ja kaasuntuotannon lisäämiseksi ja myös murskattava ennen mädätykseen syöttöä.

2.3 Lietteen kuljetus

2.3.1 Logistiset ongelmat

Keskitettyissä käsittelylaitoksissa, jonne lietettä tuodaan useasta eri paikasta, voi syntyä ongelmia, jos lietteen tuontia ei ole koordinoitu hyvin. Urakoitsijat voivat tuoda hetkittäin paljon lietteitä, jolloin kaikkea lietettä ei voida heti käsitellä ja varastotila voi loppua. Toisaalta hetkittäin voi myös tulla pulaa syötemateriaalista. Lietteiden tuonin koordinoinnissa tulee ottaa myös huomioon erilaatuisten lietteiden tuominen laitokselle. Esimerkiksi jos kompostointilaitokselle tuodaan eri lähteistä samaan aikaan hyvin märkää lietettä, tarvitaan huomattavasti paljon enemmän tukiainetta kuin että laitokselle tuotaisiin märkää ja hyvin kuivatua lietettä samaan aikaan.

Lietteen käsittelylaitoksella tulee olla riittävästi varastointikapasiteettia, jotta mm. viikonloppujen sekä viika- ja häiriötilanteiden aikana varastokapasiteetti ei lopu kesken tai prosessiin ei tarvitsisi syöttää ylimäärin lietettä.

Osalle pienille puhdistamoille on lietteen haku suunniteltu toteutettavaksi traktoreilla eikä näiltä laitoksilta pystytä laitoksen rakenteiden takia hakemaan lietteitä rekoilla. Traktoreilla ei ole kannattavaa viedä lietteitä käsiteltäväksi kovin kauas. Pienillä laitoksilla laitosten rakenteelliset muutokset voivat tulla kalliiksi, jos niitä muutetaan soveltuvammaksi suuremmalle kuljetuskalustolle.

Lietteenkuljetuksessa on syytä suunnitella ajoreitit hyvin, koska tällä saadaan kuljetuskustannuksia lasketua. Kuljetusten kilpailutus kannattaa tehdä keskitetysti, jotta lietteiden saapuminen käsittelylaitokselle voidaan ajoittaa ja suunnitella käytössä olevaan kalustoon nähden taloudellisesti.

Lietteitä kuljettavat autot voivat kuljettaa myös muuta materiaalia, jolloin autojen puhdistamiseen tulee kiinnittää huomiota. Mikäli ajoneuvot tuovat lietettä ja samalla matkalla vievät käsiteltyä lietettä esim. valmista kompostia tai multaa laitokselta pois, pitää ajoneuvot pestä tässä välissä. Ilman pesua valmis, hygienisoitu liete voi kontaminoitua käsittelemättömästä lietteestä.

Lietteen kuljetuksen hygienisoimisvaatimukset on esitetty sivutuoteasetuksessa. Ajoneuvot, uudelleen täytettävät säiliöt ja kaikki sivutuotteiden kanssa kosketukseen joutuneet välineet tulee puhdistaa, pestä ja desinfioida jokaisen käyttökerran jälkeen. Lietelaitoksella, jossa käsitellään eläinten sivuotteita mm. lantaa, tulee olla asianmukaiset tilat ajoneuvojen pesuja varten.

Talvella lietteen kuljetuksessa voi tulla ongelmia lietteen jäätyessä kiinni kuljetuslavalle.

2.3.2 Lietteiden kuljetusmatkat

Kannattavat kuljetusmatkat biokaasulaitoksille ovat maatalouslietteiden osalta noin 25 km ja teollisuuden sekä yhdyskuntien lietteiden osalta 150–250 km.

Vesi- ja viemärlaitoksen teettämän kyselyn (1.9.2005) mukaan arviolta noin 30 %:lla jätevedenpuhdistamoista kuivattu liete käsitellään jätevedenpuhdistamon alueella ja 50 %:lla käsittelypaikka on noin 0–15 km päässä laitokselta. Arviolta noin 20 % laitoksista kuljettaa lietettä käsiteltäväksi yli 15 km päähän.

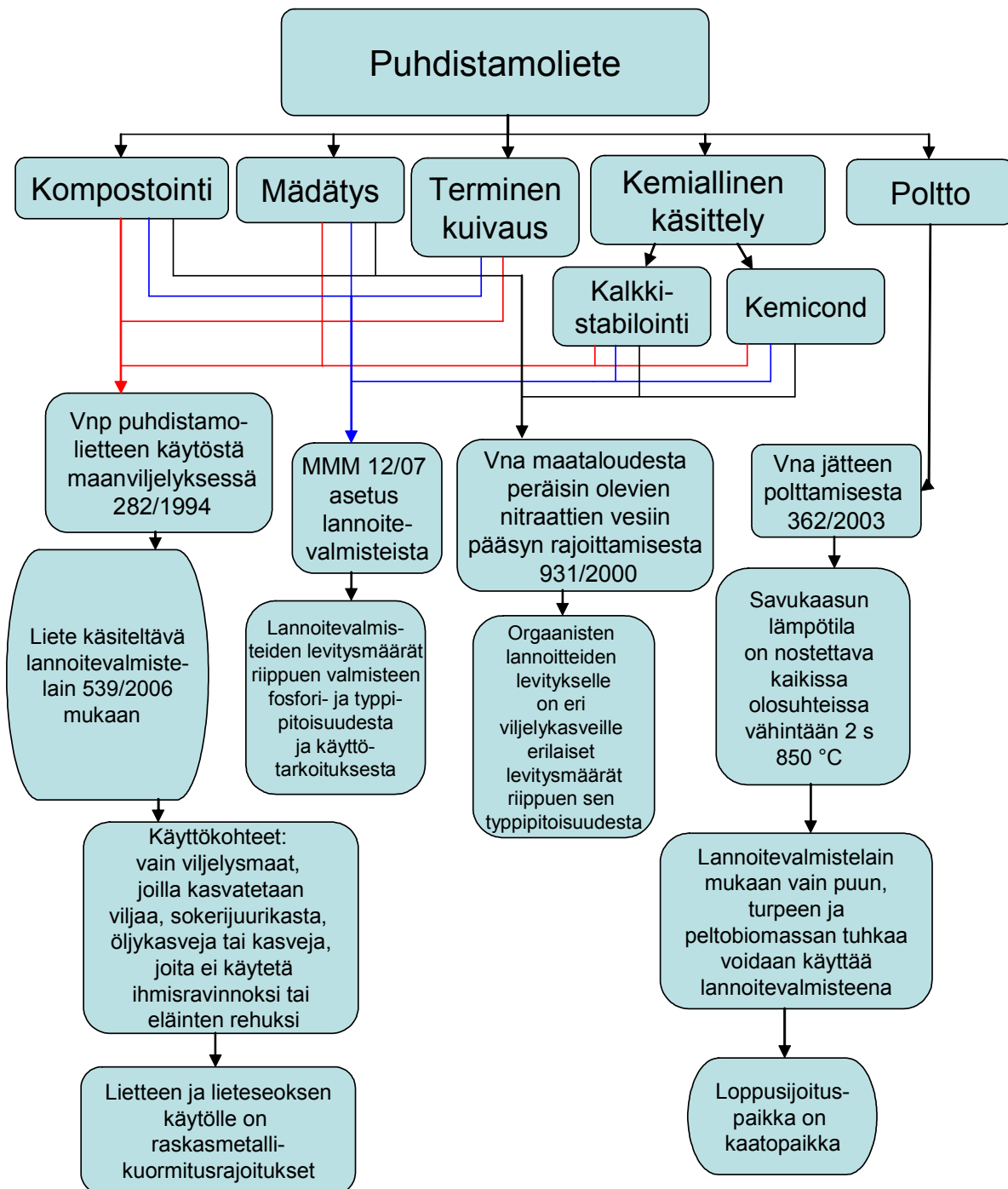
Käsitellyn lietteen kuljetusmatkat lietteen loppusijoituspaikkaan (viherrakentaminen yms.) ovat arviolta noin puolella laitoksista 0-15 km, 20 %:lla laitoksista kuljetusmatka on yli 15 km ja muilla (30 %) loppusijoituksesta huolehtii ulkopuolinen taho

3 LAINSÄÄDÄNTÖ

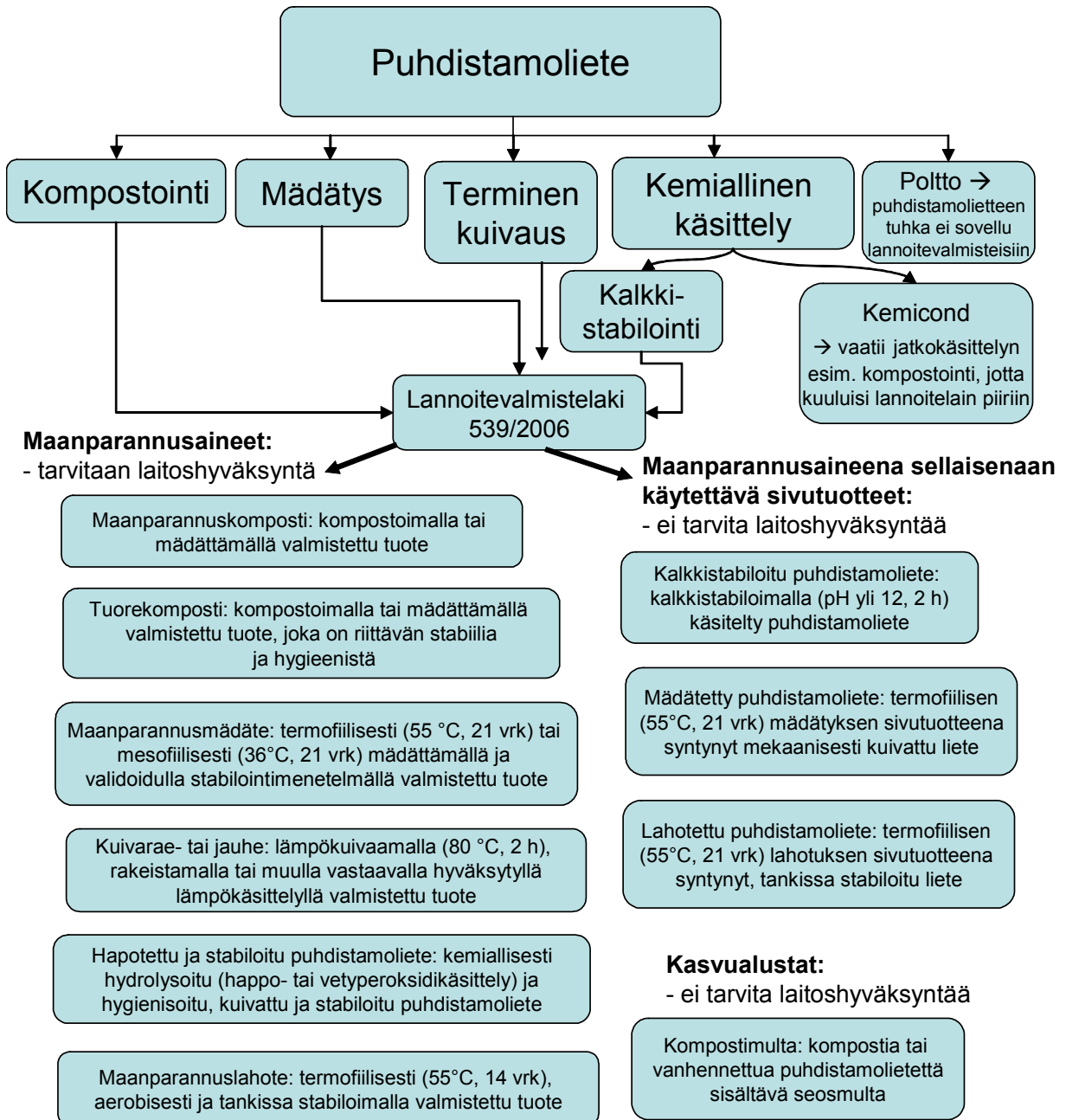
Tässä työssä käsiteltäviin lietteisiin liittyvä lainsäädäntö on kerätty liitteeseen (Liite 1). Taulukossa on esitetty puhdistamolietteiin, sako- ja umpikaivolietteiin, maatalouden lietteisiin sekä elintarviketeollisuuden ja maatalouden pienteollisuuden lietteisiin liittyvä lainsäädäntö.

Eri lietteen käsittelymenetelmiä ja lietejakeita (puhdistamoliete ja lanta) koskevat erilaiset määräykset. Nämä on esitetty oheisissa taulukoissa (Taulukot 3.1–3.4).

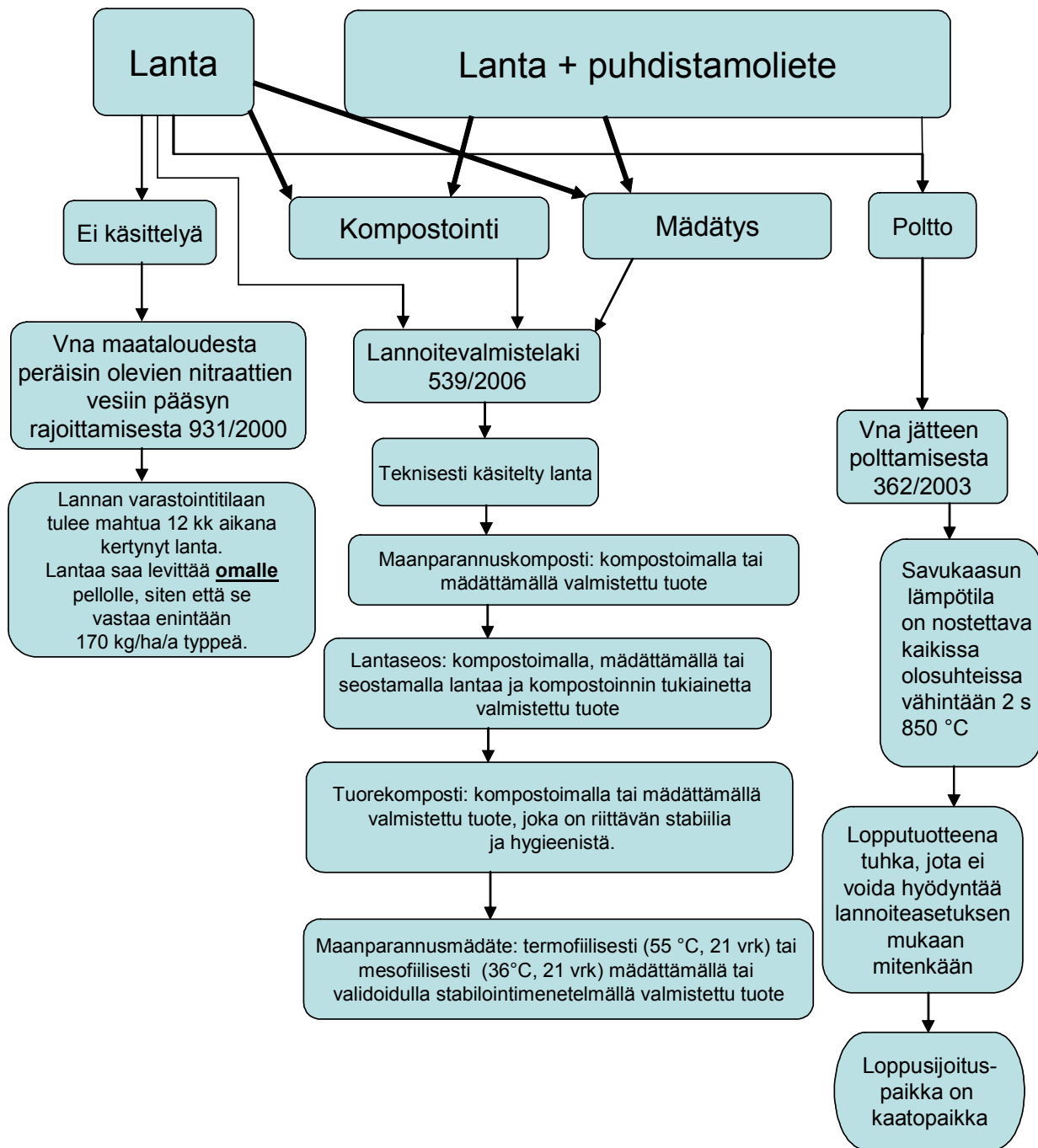
Taulukko 3.1 Puhdistamolietteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen liittyvä lainsäädäntö



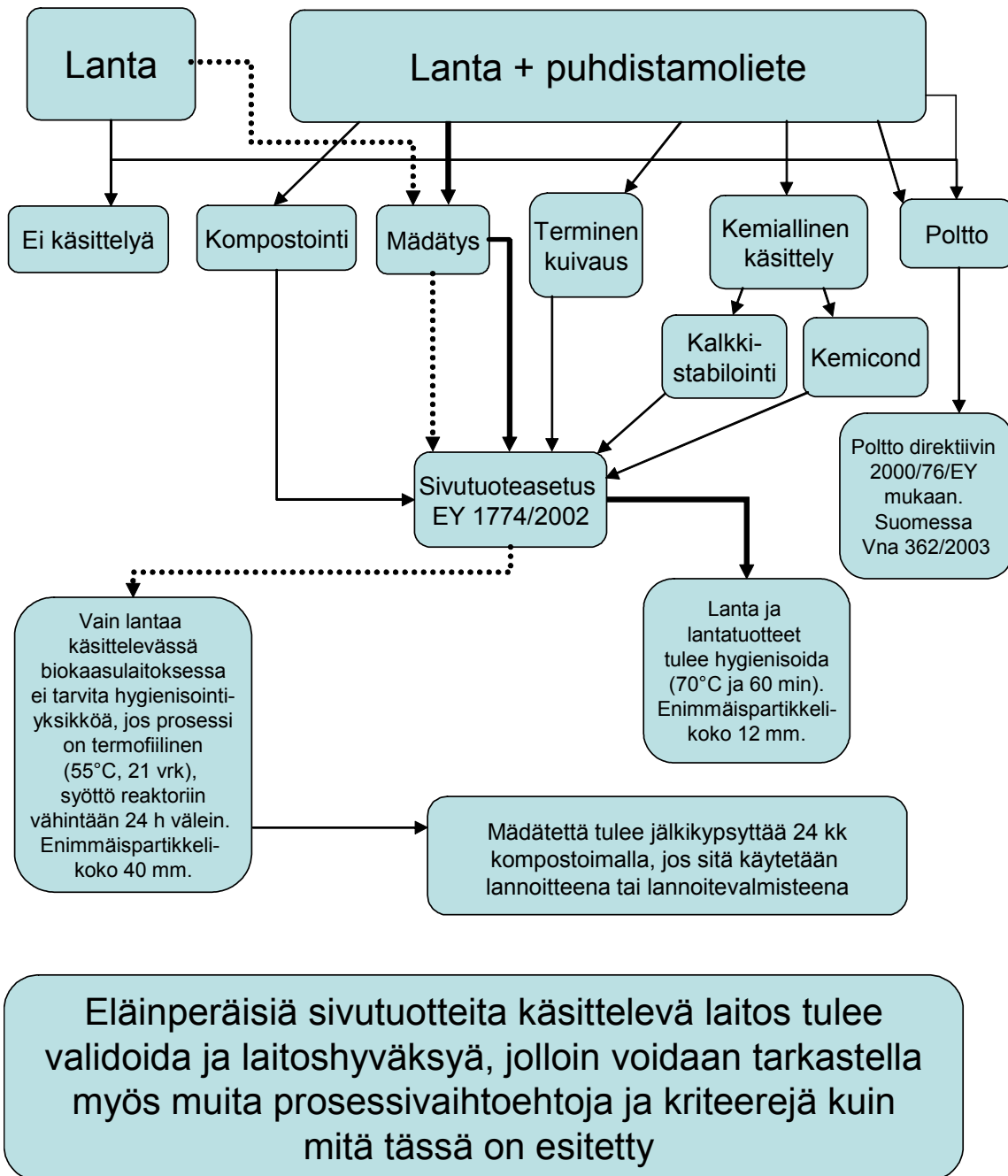
Taulukko 3.2 Puhdistamolietteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen liittyvä lainsäädäntö



Taulukko 3.3 Lannan ja puhdistamolietteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen liittyvä lainsäädäntö



Taulukko 3.4 Lanan ja puhdistamolietteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen liittyvä lainsäädäntö



3.1 Tuleva lainsäädäntö

Lainsäädännössä otetaan tulevaisuudessa huomioon entistä enemmän lietteen sisältämät patogeenit ja haitta-aineet.

Puhdistamolietedirektiivi on valmisteilla. Direktiivi astuu voimaan todennäköisesti vuonna 2008. Uusi lietedirektiivi voi tuoda nykyistä tiukemmat rajoitukset raskasmetalleille. Nykyisin Suomessa useilla jätevedenpuhdistamoilla vaatimukset täytetään, joten luultavasti raskasmetallit tulevat rajoittamaan lietteen hyötykäyttöä vain niillä alueilla, joilla raskasmetalleja on nykyisinkin normaalia enemmän. Tällöin tulisi kiinnittää tiukempaa huomiota teollisuusjätevesien tarkkailuun ja teollisuuslaitosten esikäsittelyyn. Lietedirektiivi saattaa tuoda lietteelle uusia seurattavia parametrejä mm. taudinaiheuttajille ja orgaanisille haitta-aineille.

Puhdistamolietteiden vaikutuksia on tutkittu melko vähän ja uudet tutkimukset voivat vaikuttaa lietteen käsittelyvaatimukseen, lietteen loppusijoittamiseen ja lietteestä valmistettuihin tuotteisiin.

Haja-asutusalueen lietteille ei ole olemassa selviä säädöksiä ja ohjeita, vaan lietteen käsittelylle on olemassa yleinen käsittelyvelvoite. Tulevaisuudessa tullaan antamaan näille lietteille omat vaatimukset.

Jätelaki on uudistumassa ja tämä asettaa rajoituksia lietteiden viemiselle kaatopaikalle. Lietteiden viemistä kaatopaikoille tullaan säätelemään porttimaksuilla.

4 MENETELMÄKETJUT

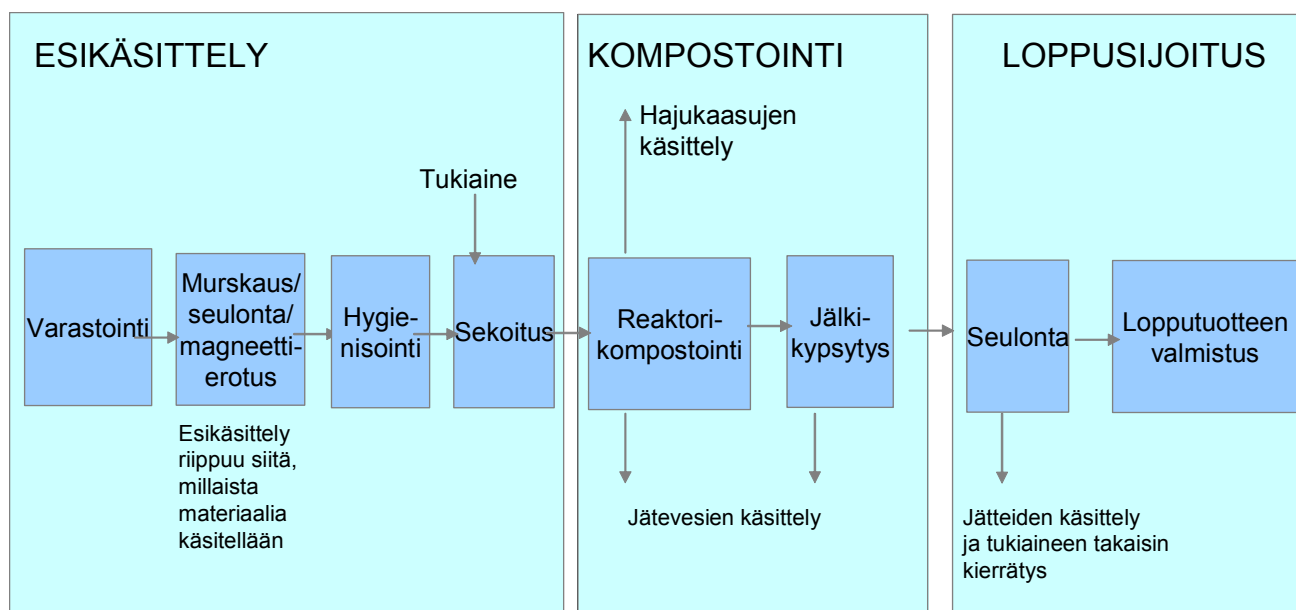
Erilaiset lietteenkäsittelymenetelmät on käsitelty yleisesti viitenä erilaisena menetelmäketjuna kappaleissa (4.1-4.5). Kaikissa menetelmäketjuissa ensimmäisenä vaiheena on lietteen esikäsitteily. Esikäsitteily tehdään lietemäärän pienentämiseksi, laadun parantamiseksi, varsinaisen prosessin parantamiseksi ja loppusijoituksesta aiheutuvien haittojen minimoimiseksi. Viimeisenä käsittelyvaiheena on lietteenkäsittely lopputuotteeksi.

