

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
Energia- ja ympäristötekniikka

**Haja-asutusalueiden sakokaivolietteen kalkkistabilointi
ja hyötykäyttö maataloudessa**

Työntarkastajat ovat Mika Horttanainen ja Eero Parviainen.

Työn ohjaaja on Marja Pulkkinen.

Outokummussa 9.12.2007

Heidi Lampén

Sepänkatu 15
83500 Outokumpu
FINLAND
+358 40 7586998

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
Energia- ja ympäristötekniikka

Heidi Lampén

Haja-asutusalueiden sakokaivolietteiden kalkkistabilointi ja hyötykäyttö maataloudessa

Diplomityö

2007

108 sivua, 12 kuvaa, 29 taulukkoa ja 4 liitettä

Tarkastajat: Professori Mika Horttanainen
MMM Eero Parviainen

Hakusanat: Kalkkistabilointi, sakokaivo, sakokaivoliete, sammutettu kalkki
Keywords: Lime stabilisation, sedimentation basin, sedimentation basin sludge, slaked lime

Suomessa on viemäriverkoston ulkopuolella 350 000 kiinteistöä ja 450 000 vapaa-ajan kiinteistöä. Haja-asutusalueiden jätevesiasetuksen mukaan talousjätevesien ympäristökuormitusta on vähennettävä vuoteen 2017 mennessä. Jätevesiasetus koskee jätevedenpuhdistamoista poistuvan veden ominaisuuksia. Jätevesijärjestelmät ovat monivaiheisia, sisältäen usein saostuskaivoja. Saostuskaivoihin jää suurin osa jäteveden sisältämistä ravinteista. Jätelain nojalla valtioneuvos on päättänyt, että sakokaivoliete on hygienisoitava ennen hyötykäyttöä. Yksi mahdollisuus sakokaivolietteen hygienisointiin on stabiloida liete sammutetulla kalkilla ja levittää se stabiloinnin jälkeen pellolle.

Kalkkistabilointi voidaan diplomityössä tehtyjen kenttäkokeiden mukaan suorittaa sakokaivossa tai alle 100 m³ lietesäiliössä. Käsittelyyn käytetään 8,5 kg/m³ kalkkia. Käsiteltävien lietteiden ollessa hyvin vesipitoisia hygienisointiin on käytettävä 13,5 kg/m³ kalkkia. Kalkki ja sakokaivoliete on sekoitettava tehokkaasti keskenään esimerkiksi imupainevaunun tai lietepumpun avulla. Sakokaivoissa lietteen annetaan hygienisoitua kaksi tuntia. Suurissa lietesäiliöissä tai jos tiedetään, että käsiteltävässä lietteessä on salmonella, lietteen käsittelyaika on 48 tuntia. 48 tunnin käsittelyaika käytettäessä on liete sekoitettava uudelleen kahden tunnin jälkeen kalkituksesta. Kalkki tuhoaa lietteestä *Escherichia colit* ja enterokokit alle rajoitusarvojen ja poistaa lietteestä salmonellan. Käsitellyn sakokaivolietteen voi levittää pellolle. Turvallinen levitysmäärä kalkilla käsitellyille sakokaivolietteillem on 40 m³/ha, jolloin valtioneuvoston määräämät raja-arvot eivät ylitä typen, fosforin tai raskasmetallien suhteen. Kalkkistabilointia voidaan käyttää myös kaksivesijärjestelmien ja umpikaivojen hygienisointiin.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology
Energy and Environment Technology

Heidi Lampén

Lime stabilisation and agricultural reuse of sedimentation basin sludge in sparsely populated areas of Finland

Master's thesis

2007

108 pages, 12 pictures, 29 tables and 4 appendixes

Inspectors: Professor Mika Horttanainen
Managing Director Eero Parviainen

Keywords: Lime stabilisation, sedimentation basin, sedimentation basin sludge, slaked lime

Hakusanat: Kalkkistabilointi, sakokaivo, sakokaivoliete, sammutettu kalkki

In the sparsely populated areas of Finland there are approximately 350 000 households and 450 000 leisure time residences outside sewer networks. According to the Finnish domestic wastewater act outside sewer networks, the Finnish Government is reducing the environmental load of domestic wastewaters by the year 2017. The law is aimed at restricting the quality of sludge from domestic wastewater purification systems. The wastewater purification systems are complex systems, which often include sedimentation basins. The sedimentation basins remove most of the nutrients from the domestic wastewaters. The Finnish Government has decided that sedimentation basin sludge must be treated before reusing. One possibility is to stabilise domestic sludge with slaked lime and to reuse treated sludge in agriculture.

According to this master's thesis lime stabilisation can be done in sedimentation basins or in decanting tanks. Decanting tanks must be under 100 m³. Dosage of stabilisation is 8,5 kg/m³ of lime. If you are treading sludge that is highly hydrous, you need 13,5 kg/m³ of lime. In stabilisation lime and sludge must be thoroughly mixed. Mixed sludge must be in sedimentation basin at least two hours. If there is evidence that sludge contains salmonella or if it's decanting tank stabilisation time is 48 hours. Sludge must be mixed at least once during the longer stabilisation time. Lime destroys *Esherichia coli* and enterococcus concentrations below accepted level. Lime also destroys *Salmonella* bacterium. After treating, sludge's can be distributed over a field. You can safely spread lime treated domestic sludge's about 40 m³/ha. Lime stabilisation can also be used to treat separately and collectively collected domestic wastewaters.

Alkusanat

Kiitokset kaikille diplomityön tekemisen mahdollistaneille tahoille: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Nordkalk Oy Abp, ProAgria Pohjois-Karjalan hallinnoima Euroopan aluekehitysrahaston, Suomen valtion ja Pohjois-Karjalan kuntien rahoittama ”Maa-seudun jätehuolto Pohjois-Karjalassa” –hanke, Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy sekä erityisesti kenttäkokeisiin osallistuneet maatilat. Lisäksi haluan kiittää lukion matematiikan ja fysiikan opettajaani, sillä ilman hänen antamaansa opetusta en olisi koskaan pyrkinyt tekniikkaa opiskelemaan. Opiskelujen tukemisesta ja kaikesta muustakin suuri kiitos perheelle ja ystäville.

Kiitos Hupu ja Emilla.

Outokummussa 9.12.2007

Heidi Lampén

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO

SYMBOLILUETTELO

1. JOHDANTO	7
2. LIETTEEN KÄSITTELY	8
2. LIETTEEN KÄSITTELY	9
2.1 Mädätys	10
2.2 Kompostointi	12
2.3 Terminen kuivaus	13
2.4 Kemicond-menetelmä	14
2.5 Kalkkistabilointi	15
2.5.1 Poltettu kalkki	15
2.5.2 Sammutettu kalkki	16
2.6 Muita menetelmiä sakokaivolietteen käsittelyyn	17
3. HAJA-ASUTUSALUEIDEN SAKOKAIVOLIETTEEN NYKYINEN KÄSITTELY JA KÄYTTÖ	19
3.1 Haja-asutusalueiden jätevesien käsittelyjärjestelmät	20
3.1.1 Saostuskaivot	20
3.1.2 Umpisäiliöt	21
3.1.3 Maapuhdistamot	22
3.1.4 Pienpuhdistamot	25
3.2 Kustannusarvio sakokaivolietteen hausta/kuljetuksesta maataloilla	26
3.3 Puhdistamolietteen hyötykäyttö	28
4. SAKOKAIVOLIETTEEN HYÖTYKÄYTÖN EDELLYTYKSET	30
4.1 Hygieniavaatimukset	30
4.1.1 Esherichia coli	32
4.1.2 Enterokokit	32
4.1.3 Salmonella-bakteerit	33
4.1.4 Ascarias-loinen	34
4.2 Raskasmetallipitoisuuksien raja-arvot	34
4.3 Levitysmäärät	36

4.4 Sakokaivolietteen käytön rajoitukset ja levitysajat	40
5. KOEJÄRJESTELYT	42
5.1 Kohteet.....	42
5.1.1 Yksityiskaivot.....	43
5.1.2 Maatilamatkailukohteet.....	43
5.1.3 Yhteiskeräilypisteet.....	44
5.1.4 Kohteiden vertailua.....	45
5.2 Luvat ja lainsäädäntö	46
5.2.1 Jätetiedostoon ilmoittautuminen.....	46
5.2.2 Ympäristöluvan hakeminen.....	46
5.2.3 Toimijarekisteriin ilmoittautuminen	50
5.2.4 Laitoshyväksynnän hakeminen.....	51
5.4 Ennakkomaanäytteen ottaminen.....	52
5.5 Sakokaivolietteiden ennakkonäytteet	52
5.6 Nolla-näyte.....	52
5.7 Kalkkistabilointi	53
5.8 I-näyte kaksi tuntia kalkkistabiloinnin jälkeen.....	54
5.9 II-näyte 48 tunnin kuluttua kalkkistabiloinnista.....	55
5.10 III-näyte kasvukaudella pellosta.....	55
5.11 Salmonella kokeet.....	56
6. KALKKISTABILOINTIIN LIITTYVÄT LAITTEET	57
6.1 Sakokaivolietteen sekoitus	57
6.1.1 Imupainevaunu.....	59
6.1.2 Lietepumput ja potkurisekoitin.....	60
6.2 Lietesäiliöt.....	60
6.3 Jätevedenkäsittelyjärjestelmien soveltuvuus kalkkistabilointiin.....	60
6.4 pH-mittarit.....	61
6.4.1 Kokeessa käytetty pH-mittari	62
6.4.2 Stabilointiin jatkossa suositeltava pH-mittari.....	62
7. KOETULOKSET JA ANALYSOINTI	64
7.1 Käytetty kalkki	64
7.1.1 Kalkin vaikutus maaperään	66

7.2 Sakokaivolietteiden hygienia	68
7.2.1 Salmonellan tuhoutuminen.....	72
7.3 Raskasmetallipitoisuudet	76
7.4 Sakokaivolietteiden levitysmäärä.....	79
7.5 Kustannuslaskenta	84
7.6 Tulosten luotettavuus.....	87
8. STABILOINNIN RAJOITUKSIA	90
8.1 Stabiloitavat lietteet	90
8.2 Stabiloinnin kesto	91
8.3 Sakokaivoon kuulumattomien ainesten vaikutus	92
8.4 Laitteiden kestävyys	93
8.4.1 Kalkkistabiloinnin vaikutus muoviin.....	93
8.4.2 Kalkkistabiloinnin vaikutus metalleihin.....	93
8.4.3 Kalkkistabiloinnin vaikutus betoniin	94
8.5 Työturvallisuus	95
9. YHTEENVETO.....	97
LÄHTEET.....	100

LIITTEET:

- LIITE I. Sakokaivolietteen kalkkistabilointikokeen lehdistötiedote 2006.
- LIITE II. Näytteiden laboratorioanalysointiin käytetyt menetelmät.
- LIITE III. Laboratorioanalyysien tulokset.
- LIITE IV. Sakokaivolietteiden kalkkistabilointiohje – maataloille.

LYHENNELUETTELO

avl	Asukasvastineluvulla tarkoitetaan sellaista vuorokausikuormitusta, jonka seitsemän vuorokauden biokemiallinen hapenkulutus (BHK ₇) on 70 g happea
BHK ₇	(BOD ₇ = Biochemical oxygen demand) Seitsemän päivän biologinen hapen kulutus
C/N-suhde	hiili-typpisuhde
ETY	Euroopan talousyhteisö
EU	Euroopan unioni
Evira	Elintarviketurvallisuusvirasto
Faasi	Olomuotoalue
Harmaa jätevesi	Kotitalouksin pesuvesistä muodostuva jätevesi, joka ei sisällä käymälä jätteitä.
Infektio	Infektio eli tartunta, kun mikrobi tunkeutuu tai passiivisesti joutuu elimistöön.
Indikaattori	Osoitin, ilmaisija
Kiintoaine	(SS = suspended solids) Orgaanista ainetta ja ravinteita sisältävä hiukkasmainen aine.
KTL	Kansanterveyslaitos
KTTK	Kasvintuotannon tarkastuskeskus
Kuiva-aine	(TS = total solids) Haihdutusjäännös
L	Laboratoriokoe
LL	Lisälaboratoriokoe
M	Kenttäkokeisiin osallistunut maatilamatkailukohde
MMM	Maa- ja Metsätalousministeriö
MTT	Maa- ja elintarviketeollisuuden tutkimuskeskus
Musta jätevesi	Kotitalouksien käymälöiden jätevesi.
Normaalifloora	Ihmisen ihossa, limakalvoilla ja suolistossa harmittomat mikrobielinyhteisöt.
pH	(pH = potential Hydrogen) pH-luku mittaa aktiivisten vetyionien määrää liuoksessa.

pmy	Pesäkettä muodostava yksikkö
Puhdistamoliete	Jätevedenpuhdistamoissa syntyvä puhdistettu liete.
S	Kenttäkokeisiin osallistunut yksityissakokaivo
Sakokaivo	Saostuskaivo eli haja-asutusalueiden jätevesien esikäsitelyyn käytettävä, kiintoainetta laskeuttava säiliö/säiliösarja.
Sakokaivoliete	Kiintoainetta sisältävä liete sakokaivossa.
Y	Kenttäkokeisiin osallistunut yhteiskeräily piste
Zoonoosi	Taudinaiheuttajia, jotka voi tarttua eläimiltä ihmiseen ja toisinpäin.

SYMBOLILUETTELO

<i>C</i>	Pitoisuus	[kg/m ³]
<i>H</i>	Kalkin hinta	[€/kg]
<i>JVM</i>	Jätevesimaksu	[€/m ³]
<i>K</i>	Kustannus	[€]
<i>k</i>	Käyntikerrat	[-]
<i>KM</i>	Käyntimaksu	[€]
<i>LM</i>	Levitysmäärä	[m ³ /ha/a]
<i>N</i>	Typpi	[-]
<i>P</i>	Fosfori	[-]
<i>RM</i>	Raskasmetallipitoisuus	[g _{ka} /g]
<i>SLM</i>	Sallittu levitysmäärä	[kg/ha/a]
<i>SRM</i>	Sallittu raskasmetallipitoisuus	[g/ha]
<i>TT</i>	Traktorityötunnin hinta	[€/h]

Alaindeksit:

Ca(OH) ₂	sammutettu kalkki
ka	kuiva-aine
loka	loka-auto
N	typpi
N-kok	kokonaistyyppi
N-liuk	liukoinen typpi
P	fosfori
P-kok	kokonaisfosfori
P-liuk	liukoinen fosfori
RM	raskasmetallit
sk	sakokaivoliete

1. JOHDANTO

Valtioneuvoston asetuksen mukaan talousjätevesien ympäristökuormitusta on vähennettävä (VNa 542/2003). Suomessa on 350 000 viemäriverkostoon liittämätöntä jätevesienkäsittelyjärjestelmää, jotka on korjattava valtioneuvoston asetusten mukaiseksi. Käsittelyjärjestelmiä ovat asetuksen mukaan saostussäiliöt, umpisäiliöt ja erilaiset maapuhdistamot (VNa 542/2003). Tyhjennettäviä sako- ja umpikaivoja asennetaan haja-asutusalueille kokoajan lisäksi. Suomessa sako- ja umpikaivojen tyhjennyksestä vastaa kiinteistöjen omistajan ja kunnat

Perinteisesti sakokaivoliete on ajettu käsittelemättömänä pellolle. Nykyisten säädösten mukaan sakokaivoliete on kuitenkin hygienisoitava ennen pellolle levitystä (VNa 282/1994). Hyväksytyjä käsittelymenetelmiä ovat esimerkiksi mädätys, kompostointi ja kalkkistabilointi. (MMMa 13/2007). Hygienisoinnin tarkoituksena on vähentää taudinaiheuttajien määrää ja hajuhaittoja ja näin vähentää sakokaivolietteen käytöstä aiheutuvia terveys- ja ympäristöhaittoja.

Haja-asutusalueilla sakokaivojen tyhjentämisen hoitavat maatilat tai jätehuoltoyritykset. Nykyisin sakokaivolietteet kuljetetaan ensisijaisesti jätevedenpuhdistamoille. Jätevedenpuhdistamoiden prosessoiman lietteen hyötykäytön tavoite on 90 %. Tilastollisesti tämä tavoite on saavutettu, kun hyödynnettäväksi lasketaan myös kompostoitu liete riippumatta siitä mikä on kompostituotteen lopullinen sijoitus- ja hyödyntämistapa. Kompostoidusta lietteestä suurin osa varastoidaan kysynnän vähyyden vuoksi. Osa puhdistamolietteistä päätyy loppusijoitukseen kaatopaikoille, jossa puhdistamolietteen sisältämät ravinteet käsitelystä jäävät kokonaan hyödyntämättä ja samalla liete aiheuttaa hajuhaittoja ja suotovesiongelmia.

Sakokaivolietteiden kuljettaminen jätevedenpuhdistamoille aiheuttaa kustannuksia, mikä on yksi syy maatalon vastahakoisuuteen kuljettaa kerätyt sakokaivolietteet puhdistukseen. Sakokaivolietteiden käsitteleminen tiloilla on taloudellisempi vaihtoehto kuin kuljettaa syntyneet lietteet jäteveden puhdistamoille. Lisäksi syntypaikka käsittely vä-

hentää lietteiden kuljettamisesta aiheutuvaa ympäristökuormitusta. Sakokaivolietteen kuljetusta jätevedenpuhdistamoille rajoittavat myös pitkät kuljetusmatkat ja jätevedenpuhdistamoiden väheneminen.

Diplomityö tehdään ProAgria Pohjois-Karjalan hallinnoimalle ”Maaseudun jätehuolto Pohjois-Karjalassa” –hankkeelle, jota rahoittaa Euroopan aluekehitysrahasto, Suomen valtio ja Pohjois-Karjalan kunnat. Diplomityön tekemiseen osallistui myös Nordkalk Oyj Abp, Elintarviketurvallisuusvirasto ja maa- ja metsätalousministeriö. Diplomityöhön kuului käytännön kokeita, jotka suoritettiin Pohjois-Karjalan alueella. Käytännön kokeilla pyrittiin osoittamaan menetelmän toimivuus. Jotta valtioneuvoston mukaiset tavoitteet on mahdollista saavuttaa, tarvitaan haja-asutusalueiden sakokaivolietteiden käsittelyyn tehokas ja edullinen menetelmä. Diplomityön tarkoituksena on kehittää tekniikaltaan yksinkertainen tapa kalkkistabilointiin, joka mahdollistaisi sakokaivolietteiden hygienisoinnin maataloissa olemassa olevaa kalustoa hyödyntäen.

2. LIETTEEN KÄSITTELY

Suomessa viemäriverkoston kuulumattomia talouksia on harvan asutuksen takia enemmän kuin muualla Euroopassa. Suomessa on 350 000 viemäriverkoston liittämättömyttä jätevesienkäsittelyjärjestelmää, joista 250 000 kiinteistöllä on vesivessa. Lisäksi viemäriverkoston ulkopuolella on 450 000 vapaa-ajan kiinteistöä, joista 50 000:ssa on vesivessa. (Hyry 2007). Viemäriverkkojen ulkopuolelta tulevien jätevesien aiheuttama fosforikuormitus oli vuonna 2001 noin 1,5-kertainen, verrattuna viemärilaitosten piiriin kuuluvien asukkaiden jätevesien kokonaisfosforikuormitukseen. (Teiska & Heiskanen 2003, 7–8)

Haja-asutusalueen jätevesiasetuksen mukaan talousjätevesistä ympäristöön johtuvaa kuormitusta on vähennettävä vuoden 2014 alkuun mennessä. Ympäristökuormitusta on vähennettävä orgaanisen aineen osalta (BHK₇) vähintään 90 %, kokonaisfosforin osalta vähintään 85 % ja kokonaistypen osalta 40 % verrattuna käsittelemättömään lietteeseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että uusia jätevedenkäsittelyjärjestelmiä on rakennettava ja korjattava vastaamaan uusia vaatimuksia. Yksityistaloudessa käytettävästä jätevesijärjestelmästä on oltava viranomaisille selvitys, josta selviää jätevesistä ympäristöön aiheutuva kuormitus. (VNa 542/2003)

Haja-asutusalueiden jätevesiasetus koskee jätevedenpuhdistusjärjestelmästä poistuvan puhdistetun veden ravinteita ja ominaisuuksia. Jätevesijärjestelmät ovat monivaiheisia, usein sisältäen saostus- eli sakokaivoja, joiden ensimmäisiin säiliöihin jää suurin osa jäteveden sisältämistä kiintoaineista. Sakokaivoliete sisältää ravinteita, joiden yksi hyötykäyttömahdollisuus on maataloudessa. Perinteisesti sakokaivoliete on ajettu käsittelemättömänä lannoitteeksi pelolle. Vuonna 2003 voimaan tulleen haja-asutusalueidenjätevesiasetuksen mukaan: ”Jätevesijärjestelmän liete ja umpikaivojen jäte on kuljetettava ja käsiteltävä siten kuin siitä säädetään jätelaissa (1072/1993) tai sen nojalla”. (VNa 542/2003). Jätelain nojalla valtioneuvosto on päättänyt, että liete on hygienisoitava ennen sen hyötykäyttöä maataloudessa (VNp 282/1994).

Tarkasteltaessa mahdollisia taudinaiheuttajia sakokaivoliete on verrattavissa puhdistamolietteeseen (MMMELO 2951/835/2005, 2). Sakokaivolietteet tulee toimittaa jäteveden puhdistamoille käsittelyä varten tai käsiteltävä tilalla käyttäen mädätystä, kompostointia, termistä kuivausta, kemicond-menetelmää tai kalkkistabilointia (MMMELO 2951/835/2005, 2 sekä Vihersaari 2002, 45). Menetelmät inaktivoivat taudinaiheuttajia korkealla lämpötilalla, alhaisella kosteuspitoisuudella sekä hyvin matalaa tai korkeaa pH:ta käyttäen. (Carrinton 2001, 24 sekä Rantanen et al. 2006, 48).

Lietteen käsittelyn tavoitteena on keskeyttää tai saattaa loppuun lietteen hajoamisprosessi. Samalla suurin osa lietteen sisältämistä mikrobeista tuhoutuu, lietteen hygieninen laatu paranee ja hajuhaitat vähenevät. Käsittelyllä pyritään yleensä pienentämään lietteen tilavuutta. (Latostenmaa 1976, 16–17; MMMELO 2951/835/2005, 1; Vihersaari 2002, 45). Tavoitteet voi saavuttaa yhdellä tai useammalla käsittelymenetelmällä. Useampia käsittelymenetelmiä käytetään silloin kun yksi menetelmä ei riitä saavuttamaan vaadittuja tavoitteita. (Carrinton 2001, 17 sekä MMMELO 2951/835/2005, 3)

2.1 Mädätys

Anaerobinen mädätys on biologinen prosessi lietteen stabilointiin. Mädätyksessä mikrobit hajottavat lietettä hapettomissa olosuhteissa muodostaen metaania ja hiilidioksidia. (Hammer & Hammer 2004, 424; Latostenmaa 1976, 17; Pipatti et al. 1995, 47). Mädätysprosessissa on kolme erivaihetta: hydrolyysi, hapon muodostus ja metaanin muodostus. Hydrolyysissä entsyymit muuttavat kiinteää jätettä liukoiseen muotoon. Hapon muodostuksessa haponmuodostajabakteerit muuttavat liukoisia yhdisteitä yksinkertaisempaan muotoon. Kolmannessa vaiheessa metaaninmuodostajabakteerit tuottavat aseatista ja vedystä metaania ja hiilidioksidia. Syntyvää metaanikaasua voidaan käyttää mädätysprosessin lämmittämiseen. (Hammer & Hammer 2004, 424 sekä Tchobanoglo-
us et al. 2003, 1505–1506)

1900- luvun alussa alkaen mädätys on ollut suosittu menetelmä lietteen stabiloimiseen. Anaerobisen prosessin hyödyt ovat siinä että, jätevesiliete voidaan stabiloida vaarattomaksi, kuivausominaisuuden paranevat, haju vähenee ja biokaasua voidaan käyttää

energian tuotantoon. Määtys on kuitenkin herkkä häiriöille. (Teiska & Heiskanen 2003, 39)

Liete voidaan mädättää joko termofiilisessä tai mesofiilisessä prosessissa. Molemmissa prosesseissa toimii omat bakteeriryhmät (MMMELO 2951/835/2005, 1,3 sekä Taavitsainen et al. 2002, 20). Termofiilinen mädätys poistaa taudinaiheuttajia tehokkaammin kuin mesofiilinen prosessi (Rantanen et al. 2006, 46 sekä Taavitsainen et al. 2002, 20). Termofiilisessä prosessissa lietteen lämpötilan tulee olla yli 55 °C vähintään neljän tunnin ajan (CEN/TC 308 2006, 11 sekä MMMELO 2951/835/2005, 3).

Mesofiilinen mädätys ei yksinään ole riittävä käsittely. Mesofiilisessä prosessissa lämpötila on 33–35 °C, jonka jälkeen liete on vielä termisesti kuivattava tai kompostoitava. Liete voidaan myös käsitellä ennen mesofiilistä mädätystä pastöinti- tai hygienisointiyksikössä. Pastöintiyksikössä lietteen lämpötila on vähintään 70 °C puolen tunnin ajan. (MMMELO 2951/835/2005, 3)

Mädätystä käytetään useissa eri maissa varsinkin sian lietelannan käsittely vaihtoehtona. Esimerkiksi Tanskassa biokaasun käyttäminen lämpöenergiana on yleistä. (Kuitunen & Martikainen 1993, 13). Mädätys vaatii reaktorin ja kaasun varastointisäiliön. Sako-kaivoliete sisältää vähemmän kiintoainetta kuin esimerkiksi sianlanta. Vähäinen kiintoainepitoisuus aiheuttaa suuren käytettävän seosaineiden määrän. Seosaineiden käyttö lisää kustannuksia ja suurentaa mädätysreaktorin kokoa.

Suomessa toimi vuoden 2005 lopussa seitsemän maatilakokoluokan biokaasulaitosta lietelannan käsittelyyn ja valmistumassa oli kuusi uutta reaktoria eri paikkakunnille. (Kuittinen et al. 2006, 25). Lietelannan viipymäajat mesofiilisellä alueella ovat 10–36 päivää, riippuen käsiteltävästä lietteestä. Käsiteltävän biomassan C/N-suhde vaikuttaa metaanin tuotantoon. Optimi C/N-suhde on 25–30, kun orgaanisen hiilen määrästä on poistettu hajoamattoman ligniinin osuus. Käsittelyjen ongelmana ovat olleet muun muassa biokaasureaktorin lämmöneristys, lämmönvaihto ja lietteen sekoitus. (Taavitsainen et al. 2002, 20–21, 23–31)

2.2 Kompostointi

Jätevesien stabilointiin käytetään yleensä aerobista eli hapellista kompostointiprosessia. Kompostointi on biologinen prosessi, jossa mikrobit hajottavat eloperäistä kosteaa ainetta muodostaen samalla hiilidioksidia, vettä ja lämpöä. (Kuitunen & Martikainen 1993, 9 sekä Tchobanoglous et al. 2003, 1546–1547). Kompostoinnin tavoitteena on tuhota taudinaiheuttajat ja pienentää jätteen tilavuutta (Hammer & Hammer 2004, 437 sekä Kuitunen & Martikainen 1993, 9).

Kompostoinnissa on kolme vaihetta: lämpeneminen, lämpövaihe ja jäähtyminen. Kompostoinnin alussa on lyhytaikainen lämpeneminen eli mesofiilinen vaihe, jossa toimivat haponmuodostajabakteerit. Lämpenemisessä kompostin lämpötila nousee yli 40°C noin 24–48 tunnin ajaksi. Lämpövaiheessa lämpötila on keskimäärin 70°C ja kompostissa toimivat tällöin termofiiliset bakteerit. Lämpövaiheessa kasvipatogeenit ja siemenet tuhoutuvat. Jäähtymisessä kompostin mikrobiologinen aktiivisuus vähenee ja termofiilisten bakteerien tilalle tulee uudelleen mesofiilisiä bakteereita. (Tchobanoglous et al. 2003, 1547; Latostenmaa 1976, 22; Taavitsainen et al. 2002, 97). Kompostoinnin kolme vaihetta seuraa jälkikypsytyks. Kuumavaiheen jälkeen kompostia on jälkikypsyttävä vähintään kuusi kuukautta, mielellään kaksi vuotta. (MMMELO 2951/835/2005, 4)

Liete voidaan kompostoida esimerkiksi tunnelissa, rummussa, kompostointikentän aumoissa tai patjakompostointina. Lietteen kanssa kompostoidaan kuiva-ainepitoisuutta nostavia seosaineita. Karkeampi ja hiilipitoinen seosaine vaatii korkeampia lämpötiloja ja/tai pidemmän prosessin kestoajan kuin hienot ja vähän hiiltä sisältävät seosaineet. Kompostointiin tarvittava aika- ja lämpövaatimukset riippuvat siis käytetystä seosaineesta, kompostointimenetelmästä ja -prosessista. (CEN/TC 308 2006, 11 sekä MMMELO 2951/835/2005, 4). Seosaineena käytetään muun muassa kuivattua lantaa, sahanpurua ja puulastuja. Seosaineet helpottavat hapen kulkeutumista kompostin sisäosiin ja parantavat kompostin C/N-suhdetta. (Hammer & Hammer 2004, 437–438; Taavitsainen et al. 2002, 97; Vihersaari 2002, 46)

Yleisin lietteen kompostointimenetelmä on aumakompostointi, mutta esimerkiksi reaktorikompostointi on yleistymässä. Aumakompostoinnissa liete ja seosaine sekoitetaan

keskenään ja kompostoidaan 3–10 m leveissä ja 2–3 m korkeissa aumoissa. Lietteen ja seosaineen sekoitussuhde on noin 1:1,5. (Pipatti et al. 1995, 47)

Käytettäessä auma- tai patjakompostointia tulee kompostoitavan seoksen lämpötilan nousta ja pysyä 55 °C neljän tunnin ajan vähintään kolmen peräkkäisen käynnön aikana. Riittävän kompostoinnin varmistamiseksi käyntöjä voi olla useampiakin Reaktorissa ja ilmastetussa aumassa kunkin kompostierän lämpötilan on oltava yli 55°C neljän tunnin ajan ja pysyttävä yli 40°C viiden vuorokauden ajan (Carrinton 2001, 19 sekä MMMELO 2951/835/2005, 4). Tyypillinen kompostin C/N-suhde on 25–35. (Taavitsainen et al. 2002, 97)

Kompostoinnin käynnistyminen vaatii ravinnekoostumukseltaan tasapainoisen seosaineen sekä riittävän hapen saannin, lämpöeristyksen, kosteuden ja prosessikaasun poiston (Vihersaari 2002, 46). Kompostoinnin käyttöä sakokaivolietteiden käsittelyyn rajoittavat lietteen pitkät jälkikypsytyssajat, käännöt ja lämpötilan seuraaminen. Mikäli maatilat kompostoisivat sakokaivolietteen, liete olisi hyötykäytössä noin puolen vuoden kulluttua. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että sakokaivoliete käsiteltäisiin syksyllä, jolloin liete olisi hyödynnettävissä kevään kylvöissä. Talvella kompostin ympärille on rakennettava riittävä lämpöeristys, joka lisää kompostin kustannuksia. Kompostoitavissa lietteen lämpötilan kehitystä seurataan, jotta varmistutaan taudinaiheuttajien tuhoutumisesta. Kompostoitavaan lietteeseen sijoitettavat mittarit ja lietteen kääntämisen tarve lisäävät osaltaan kustannuksia. Kustannuksia lisää myös käytettävä seosaine.

2.3 Terminen kuivaus

Terminen kuivaus voidaan suorittaa suoralla tai epäsuoralla menetelmällä. Suorassa menetelmässä lämpö johdetaan suoraan lietteeseen ja epäsuorassa lämpö johtuu lietteeseen jonkin muun materiaalin välityksellä. (CEN/TC 308 2006, 13). Termisessä kuivauksessa liete kuumennetaan 80 °C vähintään 10 minuutin ajaksi ja samalla kosteuden on vähennyttävä alle 10 %:iin (Carrinton 2001, 18 sekä MMMELO 2951/835/2005, 3)

Termisen kuivauksen hygienisoiva teho perustuu kosteuspitoisuuden alentamiseen ja lämpökäsittelyyn. Lietteiden kuivaessa bakteerien lisääntyminen pysähtyy. Joidenkin tutkimusten mukaan liian nopealla kuivatuksella lietteiden sisältämät taudinaiheuttajat tottuvat lämpötilan vaihtumiseen ja taudinaiheuttajien tuhoutuminen ei ole varmaa. (Carrinton 2003, 14)

Terminen kuivaus on energiaa vaativa prosessi. Mikäli sakokaivolietettä käsitellään termisesti kuivaamalla, kuivaukseen on investoiva myös kuivauskaluston ja laitteiston käyttäminen on opeteltava.

2.4 Kemicond-menetelmä

Kemicond-menetelmä on Kemiran kehittämä lietteenkunnostus menetelmä. Kemicond-menetelmässä käsiteltävä liete hapotetaan ja hapetetaan. Hapotuksessa lietteeseen lisätään rikkihappoa. (Heinonen & Salminen 2004,2 sekä Kemira Oyj 2004, 2). Rikkihapolla lietteiden pH lasketaan neljään, jolloin metallisuolat ja hydroksidit liukenevat ja lietteiden vettäpidättävä geolimäinen rakenne hajoaa. Hapetuksessa lietteeseen lisätään vetyperoksidia. Hapettavassa ympäristössä hajoaa lietteiden geolimäinen rakenne edelleen ja siitä vapautuu vettä. (Kemira Oyj 2004, 2)

Kemicond-käsitelty liete voidaan kuivata ruuvipuristimella, lingolla, suotonauha- tai kammiopuristimella. Lietteen tilavuus pienentyy 25–50 % käsittelemättömään lietteeseen verrattuna. (Kemira Oyj 2004, 2). Kemicond-käsitelty liete on kuivauksen jälkeen vielä stabiloitava kompostoimalla. Kompostoinnille ei kuitenkaan aseteta vähimmäislämpötila vaatimuksia. Kompostia on kuitenkin käännettävä ja jatkettava kunnes tuote on riittävän kypsää ja täyttää lannoitevalmistelain laatuvaatimukset. (MMMELO 2951/835/2005, 4)

Kemicond-käsittelyssä käytetään rikkihappoa ja vetyperoksidia. Rikkihappo on erittäin vahva syövyttävä happo ja vetyperoksidi puolestaan voimakkaasti hapettava aine. Rikkihappo tuottaa veden liuutessaan lämpöä, se reagoi myös voimakkaasti veden ja useimpien metallien kanssa. Vetyperoksidi on myös voimakkaasti syövyttävä aine. Rik-

kihappo ja vetyperoksidi on säilytettävä erillään toisistaan eivätkä ne saa olla kosketuksissa elintarvikkeiden, syttyvän materiaalin tai rehun kanssa. (Hydrogen peroxide 2004 sekä Sulfuric acid 2006).