Menetelmäketjut on laadittu lietteen kompostoinnille, mädätykselle, termiselle kuivaukselle, poltolle ja kemialliselle käsittelylle. Näille eri menetelmille on laskettu kustannukset märkälietemäärille (20 % TS) 5 000 t/a, 25 000 t/a, 50 000 t/a, 75 000 t/a.

Tarkemmat kuvaukset eri lietteenkäsittelytekniikoista on esitetty liitteessä (Liite 2). Eri tekniikoiden osalta on vertailtu menetelmien tunnettavuutta, toteuttamiskelpoisuutta Suomessa ja ympäristövaikutuksia.

4.1 Kompostointi

Kuvassa (Kuva 4.1) on esitetty lohkokaavio kompostoinnista käsittelymenetelmänä. Kaaviossa käsittely on jaettu esikäsitteilyyn, kompostointiin ja kompostituotteen loppusijoitukseen.



Kuva 4.1 Kompostoinnin lohkokaavio

Esikäsitteily

Käytössä oleville kompostointilaitoksille mekaanisesti kuivatut lietteet vastaanotetaan tavallisesti vastaanottosiloihin, joissa materiaali pyritään varastoimaan mahdollisimman lyhyen ajan. Vastaanottosiloista liete siirretään kuljettimilla tai pyöräkuormaajalla lietteen ja tukiaineen sekoitukseen sekä edelleen kompostointireaktoriin. Kuiva-ainepitoisuudeltaan yli 20 % lietteen kompostoinnissa tukiainetta lisätään noin 2 m³/kompostoitava liete-m³, josta 1 m³ on suurikokoista puuhaketta ja 1 m³ turvetta. Suurikokoinen puuhake voidaan käytännössä kierrättää kokonaan.

Kompostoinnissa esikäsittelyn tarkoituksena on poistaa epäpuhtaudet käsiteltävästä jätteestä ja lietteestä, tarvittaessa murskata materiaali sopivaan palakokoon sekä lisätä tukiaine ja homogenisoida syöteseos. Lisäksi esikäsittelyvaiheessa säädetään syöteseoksen kosteus prosessin käynnistymisen kannalta oikealle tasolle. Suomessa muiden apuaineiden käyttö on tällä hetkellä vähäistä, mutta biojätteen kompostoinnissa tutkitaan syöteseoksen pH:n säätämistä prosessin nopeuttamiseksi. Myös varsinaisten mikrobymppien käyttö on vähäistä. Kierrätettäessä tukiainetta kuitenkin käytännössä tuodaan prosessiin edellisten kompostipanosten mikrobikantaa tukiaineen mukana. Keski-Euroopassa mikrobymppäystä pidetään tukiainekustannusten säästämisen lisäksi keskeisenä tukiaineen kierrättämisen hyötynä.

Lietteiden kompostoinnissa esikäsittelyssä on keskeisellä sijalla kosteuden säätäminen ja ilmavan rakenteen luominen kompostimassaan. Epäpuhtauksia lietteet eivät tavallisesti sisällä. Ravintoainekoostumus ja pH ovat yleensä kompostoitumisen kannalta sopivalla tasolla. Käsiteltävä liete ei saa sisältää mikrobitoiminnan estäviä kemikaaleja kuten pesuaineita tai torjunta-aineita. Lietettä kompostoitessa sen kuiva-ainepitoisuuden tulisi olla vähintään 10 % ja käytännössä yli 15 %. Alhaisilla kuiva-ainepitoisuuksilla tarvittavan tukiaineen määrä kasvaa huomattavasti, jolloin käyttökustannukset ja laituskoko suhteessa käsiteltävään kuiva-ainemäärään nousevat merkittävästi. Puhdistamolietteet kuivataan yleisesti mekaanisesti yli 20 % kuiva-ainepitoisuuteen, jolloin ne soveltuvat hyvin kompostoitaviksi. Pienemmillä puhdistamoilla kuivaustulos jää usein käytännössä 15 %:n tasolle, mutta ne voidaan kompostoida käyttäen enemmän tukiainetta. Puhdistamolietteillä tarvittavan tukiaineen määrä on 1-2 kertaa lietteen tilavuus.

Maatalouden lietteiden kuiva-ainepitoisuus on yleisesti 6-8 %, jolloin ne vaativat runsaasti tukiainetta eli 2-4 kertaa tilavuutensa verran. Suuresta tukiaineen tarpeesta johtuen maatalouden lietteiden kompostointi on harvinaista. Maataloudessa kompostointia käytetään yleisesti kuivikelantojen ja erityisesti hevosenlannan käsittelymenetelmänä. Jonkin verran maatalouden lietteitä kuivataan ruuvipuristimilla. Puristamisen tuloksena saadaan kuiva-ainepitoisuudeltaan yli 30 % lietettä, joka kompostoituu hyvin suhteellisen pienellä tukiainelisäyksellä. Puristettaessa syntyvän puristenesteen määrä on kuitenkin suhteellisen suuri, noin 75 % lietalannan määrästä ja se tulee käsitellä erikseen tai käyttää peltolevitykseen. Puristamisen hyötynä voidaan pitää levitettävän lietalannan määrän vähenemistä ja peltolevityksen nopeutumista. Letkulevittimillä puristeneste on n. 25 % nopeampaa levittää kuin käsittelemätön lietalanta.

Maatalouden tuotantoyksikköjen koon kasvaessa on siirrytty yhä enenevässä määrin kotieläinrakennuksissa lietalantajärjestelmien käyttämiseen, jolloin kompostointi lantojen käsittelymenetelmänä on vähentynyt. Aerobisena lietalantojen käsittelymenetelmänä käytetään lietealtaiden ilmastamista, jonka avulla saadaan lietteen levityksen hajuhaittoja vähennettyä, parannettua lannan hygieenisyyttä ja muutettua lannan sisältämät ravinteet paremmin kasvien käyttämään muotoon.

Kompostointi

Varsinainen kompostointi jakautuu reaktorissa tehtävään esikompostointiin ja aumoissa tehtävään jälkikypsytykseen.

Esikompostointivaiheessa kompostimassaa ilmastetaan, sekoitetaan ja siitä poistetaan kompostikaasuja. Massan kosteutta säädellään ilmastuksen avulla ja syöttämällä siihen vettä. Esikompostointivaiheessa tehdään kompostin hygienisointi. Käytössä olevat kompostointilaitokset eroavat toisistaan reaktorityypin mukaisesti. Tekniikoita on lukuisia, joista Suomessa käytettyjä tai rakenteilla olevia kompostointilaitostyyppäjä ovat:

- Tunnelikompostointi
- Rumpukompostointi
- Tornikompostointi
- Konttikompostointi
- Membraanikompostointi

Laitostyypeistä selvästi yleisin on tunnelikompostointi, jota käytetään sekä pieni- että suurikokoisilla laitoksilla. Suurimman Suomessa olevan tunnelikompostointilaitoksen mitoituskapasiteetti on 49 000 t/a. Toiseksi yleisimpiä Suomessa ovat rumpukompostointilaitokset, jotka ovat suuruudeltaan 300–15 000 t/a. Keskimäärin rumpukompostointilaitoksissa käsitellään 1 000–5 000 t/a lietteitä.

Esikompostoinnin jälkeen kompostimassa voidaan seuloa suurikokoisten tukiainesosien erottamiseksi tai se siirretään sellaisenaan jälkikypsytykseen.

Loppusijoitus

Jälkikypsytyksessä tehdään joko katetussa tilassa tai avoimella kentällä, joka on yleisemmin käytössä oleva tapa. Jälkikypsytyksenvaiheessa kompostia käännettään aluksi usein n. 1–4 viikon välein ja kompostin kypsytyksen edetessä kääntöväliä harvennetaan.

Jälkikypsytyksen jälkeen komposti seulotaan tukiainekappaleiden ja mahdollisten epäpuhtauksien poistamiseksi. Seulottu komposti käsitellään käyttötarkoituksen mukaan. Tavallisesti lisätään hiekkaa mullan valmistamiseksi. Lannoitteena ja maanparannusaineena käytettävän lopputuotteen tulee täyttää lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelon vaatimukset.

Ympäristövaikutukset

Kompostoinnin merkittävimpiä ympäristövaikutuksia ovat hajukaasut, jätevedet sekä liikenteestä ja aumojen käsittelystä johtuvat melu- ja pölyhaitat.

Kompostoinnissa syntyvät poistokaasut koostuvat pääosin hiilidioksidista ja vedestä, mutta kaasut sisältävät myös haisevia yhdisteitä, joista merkittävimpiä ovat ammoniakki ja erilaiset rikkiyhdisteet. Tavallisin hajukaasujen käsittelymenetelmä on pesu happo- tai vesipesureilla, jonka jälkeen kaasut käsitellään biosuotimessa. Muita käytettyjä menetelmiä ovat esim. otsonointi ja katalyyttinen poltto.

Reaktorikompostoinnissa syntyy jätevettä, joka käytetään osittain prosessissa kompostimassan kasteluun. Ylijäävä jätevesi ja aumakompostointikentillä syntyvä valumavesi johdetaan tavallisesti jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi. Jätevesien muodostumismäärä riippuu käytettävästä kompostointitekniikasta. Karkeaa haketta tukiaineena käytävässä laitoksessa syntyy jätevettä 0,1–0,2 m³/liete-t.

Rajoitukset

Sivutuoteasetus toi mukanaan uusia vaatimuksia kompostointiin kuten palakoko ja käsittelylämpötila. Lisäksi käsittely tulee käsiteltävän jakeen mukaan jakaa ns. likaiseen ja puhtaaseen osaan ja kuljetusajoneuvoille tulee olla pesupaikka. Muut vaatimukset lisäävät prosessiseurantaa, mittauksia ja kirjanpitoa.

- Puhdistamolietteiden, teollisuuslietteiden ja lannan osalta reakoko vaatimus < 12 mm saavutetaan helposti. Jos mukana käsitellään isokokoisia jakeita, tulee ne murskata.
- Lämpötilaehto > 70°C voidaan saavuttaa kompostilaitoksissa. Käytännössä tunnelikompostoinnin prosessilämpötila on noin 55–60°C. Rumpukompostoinnissa käsittelylämpötila on usein 48–57°C. Joillakin rumpukompostilaitoksilla kompostia jälkikypsytetään tunneleissa korkeamman lämpötilan saavuttamiseksi.
- Laitos voidaan jakaa helposti likaiseen ja puhtaaseen osaan rumpu- ja yhdistetyissä rumputunnelikompostointilaitoksissa, koska näissä käsiteltävä materiaali syötetään laitoksen alusta ja puretaan lopusta. Tunnelikompostointilaitoksissa materiaali syötetään ja puretaan samasta kohdasta, jolloin täytön ja purkamisen aikana tilat ja välineet täytyy puhdistaa mahdollisen kontaminaation

ehkäisemiseksi. Kuljettimilla toteutetuissa tunnelikompostointilaitoksissa likaisen ja puhtaan puolen pitäminen erillään on helpommin järjestettävissä.

- Laitoksille on myös erikseen kansalliset vaatimukset, jolloin lopputuotetta ei saa myydä tai viedä Suomen ulkopuolelle. Kansalliset vaatimukset saavutetaan kompostointilaitoksilla nykyisin menetelmin. Lämpötilavaatimus on 55°C ja viipymääjan tulee olla vähintään 14 vuorokautta.

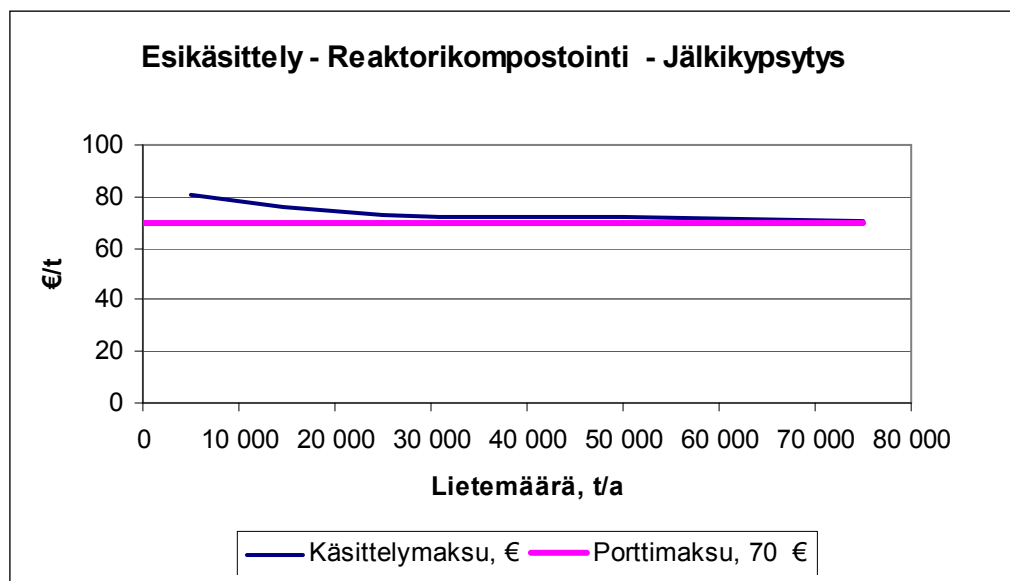
Alueellinen soveltuvuus

Teknisesti kompostointi on toteutettavissa sekä pieninä muutamina satoja tonneja vuodessa käsittelevinä laitoksina että suurina useita kymmeniätuhansia tonneja vuodessa käsittelevinä laitoksina. Siten kompostointi käsittelymenetelmänä soveltuu hyvin erityyppisille alueille. Laitosten alueellisen sijoittamisen kannattavuus perustuu yleensä kustannustehokkuuteen ja käsiteltävien lietteiden ominaisuuksiin. Jos käsiteltävät lietteet ovat ominaisuuksiltaan sellaisia että ne eivät sovellu esim. mädätykseen tai biokaasua ei voida käyttää kustannustehokkaasti, on kompostointi usein soveltuvin käsittelymenetelmä.

Poikkeustilanteiden varalta ja jos jälkikypsytyks tehdään ulkona, tulee kompostointilaitos sijoittaa riittävän suurelle etäisyydelle asutuksesta sekä muusta erityisesti hajusta häiriintyvistä toiminnasta. Pienikokoisten laitosten etuna on se, että niiden prosessi ja ympäristövaikutukset ovat helpommin hallittavissa erilaisissa poikkeustilanteissa kompostimassan ja hajukaasujen määrän ollessa vähäisempi, jolloin vaatimukset sijoituspaikalle eivät ole yhtä suuret kuin suuremmilla laitoksilla.

Kustannustehokkuus

Kuvassa (Kuva 4.2) on esitetty arvio kompostoinnin yksikkökustannuksesta käsiteltävää lietemäärää kohti. Arvio perustuu Suomessa toteutuneiden ja suunniteltujen tunnelikompostointilaitosten kustannustietoihin. Kustannusarviossa on huomioitu kompostointilaitosten ja jälkikypsytyksenttien investointikustannukset ja käyttökustannukset. Investointikustannuksia arvioitaessa alle 50 000 t/a käsittelevillä laitoksilla materiaaliinsiirtomenetelmänä on käytetty pyöräkuormaajaa ja suuremmilla laitoksilla kuljettimia. Lopputuotteen valmistuksessa on huomioitu seulonta ja hiekan sekoitus kompostiin.



Kuva 4.2 Kompostoinnin yksikkökustannus

Noin 5 000 t/a lietettä käsittelevillä laitoksilla yksikkökustannus on tasolla 80 €/t. 75 000 t/a käsittelevillä laitoksilla yksikkökustannus on noin 71 €/t. Pienemmillä laitoksilla yksikkökustannus on suurempia laitoksia korkeampi investointikustannusten suhteellisen osuuden ollessa suurempi.

Kun yksikkökustannusten ero pienemmän ja suuremman kokoluokan laitoksissa on noin 6 €/t, voidaan tämähetkellä kustannustasolla kuljettaa lietteitä kuorma-auto- tai täysperävaunun kuljetuksena vielä noin 80 km:n etäisyydeltä kannattavasti suurempaan laitokseen käsiteltäväksi. Maatalouden lietteiden käsittelyssä mahdollisen kuljetusetäisyyden määrää tavallisesti maataloustraktorin käyttäminen kuljetusvälineenä, jolloin suurin mahdollinen kuljetusetäisyys on noin 20 km.

Energiatehokkuus

Kompostointilaitokset eivät tuota käytännössä laitoksen ulkopuolella hyödynnettävää energiaa. Kompostointiprosessissa syntyvä lämpö hyödynnetään laitoksilla rakennusten ja prosessiin syötettävän ilman lämmittämiseen. Laitoksiin rakennetaan ulkopuolista energiaa käyttävät varalämmitysjärjestelmät, joita käytetään myös valvomo- ja huoltotilojen lämmitykseen. Varsinainen kompostointiprosessi on lämpöenergiaa käyttävä. Ulkopuolista energiaa kompostointilaitoksissa kuluu varsinaisesti työkoneiden polttoaineena ja ilmastuksessa sekä materiaalin käsittelylaitteissa sähköenergiana. Kompostointilaitoksen sähköenergian kulutus on 40-60 kWh/t riippuen laitoksen automatisoinnista.

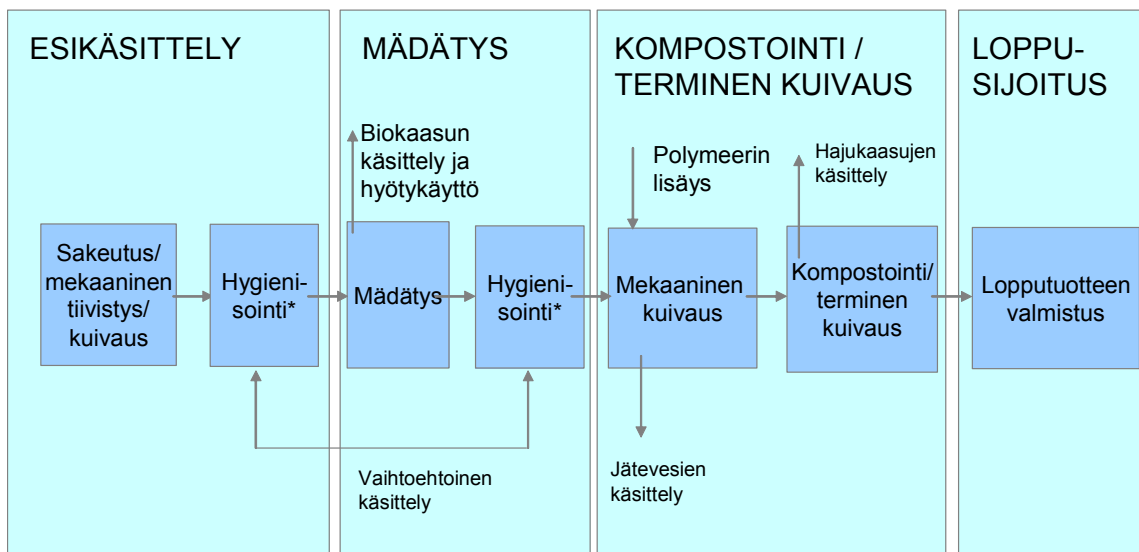
Tulevaisuus

Tulevaisuudessa lietteiden ja jätteiden energiahyötykäyttö tulee lisääntymään, minkä perusteella kompostoinnin merkitys varsinaisena lietteiden käsittelymenetelmänä näyttäisi vähenevän. Esimerkiksi mädätettyjen lietteiden jälkikäsittelymenetelmänä kompostointi kuitenkin tulee olemaan myös tulevaisuudessa merkittävä vaihtoehto. Muun käsittelyn jälkikäsittelymenetelmänä usein aumakompostointi on riittävä, jolloin varsinaisia laitosinvestointeja ei tarvitse tehdä. Jälkikäsittelyssä laitoskompostoinnin tarpeellisuus on kuitenkin arvioitava sijoituspaikan ja käsiteltävän materiaalin laadun perusteella. Esimerkiksi, jos käsittelypaikka sijaitsee lähellä asutusta ja käsiteltävät massamäärät ovat suuria, voi mädätetyn lietteen laitoskompostointi olla tarpeen kuten Keski-Euroopassa usein tehdään. Myös pienempien yksittäisten, muutamia kymmeniä tai satoja tonneja vuodessa käsiteltävien biojäte- ja liete-erien käsittelyssä voi kompostointi olla taloudellisin käsittelymenetelmä, kun muiden menetelmien investointikustannuksien nousevat suhteettoman suureksi pienissä yksiköissä.

Maatalouden kuivikelantojen käsittelyssä kompostointi tulee olemaan keskeinen menetelmä myös tulevaisuudessa. Kuivitetujen lantojen ja erityisesti kuivikepohjaisten pihattojen lannan käsittelyssä aumakompostointi on tavallisesti riittävä käsittelymenetelmä, kun huolehditaan valuma- ja suotovesien johtamisesta ja käsittelystä. Suljettu laitosmainen käsittely voi olla tarpeen myös kuivikelantojen käsittelyssä, jos ympäristö sitä edellyttää esim. hajuhaittojen ja vesienhallinnan osalta. Tilakokojen kasvaessa on siirrytty yhä enenevässä määrin kotieläinrakennuksissa lietalantajärjestelmien käyttämiseen, jolloin kompostoinnin osuus lantojen käsittelymenetelmänä tulee todennäköisesti vähenemään. Kuiva-ainekoostumukseltaan alle 10 %:n lietteiden kompostoinnissa tarvittavan tukiaineen määrä on niin suuri, että se tekee käsittelystä taloudellisesti kannattamatonta. Jotta kompostointi olisi kannattavaa, tulisi liete ensin kuivata, joka puolestaan edellyttäisi kuivauksessa syntyvän nesteiden käsittelyn ratkaisemista edullisella tavalla.

4.2 Mädätys

Mädätys on lietteen pääkäsittelymenetelmä ketjussa, joka koostuu esikäsittelystä, mädätyksestä, mädätetyn lietteen käsittelystä ja loppusijoituksesta. Ketjun lohkokaavio on esitetty kuvassa (Kuva 4.3).



*Hygienisointia ei tarvita, jos mädätyksen jälkeisessä käsittelyssä lämpötila nousee tasolle > 70 °C tai jos mädätysprosessi on termofillinen

Kuva 4.3 Mädätyksen lohkokaavio

Mädätystä on kahta päätyyppiä, märkämädätys ja kuivamädätys. Märkämädätyksessä reaktoriin syötettävän lietteen kiintoainepitoisuus on maksimissaan 15 % TS. Reaktorissa liete pidetään suspendoituna mekaanisen sekoituksen avulla. Kuivamädätyksessä reaktoriin syötettävän lietteen kiintoainepitoisuus on n. 20–40 % TS. Reaktorissa olevaa lietettä ei sekoiteta, vaan liete puristetaan tai viedään hitaasti reaktorin läpi. Märkämädätys on yleisin mädättämötyyppi. Kuivamädätystä käytetään pääasiassa biojätteen mädätyksessä.

Esikäsittely

Tarvittava esikäsittely riippuu käsiteltävästä lietteestä. Mädätettäessä puhdistamolietettä liete sakeutetaan joko gravitaatiotiivistimessä tai mekaanisella tiivistimellä. Perinteisesti lietteen sakeutuksessa on käytetty gravitaatiotiivistimiä. Tällä hetkellä olemassa olevia mädättämöitä tehostetaan investoimalla mekaanisiin tiivistimiin, jolloin lietteen syöttösakeus saadaan nostettua, käsiteltävä lietemäärä pienennettyä ja mädättämön viipymää pidennettyä. Lantaa ei tavallisesti sakeuteta ennen mädätystä. Muiden teollisuudesta peräisin olevien lietteiden sakeutus riippuu lietteiden kiintoainepitoisuudesta ja siitä, kuinka suuren osan sisään syötettävästä lietteestä ne muodostavat eli miten niiden sakeus vaikuttaa koko syötettävän lietteen sakeuteen.