Kemikond-menetelmän huonona puolena on siihen käytettävien aineiden vaarallisuus ja aineiden vaatimat säilytystilat. Menetelmä on kallis ja se onkin käytössä vain jätevedenpuhdistamoissa. Vaatimusten mukaan kemikond-menetelmällä käsitelty liete on lisäksi vielä kompostoitava, mikä lisää lietteen käsittelyn kustannuksia (MMMELO 2951/835/2005, 4).

2.5 Kalkkistabilointi

Kalkkistabiloinnin teho perustuu siihen, että taudinaiheuttajat eivät pysty elämään tai lisääntymään korkeilla (>10) pH tasoilla (Carrinton 2001, 24). Kalkkistabilointi voidaan suorittaa käyttämällä poltettua tai sammutettua kalkkia. Sammutetun kalkin hygienisoiva vaikutus perustuu lietteen pH:n nostoon. Poltettu kalkki aiheuttaa pH:n nousun lisäksi lämpötilareaktion. Tärkeää stabiloinnin onnistumisen kannalta on lietteen ja kalkin tehokas sekoittaminen, jolla pyritään saamaan lietteen ja kalkin välinen kontaktipinta mahdollisimman suureksi. (CEN/TC 308 2006, 12 sekä Tchobanoglous et al. 2003, 1503)

Jätevedenpuhdistamoissa kalkkistabilointi voidaan suorittaa joko ennen tai jälkeen lietteen kuivausta. Ennen kuivatusta suoritettavassa kalkitsemisessä joudutaan käyttämään suurempia määriä kalkkia lietetonna kohti, koska tällöin on myös nostettava lietteen sisältämän veden pH. (Tchobanoglous et al. 2003, 1502). Lietteen stabiloiminen kalkilla on vähenemässä yhteiskuntien jätelietteiden käsittelyssä. (Ali-Vehmas et al. 2001, 9)

2.5.1 Poltettu kalkki

Maa- ja metsätalousministeriön ja Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen ohjeen mukaan puhdistamoliete on kalkkistabiloitu vaatimukset täyttävästi kun lietteen pH nousee vähintään 12:een ja lämpötila kohoaa samanaikaisesti vähintään 55°C:een kahden tunnin ajaksi (Carrinton 2001, 18 sekä MMMELO 2951/835/2005, 3). Lämpöreaktio saadaan

aikaan käyttämällä poltettua kalkkia (kalsiumoksidi, CaO). Liete ja poltettu kalkki sekoitetaan perusteellisesti, jolloin lietteen hygienisoituminen alkaa. (MMMELO 2951/835/2005, 3). Poltettu kalkki reagoi veden ja hiilidioksidin kanssa muodostaen kalsiumhydroksidia ja lämpöä. (Tchobanoglous et al. 2003, 1502)

Poltetulla kalkilla stabiloiminen on sakokaivolietteiden mahdollinen käsittelymenetelmä. Poltettu kalkki aiheuttaa lämpötilareaktion, jonka vuoksi sen sekoittaminen stabiloitavaan sakokaivolietteeeseen on toteutettava hallitusti. Poltettu kalkki reagoi kiivaasti sammutusaineiden, kuten veden kanssa, joten sen käyttö yksityisstabiloinnissa on työturvallisuuden kannalta vaikeampaa kuin sammutetun kalkin. Poltetulla kalkilla on myös vaarallisempia terveysvaikutuksia kuin sammutetulla. Esimerkiksi silmissä kalsiumoksidi reagoi kosteuden ja proteiinien kanssa siten, että silmää huuhtomalla muodostuu vaikeasti poistettavia kokkareita. (Käyttöturvallisuustiedote: poltettu kalkki 2004, 2)

2.5.2 Sammutettu kalkki

Sammutettua kalkkia eli kalsiumhydroksidia (Ca(OH)₂) käytetään käyttö- ja jäteveden puhdistusprosesseissa, metallurgisessa teollisuudessa ja rakennusaineteollisuudessa. Sammutettu kalkki tunnetaan myös nimellä rakennushienokalkki. Euroopan komission tekemän tutkimuksen mukaan sammutettu kalkki ei tuhoa kaikkia taudinaiheuttajia (Carrinton 2001, 19).

Sammutetulla kalkilla stabilointia voidaan suorittaa monella eri tavalla. Yksi tapa on nostaa lietteen pH yli 12:n, jolloin seuraavien 48 tunnin aikana pH:n nousu tuhoaa suurimman osan viruksista ja bakteereista toimintakyvyttömäksi (CEN/TC 308 2006, 12 sekä Tchobanoglous et al. 2003, 1503). Toinen vaihtoehto on nostaa lietteen pH yli 11 vähintään 14 vuorokauden ajaksi ja pitää samalla lämpötila yli 20°C. (Pipatti et al. 1995, 47)

Sammutettua kalkki käytetään myös liotelannan desinfiointiin tilalla todetun salmonella tartunnan jälkeen. Lietelantaan annostellaan kalkkia 30 kg/t_{lietelanta}, seuraten samalla lietteen pH:ta. Kalkkia ja liotelantaa sekoitetaan keskeytyksettä kuusi tuntia. Käsiteltyä

lietettä seisotetaan viikon ajan ja tarkistetaan, että lietteen pH pysyy yli 10. Toimenpiteiden jälkeen käsitelty lietelanta on levitettävissä pellolle. (Maa- ja metsätalousministeriö 1999)

Sammutetulla kalkilla stabilointi ei aiheuta lietteen lämpötilan nousua ja kalkin aiheuttamat terveysvaikutuksen ovat lievemmät kuin poltetulla kalkilla. Turvallisuutensa takia sammutettu kalkki on hyvä vaihtoehto lietteen hygienisoimiseen. Kalkkistabilointi ei myöskään vaadi maatiloilta suuria investointeja ja se olisi mahdollinen suorittaa olemassa olevilla laitteilla. Tämän diplomityön kenttäkokeissa nostettiin sakokaivolietteen pH yli 12:een ja tutkittiin lietteen hygienisyyden kehitystä ennen käsittelyä, kahden tunnin ja kahden vuorokauden kuluttua stabiloinnista.

2.6 Muita menetelmiä sakokaivolietteen käsittelyyn

Umpi- ja sakokaivojen desinfiointia peretikkahappoa käyttäen on tutkittu Kuopion yliopistossa. Kokeessa käytettiin peretikkahappoa 2 kg/m^3 . Sakokaivoissa koe onnistui hyvin, mutta kapeissa umpisäiliöissä happo aiheutti vaahtoamista. Peretikkahappo lisättiin umpikaivoon tai ensimmäiseen sakokaivoon ja sekoitettiin loka-auton pumpulla. Peretikkahapon huonona puolena on menetelmää käyttävien yrittäjien koulutusvaatimus. (Heinonen-Tanski 2002, 23–25). Peretikkahappo muuttuu hajotessaan vedeksi, hapeksi ja etikkahapoksi (Teiska & Heiskanen 2003, 37). Peretikkahapolla on vähän käytännön sovelluksia (CEN/TC 308 2006, 13).

Ultraviolettivalo tuhoaa bakteereita ja viruksia. 250–265 nm taajuinen ultravioletti valo muuttaa mikro-organismien DNA:ta. Muutoksen jälkeen mikro-organismit eivät pysty lisääntymään solutasolla. Hygienisoimisessa tarvittava UV-valo tehdään keinotekoisesti, sillä auringon 280–100 nm UV-valo imeytyy ilmakehään. (Hammer & Hammer 2004, 413). Ongelma UV-valon käyttämisessä sakokaivojen hygienisoimiseen on sakokaivolietteen sameus, jonka takia valo ei pääse tunkeutumaan lietteeseen tehokkaasti. (KTTK 2002, 31 sekä Tchobanoglous et al. 2003, 1298)

Bio-Clean-menetelmässä käytetään kiertävää kemiallisesti lietettä käsittelevää vaunua. Ideana Bio-Clean-menetelmässä on, että liete kuljetetaan vastaanottosäiliöön. Vastaanottosäiliössä olevaa lietettä käydään käsittelemässä pari kertaa vuodessa siirrettävällä Bio-Clean-yksiköllä. Käsittely toimii panostekniikalla, jossa märkälietteeseen sekoitetaan kemikaalia ja liete laskeutetaan. Laskeutunut liete sekoitetaan turpeeseen, jonka jälkeen liete voidaan kompostoida, polttaa tai levittää pellolle kalkittuna. Kirkaste johdetaan esimerkiksi turvesuodatusaltaaseen. (Teiska & Heiskanen 2003, 39). Tässä menetelmässä sakokaivolietteen sisältämät ravinteet eivät jää maatalan höytykäytettäväksi suoraan ja liete on lisäksi kuljetettava vastaanottosäiliöön.

Eräs vaihtoehto sakokaivolietteiden käsittelyyn olisi myös siirrettävä linkokuivan, jossa märkälietteeseen sekoitetaan turve ja polymeeri. Syntyneet kirkasteet ja lopputuotteet käsiteltäisiin samalla tavalla kuin Bio-Clean-menetelmässä käytettäessä. Linkokuivain menetelmä ei edellyttäisi välivarastointia. (Teiska & Heiskanen 2003, 39–40)

3. HAJA-ASUTUSALUEIDEN SAKOKAIVOLIETTEEN NYKYINEN KÄSITTELY JA KÄYTTÖ

Pohjoismaissa yleensä kunta vastaa sakokaivojen tyhjennyksen organisoimisesta, Suomessa sakokaivojen tyhjennyksestä vastaa kiinteistön haltija (Teiska & Heiskanen 2003, 35). Maaseudulla toimii urakoitsijoita, jotka keräävät ja kuljettavat sakokaivolietettä jäteveden puhdistamoille. Sakokaivolietettä kuljettavat myös jätealan-yritykset. Sakokaivolietteen ammattimaiseen kuljetukseen ja keräämiseen tarvitaan alueellisen ympäristökeskuksen päätös jätetiedostoon hyväksymisestä ja tarvittaessa ympäristölupa. Sakokaivolietettä kuljettavien urakoitsijoiden on pidettävä kirjaa lietteiden noutopaikoista, laadusta sekä käsittely- ja sijoituspaikoista. Kirjanpidosta on käytävä ilmi myös peltolevityspaikat, määrät ja ajankohdat. (Pohjois-Savon ympäristökeskus 2006, 1–2)

Jätevedenpuhdistamoilla sakokaivoliete menee muun jäteveden kanssa puhdistusprosessiin.. Puhdistusprosessissa muodostuva vesi johdetaan vesistöön ja kiintoaine kerätään erilliseen siiloon. Sakokaivolietteen jätevedenpuhdistamoille aiheuttama kuormitus eroaa normaalin jäteveden aiheuttamasta kuormituksesta. Normaaliin jäteveteen verrattuna sakokaivolietteiden väkevyys voivat olla jopa 30–50-kertainen. Väkevyytensä takia sakokaivolietteet aiheuttavat puhdistamoille prosessihäiriöitä, mikäli tasaus- ja esikäsittely ovat puutteellisesti järjestetty. Lisäksi ongelmana jätevedenpuhdistamoille ovat sakokaivojen tyhjennysajat ja lietemäärien aiheuttamat prosessihäiriöt. Tyhjennysajat sijoittuvat usein kevääseen ja syksyyn, jolloin virtaavat kunnallisissa jätevedenpuhdistamoissa ovat runsaita, johtuen viemäriverkoston vuoto- ja hulevesistä. (Teiska & Heiskanen 2003, 35)

Maatiloilla sakokaivolietettä haetaan ja kuljetetaan imupainevaunuilla. Imupainevaunuja on monen kokoisia, mutta tyypillisesti ne ovat 6–8 m³ luokkaa. Imupainevaunun koko rajoittaa sakokaivolietteen tuontia jätevedenpuhdistamoille. Imupainevaunun ollessa kokoa 6 m³, joudutaan 50 m³ lietesäiliön tyhjentämiseen ajamaan jätevedenpuhdistamoilla yhdeksän kertaa. Imupainevaunut soveltuvat hyvin naapureiden sakokaivolietteen keräämiseen. Usein sakokaivot sijaitsevat talouksien takapihalla, jonne on vaike-

ampi päästä isolla loka-autolla. Pienen imupainevaunun saa vietyä kätevästi esimerkiksi pellon kautta sakokaivolle.

Sako- ja umpikaivojen omistajat kokevat usein kaivojen tyhjennyksen kalliiksi. Loka-auto tilataan usein paikalle liian myöhään, jolloin liete on jo ehtinyt tukkeuttaa maapuhdistamon. (Teiska & Heiskanen 2003, 51). Naapurin imupainevaunu on usein nopeampi ratkaisu kutsua sakokaivon täytyessä paikalle, sillä etäisyys on huomattavasti lyhyempi.

Jätevedenpuhdistamot veloittavat kuljetetusta sakokaivolietteestä käsittelymaksun, joka vaihtelee kunnittain. Käsittelymaksu ja lietteen kuljettamisesta jätevedenpuhdistamoille aiheutuvat kustannuksen vältettäisiin, mikäli maatilat pystyisivät käsittelemään kerätyn sakokaivolietteen itse.

3.1 Haja-asutusalueiden jätevesien käsittelyjärjestelmät

Suomessa on noin 350 000 viemäriverkostoon liittämätöntä jätevesienkäsittelyjärjestelmää. Käsittelyjärjestelmiä ovat valtioneuvoston asetuksen mukaan saostussäiliöt, umpisäiliöt ja erilaiset maapuhdistamot (VNa 542/2003). Markkinoilla on myös biokemiallisia tehdasvalmisteisia pienpuhdistamoita (Nummelin 2006). Pientaloissa veden kulutus on yleensä 100–150 l/as/vrk. Pelkästään WC:n huuhteluun kulutetaan päivässä 40 l/as/vrk (Malki 1995, 6 sekä Malki et al. 1997, 5). Suurin osa yhdyskuntien kuluttamasta vedestä poistuu käytöstä jätevetenä (Malki et al. 1997, 38).

3.1.1 Saostuskaivot

Saostuskaivot eli sakokaivot ovat käytetyimpiä jäteveden käsittelyjärjestelmiä haja-asutusalueella. Sakokaivot rakennetaan betonista tai muovista ja ne ovat kaivo- tai säiliötyyppisiä. (Malki et al. 1997, 42 sekä Nummelin 2006). Aikanaan saostuskaivoa pidettiin riittävänä käsittelymenetelmänä haja-asutusalueiden jätevesille (Kujala-Räty 2004, 11). Saostussäiliöiden puhdistusteho ei kuitenkaan ole riittävä edes pelkkien harmaiden jätevesien puhdistukseen. Nykyisin saostussäiliö kelpaa vain esikäsittelyjärjestelmäksi, ennen varsinaista jätevesienkäsittelymenetelmää. Saostuskaivot ovat yleensä 2

tai 3 kammioisia ja niihin johdetaan sekä käymälä- että pesuvedet. (Malki et al. 1997, 42 sekä Nummelin 2006)

Sakokaivoja yhdistää lyhyet virtauskanavat, joiden avulla jäteveden virtaus pyritään pitämään hitaana. Eri osien välissä käytetään T-putkea ja lisäksi T-kappale viimeisen osan lähtöputkessa varmistaa, ettei pintalietettä joudu varsinaiseen jätevedenpuhdistusmenetelmään. Mitoitusarvona käytetään 600 l/as*d, sakokaivon tilavuuden tulee kuitenkin olla vähintään 2,5 m³. Moniosaisessakin säiliössä pääosa lietteestä varastoituu saostuskaivojärjestelmän ensimmäiseen osaan, joten sen tulisi olla vähintään puolet järjestelmän kokotilavuudesta. (Nummelin 2006)

Saostuskaivo on tyhjennettävä ennen kuin ensimmäisen sakokaivon pohjan lietekerros ulottuu toiseen sakokaivoon lähtevään T-putken alareunaan. Saostuskaivojen tyhjenyksellä vältetään maasuodattimen ja imeytyskentän tukkeutumisilta. (Nummelin 2006 sekä Pohjois-Savon ympäristökeskus 2006, 1). Sakokaivojen suositeltu tyhjennysväli on puoli vuotta. (Nummelin sekä Teiska & Heiskanen 2003, 35–36)

Kalkkistabilointi on tarkoitus tehdä sakokaivon ensimmäisessä kammiossa, johon on saostunut pääosa lietteestä. Kalkkistabilointi voidaan suorittaa myös muissa kammiossa. Stabiloinnin aikana on yhteys saostuskaivoja seuraavaa varsinaiseen jätevedenpuhdistusmenetelmään suljettava, jotta vältetään prosessihäiriöiltä ja tukkeutumisilta.

3.1.2 Umpisäiliöt

Umpisäiliöt eivät ole jätevedenkäsittelyjärjestelmiä vaan jätevesivesivarastoja. Umpisäiliöihin johdetaan yleensä vain käymälävedet, mutta ympäristön tai terveyden asettamien vaatimusten vuoksi niihin joudutaan usein keräämään kaikki taloudesta tulevat jätevedet. (Malki et al. 1997, 41, 44). Joissakin tapauksissa umpisäiliöt ovat ainoa ratkaisu jätevesien kokoamiseen, tällaisia tapauksia ovat pohjavesialueet, ranta-alueet sekä vaikeat tontit (esimerkiksi jyrkät rinnetontit). Umpisäiliöissä tyhjennysväli on huomattavasti sakokaivoja lyhyempi noin 2–4 kuukautta, riippuen umpisäiliön koosta ja talouden vedenkulutuksesta. (Nummelin sekä Teiska & Heiskanen 2003, 35–36). Umpisäiliöitä tehdään sementistä, lasikuidusta ja muovista. (Teiska & Heiskanen 2003, 36)

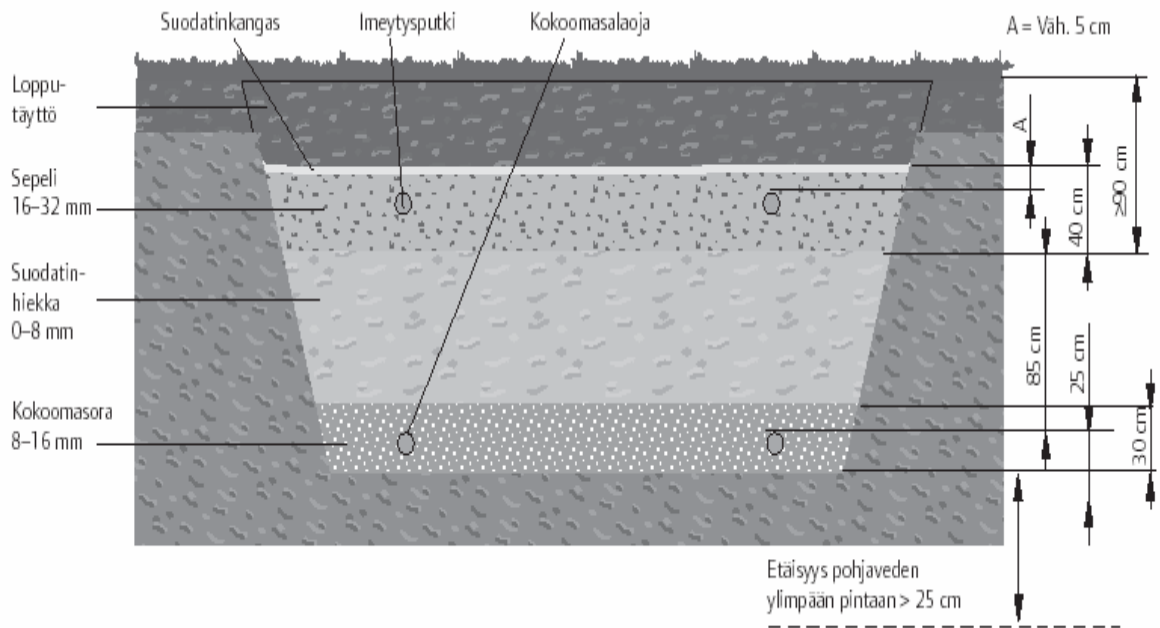
Ympärivuotisessa käytössä umpisäiliön tilavuuden tulisi olla 5 m³ tai 8 m³, jos siihen johdetaan kaikki jätevedet (Malki et al. 1997, 44 sekä Nummelin 2006). Umpisäiliön koko voi olla hyvinkin suuri, esimerkiksi maatilamatkailukohteilla on käytössä 20 m³ umpisäiliöitä. Kalkkistabilointi suoritetaan umpikaivoissa kokoajan lietettä sekoittaen. Umpikaivon muoto saattaa vaikeuttaa kalkin sekoittamista.

Haja-asutusalueilla voi olla myös kaksivesijärjestelmiä, jossa pesu- ja käymälävedet johdetaan erillisiin säiliöihin. Tällöin käymälävedet johdetaan umpisäiliöön jota tyhjenetään tarvittaessa. Kalkkistabilointi suoritetaan käymälävesiä sisältävässä umpisäiliössä.

3.1.3 Maapuhdistamot

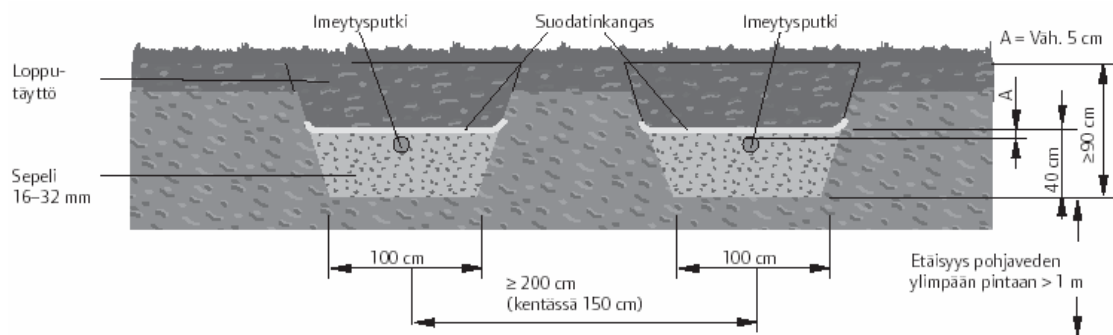
Maapuhdistamo voi olla sakokaivoja seuraava jätevedenpuhdistusjärjestelmä. Maapuhdistamot ovat helppohoitoisia ja oikein mitoitettuna varmatoimisia. Maapuhdistamot tarvitsevat sopivan maaperän ja ison tontin. Käyttökelpoisin malli on perinteinen maasuodattamo. Toinen yleinen vaihtoehto on maahanimeyttämö. Lisäksi on kehitetty monia erikoisratkaisuja, kuten matalaan perustettu maahanimeyttämö tai maasuodattamo, maakumpusuodatin/-imeyttämö sekä haihdutuskenttä Hyvin toimivalla ja säännöllisesti huolletulta järjestelmällä päästään 20–30 vuoden käyttöikään, minkä jälkeen laitoksen paikkaa ja/tai materiaaleja on syytä vaihtaa.. (Nummelin 2006)

Maasuodattamo eli maasuodatin on tilavuudeltaan rajallinen, maahan kaivettu tai osittain pengerrytetty maaperäkäsittelyyn perustuva puhdistamo. Jätevedet puhdistuvat painuessaan rakennetun suodatinhiekkakerroksen läpi, jonka jälkeen puhdistunut vesi kootaan ja johdetaan vesistöön, pieneen vesi uomaan tai päästetään vapaasti maahan. Maasuodattamon lopullisena purkupaikka toimii pääasiassa pintavesi. Maasuodattamon leikkauskuva on esitetty kuvassa 3.1.3.1. (Nummelin 2006)



Kuva 3.1.3.1 Maasuodattamon leikkauskuva. (Uponor-maapuhdistamo ja -umpisäiliöt 2006, 3)

Maahanimeyttämö eli maahan imeytys on maahan kaivettu, peitetty jäteveden käsittelymenetelmä. Imeytyksessä jätevesi puhdistuu suotautuessaan luonnollisten maakerrosten läpi ja kulkeutuu sitten lopulta hajautetusti pohjaveteen. Maahanimeyttämö ei Suomen oloissa ole suotava jäteveden käsittelyjärjestelmä, sillä lopullisena purkupaikkana toimii pohjavesi. Varsinais-Suomen agenda 21 tekemien suositusten mukaan maahan imeytystä ei saisi käyttää ollenkaan pohjavesialueilla tai talousvesikaivojen lähellä. Imeytysosastoa pidetään imeyttämön suositeltavimpana ratkaisuna, koska se voidaan mukauttaa helposti tontin vaatimuksiin ja maastomuotoihin. Imeytysosastojen leikkauskuva on esitelty kuvassa 3.1.3.2. (Nummelin 2006)

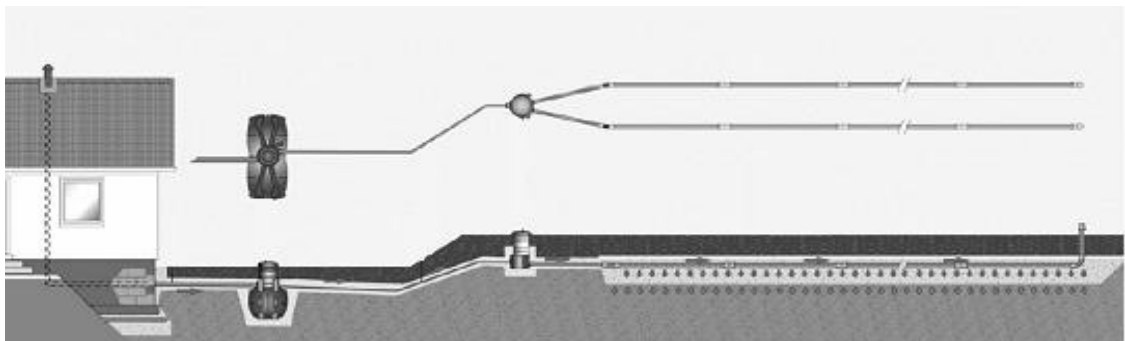


Kuva 3.1.3.2 Imeytysosastojen leikkauskuva. (Uponor-maapuhdistamo ja -umpisäiliöt 2006, 3)

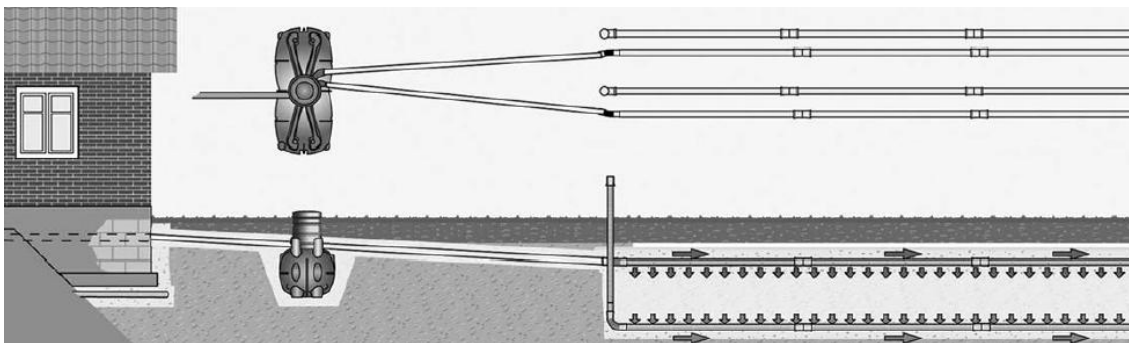
Maapuhdistamot muodostuvat kolmesta osasta: esikäsitteily-yksiköstä, jätevedenjohtamis- ja jakelulaitteesta sekä varsinaisesta maapuhdistamosta. Esikäsitteily-yksikkönä on oltava kolmiosainen saostussäiliö tai vastaavan tehoinen kiintoaineen poistaja, jottei imeytysputkiin pääse kertymään ojastoa tukkivaa lietettä. Esikäsitteily-yksikön jälkeen on jakokaivo, josta vesi jaetaan tasaisesti jakoputkia pitkin imeytysputkiin. Jakokaivo voidaan rakentaa myös saostuskaivon sisään. Vedenjako voidaan järjestää myös pumpaamalla, silloin kun imeytysalue on maaston muotojen takia korkeammalla kuin tulo- viemäri tai kun joudutaan käyttämään muita erikoisratkaisuja (matalaan perustettua maapuhdistamoa tai maakumpuimeyttämöä). (Nummelin 2006)

Maapuhdistamot ovat helppohoitoisia. Tärkein hoitotoimenpide on esikäsitteilynä toimivan saostussäiliön tyhjennys. Lisäksi on huolehdittava siitä että vedenjakoputkissa ei ole lietettä, jotta vedenjakautuminen imeytysputkiin on tehokasta. (Nummelin 2006). Kalkkistabilointi suoritetaan maapuhdistamoa edeltävässä saostuskaivossa, joten on tärkeää pystyä erottamaan maapuhdistamo ja saostuskaivo toisistaan.

Kalkkikäsitelty liete on hyvin emäksistä. Kalkkistabiloitu sakokaivoliete tuhoaa maapuhdistamossa toimivat mikrobit ja lietteen sisältämä kiintoaine taas tukkii maapuhdistamon putket. Käytännössä esikäsitteily-yksikön kalkkistabiloiminen onnistuu, kun jätevedenjohtamis- ja jakelulaitte kytketään pois päältä. Tämä onnistuu silloin, kun maapuhdistamon ja esikäsitteily-yksikön välillä on lietettä nostava pumppu, esitetty kuvassa 3.1.3.3. Maanvetovoimaa perustuvan maapuhdistamon jätevedenjohtamis- ja jakelulaitteet on vaikeampi kytkeä pois päältä, esitetty kuvassa 3.1.3.4.



Kuva 3.1.3.3 Pumpulla varustettu jätevedenpuhdistusjärjestelmä, jossa sakokaivon sisäänrakennettu jakokaivo ja maahan imeyttämö. (Uponor-maapuhdistamo ja -umpisäiliöt 2006, 8)

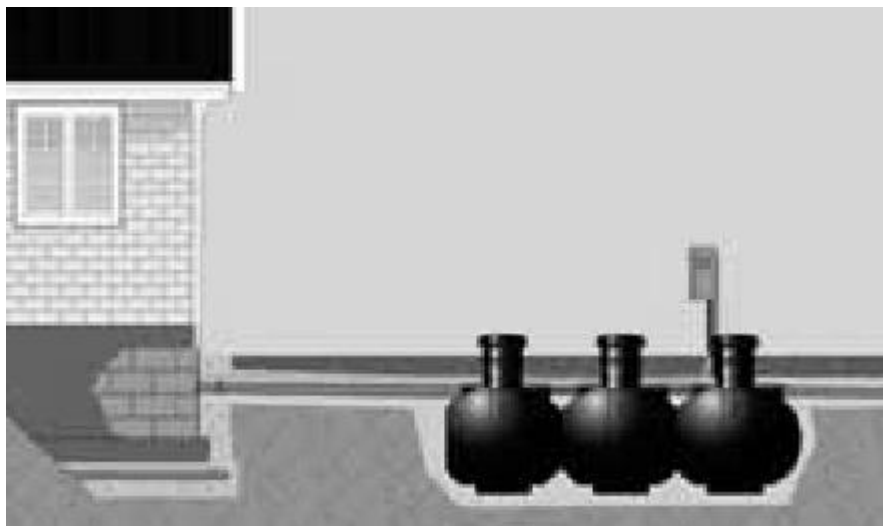


Kuva 3.1.3.4 Yksivesijärjestelmän 3-kammioinen saostussäiliö, jossa sisään rakennettu jakokaivo, ja maan vetovoimaan perustuva maapuhdistamo. (Uponor-maapuhdistamo ja -umpisäiliöt 2006, 4)

3.1.4 Pienpuhdistamot

Pien- eli laitepuhdistamot ovat tehdasvalmisteisia jäteveden käsittelylaitteita, joista käsitelty jätevesi johdetaan purkupaikkana toimivaan pintaveteen. Pienpuhdistamot sisältävät jäteveden esikäsittelyosan, varsinaisen puhdistusprosessiosan sekä mahdollisen erillisen fosforinpoistojärjestelmän. (Nummelin 2006). Tavallisesti käytetään niin sanottuja pakettipuhdistamoja, joita ovat kemialliset, biologiset sekä biokemialliset puhdistamot. Biologisilla prosesseilla poistetaan jäteveden sisältämää orgaanista ainesta. Kemiallisissa puhdistamoissa jäteveteen syötetään fosforin poistamiseksi erilaisia saostuskemikalleja, kuten rauta- ja alumiinisuoloja. Biokemiallinen puhdistamo on edellisten yhdistelmä. (Lyytinen 1993 15–17 sekä Nummelin 2006)

Uponor on kehittänyt haja-asutusalueiden jäteveden puhdistamiseen panospuhdistamotekniikkaa, aktiivilieteprosessin sekä fosforin kemiallisen saostamisen yhdistävän panospuhdistamon. Panospuhdistamoja on saatavana 7,10 ja 15 asukkaan jätevesien puhdistamiseen. Panospuhdistamossa on yhdistetty saostussäiliöt ja prosessikammio. Saostussäiliöiden tilavuus vaihtelee 2–6 m³ ja prosessikammion 1–2 m³. (Uponor – panospuhdistamot 7, 10 ja 15 –turvallinen valinta 2006, 5). Biologisen puhdistusprosessin suorittavat prosessikammion aktiivilietteessä elävät pieneliöt. Riittävästi happea saadessaan nämä pieneliöt muuttavat lietteen orgaanisen aineen vedeksi ja hiilidioksidiksi. Prosessikammiossa tapahtuu myös lietteen kemiallinen saostaminen, joka poistaa jätevedestä liuenneita fosforyhdisteitä. Kuvassa 3.1.4.1 on esitetty leikkauskuva Uponorin panospuhdistamo 7:stä. (Lyytinen 1993, 15 sekä Uponor – panospuhdistamot 7, 10 ja 15 –turvallinen valinta 2006, 5)



Kuva 3.1.4.1 Uponor panospuhdistamo 7, jossa kaksi ensimmäistä kaivoa on saostussäiliöitä ja viimeinen prosessikammio. (Uponor –panospuhdistamot 7, 10 ja 15 –turvallinen valinta 2006, 9)

Panospuhdistamon hyvänä puolena on sen pieni tilantarve, sillä erillisiä imeytyskenttiä ei enää tarvita (Uponor –panospuhdistamot 7, 10 ja 15 –turvallinen valinta 2006, 4–5). Ongelmana pienpuhdistamoissa puhdistamon tarvitsemat huoltotoimenpiteet esimerkiksi kemikaalin varastosäiliön täyttäminen (Kujala-Räty 2004, 11). Ennen prosessikammioita olevat sakokaivot on myös tyhjennettävä kaksi kertaa vuodessa. (Uponor –panospuhdistamot 7, 10 ja 15 –turvallinen valinta 2006, 4–5)

Kalkkistabilointi on mahdollista suorittaa panospuhdistamon sakokaivoissa, mikäli yhteys prosessikammioon saadaan katkaistua. Kalkkistabiloituliete on poistettava stabiloinnin jälkeen sakokaivoista ja täytettävä ne normaalista 2/3 kokonaistilavuudesta. Jäännöskalkkien vaikutuksesta biologiskemialliseen prosessisäiliöön ei tunneta.

3.2 Kustannusarvio sakokaivolietteen hausta/kuljetuksesta maataloilla

Sakokaivolietteen hausta ja kuljetuksesta jätevedenpuhdistamoille lasketaan karkea hinta-arvio, jotta sitä myöhemmin voidaan verrata kalkkistabiloinnin aiheuttamiin kustannuksiin. Esimerkkilaskun maatalan omistaja kerää sakokaivolietettä naapureiltaan. Lietesäiliössä on 50 m³ sakokaivolietettä. Lähin jätevedenpuhdistamo sijaitsee puolentoista tunnin ajomatkan päässä. Maatilalla on valmiiksi 6 m³ imupainevaunu ja traktori, joten niiden investointi kustannuksia ei oteta huomioon. Koska käytössä olevien traktoreiden

ominaisuudet vaihtelevat suuresti, on laskemiseen käytetty traktorin kulutuksien sijasta traktorityötunnin hintaa. Traktorityön hinta on 35,99 €/h (maatalouskonurakointihintoja vuonna 2004). Traktorityötuntiin kuuluu: urakoitsija, traktori ja traktorinkulut.

”Tietoa kuntien jätehuollosta 2005” –kyselyn mukaan sakokaivolietteen keskimääräinen käsittelymaksu oli 11,20 €/m³. Vaihteluväli jätevedenkäsittelymaksulla oli erittäin suuri aina 2,10–40,00 €/m³. Hinnat on ilmoitettu ilman arvonlisäveroa. Veroineen hinnat tilavuuteen perustuen on 13,70 €/m³ ja punnitukseen perustuva 93 €/t. Kyselyyn sakokaivolietteen hinnasta oli vastannut 69 kuntaa. (Paajanen & Mynttinen 2006, 5, 31–37)

Oletetaan että urakoitsija hakee lietettä vuodessa 25 kohteesta (2 m³/kotitalous). Yhdellä kerralla urakoitsija saa haettua lietettä kolmesta eripaikasta ja yksi hakukerta kestää keskimäärin kaksi tuntia. Sakokaivolietettä haetaan siis yhdeksän kertaa, mikäli joka kohteessa saadaan täydet 2 kuutiota lietettä. Sakokaivolietteet laitetaan välivarastointiin lietesäiliöön, josta liete myöhemmin kuljetetaan jätevedenpuhdistamolle. Matka jätevedenpuhdistamolle ja takaisin kestää yhteensä kolme tuntia. Taulukossa 3.2.1 on esitetty kustannuslaskenta ja laskentaan käytetyt yhtälöt.

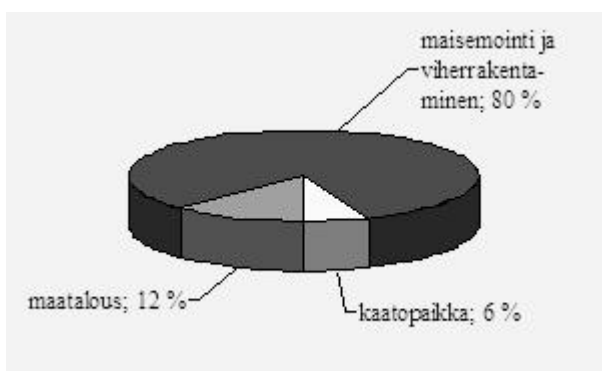
Taulukko 3.2.1 Kustannusarvio sakokaivolietteen hausta ja kuljetuksesta jätevedenpuhdistamoille.

Selite	Käytetty aika h	Käyntikerrat	Tuntihinta €/h	Hinta €
Sakokaivolietteen haku tiloilta	2	9	35,99	647,82
Sakokaivolietteen kuljetus puhdistamoille	3	9	35,99	971,73
	Lietettä m ³		Käsittelymaksu €/m ³	
Käsittelymaksut	50		13,70	685,00
Yhteensä:				2304,55

Keskimäärin 50 m³ sakokaivolietteiden kuljettaminen ja kerääminen jätevedenpuhdistamoille 6 m³ imupainevaunulla maksavat vuodessa noin 2 305 €, josta 72 % aiheutuu sakokaivolietteen kuljettamisesta jätevedenpuhdistamoille ja käsittelymaksusta.

3.3 Puhdistamolietteen hyötykäyttö

Mikäli sakokaivoliete kuljetetaan jäteveden puhdistamolle, siitä tulee puhdistusprosessin jälkeen puhdistamolietettä. Tavallisimmat puhdistamolietteen käyttötavat Euroopassa ovat viherrakentaminen ja maatalouskäyttö. Kaatopaikkasijoittaminen on Euroopassa vähäistä. Suomessa puhdistamolietteestä käytetään maataloudessa hyväksi 12 %, maisemointi ja viherrakentamisessa 80 % ja kaatopaikkasijoitukseen menee 6 %, kuten kuvassa 3.3.1 on esitetty. (Rantanen et al. 2006, 17)



Kuva 3.31 Puhdistamolietteen loppusijoitus vaihtoehdot vuonna 2005. (Rantanen et al. 2006, 17)

Puhdistamolietteen hyödyntämistavoite vuoteen 2005 mennessä oli 90 %. Tilastollisesti tämä tavoite on saavutettu, kun hyödynnettäväksi lasketaan myös kompostoitu liete riippumatta siitä mikä on kompostituotteen lopullinen sijoitus- ja hyödyntämistapa. Ylijäämälietteen sijoituskaatopaikoille on vähentymässä, samoin kuin lietteen maatalouskäyttö. Kompostoidusta lietteestä suurin osa varastoidaan kysynnän vähyys vuoksi. (Heiskanen 1996, 7 sekä Seppänen 2007)

Puhdistamolietteen hyötykäyttöä maataloille on tutkinut Varsinais-Suomen Agenda 21-ohjelma. Puhdistamoliete sisältää noin 50 % orgaanista ainesta, joka edistää maan vedenpidätyskykyä sekä parantaa viljelymaan rakennetta. Kalkkistabiloidun puhdistamolietteen hyötykäyttö maataloudessa nostaa maan pH-arvoa 0,5–1,5 yksikköä. Jätevedenpuhdistamoista saadun lietteen levityksen rajaavana tekijänä oli fosfori. Agenda 21 tutkimusraportin mukaan puhdistamoliete joudutaan kuitenkin sijoittamaan yhä useammin kaatopaikoille. Syynä ovat tiukkenevat lakisäädöksen sekä maatalouskäyttöä koskevien kustannusten ja vaatimusten nousu. (Vihersaari 2002, 43, 47, 53)

Puhdistamoliete voidaan polttaa jätteenpolttolaitoksissa. Polttaminen on kuitenkin taloudellisesti kannattavaa vain suurissa kaupungeissa, joissa liete määrät ovat suuria. Poltossa hyödynnetään lietteen energiasisältö, mutta ravinteet jäävät käyttämättä. (Vihersaari 2002, 53). Suomessa lietteen polttaminen on harvinaista. Poltto on yleisempää muualla Euroopassa. Esimerkiksi Ranska polttaa 17 % ja Hollanti 47 % puhdistamolietteistä. (Rantanen et al. 2006, 17). Lietteen poltto voi kuitenkin yleistyä, jos lietteen käyttäminen maataloudessa ja viherrakentamisessa vaikeutuu esimerkiksi lietteen sisältämien raskasmetallipitoisuuksien rajoitusten kautta. (Pipatti et al. 1995, 49)

Puhdistamoilla erotetusta kiintoaineesta pystytään tekemään yhdessä biojätteen kanssa biomakkaroita, joita käytetään öljyisten maiden käsittelyyn (Toivanen 2007). Biomakkarassa on biojätettä, puhdistettua lietettä, turvetta ja haketta. Makkaraa imetään mädättävät kaasut pois ja tilalle laitetaan ilmaa, joka käynnistää kompostointiprosessin. Kymmenen viikon kuluttua biomakkaroita voidaan käyttää öljyisenmaan puhdistamiseen. (Könönen 2004). Käytön jälkeen biomakkarat päätyvät lopulta kaatopaikan täytömaaksi (Toivanen 2007).

Yhä useammin puhdistamoliete sijoitetaan kaatopaikalle, koska kustannukset ja tiukkevat lakisäädökset estävät sen hyötykäytön maataloudessa. Kaatopaikoilla puhdistamoliete aiheuttaa hajuhaittoja ja suotovesiongelmiä. Suurina määrinä puhdistamoliete aiheuttaa kaatopaikoilla tiivistymistä, mikä taas vaikeuttaa jätteiden hajoamista. (Latostenmaa 1976, 79 sekä Vihersaari 2002, 53–54). Suotovesien mukana puhdistamolietettä huuhtoutuu vesistöön ja viemäriverkostoon. Viemäriverkosta huuhtoutunut liete joutuu takaisin puhdistamolle.

Käsittämällä sakokaivolietteet maataloilla ja hyödyntämällä ne maataloudessa välttäisiin lietteen kuljetuksilta sekä lietteessä olevat ravinteet saataisiin parempaan käyttöön. Sakokaivolietteiden syntypaikka käsittelyllä vähennetään osaltaan puhdistamolietteen sijoituksessa olevia ongelmia. Syntypaikallaan käsiteltynä sakokaivolietteet eivät aiheuttaisi suotovesi ongelmia, eivätkä kuormittaisi pieniä jätevedenpuhdistamoita.

4. SAKOKAIVOLIETTEEN HYÖTYKÄYTÖN EDELLYTYKSET

Haja-asutusalueiden jätevesiasetuksen mukaan: ”Jätevesijärjestelmän liete ja umpikaivojen jäte on kuljetettava ja käsiteltävä siten kuin siitä säädetään jätelaissa (1072/1993) tai sen nojalla” (VNa 542/2003). Jätelain nojalla valtioneuvosto on päättänyt, että liete on käsiteltävä ennen sen hyötykäyttöä maataloudessa. Käsittelyllä pyritään vähentämään taudinaiheuttajia ja hajuhaittoja sekä lietteen käytöstä aiheutuvia terveys- tai ympäristöhaittoja (VNp 282/1994). Kun maatilan pellolla käytetään myös muiden kuin oman talouden sakokaivolietettä, tulee käsitellyn lietteen täyttää hygieniavaatimusten lisäksi raskasmetallipitoisuuksien osalta asetetut vaatimukset.

Jätevedessä olevat taudinaiheuttajat voivat tarttua ihmiseen useaa erireittä pitkin suoralla tai epäsuoralla kontaktilla. Ihminen voi esimerkiksi syödä taudinaiheuttajilla saastunutta satoa tai saada tartunnan eläimestä. Kulkeutumista ihmisiin yritetään estää käsitelyprosesseilla, rajoittamalla tuotteita, joita kasvatetaan lietteillä sekä sallimalla laidunus ja sadonkorjuu vasta tietyn ajanjakson päätyttyä. (Rantanen et al. 2006, 45). Käsitellyn sakokaivolietteen enimmäislevitysmäärät määräytyvät valtioneuvoston nitraattiasetuksen, raskasmetallipitoisuuksien sekä typen ja fosforin sallituista lannoituksen pitoisuuksista.

4.1 Hygieniavaatimukset

Ulosteeissa elää opportunistisia taudinaiheuttajia, jotka saattavat esimerkiksi voimakkaasti lisääntyessään aiheuttaa sairauksia (Teiska & Heiskanen 2003,12). Opportunistisilla taudinaiheuttajilla on vähäinen tai lähes olematon taudinaiheuttamiskyky (Mäkelä et al. 1991, 14). Yleensä sakokaivoliete on peräisin yhdestä tai muutamasta taloudesta ja siinä olevien taudinaiheuttajien määrä on yleensä vähäinen, mutta jos perheen yksi jäsen sairastuu ulostelevitteiseen suolistotautiin voi lietteessä olevien taudinaiheuttajien määrä nousta erittäin korkeaksi. Suolisto infektiolle on hyvin tyypillistä, että yhden sairastuttua koko perhe sairastuu samaan infektiioon. (MMMELO 2951/835/2005, 2)

Jätevedestä löytyvät taudinaiheuttajat voidaan jakaa neljään eriryhmään: bakteerit, alkueläimet, loismadot ja virukset. (Tchobanoglous et al. 2003, 109). Sakokaivoliete on verrattavissa puhdistamolietteeeseen, kun tarkastellaan mahdollisia taudinaiheuttajia. Käsitlemättömässä puhdistamolietteessä on esimerkiksi potentiaalisia tautia aiheuttavia bakteereita kuten salmonellaa, *Listeriaa*, *Escheria colia* ja erilaisia viruksia kuten kalikki- ja astrovirusia sekä alkueläinten kestromuotoja (*giardioita* ja *kryptosprideja*). Tästä syystä käsitlemätöntä sakokaivolietettä tai puhdistamolietettä ei ole turvallista käyttää maataloudessa. Yhdyskuntalietteessä olevat taudinaiheuttajat riippuvat lietettä tuottavasta yhteisöstä ja heidän elintavoistaan. (MMMELO 2951/835/2005, 2 sekä Vuorinen 2003, 11). Ennen hyötykäyttöä maataloudessa sakokaivolietteen tulisi olla puhdasta salmonellasta ja *Escheria colin* määrän alle 1000 pmy/g. (MMM 13/2007 sekä MMMELO 2951/835/2005, 2)

Sakokaivolietteen kalkkistabilointi diplomityössä ei sakokaivolietteestä tutkittu kalikkiviruksia, listeria-bakteereita eikä *giardia-* tai *kryptospridi-*alkueläimiä. Kalikkivirukset on yleisin ripulien aiheuttajavirusten ryhmä, mutta sen pH:n sietoalue on 2.0–9.0. (Ali-Vehmas et al. 2001, 10–11). Kalkkistabiloinnissa sakokaivolietteen pH nostetaan yli 12:n, joten voidaan olettaa että kalikkiviruksia ei esiinny kalkkistabiloidussa sakokaivolietteessä.

Listeria (Listeria monocytogenes) on yleinen maaperässä ja jätevesissä esiintyvä bakteeri, mutta taudinaiheuttajana se on harvinainen. Vuonna 2006 Suomessa todettiin 46 *Listeria monocytogenes* tapausta (KTL tartuntatautirekisterin tietokanta 2006). *Listeria*-bakteeri aiheuttaa ihmisissä ja eläimissä tavattavaa listerioosia. Sairastuneilla on useimmiten vastustuskykyä heikentävä lääkitys tai sairaus. (Ali-Vehmas et al. 2001, 10–11 sekä tartuntatautiliitto ry 1992, 18). Terveille aikuisille ja lapsille listeria-bakteeri ei yleensä ole vaarallinen.

Giardia lamblia on suolistossa elävä alkueläin, jonka infektoiva muoto säilyy sopivissa olosuhteissa pari kuukautta. *Giardia* tarttuu ulosteen välityksellä ruuasta, juomasta tai suoraan kosketustartuntana. Usein tartunta saadaan ulkomailla ja se voi olla oireeton. (Mäkelä et al. 1991, 158–159). Esimerkiksi Virossa *giardia* on hyvin tavallinen ihmisen

suolistoparasiitti (Malki et al. 1997, 31 sekä Teiska & Heiskanen 2003, 12). Vuonna 2006 Suomessa todettiin 272 *giardia* tartuntaa (KTL tartuntatautirekisterin tietokanta 2006). *Kryptospridi*-alkueläin on suomalaisissa yhtä yleinen kuin *giardia* ja peruskunnoltaan terveillä sen aiheuttama tauti paranee itsestään. (Mäkelä et al. 1991, 158–159). Tartuntatautirekisterin mukaan Suomessa oli vuonna 2006 kuusi *Kryptospridi* tapausta (KTL tartuntatautirekisterin tietokanta 2006).

Jätevesilietteet sisältävät myös mykobakteereja, joista monella ovat vähäinen tai lähes olematon taudinaiheuttamiskyky. Mykobakteerit säilyvät hyvin lietteessä ja niiden käsittelyssä. (Latostenmaa 1976, 63 sekä Malki et al. 1997, 31). Ne voivat aiheuttaa heikkokuntoisille tuberkuloosia muistuttavan taudin. Mykobakteerit pystyvät lisääntymään luonnon vesissä ja maaperässä tautia aiheuttavana. Mykobakteerit ovat erittäin kestäviä (haponkestäviä) ja sietävät hyvin kuivuutta. (Ali-Vehmas et al. 2001, 11–12 sekä Vesihallitus 112 1976, 117). A-tyypin mykobakteerin aiheuttamia tauteja rekisteröitiin Suomessa 2006 vuonna 421 kappaletta (KTL tartuntatautirekisterin tietokanta 2006).

4.1.1 Esherichia coli

Esherichia coli (*E.coli*) on yleinen suoliston normaaliflooraan kuuluva bakteeri (Mäkelä & Mäkelä 1988, 76). *E.coli* on opportunistinen mikrobi eli sillä on vähäinen tai lähes olematon taudinaiheuttamiskyky (Mäkelä et al. 1991, 14). Jotkut *E.colin* kannat aiheuttavat runsaan vetisen ripulin, joka yleensä paranee itsestään. (Mäkelä & Mäkelä 1988, 76). *E.colit* voivat aiheuttaa ihmiselle verisen paksusuolitulehduksen, joka noin 10 prosentilla sairastuneista johtaa vakaviin jälkitauteihin. Jo kymmenen *E.coli*-solua voi aiheuttaa infektion. (Ali-Vehmas et al. 2001, 11).

4.1.2 Enterokokit

Enterokokit kuuluvat ihmisen normaaliin suolen toimintaan, minkä takia niiden taudinaiheuttamiskyky terveelle ihmiselle on pieni (Ali-Vehmas et al. 2001, 10). Enterokokit ovat *E.colin* tapaan opportunistisia mikrobeja (Mäkelä et al. 1991, 14). Enterokokit aiheuttavat pääasiassa virtsatieinfektioita ja vaikeasti sairailta ihmisillä yleisinfektioita (Hänninen & Huovinen 1994, 17). Enterokokkeja käytetään indikoimaan ulosteperäistä

saastunutta vesihygieniassa. Kun kompostoinnissa enterokokkien määrä jää alle 5000 pmy/g, pidetään sitä yhtenä käyttökelpoisena hygienisyyden kriteerinä. (Ali-Vehmas et al. 2001, 10–11)

4.1.3 Salmonella-bakteerit

Salmonella on tavallista suolistobakteeria muistuttava bakteeri. Salmonella tulehdus aiheuttaa salmonelloosin, jota esiintyy niin eläimissä kuin ihmisissä. (Maa- ja metsätalousministeriö 1999 sekä Mäkelä & Mäkelä 1988, 76). Salmonella lajeja on parituhatta, joista toistasataa voi aiheuttaa ripulia. Henkeä uhkaavan yleisinfektion aiheuttaa salmonella *typhi*, jonka aiheuttamaa tautia kutsutaan myös lavantaudiksi. (Hänninen & Huovinen 1994, 22–23). Salmonella aiheuttamat taudit luokitellaan yleisvaarallisiksi taudiksi (Mäkelä et al. 1991, 111). Vuonna 2006 oli todettuja salmonella tapauksia Suomessa 2576 kappaletta (KTL tartuntatautirekisterin tietokanta 2006). Salmonella tartunnoista yli kahdessa kolmasosassa tartunta on saatu ulkomailta. (Ali-Vehmas et al. 2001, 11 sekä Tartuntatautiliitto 1992, 31). Salmonella infektiot todetaan uloste- ja eläinjalostusnäyteläytöksillä (Hänninen & Huovinen 1994, 22–23).

Ihminen voi saada tartunnan muun muassa ulosteella saastuneen ruuan välityksellä. Muita tartunta lähteitä ovat eläimet, jotka levittävät salmonellabakteereita ulosteessaan. Ensimmäiset oireet, esimerkiksi kuume ja ripuli, ilmenevät 12 tunnin tai kolmen vuorokauden kuluessa altistumisesta. Osalla ihmisistä tartunta ei aiheuta oireita tai ne ovat hyvin lieviä. Tartunnan saanut voi erittää salmonella-bakteereita ulosteessaan useita kuukausia ilman oireita. (Maa- ja metsätalousministeriö 1999; Mäkelä & Mäkelä 1988, 76–77; Tartuntatautiliitto 1992, 30)

Salmonellabakteeri muuntuu herkästi vastustuskykyiseksi mikrobilääkkeille, joten eläinten hoidossa niiden käyttö on vähäistä. Salmonella säilyy hyvin tartunta lähteen ulkopuolella. Lantakasassa salmonella säilyy jopa kolme vuotta ja lietelannassa vuoden ajan. (Maa- ja metsätalousministeriö 1999). Maahan mullattaessa leviämiskaava kuitenkin pienenee. Salmonellabakteerin voi tuhota esimerkiksi lämpökäsittelyllä (yli 60°C). (Latostenmaa 1976, 1976). Salmonella tuhoutuu myös pH:n noustessa nopeasti yli 10

tai laskiessa alle 4. Alhainen lämpötila ei tuhoa bakteeria. Esimerkiksi pakkasessa se säilyy hyvin, mutta sen lisääntyminen estyy. (Maa- ja metsätalousministeriö 1999).

4.1.4 Ascarias-loinen

Kehitysmaissa ascaria-loinen on yleinen lapsissa ja esimerkiksi Etiopiassa se on hyvin yleinen myös aikuisissa (Feij et al. 1979, 1545). *Ascaris lumbricoides* eli suolinkainen on 20–30cm pitkä sukkulamatoihin kuuluva loismato, jota esiintyy myös Suomessa. Tartunta saadaan nielemällä maaperässä hautuneita munia, joiden sisällä oleva toukka vapautuu pohjukkaissuolessa. (Mäkelä et al. 1991, 162). Suolistosta verenkierron kautta keuhkoihin levitessään se voi aiheuttaa keuhko- tai maksatulehduksen. Suolinkainen todetaan etsimällä potilaan ulosteesta munia. (Hänninen & Huovinen 1994, 35)

Ascarias-loisen hävittäminen jätevesilietteestä on vaikeaa, koska loinen leviää munien avulla. Loisten munat ovat biologisesti katsoen niin sanottuja kestäviä ja ne kestävät hyvin ulkonaisten olosuhteiden vaihtelua, kuten lietteen käsittelyä. Jäteveden sisältämiä loismunia ei voida hävittää luotettavasti lietteen käsittelymenetelmillä. (Latos-tenmaa 1976, 33, 63 sekä Luoma 1990, 22). Elinkykyisistä ascarias-munista voidaan hävittää 99,9 % käsittelemällä lietettä 50°C kuusi tuntia, 55°C 75–120 min tai 60°C viisi minuuttia (CEN/TC 308 2006, 12). Tartuntavaara on suuri levitettäessä lietettä esimerkiksi vihannes- tai laidunmaalle. Tartuntavaaran takia puhdistamo- tai sakokaivolietettä ei saa käyttää suoraan ihmisten ruuaksi tai eläinten rehuksi käytettäviin kasveihin.

4.2 Raskasmetallipitoisuuksien raja-arvot

Raskasmetalleja esiintyy kaikkialla. Eräät raskasmetallit ovat vaarallisia ympäristömyrkkyyä jo hyvin pieninä pitoisuuksina. Raskasmetallien pitoisuudet luonnossa ovat alhaisia, mutta ne voivat nousta ihmisen toiminnan seurauksena. Huomattavia raskasmetallipitoisuuksia ilmaan tuottavat: teollisuus, energian tuotanto, liikenne ja jätteiden poltto. Ilmasta raskasmetallit laskeutuvat maahan ja kasveihin sekä saastuttavat maaperää. Ihmiset saavat suurimman osan haitallisista raskasmetalleista ravinnosta. (Latos-tenmaa 1976, 28 sekä Salo 1998, 52–53)

Alkuaineista raskasmetalleja on yli 70, joista osa on ihmiselle haitallisia ja osa välttämättömiä hivenaineita. Esimerkiksi kadmium ja lyijy ovat elimistöön kertyviä myrkkyjä. Pitkäaikaisaltistuksessa kadmium aiheuttaa hengityselinvaurioita, munuaisten toimintahäiriöitä, luitten haurastumista ja anemiaa, kun taas lyijy vaikuttaa aivoihin ja keskushermostoon, erityisesti pienillä lapsilla ja sikiöillä. (Eurola et al. 1996, 1–2). Suurin osa elimistöön tulleista kadmiumista ja lyijystä on peräisin kasvikunnan tuotteista esimerkiksi viljavalmisteista ja vihanneksista (Salo 1998, 53).

Sinkki, kupari ja Mangaani ovat ihmiselle välttämättömiä hivenalkuaineita. Pitkäaikaisissa altistuksissa ylisuurina annoksina nämä hivenaineet aiheuttavat kuitenkin myrkytysvaikutuksia. (Eurola et al. 1996, 2 sekä Luoma 1990, 17). Taulukossa 4.2.1 on esitetty maanviljelyksessä käytettävän lietteen suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet ja taulukossa 4.2.2 on esitetty viljelymaan suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet.

Taulukko 4.2.1 Maanviljelyssä käytettävän lietteen suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet. (MMM 12/2007; Neuvoston direktiivi 86/278/ETY; VNp 282/1994)

	Suurin sallittu pitoisuus * [mg/kg kuiva-ainetta]	Suurin sallittu pitoisuus ** [mg/kg kuiva-ainetta]	Suurin sallittu vuotuinen raskasmetallikuormitus ** [g/ha]
Arseeni	-	25	-
Kadmium	20-40	1,5	1,5
Kupari	1000-1750	600***	600***
Nikkeli	300-400	100	100
Lyijy	750-1200	100	100
Sinkki	2500-4000	1500***	1500***
Elohopea	16-25	1,0	1,0
Kromi	-	300	300
*) EU:n asettamat raja-arvot **) Suomen lainsäädännön raja-arvot ***) Kasvinravinteeksi katsottavien kuparin ja sinkin kuormitukset saavat olla enintään kaksinkertaiset, silloin kun näistä ravinteista on puutetta, siinä maaperässä johon liete levitetään.			

Taulukko 4.2.2 Viljelymaata koskevat raskasmetallipitoisuuksien raja-arvot.
(Neuvoston direktiivi 86/278/ETY sekä VNp 282/1994)

	Suurin sallittu pitoisuus * [mg/kg kuiva-ainetta]	Suurin sallittu pitoisuus ** [mg/kg kuiva-ainetta]
Kadmium	1-3	0,5
Kupari	50-140	100
Nikkeli	30-75	60
Lyijy	50-300	60
Sinkki	150-300	150
Elohopea	1-1,5	0,2
Kromi	-	200
*) EU:n asettamat raja-arvot		
**) Suomen lain asettamat raja-arvot		

Kadmiumia pidetään haitallisimpana raskasmetallina ja vuonna 1998 sen pitoisuudet olivat Suomessa alhaisia verrattuna muihin Euroopan maihin. Happamassa viljelymaassa kadmium siirtyy helpoimmin kasviin. (Luoma 1990, 18 sekä Uusitalo & Salo 2002, 41). Viljelymaiden pääasiallinen kadmiumin lähde ovat fosforipitoiset lannoitteet. Myös karjanlannan merkitys kadmiumin lähteenä on huomattava, jos kotieläintiheys on suuri tai karjan rehuna on käytetty kadmiumia epäpuhtautena sisältäviä rehufosfaatteja. (Luoma 1990,18 sekä Salo 1998, 52)

Raskasmetallien kertyminen maahan aiheuttaa vaaraa maan puhtaudelle ja pieneliöstölle. Jo melko alhaiset raskasmetallipitoisuudet pienentävät maassa olevien mikrobien biomassaa ja lajimäärää. Mikrobien heikentyminen haittaa eloperäisen aineksen hajottamista ja typen vapautumista maassa. Metallien kertyminen vähentää myös maassa eläviä selkärangattomia, kuten kastematoja. (Salo 1998, 53)

4.3 Levitysmäärät

Typpi on yleensä sadon määrää rajoittava tekijä. Typen saannin parannutta kasvin proteiinipitoisuus kasvaa. Liiallinen typen saanti aiheuttaa kasviin liukoisentypen kertymisen, erityisesti nitraatin, joka on erityisen haitallinen. Ylimääräisen typen saanti aiheuttaa myös rehevän kasvuston, joka on altis sienitaudeille ja lakoutumiselle. Toinen tärkeä ravinne kasveille on fosfori, joka on keskeinen ravinne kasvien aineenvaihdunnassa. Fosfori vaikuttaa sadon määrään ja laatuun voimakkaasti. Fosforin puute näkyy kasvien

ulkonäössä, ne jäävät pieneksi. Fosforin puutteesta kärsivät kasvit myös versovat heikosti ja lehtien väri jää likaiseksi. (Heinonen et al. 1992, 222–223, 225–226).

Käsitellyn sakokaivolietteen enimmäislevitysmäärät pellolle lasketaan lietteen sisältämän ravinnemäärän ja raskasmetallipitoisuuksien perusteella, samalla tavalla kuin puhdistamolietteen levitysmäärät. Keväällä 2007 astui voimaan uusi ympäristötukiasetus, joka pienentää sallittuja pelolle levitettäviä ravinnemääriä. Maa- ja metsätalousministeriön mukaan voidaan peltojen lannoitukseen käyttää typpeä vuosittain enintään taulukon 4.3.1 mukaiset määrät. Lannan ja muiden orgaanisten lannoitteiden ravinteista otetaan huomioon liukoinen typpi kokonaan. Taulukossa 4.3.1 viljeltävän kasvin jälkeen suluisa oleva luku osoittaa kasvin satotason. (MMM 503/2007)

Taulukko 4.3.1 Käsitellyn sakokaivolietteen enimmäislevitysmäärät typen suhteen (MMM 503/2007).

	Etelä-Suomi			Pohjois-Suomi		
	Savi- ja hiesu- maat	Karkeat kiven- näis- maat	Eloperäiset maat	Savi- ja hiesu- maat	Karkeat kiven- näis- maat	Eloperäiset maat
VILJAT (kg_N/ha/a)						
Ohra ja kaura (4000 kg)	100	90	60	90	80	60
Kevätvehnä (4000kg)	120	110	70	100	90	70
Ohra/kaura/vehnä seosvilja (4000 kg)	100	90	60	90	80	60
Syysruis syksyllä	30	30	20	30	30	20
Syysruis keväällä (3000 kg)	100	90	40	60	60	40
Kevät ruis (3000 kg)	90	80	50			
Syysvehnä, ruisvehnä ja spelttivehnä syksyllä	30	30	20	30	30	20
Syysvehnä, ruisvehnä ja spelttivehnä keväällä (4000 kg)	120	110	50	100	90	50
Muut viljat ja niiden seokset (4000 kg)	90	80	50	80	70	50
ÖLJY- JA TEOLLISUUSKASVIT (kg_N/ha/a)						
Syysrypsi ja syysrapsi syksyllä	30	30	20	30	30	20
Kevät rypsi, kevättrapsi, syysrypsi, syysrapsi ja ruistankio keväällä (1750 kg)	110	100	60	100	90	60
Pellavat, öljyhamppu	90	80	50	70	70	50
RUOKOHELPPI ENERGIAKÄYTTÖÖN (kg_N/ha/a)						
perustamisvuonna, kevät levitys	60	60	40	60	50	40
Satovuosina	90	80	60	80	80	60
MUKULA- JA JUURIKASVIT (kg_N/ha/a)						
Sokerijuurikas, kevät levitys	140	140	120			
NURMEN PERUSTAMINEN (kg_N/ha/a)						
Keväällä:						
Perustaminen suojakasvin kanssa, kasvilaji-kohtainen levitysmäärä						
Perustaminen ilman suojakasvia keväällä	80	80	70	80	80	70
Perustaminen ilman suojakasvia 2.levitys	30	30	30	30	30	30
Kesällä:						
Perustamisvaiheessa	60	60	50	60	60	40
Syksyllä:						
Syyslevitys 1.9 mennessä	30	30	30	30	30	30

Taulukon 4.3.1 typen enimmäislevitysmäärät on laskettavissa sakokaivolietteen liukoisen typen määrästä. Kokonaistypen suurin sallittu levitysmäärä on 170 kg_N/ha/a (VNa 931/2000). Viljelijä voi käyttää korkeampaa tyypilannoitusta, mikäli lohkolta on jonain viidestä aikaisempana vuonna saatu suurempi satotaso. Lisätyypeä ei saa kuitenkaan antaa syyskylvöisille kasveille kylvövuoden syksynä. Taulukossa 4.3.2 on esitetty saavutettuun satotasoon liittyvä satokorjaus

Taulukko 4.3.2 Saavutettuun satotasoon liittyvät satotasokorjaukset (MMM 503/2007)

Kasvi	Saavutettu satotaso	Lisätyppi kg/ha/a
Ohra, kaura, kevätvehnä, syysvehnä, ruisvehnä, spelttivehänä, muut viljat ja niiden seokset	4500 kg	10
	5000 kg	20
	5500 kg	30
Syysruis, kevätruus	3500 kg	10
	4000 kg	20
	4500 kg	30
Kevätrypsi, kevätrapsi, syysrypsi, syysrapsi ja ruistankio	2000 kg	10
	2250 kg	20
	2500 kg	30

Maa- ja metsä talousministeriö korjasi aikaisemmin annettua ympäristötukiasetusta typpilannoitusten osalta samana kesänä. Typpilannoituksen tarkentaminen peltokasveilla on toteutettava analysoimalla typen määrä peltomaasta ennen kevätlannoitusta. Jos analyysi tulos on yli 20 kiloa typpeä hehtaarilla, on lohkonlannoitusmäärästä vähennettävä 20 kg_N/ha. Jos analyysin tuloksia ei ole käytettävissä, on lohko kohtaista enimmäislevitysmäärää vähennettävä vähintään 20 kg_N/ha. (MMM 662/2007)

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen mukaan sallitut fosforimäärät viljavuusluokan perusteella on esitetty puolestaan taulukossa 4.3.3. Fosforin levitysmäärät lasketaan liukoisen fosforipitoisuuden avulla. Mikäli lietteestä analysoidaan kuitenkin vain kokonaisfosfori, otetaan lietteen kokonaisfosforipitoisuudesta huomioon 85 %. (MMM 503/2007)

Taulukko 4.3.3 Käsitellyn sakokaivolietteen enimmäislevitysmäärät fosforin suhteen (MMM 503/2007).