Lanan ja teollisuuden lietteiden muu esikäsittely riippuu siitä, käsitelläänkö ne sivutuoteasetuksen mukaisessa laitoksessa vai kansallisen hyväksynnän mukaisessa laitoksessa. Jos lanta ja luokan 3 jäte käsitellään sivutuoteasetuksen mukaisessa laitoksessa, joudutaan liete murskaamaan palakokoon 12 mm ja hygienisoimaan 60 minuutin ajan 70°C lämpötilassa. Hygienisointiyksikkö voi sijaita ennen tai jälkeen mädätysreaktorin. Erillistä hygienisointiyksikköä ei tarvita, jos lietteen jatkokäsittely täyttää lämpötilavaatimukset. Käytännössä tämä tarkoittaa, että mädätetty liete käsitellään termisesti. Jos lietteet käsitellään kansallisen hyväksynnän mukaisessa laitoksessa, ei erillistä hygienisointiyksikköä tarvita, jos mädätyslämpötila on vähintään 55°C, mädätyksen keskimääräinen viipymä vähintään 21 päivää, mädättämöön syötettävien panosten väli vähintään 24 tuntia ja lietteen palakoko maksimissaan 40 mm.

Mädätys

Mädätys tapahtuu suljetussa reaktorissa, hapettomassa tilassa. Prosessia kutsutaan valitun lämpötilan perusteella joko mesofiiliseksi (n. 37°C) tai termofiiliseksi (55°C). Suurin osa nykyisistä suomalaisista mädättämöistä toimii mesofiilisella alueella. Lietteiden lämmityksessä käytetään tapauskohtaisesti joko lämmönvaihtimia tai höyryä. Mädätysprosessin aikana bakteerit muuttavat osan orgaanisesta aineesta metaanipitoiseksi biokaasuksi ja lietteiden kiintoainemäärä pienenee. Prosessi tuottaa stabiilia ja helposti kuivattavaa lietettä. Lisäksi ravinteet muuntuvat orgaanisesta epäorgaaniseen muotoon.

Mädätetty liete kuivataan tavallisesti mekaanisesti, esim. lingolla, suotonauhapuristimella tai ruuvipuristimella. Kuivauksen tehostamiseksi lietteiden sekaan voidaan annostella polymeeriä.

Lopputuote

Mädätetyn lietteiden jatkokäsittely riippuu lietteiden laadusta ja käyttökohteista.

Mädätettyä lietettä voidaan käyttää maanparannusmädätteenä. Liete tulee mädättää joko termofiilisesti (55°C, 21 vrk) tai mesofiilisesti (36°C, 21 vrk) ja stabiloida se hyväksytyllä menetelmällä esim. kompostointi, Kemicond tai kalkkistabilointi. Maanparannusmädätettä valmistava lietalaitos tarvitsee toimiakseen laitoshyväksynnän.

Termisesti mädätettyä ja mekaanisesti kuivattua lietettä voidaan käyttää sellaisenaan maanparannusaineena.

Jos puhdistamolietteiden lisäksi mädätetään lantaa tai lantatuotteita, on mädätyksen lopputuotteen suhteen tiukemmat vaatimukset. Ennen tai jälkeen mädätyksen liete tulee hygienisoida (70°C ja 60 min). Hygienisointivaatimus saavutetaan, jos mädätyksen jälkeen liete käsitellään menetelmällä, jossa hygienisoinnin vaatimukset saavutetaan. Sopivia jatkokäsittelymenetelmiä ovat mm. kompostointi tai terminen kuivaus. Pelkkää lantaa käsittelevissä termofiilissä biokaasulaitoksissa ei tarvita erillistä hygienisointiyksikköä, mutta jos mädätettä käytetään lannoitteena tai lannoitevalmisteena se tulee jälkikypsyttää kompostoimalla.

Ympäristövaikutukset

Mädätystekniikka edistää ravinteiden kierrättämistä, jos mädätettyä lietettä käytetään lannoitevalmisteena. Tällöin se vähentää teollisesti valmistettujen lannoitteiden käyttöä ja täten vähentää niiden valmistuksesta aiheutuvaa ympäristökuormitusta.

Mädätys tuhoaa patogeenejä, hajottaa torjunta-aineita, vähentää jatkokäsittelyn hajuhaittoja ja hygieniariskejä sekä lannan aiheuttamia metaanipäästöjä. Maatalouden lietteiden käsittelyssä syntyy hajuhaittoja mm. kun laitokselle tuotua lietettä puretaan laitoksella.

Mädätyksessä syntyy jätevesiä lietteiden esikäsittelyn ja kuivauksen yhteydessä. Tavallisesti puhdistamolietettä käsittelevät mädättämöt sijaitsevat jätevedenpuhdistamolla ja syntyvä rejektivesi voidaan johtaa suoraan vesiprosessiin. Usein myös muiden mädätyslaitosten rejektivedet johdetaan jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi. Ongelmaksi jätevesi voi muodostua keskitetyillä mädätyslaitoksilla, joiden läheisyydessä ei sijaitse suurta jätevedenpuhdistamo. Syntyvä jätevesi on konsentroitunutta ja erityisesti orgaanisen aineen ja typen pitoisuudet ovat suuret. Tämä voi aiheuttaa ongelmia etenkin pienillä ja keskisuurilla jätevedenpuhdistamoilla. Tällöin jätevesi voidaan joutua esikäsittelemään mädätyslaitoksen yhteydessä, jolloin jäteveden orgaanisen aineen ja ravinteiden pitoisuutta leikataan ennen jäteveden johtamista viemäriverkkoon. Jätevedenkäsittelyyn ei ole vielä vakiintuneita ratkaisuja ja yleisesti voidaan todeta, että olemassa olevat vaihtoehtoiset ratkaisut ovat kalliita.

Rajoitukset

Mädätys sopii useimpien lietteiden käsittelyyn. Menetelmän rajoittavana tekijänä on lietteen kiintoainepitoisuus, joka saa märkämädätyksessä olla maksimissaan 15 % TS. Mädätys on lisäksi herkkä tietyille toksisille aineille. Raja-arvot toksisille aineille löytyvät kirjallisuudesta. Erityisesti voidaan mainita typpi, joka voi haitata mädätystä etenkin biojätteen ja lannan mädätyksessä.

Alueellinen soveltuvuus

Mädätystä arvioitaessa tulee ensin määritellä, mitä lietteitä mädätyksessä aiotaan käsitellä.

Yksi ryhmä on puhdistamojen raaka- ja biolietteet. Suurimmilla suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla on olemassa olevat mädättämöt, joissa syntyvä liete käsitellään. Suurin osa puhdistamoiden mädättämöinvestoinneista on jo tehty, mutta voidaan olettaa, että myös uusille keskuspuhdistamoille rakennetaan mädättämöitä. Välttämättä kaikille tuleville suurille puhdistamoille ei mädättämöä rakenneta, lopullinen päätös riippuu valittavasta lietteen jatkokäsittelytavasta.

Mahdollisesti osa nykyisistä puhdistamoiden mädättämöistä otetaan tulevaisuudessa tehostettuun käyttöön. Tämä voidaan tehdä esim. syöttösakeutta nostamalla ja mädätyslämpötilan muutoksella mesofiilistä termofiiliseen. Tällöin mädättämöissä voidaan käsitellä nykyistä suurempi määrä lietettä. Tarve mädättämöiden tehostamiselle voi syntyä esimerkiksi jätevesikuormituksen kasvusta. Toinen mahdollisuus on alkaa käsitellä puhdistamoiden mädättämöissä muita lietteitä, esimerkiksi teollisuuden lietteitä tai esikäsiteltäviä biojätteitä.

Jos jätevedenpuhdistamojen mädättämöissä aletaan käsitellä puhdistamolietteen lisäksi muita liete- ja jättejakeita, tulee käsittelyn kannattavuuden arvioinnissa ottaa huomioon lietteen loppukäyttö. Puhdistamoliete sisältää yleensä muita lietejakeita enemmän raskasmetalleja ja voi osaltaan vaarantaa ns. puhtaampien lietejakeiden jatkokäytön. Lisäksi tulee huomioida sivutuoteasetuksen vaatimukset.

Toinen ryhmä on lanta ja teollisuuden lietteet. Tällä hetkellä Suomessa on yksi keskitetty lantamädättämö, Biovakka Oy (käsitellään muitakin jakeita kuin lantaa), sekä muutamia tilakohtaisia mädättämöitä. Voidaan kuitenkin olettaa, että tulevaisuudessa Suomeen rakennetaan lisää keskitettyjä lantamädättämöitä. Keskitetty lannan mädätys tulee aiheelliseksi etenkin sellaisilla alueilla, joissa eläinyksiköiden koko on suuri ja jossa kaikkea syntyvää lantaa ei pystytä levittämään omille pelloille. Lannan mädätys pienentää levitettävän lannan määrää, vähentää hajuhaittoja, muuntaa ravinteita kasveille paremmin sopivaan muotoon ja vähentää riskiä tautien leviämisestä peltoalueelta toiselle. Lisäksi mädätys tuottaa energiarikasta biokaasua. Lannan biokaasun tuottopotentiaali ei ole kovin suuri, mutta jos lantamädättämössä voidaan käsitellä yhdessä lannan kanssa energiarikkaita teollisuusjätteitä, parantaa tämä biokaasun tuottoa ja laitoksen kannattavuutta. Teollisuusjätteiden käsittelyssä tulee huomioida eläinten sivutuoteasetuksen vaatimukset.

Sikalalannan osalta on huomioitava sen suuri typpipitoisuus. Tällä on vaikutusta mm. valittavaan mädätyslämpötilaan. Sikalalannan joukkoon voidaan lisätä esim. turvetta (0.3–0.5 kg VS/m³) sitomaan vapautuvaa ammoniumtyyppiä.

Gaia Oy on arvioinut biokaasun maatilatuotannon kannattavuusselvityksessä (Loppuraportti, Hagström, Vartiainen, Vanhanen 31.8.2005), että biokaasun lämmön- ja sähkön yhteistuotannon kannattavuusraja on maitotilojen osalta 100 lypsävää lehmää, sikaloiden osalta 1 000 sikaa ja broilerikanalan osalta 60 000 broileria. Näissä luvuissa ei ole huomioitu mahdollista teollisuuslietteiden käsittelyä.

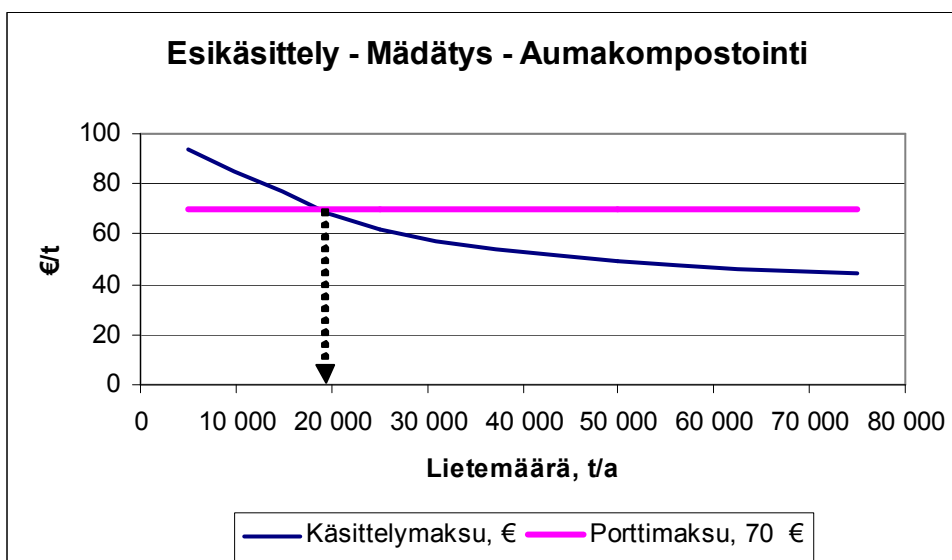
Kustannustehokkuus

Mädättämön investointi- ja käyttökustannuksia puhdistamolietteelle on tarkasteltu laskentaesimerkin avulla, jossa lähtöoletukset ovat seuraavia:

- tarkastelussa käytetyt lietemäärät märkälietteenä 5 000, 25 000, 50 000 ja 75000 t/a
- kiintoainepitoisuus 20 % TS
- orgaanisen aineen osuus 65 % VS / TS
- esikäsittelyä linkokuivaus
- hygienisointi
- mädätyslämpötila mesofiilinen
- jälkikäsittelyvaihtoehdot joko kompostointi ja jälkikypsytyks aumassa tai suora terminen kuivaus
- investointikustannukset ositettu 10 vuodelle, laskennassa käytetty korko 5 %

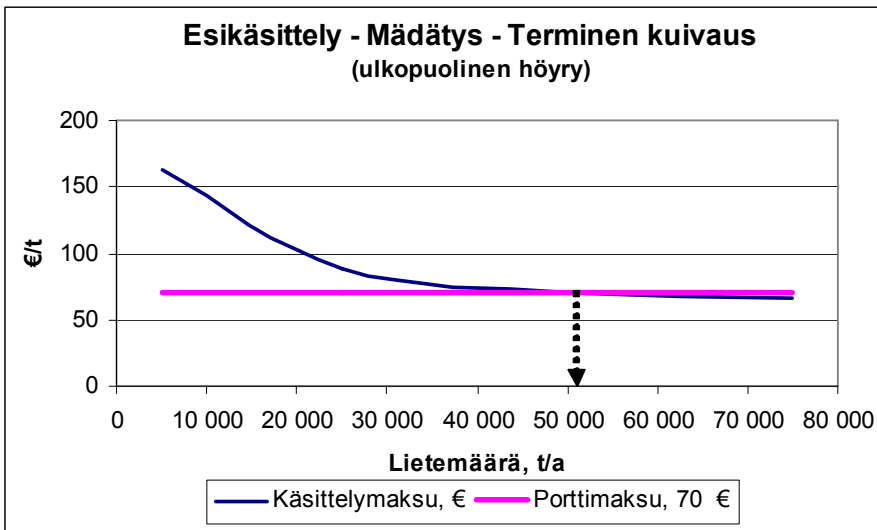
Eri laitostekojen investointi- ja käyttökustannuksia on verrattu laskennalliseen porttimaksuun 70 €.

Jos mädätteen jälkikäsittelyä on kompostointi, on kustannuskäyrä kuvan (Kuva 4.4). mukainen.



Kuva 4.4. Mädätyksen kustannuskäyrä, kun mädätteen jälkikäsittelyä on aumakompostointi

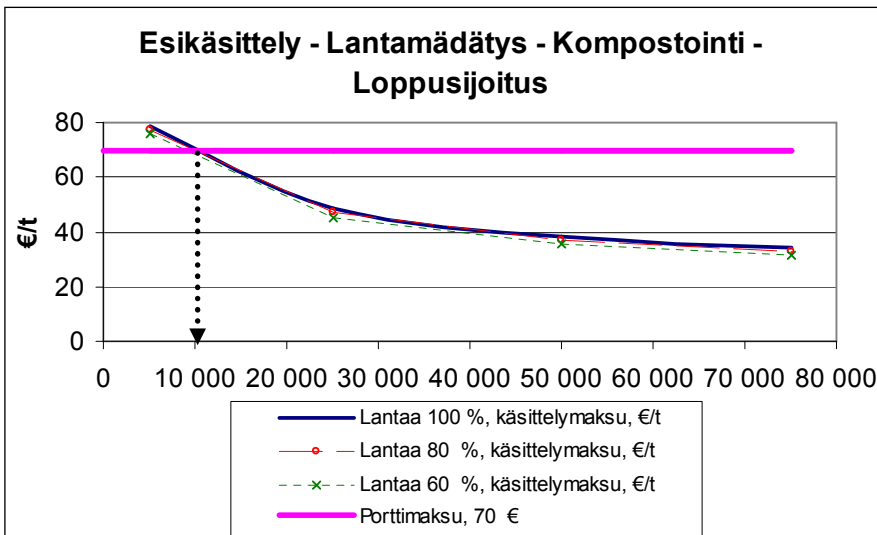
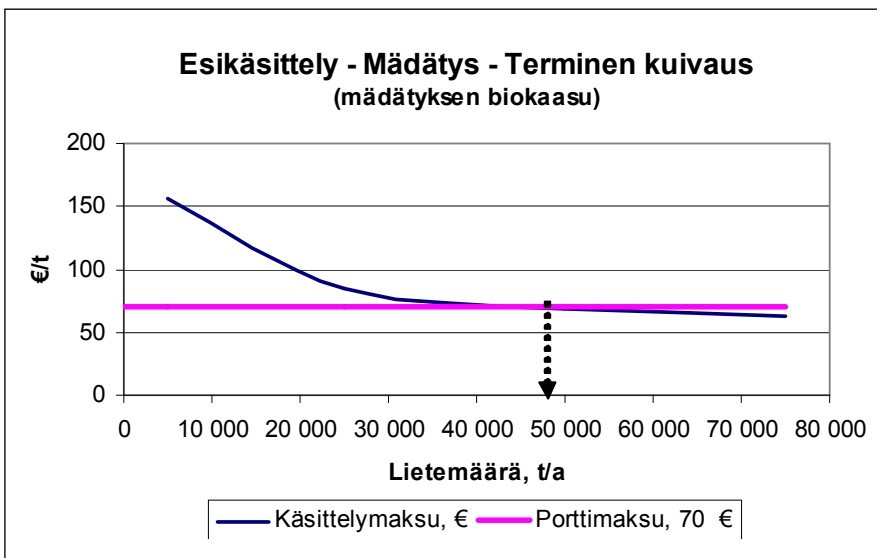
Jos mädätteen jälkikäsittelyä on terminen kuivaus, ovat kustannuskäyrät kuvien 5.5 ja 5.6 mukaiset riippuen siitä, käytetäänkö termisen kuivauksen energialähteenä ulkopuolista energiaa vai mädätyksen biokaasua. Mädättämön biokaasu riittää termisen kuivauksen energialähteeksi, mutta sitä ei riitä enää hyödynnettäväksi sähkön tai lämmön tuotantoon. Käytännössä ero ei ole kovin suuri, koska ulkopuolista energiaa käytettäessä saadaan suurempi käyttökustannus katettua biokaasusta saatavan lämmön ja sähkön avulla. Mädättämön biokaasu kannattaa siten käyttää ensisijaisesti termisen kuivauksen energialähteenä.



Kuva 4.5 Mädätyksen kustannuskäyrä, kun mädätteen jälkikäsitelyynä on terminen kuivaus ja termisen kuivauksen energianlähteenä käytetään ulkopuolista energiaa

Kuva 4.5 Mädätyksen kustannuskäyrä, kun mädätteen jälkikäsitelyynä on terminen kuivaus ja termisen kuivauksen energianlähteenä käytetään mädätyksen tuottamaa biokaasua.

Lantaa käsittelevän biokaasulaitoksen kustannuskäyrä on esitetty kuvassa (Kuva 4.6).



Kuva 4.6 Lantaa mädättävän laitoksen kustannuskäyrä, kun osa lannasta on korvattu elintarviketeollisuuden lietteillä (0, 20 ja 40 %).

Yllä olevista käyristä voidaan todeta, että mädätyksen kokonaiskustannus riippuu huomattavasti siitä, kuinka korkean teknologian ratkaisu valitaan mädätteen jatkokäsittelyyn. Lietteen terminen kuivaus on sekä investointi- että käyttökustannuksiltaan aumakompostointia selvästi kalliimpaa.

Uutta mädättämöinvestointia tehtäessä on hankala saada kannattavaksi laitosta, joka koostuu kahdesta perättäisestä korkean teknologian prosessista; mädättämöstä ja termisestä kuivurista. Termisen kuivurin hyödyntäminen on harkinnan arvoista etenkin tapauksissa, joissa mädättämöinvestointi on tehty jo aiemmin ja tämän hetkinen investointi tehdään lietteen jatkokäsittelyyn. Tällöin termisesti kuivattua lietettä voitaisiin hyödyntää esim. lannoitekäytössä tai poltossa. Tämä esimerkki pätee erityisesti niillä jätevedenpuhdistamoilla, joissa on jo mädättämö.

Mädätyksen ja aumakompostoinnin yhdistelmä on selvästi edullisempi ratkaisu. Tämän vaihtoehdon mielekkyyteen vaikuttaa erityisesti se, kuinka hyvänlaatuinen lopputuote aumakompostoinnilla saadaan aikaan ja mitkä ovat tuotteen markkinointiedellytykset. Yleisesti voidaan todeta, että mitä puhtaampaa raaka-ainetta mädätykseen voidaan johtaa, sitä parempilaatuista on myös komposti. Tästä syystä ratkaisua voidaan suositella hyvin laitoksille, joissa mädätetään lantaa ja mahdollisesti teollisuuden lietteitä. Maataloudella ei useinkaan ole maksukykyä investoida lannan mädätykseen, mutta jos mädätyslaitokseen saadaan mukaan esim. elintarviketeollisuuden lietteitä, muuttuu hanke kannattavammaksi. Suurin osa laitoksen kuluista joudutaan kuitenkin kattamaan porttimaksulla. Yhteismädättämöillä olisi potentiaalia alueilla, joilla muodostuu paljon lietteitä maataloudesta, teollisuudesta tai jätevedenpuhdistamoilta.

Kustannuskäyristä nähdään, että lantaa käsittelevän mädättämön kustannukset ovat alhaisemmat kuin pelkkää lietettä käsittelevän laitoksen. Kustannusten erot johtuvat siitä, että lantaa ei tarvitse esikäsitellä. Kustannukset on laskettu termofiiliselle mädätyslaitokselle, joka täyttää hygienisointivaatimukset. Termofiilinen mädätys ei kuitenkaan sovellu pelkän sianlannan mädätykseen.

Mädättämöinvestoinnin kannattavuuteen vaikuttaa myös biokaasusta saatava hinta. Jos biokaasusta saatavaa energiaa aletaan tukea, vaikuttaa se ratkaisevasti mädättämöiden kannattavuusrajoihin.

Hallitusohjelma vaikuttaa vuosina 2007–2011 biokaasun hyötykäyttöedellytyksiin. Ohjelman kohdassa 8 "Ilmasto ja energiapolitiikka" todetaan mm. seuraavaa: "Hallitus toteuttaa syöttötariffin erilaisten biokaasulaitosten (peltobiomassa, teurasjätteet, erilaiset karjanlannat, yhdyskuntajätteet) osalta. Järjestelmä sisältää markkinahinnan ja bioenergian hinnan erotuksen kompensaaation." Tämä järjestelmä koskee pieniä alle 20 MW:n laitoksia. Edellä mainittu syöttötariffi parantaa yksittäisten hankkeiden kannattavuutta ja luo hyvät edellytykset alan laitevalmistuksen kehittymiselle ja aikaisempaa suuremmille markkinoille.

Energiatehokkuus

Mädätyksestä saadaan energiarikasta biokaasua. Biokaasu koostuu pääasiallisesti metaanista (60–70 %), hiilidioksidista (30–40 %) ja vähäisestä määrästä muita kaasuja. Biokaasua voidaan hyödyntää joko lämmityksessä, lämmön ja sähkön yhteistuotannossa tai liikennepolttoaineena.

Paras tuotto biokaasulle saadaan liikennekäytössä, arviolta 50 €/MWh. Toiseksi kannattavinta on sähkön ja lämmön yhteistuotanto, joka tuottaa n. 10–15 €/MWh. Vähiten kannattavaa on biokaasun muuntaminen lämmöksi n. 10 €/MWh. Esitetyt arviohinnat kuvaavat tilannetta, jossa kaasusta saatava hyödyke myydään laitoksen ulkopuolelle. Jos biokaasulla voidaan korvata laitoksen omaa lämmitys- tai sähköenergian kuluista, on biokaasun ns. korvaushinta edellä esitettyjä lukuja suurempi. Arviohinnat vastaavasti laskevat, jos kaasusta tuotettua lämpöä joudutaan siirtämään kauemmas laitokselta.