Kasvi	Huono	Huononlainen	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä	Korkea
	kg _p /ha/a	kg _p /ha/a	kg _p /ha/a	kg _p /ha/a	kg _p /ha/a	kg _p /ha/a
Ruis, vehnä, öljykasvit, palkokasvit	32	24	20	12	8	-
Ohra	34	26	22	14	10	-
Kaura, nurmikasvien siemenviljely	28	20	16	8	4	-
Ohra/kaura/vehnä seosvilja	31	23	19	11	7	-
Kokoviljasäilörehu	40	32	24	16	12	-
Nurmen perustaminen suojaviljaan	52	44	36	28	20	-
Nurmen perustaminen: keväällä ilman suojaviljaa, kesällä tai syksyllä	36	32	28	24	15	-
Nurmi keväällä ennen kesäperustamista	16	12	8	4	-	-
Sokerijuurikas	63	63	60	43	26	14
Ruokohelppi, perustamisvuonna	50	40	30	20	10	-
Ruokohelppi, satovuonna	30	20	15	10	5	-
Muuta kasvit	30	20	15	10	5	-

Taulukossa 4.3.3 satoperusteena on viljoilla 4000 kg/ha/a ja öljykasveilla 1750 kg/ha/a. Rukiilla voidaan käyttää 3000 kg:n satotaso. Jos saavutettu satotaso on 25 % suurempi kuin edelliset, voidaan taulukon 4.3.3 arvoihin lisätä 3 kg_p/ha/a. Jos saavutettu satotaso on 50 % suurempi, voidaan taulukon 4.3.3 arvoihin lisätä 6kg_p/ha/a. (MMM 503/2007). Lietteen levitysmäärä valitaan sen sisältämien ravinteiden tai raskasmetallipitoisuuksien perusteella, valitsemalla pienin levitysmäärä hehtaaria kohti.

Lohkolla jolla ei ole vielä tehty viljavuustutkimusta, käytetään taulukon 4.3.1 typpilannoituksessa viljeltävälle kasville enintään levitysmäärä, joka lasketaan savi- ja hiesumaille. Fosforilannoituksessa käytetään puolestaan taulukon 4.3.3 mukaista tyydyttävän viljavuusluokan mukaista fosforilannoitusmäärää. (MMM 503/2007)

4.4 Sakokaivolietteen käytön rajoitukset ja levitysajat

Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä koskee jätevesilietettä tai muuta vastaavaa lietettä, kuten käsiteltyä sakokaivolietettä. Valtioneuvoston

päätöksessä sanotaan seuraavaa: ”Lietettä saa käyttää vain viljelymaalla, jolla kasvatetaan viljaa, sokerijuurikasta tai öljykasveja taikka sellaisia kasveja, joita ei käytetä ihmisten ravinnoksi tai eläinten rehuksi”. Nurmelle käsiteltyä sakokaivolietettä saa levittää silloin kun perustetaan nurmi suojaviljan kanssa multaamalla liete huolellisesti. Viljelymaalla, jolla on käytetty käsiteltyä sakokaivolietettä saa viljellä perunaa, juureksia, vihanneksia, yrtti- ja juurimausteita enintään viiden vuoden kuluttua lietteen käytöstä. Kalkkistabiloitua sakokaivolietettä saa käyttää vain pelloilla, joiden pH on yli 5,5. (VNp 282/1994)

Typpilannoitus on suoritettava vähintään viiden metrin etäisyydellä vesistöistä. Lannoitus on kielletty myös silloin, kun pellonkaltevuus ylittää kaksi prosenttia seuraavan viiden metrin etäisyydellä vesistöistä. Lietteen levitys on aina kielletty pelloilla, jos sen kaltevuuskulma on yli 10 prosenttia. Toistuvasti kevättulvan alle jäävillä peltoalueilla lannoitus on kielletty 1.10–15.4 välisen ajan, perustettavaa kasvustoa lukuun ottamatta. (VNa 931/2000)

Typpilannoitetta ei saa levittää lumipeitteiselle, routaiselle eikä veden kyllästämään maahan. Maan ollessa sula ja kuiva lietteen levityksen saa aloittaa keväällä aikaisintaan 1.4, jos valumia vesistöön ei tapahdu eikä pohjamaan tiivistymisvaaraa ole. Lietettä voidaan levittää enintään 15.11 asti. Nurmikasvustolle lietteen levitys on lopettava 15.9 mennessä. Syksyllä levitetty orgaaninen lannoite on mullattava tai pelto kynnettävä vähintään vuorokauden kuluttua lannoitteen levityksestä pelolle. (VNa 931/2000)

5. KOEJÄRJESTELYT

Diplomityöhön kuului 13 kappaletta käytännön kokeita, joilla pyrittiin osoittamaan kalkkistabiloinnin toimivuus sakokaivolietteiden käsittelymenetelmänä. Kenttäkokeet suoritettiin maatiloilla olemassa olevilla laitteilla mahdollisimman yksinkertaisesti. Salmonellan tuhoutumisen varmistamiseksi tehtiin Mikkelin Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy:ssä laboratoriokokeet.

Haja-asutusalueilla tehtäviin kenttäkokeisiin otettiin mukaan kolme erilaista ryhmää: yksityistaloudet, maatilamatkailukohteet ja yhteiskeräilypisteet. Yksityiskaivojen sekä maatilamatkailukohteiden koestabiloinnissa oli mukana kussakin viisi kohdetta ja yhteiskeräilypisteitä oli kolme. Kenttäkokeisiin valitut ryhmät pyrkivät edustamaan mahdollisimman laajasti haja-asutusalueilla asuvaa väestöä tai sitä hetkellisesti kuormittavia henkilöitä.

Kokeissa otettiin sakokaivolietteestä kolme näytettä, yksi ennen stabilointia ja kaksi stabiloinnin jälkeen. Ilman lämpöreaktion syntymistä oli kyseenalaista vähentyvätkö taudinaiheuttavat riittävästi kahdessa tunnissa, minkä vuoksi kokeeseen otettiin mukaan seurantanäyte 48 tunnin kuluttua kalkin lisäyksestä. Laboratoriossa tehdyissä salmonellakokeissa sakokaivoliete analysoitiin myös kolme kertaa.

5.1 Kohteet

Yksityistalouksien sakokaivojen kalkkistabilointiryhmään valittiin sekä perheellisiä, että perheettömiä talouksia ja mukana oli myös seniorikansalaisia. Maatilamatkailu ja yhteiskeräilypisteet edustavat molemmat useampien talouksien jätevesilietteitä. Oletettiin, että mitä useampi ihminen kuormittaa samaa sakokaivoa sen enemmän siinä on taudinaiheuttajia. Yksityiskaivoista yksi oli pelkästään harmaata jätevettä ja vastaavasti maatilamatkailupuolella oli mukana kaivo, jossa oli pelkästään mustaa jätevettä.

5.1.1 Yksityiskaivot

Yksityiskaivoja kokeessa oli mukana viisi ja ne sijaitsivat 20 km säteellä toisistaan. Yksityiskohteissa suoritettu kalkkistabilointi suoritettiin ensimmäiseksi keväällä. Aikaisella aloituksella saatiin pienkokeilla selville tarkempi kalkin annostelu, jota käytettiin isompien lietemäärien annostelun pohjatietona. Aikaisin keväällä suoritettut stabiloinnit mahdollistivat myös lietteen levityksen pellolle ennen kevätkylvöä. Taulukossa 5.1.1 on esitetty yksityiskaivoja kuormittavat henkilömäärät sekä näissä talouksissa asuvien alle 18-vuotiaiden lukumäärä.

Taulukko 5.1.1 Yksityissakokaivoa käyttävien henkilöiden lukumäärät, missä S tarkoittaa yksityistä sakokaivoa ja järjestysluku kohteen numeroa.

	henkilöiden lukumäärä	alle 18-vuotiaita
S1	2	
S2	2	
S3	5	2
S4	3	
S5	5	3

Yksityiskaivojen stabiloinnissa oli mukana yksi kohde, jossa oli kaksivesijärjestelmä. Yksityiskaivojen kaksivesijärjestelmä kohteessa vain harmaata jätevetä sisältävä liete stabiloitiin. Maatilamatkailupuolella oli vastaavasti kohde, jossa hygienisoitiin pelkkää mustaa jätevetä sisältävä kaivo.

5.1.2 Maatilamatkailukohteet

Maatilamatkailukohteiden sesonki keskittyy joulun ja kesään. Valitsimme kohteiden kalkkistabilointiin kesän ja alkusyksyn, jolloin ensimmäisten kokeiden tulokset olivat selvillä ja näin ollen lisäkokeiden teko olisi ollut mahdollista. Maatilamatkailukohteissa ei sakokaivoa kuormittavia henkilömääriä saatu tarkasti selville, sillä käsiteltäviin kaivoihin jätevesi tuli kokoustiloista ja/tai tilauspalveluista. Esimerkiksi kohteen M1 30 m³ umpikaivoon johdettiin jätevesi talosta, jossa järjestettiin yritysten pikkujouluja, häitä ja muita merkkitapahtumia.

Kohteiden sakokaivoja kuormittivat myös ulkomailta tulevat turistit. Jätevesien mikrobiologiset ominaisuudet vaihtelevat elintason ja -ympäristön mukaan. Turistit tuovat

haja-asutusalueille erilaisia pitoisuuksia taudinaiheuttajia, joiden tuhoutuminen on myös varmistettava. Erityisesti *ascarias lumdricoides* eli suolinkainen on yleisempi Venäjällä kuin Suomessa, joten voidaan olettaa osan itäturisteista kantavan kyseistä loista.

Maatilamatkailukohteiden sakokaivojen käsiteltävät säiliöt sisälsivät 2–27 m³ lietettä. Yhdessä kohteissa (M2) oli kaksivesijärjestelmä, jossa käymäläjätteet ja pesuvedet erotellaan. kaksivesijärjestelmässä kalkkistabilointia kokeiltiin siis myös pelkkien käymälävesien hygienisoimiseen. Muut käsiteltävistä kaivoista olivat joko sako- tai umpikaivoja.

5.1.3 Yhteiskeräilypisteet

Kalkkistabilointikokeessa oli mukana kolme yhteiskeräilypistettä. Kaksi yhteiskeräilypisteiden lietesäiliöistä stabiloitiin toukokuussa, jolloin liete saatiin levitettyä peltoon ennen kevättylvöä. Kolmannen kohteen sakokaivoliete stabiloitiin loppukesästä. Lietesäiliössä oli vaihteleva määrä eri kotitalouksien jätteitä. Maatilat keräävät sakokaivolietettä pääasiassa lähellä asuvilta henkilöiltä, joten kerättyjen sakokaivolietteiden mikrobiologiset ominaisuudet pysyvät osittain samanlaisina. Taulukossa 5.3.1 on esitelty talouksien lukumäärä, joiden lietteet oli kerätty yhteiskeräilypisteiden lietesäiliöihin.

Taulukko 5.3.1 Yhteiskeräilypisteisiin kerättyjen sakokaivolietteiden talouksien lukumäärä, missä Y tarkoittaa yhteiskeräilypistettä ja järjestysluku kohteen numeroa.

	Talouksien lukumäärä
Y1	8
Y2	29

Kohteen Y3 lietesäiliöön oli ajettu erilaisia jätevesilietettä muun muassa umpikaivolietettä, sakokaivolietettä, yhteiskuntalietettä ja puhdistamolietettä. Kohteen stabiloitavassa lietteessä oli myös paljon sadevesiä, koska lietesäiliö oli kattamaton. Kohde Y3 oli vesiosuuskunta, joka vastaa yhdessä kunnan kanssa kunnan vesihuollosta. Vesiosuuskunnalla on oma viemäriverkosto ja siihen on liittynyt noin 40 asukasta. Viemäriverkoston veden johdetaan vuonna 2003 rakennettuun jätevedenpuhdistamoon. Yhdyskuntajäteveden lisäksi puhdistamoon johdetaan neljän karjatilan maitohuoneiden

pesuvedet. Jätevedenpuhdistamo on tyypiltään panospuhdistamo ja jätevesimäärä on keskimäärin 10 m³/d. (Kehittämissuunnitelma 2006, 75)

5.1.4 Kohteiden vertailua

Yksityistalouksissa bakteerikantaa voidaan verrata suoraan yhden henkilön aiheuttamaan kuormitukseen. Yhteiskeräilypisteissä ja maatilamatkailukohteissa oli mukana monien talouksien tuottamaa jätevettä. Haja-asutusalueen sakokaivoja hetkellisesti kuormittavia henkilöitä oli eniten maatilamatkailukohteissa. Kenttäkokeilla pyrittiin osoittamaan kalkkistabiloinnin toimivuus pienjätevesien ja suurempien jätevesimäärien hygiensioimisessa.

Yksityiskaivojen ja maatilamatkailukohteiden kalkkistabilointikokeen järjestäminen erosi hiukan yhteiskeräilypisteiden kalkkistabiloinnista. Yksityiskaivojen ja maatilamatkailukohteiden kalkkistabiloimiseen ei hankittu ympäristölupaa. Yhteiskeräilypisteiden kalkkistabilointiin haettiin kunnilta koetoimilupa. Taulukossa 5.4.1.1 on esitetty mukana olevien kohteiden lukumäärä ja niistä otetut näytteet.

Taulukko 5.4.1.1 Kalkkistabilointi kokeessa mukana olevien kohteiden lukumäärä ja niistä otetut analyysit.

	Yksityiskaivot	Maatilamatkailu	Yhteiskeräily
Kohteiden lukumäärä	5	5	3
Koetoimiluvan hakeminen			X
Ennakkomaanäyte			X
Sakokaivolietteiden ennakkonäyte	X		
Nollanäyte	X	X	X
I-näyte	X	X	X
II-näyte	X	X	X
III-näyte pellolta			X

Seuraavaksi esitellään tarkemmin koejärjestelyt. Taulukossa 5.4.1 on esitetty mitkä vaiheet on suoritettu eriryhmille. Laboratorionäytteet analysointiin Mikkelin Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Näytteiden analysointiin käytetyt menetelmät on lueteltu liitteessä II.

5.2 Luvat ja lainsäädäntö

Koestabilointeja varten haettiin yhteiskeräilypisteille koetoimilupa sen kunnan alueelta, jolla keräilypiste toimi. Ilmoitus koeluontoisesta toiminnasta tehtiin kunnan ympäristövirastoon. Ilmoitus toiminnasta on ympäristösuojelulain 61 § mukainen ja se jätettiin viimeistään 30 vuorokautta ennen kokeen aloittamista. Tulevaisuudessa yhteiskeräilypisteiden on ilmoitettava paikallisen ympäristökeskuksen jätetiedostoon ja haettava kunnasta ympäristölupa. Lannoitevalmistelaki puolestaan velvoittaa toiminnan harjoittajaa ilmoittautumaan Elintarviketurvallisuusviraston Eviran rehu- ja lannoitevalvontayksikön toimijarekisteriin. Lannoitevalmistelain perusteella toiminnan harjoittajan on ylläpidettävä tiedostoa käsittelymääristä, laadittava ja toteutettava oma- ja valvontasuunnitelma sekä hakea toiminnalleen laitoshyväksyntä.

5.2.1 Jätetiedostoon ilmoittautuminen

Sako- ja umpikaivolietteen ammattimaiseen kuljetukseen ja keräämiseen tarvitaan alueellisen ympäristökeskuksen päätös jätetiedostoon hyväksymisestä tai ympäristöluvasta (Pohjois-Savon ympäristökeskus 2006, 1). Sakokaivolietettä saa ammattimaisesti kuljettaa vain jätetiedostoon ilmoittautunut toiminnan harjoittaja. Jätetiedostoon ilmoittautuminen tehdään alueellisessa ympäristökeskuksessa ja se on maksullinen. Jätetiedostoon ilmoittautuminen maksaa 130 €

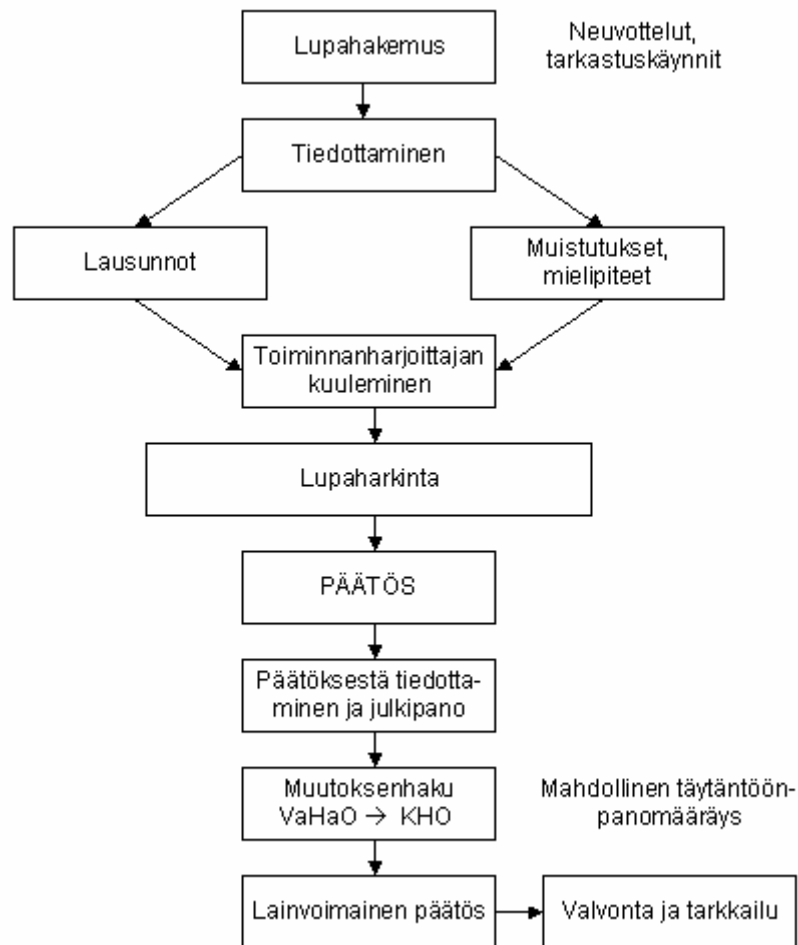
5.2.2 Ympäristöluvan hakeminen

Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan tarvitaan ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupa. Maatiloilla lietteen kalkkistabilointiin ja hyödyntämiseen ammattimaisesti tarvitaan ympäristölupa ja laitoshyväksyntä ennen lietteen käsittelyn aloittamista. Ympäristölupa on uusittavaa silloin, kun käsiteltävät liettemäärät muuttuvat olennaisesti. (Ympäristösuojelulaki 86/2000).

Ympäristöluvassa annetaan määräyksiä muun muassa toiminnan laajuudesta, päästöistä ja niiden vähentämisestä. Myöntämisen perusteena on, että toiminnasta ei saa aiheutua terveyshaittaa tai merkittävää ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. (Ympäristölupa 2000). Ympäristönsuojeluasutuksen 7 §:n 13 kohdan mukaan käsittelyyn tarvittava ympäristölupa

päristölupa haetaan kunnan ympäristösuojeluviranomaiselta, mikäli lietettä käsitellään alle 5000 t vuodessa. Yli 5000 t vuodessa lietettä käsittelevät yrittäjät hakevat ympäristöluvan alueelliselta ympäristökeskukselta. (Ympäristösuojeluasetus 169/2000)

Ympäristölupahakemus tehdään liitteineen vähintään kolmena kappaleena kirjallisesti. Lupahakemus sisältää hakijan ja kiinteistöjen tietojen lisäksi yleiskuvauksen toiminnasta sekä yleisölle tarkoitetun tiivistelmän lupahakemuksessa esitetystä tiedoista. Lupahakemuksen sisältö on esitelty tarkemmin ympäristösuojeluasetuksen luvussa 3. Vastaanotettuaan lupahakemuksen ympäristölupaviranomainen tiedottaa hakemuksesta kuulutuksella. Kuulutuksen aikana hankkeen vaikutusalueen asukkailla ja viranomaisilla on tilaisuus esittää muistutuksia, vaatimuksia ja mielipiteitä. Lupapäätöksestä voi valittaa Vaasan hallinto-oikeuteen ja edelleen korkeimpaan hallinto-oikeuteen. Ympäristölupakäsittelyn vaiheet on esitetty kuvassa 5.2.2.1. (Ympäristölupa 2007)



Kuva 5.2.2.1 Ympäristölupakäsittelyn vaiheet kaaviona (Ympäristölupa 2007).

Ympäristöluvan keskimääräinen käsittelyaika on vajaa 13 kuukautta. Lupahakemuksen käsittelystä peritään hakijalta maksu, joka vaihtelee kunnittain. Vuonna 2005 kunnan ympäristösuojeluviranomaisen maksu jätteen ammattimaiseen tai laitospäivähoitoon hyödyntämiseen tai käsittelyyn oli keskimäärin 1 324 €. Vaihteluväli jätteen ammattimaisessa tai laitospäivähoitoon hyödyntämisestä ja käsittelystä oli vuonna 2005 109–3 720 € (Mynttinen 2006, 13g). Ympäristölupaa ei tarvitse uusida vuosittain, mutta se edellyttää valvontaa ja tarkkailua (Ympäristölupahakemuksen laatiminen 2007, 4).

Ympäristöluvassa voidaan määrittää yhteiskäytöksi esimerkiksi näytteenotto tiheys. Jätevedenpuhdistamoiden lupaehdossa näytteenottotiheys määrätään puhdistamon asukasvastineluvun mukaisesti. Asukasvastineluvulla tarkoitetaan sellaista vuorokausikuormitusta, jonka seitsemän vuorokauden biokemiallinen hapenkulutus (BHK₇) on 70 g happea. (VNa 888/2006). Asukasvastineluku kuvaa siis puhdistamon kokoa ja tuotta-

maa lietemäärää. Alle 200 avl:n eli pienpuhdistamoilla näyte otetaan ensimmäisenä vuonna kerran, jonka jälkeen joka toinen vuosi. (VNp 282/1994)

Oletetaan että jäteveden biologinen hapenkulutus on 250 mg/l ja pientaloissa jätevettä kuluu keskimäärin 150 l/as*vrk (Teiska & Heiskanen 2003, 11). Muutetaan asukasvastineluku jätevettä kuormittavien henkilöiden lukumääräksi yhtälöllä 5.2.2.1

$$\text{asukkaiden lkm.} = \frac{200 \text{ avl} \cdot 70 \frac{\text{g}}{\text{alv} \cdot \text{vrk}}}{150 \frac{\text{l}}{\text{as} \cdot \text{vrk}} \cdot 0,25 \text{ g/l}} = 373,3 \text{ as} = 373 \text{ as} \quad (5.2.2.1)$$

Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli 373 haja-asutusalueella asuvien henkilöiden kaikki jätevedet menisivät jätevedenpuhdistamoille, olisi sen asukasvastineluku alle 200. Käytännössä yhteiskeräilypisteiden vertaaminen jätevedenpuhdistamoon ei ole näin helppoa. Sakokaivoliete on väkeväämpää kuin jätevedenpuhdistamoille tuleva normaali yhdyskuntaliete. Sakokaivolietteissä on enemmän kuiva-ainetta kuin esimerkiksi umpikaivolietteessä, koska kaivojen tarkoitus on laskeuttaa jäteveden kiintoaine.

Kuitenkin jos oletetaan perheiden olevan nelijäsenisiä, vastaa 373 henkilöä 93 perhettä. Sakokaivojen ollessa kokoluokka 2–3 kuutiota 93 perheen käsiteltävä lietemäärä olisi 186–279 kuutiota. Maaseuduilla tällaisen lietemäärän stabiloiminen ainakaan kerralla ei ole suotavaa. Yleensä yhteiskeräilypisteet maaseudulla ovat alle 200 avl:n.

Sakokaivoliettä verrataan käsittelemättömiin puhdistamolietteisiin. Puhdistamolietettä käytettäessä suositellaan, että viljeltävältä pellolta otetaan näytteet neljän vuoden välein. Näyte on otettava siten, että jokaiselta hehtaarilta otetaan vähintään viisi osanäytettä ja yksi kokoomanäyte. Taulukossa 5.2.2.1 on esitetty puhdistamolietteestä ja maanäytteistä analysoitavat aineet.

Taulukko 5.2.2.1 Puhdistamolietteestä analysoitavat aineet (VNp 282/1994 sekä MMMa 12/2007).

Puhdistamoliete:	Kuiva-aine
	Happamuus (pH)
	Kokonaistyyppi
	Kokonaisfosfori
	Kadmium, kromi, kupari, nikkeli, lyijy, sinkki ja elohopea
	<i>Esherichia coli</i> ja salmonella
Maanäytteet:	Happamuus (pH)
	Kadmium, kromi, kupari, nikkeli. Lyijy, sinkki ja elohopea

Sakokaivolietettä verrataan taudinaiheuttajiltaan puhdistamolietteiin, mutta kuitenkin sen sisältämät raskasmetallipitoisuudet ovat alhaisempia. Alle 200 avl:n puhdistamoissa näytteenottoja lietteestä ensimmäisen vuoden jälkeen joka toinen vuosi ja viljeltävästä pellostä joka neljäs vuosi (VNp 282/1994). Peltonäytteet voi yhdistää esimerkiksi viljavuustutkimuksen yhteyteen.

5.2.3 Toimijarekisteriin ilmoittautuminen

Toiminnanharjoittajan on lannoitevalmistelain mukaan ilmoittauduttava viranomaisten ylläpitämään toimijarekisteriin tekemällä niin sanottu elinkeinoilmoitus Eviran rehu- ja lannoitevalvontayksikköön. Toimijarekisteri ilmoitus tehdään toiminnasta, toiminnassa tapahtuvista olennaisista muutoksista ja toiminnan lopettamisesta. Ilmoitus on tehtävä ennen kyseisen toiminnan aloittamista ja siihen on liitettävä kuvaus toiminnan järjestämisestä. Laki edellyttää myös tiedoston pitämistä käsittelymääristä sekä näiden tietojen vuosittaisista ilmoittamista Eviraan. Tarvittaessa rekisteritiedot on päivitettävä muutosilmoituksella. (Lannoitevalmistelaki 539/2006). Toimijarekisteriin ilmoittautuminen ja tietojen päivitys on maksutonta.

Lannoitevalmistelain mukaiset tyyppinimi- ja tuoteselostevaatimukset eivät koske sammutetulla kalkilla stabiloitua lietettä, kun käsitelty liete käytetään omalla tilalla. Toiminnanharjoittajan joka valmistaa tai käsittelee teknisesti lannoitevalmisteita on varattava valvontaviranomaisille tilaisuus tarkastukseen ennen toiminnan aloittamista. (Lannoitevalmistelaki 539/2006)

5.2.4 Laitoshyväksynnän hakeminen

Lannoitevalmistelaki määrää, että orgaanisia lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita valmistavan, teknisesti käsittelevän tai varastoivan toiminnanharjoittaja on oltava Eviran hyväksymä ennen toiminnan aloittamista. (Lannoitevalmistelaki 539/2006). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mikäli maatilalla käsitellään muitakin kuin omasta kotitaloudesta tulevia jätevesiä on toiminnalle haettava Eviran laitoshyväksyntä (Vuorinen 2007). Laitoshyväksyntä haetaan Eviran lomakkeella. Lomakkeen voi täyttää ja tulostaa esimerkiksi Eviran internetsivuilla. Hyväksymistä koskevaan hakemukseen on liitettävä taulukossa 5.2.4.1 esitetyt tiedot.

Taulukko 5.2.4.1 Eviran laitoshyväksyntä hakemukseen liitettävät tiedot (Lannoitevalmistelaki 539/2006).

1.	Selvitys laitoksesta ja sen toiminnasta.
2.	Selvitys käytettävistä raaka-aineista ja lopputuotteista sekä niiden käyttökohteista.
3.	Laitoksen kirjallinen omavalvontasuunnitelma.
4.	Ajankohta, jolloin laitos tai sen muutos on tarkoitus ottaa käyttöön.
5.	Ympäristölupa tai sitä koskeva hakemus
6.	Hakijan yhteystiedot

Toiminnanharjoittajalla on oltava Eviran laitoshyväksyntä ennen toiminnan aloitusta ja laitoksen on haettava uusi hyväksyntä, jos sen toiminta muuttuu huomattavasti. Hyväksytyin laitoksen on vuosittain laadittava omavalvontaraportti, josta käy ilmi kriittisten valmistus ja käsittelyvaiheiden valvonnan tulokset sekä omavalvonnassa havaitut ongelmat ja miten ne on ratkaistu. Omavalvonta raporttiin liitetään esimerkiksi käytössä olevan pH-mittarin kalibrointi ja huoltotoimenpiteet. Omavalvonta raportti on toimitettava Eviralle viimeistään valvontavuotta seuraavan kalenterivuoden maaliskuun loppuun mennessä. (Lannoitevalmistelaki 539/2006) Yhteiskäsittelypisteen toiminnanharjoittajan on valvottava sakokaivolietteen toimivuutta ottamalla hygienisoidusta lietteestä näytteitä. Näytteet on analysoitava Eviran hyväksymässä laboratoriossa.

Lannoitevalmistelain mukaiset tyyppinimi- ja tuoteseloste vaatimukset eivät koske sammutetulla kalkilla stabiloitua lietettä, kun käsitelty liete käytetään omalla tilalla. Sivutuoteasetuksen mukaan teknisillä laitoksilla, joiden käsittelykapasiteetti on enintään 5 000 m³ vuodessa, laitoshyväksyntä maksu on 265,00 € (MMM 296/2006 sekä Vuorinen 2007). Hyväksyntä on voimassa toistaiseksi tai määräajan.

5.4 Ennakkomaanäytteen ottaminen

Ennakkomaanäytteet otettiin sulasta maasta huhtikuun lopussa. Yksi näyterasia edusti 1–3 hehtaaria maata. Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy:n ohjeen mukaan yhteen 400 g:n rasiaan otetaan vähintään 7 kairanpistoa rasiaa kohden. Kokeessa maanäytteen otettiin pistolapiolla isompaan sankoon, jossa ne sekoitettiin. Tästä sekoitetusta massasta otettiin maanäyte rasiaan. Maanäyterasiasta poistettiin roskat ja kivet.

Ennakkomaanäytteestä analysoitiin: muokkauskerroksen maalaji, johtoluku, happamuus, kalsium, fosfori, kalium, magnesium, rikki, arseeni, kadmium, kromi, kupari, elohopea, nikkeli, lyijy ja sinkki. Kalkkistabilointikokeen kannalta tärkeitä analyysiejä olivat maaperän happamuuden ja raskasmetallipitoisuuksien määrät. Maaperän happamuuden täytyi olla yli 5,5, jotta kalkkistabiloitua lietettä voidaan käyttää pellolla. Raskasmetallipitoisuuksien maksimiarvot on lueteltu taulukossa 4.2.2.

Ennakkomaanäytteiden tuloksia verrattiin pH:n osalta III-näytteeseen, joka otettiin lietteen levittämisen jälkeen samasta pellostä. III-näytteellä haluttiin selvittää nouseeko maaperän pH kalkkistabiloidun lietteen levittämisen jälkeen

5.5 Sakokaivolietteiden ennakkonäytteet

Yksityistiloilta otettiin ennakkoon sakokaivoliete näyte, josta analysoitiin liukoinen ja kokonaistyyppi, liukoinen fosfori, kuiva-aine sekä happamuus. Ennakkokokeilla määriteltiin lietteen ravinnearvot. Näyte otettiin kokeisiin osallistuneilta yksityistiloilta imupainevaunun avulla sekoitetusta sakokaivolietteestä. Ennakkonäytteet otettiin noin kuu-kautta ennen koekalkkistabilointikoetta. Ennakkonäytteiden analyysien tuloksia käytettiin lietteen levitysmäärien laskentaan.

5.6 Nolla-näyte

Sakokaivolietteen mikrobiologinen lähtötila määritettiin nolla näytteen perusteella. Nolla-näytteestä tutkittiin: *E.coli*, enterokokit, salmonella, ascaria, pH ja kuiva-aine. Nolla-

näytettä oli tarkoitus verrata saavutettuihin puhdistustuloksiin ja näin saada selville aika, jossa taudinaiheuttajat tuhoutuvat vahvasti emäksisessä kalkkilietteessä. Nolla-näyte otettiin sekoitetusta sakokaivolietteestä juuri ennen kalkin lisäämistä.

5.7 Kalkkistabilointi

Ennen kalkkistabilointia sakokaivoliete sekoitettiin hyvin. Lähtökohtana kalkin annostelulle toimi edellisenä syksynä tehty kalkkistabilointikoe, jonka lehdistötiedote on esitetty liitteessä I. Syksyn 2006 kalkkistabilointi kokeessa käytettiin sakokaivolietteen stabi-loimiseen kalkkia $3,75 \text{ kg/m}^3$. Kokeessa ei lietteen pH kuitenkaan noussut 12:n, joten kyseiseen kalkkimäärään lisättiin noin kilo kalkkia. Diplomityöhön liittyvissä kenttäko-keissa kalkkia annosteltiin aluksi $5,2 \text{ kg/m}^3$.

Kalkin mittaaminen toteutettiin kahdeksan litran muovisangolla ja vetomitalla, jota käytetään muun muassa väkirehujen mittaamiseen. Kalkin lisäämisen jälkeen mitattiin sa-koikaivolietteen pH. Jos pH oli noussut yli 12:n, liete jätettiin stabiloitumaan. Mikäli pH arvo ei noussut 12:een, lisättiin sakokaivolietteeeseen kalkkia. Kalkin määrät kirjattiin ylös (mittaamisessa huomioitiin sangon painon vähentäminen). Yhteiskeräilypisteissä ja muissa isommissa säiliöissä kalkkia lisättiin suoraan 30 kg kalkkisäkeissä.

Sammutettu kalkki lisättiin sakokaivoon/lietesäiliöön kokoajan lietettä sekoittaen. Kalkki pyrittiin lisäämään sakokaivolietteeeseen hienojakoisena siten, että kalkki ei muodosta tiivistymiä tai kokkareita. Sammutettua kalkkia käytetään muun muassa na-vettojen seinien kalkitsemiseen, joten kastumisen jälkeen kuivuessaan se kiinteytyy. Paakkuuntuneen kalkin hygienisoiva vaikutus ei ole sama kuin hienojakoisen, koska kalkin ja lietteen välinen kosketus pinta-ala jää paljon pienemmäksi.

Kalkki on hyvä lisätä lietteeseen vähän kerrallaan, jotta se ei pölyynny. Ennen kalkin lisäämistä odotettiin, että edellisen lisäyksen aikana ilmaan noussut kalkkipilvi laskeu-tuu. Suuria määriä stabiloitaessa huomattiin loppuvaiheessa kalkin sekoittuvan lietteeseen paremmin. Stabiloinnin aikana havaittiin sakokaivolietteen hajun vähenevän, vaik-

ka kalkki ei täysin poistanutkaan lietteen hajua. Kalkin lisäyksen jälkeen huomattiin myös, että lietteen kiintoaine laskeutuu nopeammin pohjalle kuin ennen kalkin lisäystä.

Kalkittaessa varsinkin avoimia säiliöitä kalkin lisääminen ja sekoittaminen aiheutti kalkkipilven. Hienojakoisena materiaalina kalkki tunkeutuu keuhkoihin ja silmiin, joten kalkkistabiloitaessa on käytettävä pölysuodattimella varustettuja hengitys- ja silmäsuojaimia. Hengityksen suodatin tyypinä käytetään P1:stä. (Käyttöturvallisuustiedote: sammutettu kalkki 2005, 2)

Kalkki voidaan sekoittaa ennen stabilointia veteen, jolloin vältetään stabiloitaessa tapahtuvaan pölyntymistä. Kalkista ja vedestä tehdään esimerkiksi 20 % suspensio erilliseen saaviin. Sekoittamalla kalkki valmiiksi veteen vältetään turhalta pölyntymiseltä ja kalkki on helpompi sekoittaa säiliöön. Veteen sekoitettuna kalkki ei paakkuunnu säiliössä ja näin saavutetaan parempi hygienisointi. Kalkin sekoittaminen veteen on käytännöllistä erityisesti yksityissakokaivoja käsiteltäessä, koska käytettävän kalkin määrä on suhteellisen pieni. Suuria lietesäiliöitä stabiloitaessa veteen sekoitus vie huomattavasti enemmän aikaa, koska tällöin puhutaan paljon suuremmista kalkkimääristä.

Yhdessä yhteiskeräily pisteessä (Y2) yritettiin pH nostaa kalkin avulla lähemmäs 13. Kyseessä oli 80 m³ lietesäiliö, jossa oli 70 m³ sakokaivolietettä (lähtö pH 7,01). Kalkkia lisättiin ensiksi 390 kg, jolla saatiin pH nousemaan 12,50. Tämän jälkeen lisättiin vielä 150 kg kalkkia, jonka jälkeen pH nousi vain 0,36 yksikköä eli 12,86. Kalkin lisääminen lopetettiin, koska kalkkia oli täytynyt lisätä suhteettoman paljon pH arvon 13 saavuttamiseen.

5.8 I-näyte kaksi tuntia kalkkistabiloinnin jälkeen

Kalkkistabiloinnin jälkeen odotettiin kaksi tuntia, kunnes liete sekoitettiin uudelleen. Sekoitetusta ja kalkitusta lietteestä otettiin vertailuun I-näyte, josta tutkittiin hygienia (*E.coli*, enterokokit, salmonella ja ascaria) sekä pH ja kuiva-aine. Maatilamatkailukohteissa ja yksityiskaivoissa otettiin sakokaivolietteestä samalla erillinen näyte-erä kahdeksan litran muovisankoihin, koska oli kohtuutonta vaatia talouksia olemaan käyttä-

mättä WC ja pesutiloja kahteen vuorokauteen. Sanko sijoitettiin viileään paikkaan pois auringon paisteesta.

5.9 II-näyte 48 tunnin kuluttua kalkkistabiloinnista

II-näyte otettiin sekoitetusta kalkitusta lietteestä kahden vuorokauden päästä stabiloinnista. Toisesta näytteestä kaikissa kohteissa tutkittiin hygienia (*E.coli*, enterokokit, salmonella ja ascaria) sekä pH ja kuiva-aine. Maatilamatkailukohteiden ja yksityiskaivojen II-näyte otettiin sekoittamalla sangossa ollut stabiloitu sakokaivoliete. Yhteiskeräilypisteissä II-näyte otettiin koko lietemäärästä, jonka jälkeen liete levitettiin pellolle. Lietesäiliöön ei kokeen aikana saanut päästä suuria määriä vettä (pienet tihkumavedet ei ole haitallisia).

Yhteiskeräilypisteissä II-näytteestä tutkittiin myös raskasmetallit (arseeni, kadmium, kromi, kupari, elohopea, nikkeli, lyijy sekä sinkki) ja lisäksi kalium, liukoinen typpi, kokonaistyyppi ja liukoinen fosfori. Raskasmetallipitoisuudet tukittiin vain yhteiskeräilypisteiden näytteistä, koska ympäristöluvan saaminen ja peltoon levittäminen edellyttää lietteiden raskasmetallipitoisuuksien analysoimista. Yksityistiloilla sakokaivolietteiden levittäminen peltoon ei tarvitse erillistä ympäristölupaa. Yhteiskeräilypisteiden sakokaivolietteen raskasmetallipitoisuuksia verrattiin viranomaisten asettamiin raja-arvoihin, jotka on esitelty taulukossa 4.2.1.

5.10 III-näyte kasvukaudella pellosta

Yhteiskeräilypisteiden pelloilta otettiin kolmas näyte. Kolmannella näytteellä pyrittiin varmistamaan, että pellon mikrobiologinen taso ei jää korkeaksi. Näyte otettiin kasvukauden aikana ja siitä tutkittiin *E.coli*, enterokokit ja pH. Maanäytteet otettiin samalla tavalla kuin edellä esitetyt ennakkomaanäytteet. III-näytettä vertailtiin ennakkomaanäytteen pellon happamuuteen, jotta saataisiin selville oliko kalkin lisäämisellä pH:ta nostava vaikutus. Yhteiskeräilypisteissä käsiteltyä jätevesilietettä ajettiin pellolle enemmän kuin yksityistalouksissa ja maatilamatkailukohteissa, joten pellon happamuuden muutoksien ja mikrobiologinen taso pitäisi näkyä selvemmin kuin yksityistalouksissa tai maatilamatkailukohteissa.

5.11 Salmonella kokeet

Maatiloilla salmonella saastunut lietalanta hygienisoidaan käyttämällä sammutettua kalkkia ohjeellisesti 30 kg/t. Sakokaivon kalkkistabiloinnissa käytetään huomattavasti vähemmän sammutettua kalkkia kuin saastuneen lietalannan kalkitsemisessa, joten oli kyseenalaista tuhoutuuko salmonella tehokkaasti sakokaivolietteestä.

Salmonellabakteerin tuhoutumisen varmistamiseksi suoritettiin laboratorio-olosuhteissa erilliset salmonellakokeet. Kokeita suunniteltaessa oltiin yhteydessä Ylitarkastaja Arja Vuoriseen, joka suositteli kantana käytettävän salmonella *Senftenbergiä* 775W, joka on EU:ssa yleisesti laboratoriokokeissa käytetty kanta. Vuorinen suositteli myös käytettäväksi Eviran hyväksymään laboratoriota. Salmonellakokeet suoritettiin myös Mikkelin Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy:ssä.

Salmonella *Senftenbergiä* on esiintynyt mm. Suomen tuoduissa auringonkukkasienemenissä. Tuontirehuista otetuista näytteistä *S. Senftenbergin* on löytenyt vuosina 1995-2004 kuusitoista kertaa. (Huttunen et al. 2006, 51). Ylitarkastaja Arja Vuorisen mukaan *seftenbergiä* ei esiinny Suomen luonnossa vapaana.

Kokeissa analysoitiin lietteen alkutilanne, kaksi tuntia ja 48 tuntia kalkkistabiloinnin jälkeen. Alkutilanteessa tutkittiin, että näytteessä ei ole salmonellaa ja määritetään lietteen lähtö pH, jonka jälkeen istutettiin salmonella näytteeseen. Kahden ja 48 tunnin kulluttua stabiloinnista lietteestä määritettiin pH ja salmonella pitoisuudet. Kokeista tehtiin kolme toistoa.

6. KALKKISTABILOINTIIN LIITTYVÄT LAITTEET

Sakokaivojen kalkkistabilointi kokeissa käytettiin maataloilla olemassa olevaa laitteistoa. Sakokaivolietteen stabiloiminen on teoriassa mahdollista myös suoraan sako- tai umpikaivossa, kuitenkin siten että lietettä sekoitetaan esimerkiksi imupainevaunulla.

6.1 Sakokaivolietteen sekoitus

Sakokaivolietteen sekoitus kenttäkokeissa toteutettiin imupainevaunulla ja lietesekoittimella. Sakokaivolietteen sekoittamiseen tarvittavaa aikaa on vaikea määrittellä, koska se riippuu sakokaivon edellisestä tyhjennyksestä ja lietteen koostumuksesta. Lietteen täytyy olla lietesäiliön/sakokaivon pohjasta asti sekoitettu ja kuvan 6.1.1 kaltaiset kiinteät ulostelautat on sekoitettava lietteeseen ennen kalkkistabiloinnin aloittamista. Suurin sekoituksen tarve on suurissa lietesäiliöissä, varsinkin niissä joissa on tukipilareita säiliön sisällä. Tukipilarit estävät lietteen sekoittumista säiliönreunoilta ja tällaiset säiliöt on hyvä sekoittaa imupainevaunun avulla, jolloin ilmaa puhaltavaa putkea on helpompi siirtää toisin kuin kiinteää lietepumppua käytettäessä.



Kuva: Päivi Jokinen

Kuva 6.1.1 Sakokaivossa olevia ulostelauttoja, jotka on ennen kalkkistabilointia sekoitettava muuhun lietteeseen stabiloinnin toimimisen varmistamiseksi.

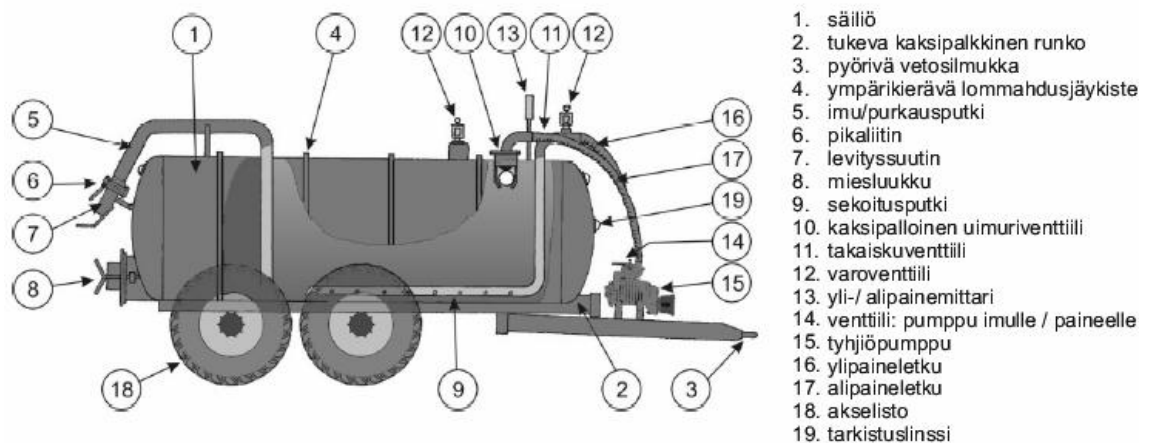
Isoissa umpisäiliöissä sakokaivoliete sekoittuu paremmin jos lietettä imetään imupainevaunuun sisälle ja puretaan takaisin säiliöön. Varsinkin suurien umpisäiliöiden kohdalla suositellaan useamman kerran imupainevaunun täyttämistä ja tyhjentämistä umpisäiliöön. Myös kalkitsemisen aikana on hyvä täyttää ja tyhjentää imupainevaunua, jolloin liete ja kalkki saadaan mahdollisimman hyvin sekoittumaan.

Kalkin lisäyksen aikana lietteen sekoittamista täytyy jatkaa, jotta varmistetaan lietteen ja kalkin mahdollisimman suuri kosketuspinta-ala. Lietettä voi sekoittaa imupainevaunun puhalluksella, lietesekoittimella tai täyttämällä ja tyhjentämällä imupainevaunua. Kalkin lisäämisen aikana on tärkeää, että liete on kokoajan liikkeessä. Näin kalkki sekoittuu lietteeseen jauheena ja vältetään isoilta kalkkitiivistymiltä. Kokeiden aikana huomattiin myös se että kalkin pölyäminen vähenee, kun sekoittamisesta huolehditaan kunnolla.

Kalkkistabiloinnin jälkeen ennen lietteiden imua sakokaivoista/lietesäiliöistä on lietteet syytä sekoittaa, koska kalkki nopeuttaa lietteen kiintoaineen laskeutumista pohjalle. Kenttäkokeiden aikana huomattiin, että näytepurkeissa oleviin kalkkistabiloituihin lietenäytteisiin erottui helposti kaksi faasia jo puolen tunnin kuluttua. Tunnin kuluttua näytteen otosta näytteen kiinto-aine oli laskeutunut kokonaan näytepurkin pohjalle.

6.1.1 Imupainevaunu

Imupainevaunu on painesäiliö, mikä soveltuu maatilojen lietesäiliöiden ja kiinteistöjen likakaivojen tyhjennykseen. Imupainevaunussa säiliön täyttöön ja lietteen levitykseen tarvittava energia saadaan ilmakompressorista, joka kehittää joko yli- tai alipainetta (SFS-EN 707 1999, 4). Pumppua, säiliötä ja imuletkuja voidaan kuljettaa paikasta toiseen paitsi traktorin perässä, myös kuorma-auton päällä. Imupainevaunun osat on esitelty kuvassa 6.1.1.1.



Kuva 6.1.1.1 Imupainevaunun osat (Laakson Metall Oy 2007).

Imupainevaunun tilavuus on yleensä 4–12 m³. Pneumaattisesti käytetyt imupainevaunut on varustettava painemittarilla, jonka osoittama työpaine on luettavissa traktorin tai itsekuljettavan koneen kuljettajan paikalta. Imupainevaunu on myös varustettava varoventtiilillä. Varoventtiili estää suurimman sallitun paineen ylittymisen ja suuntaa purkautuneen ylipaineen käyttäjältä pois päin. (SFS-EN 707 1999, 12)

6.1.2 Lietepumput ja potkurisekoitin

Varsinkin lietesäiliöissä voidaan käyttää sakokaivolietteen sekoitukseen myös erilaisia lietepumppuja ja potkurisekoittimia. Lietepumput ovat joko hydraulisia tai sähköllä toimivia. Lietepumppuihin kuuluu pumppu ja poistoletkut. Pumppu upotetaan lietteeseen ja poistoletkun kautta pumpattu liete johdetaan takaisin säiliöön. Lietepumppuja ja potkurisekoittimia käytettäessä on huolehdittava, että liete ja kalkki sekoittuvat tasaisesti. Lietepumppua on tarvittaessa pystyttävä siirtämään.

6.2 Lietesäiliöt

Lietesäiliöt ovat usein pyöreitä betonirenkaista valmistettuja katettuja tai kattamattomia säiliöitä. Kalkkistabilointiin suositellaan käytettäväksi kokonaan katettua säiliötä ja ainakin stabiloinnin ajaksi säiliö on katettava. Avoimissa lietesäiliöissä on suuri riski saada eläinten levittämiä tauteja lietteeseen. Esimerkiksi linnut voivat säiliön yli lentäessään ja ulostaessaan levittää salmonellaa. Lisäksi kattamattomassa säiliössä sadevedet pääsevät säiliöön. Stabiloinnin aikana kaikki ylimääräinen neste tai liete alentaa käsiteltävänlietteen pH-arvoa. Sadevesi taas lisää siis kuormitusta stabiloitavaan lietteeseen ja kalkkia olisi lisättävä käsittelyaikana. Avonaisessa säiliössä kalkin pölyntyminen on huomattavasti suurempaa kuin katetussa säiliössä.

6.3 Jätevedenkäsittelyjärjestelmien soveltuvuus kalkkistabilointiin

Kalkkistabilointi on periaatteessa mahdollista tehdä kaikissa kaivotyypeissä, kun huomioidaan, ettei emäksistä käsiteltyä sakokaivolietettä pääse sakokaivoja seuraaviin jätevedenpuhdistusprosesseihin. Maapuhdistamot ovat herkkiä tukkeutumiselle ja mikro-organismien tuhoutumiselle ja biologiskemiallisen prosessin kalkin sietokykyä ei tunneta. Taulukossa 5.3.1 on esitetty mitä kalkkistabiloinnissa täytyy huomioida kussakin jätevesijärjestelmässä.

Taulukko 6.3.1 Kalkkistabilointia suoritettaessa huomioitavaa haja-asutusalueilla toimivista jätevesijärjestelmistä.

Saostuskaivot	Kalkkistabilointi mahdollista tehdä joko yhdessä tai useammassa kammiossa.
Umpisäiliöt	Ei erityistä huomioitavaa.
Maapuhdistamot	Kalkkistabilointi suoritetaan edeltävissä sakokaivoissa. Käsiteltyä lietettä ei saa päästää maapuhdistamoon. Aiheuttaa tukkeutumisvaaran ja mikroelioiden kuolemista.
Pienpuhdistamot	Kalkkistabilointi suoritetaan edeltävissä sakokaivoissa. Käsiteltyä lietettä ei saa päästää prosessisäiliöön.

Umpisäiliöissä säiliön muoto aiheuttaa joskus ongelmia kalkitsemiseen. Varsinkin, jos säiliö on soikeanmuotoinen ja tyhjennyt aukko on toisessa päässä, on huolehdittava kalkin ja lietteen tehokkaasta sekoituksesta.

6.4 pH-mittarit

Kalkkistabiloinnin aikana on tärkeää pitää lietteen pH yli 12:ssa koko stabiloinnin ajan. Kenttäkokeiden aikana lietteen pH arvon pysyminen yli 12:ssa varmistettiin mittaamalla pH jokaisessa käsittelyvaiheessa. Lietteän pH:n mittaaminen suoritettiin käyttämällä Mettler M90 pH-mittaria.

Diplomityön tarkoituksena oli määrittää käytettävän kalkin määrä siten, että sen lisääminen kokeen aikana ei olisi tarpeellista. Yhtenä vaihtoehtona on reilusti ylimitoittaa kalkin annostelu, jolloin sakokaivolietteen pH pysyy käsittelyn aikana varmasti yli 12:n. Toisena vaihtoehtona on stabiloidun lietteen pH:n mittaaminen kalkin lisäämisen jälkeen ja stabiloinnin aikana. Tällöin pH:n mittaamiseen on löydettävä helppokäyttöinen mittari.

Maatilat ja urakoitsijat tarvitsisivat käyttöönsä pH-mittarin, jota ei tarvitse huoltaa mittauksien välillä. Vaikeaksi mittarin hankkimisen tekee myös lietteen stabiloinnin ajankohtien sijoittuminen kevääseen ja syksyyn eli mittari olisi käyttämättä ja huoltamatta suurimman osan vuodesta. Sakokaivolietteen pH arvon nousun yli 12:een aiheuttaa myös rajoituksia mittarille eikä käytettävä mittari saisi olla hyvin kallis investointi.

6.4.1 Kokeessa käytetty pH-mittari

Kenttäkokeissa käytettiin kannettavaa Mettler checkmate M90:stä, joka mittaa pH:ta, johtokykyä, liuennutta happea ja lämpötilaa. Mittari kalibroitiin ennen mittauksia, pitämällä mittaria pH 7 puskurissa. Ennen mittauksia varmistettiin että anturissa oli riittävästi täyttöliuosta (KCl). Mittauksen jälkeen anturi huuhdeltiin puhtaalla vedellä. Mittauksien välillä M90:sta säilytettiin puskuriliuoksessa. M90:llä pystytään mittaamaan pH-arvoja 0-14. (Mettler checkmate, 1–6)

Lietteen pH mitattiin kokeissa neljä kertaa: käsittelemättömästä sakokaivoliettestä, heti kalkin lisäyksen jälkeen, kahden sekä 48 tunnin kuluttua kalkin lisäyksestä. Usealla mittauksella haluttiin varmistua sakokaivolietteen pH arvon pysyminen yli 12:ssa. Kenttäkokeissa käytetty pH-mittari oli lainassa Joensuun ympäristökeskukselta ja se oli kalibroitu näyttämään maksimissaan pH-arvoa 9. Tämän vuoksi käytössä olleen pH-mittarin antamia tuloksia verrattiin kenttäkokeiden aikana otettujen näytteiden laboratorio pH-arvoihin.

Vertailusta huomattiin, että kenttäkokeissa käytetty mittari näytti alhaisempaa pH-arvoa kuin laboratoriomittaukset. Esimerkiksi kohteessa M3 kenttäkokeiden aikana mitattu pH kahden tunnin jälkeen stabiloinnista oli 12,01 kun laboratoriomittauksissa kyseinen pH oli 12,6. Kenttäkokeiden pH-mittari näytti aina alhaisempaa arvoa kuin laboratoriossa otettu pH-arvo. Diplomityössä esiintyviin taulukukkoihin käytettiin laboratoriomittauksien tuloksia.

6.4.2 Stabilointiin jatkossa suositeltava pH-mittari

Kalkkistabiloinnin aikana pH mittaus olisi hyvä tehdä ainakin kahdesti. Ensimmäisen kerran pH mitattaisiin kalkin lisäyksen jälkeen ja toisen kerran ennen käsitellyn sakokaivolietteen levittämistä pellolle. Lietteen pH:n mittaamiseen voidaan käyttää pH-liuskoja. Ongelmana liuskojen käyttöön kuitenkin on stabiloidun lietteen korkea pH. Eräässä pH-liuska tyypissä on neljä mittakohtaa, jotka muuttuvat erivärisiksi riippuen lietteen pH:sta. Stabiloinnissa pH-arvo kuitenkin nousee yli 12:n ja vain liuskojen vii-

meisen mittauskohdan väri muuttuu. Värien muutokset ovat vähäisiä ja väri muuttuu riippuen valaistuksesta, sakokaivolietteen lämpötilasta ja katsojasta.

Yhteiskeräilypisteiden toiminnanharjoittajan on suositeltavaa hankkia käyttöönsä pH-mittari, jotta varmistutaan lietteen pH-arvon noususta. Mittarit ovat hyvin erihintaisia noin 2 000-50 € (Atoma Oy 2007; Vaasan elektroniikkakeskus Oy 2007; VWR 2007). Hinnakkaimmilla mittareilla on usein mahdollista mitata myös veden sähkönjohtavuutta ja lämpötilaa. Tärkeää pH-mittarin ostossa on tarkistaa, että mittarin mittausalue on tarpeeksi suuri (vähintään 13:sta asti). Kalkkistabilointiin riittää pH-mittariksi sellainen, jossa on vain pH:n mittaus mahdollisuus. Tärkeää kuitenkin on, että käytettävä mittari on luotettava ja mittaria huolletaan ja kalibroidaan säännöllisesti.

Yksityissakosakaivojen stabilointiin on riittävä käyttää pH-liuskoja, sillä sakokaivolietteen kalkkistabilointi ohjeistuksissa kalkin tarve on ylimitoitettu. On kuitenkin syytä tarkistaa että lietteen pH nousee 12:een, jotta varmistutaan lietteen hygienisoitumisesta. Yksityissakokaivoissa on tällöin perusteltua käyttää pH-liuskoja.

7. KOETULOKSET JA ANALYSOINTI

Kenttäkokeissa otetut näytteet analysointiin Mikkelin Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy on Eviran hyväksymä akreditoitu laboratorio. Laboratoriolla on laatujärjestelmä SFS-EN ISO 9001:2000 sertifikaatti. Laboratoriokokeisiin käytetyt menetelmät on esitelty liitteessä II. Analyyseissä saadut tulokset on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä III.

7.1 Käytetty kalkki

Sakokaivolietteen hygienisoimiseen käytetyn kalkin määrät on esitetty taulukossa 7.1.1. Taulukossa 7.1.1 on esitetty myös sakokaivolietteen pH:n kehitys.

Taulukko 7.1.1 Sakokaivolietteiden stabiloimiseen käytetty kalkki ja pH:n kehitys stabiloinnin aikana.

Tunnus:	Tyyppi:	Lietettä m ³	Kuiva- aine kg _{ka} / m ³	pH	Kalkkia kg	Kalkkia kg/m ³	Kalkkia kg /kg _{ka}	pH 2h:n jälkeen	pH 48h:n jälkeen
S1	Harmaa jätevesi	1,5	2,4	5,6	7,40	4,93	2,06	13,0	13,0
S2	Sakokaivo	2	27,0	6,7	10,40	5,20	0,19	13,0	13,0
S3	Sakokaivo	1	16,0	6,6	8,40	8,40	0,53	13,0	13,0
S4	Sakokaivo	1	85,0	6,7	8,40	8,40	0,10	13,0	13,0
S5	Sakokaivo	1	1,0	7,5	5,50	5,50	5,73	13,0	13,0
M1	Umpikaivo	27	4,0	7,7	180,00	6,67	1,67	12,5	12,3
M2	Musta jätevesi	1	4,0	7,2	8,75	8,75	2,19	12,5	12,3
M3	Sakokaivo	1,5	16	6,9	16,00	10,67	0,67	12,0	12,0
M4	Umpikaivo	13	0,8	6,8	144,00	11,08	13,85	12,6	12,6
M5	Umpikaivo	5	1,2	7,4	35,80	7,16	5,92	12,7	12,3
Y1	Katettu lietesäiliö	25	3,4	7,7	137,30	5,49	1,62	12,0	12,0
Y2	Avonainen lietesäiliö	70	6,1	10,0	540,00	7,71	1,26	12,0	12,0
Y3	Avonainen lietesäiliö	100	22,0	7,3	1050,0	10,5	0,48	10,5	10,0
ka.		19,15	14,5	7,2	165,53	7,73	2,79	12,4	12,3

Kohdassa Y2 kalkin määrä on 150 kg suurempi kuin kalkkistabilointiin olisi tarvittu, tämä johtuu siitä, että kohteessa sakokaivolietteen emäksisyys yritettiin saada mahdolli-

simman suureksi. Taulukon 7.1.1 sakokaivolietteen määrät ovat arvioita. Käsiteltävien lietteiden tarkkoja kuutiomääriä ei selvitetty. Tulevaisuudessa sakokaivolietteen määrä on myös yleensä arvioitava, koska tarkkaa mittaa ei yleensä ole mahdollista määrittää.

Taulukkoon 7.1.1 on otettu lietteen kuiva-ainepitoisuudet kenttäkokeissa analysoiduista nolla-näytteistä. Analyysin tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä II. Kokeiden tuloksista yksikössä mg/l kuiva-ainepitoisuus on muunnettu yksikköön $\text{kg}_{\text{ka}}/\text{m}^3$, muunnokseen käytettiin kerrointa $10^{-3} \frac{1 \text{ kg}}{\text{mg m}^3}$. Taulukossa 7.1.1 on kohteen S5 kuiva-ainepitoisuus hyvin matala, josta puolestaan johtuu kalkin suuri määrä suhteutettuna lietteen kuiva-aine pitoisuuteen.

Taulukosta 7.1.1 huomataan että kohteiden M3, M4 ja Y3 käytetyn kalkin määrä kuutiota kohden on suurempi kuin muissa kohteissa. Kohteessa M3 kyseessä oli sakokaivoliete, jossa oli erittäin suuria kiinteitä ulostelauttoja. Kohteiden M4 ja Y3 sakokaivolietteet olivat puolestaan erittäin vesipitoisia. Kohde M4 oli umpikaivoliete, joka sijaitsi maatilamatkailukohteen mökin yhteydessä. Mökistä tuli paljon sauna- ja pesuvesiä, joten ulosteen määrä lietteessä oli erittäin pieni. Kohde Y3 oli taas suuri avonainen umpisäiliö, jossa oli paljon sadevesiä. Kohteen Y3 kalkkistabiloinnin jälkeinen arvo jäi alle 12:n. Kohteen Y3 lietesäiliöön lisättiin kaikki tilalle tilatut kalkit, joten pH ei saatu enää suuremmaksi.

Kenttäkokeita tehdessä huomattiin, että pienissä sakokaivoissa oli ongelmana saada liete ja kalkki kunnolla sekaisin. Samalla huomattiin, että mikäli liete oli hyvin vesipitoista, tarvittiin kalkkia huomattavasti enemmän. Normaalitilanteessa kalkkistabilointiin riittää $8,5 \text{ kg/m}^3$ kalkkiannostus. Mikäli käsiteltävät lietteet ovat vesipitoisia, esimerkiksi umpikaivolietteet ja kaksivesijärjestelmän harmaa vesi, on kalkkiannostukseen aina lisättävä kalkkia 5 kg/m^3 . Suuriin lietesäiliöihin on kalkkia varmuuden vuoksi lisättävä aina $13,5 \text{ kg/m}^3$, jotta varmistutaan lietteen riittävästä hygienisoitumisesta. Kalkin voi lisätä lietteeseen joko jauheena tai veteen sekoitettuna. Varsinkin pienissä kaivoissa kalkin pölyyntymiseltä vältytään kun liete sekoitetaan ennen lietteeseen lisäystä pieneen

määrään vettä. Koetulosten pohjalta kirjoitettiin maataloille sakokaivolietteen käsittelyohje, joka on esitetty liitteessä IV.

Diplomityössä tutkittiin pääasiassa sakokaivolietteen hygienisoitumista, mutta mukaan otettiin myös vertailu kohteet harmaista ja mustista jätevesistä. Kalkittaessa sakokaivolietettä kalkin lisääminen aiheutti jonkin verran kuohuntaa, joka oli voimakkaampaa stabiloitaessa harmaata jätevettä. Kuvassa 7.1.1 on vasemmalla harmaata jätevettä sisältävä kalkkistabiloitu kaivo ja oikealla sakokaivolietettä sisältävä kalkkistabiloitu kaivo.



Kuva 7.1.1 Kalkin aiheuttama kuohunta harmaassa jätevedessä (vasemmalla) ja sakokaivolietteenä (oikealla).

7.1.1 Kalkin vaikutus maaperään

Maataloudessa syntyviä ravinnepestöjä voidaan parhaiten estää kalkitsemalla pellot. Suomen peltojen keskimääräinen pH arvo on 5,5–6,0 (Kalkitusyhdistys 2007, 5 sekä Vihersaari 2002, 47). Lisäämällä maan pH:ta voidaan lisätä kasveille käyttökelpoisen ravinteiden määrää. (Kalkitusyhdistys 2007 5 sekä Nordkalk, 5). Suomen rehun tekemän ”Iso-Vilja” –tutkimuksen mukaan keskimäärin pH-arvon 6 omaavasta pellostä jäi fosforilannoituksesta 27 % ja typpilannoituksesta 48 % hyödyntämättä, sadon samalla jääden alle 3 000 kg/ha/a. Kalkitus lisää ja parantaa lannoituksen tehoa sillä samaisessa tutkimuksessa pH-arvon 6,3 omaava pelto käytti lannoitteet hyväkseen paremmin kuin alhaisemman pH-arvon omaava pelto. Lisäksi sato otti maasta keskimäärin 6 kg/ha ylimääräistä fosforia ja 25 kg/ha ylimääräistä typpeä kuin alhaisemman pH-arvon

omaavalla pellolla. Suuremman pH-arvon omaava pelto tuotti 2 000 kg/ha/a enemmän satoa. (Salopelto 2005, 11–14)

Alhainen viljelymaan pH lisää myös liukoisten raskasmetallien määrää. (Kalkitusyhdistys 2007, 5–6 sekä Salo 1998, 53–54). Happamassa viljelymaassa raskasmetallit siirtyvät helpoimmin kasviin. (Luoma 1990, 18 sekä Uusitalo & Salo 2002, 41). Liukoiset metallit voivat myös huuhtoutua pohjavesiin tai kulkeutua valumavesien mukana pintavesiin. Suomen pellot ovat luonnostaan happia ja tehokkain keino hallita liukoisten raskasmetallien määrä on kalkita viljelymaata. (Kalkitusyhdistys 2007, 5–6 sekä Salo 1998, 53–54). Kirjallisuuden mukaan kalkkistabiloitu puhdistamoliete nostaa maan pH-arvoa 0,5–1,5 yksikköä, samalla parantaen ravinnekiertoa ja pieneliöiden oloja. (Viher-
saari 2002, 47). Taulukossa 7.1.1.1 on esitetty yhteiskeräilypisteiden peltojen lähtö pH, lietteen levitysmäärät ja pH levityksen jälkeen.