Biokaasun liikennekäyttöä ei ole vielä Suomessa, koska maasta puuttuu valmis kaasutankkausasemien verkosto ja näin kaasuautojen määrä on pieni. Pääkaupunkiseudulla on tällä hetkellä kaksi maakaasutankka-

usasemaa ja tarkoitus on rakentaa kymmenen uutta asemaa. Koko Etelä-Suomessa maakaasuverkosto on jo kattava ja tankkausasemien voidaan olettaa yleistyvän lähivuosien aikana. Vertailukohdaksi voidaan ottaa Ruotsi, jossa on 50 biokaasuautojen tankkausasemaa ja yli 5 300 biokaasuautoa. Puhdistetun biokaasun liikennekäyttö olisi mahdollista etenkin niillä alueilla, joilla on myös maakaasun tankkausasemia.



Kuva 4.7 Olemassa oleva ja suunnitteilla oleva maakaasuverkko. Lähde www.gasum.fi

Biokaasun jalostaminen liikennekäyttöön on teknisesti jo mahdollista. Tekniikka on nykyisin vielä melko kallista, mutta hinta riippuu hyvin vahvasti käsiteltävän biokaasun määrästä. Pienillä laitoksilla (biokaasua 100 m³n/h) kaasun puhdistuksen kustannus on n. 25 €/MWh. Laitoskoon kasvaessa (biokaasua 1000 m³n/h) puhdistuskustannukset laskevat n. 10–15 €/MWh.

Kuvien (Kuva 2.2 ja Kuva 4.7) perusteella voidaan todeta, että nykyisistä lietemädättämöistä Helsingin, Espoon, Hyvinkään, Hämeenlinnan, Riihimäen, Tampereen ja Lahden mädättämöt voivat harkita biokaasun hyödyntämistä tulevaisuudessa liikennekäytössä.

Lisäksi nykyisten ja perustettavien suursikaloiden ja -navetoiden kannattaa harkita syntyvän lannan mädättämistä ja biokaasun hyödyntämistä liikennekäytössä, jos ne sijoittuvat lähelle suunnitteilla olevaa maakaasuverkkoa.

Tulevaisuus

Biokaasulaitostekniikka tukee uusiutuvien energialähteiden ja bioenergian tuotannon edistämistä ja on siinä kannatettavaa. Bioenergian tukipolitiikan kehittyminen tuo lisää investointimahdollisuuksia alalle. Yksi mahdollinen tuleva suuntaus on se, että mädätettävät lietteet jaotellaan loppukäyttömahdollisuuksien mukaan. Puhdistamolietteet mädätetään erikseen ja tapauskohtaisesti hyötykäytetään lannoituksessa ja viherrakentamisessa tai poltetaan. Lanta ja teollisuuden liete mädätetään yhdessä ja käytetään lannoitteena. Tämän lisäksi maatalouden, puhdistamoiden ja teollisuuden lietteitä voidaan käsitellä keskitetyissä biokaa-

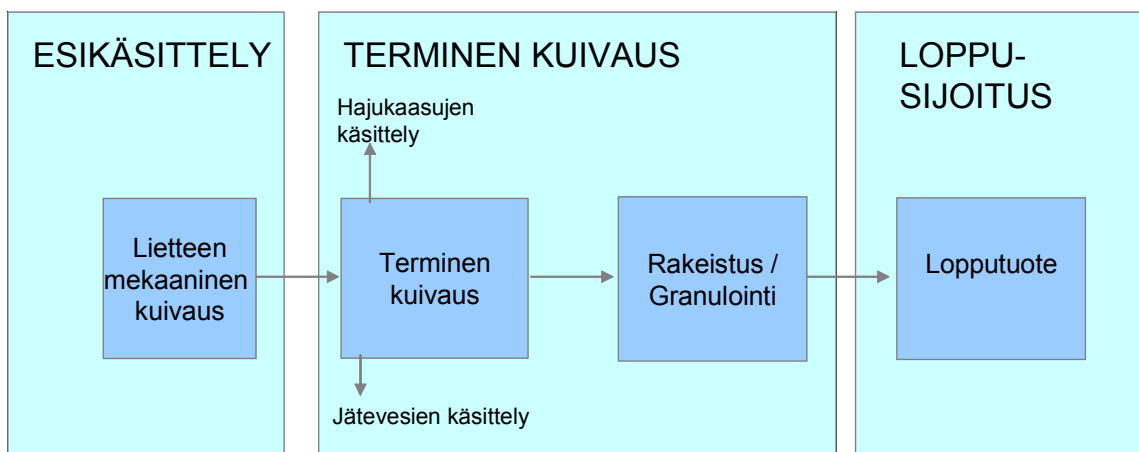
sulaitoksissa, jos puhdistamoliete ei vaaranna muun lietteen loppukäyttöä tai päinvastoin. Alueellisten keskitettyjen mädättämöiden lisäksi voidaan investoida tilakohtaisiin mädättämöihin.

Nykyisiä lietemädättämiä joudutaan tulevaisuudessa täydentämään hygienisointiyksiköillä etenkin siinä tapauksessa, että lietemädättämöiden käyttöä tehostetaan ja niissä aletaan käsitellä myös puhdistamon ulkopuolisia lietteitä.

Tulevaisuudessa biokaasua tullaan Etelä-Suomessa hyödyntämään nykyistä enemmän ajoneuvokäytössä.

4.3 Terminen kuivaus

Menetelmaketju esikäsitteily – terminen kuivaus – loppusijoitus on kuvattu lohkokaaviossa (Kuva 4.8).



Kuva 4.8 Menetelmaketju Esikäsitteily – Terminen kuivaus – Loppusijoitus

Esikäsitteily

Ennen termistä kuivausta liete esikuivataan mekaanisesti esim. linkojen avulla. Esikuivauksessa pyritään liete kuivaamaan mahdollisimman tehokkaasti, koska veden haihduttaminen on huomattavasti kalliimpaa kuin lietteen mekaaninen kuivaus, joten tässä vaiheessa liete tulisi saada esikuivatuksi mahdollisimman tehokkaasti.

Terminen kuivaus

Termisessä kuivauksessa lietteeseen esikäsitteilyn jälkeen jäänyt vesi poistetaan haihduttamalla. Kuivaus voi perustua suoraan (konvektiokuivaus) tai epäsuoraan (kontaktikuivaus) lämmitykseen, jolloin lämmitettävästä väliaineesta otetaan vain lämpöenergia käyttöön. Lämmönlähteinä voidaan käyttää höyryä, termooiljyä tai kuumaa ilmaa.

Erilaiset termisen kuivauksen menetelmät on esitetty tekniikkaluettelossa raportin liitteessä (Liite 2).

Terminen kuivaus voi olla täyskuivausta (yli 85 % TS) tai osittaista kuivausta (alle 85 % TS). Täyskuivauksessa lopputuote on pölymäistä tai granuloitunutta lietettä. Pölymäisessä lietteessä on otettava huomioon palo- ja räjähdysriskit. Pölymäinen liete johdetaan yleensä suoraan polttoon. Granuloidunutta lietettä on helpompi ja turvallisempi käsitellä.

Lietteen termisessä kuivauksessa päästään kuiva-ainepitoisuudessa jopa yli 90 % TS. Haluttu kuiva-ainepitoisuus riippuu termisesti kuivatun lietteen jatkokäsittelystä. Hygienian, varastoinnin ja homehtumisen es-

tämisen kannalta sopiva kuiva-ainepitoisuus on 85–90 % TS. Lietteen polttoa varten kuiva-ainepitoisuus tulee olla ainakin 35-60 % TS. Polton osalta lietteen optimi kuiva-ainepitoisuus riippuu aina polton lämpötilasta ja se selvitetään tapauskohtaisesti.

Termisessä kuivauksessa tulee huomioida ns. liimavaihe, jolloin lietteen kuiva-ainepitoisuus on 45–60 % TS. Tällä alueella lietettä on vaikea käsitellä ja se tarttuu helposti kiinni kuivauspintoihin. Liimavaihe täyttyy ohittaa erityisesti kontaktikuivauslaitteilla lietteen kierrätyksellä. Kuivattua lietettä kierrätetään takaisin määrän lietteen joukkoon, jolloin käsiteltävän lietteen kuiva-ainepitoisuus nousee liimavaihetta suuremmaksi. Kierrätyksellä parannetaan myös lietteen tasaista kuivumista, pölyn sitomista lietteeseen ja lopputuotteen rakennetta.

Lopputuote

Lietteen termisen kuivauksen yhteydessä tai sen jälkeen erillisessä yksikössä voidaan liete rakeistaa tai granuloida, jolloin liete on helpompi jalostaa tuotteeksi ja markkinoida. Termisesti kuivattu liete hyödynnetään yleensä joko polttoaineena tai lannoitevalmisteena.

Liete on hygienisoitua ja täyttää lannoitevalmislain hygienisoimisvaatimukset. Kuivauksessa lietteen määrä vähenee, jolloin se on helposti käsiteltävää ja varastoivaa.

Ympäristövaikutukset

Termisessä kuivauksessa muodostuu hajukaasuja, jotka tulee käsitellä. Prosessissa kosteutta imenyt ja jäähdytetty ilma imetään pois ja käsitellään esim. kaasupesurilla tai poltetaan. Ilma voidaan johtaa ennen käsittelyä lämmön talteenottoon ja käsitellä vasta tämän jälkeen.

Termisessä kuivauksessa on otettava huomioon kuivatun lietteen pölyäminen, vaikka liete granuloitaisiinkin. Orgaaninen lietepöly on hengitettynä haitallinen ja sen käsittelyssä tarvitaan suojaimia. Termisesti kuivattu liete muodostaa myös palo- ja räjähdysriskin. Riskiä pienentää lietteen granuloiminen, pölymäärän minimoiminen ja räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostumisen estäminen esim. tyttämällä kuivurin ilmatila. Termisestä kuivauksesta on vasta vähän käyttökokemuksia Suomessa ja lopputuotteelle ei ole vielä muodostunut valmiita myyntikanavia ja riittävää kysyntää. Ravinnekäyttöä varten liete tulee tuotteistaa ja lisätä samalla tarvittavat lisäravinteet. Termisesti kuivattu jätevesiliete ei ole ollut kovin haluttua polttoainetta eräillä lämpövoimalaitoksilla lietteen laadun takia.

Rajoitukset

Menetelmän käytön rajoituksena voidaan pitää sen korkeita käyttökustannuksia johtuen tarvittavasta lämmitysenergiasta. Tämän takia terminen kuivaus olisi edullista sijoittaa paikkaan, missä edullista sekundäärilämpöä on saatavilla ja missä prosessin ylimääräinen lämpö voidaan hyödyntää esimerkiksi kasvihuoneilla tai kaukolämpöverkossa.

Termisen kuivauksen yhteydessä muodostuu hajukaasuja riippuen kuivattavan lietteen laadusta ja alkupe-
räästä. Ruotsissa jouduttiin termisen kuivurin poistokaasu johtamaan katalyyttisen polttoon hajuongelman ratkaisemiseksi.

Termisen kuivauksen tilantarve on pieni kompostointiin verrattuna.

Termisestä kuivauksesta on vasta vähän käyttökokemuksia Suomessa ja lopputuotteelle ei ole vielä muodostunut valmiita myyntikanavia ja riittävää kysyntää. Ravinnekäyttöä varten liete tulee tuotteistaa ja lisätä samalla tarvittavat lisäravinteet.

Alueellinen soveltuvuus

Terminen kuivaus soveltuu yleensä parhaiten suurten lietemäärien käsittelyyn ja alueellisiin käsittelylaitoksiin. Pohjanmaalla toteutetussa ratkaisussa lietteet on pääsääntöisesti kerätty osakaskuntien alueelta, jossa kuljetusmatkat ovat olleet alle 80 km.

Kuivauksessa lietemäärä vähenee merkittävästi, ja tämä pienentää varastointi- ja kuljetuskustannuksia. Lopputuotteen jatkokäytön kannalta alueella tulisi olla polttolaitos tai ravinnekäyttöön soveltuvaa peltopinta-alaa.

Yksittäisen suuremman teollisuuslaitoksen liete kannattaa esikuivata termisesti, jos vaihtoehtona on kuiva-
tun lietteen kuljetus hävitettäväksi polttolaitokselle 50-100 km:n etäisyydelle. Lietemäärän aleneminen näkyy selvästi käsittelykustannuksissa. Jos terminen kuivuri rakennetaan, kannattaa selvittää onko mahdollista "täyskuivata" liete (> 85 % TS), sillä toisaalta polttolaitos mieluummin käsittelee osittain kuivattua lietettä (45 % TS) pölyämisen takia.

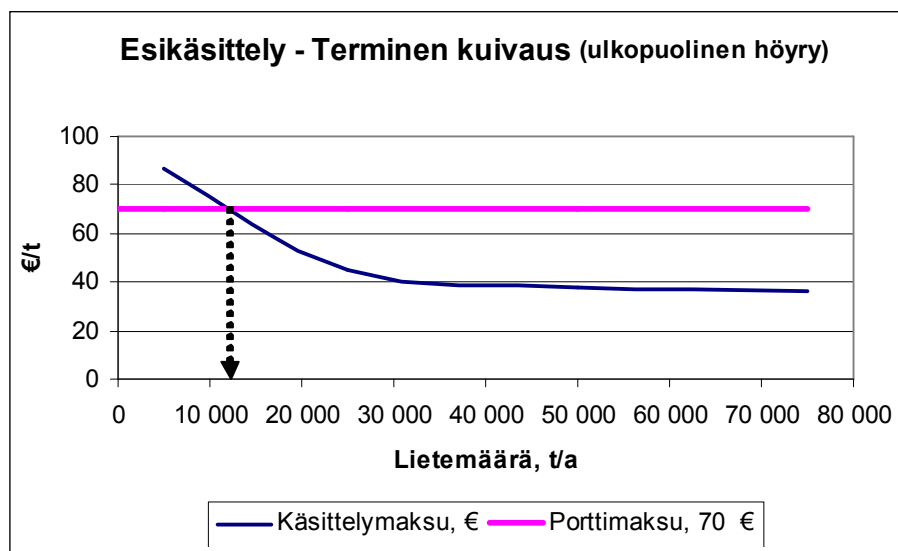
Kustannus- ja energiatehokkuus

Terminen kuivaus parantaa lietteen lämpöarvoa, jolloin sitä voidaan vastaavasti tehokkaammin hyödyntää energiantuotannossa.

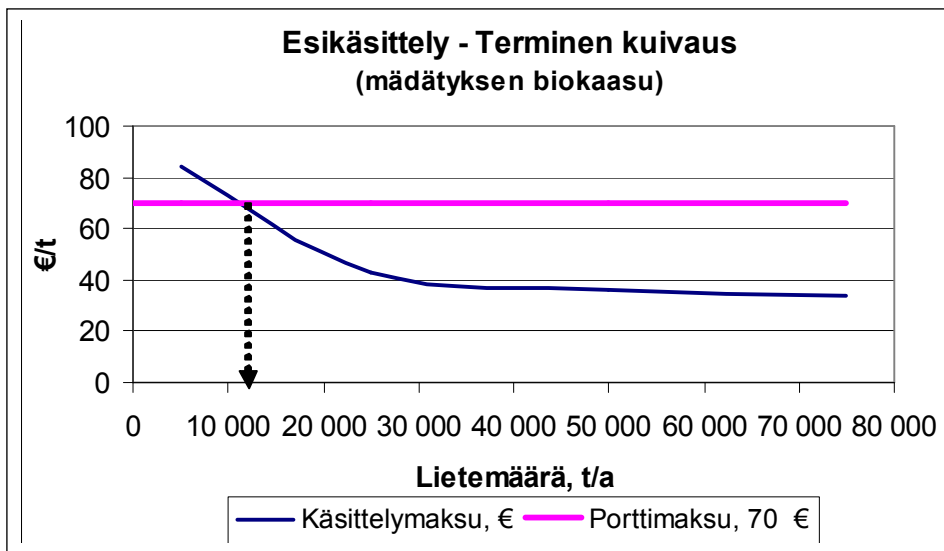
Termisen kuivauksen lämpöenergian kulutus vaihtelee yleensä välillä 0,8–1,1 kWh/kgH₂O (haihdutettua vesikiloa kohti). Sähköenergian kulutus vaihtelee riippuen termisen kuivauksen laitteistosta, arviolta vaihteluväli on 4–5 kWh/m³ lietettä ja suurimmillaan useita kymmeniä kilowattitunteja liete-kuutiota kohti. Termisen kuivauksen energian kulutus riippuu paljon halutusta kuiva-ainepitoisuudesta. Kuiva-aineen 5 %:n muutos vastaa 9 %:n muutosta energian kulutuksessa.

Lämmönkulutus termisessä kuivauksessa on korkea, joten terminen kuivaus yhdistetään usein polttoon, jolloin lietteen lämpöarvo saadaan hyödynnettyä. Koska menetelmän käyttökustannukset ovat varsin korkeat, sen hyödyntäminen vaatii edullisen energialähteen (esim. mädätyksessä saatava biokaasu, kaatopaikkakaasu, ylijäämälämpö teollisuudesta tai kaukolämmön tuotannosta ym.). Samoin prosessin ylimääräinen lämpöenergia pitäisi saada hyödynnettyä esim. kaukolämpöverkossa.

Termisen kuivauksen kustannuskäyrät on esitetty kuvissa (Kuva 4.9 ja Kuva 4.10). Ulkopuolisen energialähteen (höyry) hintana on käytetty 28 €/MWh ja biokaasun hintana 15 €/MWh sillä edellytyksellä, että biokaasua on riittävästi saatavilla.



Kuva 4.9 Termisen kuivauksen kustannuskäyrä, kun kuivauksen energialähteenä käytetään ulkopuolista energiaa



Kuva 4.10 Termisen kuivauksen kustannuskäyrä, kun kuivauksen energianlähteenä käytetään ostettua biokaasua esim. kaatopaikalta tai mädättämöltä.

Tulevaisuus

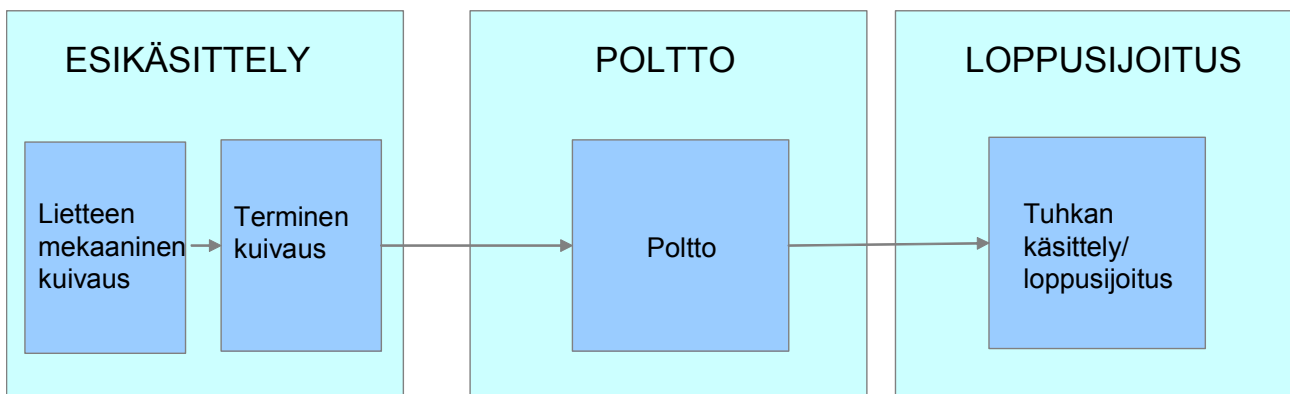
Terminen kuivaus on varsin paljon käytetty menetelmä Keski-Euroopassa, joten odotettavissa on sen lisääntyminen myös Suomen käyttökohteissa. Halvan energialähteen (jätevedenpuhdistamon biokaasu, kaatopaikkakaasu, teollisuuden ylijäämähöyry tai -lämpö) saatavuus parantaa huomattavasti käytettävyyttä ja vähentää käyttökustannuksia. Myös prosessin ylimäärälämmölle tulisi löytää käyttökohde. Käyttökustannukset saadaan alennettua, kun termisesti kuivatulle tuotteelle luodaan markkinat käytön yleistyessä ja lannoitteelle tai polttoaineelle saadaan hinta.

Selvityshankkeita termisen kuivauksen osalta on tehty useita, mutta harva hanke on vielä toteutunut. Menetelmäketjussa termiseen kuivaukseen liittyy aina joko poltto tai lietteen käyttö edelleen ravintoaineena. Vaatimusten kiristyessä on Suomeenkin alettava rakentaa uutta lietteenkäsittelykapasiteettia. On mahdollista, että lähivuosina käynnistyy 3...5 uutta hanketta, joissa terminen kuivaus on mukana.

Suomessa on toteutettu usealla pellettitehtaalla jyrshinturpeen ja/tai sahan purun terminen kuivaus ja pelletointi biopolttoaineeksi.

4.4 Poltto

Poltto on lietteen pääkäsittelymenetelmä ketjussa, joka koostuu esikäsitteilystä, poltosta ja tuhkan käsittelystä. Ketjun lohkokaaavio on esitetty kuvassa (Kuva 4.11).



Kuva 4.11 Polton lohkokaaavio

Suomeen on suunnitteilla noin 10 uutta jätteenpolttolaitosta. Näistä puolet on tarkoitettu vain asumisjätteille ja toinen puoli on rinnakkaispolttolaitoksia, joissa poltettaisiin lajiteltua yhdyskuntajätettä. Jätteiden polttolaitoksia on kaavailtu Riihimäelle (uusi arinapolttokattilan laajennus ja vanha savukaasujen käsittely), uudet polttolaitokset Kotkaan (arinapolttolaitos rakenteilla) ja Lohjalle tai pääkaupunkiseudulle (YVA käynnissä). Päätöksiä ei ole vielä tehty Turkuun, Kyröskoskelle (arinapoltto), Ouluun ja Seinäjoelle suunnitelluista laitoksista. Rinnakkaispolttolaitoksia on käytössä Stora Enson tehtaalla Anjalankoskella, UPM:n tehtaalla Raumalla ja Kajaanissa. Pietarsaaren on vanhan rinnakkaispolttolaitoksen lisäksi suunnitteilla uusi arinapolttolaitos, josta ei ole vielä päätöstä. Uudet rinnakkaispolttolaitokset ovat rakenteilla Poriin ja Tornion terästehtaalle ja mahdollisesti Lahteen. Lappeenrantaan on suunnitteilla polttoainemuutos samoin kuin sementtiuniin Paraisille.

Esikäsittely

Lietteen esikäsittely on käytännössä lietteen kuivaus eli vedenerotus. Termisellä kuivauksella liete saadaan vielä kuivemmaksi, mutta tämä kuluttaa paljon energiaa. Termiseen kuivaukseen voidaan käyttää lämmitykseen esim. mädättämöstä saatavaa biokaasua, mikäli sille ei ole parempaa hyötykäyttöä. Termisessä kuivauksessa käytettävä lämmin höyry voidaan lauhduttaa ja lauhde voidaan hyödyntää kaukolämpöverkossa. Polttolaitoksissa lietteen kuiva-ainepitoisuuden tulisi olla periaatteessa mahdollisimman korkea, mutta toisaalta kuoren ja energiapuunkin kuiva-ainepitoisuus on normaalisti 45-55 %:n luokkaa ja lietteen terminen kuivaus 85 %:iin voi lisätä sen pölyämistä. Optimikuiva-ainepitoisuus vaihtelee tapauskohtaisesti, ja pieneköjä (alle 20 %:n) lietemääriä syötetään teollisuudessa muun kiinteän polttoaineen joukkoon 20-30 %:n kuiva-ainepitoisuudessa. Kuonan ja pohjatuhkan orgaanisen hiilen kokonaisuus tulee olla alle 3 % tai niiden hehkutushäviön alle 5 % niiden kuivapainosta.

Kemicond-käsittely on yksi vaihtoehto menetelmäksi, jolla liete saadaan stabiiliksi ja hajuttomaksi, jolloin lietettä voidaan varastoida polttolaitokselle pitemmäksi ajaksi ja sen käsittely on laitoksilla miellyttävämpää. Liette on myös kuivempaa kuin pelkästään mekaanisesti kuivattu liete. Kemicond-käsitelty liete soveltuu sekä arinapoltto- että leijukerrospolttolaitoksille.

Poltto

Eri polttotekniikoille on mitoituksen kannalta tärkeää määritellä eri jakeiden väliset seossuhteet, ja lietteen osuus eri laitoksilla vaihtelee käytännössä riippuen lietteen laadusta ja muusta poltettavasta materiaalista. Poltettavan lietteen kuiva-ainepitoisuus määrittää sen, paljonko tarvitaan tukipolttoainetta ja paljonko muodostuu savukaasuja.