Taulukko 7.1.1.1 Yhteiskeräilypisteiden pellon lähtö pH, lietteen levitysmäärät ja pellon pH lietteen levityksen jälkeen.

Tunnus:	Lähtö pH	Levitysmäärät		Kasvukauden pH
		m ³ /ha	kg _{kalkkia} /ha	
Y1	6,2	10	54,9	6,0
Y2	6,1	24	185,1	6,0
Y3	6,2	30	315,0	6,3
	6,2			6,1

Taulukon 7.1.1.1 kalkin levitysmäärä on saatu kertomalla levitysmäärä taulukossa 7.1.1 seitsemännessä sarakkeessa olevalla lisättävällä kalkinmäärällä. Taulukosta 7.1.1.1 huomataan, että kalkkistabiloidulla sakokaivolietteellä ei ainakaan välittömästi ollut pellon pH:ta nostavaa vaikutusta. Taulukossa 7.1.1.2 on esitetty yhden viljavuusluokan (0,4 pH-yksikköä) nostamiseen tarvittava kalkkimäärä.

Taulukko 7.1.1.2 Yhdenviljavuusluokan nostamiseen tarvittava kalkin määrä (Nordkalk, 13).

Multavuus	Maalaji			
	Karkea kiv.maa	Savinen kiv.maa	Savi	Aitosavi
Vähämultainen	2 t/ha	3 t/ha	4 t/ha	6 t/ha
Multava	3 t/ha	4 t/ha	5 t/ha	7 t/ha
Runsasmultainen	5 t/ha	6 t/ha	7 t/ha	8 t/ha
Erittäin runsasmultainen	6 t/ha	7 t/ha	8 t/ha	9 t/ha
Multamaa, turve, sulfaattimaa		10 t/ha		

Kalkkistabiloimisessa käytettyä sammutettua kalkkia ei yleensä käytetä peltojen kalkitseamiseen, koska se on kalliimpaa kuin maanparannusaineena käytetty kalkkikivijauhe. Sammutettua kalkkia tarvitaan noin puolet normaalia kalkkia vähemmän eli taulukon 7.1.1.2 arvot on puolitettava. (Kanerva 2006). Kalkittaessa sammutetulla kalkilla pellon viljavuusluokan nostoon tarvitaan siis 1–5 t/ha. Taulukosta 7.1.1.1 olevat käsiteltyjen sakokaivolietteiden kalkkipitoisuudet hehtaaria kohden ovat pienempiä kuin viljavuusluokan nostoon vaaditaan. Käsitellyt sakokaivolietteet eivät siis nosta pellon pH-arvoja merkittävästi. Kuitenkin käsitellyn sakokaivolietteen käyttö vähentää osaltaan pellon kalkitsemisen tarvetta.

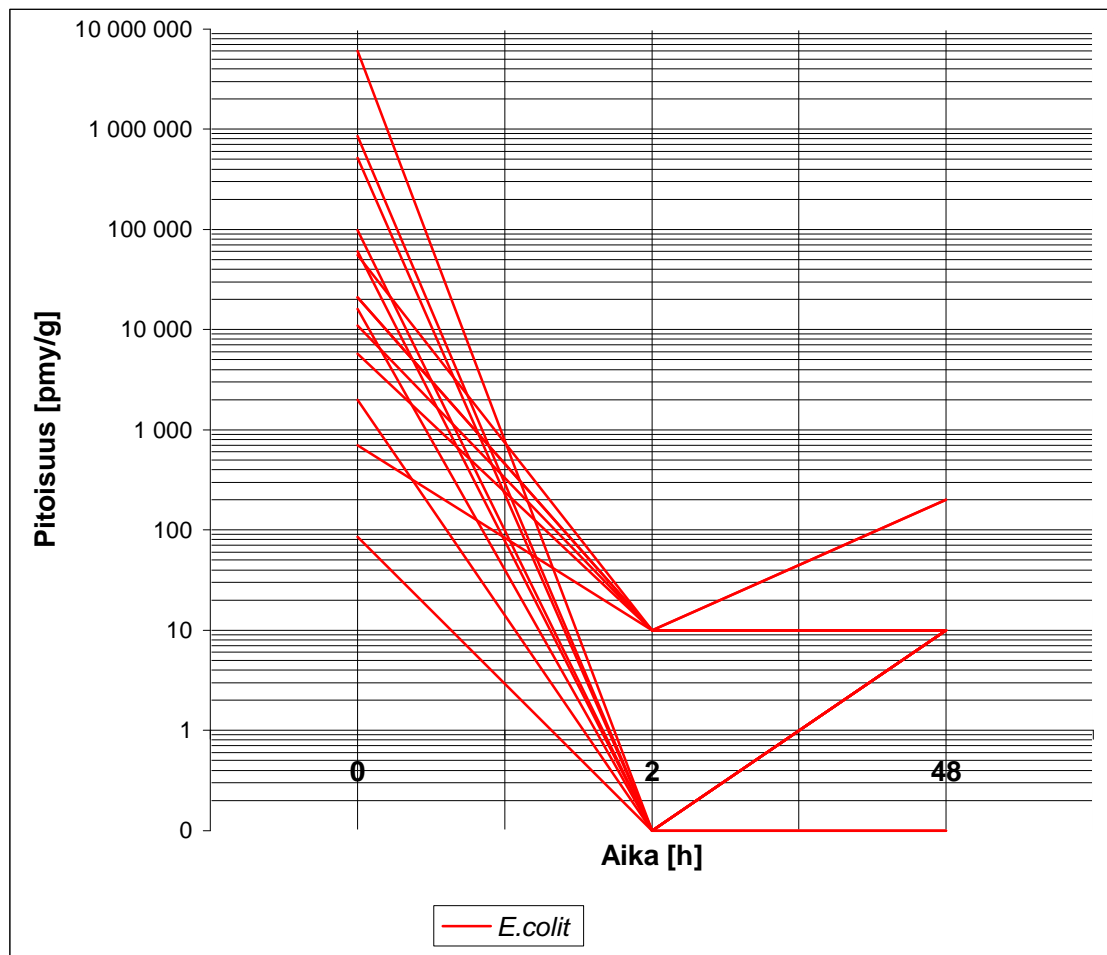
7.2 Sakokaivolietteiden hygienia

Sakokaivolietteen kalkkistabilointikokeessa tutkittiin *Escherichia colit*, enterokokit, salmonella ja ascarias-loinen. Kaikki tutkittavat taudinaiheuttajat ovat luonteeltaan zoonooseja eli ne voivat tarttua eläimestä ihmiseen ja ihmisestä eläimeen. Yksi tartuntatapa on eläinperäisten elintarvikkeiden nauttiminen, jolloin infektio saadaan suun kautta. Tartunnan voi saada myös epäsuorasti jonkin välittävän pinnan kautta. (Tartuntatautiliitto ry 1992, 4)

Kenttäkokeissa otettujen näytteiden *Escherichia coli* ja enterokokki pitoisuudet on esitetty taulukoissa 7.2.1 ja 7.2.2. Taulukkojen arvot on esitetty logaritmisessa taulukossa kuvissa 7.2.1 ja 7.2.2. Kuviin 7.2.1 ja 7.2.2 on eritelty *E.coli* ja enterokokkien määrä stabiloinnin erivaiheissa. Aika-akselilla arvo nolla tarkoittaa lietteestä otetun vertailevan nolla-näytteen taudinaiheuttajien pitoisuuksia. Seuraavat kaksi ja 48 tuntia tarkoittavat taas kenttäkokeissa otettujen I ja II-näytteiden pitoisuuksia. Tarkemmat analyysien tulokset on esitetty liitteessä III.

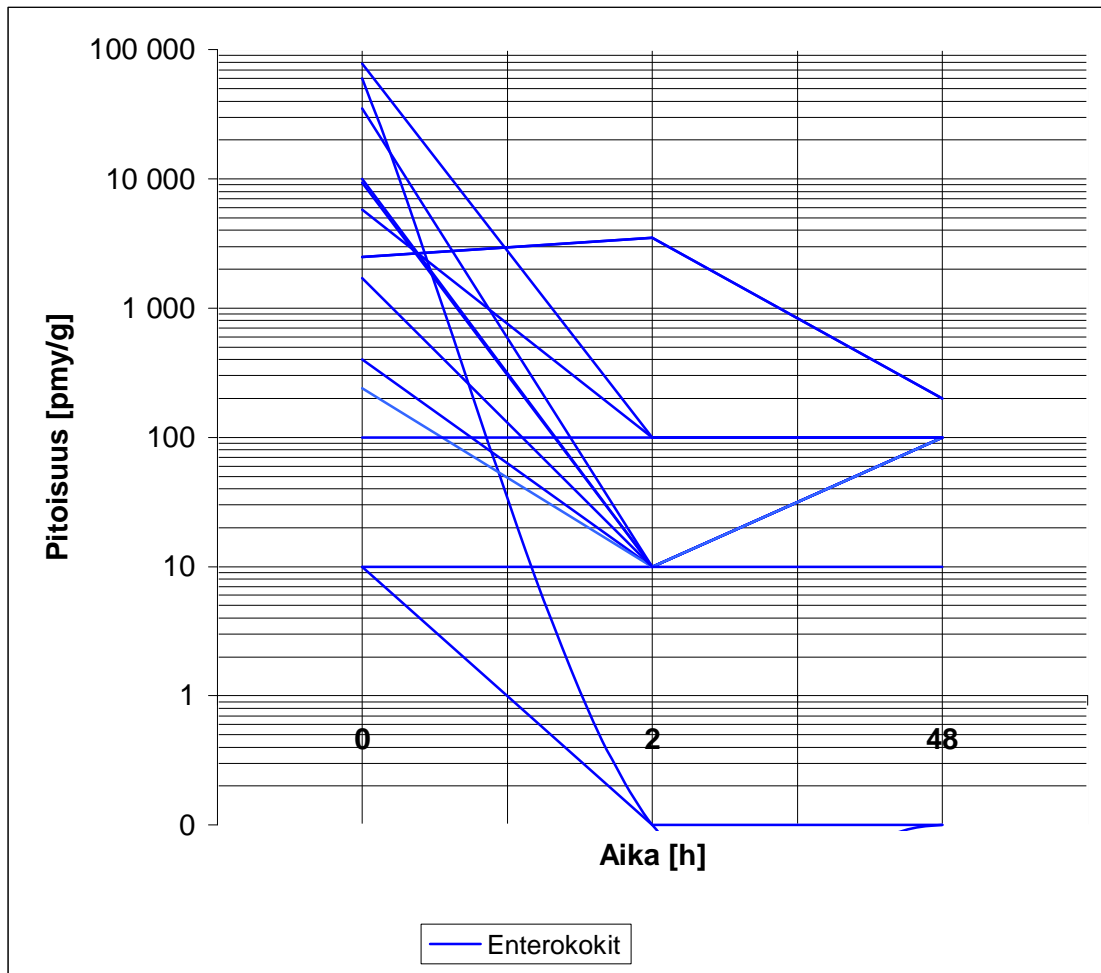
Taulukko 7.2.1. Koestabilointien sakokaivolietteiden *Esheria coli* pitoisuudet.

Tunnus	0-näyte pmy/g	I-näyte pmy/g	II-näyte pmy/g
S1	85	0	<10
S2	98 000	0	<10
S3	520 000	0	<10
S4	860 000	0	<10
S5	2 000	0	<10
M1	60 000	0	0
M2	6 000 000	0	0
M3	55 000	<10	<10
M4	11 000	<10	<10
M5	700	<10	<10
Y1	16 000	0	<10
Y2	5 700	<10	<10
Y3	21 000	<10	200

Kuva 7.2.1 Koestabilointien sakokaivolietteen *Esheria coli* pitoisuudet.

Taulukko 7.2.2 Koestabilointien sakokaivolietteen enterokokkien pitoisuudet.

Tunnus	0-näyte pmy/g	I-näyte pmy/g	II-näyte pmy/g
S1	<10	<10	<100
S2	10 000	<10	<100
S3	9 300	<10	<100
S4	35 000	<10	<100
S5	400	<10	<100
M1	<10	0	0
M2	60 000	0	0
M3	78 000	<100	<100
M4	5 800	<100	<100
M5	<100	<100	<100
Y1	240	<10	<100
Y2	1 700	<10	<10
Y3	2 500	3 500	200



Kuva 7.2.2 Koestabilointien sakokaivolietteen enterokokkien pitoisuudet.

Ennen hyötykäyttöä maataloudessa sakokaivolietteen tulisi olla puhdasta salmonellasta ja *Escheria colin* määrän alle 1 000 pmy/g (MMMä 13/2007 sekä MMELO 2951/835/2005, 2). Kuvista 7.2.1 ja 7.2.2 huomataan, että *E.coli* ja enterokokkipitoisuudet laskevat kahdessa tunnissa melkein kaikissa tapauksissa arvoon 100 pmy/g. Yhdessä kohteessa (Y3) enterokokki pitoisuudet nousivat kahdessa tunnissa alkutilanteen pitoisuudesta 2500 pmy/g pitoisuuteen 3500 pmy/g. Kahden vuorokauden jälkeen enterokokkien pitoisuus oli kuitenkin laskenut samassa kohteessa arvoon 200 pmy/g. Kyseessä oli yhteiskäsittelypiste (Y3) ja kuten taulukosta 7.1.1 huomattiin kohteen lietteen pH nousi vain 10,5:een. Alhainen pH selittää taudinaiheuttajien säilymisen. Kohteesta Y3 *E.colien* määrä väheni kahdessa tunnissa alle 10 pmy/g:een.

Kenttäkokeiden näytteiden analyysien perusteella voidaankin sanoa, että kalkkistabilointi tuhoaa *E.colit* ja enterokokit riittävän tehokkaasti jo kahdessa tunnissa kun lietteen pH on vähintään 12. *E.colin* ja enterokokkien pitoisuudet pysyvät rajoitusten alapuolella seuraavat kaksi vuorokautta. Maataloudessa hyötykäytettävän lietteen on oltava puhdasta myös salmonellasta, joten pelkästään *E.colin* ja enterokokkien tuhoaminen ei riitä.

Maa- ja metsätalousministeriön vuonna 2003 julkistaman tutkimuksen LIVAKE-2001-2002 mukaan kalkkistabilointi osoittautui luotettavaksi, kun kalkkia lisätään lietteeseen riittävä määrä. Tutkimuksessa tutkittiin puhdistamolietteen käytön soveltuvuutta maataloudessa. Tutkimuksessa oli mukana neljä kalkkistabilointia käyttävää laitosta, joista kahdessa stabilointi toimi hyvin. (Vuorinen 2003, 20). Ennen LIVAKE-2001-2002 maa- ja metsätalousministeriö julkaisi pilottitutkimuksen puhdistamolietteen käytöstä maataloudessa eli LIVAKE-2000, johon osallistuneet kaksi kalkkistabilointi laitosta osoittautuivat toimimattomiksi. Kalkkistabiloinnin aikana taudinaiheuttajat eivät vähentyneet lietteessä, vaan kasvoivat. Toisessa näistä laitoksista kasvoi enterokokkien määrä 1 200 pmy/g määrään 90 000 pmy/g. Laitoksesta otetun lietenäytteen pH oli kuitenkin vain 8 eli käytännössä se oli noussut vain noin 2 yksikköä jäteveden normaalista pH:sta. (Ali-Vehmas et al. 2001, 9). Diplomityöhön tehdyissä kenttäkokeissa enterokokkien pitoisuus laski alle 100 pmy/g:n.

Yhteiskeräilypisteistä Y1 ja Y2 löytyi sakokaivolietteestä salmonellabakteeri. Bakteeri tuhoutui näytteistä analyysien mukaan kahdessa tunnissa. Tämä tieto ei kuitenkaan ollut luotettava, koska kokeissa otetut näytteet kuljetettiin Joensuusta Mikkeliin analysoitavaksi. Kahden tunnin kuluttua stabiloinnista otettu näyte ei siis täysin vastannut oikeaa tilannetta. Kalkkistabiloinnin toimimisen varmistamiseksi tehtiin salmonellan tuhoutumisen varmistamiseksi kokeita laboratoriossa.

Yhteiskeräilypisteissä tutkittiin hygienisoidun sakokaivolietteen vaikutus viljeltävän pellon mikrobitasoon. Kompostoinnissa enterokokkien määrän jäämistä alle 5 000 pmy/g pidetään yhtenä käyttökelpoisena hygienisyyden kriteereistä (Ali-Vehmas et al. 2001, 10-11). Pelloilta otettiin kasvukaudella toinen maanäyte, josta analysoitiin *E.coli* ja enterokokit. Peltojen *E.coli* ja enterokokki pitoisuudet jäivät kahdessa yhteiskeräilypisteen kohteessa alle 10 pmy/g. Kohteessa Y3 pellon *E.coli* pitoisuus oli korkeimmillaan 20 pmy/g ja enterokokki pitoisuus alle 100 pmy/g. Kohteen Y3 pellon hygienia oli siis hiukan huonompi kuin kohteiden Y1 ja Y2. Kohonnut taudinaiheuttajien pitoisuus voi johtua muun muassa lietteen alemmasta emäksisyydestä tai peltonäytteen ottoajasta. Kohteen Y3 pH ei noussut kokeessa kuin 10,5:een ja peltonäyte otettiin noin viikon jälkeen levityksestä kun taas kohteiden Y1 ja Y2 pelloista näytteet otettiin noin kuukauden päästä levityksestä.

7.2.1 Salmonellan tuhoutuminen

Kenttäkokeiden aikana salmonella löydös tehtiin kahdesta eri kohteesta. Salmonella saastuneet kohteet olivat yhteiskeräilypisteitä. Yhteiskeräilypisteiden lietesäiliöihin salmonellan tarttuminen on mahdollista esimerkiksi villieläimistä, erityisesti lintujen ulosteista. Kohteeseen Y2 salmonella oli todennäköisesti tarttunut linnuista, mutta kohteessa Y1 salmonella tartunnan lähde oli ihminen.

Kokeiden aikana ilmaantuneen salmonella tartunnan vuoksi lähetettiin yhteiskeräilypisteiden keräysalueen kotitalouksille kirje, jossa ilmoitettiin löytyneestä salmonella tartunnasta ja ohjattiin heitä hakeutumaan salmonellakokeisiin. Kohteessa Y1 yhteiskeräilypisteen toiminnanharjoittaja ilmoitti myöhemmin, että eräästä hänen keräyspiirissään olevalla henkilöllä oli todettu kyseisissä kokeissa salmonellatartunta. Kyseisellä henki-

löllä oli salmonella ollut täysin oireeton. Kohteen Y2 liete säiliö oli täysin avonainen, jolloin salmonellatartunta on todennäköisesti tullut salmonellaa kantavien lintujen ulosteista. Kohteen Y1 säiliö oli katettu, joten lintujen levittämän salmonella tartunnan saaminen oli epätodennäköisempää.

Salmonella tuhoutumisen varmistamiseksi tehtiin laboratoriokokeet. Kokeissa sakokaivoon istutettiin keinotekoisesti salmonellabakteeri. Laboratoriokokeisiin käytetty sakokaivoliete otettiin kohteesta, joka ei aikaisemmin ollut mukana kalkkistabilointi kokeissa. Kokeista tehtiin kolme toistoa. Näytteistä analysoitiin kolme kertaa pH ja salmonella.

Nolla näytteestä analysoitiin lietteen pH-taso ja salmonella. Nolla analyysin jälkeen lietteisiin istutettiin salmonella. Salmonella kantana käytettiin *Senftenbergiä*. Kyseinen kanta tilattiin Saksan kautta Isosta-Britanniasta. Saatu kanta ei ollut puhdasta vaan siitä löytyi sekä rikkivety-negatiivisia että positiivisia kantoja. Kannat eristettiin toisistaan ja kokeisiin käytettiin rikkivety-negatiivista kantaa. Suomessa ei *S. Senftenbergin* käyttöön Eviran hyväksymissä laboratorioissa ole kokemusta.

Salmonellaa istutettiin näytteisiin eri määriä: 0,1 ml, 1 ml ja 2 ml. Salmonellan istutuksen jälkeen näytteet kalkittiin määrällä 8,5 kg/m³. Kalkituksen jälkeen lietteen annettiin stabiloitua kaksi tuntia, jonka jälkeen näyte sekoitettiin ja otettiin I-näyte. Toinen näyte otettiin 48 tunnin kuluttua. Salmonellan tuhoutuminen varmistamiseksi tehtyjen laboratoriokokeiden tulokset on esitetty taulukossa 7.2.1.1.

Taulukko 7.2.1.1 Laboratoriossa tehtyjen salmonellakokeiden tulokset. Todettujen salmonella tartuntojen jälkeen sulussa oleva merkki osoittaa onko kanta rikkivety-positiivinen vai -negatiivinen.

	Pitoisuus pmy/ml	ml	0-näyte		I-näyte		II-näyte	
			pH	salmonella	pH	salmonella	pH	salmonella
L1	160	1,0	5,9	ei todettu	12,3	todettu (+)	12,4	ei todettu
L2	160	2,0	5,8	ei todettu	12,3	ei todettu	12,4	todettu (+)
L3	160	0,1	5,9	ei todettu	12,3	ei todettu	12,4	ei todettu

Maa- ja metsätalousministeriön puhdistamolietteen hygienian ja riskitutkimuksessa todettiin salmonella melkein kaikista raakalietteistä. Salmonella ei poistunut tutkimukseen osallistuneessa kalkkistabilointilaitoksessa. (Ali-Vehmas 2001, 18). Taulukosta 7.2.1.1

voidaan todeta, että pieni annos (0,1 ml) salmonellaa tuhoutui kokeessa. Suurempien salmonella-pitoisuuksien kanssa tuhoutuminen oli epävarmaa. Näytteessä kaksi, todettiin salmonella 48 tunnin analyyseissa, mutta ei kahden tunnin analyyseistä. Näytteessä yksi todettiin salmonella taas kahden tunnin kuluttua, mutta ei 48 tunnin näytteestä. Taulukosta 7.3.1.1 nähdään myös, että todettu salmonella on muuttunut rikkivety-negatiivisesta rikkivety-positiiviseksi. Kanta siis muuttui kokeen aikana negatiivisesta positiiviseksi.

Kokeista saatiin ristiriitaisia tuloksia. Kyseinen kanta ei tuhoutunut luotettavasti. Taulukon 7.2.1.1 perusteella voidaan kuitenkin sanoa että näytteessä L2 kahden vuorokauden kuluttua lietteessä oli todennäköisesti vähän salmonellaa, sillä sitä ei todettu kahden tunnin päästä otetusta näytteestä. Toisaalta Ylitarkastaja Vuorisen mukaan *S. Senftenberg* osaa piiloutua lietteeseen ja negatiivinenkaan tulos ei välttämättä ole täysin puhdas salmonellasta. Ensimmäisten laboratorio kokeiden ristiriitaisen tuloksen vuoksi salmonellalaboratorio kokeet uusittiin. Lisälaboratorio kokeet suoritettiin samalla tavalla kuin ensimmäiset salmonellakokeet. Lisälaboratoriokokeiden tulokset on esitetty taulukossa 7.2.1.2

Taulukko 7.2.1.2 Laboratoriossa tehtyjen salmonellakokeiden tulokset.

	Pitoisuus pmy/ml	ml	0-näyte		I-näyte		II-näyte	
			pH	salmonella	pH	salmonella	pH	salmonella
LL1	70	0,1	6,3	ei todettu	12,6	ei todettu	12,5	ei todettu
LL2	70	1,0	6,3	ei todettu	12,6	ei todettu	12,6	ei todettu
LL3	70	1,5	6,2	ei todettu	12,6	ei todettu	12,6	ei todettu
LL4	70	2,0	6,4	ei todettu	12,6	ei todettu	12,5	ei todettu
LL5	70	2,0	6,5	ei todettu	12,6	ei todettu	12,6	ei todettu

Taulukosta 7.2.1.2 voidaan todeta, että *S. Senftenberg* tuhoutui laboratoriokokeiden aikana lietteistä. Tosin taulukosta 7.2.1.2 on huomattava, että salmonellalaimennoksen bakteeripitoisuus millilitraa kohden on huomattavasti pienempi kuin taulukossa 7.2.1.1 esitettyssä ensimmäisissä laboratoriokokeissa.

Salmonellaa ei esiintynyt kenttäkokeissa kuin yhteiskeräilypisteistä. Salmonellan esiintyminen on Suomessa muutenkin suhteellisen vähäistä ja tartunnat saadaan yleensä ulkomailta. Stabiloinnin aikana lietesäiliö/sakokaivo on peitettävä. Katetun lietesäiliön

kannessa oleva aukko on myös peitettävä esimerkiksi pressulla. Käsittelyn aikana säiliöön ei myöskään saa päästää ylimääräisiä vesiä tai lietteitä. Ylimääräiset lietteet kuormittavat käsittelyä ja saattavat alentaa pH-arvoa. Mikäli pH laskee riittävästi, sillä ei ole enää hygienisoivaa vaikutusta. Ulosteperäisiä lietteitä lisättäessä myös käsittelyajan on lisäännyttävä, muuten taudinaiheuttajat eivät tuhoudu tehokkaasti.

Koska salmonellaa ei ole todettu kuin yhteiskeräilypisteissä, voidaan yksityishenkilöiden kaivoissa vaikutusaikana käyttää yleensä kahta tuntia. Kuitenkin jos perheessä tai maatilan navetassa on todettu salmonella, on käsittelyaikana käytettävä kahta vuorokautta eli 48 tuntia. Tällöin käytännöllisemmäksi vaihtoehdoksi tulee viedä liete yhteiskeräilypisteisiin tai jätevedenpuhdistamolle, sillä käsittelyn aikana ei pesu- ja WC-vesiä saa tulla säiliöön. Stabiloitaessa useista talouksista peräisin olevaa lietettä, käsittelyaika on aina kaksi vuorokautta.

Euroopan komission liete-tutkimuksen mukaan kalkkistabilointi sammutetulla kalkilla kuuluu perinteisiin käsittelymenetelmiin kun lietteen pH on vähintään 12 yhden vuorokauden ajan. Tutkimuksen mukaan perinteisesti käsiteltyä lietettä voidaan käyttää laidunmaalla, rehun viljelyssä, viljan viljelyssä, hedelmä tai marjapensaiden lannoituksessa ja maa-alueen kunnostuksessa. (Working dokument on sludge 2000, 4, 9). Diplomi-työhön tehtyjen laboratoriokokeiden mukaan on kuitenkin selvää että *S. Senftenberg* ei tuhoudu vuorokaudessa luotettavasti, mutta kuitenkin tällaista lietettä on Euroopan komission liete tutkimuksen mukaan mahdollista käyttää maataloudessa.

S. Senftenbergin käyttö Suomen olosuhteissa laboratoriotutkimukseen ei ole käytännöllistä sen vähäisen esiintymisen vuoksi. Suomeen kantaa tulee ulkomailta esimerkiksi tuontirehun välityksellä. *S. Senftenberg* käyttöön laboratoriotestauksissa ei ole Suomessa myöskään riittävää kokemusta. Koska *S. Senftenberg* voi piiloitua lietteeseen, ei hygienisointi menetelmän toimivuudesta saada tässä tapauksessa koskaan täyttä varmuutta. Koska Euroopan eri maissa on erilainen bakteerikanta, on vaikeaa määrittää yksi kanta käytettäväksi laboratoriokokeisiin.

7.3 Raskasmetallipitoisuudet

Puhdistamolietteen raskasmetallipitoisuuksia nostavat teollisuuden jätevedet. (Vihersaari 2002, 49). Raskasmetallipitoisuudet ovat yksi este puhdistamolietteen hyödynnettävyydelle. Kriittisiä metalleja puhdistamolietteessä ovat usein kadmium (Cd) ja elohopea (Hg). (Lietteen määrä ja laatu 2007). Kadmium, lyijy ja elohopea ovat ympäristömyrkyjä, jotka saattavat heikentää maan tuotantokykyä (Salo 1998, 50). Sakokaivoliete on peräisin vain kotitaloudesta, joten sen sisältämät raskasmetallipitoisuudet pitäisivät olla vähäisempiä kuin puhdistamolietteellä Taulukossa 7.3.1 on esitetty sakokaivolietteen raskasmetallipitoisuudet, joita on verrattu vuoden 2003 maatalouskäytössä käytettävän puhdistamolietteen raskasmetallipitoisuuksiin.

Taulukko 7.3.1 Sakokaivolietteiden sisältämät raskasmetallipitoisuudet verrattuna puhdistamolietteen ja sallittuihin pitoisuuksiin (MMM 12/2007).

Tunnus:	As mg/kg _{ka}	Cd mg/kg _{ka}	Cr mg/kg _{ka}	Cu mg/kg _{ka}	Hg mg/kg _{ka}	Ni mg/kg _{ka}	Pb mg/kg _{ka}	Zn mg/kg _{ka}
Y1	<3,4	0,25	5,3	130,0	<0,06	26,0	2,8	100,0
Y2	9	<0,1	1,4	130,0	<0,06	<10	3,7	140,0
Y3	14	0,23	7,4	130,0	0,13	12,0	5,0	230,0
keskiarvo	8,8	0,19	4,7	130,0	0,08	16	3,8	156,7
puhdistamoliete		0,6*	35*	267*	0,5*	23*	15*	412*
sallittu	25	<1,5	<300	<600**	<1,0	<100	<100	<1500**

*) Lähde: Suomen ympäristökeskuksen tietojärjestelmät 2003

**) Enimmäispitoisuuden ylitys lannoitevalmisteista voidaan sallia, kun maaperäanalyysin perusteella on todettu puutetta kuparista tai sinkistä (MMM 12/2007). Tämä ei saa kuitenkaan johtaa suurempiin pitoisuuksiin kuin viljelymaan suurimmat sallitut raskasmetalli pitoisuudet. (VNP 282/1994)

Puhdistamolietteiden raskasmetallipitoisuudet ovat viimevuosien aikana pienentyneet. (Suomen ympäristökeskuksen tietojärjestelmät 2003). Taulukosta 7.3.1 voidaan kuitenkin huomata, että sakokaivolietteiden raskasmetallipitoisuudet ovat pienempiä kuin puhdistamolietteessä. Puhdistamolietteen raskasmetallipitoisuuksia nostavat teollisuuden jätevedet. Sakokaivoihin jäävä liete on peräisin kotitalouksista, joten sen raskasmetallipitoisuudet ovat luonnostaan pienempiä.

Taulukosta 7.3.1 huomataan, että sakokaivolietteiden raskasmetallipitoisuudet vaihtelevat esimerkiksi kohteessa Y1 on suurempi kromipitoisuus kuin kohteessa Y2 ja kohteessa Y3 on suurempi sinkkipitoisuus kuin muissa kohteissa. Sinkkiä käytetään muun

muassa teräksen korroosiosuojaukseen ja seosmetallina. Seosmetallina sinkkiä käytetään kuparin, nikkelin ja alumiinin ja magnesiumin kanssa. (Kiilunen 2005, 93). Taulukosta 7.3.1 huomaa myös, että sakokaivolietteiden raskasmetallipitoisuudet jäävät yleisesti selvästi puhdistamolietteen alapuolelle. Lähimpänä puhdistamolietteen pitoisuuksia on nikkeli (Ni). Nikkeliä on ruostumattomissa teräksessä noin 8 % ja erikoisteräksissä sitä voi olla jopa yli 60 % (Kiilunen 2005, 90). Sakokaivolietteisiin nikkeli on mahdollisesti tullut putkistosta.

Taulukosta 7.3.1 voidaan todeta että käsitellyn sakokaivolietteen raskasmetallipitoisuudet jäävät selvästi valtioneuvoston asettamien raja-arvojen alapuolelle. Raja-arvoja lähimpänä sakokaivolietteessä ollaan kadmiumin (Cd) ja kuparin (Cu) kohdalla. Kadmiumia saadaan muun muassa teollisuusalueiden saastuttamasta ilmasta (Latostenmaa 1976, 68). Kupari tulee puolestaan sakokaivolietteisiin talousvedestä. Talousveden kupari on pääosin peräisin vedenjakelulaitteiden ja -kalusteiden materiaaleista (Kupari 2006). Kuitenkin on huomattava, että esimerkiksi elohopea kuumemittarin rikkoutuessa ja sen sisältämän elohopean päästessä jätevesiin sakokaivolietteen elohopeapitoisuus nousee huomattavasti.

Valtioneuvosto on asettanut raskasmetallipitoisuuksien raja-arvot myös pelloille, joille sakokaivoliettä tai puhdistamolietettä käytetään (VNp 282/1994). Suomen raskasmetallipitoisuudet viljelysmailla ovat kansainvälisesti vertailtuna alhaiset (Vihersaari 2002, 50). Alhaiset pitoisuuden johtuvat muun muassa pelloilla käytössä olevasta fosforilannoituksesta, joka on lähes kadmiumvapaa. Elohopea kuormitus puolestaan loppui vuonna 1990, kun torjunta-ainelautakunta kielsi elohopeapitoisten torjunta-aineiden valmistuksen, maahantuonnin ja myynnin Suomessa. (Salo 1998, 55). Taulukossa 7.3.2 on esitetty yhteiskeräilypisteiden maanäytteiden kasvinravinteet ja raskasmetallipitoisuudet. Vertailun vuoksi mukaan on otettu myös keskimääräiset arvot Suomen viljelypeltojen raskasmetallipitoisuuksista sekä sallitut raskasmetallipitoisuudet.

Taulukko 7.3.2 Kenttäkokeissa käytettyjen peltojen raskasmetallipitoisuudet, verrattuna joko keskimääriäisiin tai sallittuihin pitoisuuksiin. Raskasmetallipitoisuuksien sallitut arvot ovat valtioneuvoston päätöksestä 282/1994.

Tunnus:	pH	Ca mg/l	P mg/l	K mg/l	Mg mg/l	S mg/l	As mg/kg ka
Y1	6,2	2100	9,9	92	160	11	<3
Y2	6,1	3300	9,9	100	310	13	<3
Y3	6,2	1100	10,0	98	180	11	<3
Y3	6,2	1000	7,7	76	180	10	<3
keskiarvo	6,2	1875	9,4	92	208	11	<3
yleinen	5,7*	1441 **	13 **	111 **	205 **	24 **	
sallittu	>5,5	-	-	-	-	-	-
Tunnus:	Cd mg/kg ka	Cr mg/kg ka	Cu mg/kg ka	Hg mg/kg ka	Ni mg/kg ka	Pb mg/kg ka	Zn mg/kg ka
Y1	0,1	13	12	<0,07	5,2	3,3	18
Y2	0,2	45	40	0,12	23,0	7,8	65
Y3	0,1	51	20	<0,07	29,0	6,5	67
Y3	0,1	61	23	<0,07	31,0	6,8	68
keskiarvo	0,1	42,5	24	0,08	22,1	6,1	55
sallittu	<0,5	<200	<100	<0,2	<60	<60	<150
*) Vihersaari 2003, 13							
**) Uusitalo & Salo 2002, 35							

Yhteiskeräilypisteiden ennakkomaanäytteiden kasvin ravinteet ja raskasmetalliarvoja on verrattu MTT:n tekemään tutkimukseen peltomaiden viljavuudesta ja helppoliukoisista raskasmetalleista. Vuonna 1998 tehdyssä tutkimuksessa peltoja oli mukana 720 kappaletta eripuolilta Suomea. Taulukosta 7.3.2 huomataan, että koestabilointeihin käytettyjen peltojen ravinne ja raskasmetalliarvot eivät juuri poikkea Suomen yleisistä arvoista. Koepeltojen raskasmetallipitoisuuden jäävät myös valtioneuvoston asettamien raja-arvojen alapuolelle.

Taulukoista 7.3.1 ja 7.3.2 voidaan päätellä, että sakokaivolietteen hyödynnettävyyden esteeksi ei tule sen sisältämät raskasmetallit ja toisaalta, että peltojen raskasmetallipitoisuuden jäävät raja-arvojen alapuolelle. Mikäli sakokaivolietettä käsitellään ammattimaisesti, ympäristöluvan saamiseksi ehdoksi vaaditaan todennäköisesti seuranta.

7.4 Sakokaivolietteiden levitysmäärä

Lietteen levitysmäärä ei saa ylittää taulukoissa 4.3.1 ja 4.3.3 annettuja liukoisen typen ja fosforin suurimpia sallittuja levitysmääriä ja kokonaistypen suurinta sallittua levitysmäärää 170 kg_N/ha/a (VNa 931/2000). Lietteen levitysmäärä lasketaan sen ravinnearvojen ja raskasmetallipitoisuuksien perusteella. Raskasmetallien suurimmat sallitut levitysmäärät on esitetty taulukossa 4.2.1. Sakokaivolietteiden ravinteet tutkittiin yksityis-sakokaivojen ennakkonäytteistä ja yhteiskeräilypisteiden II-näytteestä, nämä on esitetty taulukossa 7.4.1. Taulukkoon 7.4.1 on otettu vertailun vuoksi myös puhdistamolietteen ja naudan lietelannan ravinteet.

Taulukko 7.4.1 Sakokaivolietteiden sisältämät ravinteet, verrattuna puhdistamolietteeeseen ja naudan lietelantaan.

Tunnus:	Typpi, liukoinen		Typpi, kokonais		Fosfori, liukoinen	
	g/kg ka	kg/t	g/kg ka	kg/t	g/kg ka	kg/t
S1	<140	<0,1	<1000	<0,7	4	<0,1
S2	14	0,28	48	0,92	4,5	0,09
S3	140	0,49	200	0,72	26	0,09
S4	9,4	0,23	34	0,84	3,1	0,08
S5	85	0,1	<580	<0,7	27	0,03
Y1	-	0,15	-	-	4,5	0,01
Y2	14	0,2	-	-	2,3	0,03
Y3	20	0,31	-	-	4,8	0,07
Puhdistamoliete (nestemäinen)	-	1,8-2,7*	-	10-15*	-	P _{kok} = 25*
Naudan lietelanta	-	1,8**	-	3,0**	-	P _{kok} = 0,5**

*) Lähde: Luoma 1990, 13–14
 **) Lähde: Lantatilastot 2004,2

Taulukon 7.4.1 huomataan että kohteen S1 kokonaistypen arvo <1000 g/kg ka on korkea. Kohteen S1 kokonaistypen arvosta oltiin yhteydessä laboratorio analyysit tehneisiin Mikkelin Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy:hyn, josta tuotannonjohtaja Kalevi Koi-vunen vastasi, että kyseisen kohteen kokonaistypen arvo on virheellinen. Virhe oli joh-tunut siitä, että tulos on jäänyt alle määritysrajan. Kohteessa S1 kiintoaineen osuus sa-kokaivolietteestä oli hyvin pieni, joten tuloksena oli tällainen lukuarvo. Oikea määritys kokonaistypelle on yksikössä kg/t. Taulukosta 7.4.1 huomataan että kohteen S1 liettees-sä ei juuri ole liukoista tyyppiä tai fosforia, tämä johtuu siitä että kyseinen kohde sisälsi vain harmaata jätevettä.

Taulukossa 7.4.1 verrattaessa sakokaivolietteen ravinteita puhdistamolietteeseen ja naud-an lietelantaan huomataan, että sakokaivoliete on ravinneköyhää. Kalkkistabiloidun sakokaivolietteiden kuiva-ainepitoisuus vaihteli kenttäkokeiden perusteella 0,2–2,4 %. Puhdistamolietteen ja naud-an lietelannan kuiva-aine pitoisuus on puolestaan noin 8 % (Kuitunen & Martikainen 1993, 2; Lantatilastot 2004, 2; Luoma 1990, 12). Verrattaessa puhdistamolietteeseen ja lietelantaan sakokaivoliete on myös hyvin nestemäistä.

Levitysmäärien laskemiseksi käytetään taulukoiden 7.4.1typpi- ja fosforipitoisuuksia. Typen kokonaispitoisuuden mukainen levitysmäärä lasketaan yhtälöstä 7.4.1 ja kasveille käyttökelpoisen liukoisen typen levitysmäärä yhtälöstä 7.4.2. Kokonaisfosforin levi-tysmäärä lasketaan yhtälöllä 7.4.3 ja liukoisen fosforin mukainen levitysmäärä yhtälöstä 7.4.4.

$$LM_{N\text{-kok}} = \frac{170 \text{ kg}_N/\text{ha/a}}{C_{N\text{-kok}}} \quad (7.4.1)$$

$$LM_{N\text{-liuk}} = \frac{SLM_N}{C_{N\text{-liuk}}} \quad (7.4.2)$$

$$LM_{P\text{-kok}} = \frac{SLM_P}{C_{P\text{-kok}} \cdot 0,85} \quad (7.4.3)$$

$$LM_{P\text{-liuk}} = \frac{SLM_P}{C_{P\text{-liuk}}}, \quad (7.4.4)$$

missä LM on levitysmäärä [$\text{m}^3/\text{ha/a}$], $C_{N\text{-kok}}$ on kokonaistypenmäärä lietteessä [kg/m^3], SLM_N on sallittu levitysmäärä typen suhteen [$\text{kg}_N/\text{ha/a}$], $C_{N\text{-liuk}}$ on liukoisen typen määrä lietteessä [kg/m^3], SLM_P on sallittu levitysmäärä fosforin suhteen [$\text{kg}_N/\text{ha/a}$], $C_{P\text{-kok}}$ on kokonaisfosforin määrä [kg/m^3] ja $C_{P\text{-liuk}}$ on liukoisen fosforin määrä lietteessä [kg/m^3].

Taulukossa 7.4.2 on esitetty yksityiskaivojen ja yhteiskeräily pisteiden sakokaivolietteen levitysmäärät hehtaarille peltoa. Typen ja fosforin suhteen levitysmäärien laskemiseksi

käytettiin taulukoiden 4.3.1 ja 4.3.3 pienimpiä sallittuja levitysmääriä. Typen suhteen sallitut levitysmäärät on esitetty taulukossa 4.3.1. Sallituksi levitysmääräksi liukoisen typen suhteen on otettu $20 \text{ kg}_N/\text{ha}/\text{a}$ eli viljeltävänä kasvina on tällöin esimerkiksi syysruista, syysvehnää tai syysrypsiä. Kokonaistypen suurin sallittu levitysmäärä on $170 \text{ kg}/\text{ha}/\text{a}$. Fosforin sallituksi levitysmääräksi on käytetty taulukosta 4.3.3 kauran fosforin enimmäislevitysmäärää silloin, kun pellon viljavuusluokka on hyvä. Fosforin suhteen levitysmäärä on siis $4 \text{ kg}_P/\text{ha}/\text{a}$. Levitysmääränä käytetään sitä lukuarvoa, jolla saadaan pienin levitysmäärä hehtaarille.

Taulukko 7.4.2 Sakokaivolietteiden levitysmäärät hehtaarille peltoa. Levitysmäärät on laskettu pienimmillä mahdollisilla typen ja fosforin levitysmäärien arvoilla.

Tunnus:	Liukoinen typpi kg_N/m^3	Levitys- määrä m^3/ha	Kokonais- typpi kg_N/m^3	Levitys- määrä m^3/ha	Liukoinen fosfori kg_P/m^3	Levitys- määrä m^3/ha
S1	0,10	200	0,7	243	<0,1	40
S2	0,28	71	0,92	185	0,09	44
S3	0,49	41	0,72	236	0,09	44
S4	0,23	87	0,84	202	0,08	50
S5	0,10	200	0,7	243	0,03	133
Y1	0,15	133	-	-	0,01	423
Y2	0,20	100	-	-	0,03	133
Y3	0,31	65	-	-	0,07	57

Taulukkoon 7.4.2 on ravinteiden pitoisuuden yksiköt muutettu taulukon 7.4.1 arvoista. Muuntamiseen yksiköstä kg/t yksikköön kg/m^3 on käytetty veden tiheyden pyöristettyä arvoa eli $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$. Sakokaivolietteen tiheys on pienempi kuin veden, esimerkiksi kohteen Y2 lietteen tiheys on laboratorioanalyysien mukaan $990 \text{ kg}/\text{m}^3$. Veden tiheyden käyttäminen pyöristää levitysmääriä hiukan alaspäin. Levitysmäärät ovat siis oikealla sakokaivolietteen tiheydellä laskettuja levitysmääriä hiukan pienimpiä, mikä aiheuttaa sen, että valtioneuvoston päätöksen mukaisia ravinnerajoituksia ei ylitetä vahingossa. Diplomityöhön liittyvissä kenttäkokeissa yhteiskeräilypisteiden sakokaivolietteistä ei analysoitu kokonaistyyppiä, tulevaisuudessa tämäkin olisi hyvä määrittää. Liukoisen fosforin tilalla voi vastaavasti määrittää myös kokonaisfosforin.

Taulukosta 7.4.2 huomataan että pienimpien mahdollisten levitysmäärien mukaan laskettuna sakokaivolietteen käyttöä pelolla rajoittaa joko liukoisen typen tai fosforin arvot. On kuitenkin huomioitava, että taulukossa 7.4.2, on käytetty pienempiä mahdollisia

raja-arvoja. Todellisuudessa levitysmäärät voivat olla suurempia riippuen viljeltävästä kasvista ja pellon viljavuustilasta. Lisäksi sakokaivolietteiden ravinnepitoisuudet eivät ole vakioita, vaan ne johtuvat viimeisestä tyhjennysajankohdasta ja sakokaivoa kuormittavien henkilöiden elintavoista. Käsitelty sakokaivoliete ei ole ainoa lannoite viljelymaalle. Sakokaivolietteen ovat myös vesipitoisia, minkä takia niitä ei ole järkevää levittää pellolle suuria määriä.

Taulukossa 7.4.3 on esitetty valtioneuvoston päätöksen mukaiset sallitut pitoisuudet, yhteiskeräilypisteiden raskasmetallipitoisuudet ja lasketut levitysmäärät. Levitysmäärät voi laskea taulukojen 7.4.3 perusteella yhtälöstä 7.4.4.

$$LM_{RM} = \frac{SRM}{RM \cdot ka}, \quad (7.5.3)$$

missä LM_{RM} on levitysmäärä raskasmetallien suhteen [$m^3/ha/a$], SRM on sallittu raskasmetallipitoisuus [g/ha], RM lietteessä oleva raskasmetallipitoisuus [g/g_{ka}] ja ka lietteen kuiva-ainepitoisuus [g_{ka}/m^3].

1163

Taulukko 7.4.3 Sakokaivolietteen levitysmäärät laskettuna raskasmetallipitoisuuksien ja lietteen sisältämän kuiva-aineen avulla.

	Kuiva-aine [$mg/l = g/m^3$]	2 100		14 000		15000	
Sallittu pitoisuus g/ha	Raskasmetalli:	Y1 mg/g_{ka}	Levitysmäärä m^3/ha	Y2 mg/g_{ka}	Levitysmäärä m^3/ha	Y3 mg/g_{ka}	Levitysmäärä m^3/ha
1,5	Kadmium	0,00025	2857	<0,0001	1071	0,00023	435
300	Kromi	0,0053	26954	0,0014	15306	0,0074	2703
600	Kupari	0,13	2198	0,13	330	0,13	308
2	Elohopea	<0,00006	15873	<0,00006	2381	0,00013	1026
100	Nikkeli	0,026	1832	<0,01	714	0,012	556
150	Lyijy	0,0028	25510	0,0037	2896	0,005	2000
1500	Sinkki	0,1	7143	0,14	765	0,23	435

Taulukoista 7.4.2 ja 7.4.3 voidaan todeta, että sakokaivolietteen sisältämät liukoisen typen ja fosforin pitoisuudet ovat yleensä levitystä rajoittava tekijä. Taulukosta 7.4.3 on huomioitava että lietteiden kuiva-ainepitoisuudet vaihtelevat huomattavasti, mikä puolestaan aiheuttaa tuloksien erilaisuuden. Taulukosta 7.4.3 huomataan kuitenkin, että

sakokaivolietteen sisältämät raskasmetallipitoisuudet eivät yleensä rajoita lietteen käyttöä lannoitteena. Taulukkoon 7.4.4 on kerätty taulukoiden 7.4.2 ja 7.4.3 levitysmäärien tiedoista pienimmät arvot.

Taulukko 7.4.4 Sakokaivolietteen levitysmäärät.

Tunnus:	Levitysmäärä m³/ha	Rajoittava tekijä
S1	40	Fosfori 4 kg _P /ha/a
S2	44	Fosfori 4 kg _P /ha/a
S3	41	Liukoinen typpi 20 kg _N /ha/a
S4	50	Fosfori 4 kg _P /ha/a
S5	133	Fosfori 4 kg _P /ha/a
Y1	133	Liukoinen typpi 20 kg _N /ha/a
Y2	100	Liukoinen typpi 20 kg _N /ha/a
Y3	57	Fosfori 4 kg _P /ha/a

Taulukoiden 7.4.4 perusteella voidaan sanoa, että lietteen turvallinen levitysmäärä noin 40 m³/ha. Tätä levitysmäärää käytettäessä ei valtioneuvoston mukaiset raja-arvot typen, fosforin ja raskasmetallien kohdalta ylity yhdessäkään kohteessa. Suositusten mukaan sako- ja umpikaivojen levitysmäärä on alle 20 m³/ha ja liete on levitettävä maahan ensisijaisesti keväällä (Pohjois-Savon ympäristökeskus 2006, 2). Levittämisen jälkeen liete on muokattava, mullattava tai kynnettävä peltoon (VNa 931/2000).

Taulukon 7.4.4 arvoista on huomioitava, että yhteiskeräilypisteiden (tunnuksessa Y) sakokaivolietteistä ei analysoitu kokonaistyyppiä. Kuitenkin on epätodennäköistä, että kokonaistyyppi olisi vaikuttanut tässä tapauksessa levitysmääriä alentavasti. Sakokaivolietteen sisältämä kokonaistyyppi rajoittaa levitystä silloin, kun sallitut liukoisen typen ja fosforin levitysmäärät ovat suurempia.

Taulukosta 7.4.4 huomataan, että pääsääntöisesti yhteiskeräilypisteiden sakokaivolietettä saa levittää pellolle huomattavasti enemmän kuin yksityiskohteiden. Tämä johtuu siitä, että yhteiskeräilypisteissä kalkkistabiloidut sakokaivolietteet sisälsivät enemmän vettä. Sakokaivolietteen varastona toimivaan lietesäiliöön valuu helpommin esimerkiksi sulamis- ja sadevesiä kuin kiinteään sakokaivoon. Poikkeuksena tähän oli kuitenkin kohteen Y3 liete. Kohteen Y3 lietteessä oli enemmän ravinteita kuin muissa yhteiskeräily-

lykohteissa, tämä johtuu todennäköisesti siitä että käsiteltävässä lietesäiliössä oli vesiosuuskunnan puhdistamosta peräisin olevaa lietettä.

7.5 Kustannuslaskenta

Sakokaivolietteiden kalkkistabilointi kustannukset ovat suhteellisen alhaiset. Jotta kalkkistabiloinnin kustannuksista saataisiin parempi käsitys, on niitä verrattu kohdassa 3.2 laskettuun kustannukseen ja kustannuksiin, mikäli sakokaivolietteen hakisi loka-autot.

Kohdan 3.1 mukaisesti oletetaan että maatilalla on valmiiksi 6 m³ imupainevaunu ja traktori, joten niiden investointi kustannuksia ei oteta huomioon. Laskutettuna traktorintyön hinta on 35,99 €/h, traktORITYÖTUNTI hinnassa on mukana verot, sivukulut ja kate. (maatalouskonurakointihintoja vuonna 2004). Urakoitsija hakee lietettä vuodessa 25 kohteesta (2 m³/kotitalous). Yhdellä kerralla urakoitsija saa haettua lietettä kolmesta eripaikasta ja yksi hakukerta kestää keskimäärin kaksi tuntia. Sakokaivolietteä haetaan siis yhdeksän kertaa, mikäli joka kohteessa saadaan täydet 2 kuutiota lietettä. Sakokaivolietteet laitetaan väliavarastointiin lietesäiliöön, jossa se myöhemmin kalkkistabiloidaan.

Taulukosta 3.1.1 saadaan naapureilta haetun sakokaivolietteen hakukustannukset, jotka ovat 648 € Eräs jätehuolto-yhtiö veloittaa sakokaivon tyhjennyksestä 89,10 € minkä lisäksi täytyy maksaa jätevesimaksu. Jätevesimaksu eli käsittelymaksu määräytyy kunnittain. (Mustonen 2006). Jätevesimaksulle käytetään samaa lukuarvoa kuin luvussa 3.2 eli 13,70 €/m³ (Paajanen & Mynttinen 2006, 15,19). Jätehuolto-yhtiön loka-autot on tilavuudeltaan 10–11 m³ (Mustonen 2007). 50 m³ sakokaivolietteen kuljettamiseen loka-auton täytyy käydä maatilalla 5 kertaa. Yhtälöstä 7.5.1 voidaan laskea kustannukset, kun loka-auto hakee maailoilta kerätyn sakokaivolietteen.

$$K_{\text{loka}} = k \cdot KM + (V_{\text{sk}} \cdot JVM) \quad (7.5.1)$$

missä K_{loka} on loka-auton aiheuttamat kustannukset [€], k on loka-auton käyntikerrat, KM on loka-auton käyntimaksu [€], V_{sk} on lietteen tilavuus [m^3] ja JVM on jätevedenpuhdistamokohtainen jätevesimaksu [€/m³].

Kalkkistabiloinnista aiheutuvat kustannukset määräytyvät lietteen hausta naapureilta, kalkin hinnasta, stabilointiin käytetystä ajasta ja ympäristöluvan hinnasta. Sammutetun kalkin hinta 30 kg säkeissä on 6–12 €/säkki. Mikäli kalkkia tilataan suoraan valmistajalta isommissa erissä, hinta on noin 6 €/säkki. Yksittäin ostetun säkin hinta on keskimäärin 10,50 €. Kalkin lisäämisestä aiheutuvat kustannukset voidaan laskea yhtälöstä 7.5.2. Kun oletetaan että kalkin lisäämiseen ja lietteen sekoittamiseen kuluu noin kaksi traktorityötuntia.

$$K_{\text{Ca(OH)}_2} = (V_{\text{sk}} \cdot m_{\text{Ca(OH)}_2}) \cdot H_{\text{Ca(OH)}_2} + 2 \text{ h} * TT, \quad (7.5.2)$$

missä $K_{\text{Ca(OH)}_2}$ on kalkin lisäämisestä aiheutuva kustannus [€], V_{sk} on säiliön koko [m^3], $m_{\text{Ca(OH)}_2}$ on lisättävän kalkin määrä [kg/m^3], $H_{\text{Ca(OH)}_2}$ on kalkin hinta [€/kg] ja TT on traktorityötunnin hinta [€/h].

Ennen kuin lietteiden kalkkistabilointi voidaan aloittaa, on yhteiskeräilypisteiden ilmoitustauduttava paikallisen ympäristökeskuksen jätetiedostoon ja haettava ympäristöluva. Lisäksi toiminnan harjoittaja on velvollinen ilmoittamaan Eviran rehu- ja lannoitevalvontayksikön ylläpitämään toimijarekisteriin, pitämään tiedostoa käsittelymääristä, laatimaan ja toteuttamaan omavalvontasuunnitelmaa. Toiminnalla on myös hankittava laitoshyväksyntä.

Kunnan ympäristösuojeluviranomainen perii ympäristöluvan käsittelystä keskimäärin 1324 €maksun ja laitoshyväksyntä maksu on 265,00 €(MMM 296/2006 sekä Mynttinen 2006). Ympäristöluvan ja laitoshyväksynnän kustannukset maksetaan ensimmäisenä vuonna toiminnan aloituksesta, jonka jälkeen niitä ei tarvitse uusia, mikäli käsiteltävät lietemäärät pysyvät samoina ja seurannassa ei ilmene ongelmia. Paikallisen ympäristökeskuksen jätetiedostoon ilmoittautuminen on myös maksullista. Jätetiedostoon

ilmoittautuminen maksaa 130 € Eviran rehu- ja lannoitevalvontayksikön toimijarekisteriin ilmoittautuminen on maksutonta.

Taulukkoon 7.5.1 on kerätty yhteiskeräilypisteiden lietesäiliöiden käsittelykustannuksia. Jätevesimaksuna on käytetty vuoden 2006 keskiarvoa eli 13,70 €/m³ (Paajanen & Myntinen 2006, 15,19). Jätehuoltoyhtiön loka-auton käyntimaksuna on käytetty 89,10 € (Mustonen 2006). Traktorintyötunnin hinta on 35,99 €/h (maatalouskonurakointihintoja vuonna 2004). Kalkkistabiloinnin kohdalla kustannukset on esitetty sekä maksullisten lupien kanssa että ilman. Laskettaessa kalkkistabiloinnin kustannuksia on yhtälöstä 7.5.2 oletettu, että kalkki ostetaan suoraan valmistajilta eli hinta on 6 €/á (30 kg säkki) ja että kalkkia lisätään 13,5 kg/m³.

Taulukko 7.5.1 Sakokaivolietteen käsittelykustannukset.

	Sakokaivolietteen haku maataloilta €	Muut kustannukset €	Hinta €	Hinta €/m ³
Jäteveden puhdistamoille kuljetus	648	1657	2305	46
Loka-autolla lietteen haku	648	1131	1778	36
Kalkkistabilointi ja luvat	648	1926	2574	51
Kalkkistabilointi	648	207	855	17

Taulukosta 7.5.1 huomataan, että ensimmäisenä vuonna kalkkistabilointi on kalliimpi kuin kuljetus puhdistamoille. Kun ympäristölupa ja laitoshyväksyntä on haettu ja jäte-tiedostoon ilmoittautumismaksu maksettu, on kalkkistabilointi halvin vaihtoehto lietteen käsittelylle. On huomattava että esimerkkilaskuissa on vain erään yhteiskeräilypisteen tilanne, esimerkiksi sakokaivolietteen loka-auton kustannukset, käsittelymaksu ja ympäristöluvan kustannukset muuttuvat kunnittain sekä etäisyys jätevedenpuhdistamolle vaihtelee.

Vertailun vuoksi lasketaan yksittäisen tilan kustannukset sakokaivolietteen käsittelyyn. Traktorin, imupainevainun sekä peltoa omistavalle tilalle sakokaivolietteen käsittely sammutetulla kalkilla on edullisempi vaihtoehto kuin yhteiskeräilypisteille, sillä tilan ei tarvitse hankkia ympäristölupaa. Mikäli sakokaivolietettä ei käsitellä itse, kutsutaan tilalle loka-auto lietettä hakemaan. Oletetaan että yksityishenkilön sakokaivo on 2 m³ ja lasketaan sakokaivolietteiden käsittelykustannukset yhtälöillä 7.5.1 ja 7.5.2. Yhtälöön

7.5.2 on kalkin hinnaksi käytetty yksittäin ostetun kalkkisäkin hintaa eli 10,50 €/á (30 kg säkki) ja kalkinannosteluksi 8,5 kg/m³. Käsittelykustannukset yksittäiselle tilalle on esitetty taulukossa 7.5.2.

Taulukko 7.5.2 Sakokaivolietteen käsittelykustannukset yksityiselle tilalle.

	Hinta €	Hinta €/m ³
Loka-autolla lietteen hakeminen	117	58
Kalkkistabilointi	78	39

Taulukosta 7.5.2 nähdään että kalkkistabilointi tulee yksityishenkilölle loka-autokuljetusta edullisemmaksi. Verrattaessa taulukoiden 7.5.1 ja 7.5.2 arvoja huomataan, että kuutiota kohden kalkkistabilointi tulee edullisemmaksi yhteiskäsittelypisteillä, silloin kun niillä jo olemassa oleva ympäristölupa, laitos- ja jätetiedostoon hyväksyntä.

7.6 Tulosten luotettavuus

Diplomityöhön sisältyvät kenttäkokeiden analyysit tehtiin Mikkelin Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Näytteet matkasivat rahtina Joensuusta Mikkeliin. Siirtymisen aikana kalkin hygienisoivaa vaikutusta ei voinut pysäyttää, joten kahden tunnin näytteet eivät suoraan vastaa oikeaa kahden tunnin jälkeistä mikrobiologista tilaa. Näytteet lähetettiin Joensuusta aina kello 11.20 Mikkeliin lähtevällä linja-autolla, jolloin näytteitä täytyi säilyttää myös ennen lähetystä. Käytännössä kauempana tehtyjen kenttäkokeiden näytteet lähtivät matkaan vasta seuraavana päivä.

Käytännössä pH:n ollessa yli 12:n *E.colin* ja enterokokkien pitoisuus laskee kuitenkin alle 1000 pmy/g jo kahdessa tunnissa, kuten liitteessä I olevasta koestabiloinnin tulokista voi todeta. Näin ollen kyseenalaiseksi jäi lähinnä salmonellan tuhoutuminen. Tämän takia tehtiin erilliset salmonella kokeet laboratorio-olosuhteissa. Salmonellakokeissa käytetty kanta *S. Senftenberg* kuitenkin osoittautui luultua hankalammaksi. Kyseinen kanta vaihteli rikkivety-negatiivisesti positiiviseen. Ja kuten taulukosta 7.3.1.1 voitiin todeta, yhden näytteen kohdalta salmonella poistui kahden tunnin kuluttua käsittelystä, mutta se oli taas ilmestynyt lietteeseen 48 tunnin vertailu näytteessä.

Diplomityössä ei analysoitu kaikkia jätevedessä mahdollisesti olevia taudinaiheuttajia, joten hygienisoidussa lietteessä saattaa olla tauti-aiheuttavia mikroeliöitä esimerkiksi erityisesti vaikeasti tuhoutuvia loisten munia. Esimerkiksi yhdessäkään kenttäkokeiden lietteessä ei todettu analysoitua *Ascarias*-loista. Sen tuhoutumisesta kalkkistabilointikoikeissa ei näin ollen tiedetä. Jäteveden sisältämiä viruksia ja loismunia ei voida luotettavasti hävittää lietteen käsittelymenetelmillä (Latostenmaa 1976, 33 sekä Luoma 1990, 22). Kalkkistabilointi osoittautui säädösten mukaan tarpeeksi tehokkaaksi menetelmäksi.

Kustannuslaskennassa on laskettu erään maatalon kustannukset sakokaivolietteen eri käsittelyvaihtoehdoille, eikä se anna täysin oikeaa vertailutulosta. Haja-asutusalueiden maatalojen sijainnit vaihtelevat ja jätemaksut ovat kunnittain erilaisia, myös sakokaivolietettä kuljettavilla jäteyhtiöillä on eri taksoja. Lisäksi yhteiskeräilypisteiden sakokaivolietteen analysoinnista aiheutuvia kustannuksia ei ole laskettu mukaan, koska näytteen ottotiheyksiä ei työtä tehdessä ole saatu varmaa tietoa. Kustannuslaskenta antaa kuitenkin jonkinlaisen arvion kalkkistabiloinnin kustannuksista verrattuna muihin menetelmiin.

Lisäksi lietesäiliöiden stabiloinnissa ei tarkkaa tilavuutta määritetty vaan kalkki lisättiin tilavuuden arvion mukaan. Tämän takia onkin suositeltavaa, että yhteiskeräilypisteet hankkivat käyttöönsä pH-mittarin, jolla varmistetaan lietteen riittävä pH:n nousu. Sakokaivoissa tilavuuden arvioiminen on helpompaa, mikäli säiliö on täynnä ja sen tilavuus tiedetään. Kuitenkin jos säiliö on vasta tyhjennetty tai kaivo on muuten vähäisessä käytössä, on sen tilavuus arvioitava. Tällaisissa tapauksissa kalkkia lisätään suurimman tilavuuden arvion mukaan, jotta käsiteltävä liete saavuttaa varmasti pH arvon 12.

Kenttäkokeissa käytössä ollut pH-mittari näytti pienempiä pH arvoja kuin laboratorion kokeiden tulokset. Tarkoituksena kuitenkin oli nostaa lietteen pH arvo yli 12:n, joten diplomityön ja kokeiden onnistumisen kannalta ei ollut tärkeää saada täysin tarkkaa pH-arvoa. Kokeiden aikana kenttäkokeissa käytetyn pH-mittarin ja laboratorioanalyysien mukaan pH-arvo nousi kaikissa paitsi yhdessä kohteessa yli 12:n.

Kenttäkokeissa oli mukana 13 kohdetta, joka on pieni määrä haja-asutusseudun kotitalouksissa. Maaseudun jätehuolto Pohjois-Karjalassa –hankkeen tarkoituksena oli tutkia mahdollisuus sammutetun kalkin käyttöön sakokaivolietteiden hygienisoimisessa. Diplomityön pohjalta tehdyt kenttäkokeet ovat siis pilotti-kokeita ja vaatimusten tiukentuessa on tarpeellista tehdä laajempia lisätutkimuksia kalkkistabiloinnin tehokkuudesta. Kenttäkokeissa huomattiin myös, että jätevesilietteiden pH:n nostamiseen 12:een käytettiin hyvin eri määriä kalkkia kuutiota jätevesilietettä kohden, pienimmillään $4,93 \text{ kg/m}^3$ ja suurimmillaan $11,08 \text{ kg/m}^3$.

Kenttäkokeet suoritettiin maatilalla käytössä olevalla laitteistolla, joten tarkkoja mittauksia oli mahdotonta tehdä. Kalkki lisättiin tavallisella vetomitalla jonka katsojasta johutuva virhemarginaali on keskimäärin $\pm 0,05 \text{ kg}$. Lisäksi suurien lietesäiliöiden tilavuus on arvioitava, sillä niiden mittaaminen tarkasti ei ollut mahdollista. Lietesäiliöiden mittaamisessa tuli suurin heitto kohteessa Y3, jonka jätevesilietteen tilavuus arvioitiin toiminnanharjoittajan toimesta aluksi 90 m^3 . Lietettä pellolle levitettäessä huomattiin, että jätevesilietettä oli säiliössä noin 100 m^3 . Muiden suurien säiliöiden tilavuuden arvioitiin tuli alle kuution heittoja. Kenttäkokeissa käytetty pH-mittarin virhe oli keskimäärin $+ 0,8$ -yksikköä.

8. STABILOINNIN RAJOITUKSIA

Sako- ja umpikaivolietteiden hyötykäyttöön maataloudessa liittyy monia ongelmia, kuten peltolevitystä koskevat tiukat rajoitukset ja kielteiset asenteet. Diplomityötä tehdessä kielteisiin asenteisiin ei kuitenkaan törmätty. Viljelijät kokivat maataloilla käsittelyn ja lietteen hyötykäytön hyvänä asiana. Käsittelmällä liete itse ei maatilalle tarvitse kutsuja loka-autoa tai lähteä itse monien kymmenien kilometrien päähän kuljettamaan jäte-
lietettä. Kalkkistabilointi koettiin myös helppona menetelmänä.

Kalkkistabilointia rajoittavat: stabiloinnin kesto, sakokaivoon kuulumattomien materiaalien vaikutus ja laitteiden kestävyys. Yksityiskaivoja hygienisoidessa kalkkistabilointiin vaikuttaa myös luvussa 3.1 esitellyt jätevesien käsittelyjärjestelmät. Jätevesikäsittelyjärjestelmien soveltuvuus kalkkistabilointiin on esitetty luvussa 5.3. Yksityiskaivoissa kalkkistabilointi on pystyttävä tehokkaasti eristämään varsinaisesta jätevesienpuhdistus prosessista, jotta prosessi ei häiriinny.

Haja-asutusalueilla jätevesien hygienisointi kalkilla yksityishenkilöiden toimesta ei ole Suomessa yleinen menetelmä, joten sen vaikutuksista pienpuhdistamoihin ja maa-
suodattamoihin on vähän tietoa. Diplomityöhön kuuluneet koestabiloinnit sujuivat hyvin ja ilman suurempia ongelmia. Kuitenkin mahdollisiin ongelmiin on varauduttava, kun menetelmää käytetään yleisemmin. Suurimman rajoituksen menetelmän käyttöön ja sen tehokkuuteen aiheuttaa käsiteltävän jäteveden vesipitoisuus.

8.1 Stabiloitavat lietteet

Kalkkistabilointi sopii hyvin sakokaivolietteiden käsittelyyn, koska lietteessä on kiinteää ulostetta suhteellisen paljon verrattuna esimerkiksi umpikaivoihin. Umpikaivojen ja avonaisten lietesäiliöiden lietteiden käsittelyyn kalkkistabiloinnin käyttö on vaikeampaa niiden suuremman vesipitoisuuden takia. Suuri veden osuus lietteessä lisää käytettävän kalkin määrä ja samalla myös stabiloinnista aiheutuvia kustannuksia.