Polttokattilassa tulee saada aikaan hyvä turbulenssi, jotta saadaan aikaan hyvä sekoittuminen. Turbulenssin aikaansaamiseksi prosessin johdetaan ilmaylimäärä. Ylimääräilma kuluttaa lämpöä, joten sen määrä tulee minimoida. Ylimääräilma esilämmitetään yleensä poltossa syntyvillä savukaasuilla osana kattilan ns. lämmöntalteenottojärjestelmää.

Loppusijoitus

Lietteen poltossa syntyvä tuhkaa ei ole määritelty lannoiteasetuksen tyyppinimiluettelossa. Poltossa syntyvää tuhkaa ei voida käyttää lannoitevalmisteena eikä maanparannusaineena. Tuhka tulee käsitellä stabiiliksi, sijoittaa kaatopaikalle tai jätteenkäsittelylaitokseen.

Tuhkan yleisin loppusijoitus on kaatopaikka. Joissakin tapauksissa tuhkaa voidaan hyödyntää tiilien valmistuksessa, tienrakennuksen täyteaineena ja sementin valmistuksessa.

Tuhkasta voidaan erottaa eri jakeita hyötykäyttöön. Esimerkiksi siitä voidaan erottaa fosforia lannoitteiden valmistukseen.

Ympäristövaikutukset

Lietteen sisältämät haitta-aineet (PAH, ja muut orgaaniset yhdisteet), raskasmetallit, kloori, rikki, fosfori ja typpi voivat aiheuttaa ympäristöongelmia, mikäli niistä muodostuu toksisia yhdisteitä savukaasuihin tai ne rikastuvat tuhkaan. Raskasmetalleja ja muita mahdollisia haitta-aineita sisältävä tuhka määritellään ongelmajätteeksi.

Rajoitukset

Lietteenpolttolaitosten lupamenettelyt ovat yleensä pitkiä ja monimutkaisia. Polttolaitoksia kohtaan on tällä hetkellä yleinen vastustus. Suomessa on muutamia polttolaitoshankkeita, joissa poltettavista jakeista on lietteet lopuksi jätetty pois mm. Lahdessa, Turussa ja Oulussa. Jatkossa luultavasti rinnakkaispolttolaitoksiin voidaan ottaa vastaan myös puhdistamolietettä poltettavaksi. Teollisuuden rinnakkaispolttolaitoksilla kiristyneet lupamääräykset savukaasupäästöjen osalta ja rajoitukset massavirta- ja lämpöarvo-osuuksissa rajoittavat jätelietejakeiden polttoa. Kapasiteetin riittävyys toimivilla laitoksilla ja hankkeen kannattavuus joudutaan uudelleen harkitsemaan.

Arinapoltoissa lietteen kuiva-ainepitoisuuden tulee olla korkea vähintään 45 % TS, jolloin lietteen polttomahdollisuuksia voidaan parantaa termisellä kuivauksella. Arinapolton mahdollisuuksia tulee aina tarkastella tapauskohtaisesti, koska kattilan muiden polttoaineiden koostumus, puhdistamolietteen suhteellinen osuus ja syöttötapa vaikuttavat asiaan. Arinapolttolaitoksiin kuivattua lietettä voidaan normaalisti vastaanottaa alle 20 % tulevasta materiaalmäärästä.

Leijupolttotekniikka soveltuu parhaiten lietteen polttoon. Tällä tekniikalla voidaan polttaa myös märkää lietettä, jos sen määrä tulevasta materiaalista on alle 10 %. Kuivaa lietettä ei saisi olla yli 20 % tulevasta materiaalmäärästä. Leijupolttotekniikassa voidaan polttaa myös lietepölyä. Tällöin tulee kuitenkin huomioida pölyräjähdysriskit. Lietepöly voidaan polttaa omassa polttoyksikössä.

Ensisijaisesti liete tulisi polttaa rinnakkaispoltona leijupolttokattilassa ja toissijaisesti liete kannattaa polttaa erikseen lietteen syntypaikan yhteydessä. Lietteen poltto kotitalousjätteen kanssa arinapolttolaitoksella on kallista, koska lietteen vastaanottomaksu on korkea ja lietteen esikäsittelyvaatimukset ovat kovemmat kuin leijupolttolaitoksilla.

Puhdistamolietteen polttoa rajoittaa korkea vesipitoisuus, matala lämpöarvo, likaavuus ja tuhkan käyttäytyminen. Korkea vesipitoisuus ja matala lämpöarvo laskevat palamislämpötilaa, jonka tulee olla jätteenpoltoasetuksen mukaisesti vähintään 850°C. Riittävä lämpöarvo taataan rajoittamalla lietteen osuutta poltettavan aineksen joukossa. Eri kattilatyypeillä on merkittäviä eroja lietteenpolton osalta, mutta tyyppillisesti lietettä voi olla mukana alle 10 %.

Jätevedenpuhdistuksessa käytettävät epäorgaaniset kemikaalit lisäävät poltossa tuhkapitoisuutta ja aiheuttavat kuonan ja klinkkerin muodostumista.

Alueellinen soveltuvuus

Termisen kuivauksen esikäsittelykäytön kannattavuus riippuu polttolaitoksen lämpötaseesta ja kuljetus-, käsittely- ja varastointikustannuksista, jos polttolaitosta ei ole sijoitettu lietteen syntypaikan läheisyyteen.

Uusia jätteenpolttolaitoksia on suunnitteilla Suomeen yli 10 kappaletta ja ne sijoittuvat eri puolille maata kaupunkien yhteyteen sekä myös maaseudulle. Pelkän lietteenpolttolaitoksen rakentaminen on kallista, mutta yhdistettäessä puhdistamolietteen poltto jätteenpolttoon tai rinnakkaispolttoon investointikustannukset ovat huomattavasti halvemmat ja tämällyypisiä ratkaisuja on myös konkreettisesti suunnitteilla. Rinnakkaispolttolaitosten energiaratkaisut ovat tehokkaampia ja siten kokonaiskustannukset yli 20 % edullisemmat kuin pelkästään lietettä polttavilla laitoksilla.

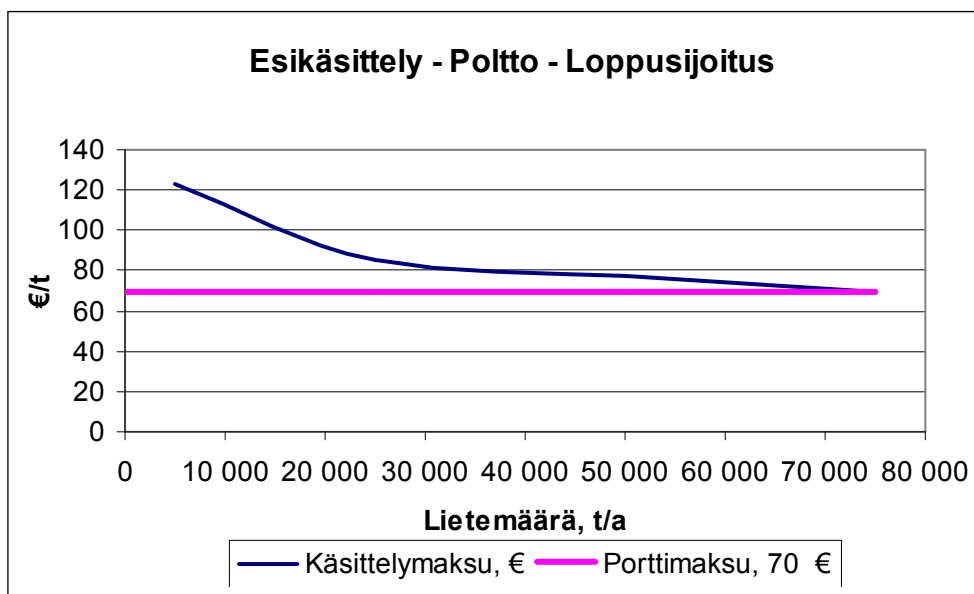
Kustannustehokkuus

Lietettä yksistään polttavan laitoksen kustannuskäyrä on esitetty kuvassa (Kuva 4.12).

Rinnakkaispolttolaitoksen kannattava laitoskoko on yli 25 000 t/a jätepolttoainetta tai lietettä muun polttoaineen lisäksi. Lietettä voidaan polttaa, jos muuta polttoainetta on riittävästi ja lietteen suhteellinen osuus on riittävän pieni. Kannattava laitoskoko pelkästään kiinteää jätepolttoainetta käyttävän laitoksen osalta on 100 000 t/a. Polttolaitoksen rakentaminen voi olla järkevä vaihtoehto pienemmillekin lietemäärille, jos muut vaihtoehdot ovat hyvin kalliita. Tällöin sopiva laitoskoko voi olla suuruusluokkaa 25 000 t/a.

Suomessa kannattanee rakentaa tulevaisuudessa korkeintaan n. 10–15 myös puhdistamolietettä polttavaa laitosta.

Lietteen poltto sellaisenaan tai rinnakkaispolttolaitoksissa on kannattavaa riittävän suuressa mittakaavassa ja osana muuta kiinteää polttoaineseosta. Markkinoille on tulossa myös pienen mittakaavan polttolaitoksia, jolloin lietteen poltto voitaisiin mahdollisesti toteuttaa jätevedenpuhdistamon yhteydessä.



Kuva 4.12 Polton kustannuskäyrä vain lietettä polttavalle laitokselle

Energiatehokkuus

Yksinkertainen lietteen erillispoltto on lietteen hävittämistä ja siinä ei saada energiaa hyödynnettäväksi. Pelkkää lietettä ja erityisesti märkää lietettä polttavat laitokset eivät tavallisesti tuota energiaa. Rinnakkaispolttolaitokset (jolloin liete poltetaan tavallisessa kiinteän polttoaineen kattilassa) tai lietteen poltto jätteenpolton yhteydessä ovat energiatalouden osalta paljon parempia kuin pelkkää lietettä polttavat laitokset, koska niihin liittyy tavallisesti energian talteenotto lämpönä tai mahdollisesti myös sähkönä. Rinnakkaispolttolaitoksissa rajoituksena on vastaanotettava lietemäärä, joka yleensä on alle 20 % polttoaineesta.

Tulevaisuus

Jos lietettä käsitellään tulevaisuudessa alueilla, joilla ei ole lietteen hyötykäyttömahdollisuuksia, tulee poltto varsin varteenotettavaksi vaihtoehdoksi. Poltossa saadaan liete hävitettyä. Liettepolttolo on tunnettua tekniikkaa Keski-Euroopassa ja nykyaikaisilla liettepolttolaitoksilla kehitetään tehokkaampaa tuhkan käsittelyä, hyötykäyttöä ja kierrätystä. Nykyisellä tekniikalla pystytään puhdistamaan savukaasut niin hyvin, etteivät ne aiheuta merkittävää ympäristöriskiä.

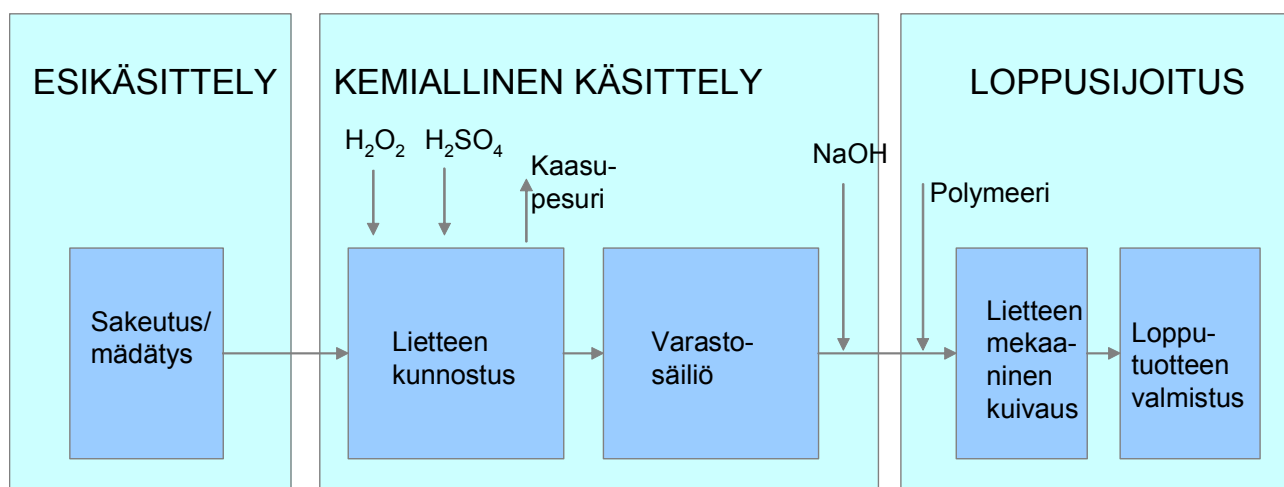
Liettepolttodirektiivissä liete määritellään jätteeksi, jolloin vaatimukset polttolaitokselle ovat tiukat. Puhtaat lietteet, joissa ei ole raskasmetalleja tai muita haitta-aineita tulisi poistaa tästä luokittelusta. Liettepolttolaitoksissa tulisi noudattaa ennemmin suurten voimalaitosten direktiiviä.

4.5 Kemiallinen käsittely: Kemicond ja kalkkistabilointi

Kemialliset käsittelymenetelmät (Kemicond-käsittely ja kalkkistabilointi) ovat hyväksytyjä menetelmiä ja ne soveltuvat myös pienten laitosten lietteen käsittelyyn. Kemicond-käsiteltyä ja kalkkistabiloitua lietettä voidaan hyödyntää lannoitevalmistelain mukaan maanparannusaineena.

4.5.1 Kemicond-käsittely

Kemicond-käsittely on kemiallinen käsittely, joka koostuu mahdollisesta esikäsitteystä, kemiallisesta käsitteystä, lietteen kuivauksesta, lietteen jatkokäsittelystä ja loppusijoituksesta. Ketjun lohkokaavio on esitetty kuvassa (Kuva 4.13).



Kuva 4.13 Kemicond-käsittelyn lohkokaavio

Kemicond-käsittelyssä voidaan käsitellä raakaliettä, sakeutettua lietettä tai mädätettyä lietettä. Käsiteltävän lietteen pH lasketaan neljään lisäämällä lietteeseen rikkihappoa. Happamissa olosuhteissa lietteen geelimäinen rakenne hajoaa ja metallisuolat kuten rautafosfaatti ja -hydroksidit liukenevat. Liete hapetetaan vetyperoksidilla, jolloin kahdenarvoinen ferrorauta hapettuu kolmenarvoiseksi ferriraudaksi. Ferrirauta saostaa fosfaatti-ionit ferrifosfaattina. Hapettavissa olosuhteissa geelimäinen rakenne hajoaa edelleen ja lietteestä vapautuu vettä.

Käsitelty liete neutralisoidaan natriumhydroksidilla. Ennen lietteen kuivausta lietteeseen lisätään kuivauksen tehostamiseksi polymeeriä. Liete voidaan kuivata ruuvipuristimella, lingolla, suotonauha- tai kammipuristimella. Liette kuivauksessa syntyvä rejektivesi ei aiheuta yhtä suurta sisäistä kuormitusta vesiprosessiin kuin perinteisesti käsitelty liete, koska kemiallisessa käsittelyssä saostettu liukoinen fosfori ja orgaaninen ai-

nes on hajotettu pienemmiksi partikkeleiksi ja hapetettu. Rejektiveden fosfori- ja kiintoainepitoisuudet ovat matalammat kuin rejektivedessä yleensä.

Kemicond-käsittely liete on lähes hajutonta ja hygienisoitua, joten sen varastointi ei aiheuta ongelmia.

Lopputuote

Kemicond-käsittely liete on rakeista ja lähes tarttumaton, joten sitä on helppo käsitellä ja kuljettaa.

Kemicond-käsiteltyä ja sen jälkeen kuivattua lietettä voidaan käyttää maanparannusaineena. Kemicond-käsitelty liete soveltuu hyvin kompostointiin ja se vaatii vähemmän tukiainetta kuin normaali linkokuivattu liete.

Ympäristövaikutukset

Kemicond-käsittely vähentää lietteen hajuhaittoja ja samalla hygienisoi lietteen.

Menetelmässä käytetään useita eri kemikaaleja kuten rikkihappoa, vetyperoksidia ja lipeää (natriumhydroksidi), joiden käsittely ja käyttö voi olla turvallisuus- ja ympäristöriski.

Rajoitukset

Ensimmäinen referenssilinja on ollut käytössä vuodesta 2004 Ruotsissa, Käppalaförbundetin puhdistamolla Tukholmassa. Suomen kaksi ensimmäistä Kemicond-käsittelylaitosta ovat rakenteilla Poriin ja Ouluun. Lisäksi pilot-kokeita on tehty runsaasti eri puolilla Suomea ja Eurooppaa.

Menetelmä on tulossa markkinoille ja sitä rajoittavat vielä käyttökokemusten vähäisyys täydessä mittakaavassa ja kokemukset menetelmän soveltuvuudesta erityyppisille teollisuuslietteille ja lietteen laadun mahdollisille muutoksille.

Menetelmän rajoituksena voidaan pitää käyttökustannuksia, sillä käsittely vaatii useita eri kemikaaleja. Kemicond-käsittely on vain esikäsitelymenetelmä ja vaatii aina jatkokäsittelyn kuten aumakompostointi. Menetelmää voi olla vaikea operoida, koska kaikille kemikaaleille tulee löytyä optimisyötösuhteet ja kemikaalien käsittely tuo mukanaan työturvallisuusriskin.

Alueellinen soveltuvuus

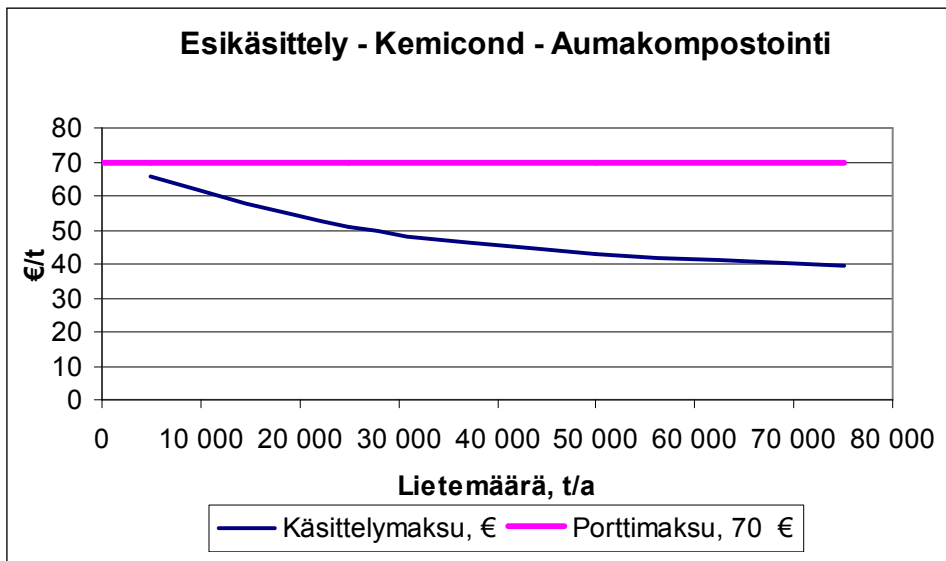
Menetelmä soveltuu suurempien jätevedenpuhdistamoiden käyttöön ja osittain myös teollisuuslaitoksille, joilla on oma jätevedenpuhdistamo. Lisäksi menetelmä on vaihtoehto termiselle kuivaukselle, koska kustannustaso isommilla laitoksilla on samaa suuruusluokkaa. Tähän tietysti vaikuttaa termisen kuivauksen ulkopuolisen energialähteen saatavuus ja molempien tuotteiden jatkokäyttö ja hyödyntäminen. Alueellisesta soveltavuudesta saadaan lisätietoja, kun Suomen ensimmäiset laitokset valmistuvat.

Kustannustehokkuus

Kemicond-käsittelyn kustannuskäyrä on esitetty kuvassa (Kuva 4.14).

Kemicond-käsittelylaitoksen kannattava laituskoko on alustavasti laskettuna 15...20 000 t/a. Kemicond-käsittelyn kustannustietoja on hyvin vähän saatavilla, joten laskelmat ovat suuntaa-antavia.

Liete on paremmin kuivattavaa, joten käsittelyssä muodostuu vähemmän lietettä. Kuljetettavat lietemäärät ovat pienemmät kuin "perinteisissä" lietteenkäsittelymenetelmissä. Lieite on lähes tarttumaton, joten lietteen tyhjennys ja siirtäminen on helpompaa kuin tavallisen lietteen.



Kuva 4.14 Kemicond-käsittelyn kustannukset

Energiatehokkuus

Menetelmässä ei vapaudu käyttökelpoista energiaa.

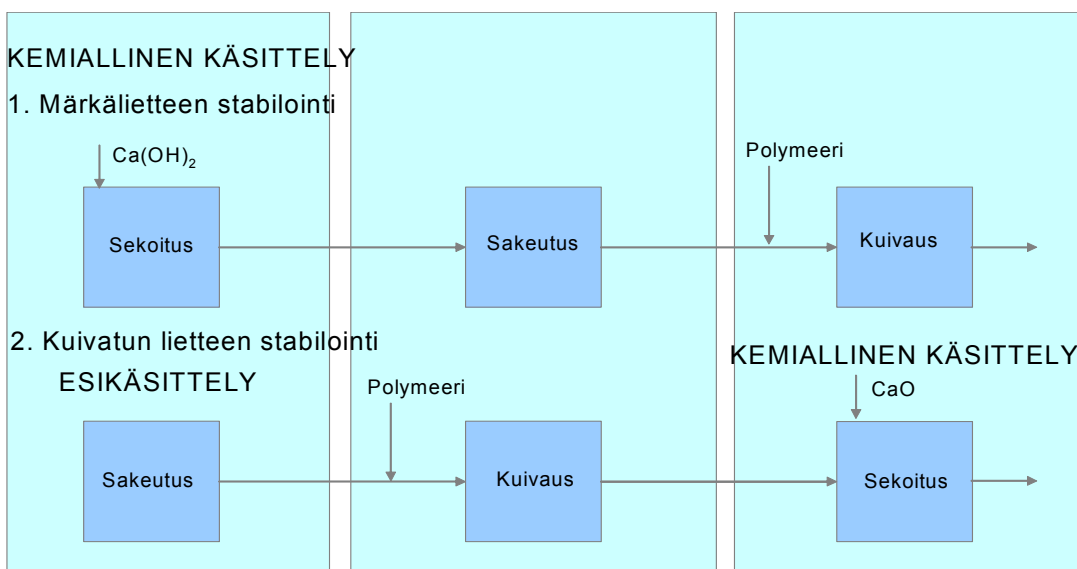
Käsittely liete soveltuu hyvin kompostoitavaksi ja myös poltettavaksi.

Tulevaisuus

Alustavien laskelmien ja tietojen mukaan Kemicond-käsittely näyttää varteenotettavalta lietteenkäsittelyvaihtoehdolta. Käyttökokemukset ja tiedot menetelmän taloudellisuudesta ovat vielä kuitenkin varsin vähäisiä.

4.5.4 Kalkkistabilointi

Kuvassa (Kuva 4.15) on esitetty lohkokaavio kalkkistabiloinnista käsittelymenetelmänä.



Kuva 4.15 Kalkkistabiloinnin lohkokaaviot märälle lietteelle ja kuivatulle lietteelle.

Esikäsittely

Kalkkistabiloinnilla voidaan käsitellä koneellisesti kuivattua lietettä, jonka kiintoainepitoisuus on 18–35 % TS. Menetelmää voidaan käyttää myös märälle lietteelle.

Kalkkistabilointi

Kalkkistabiloinnin tarkoituksena on nostaa lietteen pH niin korkeaksi, että biologinen toiminta lakkaa ja pH pysyy riittävän kauan korkeana, jotta liete saadaan hygienisoitua.

Kuivatulla lietteelle kalkkistabiloinnissa käytetään poltettua kalkkia CaO. Kalkki reagoi lietteen sisältämän veden kanssa, jolloin pH nousee tasolle > 12 ja lämpötila > 60°C. Osa vedestä haihtuu ja lietteen kuiva-ainepitoisuus kasvaa.

Sammutettua kalkkia voidaan lisätä kuivattuun tai märkään lietteeseen, jolloin pH nousee, mutta lämpötila ei nouse.

Lopputuote

Kalkkistabiloinnilla saadaan hygieenistä lietettä, jonka pH-arvo ja kalsiumpitoisuus ovat korkeat. Kalkkistabiloidun lietteen kuiva-ainepitoisuus kasvaa käsittelyn aikana, mutta kalkin lisäys nostaa lietemäärää, jolloin kuiva-ainepitoisuuden kasvu ei vähennä kokonaislietemäärää.

Kalkkistabiloitu liete soveltuu maatalouteen ja viherrakentamiseen.

Ympäristövaikutukset

Kalkkistabiloinnissa lietemäärä kasvaa, jolloin kuljetettava lietemäärä on suurempi.

Jos kalkkistabilointiin käytetään suuria määriä kalkkia, tulee laitoksella varautua ammoniakkin talteenottoon.

Rajoitukset

Menetelmän rajoituksena on, että kalkkistabiloitua lietettä voidaan käyttää pelloilla vain kesäaikaan. Kalkkistabilointimenetelmä ei sovellu täten isoille laitoksille, koska lopputuote joudutaan varastoimaan talvella.

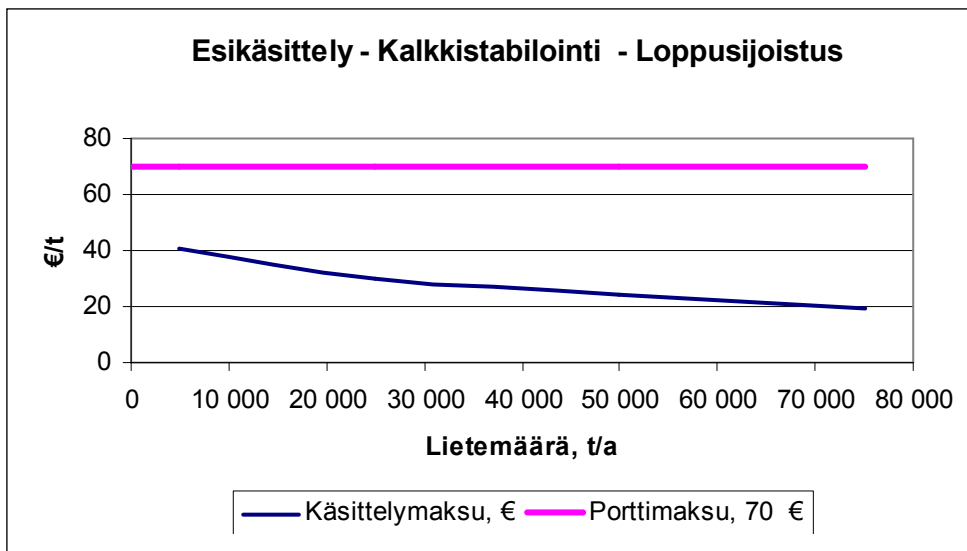
Alueellinen soveltuvuus

Kalkkistabilointi soveltuu alueille, joilla on hyötykäyttökohteita kalkkistabiloidulle lietteelle. Kalkkistabiloitua lietettä on kannattavaa kuljettaa n. 50 km säteelle lietteenkäsittelylaitokselta. Kalkkistabilointi soveltuu hyvin pienille laitoksille, joiden lähellä on sopivia loppusijoituskohteita kuten peltopinta-alaa.

Kustannustehokkuus

Kuvassa (Kuva 4.16) on esitetty arvio kalkkistabiloinnin kustannuksista eri lietemäärille. Menetelmä on edullinen, mutta sen rajoituksena on lietteen loppusijoittaminen talviaikaan. Menetelmässä myös lietemäärä kasvaa, jolloin kuljetuskustannukset nousevat.

Käytännössä kalkkistabilointi on soveltuva menetelmä laitoksille, joissa lietemäärä on pienempi kuin 5...10 000 t/a.



Kuva 4.16. Kalkkistabiloinnin kustannuskäyrä

Energiatehokkuus

Kalkkistabiloinnissa lietteen lämpötila nousee, kun lietteeseen lisätty kalkki sammuu. Vapautuva energia voidaan hyödyntää prosessissa lietteen lämmitykseen, jolla tehostetaan lietteen hygienisointia.

Tulevaisuus

Kalkkistabilointi on hyväksytty menetelmä lannoiteasetuksessa, joten sen käyttö pienillä laitoksilla ja haja-asutusalueella tulee jatkossa kasvamaan. Erityisesti se soveltuu kohteisiin, joissa lietettä syntyy vain kesäaikaan ja kalkkistabiloitua lietettä voidaan hyödyntää. Näitä kohteita ovat mm. lomakyläiden, golfkenttien, leirintäalueiden jne. jätevedenpuhdistamoiden lietteet.

5 YHTEENVETO

Suomessa muodostuu noin 23 miljoonaa tonnia lietettä vuodessa. Valtaosa lietteestä, n. 93 %, on lantaa. 4 % lietteestä on puhdistamolietettä. Loppu lietemäärä koostuu haja-asutusalueiden, pienteollisuuden ja elintarviketeollisuuden lietteistä. Tällä hetkellä yleisimmät lietteen jatkokäsittelytavat ovat mädätys sekä auma- ja reaktorikompostointi. Puhdistamolietteitä hyödynnetään eniten viherrakentamisessa ja kaatopaikkojen peitekerroksissa. Lanta käytetään yleisesti peltolannoitukseen.

Seuraavassa on esitetty tiivistelmä keskeisimmistä tuloksista ja johtopäätöksistä aihepiireittäin.

Lainsäädännölliset ja muut yhteiskunnalliset näkökohdat

Lietettä koskeva lainsäädäntö on muutosvaiheessa. Uusia velvoitteita laitoksille ovat tuoneet mm. lannoiteasetus ja sivutuoteasetus. Tällä hetkellä näiden asetusten tuomia velvoitteita ollaan lietteenkäsittelylaitoksilla panemassa täytäntöön. Uusia velvoitteita voi tulla myös uudesta liettedirektiivistä. Lainsäädännön uudistukset tulevat todennäköisesti painottamaan nykyistä enemmän raskasmetallien, haitta-aineiden ja patogeenien hallintaa lietteenkäsittelyprosessin aikana. Lietteenkäsittelymarkkinoilla on jo valmistauduttu uusiin velvoitteisiin mm. hygienisointivaatimusten täyttämiseksi.

Vallitseva trendi lietteenkäsittelyssä on keskittyminen yhä suurempiin yksiköihin ja lietteiden muodostumisen alueellistuminen. Tämä näkyy kuntapuolella alueellisten jätevedenpuhdistamoiden rakentamisena ja maatalouspuolella tilakoon kasvuna. Tämä johtaa siihen, että lietettä tulee syntymään paikallisesti paljon ja lietteen hyötykäytölle kompostimultana ei välttämättä löydy markkinoita tai tilan oma peltopinta-ala ei riitä lannan levitykseen.

Suomi on pitkä ja laaja maa, ja sama lietteenkäsittelymenetelmä ei sovi kaikkiin tapauksiin. Suomessa tullaan käyttämään todennäköisesti useita erityyppisiä ja eri kokoluokan lietteenkäsittelytekniikoita myös tulevaisuudessa. Tulevaisuuden lietteenkäsittely tulee riippumaan monista seikoista, kuten harjoitetusta ympäristö- ja energiapolitiikasta, lainsäädännön kehittymisestä, tarkasteltavasta alueesta ja alueen asukastiheydestä sekä lietetuotteiden markkinoista. Lisäksi lietteenkäsittelyä tulee ohjaamaan mielipiteet ja yleiset ennakkoluulot eri menetelmiä ja lietteen hyötykäyttöä kohtaan. Näitä ovat mm. asenteet lietteen polttoa ja maatalouden hyötykäyttöä kohtaan.

Tekniset ratkaisut

Maataloudessa yksi ratkaisu on syntyvän lannan mädätys vaihtoehtona lannan pintalevitykselle suoraan pelloille. Tämä tekniikka soveltuu erityisesti lietelannan käsittelyyn. Mädätyksen avulla lantamäärä pienenee, lannan hajuhaitat pienenevät ja lannan ravinteet muuntuvat paremmin kasveille sopivaan muotoon, mikä vähentää osaltaan ns. hajakuormitusta. Lisäksi lanta voidaan hygienisoida, mukaan lukien myös kuljetuskaluston riittävä pesu ja hygienisointi. Kuivikelantojen käsittelyssä kompostointi tulee todennäköisesti säilymään myös tulevaisuudessa vallitsevana tekniikkana. Lietelannan ilmastus eli nestekompostointi on vielä käytössä monilla tiloilla hajuhaittojen hävittämiseen.

Puhdistamolietteen osalta mädätys on Suomessa jo tunnettua ja käytettyä tekniikkaa. Nykyisten mädättämöiden toimintaa voidaan tarvittaessa tehostaa. Syöttösakeutta ja mädätyslämpötilaa nostamalla mädättämöiden kapasiteetti nousee ja niissä voidaan käsitellä puhdistamolietteiden lisäksi muita lietejakeita. Yhteismädätyksessä tulee arvioida tapauskohtaisesti syntyvän lieteseoksen laatu ja sen eri käyttömahdollisuudet.

Mädätyksessä syntyy biokaasua, joka voidaan hyödyntää lämmön ja sähkön tuotannossa tai liikennepolttoaineena. Jos liikennepolttoaineen valmistukselle on edellytyksiä eli mädättäjä sijaitsee lähellä nykyistä tai suunniteltua maakaasuverkkoa, saadaan tästä suhteessa suurin tuotto. Biokaasun hyödyntäminen teollisuuden energialähteenä on mahdollista, jos biokaasulaitokset voidaan sijoittaa riittävän lähelle kaasun käyttäjä ja raaka-aineen kuljetusetäisyydet ovat riittävän lyhyitä.

Myös uusi hallitusohjelma vaikuttaa vuosina 2007–2011 lietteenkäsittelyn hyötykäyttöedellytyksiin. Esimerkkinä voidaan mainita kohta 8 "Ilmasto ja energiapolitiikka", jossa todetaan mm. seuraavaa: "Hallitus toteuttaa syöttötariffin erilaisten biokaasulaitosten (peltobiomassa, teurasjätteet, erilaiset karjanlannat, yhdyskuntajätteet) osalta. Järjestelmä sisältää markkinahinnan ja bioenergian hinnan erotuksen kompensaaion." Tämä järjestelmä koskee pieniä alle 20 MW:n laitoksia. Edellä mainittu syöttötariffi parantaa yksittäisten hankkeiden kannattavuutta ja luo hyvät edellytykset alan laitevalmistuksen kehittymiselle ja aikaisempaa suuremmille markkinoille.

Lietteen loppukäsittelytapaa ja loppusijoitusta mietittäessä tulisi ottaa huomioon kaikki alueella syntyvät lietteet ja niiden laatu. Lietteet tulisi luokitella raaka-aineen puhtauden perusteella ja harkita, mitkä lietejakeet kannattaa suunnata viljelykäyttöön ja viherrakentamiseen. Jos alueella syntyy lietettä ylimäärin hyötykäyttökohteisiin verrattuna, on syytä harkita huonoimpien lietejakeiden hävittämistä esimerkiksi polttamalla. Harkinnassa tulee huomioida laitosinvestointien elinaika eli alueen tilanne tulisi arvioida 20–30 vuoden aikajaksolla.

Käsittelyn kustannukset

Lietteen jatkokäsittelyn vaatimusten tiukentuminen ja keskittyminen suurempiin ja kehittyneempiin laitoksiin merkitsee myös suurempia investointeja. Jotta kokonaiskustannukset eivät nouse kohtuuttoman korkeiksi, lietteitä kuljetetaan jatkossa yhä pitempiä matkoja ja suurempina erinä. Tekniset laitokset asettavat lietteen logistiikalle uusia vaatimuksia. Laitoksilla pitää olla saatavilla riittävästi ja sopivan laatuista lietettä, jotta niiden käyttö olisi mahdollisimman tehokasta. Tätä varten joko lietteen tuottajalla tai laitoksella pitää olla riittävät varastointitilat, mikäli siellä käsitellään erilaisia lietteitä. Kuljetusten hankintaa keskittämällä voidaan kustannuksissa säästää ja samalla ohjata lietteen kuljetusta paremmin. Alussa etenkin pienempien lietteentuottajien lastauspaikat eivät sovellu suoraan tehokkaaseen logistiikkaan, mutta vuosien kuluessa nekin muutetaan kokonaisjärjestelmään paremmin sopiviksi.

Lietteen eri käsittelymenetelmien osalta vertailtiin yksikkökustannuksia eri lietemäärille ja haettiin optimaalista laitospakoa. Vertailussa käytettävät märkälietemäärät (20 % TS) olivat 5 000 t/a, 25 000 t/a, 50 000 t/a, 75 000 t/a.

Kompostoinnin osalta yksikkökustannukset olivat 71–80 €/t.

Mädätyksen yksikkökustannukset lietteen jälkikompostoinnin kanssa olivat 44–94 €/t ja termisen kuivauksen kanssa 63–163 €/t.

Lannan termofiilisessä mädätyksessä osa lannasta (0, 20 ja 40 %) oli korvattu elintarviketeollisuuden lietteillä. Yksikkökustannukset olivat 31–79 €/t.

Termisen kuivauksen energialähteenä voidaan käyttää biokaasua tai ulkopuolista höyryä. Menetelmän edullisuus riippuu biokaasun hinnasta. Yksikkökustannukset ulkopuolisella höyryllä olivat 44–95 €/t ja biokaasulla 36–87 €/t.

Polton kustannukset on esitetty laitoksille, jotka polttavat vain lietettä. Yksikkökustannukset olivat 70–123 €/t.

Kemicond-käsittelyn alustavat yksikkökustannukset olivat 39–66 €/t.

Kalkkistabilointi soveltuu pienille laitoksille ja näissä yksikkökustannukset ovat 30–40 €/t.

Mädätys on edullisempaa kuin reaktorikompostointi suuren mittakaavan laitoksissa. Menetelmäkettuna mädätys jälkikompostoinnilla on tässä tarkastelussa käyttökelpoinen ratkaisu lietteenkäsittelyyn. Myös lanta soveltuu mädätykseen, vaikka lannan peltolevitys onkin halvin tapa hyötykäyttää lantaa.

Mädätetyn lietteen terminen kuivaus on kallis vaihtoehto. Termisesti kuivatetulle lietteelle tulee löytää lietteen hyötykäyttökohde joko ravinteena tai polttoaineena.

Kemiallisista käsittelymenetelmistä Kemicond-käsittely on uutta tekniikkaa, josta ei ole vielä saatu kovin paljon käyttökokemuksia esim. sen soveltuvuudesta erilaisille teollisuuslietteille. Kemicond-käsiteltyä lietettä ei hyödynnetä sellaisenaan, vaan se jatkokäsitellään mm. kuivaamalla ja kompostoimalla lopputuotteeksi. Kalkkistabilointi soveltuu pienten laitosten käsittely- ja hygienisointimenetelmäksi.

Suomeen on suunnitteilla useita rinnakkaispolttolaitoksia sekä jätteiden polttolaitoksia, joissa voitaisiin polttaa myös puhdistamolietteitä. Puhdistamolietteiden määrä ja laatuvaatimukset, kuten vaadittava kuiva-ainepitoisuus, tulee määrittää aina tapauskohtaisesti. Kolmas vaihtoehto lietteiden poltolle on lietteen käyttö ainoana polttoaineena. Tällainen vain lietteiden hävittämiseen tarkoitettu polttolaitos voitaisiin mahdollisesti sijoittaa puhdistamoalueelle. Tällöin investointikustannukset ovat olennaisesti energian talteenotolla varustettua polttoa pienemmät ja samalla säästytään lietteen kuljetuskustannuksilta puhdistamolta polttolaitokselle. Yksi vaihtoehto kuljetuskustannusten minimoimiselle on myös ohuen lietteen pumppaus puhdistamolta polttolaitokselle ja lietteen tarvittava kuivaus polttolaitoksen tontilla ennen varsinaista polttoa. Tämä vaihtoehto on mahdollinen tapauksissa, joissa puhdistamo ja polttolaitos sijaitsevat hyvin lähellä toisiaan.

Lietteiden energiahöyrykäytön lisääntyminen tulee todennäköisesti johtamaan siihen, että kompostointi ainoana käsittelymenetelmänä vähenee. Kompostointi tulee säilymään hyvänä vaihtoehtona alueilla, joissa joko biokaasun hyödyntäminen ei ole kustannustehokasta tai käsiteltävät lietemäärät ovat pieniä. Lisäksi kompostointi tulee säilymään mädätettyjen lietteiden jälkikäsittelymenetelmänä niissä tapauksissa, joissa lietettä ei viedä polttoon.

Liite 1

Puhdistamolietteisiiin, sako- ja umpikaivolietteisiiin, maatalouden lietteisiin, elintarviketeollisuuden ja maatalouden pienteollisuuden lietteisiin liittyvä lainsäädäntö

Esikäsittely

Laki	Tavoite	Soveltamisala	Ohjausvaikutus
Puhdistamoliete			
Ympäristönsuojelulaki (86/2000)	Ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen, terveellisen ja viihtyisän sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoisen ympäristön turvaaminen, jätteiden synnyn ja haitallisten vaikutusten ehkäiseminen, ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arvioinnin tehostaminen ja huomioiminen kokonaisuutena, kansalaisten vaikutusmahdollisuuksien parantaminen ympäristöä koskevaan päätöksentekoon, luonnonvarojen kestävä käytön edistäminen sekä ilmastomuutoksen torjuminen ja kestävä kehityksen tukeminen	Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttava toiminta ja toiminta, josta syntyy jätettä sekä jätteen hyödyntäminen ja käsittely	<ul style="list-style-type: none"> - Yleiset periaatteet: ennaltaehkäisy ja haittojen minimoiminen periaate, varovaisuus- ja huolellisuusperiaate, parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaate ja ympäristön kannalta parhaan käytännön periaate - Yleiskielto: maaperän pilaamiskielto ja pohjaveden pilaamiskielto
Ympäristönsuojeluasetus (169/2000)	Ympäristölupa ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttaville toimintoille		<ul style="list-style-type: none"> - Ympäristölupa tarvitaan puhdistamolalle, joka on tarkoitettu asukasvastineluvultaan vähintään 100 henkilön jätevesien käsittelemiseen, tai vähintään 100 henkilön asumisjätevesien johtamiseen muualle kuin yleiseen viemäriin - Ympäristöluvanvaraista toimintaa ei ole vaarattomaksi käsitellyn puhdistamolietteen hyödyntäminen maanparannusaineena
Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (468/1994)	Ympäristövaikutusten arvioinnin edistäminen	Hankkeet ja niiden muutokset, jotka Suomea velvoittavassa kansainvälisessä sopimuksessa edellyttävät arviointia tai joista saattaa aiheutua merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia Suomen luonnon ja muun	<ul style="list-style-type: none"> - Vaikutusarviointi tarvitaan yli 100 000 asukasvastineluvulle mitoitetuille jätevesien käsittelylaitoksille sekä yhdyskuntajätteiden tai -lietteiden kaatopaikoille, jotka on mitoitettu vähintään 20 000 t vuotuiselle jätemäärälle - Vaikutusarvioinnin tarve riippuu hankkeen laadusta ja laajuudesta, eri hankkeiden yhteisvaikutuksesta, ominaisuudesta, sijainnista ja vaikutusten luonteesta
		ympäristön erityispiirteiden vuoksi	
Terveydensuojelulaki (763/1994)	Väestön ja yksilön terveyden ylläpitäminen ja edistäminen sekä elinympäristössä esiintyvien terveyshaittaa aiheuttavien tekijöiden ennaltaehkäisy, vähentäminen ja poistaminen		<ul style="list-style-type: none"> - Jätteiden säilyttäminen, kerääminen, kuljettaminen, käsittely ja hyödyntäminen on järjestettävä siten, ettei niistä aiheudu terveyshaittaa - Viemäri siihen liittyvine puhdistus- ja muine laitteineen on suunniteltava, sijoitettava, rakennettava ja kunnossapidettava siten, ettei siitä aiheudu terveyshaittaa - Jätevedet eivät saa heikentää talousveden, yleisen uimarannan tai maaperän terveydellistä laatua
Vesihuoltolaki (119/2001)	Vesihuollon turvaaminen siten, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemärinto	Asutuksen ja siihen rinnastuvan elinkeino- ja vapaa-ajantoiminnan vesihuolto	<ul style="list-style-type: none"> - Kiinteistön omistaja tai haltija vastaa kiinteistönsä vesihuollosta - Vesihuoltolaitoksen toimialueella oleva kiinteistö on liitettävä laitoksen vesijohtoon ja viemäriin (kunnan ympäristönsuojeluviranomainen voi myöntää vapautuksen, jos jätevesien kokoaminen ja käsittely voidaan järjestää niin, ettei niistä aiheudu terveyshaittaa tai ympäristön pilaantumista) - Kiinteistön omistaja tai haltija vastaa vesihuoltolaitteistosta liittämiskohtaan saakka
Laki vesihuollon tukemisesta (686/2004)	Vesihuoltotoimenpiteiden tukeminen	Vesihuoltotoimenpiteet, jotka palvelevat asutuksen vedenhankintaa eli veden johtamista, käsittelyä ja toimittamista talousvetenä käytettäväksi sekä jäteveden poisjohtamista ja käsittelyä mukaan lukien käsittelyn yhteydessä syntyvän lietteen käsittely ja hyväksikäyttö	<ul style="list-style-type: none"> - Tukea voidaan myöntää vesihuoltolaitokselle, muulle vesihuoltoa varten perustetulle yhtymälle, yhteisölle, kuntayhtymälle tai kunnalle vesihuoltotoimenpiteisiin - Tuen edellytyksenä on, että sen toteuttamista on taloudellisista, terveydellisistä ja ympäristönsuojelullisista syistä pidettävä tarpeellisena, sitä varten on laadittu suunnitelma, jätevesien käsittelyn riittävyys on varmistettu ja että toimenpiteen kustannukset ovat kohtuulliset sillä saavutettaviin hyötyihin nähden - Tuen enimmäismäärä on 30 % toimenpiteen hyväksyttävistä kustannuksista
Valtioneuvoston päätös yleisestä viemäristä ja eräiltä teollisuuden aloilta vesiin johdettavien jätevesien sekä teollisuudesta yleiseen viemäriin johdettavien jätevesien käsittelystä (365/1994)	Yhdyskunta- ja siihen rinnastuvan elinkeinotoiminnan jätevesien haitallisten ympäristövaikutusten estäminen	Yhdyskunta- ja siihen rinnastuvan elinkeinotoiminnan jätevesien keräily, käsittely ja vesistöön johtaminen	<ul style="list-style-type: none"> - Yli 2000 asukkaan taajamissa on oltava jätevesien viemärintäjäjestelmä - Viemäroidyt yhdyskuntajätevedet käsiteltävä biologisesti tai vastaavalla tavalla ennen vesistöön johtamista - Käsitellyt jätevedet ja muodostuva liete on käytettävä uudelleen aina kun se on tarkoituksenmukaista - Toimivaltaisten viranomaisten on tarkkailtava jätevedenpuhdistamoista tulevia päästöjä, pintavesiin päästettävien lietteiden määrää ja koostumusta sekä vesistöjä, joihin johdetaan

Laki	Tavoite	Sovellettamisala	Ohjausvaikutus
Puhdistamoliete			
			jätevettä puhdistamoista - Päätöksellä on pantu täytäntöön EU:n jätevesidirektiivi 91/271/ETY (Neuvoston direktiivi yhdyskuntajätevesien käsittelystä)
Jätelaki (1072/1993)	Kestävän kehityksen tukeminen edistämällä luonnonvarojen järkevää käyttöä sekä jätteistä terveydelle ja ympäristölle aiheutuvan vaaran ja haitan ehkäiseminen ja torjuminen	Jätteet ja niiden syntyminen ehkäiseminen sekä haitallisuuden ja vaarallisuuden vähentäminen, jätteen hyödyntämisen edistäminen, jätehuollon muu järjestäminen, roskaantumisen ja maaperän saastumisen ehkäiseminen sekä roskaantuneen ja saastuneen alueen puhdistaminen	- Kaikessa toiminnassa on mahdollisuuksien mukaan huolehdittava siitä, että jätettä syntyy mahdollisimman vähän ja ettei jätteestä aiheudu merkityksellistä haittaa tai vaikeutta jätehuollon järjestämiselle eikä vaaraa tai haittaa terveydelle ja ympäristölle - Jäte on hyödynnettävä aina kun se on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista - Jätteestä on ensisijaisesti pyrittävä hyödyntämään jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti energia - Jos jätettä ei pystytä hyödyntämään, on huolehdittava jätteiden turvallisesta loppusijoittamisesta - Lailla on pantu täytäntöön EU:n jätepuitedirektiivi 91/156/ETY (Neuvoston direktiivi jätteistä annetun direktiivin 75/442/ETY muuttamisesta)
Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 861/1997 (muutettu 1049/1999 ja 202/2006)	Kaatopaikkojen suunnittelun, perustamisen, rakentamisen, käytön, hoidon, käytöstä poistamisen ja jälkihoidon ohjaaminen pintaveden, pohjaveden, maaperän ja ilman pilaantumisen ehkäisemiseksi sekä ilmastonmuutoksen ja muiden siihen rinnastettavien laaja-alaisten haitallisten ympäristövaikutusten torjumiseksi sekä jätteiden kaatopaikalle sijoittamisen ohjaaminen siten, ettei jätteistä pitkään ajan kuluessa aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle	Puhdistamolietteen kaatopaikkasijoitus	- Kaatopaikalle ei saa sijoittaa jätettä, josta suurinta osaa biohajoavasta jätteestä ei ole kerätty talteen erillään muusta jätteestä hyödyntämistä varten - Kaatopaikalle ei saa sijoittaa nestemäistä jätettä - Päätöksellä on pantu täytäntöön EU:n kaatopaikkadirektiivi 1999/31/ETY (Neuvoston direktiivi kaatopaikoista) ja Neuvoston päätös 2003/33/EY perusteista ja menettelyistä jätteen hyväksymiseksi kaatopaikoille
Jäteverolaki (495/1996)	Kaatopaikan ylläpidon kustannusten kattaminen	Kaatopaikalle sijoitettavat jätteet	- Kaatopaikalle vastaanotettavista jätteistä peritään jäteveroa 30 €/t - Lakia ei sovelleta alueeseen, jossa muista jätteistä eroteltuna kompostoidaan tai muutoin biologisesti käsitellään erilliskerättyä
			biojätettä ja puhdistamolietettä - Veroa ei peritä jätteestä, joka hyödynnetään kaatopaikalla sen perustamisen, käytön, käytöstä poistamisen tai jälkihoidon kannalta välttämättömissä rakenteissa tai rakennuksissa
Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä (282/1994)	Puhdistamolietteen käytön sääntely maanviljelyksessä siten, että lietteen haitalliset vaikutukset ympäristöön ja terveyteen estetään edistämällä lietteen asianmukaista käyttöä		- Puhdistamoliete on ennen sen käyttöä maanviljelyksessä esikäsiteltävä mädättämällä tai kalkkistabiloimalla tai muulla sellaisella tavalla, jolla voidaan merkittävästi vähentää taudinaiheuttajien määrää ja hajuhaittoja sekä lietteen käytöstä aiheutuvia terveys- tai ympäristöhaittoja - Lietteen raskasmetalli- ja muuta haitta-ainepitoisuudet eivät saa yllittää asetettuja enimmäispitoisuuksia - Lietettä saa käyttää vain viljelymaalla, jolla kasvatetaan viljaa, sokerijuurikasta, öljykasveja tai muita sellaisia kasveja, joita ei käytetä ihmisten ravinnoksi tai eläinten rehuksi (viljelymaalla, jolla on käytetty lietettä, saa viljellä perunaa, juureksia ja vihanneksia aikaisintaan 5 vuoden kuluttua lietteen käytöstä) - Päätöksellä on pantu täytäntöön EU:n lietedirektiivi (Neuvoston direktiivi ympäristön, erityisesti maaperän, suojelusta käytettäessä puhdistamolietettä maanviljelyssä)
Maa- ja metsätalousministeriön ohje maataloudessa käytettävälle puhdistamoliettele (MMMELO 2915/835/2005)	Puhdistamolietteen käytön sääntely	Jätevedenpuhdistamot, puhdistamo- tai sakokaivolietettä prosessissaan käyttävät jätteenkäsittelylaitokset, puhdistamo- tai sakokaivolietettä tilallaan käsittelevät viljelijät	- Käsittelemätöntä puhdistamolietettä ei saa luovuttaa maatalouteen, vaan liete on käsiteltävä mädättämällä, kalkkistabiloimalla, kompostoimalla, termisellä kuivauksella tai Kemicond-menetelmällä - Lietteen seostaminen turpeen, hakkeen, karikkeen tai muun vastaavan seosaineen kanssa ei ole hyväksyttävä lietteen käsittelymenetelmä - Lietteen on täytettävä asetetut laatu- ja hygieniavaatimukset
Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (362/2003)	Jätteiden poltosta ja rinnakkaispoltosta aiheutuvien ympäristöhaittojen ja erityisesti ilmaan, maaperään sekä pinta- ja pohjavesiin joutuvien päästöjen aiheuttaman pilaantumisen ja siitä ihmisten terveydelle aiheutuvien	Jätteiden ja ongelmajätteiden poltto- ja rinnakkaispolttolaitokset	- Puhdistamolietteen poltto ja rinnakkaispoltto on luvanvaraista toimintaa - Varotoimet siten, että ehkäistään ympäristölle aiheutuvat haitat ja erityisesti ilman, maaperän sekä pinta- ja pohjavesien pilaantuminen samoin kuin haju- ja meluhaitat ja ihmisten terveydelle aiheutuvat välittömät vaarat, tai vähennetään niitä niin paljon kuin se on käytännössä mahdollista - Tartuntavaaraa aiheuttavaa kliinistä jätettä ei saa sekoittaa muihin

Laki	Tavoite	Soveltamisala	Ohjausvaikutus
Puhdistamoliete			
	vaarojen ehkäiseminen ja rajoittaminen		<ul style="list-style-type: none"> jäteluokkiin kuuluviin jätteisiin Ilmaan ja vesiin joutuvien päästöjen mittausveloitteet ja raja-arvot Asetuksella on pantu täytäntöön EU:n jätteenpolttodirektiivi 2000/76/EY (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteenpoltosta)
Laki			
Sako- ja umpikaivolietteen			
Ympäristönsuojeluasetus (169/2000)			<ul style="list-style-type: none"> Ympäristöluvanvaraista toimintaa ei ole vaarattomaksi käsitellyn sako- tai umpikaivolietteen hyödyntäminen maanparannusaineena
Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)	Alueiden käytön ja rakentamisen järjestäminen niin, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä	Alueiden suunnittelu, rakentaminen ja käyttö, rakennusta ja muuta rakennuskohdetta koskevat olennaiset vaatimukset sekä rakennustuotteille asetetut vaatimukset	<ul style="list-style-type: none"> Rakennusluvan myöntämisen edellytyksenä asemaakaava-alueella on, että vedensaanti ja jätevedet voidaan hoitaa tyydyttävästi ja ilman haittaa ympäristölle
Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkkojen ulkopuolisilla alueilla 542/2003 (voimaan 1.1.2004)	Talousjätevesien päästöjen vähentäminen ja ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ottaen erityisesti huomioon valtakunnalliset vesiensuojelun tavoitteet	Talousjätevesien käsittely, johtaminen, jätevesijärjestelmien rakentaminen ja ylläpito sekä lietteen keräily ja käsittely	<ul style="list-style-type: none"> Ympäristöön joutuvaa kuormitusta on vähennettävä orgaanisen aineen (BHK₇) osalta vähintään 90 %, kokonaisfosforin osalta vähintään 85 % ja kokonaistypen osalta vähintään 40 % verrattuna käsittelemättömän jäteveden kuormitukseen Olemassa olevat käyttökuntoiset jätevesijärjestelmät on saatettava vastaamaan ko. vaatimuksia viimeistään 10 vuodessa asetuksen voimaantulosta Jätevesijärjestelmästä on oltava selvitys, jonka perusteella on mahdollista arvioida jätevesistä aiheutuva kuormitus ympäristöön sekä ajan tasalla olevat käyttö- ja huolto-ohjeet
Ympäristönsuojelulaki (86/2000)			<ul style="list-style-type: none"> Kunnan ympäristönsuojeluviranomainen voi hakemuksesta myöntää valtioneuvoston asetuksessa 542/2003 säädetystä veloitteesta kiinteistökohtaisen poikkeuksen enintään 5 vuoden määräajaksi kerrallaan, jos asetuksessa edellytetyt toimet kokonaisuutena arvioiden ovat kiinteistön jäteveden käsittelyvaatimusten noudattamiseksi kiinteistön haltijalle kohtuuttomat ja ympäristöön aiheutuvaa kuormitusta on pidettävä vähäisenä Jos kiinteistöä ei ole liitetty yleiseen viemäriin eikä toimintaan tarvita
			<p>ympäristölupaa, jätevedet on johdettava ja käsiteltävä siten, ettei niistä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesikäymälän jätevedet sekä muut talousjätevedet on käsiteltävä ennen niiden johtamista maahan tai vesistöön Muut kuin vesikäymälän jätevedet voidaan johtaa puhdistamatta maahan, jos niiden määrä on vähäinen eikä niistä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa
Laki			
Maatalouden lietteet			
Ympäristönsuojeluasetus (169/2000)			<ul style="list-style-type: none"> Lannoitteiden valmistus on ympäristöluvanvaraista toimintaa Luvanvaraista toimintaa ei ole lannan hyödyntäminen maanparannusaineena Eläinsuojaa koskevassa ympäristölupahakemuksessa on oltava selvitys lannan ja virtsan levitykseen käytettävästä alueesta ja sen pinta-alasta
Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta (931/2000)	Nitraattien aiheuttaman vesien pilaantumisen vähentäminen ja estäminen		<ul style="list-style-type: none"> Lannan ja virtsan varastointitilan tulee olla niin suuri, että siihen voidaan varastoida 12 kuukauden aikana kertynyt lanta lukuun ottamatta eläinten laidunnuksen yhteydessä laitumelle jäävää lantaa Lannan varastointitilojen ja lantakourujen tulee olla vesitiiviitä sekä rakenteiden ja laitteiden sellaisia, ettei lannan varastointitilan tyhjennyksen ja lannan siirron aikana tapahdu vuotoja Lantaa saa levittää vain sulan maan aikana sellaisen määrän joka vastaa tyyppä enintään 170 kg/ha/vuosi Asetuksella on pantu täytäntöön EU:n nitraattidirektiivi 91/676/ETY (Neuvoston direktiivi vesien suojelemisesta maataloudesta peräisin olevien nitraattien aiheuttamalta pilaantumiselta)
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveysnäköistä (EY)	Terveyden suojeleminen	Eläimistä saatavien sivutuotteiden kerääminen, kuljetus, varastointi, esikäsittely, käsittely, käyttö ja hävittäminen sekä markkinointi, vienti ja kauttakuljetus	<ul style="list-style-type: none"> Liete on hävitettävä joko polttamalla tai rinnakkaispolttamalla, muunnettava hyväksytyssä biokaasu- tai kompostointilaitoksessa tai hävitettävä jätteenä hautaamalla hyväksytylle kaatopaikalle Asetus ei koske puhdistamo- ja sakoivolietteen käsittelyä, ellei laitoksessa käsitellä samanaikaisesti eläinperäistä jätettä Lietteiden laatu- ja hygieniavaatimukset

Laki	Tavoite	Soveltamisala	Ohjausvaikutus
Puhdistamoliete			
N:o 1774/2002 (muutettu 181/2006 ja 208/2006)			
Laki	Tavoite	Soveltamisala	Ohjausvaikutus
Elintarviketeollisuuden ja maaseutujen pienteollisuuden lietteet			
Ympäristönsuojelulaki (86/2000)			- Jos teollisuusjätevedtä johdetaan yhdyskunnan jätevedenpuhdistamolle, ympäristöluvassa on tarvittaessa määrättävä jätevesien esikäsitteilyä
Ympäristönsuojeluasetus (169/2000)			- Vesihuoltolaitoksen viemäriin johdettavat teollisuusjätevedet ja muut pilaavia aineita sisältävät jätevedet esikäsiteltävä - Vesihuoltolaitos voi kieltäytyä ottamasta vastaan teollisuudesta peräisin olevia jätevesiä
Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (362/2003)			- Asetusta ei sovelleta elintarviketeollisuuden kasviperäiseen jätteeseen, jos jätteen polttamisesta syntyvä lämpö hyödynnetään
Lannoitevalmistelaki (539/2006)	Kasvintuotannon sekä elintarvikkeiden ja ympäristön laadun turvaaminen edistämällä hyvälaatuisten, turvallisten ja kasvintuotantoon sopivien lannoitevalmisteiden tarjontaa, sellaisiksi soveltuvien sivutuotteiden hyötykäyttöä sekä riittävien tietojen antamista lannoitevalmisteista niiden ostajille ja käyttäjille	Valmistus, markkinoille saattaminen, käyttö, kuljetus, maahantuonti ja maastavienti (ei sovelleta sellaisiin biokaasu- ja kompostointilaitoksiin, jotka käsittelevät orgaanisia materiaaleja ja joiden lopputuotteet eivät sovellu lannoitevalmisteeksi tai sen raaka-aineeksi, vaan ne sijoitetaan kaatopaikalle tai poltetaan hyväksytyssä polttolaitoksessa)	- Orgaanisia lannoitevalmisteita tuottavan laitoksen tulee hakea toiminnalleen hyväksyntä ja noudattaa hyväksytyä omavalvontasuunnitelmaa - Valvovana viranomaisena toimii Elintarviketurvallisuusvirasto - Laki ei koske laitoksia, joiden lopputuote sijoitetaan hyväksytylle kaatopaikalle tai poltetaan - Lannoitevalmisteiden on oltava tasalaatuisia, turvallisia ja käyttötarkoitukseensa sopivia - Lannoitevalmiste ei saa sisältää haitallisia aineita, tuotteita tai eliöitä, jotka voivat aiheuttaa vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle tai ympäristölle - Toiminnanharjoittajalla oltava asianmukaiset tilat, laitteet ja kalusto lannoitteiden valmistukseen, säilytykseen ja kuljetukseen
Maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteasetus 12/07			- Markkinoille saatettavassa lannoitevalmisteessa oltava tuoteseloste, jossa annetaan kirjalliset tiedot valmisteeseen tyyppi- ja kaupanimestä, ominaisuuksista, käytöstä, koostumuksesta, valmistajasta ja maahantuojasta - Lannoitevalmisteiden laatuvaatimukset
Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita			- Valvovana viranomaisena toimii Elintarviketurvallisuusvirasto - Toiminnanharjoittajalla omavalvontavelvollisuus
koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta 13/07			
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveyssäännöistä (EY) N:o 1774/2002 (muutettu 181/2006 ja 208/2006)	Terveyden suojelu	Eläimistä saatavien sivutuotteiden kerääminen, kuljetus, varastointi, esikäsitteily, käsittely, käyttö ja hävittäminen sekä markkinointi, vienti ja kauttakuljetus	- Liete on hävitettävä joko polttamalla tai rinnakkaispolttamalla, muunnettava hyväksytyssä biokaasu- tai kompostointilaitoksessa tai hävitettävä jätteenä hautaamalla hyväksytylle kaatopaikalle - Asetus ei koske puhdistamo- ja sakokaivolietteidensä käsittelyä, ellei laitoksessa käsitellä samanaikaisesti eläinperäistä jätettä - Lietteiden laatu- ja hygieniavaatimukset

Liite 2

Esikäsittely

	Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
Fysikaalinen käsittely	Ultraääni	Mikrobisolujen ja kiinto-aineen hajottaminen ultraäänen avulla (kavitaatio). Käyttökohde ylijäämäliete.	Käytössä Keski-Euroopassa muutamilla laitoksilla. Suomessa pilot-koeajot on tehty Riihimäellä.	Tuotekehitys on menossa.	Laitteisto kotoitettu. Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia.
	HPF-fragmentoija	Lietemassan homogenisointi ja hajotus jauhavien terien avulla. Käyttökohde ylijäämäliete, raakaliete, sekaliete.	Laitetta on koekäytetty Suomessa Tampereella ja Helsingissä.	Ei estettä koetoiminnalle.	Laitteisto kotoitettu. Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia.
	Korkeapaine-homogenisaattori	Liete paineistetaan korkeapainepumpulla ja vapautetaan normaaliin paineeseen. Kavitaatio rikkoo solut. Käyttökohde ylijäämäliete.	Laitetta on ajettu täyden mittakaavan kokeissa Kanadassa.	Käyttökokemukset vähäiset, tiedetään kärsivän tukkeutumisongelmista. Vaatii tarkat pilot-kokeet. Ei varsinaista estettä koetoiminnalle, mutta suositellaan tarkkaa selvitystä eri esikäsittelymenetelmien välillä ennen päätymistä pilotkokeisiin.	Laitteisto kotoitettu. Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia.
	Kuulamylly	Kuulilla täytetty sylinterin muotoinen mylly. Käyttökohde ylijäämäliete.	Laitetta on ajettu täyden mittakaavan kokeissa.	Vaatii pilot-kokeet, tiedetään kärsivän tukkeutumisongelmista. Ei esteitä koetoiminnalle.	Laitteisto kotoitettu. Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia.
	Iskusuihku-menettelmä	Liete paineistetaan n. 30 – 50 MPA ja paine alennetaan suuressa. Tämän jälkeen liete törmäytetään levyyn. Korkeapainehomogenisaattori (60 MPA) matalampi käyttöpaine (30..40 MPA), Käyttökohde ylijäämäliete.	Ei tiedossa olevia täyden mittakaavan kokeita.	Käyttökokemukset vähäiset. Vaatii tarkat pilot-kokeet. Ei varsinaista estettä koetoiminnalle, mutta suositellaan tarkkaa selvitystä eri esikäsittelymenetelmien välillä ennen päätymistä pilotkokeisiin.	Laitteisto kotoitettu. Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia.
	Valokaari-käsittely	Lietteeseen asennetaan kaksi elektrodi, joiden läpi johdetaan sähkövirta. Sähköimpulssit aiheuttavat lietteeseen paineaaltoja. Käyttökohde ylijäämäliete.	Laitetta on ajettu täyden mittakaavan kokeissa Saksassa.	Käyttökokemukset vähäiset. Vaatii tarkat pilot-kokeet. Ei varsinaista estettä koetoiminnalle, mutta suositellaan tarkkaa selvitystä eri esikäsittelymenetelmien välillä ennen päätymistä pilotkokeisiin.	Laitteisto kotoitettu. Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia.
	Lysaattilinko	Liete hajotetaan sakeutuslingossa sentrifugin kineettisen energian avulla. Sakeutuslinkoon asennetaan erillinen hajotuslaitteisto, lysaattirengas. Laitte voidaan asentaa olemassa oleviin linkoihin. Käyttökohde ylijäämäliete.	Laitetta on ajettu pilot- ja täyden mittakaavan kokeissa Saksassa ja Tšekin tasavallassa, yhteensä n. 10 referenssikohdetta. Kaupallinen sovellus olemassa.	Vaatii pilot-kokeet. Ei esteitä koetoiminnalle.	Laitteisto kotoitettu. Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia.
	Jäädytys / sulatus	Lietteen kunnostus jäädytämällä tai sulattamalla. Käyttökohde ylijäämäliete.	Ei tiedossa olevia täyden mittakaavan sovelluksia. Hankala toteuttaa isossa mittakaavassa.	Ei suositella kuin pieniin kohteisiin.	Mahdolliset hajuhaitat, riski rejektivesien joutumiselle ympäristöön.

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset	
Terminen käsittely	Terminen hydrolyysi	Lietteen lämmittäminen 130 - 200°C, jolloin solurakenne rikkoutuu ja soluneste vapautuu. Hydrolyysin lisäksi hygienisoi lietteen. Käyttökohde ylijäämä-, raaka- ja sekaliete.	Useita täyden mittakaavan referenssikohteita. Kaupallinen sovellus olemassa.	Mahdollinen toteuttaa.	Mahdolliset hajuhaitat
Kemiallinen käsittely	Otsonointi	Lietteen otsonointi, jolloin liete hapettuu osittain ja orgaaniset aineet hydrolysoituvat. Käyttökohde ylijäämäliete, erityisesti esimädätetty liete.	Menetelmää on koekäytetty täydessä mittakaavassa. Kaupallinen sovellus olemassa.	Vaatii pilot-kokeet. Ei esteitä koetoiminnalle.	Laitteisto kotoitettu. Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia.
	Happo/emäs-käsittely	Lietteen liuottaminen ja COD:n vapauttaminen. Käyttökohde ylijäämäliete, raakaliete ja sekaliete.	Tiedossa oleva täyden mittakaavan referenssikohte Saksassa.	Vaatii pilot-kokeet. Ei esteitä koetoiminnalle.	Laitteisto kotoitettu. Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia.
	Kemicond	Menetelmässä liete hapetetaan vetyperoksidilla happamissa olosuhteissa raudan läsnä ollessa. Voimakas Fenton-reaktio hygienisoi lietteen ja hapettaa lietteessä olevia orgaanisia yhdisteitä. Metallisuolat kuten rautafosfaatit ja hydroksidit liukenevat käsittelyssä ja niiden geolimäinen rakenne häviää. Myös osa orgaanisesta aineesta hapettuu. Vetyperoksidilisäyksen jälkeen fosfaatti-ionit saostuvat uudelleen.	Menetelmää käytetään Käppälän puhdistamolla Ruotsissa. Suomessa Porin Vesi ja Oulun Vesi ovat tehneet hankintapäätöksen. Täysmittakaavaisia koeajoja on tehty useita Euroopassa.	Menetelmä soveltuu Suomeen ja on toteuttamiskelpoinen.	Menetelmässä käytetään useita eri kemikaaleja rikkihappo, vetyperoksidi ja natriumhydroksidi. Niiden käsittely voi olla turvallisuusriski. Menetelmä vähentää lietteen hajuhaittoja ja hygienisoi lietteen.

		Lietteestä vapautuu vettä ja liete muuttuu helpommin kuivattavaksi. Lietteen keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus kasvaa n. 10 % verrattuna käsittelemättömän lietteen kuivaamistuloksiin			
Biologinen käsittely	Biologinen hydrolyysi	Entsyyttinen solujen hajotus murtaa soluseinät. Autolyysi anaerobitilassa ennen mädätystä. Käyttökohde selluloosapitoinen primääriliete.	Ei täyden mittakaavan toteutusta. Saadut tutkimustulokset ristiriitaisia.	Ei suositella	Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia
	Aerobinen hajotus	Lietteen lahotusprosessi. Prosessilämpötila 40-60°C. Käyttökohde ylijäämäliete, raakaliete ja sekaliete.	Useita täyden mittakaavan referenssikohteita. Kaupallinen sovellus olemassa.	Mahdollinen toteuttaa.	Mahdolliset hajuhaitat

Lietteen sakeutus

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
Gravitaatiosakeutus	Lietteen perinteinen sakeutusmenetelmä painovoiman avulla.	Yleisin sakeutusmenetelmä jv-puhdistamoilla.	Helppo toteuttaa	Mahdolliset hajuhaitat
Rumputiivistys	Pyörivä rumpu. Liete jää rummun sisään veden	Mekaanisen tiivistyksen perusratkaisu. Käytetty paljon	Käyttö vähentynyt linkokui-vauksen myötä. Ruuvi- ja	Ei merkittäviä

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
	erottuessa viiran läpi. Liete putoaa rummun päästä.	mm. ennen lietteen kuivausta suotonauhalla	levyitiivistys ovat tehokkaampia käytössä.	ympäristövaikutuksia
Ruuvitiivistys	Liete kuljetetaan ruuvin avulla ylös kiilalankaseula- korissa. Suodos valuu seulan läpi ja liete välivarastoon.	Yleistymässä sakeutuksessa ennen mädätystä.	Käytössä mm. Ali-Juhakkalan puhdistamolla Lahdessa.	Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia
Levyitiivistys	Laitte muodostuu kallellaan olevasta, hitaasti pyörivästä levysuodattimesta ja suodatinkalvosta.	Yleistymässä sakeutuksessa ennen mädätystä.	Käytössä Riihimäen puhdistamolla.	Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia
Viirapöytä	Liete levitetään vaakatasossa liikkuvalla viiralle, jonka läpi vesi suotautuu.	Paljon käytetty ennen suonauhakuivainta mm. metsäteollisuudessa.	Käyttö vähentynyt Suomessa linkokuivauksen yleistyttyä	Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia
Linkotiivistys	Kuivauslinkoa käytetään lietteen sakeutukseen esim. ennen mädätystä.	Tunnettu paremmin laitteena lietteen kuivauksessa.	Mekaanisiin tiivistimiin verrattuna kallis ja ylimääräistä kapasiteettia. Suurempi tilantarve.	Ei merkittäviä ympäristövaikutuksia
Flotaatiosakeutus	Flotaation (DAF) käyttö ylijäämälietteen sakeutukseen gravitaation ohella.	Jäämässä pois sakeutusmelmänä.	Mekaanisilla tiivistimillä on parempi kapasiteetti ja paljon pienempi koko.	Mahdolliset hajuhaitat

Lietteen hygienisointi

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
Höyrytys	Lietteen lämpötila nostetaan höyryllä hygienisointisäiliössä.	Menetelmä tunnetaan. EU-vaatimukset lämpötilan ja	Helppo toteuttaa mädätyksen jälkeen (mesofiilialue) tai	Mahdolliset hajuhaitat
	Reaktion lämpötila > 70°C ja viipymä min. 30 min.	viipymän osalta kesken. Ei ole vielä toteutettu suomalaisilla puhdistamoilla	ennen mädätystä (termofiilialue).	
Terminen hydrolyysi	Lietteen lämmittäminen 130-200°C, jolloin solurakenne rikkoutuu ja soluneste vapautuu. Hydrolyysin lisäksi hygienisoi lietteen. Käyttökohde ylijäämäliete, raakaliete ja sekaliete.	Useita täyden mittakaavan referenssikohteita. Kaupallinen sovellus olemassa.	Mahdollinen toteuttaa.	Mahdolliset hajuhaitat

Kompostointi

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
Muovisukka-kompostointi	Tukiaineen ja kompostoitavan jätteen seos syötetään muoviseen sukkaan, jossa on rei'itetty putki ilmastamista varten. Poistokaasu poistuu sukasta erillisten venttiilien kautta.	Järjestelmä on käytössä Suomessa yhdellä laitoksella.	Talvella komposti jäätyy helposti. Jäätyneet "kompostimakkarat" alkavat kompostoitua vasta ilman lämmettyä keväällä.	Jäätymisestä tai liiasta kostumisesta johtuen voivat aiheuttaa hajuhaittoja. Linnut nokkivat sukkaan reikiä, mikä vaikeuttaa prosessin hallintaa.
Peitetty ja ilmastettu auma	Kompostointikentälle asetetaan rei'itetty ilmastusputki, jonka päälle kasataan kompostiauma. Valmiin auman päälle vedetään hengittävä peite, joka ankkuroidaan helmoista	Tekniikkaa on kokeiltu muutamalla laitoksella ja tällä hetkellä se on käytössä yhdellä laitoksella. Mm. Keski-Euroopassa käytetään yleisesti.	Kesäaikana saadut kokemukset ovat olleet kohtuullisen myönteisiä tekniikan toimivuuden ja hajujen hallinnan kannalta. Talvella peitteen käsiteltävyys vaikeutuu ja aumoja	Hajuhaittoja voi esiintyä lähinnä talviaikana, kun prosessi ei toimi tehokkaasti kompostimassaa käsiteltäessä.

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
	painojen avulla. Peitettä käsitellään materiaalin syötön ja poiston aikana telineen varassa olevalla telan avulla.		käännettäessä on esiintynyt hajuhaittoja prosessin hidastumisesta johtuen.	
Kalvopeitteinen tunnelikompostointi	Betonirakenteinen laakasiilo, johon on rakennettu ilmastuslattia. Siilon kattona on kehyksellinen avettava ja hengittävä peite.	On käytössä tällä hetkellä yhdellä laitoksella Suomessa.	Parannettu versio peitetystä aumoista, jossa massan käsittely pyöräkuormaajalla on vaivattomampaa. Talvella jäätyminen voi haitata peitteen kehyksen käyttöä.	Hajuhaittoja voi esiintyä lähinnä talviaikana, kun prosessi ei toimi tehokkaasti kompostimassaa käsiteltäessä.
Tunnelikompostointi	Suljettu, betonirakenteisessa ilmastuslattialla varustetussa tunnelissa tehtävä kompostointi. Käytetyt viipymät ovat jätevesiliettelelle noin 2 vkoa ja biojätteelle 3-5 vkoa.	On hyvin tunnettu. Suomessa on tällä hetkellä 15 suuren mittakaavan laitosta.	Soveltuu hyvin Suomen olosuhteisiin, koska suljetussa laitoksessa on mahdollista huomioida talviolosuhteet ja hajujen käsittely.	Mikäli prosessia ei saada toimimaan riittävän hyvin laitoksesta ulos purettava komposti voi aiheuttaa hajuhaittoja ulkona tapahtuvan jälkikypsytyksen aikana.
Rumpukompostointi	Pituusakselinsa ympäri pyörivässä rummussa ilmastetaan ja sekoitetaan kompostimassaa. Viipymäajat rummussa 1-2 vkoa. Vaatii lisäksi muun kypsytyksen.	On hyvin tunnettu. Suomessa on 8 kpl suuren mittakaavan laitosta. Lisäksi useita kymmeniä pienempiä rumpuja on maatalouskäytössä.	Soveltuu hyvin Suomen olosuhteisiin, koska suljetussa laitoksessa on mahdollista huomioida talviolosuhteet ja hajujen käsittely. Mekaaniset ongelmat ovat olleet yleisiä, etenkin roskat aiheuttavat haittaa.	Tehokkaasta sekoituksesta ja käytetyistä tukiaineista johtuen jälkikypsytyksessä on ollut suhteellisen vähän hajuhaittoja. Menetelmä edellyttää kuitenkin jonkin muun kypsytysmenetelmän rummun lisäksi ennen varsinaista jälkikypsytystä, esim. tunneli, halli tai peitetty auma.
Kaukalo-kompostointi	Suljettuun rakennukseen sijoitettu ylhäältä avoin	Vähän tunnettu Suomessa. Käytössä on yksi pienehkö	Soveltuu Suomen olosuhteisiin, koska suljetussa	Mikäli prosessia ei saada toimimaan riittävän hyvin
	betoninen kaukalo, jossa on ilmastuslattia. Kaukalon päällä liikkuu kompostin sekoittamiseen tarkoitettu laitteisto.	laitos.	laitoksessa on mahdollista huomioida talviolosuhteet ja hajujen käsittely. Mekaaniset ongelmat ovat olleet yleisiä, joka vuoksi yksi suurempi laitos on purettu.	laitoksesta ulos purettava komposti voi aiheuttaa hajuhaittoja ulkona tapahtuvan jälkikypsytyksen aikana.
Hallikompostointi	Ilmastettu aumakompostointi, joka tehdään suljetussa hallissa	Vähän tunnettu Suomessa. Keski-Euroopassa melko yleinen menetelmä.	Soveltuu periaatteessa Suomen olosuhteisiin, koska suljetussa laitoksessa on mahdollista huomioida talviolosuhteet ja hajujen käsittely. Hallin sisätilassa oleva kosteus voi aiheuttaa kondensoitumisesta aiheutuvia ongelmia.	Mikäli prosessia ei saada toimimaan riittävän hyvin laitoksesta ulos purettava komposti voi aiheuttaa hajuhaittoja ulkona tapahtuvan jälkikypsytyksen aikana. Työolosuhteiden kannalta epäedullinen ratkaisu, koska kompostikaasuja vapautuu hallin ilmatilaan muita tekniikoita runsaammin.
Tornikompostointi	Tornimaiseen siiloon syötetään kompostimassaa ylhäältä ja puretaan kompostia alapäästä. Ilmastaminen tapahtuu puhaltamalla ilmaa alhaalta ylös.	Vähän tunnettu menetelmä Suomessa. Käytössä on yksi laitos. Tekniikka on lähtöisin Uudesta-Seelannista.	Soveltuu Suomen olosuhteisiin, koska suljetussa laitoksessa on mahdollista huomioida talviolosuhteet ja hajujen käsittely. Prosessin toimivuus on herkkä tukiaineen laadulle.	Koska prosessin toimivuus on herkkä tukiaineen laadulle, voi Suomessa tyypillinen keittiöbiojäte tiivistyä helposti ja aiheuttaa hajuongelmia sekä prosessin aikana että jälkikypsytyksessä.
Siilokompostointi	Vertaa kaukalokompostointi tai tornikompostointi			

Mädätys

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
Mesofiilinen mädätys	Lietteen hajotus hapettomassa tilassa, 35-37°C lämpötilassa. Viipymä > 20 d. Reaktoriin syötettävän lietteen kuiva-ainepitoisuus max. 15 % TS. Tuottaa stabiilia ja hajutonta lietettä sekä biokaasua.	Yleisimmin käytetty mädätysmenetelmä maailmassa. Mädätys on yleistynyt käytössä uudelleen 2000-luvulla.	Kunnalliset mädättämöt lähes kaikki mesofiilisiä.	Vaahdon vuoto mädättämön ylivuodon kautta.
Termofiilinen mädätys	Lietteen hajotus hapettomassa tilassa, 55-60°C. Viipymä > 14 d. Reaktoriin syötettävän lietteen kuiva-ainepitoisuus max. 15 % TS. Tuottaa stabiilia lietettä sekä biokaasua.	Termofiilimädätys on lisääntynyt tehokkaamman toiminnan ja laitekehityksen johdosta.	Ainakin yksi maatilalaitos tehty Suomessa. Operointi tarkempaa kuin perinteisellä menetelmällä. Kelpaa hygienisointimenetelmänä sellaisenaan, jos käsittelyaika vähintään 21 d.	Liete saattaa aiheuttaa hajuhaittoja.
Happovaiheistettu mädätys	Happo- ja metaanivaiheet erotetaan toisistaan 2-vaiheisessa mädätyksessä toiminnan tehostamiseksi. Syötettävän lietteen kuiva-ainepitoisuus max. 15 % TS.	Täyden mittakaavan laitoksia toteutettu Suomessa jäteveden anaerobisessa käsittelyssä.	Lietteen happovaiheistettumädätys on Suomessa vielä pilot-asteella.	Kts. edelliset kohdat
Lämpötilavaiheistettu mädätys	Mädätyksessä on sekä mesofiilinen että termofiilinen vaihe (TPAD-prosessi). Reaktoriin syötettävän lietteen kuiva-ainepitoisuus max. 15 % TS.	Ei juuri tunnettu Suomessa.	Prosessin mitoitus ja suunnittelu vaatii pilot-kokeita ja lisätutkimuksia.	Kts. edelliset kohdat
Kuivamädätys	Mädätys on joko mesofiilisessä tai termofiilisessä lämpötilassa. Reaktoriin syötettävän lietteen kuiva-ainepitoisuus 20 – 40 %	Menetelmä on käytössä jätemädätyksessä. Euroopassa useita täyden mittakaavan jätemädättämiä. Ei	Prosessin mitoitus ja suunnittelu vaatii pilot-kokeita ja lisätutkimuksia yhdessä laitetoimittajan kanssa.	Ei tiedossa olevia ympäristövaikutuksia
	TS. Syötteen kuiva-ainepitoisuus riippuu valittavasta tekniikasta.	referenssejä pelkälle lietteen mädätykselle.		

Terminen kuivaus

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
Kontaktikuivaus Kiekkokuivain	Kontaktikuivauksessa (epäsuora kuivaus) liete lämpenee väliaineella (öljy, höyry) kuumennettavan pinnan kautta ilman suoraa kosketusta. Kontaktipinta on pyörivä kuumennettu kiekko. Liete liikkuu ja sekoittuu kiekkojen avulla, jotka ovat kiinni roottorissa. Öljy on ontton roottorin ja kiekkojen sisällä. Vaatii kuivatun lietteen takaisin kierrätyksen pintaan palamisen estämiseksi ja lämmönsiirron tehostamiseksi. Menetelmässä lämmönsiirto on hitaampaa. Liika paikallinen kuumeneminen voi haitata tai huonon kontaktin takia kuumennus voi olla paikoin puutteellista.	Kiekkokuivain on yksi epäsuoran kuivauksen perusmalleista. Maailmalla on paljon referenssejä.	Lietteen syöttö 18-35 % TS. Lietteen mekaaninen kuivaus on halvempaa kuin veden haihduttaminen. Termiselle kuivaukselle on tyypillistä kuivan tuotteen pölyongelmat. Jätevesiliete saadaan termisellä kuivauksella ja granuloinnalla jalostettua jätteestä myytäväksi tuotteeksi. Käytetään rakeistettuna maatalouden lannoitteena. Voidaan hyödyntää rinnakkaispoltossa polttoaineena. Kiekkokuivain soveltuu pölyävän materiaalin kuivaukseen, etenkin jos halpaa energiaa on käytössä. Energian tarve on suurta termisessä kuivauksessa. Tämän takia on usein polton esikäsittelyvaihe. Lietteen lämpöarvo saadaan	Pöly aiheuttaa tietyn turvallisuusriskin kuten pölyräjähdys. Pölymäinen lopputuote on ohjattava suoraan polttoon. Pölyongelma poistuu tuotteen granuloinnilla. Orgaaninen pöly on hengitettynä haitallista. Osittaisella kuivauksella (TS < 85 %) liete on helpompaa jatkokäsittellä ja pölyä vähemmän. Haju- ja pölyhaittoja voi esiintyä, jos ilmastointi ei ole kunnossa. Laitteen alipaineistus parantaa tilannetta. Levitys peltoon muiden lannoitteiden tavoin ja tuotteen pitempi varastointi kuivassa varastossa on mahdollista. Kuljetuskustannukset alenevat
			hyödynnettyä poltossa.	ominaispainon kasvaessa.

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
			Termisessä kuivauksessa voidaan käyttää mädättämö- tai kaatopaikkakaasua. Epäsuoran kuivauksen etuja on poistokaasujen pieni määrä (vesihöyry) ja hyvä hyötysuhde.	Hygienian ja varastoinnin osalta tarvitaan 85 - 90 % TS-pitoisuus.
Konvektiokuivaus Hihnakuivain	Konvektiokuivauksessa (suora kuivaus) kuivauskaasu virtaa lietteen läpi ja lämpö siirtyy kaasusta lietteeseen. Lietteeseen vesi höyrystyy ja siirtyy kuivauskaasuun suoran kontaktin kautta. Menetelmässä pyritään suureen kontaktipinta-alaan lietteen ja kuumen kaasuun kanssa, jolloin liete lämpiää tasaisesti ja kuivuminen on tehokasta. Konekuivattu liete puristetaan matriisin läpi suoraan hihnalle.	Menetelmällä on toteutettu Suomen ensimmäiset laitokset Joensuussa ja Haapavedellä. Tunnettu menetelmä maailmalla.	Suorassa kuivauksessa muodostuu paljon kaasua kuivauskaasusta ja haihdutushöyrystä. Kuivauskaasua kierrätetään ja loppukaasu on jälkikäsiteltävä.	Pölyä muodostuu paljon > pölyräjähdysriski. Menetelmässä voi muodostua voimakkaita hajupäästöjä, joiden käsittelystä on huolehdittava kaasupesurilla tai polttamalla.
Lapakuivain	Kontaktikuivausmenetelmä. Liete kulkee vaakatasossa kuivaussyliinterin sisällä. Sylinterin sisällä on akseli, jossa kiinni olevilla lavoilla lietettä sekoitetaan. Liete levitetään ohueksi kerrokseksi sylinterin sisäpinnalle. Väliaine kulkee sylinterin vaipassa ja	Tunnettu Keski-Euroopassa. Ei referenssejä Suomessa.	Lietteiden kierrätystä ei tarvita. Tehokas toiminta-alue 60...65 % TS asti.	Katso kontaktikuivaus
	akselien ja lapojen sisällä.			
Rumpukuivain	Kuivaus tapahtuu jatkuvasti pyörivässä kuivausrummussa. Kuivattava liete sekoitetaan kuivatun lietteen kanssa. Kuivausilma on rumpun sisällä lietteen mukana. Lietettä pyöritetään rummussa ohjauslavoilla ja liete muuttuu kuivuessaan rakeiseksi.	Menetelmää on käytetty erityisesti mädätetyin ja jätevesilietteiden kuivaukseen 1970-luvulta alkaen. Kohdemaina ovat erityisesti Sveitsi, Unkari, Italia ja USA.	Perinteinen ja tunnettu menetelmä.	Katso konvektiokuivaus
Leijupetikuivain	Suoran ja epäsuoran kuivausmenetelmän yhdistelmä. Täytekappaleilla tehostetaan lämmön siirtymistä lietteeseen. Matala kuivauslämpötila max. 105°C. Käytetään lietteen kierrätystä. Leijukerros saadaan aikaan kuivausilman syötöllä.	Menetelmää on käytetty erityisesti hiivatehtaiden lietteiden kuivaukseen 1970-luvun lopulta alkaen. Käytetty myös metsäteollisuuden lietteiden kuivaukseen 1990-luvulla.	Kontaktipinta lietteen kanssa saadaan täytekappaleunissa. Pintojen likaantumista käytön aikana.	Epätasainen kuumentuminen voi aiheuttaa syttymisvaaran.
Spiraalikuivain	Kiekkokuivurin sovellutus. Kontaktikuivauksessa liete lämpenee väliaineella (öljy, höyry) kuumennettavan pinnan kautta ilman suoraa kosketusta. Kontaktipinta on pyörivä kuumennettu kiekko. Liete liikkuu ja sekoittuu kiekkojen avulla, jotka on kiinni roottorissa. Öljy on ontton roottorin ja kiekkojen sisällä. Vaatii kuivatun lietteen	Käytetty Suomessa mm. turpeen kuivaukseen.	Etuja poistokaasujen pieni määrä ja hyvä hyötysuhde.	Siilovarastossa on palo- ja kytemisvaara > tyytety

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
	takaisin kierrätyksen pintaan palamisen estämiseksi.			
Lautaskuivain Tasokuivain	Kontaktipintana on pyörivä kuumennettu taso tai lautanen (ohutfilmihaihdutin). Liete levitetään ohuelti kuumalle pinnalle, josta se kaavitaan eteenpäin seuraavalle pinnalle alaspäin	Ei ole referenssejä Suomessa.	Katso kontaktikuivaus	Katso kontaktikuivaus
Höyrykuivain (tulistettu höyry)	Liete syötetään pienessä alipaineessa olevaan kuivauskammioon, jossa on hitaasti pyörivä sekoitin. Liete lämmitetään tulistetulla höyryllä kiehumispisteeseen, jolloin vesi haihtuu lietteestä. Energia otetaan talteen lauhduttimesta kuumana vetenä. Liete syötetään kammion kosteaan päähän, jossa se sekoittuu kuivuneeseen lietteeseen. Liete siirtyy kammion kuivaan päähän, josta se poistetaan varastosiihlo.	Alun perin norjalainen menetelmä, joka on nyt alettu markkinoida Suomessa.	Ei suomalaisia referenssejä.	Toimittajan mukaan lopputuote on suoraan rakeinen, jota on helppo käsitellä.

Poltto

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
Arinapoltto	Arinapolttajärjestelmä koostuu arinan lisäksi polttoaineen ja	Arinapolttolaitoksia on muualla Euroopassa runsaasti (yleisin	Yhdyskuntalietteitä voidaan polttaa rajoitetusti yhdyskuntajätteen kanssa:	Savukaasupäästöt vaativat tehokasta puhdistusta.
	palamisilman syöttölaitteista. Polttoaineen syöttöjärjestelmän tehtävänä on syöttää polttoaine arinalle tasaisena kerroksena koko arinan leveydeltä. Isommissa arinoissa polttoaine syötetään usein painovoiman avulla. Alasyöttöarinasissa polttoaine syötetään ruuvin avulla arinalle. Polttoaineen tasainen leviäminen on tärkeää hyvin hallitun poltto prosessin aikaansaamiseksi. Palamisilmaa syötetään kahdessa tai kolmessa vaiheessa. Arinan alta syötetään primääri-ilmaa, jonka avulla varsinainen poltto tapahtuu. Sekundääri- ja joissakin tapauksissa tertiääri-ilman avulla poltetaan polttoainekerroksesta haihtuvat palamiskelpoiset kaasut.	jätteenpolttotapa). Muualla käytetään satunnaisesti yhdyskuntalietteen polttoon.	10–20 % jätteen määrästä. Suomessa on yksi arinapolttolaitos. Turussa, jossa ei polteta lietteitä. Kaksi laitosta on rakenteilla Riihimäelle ja Kotkaan.; lietteen poltto niissä vielä avoin.	Pohjakuonaa voidaan jalostaa maanrakennusmateriaaliksi Lentotuhka ja ns. savukaasujen puhdistuksen APC-jäte ovat usein luokiteltu ongelmajätteeksi ja vaativat stabilisointia tai muuta käsittelyä ennen loppusijoitusta tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Näillä tosin myös maisemoidaan Saksassa ja Norjassa vanhoja kaivoksia.
Leijukerros poltto	Leijukerroskattilassa arinan läpi puhalletaan suurella nopeudella esilämmitettyä ilmaa, jolloin arinan päällä	Suomessa poltetaan yleisesti metsäteollisuuden lietteitä leijukerros poltossa yhdessä kuoren ja hakkeen kanssa.	Käytetään laajasti lietteille teollisuudessa ja sovellettavissa hyvin myös Suomeen mekaanisesti	Savukaasut käsitellään yleensä sähkösuodattimella tai lämmönvaihdin pesurilla. Liete on jätettä, joten tähän
	oleva petihiekka ja arinan yläpuolelle syötettävä polttoaine alkavat leijua.		kuivatun tai jos mahdollista myös termisesti kuivatun yhdyskuntalietteen käsittelyyn.	sovelletaan jätteen polttoasetuksen säännöksiä.

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset
	Petihiekan tehtävänä on tehostaa polttoaineen sekoittumista ja lämmönsiirtoa. Osa polttoilmasta puhalletaan yläpalotilaan, mikä vähentää typenoksidipäästöjä. Tehokkaan palamisen ansiosta häikä, hiilivety ja typenoksidipäästöt jäävät pieniksi.	Muulla käytetään laajasti yhdyskuntalietteilte; Suomessa ei kovin paljon kokemuksia erillisestä lietteiden poltosta.	Energian saanti leijukerroskattilalaitoksesta termiseen kuivaukseen vähentää kokonaiskustannuksia. Leijukerrospoltto soveltuu polttotekniikoista parhaiten lietteille (myös märille), mutta rajoituksena on, että lietettä saa olla < 20 % ja muuta materiaalia > 80 %.	Savukaasupäästöt vaativat tehokasta puhdistusta. Lentotuhkaa muodostuu paljon ja se on usein luokiteltu ongelmajätteeksi ja vaatii stabilisointia tai muuta käsittelyä ennen loppusijoitusta tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Lisäksi syntyy ns. pohjatuhkaa, joka on pääosin leijutushiekkaa, ja ei ole ongelmajätettä.

Kemiallinen käsittely

Tekniikka	Kuvaus	Tunnettavuus	Toteuttamiskelpoisuus Suomessa	Merkittävimmät ympäristövaikutukset	Käyttökohteet
Kalkkistabilointi	Kalkkistabilointi voidaan tehdä märälle tai kuivatulle lietteelle. Kalkkistabiloinnin tarkoituksena on nostaa lietteen pH niin korkeaksi, että biologinen toiminta lakkaa ja pH	Kalkkistabilointia käytetään Suomessa lähinnä pienten jätevedenpuhdistamoiden lietteen käsittelyssä.	Menetelmän käyttö tulee luultavasti yleistymään uusien hygienisointimäärysten seurauksena.	Lietemäärä kasvaa kalkkilisäyksen seurauksena.	Kalkkistabiloitua lietettä voidaan käyttää maanparannusaineena.

	pysyy riittävän kauan korkeana, jotta liete saadaan hygienisoitua. Poltettua kalkkia (CaO) voidaan käyttää kuivatulle lietteelle. Kalkki reagoi lietteen sisältämän veden kanssa, jolloin pH ja lämpötila nousevat. Osa vedestä haihtuu ja lietteen kuivaainepitoisuus kasvaa. Sammutettua kalkkia (Ca(OH) ₂) voidaan lisätä kuivattuun tai märkään lietteeseen, jolloin pH nousee, mutta lämpötila ei nouse.				
--	---	--	--	--	--