Diplomityöhön tehdyissä kenttäkokeissa oli mukana lähinnä pieniä sakokaivoja. Suurimmat säiliöt olivat umpikaivoja tai lietesäiliöitä. Lietesäiliöissä on usein sade- ja sulamisvesiä. Vettä pääsee lietesäiliöön riippumatta siitä onko se katettu tai kattamaton, tosin kattamattomassa säiliössä vesiä on enemmän. Kenttäkokeiden perusteella voidaan sanoa että kalkkistabilointi toimii alle 100 m³ säiliöissä. Suurin kenttäkokeiden aikana stabiloitu lietesäiliö oli 100 m³.

8.2 Stabiloinnin kesto

Kalkkistabiloinnin aikana käsiteltävän lieteen määrä ei saa lisääntyä, joten stabilointiin kulutettava aika asetta tiettyjä rajoituksia. WC ja pesutiloja ei siis ole suotavaa käyttää stabiloinnin aikana. Lietesäiliöissä stabilointiin tarvittava aika tuottaa harvoin ongelmia, koska ne ovat erillään jätevedenkäsittelyjärjestelmästä. Ylimääräisen veden tulo säiliöön on lietesäiliöiden suurin ongelma. Mahdollisten valumavesien ja sadeveden pääsy säiliöön on estettävä. Kattamaton säiliö on stabiloinnin ajaksi peitettävä esimerkiksi pressulla.

Sakokaivoissa liete on annettava stabiloitua vähintään kaksi tuntia. Tuona aikana ei jätevedenkäsittelyjärjestelmään saa päästä uutta lietettä eli taloudessa on veden käyttö kielletty stabiloinnin ajan. Mikäli taloudessa, jossa kalkkistabilointia suoritetaan, on todettu salmonella tai taloudessa vierailevalla henkilöllä salmonella on käsittelyajaksi käytettävä kahta vuorokautta. Kahden vuorokauden stabilointi aikaa käytettäessä on liete sekoitettava uudelleen kahden tunnin jälkeen stabiloinnista, jotta varmistutaan lieteen ja kalkin tehokkaasta sekoituksesta.

Suurissa lietesäiliöissä stabilointiaika on 48 tuntia. Käsitelty liete on stabiloinnin jälkeen levitettävä mahdollisimman nopeasti pellolle. Lietteen pH-arvo alkaa laskea stabiloinnin jälkeen ja pH:n laskiessa neutraaliin mikrobien toiminta vilkastuu. Mikäli lietettä kuitenkin joudutaan seisottamaan stabiloinnin jälkeen, on lieteen pH hyvä tarkistaa esimerkiksi pH-liuskalla tai pH-mittarilla. Naudan ja sianlietelantaa hygienisoidessa on maa- ja metsätalousministeriön mukaan lieteen pH-arvon oltava yli 10 viikon jälkeen

käsittelystä (Maa- ja metsätalousministeriö 1999). Mikäli sakokaivolietteen pH laskee alle 11, on se stabiloitava uudelleen ennen levitystä pellolle.

8.3 Sakokaivoon kuulumattomien aineiden vaikutus

Maataloudessa sakokaivolietettä hyödynnettäessä on tärkeää, että käsitellyssä sakokaivolietteenä ei ole sinne kuulumattomia materiaaleja. Kaupunkien jätevesistä löytyy paljon viemäriin kuulumattomia materiaaleja, kuten tamppooneja, kondomeja, terveysseiteitä, vanupuikkoja ja jopa vauvanvaippoja ja tekohampaita. Jätevedenpuhdistamoilla on näiden erottelemista varten mekaaninen erottelu, johon kuuluu esimerkiksi välpät. Mekaaninen erottelu puuttuu haja-asutusalueilla ja kalkkistabiloinnin jälkeen kaikki viemäriin menevät materiaalit löytyvät viljeltävältä pellolta. Esimerkiksi terveysseiteet ja vauvanvaipat maatuvat erittäin hitaasti ja niiden paikka ei ole pellolla.

Yhteiskeräilypisteissä voidaan toteuttaa jonkinlainen karkea mekaaninen erottelu esimerkiksi sijoittamalla verkon lietesäiliön purkukohtaan. Verkko poistaisi suurimmat kiinteät materiaalit kerätystä jätevesilietteestä. Verkko poistaa kätevästi ja suhteellisen vähäisellä investoinnilla yhteiskeräilypisteiden jäteveden kiinteät materiaalit, mutta nestemäisiä se ei voi poistaa. Viemäriin ei kuulu laittaa öljyjä, liuottimia tai puhdistusaineita. Haja-asutusalueilla jätevedenpuhdistusprosessin uusiminen on suuri investointi ja jätevesijärjestelmä halutaan pitää kunnossa. Viemärien avaaminen tukkeutumista maksaa asuinkiinteistön omistajille eikä taloyhtiölle, minkä takia ne halutaan pitää puhtaina. Liuottimet ja puhdistusaineet puolestaan heikentävät jätevesijärjestelmissä käytettyä muovia.

Haja-asutusalueilla kotitalouksissa viemäriin laitetaan vähemmän sinne kuulumattomia materiaaleja kuin kaupungeissa. Suurempi todennäköisyys viemäriin kuulumattomien materiaalien löytämiseen on maatilamatkailukohteissa. Kommunikaatio ongelmat yrittäjien ja ulkomaalaisten sekä kotimaisten turistien tietämättömyys aiheuttaa viemäriverkoston väärinkäyttöä. Silmämääräisellä tutkimuksella kenttäkokeiden aikana löytyi yhdestä umpikaivosta vanupuikkoja, muuten lietteet olivat ”puhtaita”.

8.4 Laitteiden kestävyys

Kalkkistabilointi vaikeutuu maatiloilla, mikäli se aiheuttaa ennen aikaista laitteiden ja koneiden kulumista. Laiteinvestoinnit ovat pienelle maatilalle suuria, joten niiden toivotaan kestävän pitkään. Korroosiolla tarkoitetaan materiaalin vahingoittumista ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta (Kiuru et al. 2003, 279). Kalkittu stabiloitu sakokaivoliete on hyvin emäksistä (≥ 12 pH), tämä herättää kysymyksiä laitteiden kestävyuden kannalta. Aiheuttaako kalkkistabilointi korroosivaikutuksia betoniin, muoviin tai metalleihin?

8.4.1 Kalkkistabiloinnin vaikutus muoviin

Jätevesitekniikassa käytetään ketomuoveja: polyeteeniä, polypropeenia ja polyvinyylieklorideja (YVT tutkimuksia 32 1997, 33). Muovikorroosio on luonteeltaan kemiallista. Saostuskaivoihin käytetty muovi kestää hyvin kaivoissa tapahtuvaa biologista toimintaa. Muovi vahingoittuu helposti tietyistä liuottimista kuten bensiini ja mineraaliöljyt. Kalkkistabiloimisessa ei kuitenkaan tarvita liuottimia, joten niiden aiheuttamaa korroosiota ei ole. (Kiuru et al. 2003, 292–293). Muovit eivät kestä suuria lämpötiloja tai paineen vaihteluita (YVT tutkimuksia 32 1977, 33). Sammutetulla kalkilla stabiloitaessa ei kuitenkaan tapahdu paineen eikä lämpötilan nousua.

8.4.2 Kalkkistabiloinnin vaikutus metalleihin

Metallien korroosiossa on kysymys siitä, että metallilla on taipumus palautua yhdisteeksi, jossa se luonnossa esiintyy. Kuitenkin metallin pintaan muodostuu sopivissa olosuhteissa korroosiolta suojaava kerros. Korroosiolta suojaavaa kalvoa ei muodostu, jos kuljetettava neste on kovuudeltaan ja pH-arvoiltaan alhainen. Veden kokonaiskovuutta voidaan lisätä muun muassa lisäämällä kalkkia veteen. (Kiuru et al. 2003, 279–280, 282, 290). Pelkkä pH-arvon nostaminen ei riitä vähentämään korroosivaikutusta vaan samalla on lisättävä nesteen kovuutta tai alkaliteettia (Cormet Oy 1980, 49). Kalkkistabiloinnissa sakokaivolietteeseen lisätään kalkkia hygienia-asteen saavuttamiseksi, mutta samalla kalkki toimii pH-arvoa ja nesteen kovuutta nostavasti.

Teräksen korroosioon vaikuttaa nesteen happamuus. Alle 5 pH-arvoilla teräs syöpyy vetyä kehittäen, kun taas yli 10 arvoilla korroosionopeus pienenee ja suojakerroksen

paksuus kasvaa. Sakokaivolietteeseen, kuten muihinkin asumajätevesiin, on liennut rikkivetyä. Teräksisen pinnalla rikkivety muodostaa rautasulfidikerroksen, joka kiihdyttää pistekorrosiota. (Kiuru et al. 2003, 280, 291)

Lämpötila vaikuttaa korroosioon merkittävästi. Lämpötilan noustessa korroosionopeus kasvaa, koska metallin pintaan syntyvän suojakalvon muodostumismekanismi puuttuu. (Kiuru et al. 2003, 282). Sammutetulla kalkilla stabiloitaessa lämpötila ei muutu ympäristössä olevan maaperän lämmöstä, joten lämpötilan aiheuttamaa ylimääräistä korrosio ei esiinny.

Kalkin lisääminen sakokaivolietteeseen pienentää metallien korroosioriskiä. Metallin ollessa kosketuksissa jäteveden kanssa on korroosiovaikutus aina otettava huomioon, mutta sakokaivolietteiden käsittely ja kalkitseminen eivät aiheuta normaalikäyttöön poikkeavaa korroosioriskiä.

8.4.3 Kalkkistabiloinnin vaikutus betoniin

Betonia käytetään jätevesitekniikassa yleisesti muun muassa kanavissa ja altaissa. Betoni kestää korrosiota neutraalilla pH-alueella hyvin. Betonista valmistetut lietesäiliöt soveltuvat siis hyvin sakokaivolietteen säilytykseen. (Pulliainen 1997, 27–28). Jätevedenpuhdistamoilla ja betoniviemäreissä yleisin korroosionmuoto on bakteerien aiheuttama korrosio. Bakteeritoiminta on kiihkeimmillään pH-arvoilla 6–8 ja 20°C lämpötilassa. Diplomityöhön tehdyistä kenttäkokeista voidaan huomata, että käsittelemättömien jätevesien pH-arvot asettuvat tähän haarukkaan. (Tunturi 1988, 432)

Sakokaivolietteissä tapahtuva biologinen toiminta aiheuttaa sulfidien lähteen. Kotitalouksin jätevedet saattavat sisältää suuria määriä sulfaatteja, jotka herkistävät betonin sulfaattikorrosiolle. Sulfaattikorrosio voidaan jakaa kahteen: kemialliseen ja fysikaaliseen. Kemiallinen rasitus syntyy sementtikiven mikrorakenteen ja huokoisuuskoon muutoksista. Muutokset johtuvat sulfaattien ja sementin hydrataatiotuotteiden välisistä reaktioista. Sulfaatin pelkistyminen sulfidiksi vaatii hapettoman väliaineen. (Kiuru et al. 2003, 289, 291).

Sakokaivoliete on vähähappista tai täysin hapetonta (Malki et al. 1997, 42 sekä Nummelin 2006). Tästä syystä sulfidien pelkistymisestä aiheutuvaa korroosiota esiintyy käsittelemättömässä sakokaivolietteessä. Kalkkistabiloinnin aikana lietettä kuitenkin sekoitetaan imupainevaunu avulla. Sekoituksen aikana lietteeseen tulee happea, joten sulfaatin pelkistyminen sulfidiksi estyy. Sekoituksen aikana lietteen pH nousee myös yli 12:n. Sulfidia muodostavat bakteerit eivät siedä emäksistä ympäristöä, joten kalkkistabiloinnin aikana ne eivät muodosta sulfaatteja. (Kiuru et al. 2003, 289, 291)

Betoni on emäksinen aine, joten se syöpyy vahvojen emästen vaikutuksesta. Vahvalla emäksellä tarkoitetaan ainetta, joka voi tasapainotilassa neutralisoida hapon täysin. Laboratoriokokeissa on todettu hyvälaatuisen betonin kestävän 10 % lipeäliuosta (NaOH), vasta 20–30 % vahvuinen lipeäliuos syövytti betonia voimakkaasti. Kalkkistabiloinnissa käytetty sammutettu kalkki ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) on kuitenkin betonille täysin vaaraton aine. (Tunturi 1988, 763, 766)

Yhdyskuntien jätevedet ovat yleensä alkalisia eli ne eivät ole sinällään betonille vahingollisia. Betoni voi kuitenkin syöpyä silloin kun rikkiyhdisteet ovat pelkistyneet anaerobisen toiminnan vuoksi rikkivedyksi, joka on edelleen aerobisen bakteerikannan avulla muodostanut rikkihappoa. Tämän kaltaiset vauriot näkyvät nopeana syöpymisenä ja tehokkain ehkäisy menetelmä on betoni astian kunnollinen tuulettaminen. (Tunturi 1988, 764). Lietesäiliössä on lietteen lasku/nosto aukko, jonka kautta tuuletus toimii. Kalkkistabiloinnin kannalta on kuitenkin parasta, että säiliö ei ole kokonaan avonainen, näin kalkki ei pölyä lisättäessä ja stabiloinnin aikana ei säiliöön pääse suuria määriä vettä. Lisäksi kalkkistabiloinnin aikana lietteen lasku/nosto aukko on syytä peittää.

8.5 Työturvallisuus

Sammutettu kalkki on suhteellisen turvallinen aine, mutta sillä on kuitenkin muutamia ominaisuuksia, jotka on sitä käytettäessä otettava huomioon. Sammutettu kalkki ärsyttää silmiä, ihoa ja hengitysteitä ja voi ääritapauksessa olla syövyttävä. Pitkäaikainen altistuminen syövyttää sarveiskalvoa. Haittavaikutukset voivat ilmetä viivästyneinä. Koke-

musperäinen tieto vahvistaa sammutetun kalkin ärsyttävyyden silmille, limakalvoille ja iholle. (Käyttöturvallisuustiedote: sammutettu kalkki 2005, 3)

Hengitettävien hiukkasten suuri pitoisuus voi aiheuttaa yskää. Käytettäessä sammutettua kalkkia sakokaivolietteiden hygienisoimiseen suositellaan käytettäväksi hengityksen suojaintyyppiä P1 (Käyttöturvallisuustiedote: sammutettu kalkki 2005, 2–3). Hengityssuojaimet on luokiteltu luokkiin P1, P2 ja P3. P3 on suojaintyypeistä tehokkain ja sitä käytetään kokonaamarin tai puolinaamarin kanssa. P1 ja P2 hengityksensuojaimet ovat kertakäyttöisiä. Taulukossa 8.4.1 on esitetty suositukset tarvittaviin suojaruukkeisiin käytettäessä sammutettua kalkkia. Taulukossa 8.4.2 on esitetty ensiapuohjeet.

Taulukko 8.5.1 Sammutettua kalkkia käytettäessä suositeltavat suojaruukkeet.
(Käyttöturvallisuustiedote: sammutettu kalkki 2005, 2–3)

Hengityksensuojaus	Vähintään P1 kertakäyttöinen hengityksen suojain
Käsiensuojaus	Käytettävä pölyltä suojaavia suojakäsineitä
Silmiensuojaus	Käytettävä suojalaseja
Ihonsuojaus	Pölyn ihoa kuivaavan vaikutuksen estävää suojaruuketta suositellaan

Taulukko 8.5.2 Ensiapuohjeet käytettäessä sammutettua kalkkia.
(Käyttöturvallisuustiedote: sammutettu kalkki 2005, 2,5)

Hengitys	Siirrettävä raittiiseen ilmaan. Hakeuduttava lääkärin hoitoon altistuksen jälkeen.
Iho altistus	Riisu tahrinutun vaatetus. Huuhtelee iho runsaalla vedellä tai suihkulla.
Roiskeet silmiin	Silmiä huuhdellaan ensi runsaalla vedellä 15 minuutin ajan. Tarvittaessa lääkärin tarkistus. Mikäli ainetta on joutunut paljon silmiin, huuhtelua on jatkettava kuljetuksen ajan lääkärin hoitoon.
Nieleminen	Huuhtelee suu. ÄLÄ oksennuta. Älä anna juotavaa. Toimita lääkärin hoitoon.

Sammutettu kalkki ei ole hapettava eikä räjähtävä, mutta se on säilytettävä kuivassa. Saadessaan kosteutta sammutetulla kalkilla on taipumus kiteytyä. Tästä syytä on suositeltavaa huuhdella laitteet stabiloinnin jälkeen.

9. YHTEENVETO

Sakokaivolietteiden hygienisoiminen sammutetulla kalkilla osoittautui kenttäkokeiden perusteella toimivaksi ja tekniikaltaan yksinkertaiseksi menetelmäksi. Kalkkistabilointi on käytännössä mahdollinen suorittaa maatilalla olemassa olevalla laitteistolla. Kalkkistabilointi soveltuu hyvin myös muiden ulosteperäisten jätevesien puhdistamiseen. Vaikka menetelmä on varsinaisesti tarkoitettu sakokaivojen hygienisointiin, voi samoilla kalkki määrillä voi hyvin hygienisoida myös umpikaivo- ja kaksivesijärjestelmän lietteitä. Kalkkistabilointi voidaan suorittaa erityyppisissä jätevesijärjestelmissä, mikäli sakokaivo pystytään erottamaan varsinaisesta jätevesijärjestelmän puhdistusosasta. Pitkänomaisia umpikaivoja stabiloitaessa on varmistuttava lietteen tehokkaasta sekoituksesta.

Diplomityöhön liittyvissä kenttäkokeita tehdessä huomattiin, että kalkkia tarvittiin huomattavasti enemmän lietteisiin jotka sisälsivät paljon vettä. Tämän vuoksi päätettiin kalkin annosteluohjeeksi tehdä kaksi eri vaihtoehtoa. Sakokaivolietteiin lisätään kalkkia $8,5 \text{ kg/m}^3$. Käsiteltävien lietteiden ollessa hyvin vesipitoisia hygienisointiin on käytettävä $13,5 \text{ kg/m}^3$ kalkkia. Esimerkiksi umpikaivojen ja lietesäiliöiden kohdalla on käytettävä suurempaa annostusta. Kalkki voidaan lisätä käsiteltävään lietteeseen joko jauheena tai veteen sekoitettuna. Kalkkistabiloitaessa lietteen määrä arvioitava, mikäli tarkempaa mittausta ei ole mahdollista suorittaa. Kalkkia on lisättävä suurimman arvion mukaan. Kenttäkokeiden perusteella voidaan sanoa, että maatilalla tehtynä kalkkistabilointi toimii hyvin alle 100 m^3 lietesäiliöihin.

Kalkki on lisättävä lietteeseen lietettä kokoajan sekoittaen. Stabiloitaessa on huolehdittava siitä että hygienisoinnin aikana säiliöön ei tule uutta jätevettä, tämä koskee sekä sakokaivoja että lietesäiliötä. Mikäli stabilointi suoritetaan lietesäiliössä, on sen oltava kokonaan katettu. Kattaminen koskee myös aukkoa säiliön kannessa. Sakokaivoja stabiloitaessa esimerkiksi WC:n ja suihkun käyttö on käsittelyn aikana kielletty. Kalkin vaikutusaika sako- ja umpikaivoissa on vähintään kaksi tuntia ja lietesäiliöissä kaksi vuorokautta. Mikäli salmonella on todettu jossain jätevesikäsittelyjärjestelmää kuormittavalla henkilöllä tai maatilanyhteydessä olevalla navetalla, on vaikutusaikana aina käy-

tettava kahta vuorokautta. Kalkkistabiloinnin jälkeen käytössä ollut laitteisto on puhdistettava, jotta vältetään taudinaiheuttajien leviämistä.

Analysoitujen sakokaivolietteiden sisältämät raskasmetallipitoisuudet ovat hyvin pieniä, verrattuna puhdistamolietteeeseen ja jäävät reilusti valtioneuvoston säätämien raja-arvojen alapuolelle. Sakokaivolietteiden sisältämät raskasmetallipitoisuudet eivät estä sakokaivolietteen käyttöä maataloudessa.

Sakokaivoliete on ravinneköyhempää kuin puhdistamoliete tai naudana lietelanta. Käsitellyn sakokaivolietteen levityksen rajaava tekijä on yleensä joko liukoinen typpi tai fosfori. Lietteen turvallinen levitysmäärä on diplomityöhön liittyvien kenttä kokeiden perusteella alle $40 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{a}$. Tätä levitysmäärää käytettäessä ei valtioneuvoston mukaiset raja-arvot ylittynyt yhdessäkään analysoidussa kohteessa typen, fosforin eikä raskasmetallienpitoisuuksissa.

Diplomityöhön levitysmäärät laskettiin pienimmillä mahdollisilla levitysmäärillä, oikeat levitysmäärät riippuvat viljeltävästä kasvista ja pellon viljavuusluokasta. Suositusten mukaan sako- ja umpikaivojen levitys on tapahduttava ensisijaisesti keväällä ja käsitelty liete on levityksen jälkeen mullattava levityksen jälkeen. Käsitelty sakokaivoliete on puhdistamolietteen tapaan mullattava heti peltoon levityksen jälkeen. Viljelymaalla, jolla on käytetty käsiteltyä sakokaivolietettä saa viljellä perunaa, juureksia ja vihanneksia enintään viiden vuoden kuluttua lietteen käytöstä (VNp 282/1994).

Sakokaivolietteiden hygienisoimiseen käytetty kalkkimäärä ei lisää merkittävästi viljeltävän pellon pH-arvoa. Sakokaivojen kalkitsemiseen käytetään yleensä $8,5 \text{ kg}/\text{m}^3$ kalkkia. Mikäli kalkkistabiloitua sakokaivolietettä levitetään $40 \text{ m}^3/\text{ha}$, tarkoittaa se pellolla $0,34 \text{ t}_{\text{Ca}(\text{OH})_2}/\text{ha}$ kalkkiannosta. Yhden viljavuusluokan nostamiseksi sammutettua kalkkia tarvitaan keskimäärin $2,5 \text{ t}_{\text{Ca}(\text{OH})_2}/\text{ha}$. Käsitellyn sakokaivolietteen sisältämä kalkkimäärä on siis huomattavasti pienempi kuin kalkitukseen tarvittava, mutta vähentää kuitenkin osaltaan kalkitsemisen tarvetta.

Kalkkistabilointi on mahdollista suorittaa maataloilla olemassa olevilla laitteistoilla, joten suuria investointeja ei tarvita. Kustannuksiltaan sakokaivolietteen hygienisoiminen kalkkia käyttäen on edullista. Suurimman lisäkustannuksen kalkkistabilointiin aiheuttaa ympäristöluvan ja laitoshyväksynnän hakeminen. Ympäristölupaa ei kuitenkaan tarvitse, mikäli käsittelee ja käyttää omassa taloudessa syntyvän sakokaivolietteen. Sammutettu kalkki on suhteellisen edullista erikseen ostettuna se maksaa noin 0,35 €/kg ja tukku tilauksessa noin 0,2 €/kg.

Sammutettu kalkki on suhteellisen työturvallinen aine. Kalkki ärsyttää jonkin verran silmiä ja hengitysteitä, kuitenkin sopivilla suojaimilla kalkkia on turvallista käyttää. Sammutettu kalkki vaatii säilytykseen kuivan tilan. Säilytyksen järjestäminen täytyy hoitaa hyvin, jotta kalkki pysyy käyttökelpoisena kalkkistabilointien välissä.

Opinnäytetyöhön kuului 13 kalkkistabilointi kohdetta ja erilliset salmonella kokeet. Diplomityöhön suoritettujen kenttäkokeiden määrä oli siis suhteellisen vähäinen ja tuloksiin on aiheutunut virhettä muun muassa käytetystä pH-mittarista, tilavuuden arvioinnin vaikeudesta ja kalkin mittaamisesta. Tämän takia työn perusteella tehtyyn sakokaivolietteiden käsittelyohjeeseen on kalkin annostukseen lisätty varmuusmarginaalia, jotta jätelietteen hygienisoituminen varmistuu.

Kalkin annostelu ja menetelmän soveltuvuus muiden jätevesilietteiden hygienisoimiseen on säädösmuutosten varalta syytä selvittää tätä diplomityötä tarkemmin tulevaisuudessa. Kun menetelmä otetaan yleisemmin käyttöön, on syytä suorittaa lisätutkimuksia myös taudinaiheuttajien tuhoutumisesta, jotta käsitelty sakokaivoliete aiheuttaisi mahdollisimman vähän riskejä.

LÄHTEET

Ali-Vehmas, T., von Bonsdorff, C.H., Honkanen-Buzalski, T., Hänninen, M-L., Koskinen, R., Kupiainen, N., Marmo, S., Maunula, L., Pitkilä, A., Rainio, H., Rimhanen-Finne, R., Ronni, P., Salnoja-Salonen, M., Siitonen, A., Tomminen, J., Tegel, J., Varimo, K. & Vuorinen, A. 2001. Puhdistamolietteen ja lietevalmisteiden käyttö maataloudessa. Hygienia- ja riskitutkimus. Pilottihanke LIVAKE 2000. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 32 s. MMM julkaisuja 2/2001. ISBN 952-453-029-5. ISSN 1238-2531.

Atoma Oy. 2007. Digitaalinen pH-mittari [2004972]. [Verkkojulkaisu]. Atoma Oy: Kemian opetusvälineet: pH-mittaus. Päivitetty 22.6.2006 [Viitattu 29.10.2007]. Saata-villa: http://www.atoma.fi/catalog/product_info.php?products_id=2637&osCsid=a85abf1b58e36d6daf15cd63c742c240

Carrinton, E. G. 2001. Evaluations of Sludge Treatments for Pathogen Reduction – Final Report. Study Contract No B4-3040/2001/322179/MAR for the European Directorate- General Environment. 1. painos. Luxemburg: European Communities. 44 s. ISBN 92-894-1734-X

CEN/TC 308. 2006. Characterization of sludges – Hygienic aspects – Good practice for the use of sludge. Kuudes versio. Teknillinen komitea CEN/TC 308. 22 s. TC 308 059:2005 (E)

Cormet Oy. 1980. Korroosio vesilaitoksilla, vesijohtoverkossa ja kiinteistöjen käyttö-vesilaitteissa. Helsinki: Kyriiri Oy. 118 s. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. ISBN 951-563-001-0. ISSN 0355-1989.

Eurola, M., Pääkkönen, K. & Varo, P.1996. Raskasmetallipäästöt sienissä. Helsinki: Oy Edita Ab. 28 s. Elintarvikeviraston tutkimuksia 7/1996. ISBN 951-732-041-8. ISSN 1235-2764.

Freij, L., Gunnar, W., Nils, O., Wall, S. & Gebre-Medhin M. 1979. Ascariasis and malnutrition. A study in urban Ethiopian children. The American Journal of Clinical Nutrition 32: Heinäkuu 1979.

Hammer, M. & Hammer, M. Jr. 2004. Water and Wastewater Technology. Viides painos. New Jersey: Pearson: Prentice Hall. 540 s. ISBN 0-13-097325-4.

Heinonen, R., Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kemppainen, E. 1992. 1992. Maa, viljely ja ympäristö. Juva: WSOY:n graafiset laitokset. 334 s. ISBN 951-0-17090-9

MMMELO 2951/835/2005. 2005. Heinonen, R. & Salminen, P. Maa- ja metsätalousministeriön ja Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen ohje maataloudessa käytettävälle puhdistamolietteelle. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö, Elintarvike- ja terveystoimisto. 7 s.

Heinonen-Tanski, H. 2002. Umpikaivojen ja sakokaivojen desinfiointi. Kunta ja Tekniikka 2/2002.

Heiskanen, A. 1996. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden toimivuus Pohjois-Karjalassa 1995. Joensuu: Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. 25 s. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen monisteita nro 3. ISBN 951-53-0581-0. ISSN 1238-9846.

Huttunen, A., Johansson, T., Kostamo, P., Kuronen, H., Laaksonen, T., Laihonen, M., Lievonen, S., Myllyniemi, A-L., Niskanen, T., Ranta, J., Rosenberg, H., Siitonen, A., Tuominen, P., Varimo, K. & Varioinen, M. 2006. Salmonellavalvonta ja salmonellan esiintyminen 1995-2004. [Verkkojulkaisu]. Evira. [Viitattu 24.8.2007] 96 s. Eviran julkaisuja 3/2006. Saatavilla: http://www.palvelu.fi/evi/files/55_519_474.pdf

Hydrogen peroxide. 2004. [Verkkojulkaisu] International Programme on Chemical Safety (IPCS). Päivitetty 2004. [Viitattu 31.7.2007]. Saatavilla: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc01/icsc0164.htm

Hyyry I. 2007. Vuoden 2007 vesihuoltoavustuksen kohdennettiin erityisesti haja-asutusalueiden viemäriverkostojen rakentamiseen. [Verkkojulkaisu]. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Päivitetty 23.4.2007. [Viitattu 30.8.2007]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=231357&lan=fi>

Hänninen, P. & Huovinen. 1994. Infektiotaudit. Toinen painos. Juva: WSOY:n graafiset laitokset. ISBN 951-0-19356-9

Kalkitusyhdistys. 2007. Kalkitusopas. [Verkkodokumentti]. Kalkitusyhdistys. Päivitetty 2007. [Viitattu 6.8.2007]. 20 s. Saatavilla: http://www.kalkitusyhdistys.net/user_files/files/kalkitusopas_2007.pdf

Kanerva, T. 2006. Kalkkien erot. [Verkkodokumentti]. Farmit: kysyasiantuntijalta palsta. Päivitetty 19.4.2006. [Viitattu 16.8.2007]. Saatavilla: http://www.farmit.net/farmit/fi/01_etusivu/07_kysy_asiantuntijalta/01_kalkitus/index.jsp?action=vo&vo_id=2854&query_hakualue=&query_hakusana=

Kehittämissuunnitelma. 2006. Pohjois-Karjalan alueellinen vesihuollon kehittämissuunnitelma vuoteen 2020. [Verkkodokumentti] Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. Päivitetty 22.8.2006. [Viitattu 6.9.2007]. 112 s. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=57625&lan=Fi>

Kemira Oyj. 2004. KemicondTM –vähemmän lietettä, desinfiointi, hajunpoisto. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 25.8.2007]. Kemwater Finland. 4 s. Saatavissa: <http://www.kemira.com/NR/rdonlyres/BC3B3AE7-7C6C-4C35-81B5-BC1922C8D16F/0/KW423FiKemicond.pdf>

Kiilunen, M. 2005 Kemikaalit ja työ: nikkeli. [Verkkodokumentti]. Työterveyslaitos. Päivitetty: 28.10.2005. [Viitattu 31.8.2007]. Saatavilla: <http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Kemikaaliturvallisuus/Valittua+kemikaalitietoa/Kemikaalit+ja+tyo/sisallysluettelo.htm>

Kiuru, H., Laukkanen, R., Heinonen, T., Kajosaari, E., Lakso, E., Tuhkanen, T., Viita-saari M. & Karttunen E. 2003. RIL 124-1 Vesihuolto 1. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy. 314 s. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. ISBN 951-758-413-8. ISSN 0356-9403

KTL tartuntatautirekisterin tietokanta 2006. 2006. Tartuntatautirekisterin tietokanta: ilmoitetut tapaukset kuukausittain. [Verkkojulkaisu]. Kansanterveyslaitos. Päivitetty: 17.8.2007. [Viitattu 27.8.2007]. Saatavilla: <http://www3.ktl.fi/stat/>

KTTK. 2002. Kasvintuhoojien säilyminen teollisuuden prosesseissa ja prosessien sivu- ja lopputuotteissa. [Verkkojulkaisu]. Kasvintuotannon tarkastuskeskus. Päivitetty 31.5.2002. [Viitattu 24.8.2007]. 44 s. Saatavilla: http://www.palvelu.fi/evi/files/55_519_431.pdf

Kuittinen, V., Huttunen, M. & Leinonen, S. 2006. Suomen biokaasulaitosrekisteri IX. Tiedot vuodelta 2005. [Verkkojulkaisu]. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen raportteja N:o 3/2006. [Viitattu 12.9.2007]. 74 s. Saatavilla: <http://www.biokaasu.yhdistys.net/docs/Rek9.pdf>

Kuitunen, P. & Martikainen, E. 1993. Lietelannan käsittelymenetelmät ja hyötykäyttö kirjallisuuskatsaus. Jyväskylä: Jyväskylän yliopiston monistuskeskus. 23 s. Ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja n:o 144. ISBN951-34-0168-5. ISSN 0781-8793.

Kujala-Räty K. 2004. Haja-asutuksen jätevesipulmat. [Verkkojulkaisu]. Vesitalous. Päivitetty 2004. [Viitattu 12.9.2007]. Saatavilla: <http://www.mvtt.fi/Vesitalous/arkisto/2004/032004/katrkuj.pdf>

Kupari. 2006. [Verkkodokumentti]. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Päivitetty 17.7.2006. [Viitattu 6.9.2007]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=193450&lan=FI>

Könönen, J. (toim.). 2004. Biojätteiden keräilyyn lokakuussa. Outokummun seutu. 2.9.2004.

Käyttöturvallisuustiedote: poltettu kalkki. 2004. [Verkkodokumentti]. Nordkalk. Päivitetty: 27.2.2004. [Viitattu 26.6.2007] 5 s. Saatavilla: <http://www.nordkalk.com/default.asp?viewID=853>

Käyttöturvallisuustiedote: sammutettu kalkki. 2005. [Verkkodokumentti]. Nordkalk. Päivitetty: 28.12.2005. [Viitattu 26.6.2007] 5 s. Saatavilla: <http://www.nordkalk.com/default.asp?viewID=853>

Laakson Metallit Oy. 2007. LAME Imupainevaunut. [Verkkodokumentti]. Laakson Metallit Oy. Päivitetty 2007. [Viitattu 6.8.2007]. 7 s. Saatavilla: <http://www.laaksonmetalli.fi/fi/esite/ppesite07.pdf>

Lannoitevalmistelaki 539/2006. Annettu 29.6.2006

Lantatilastot. 2004. Viljavuuspalvelun lantatilastot vuosilta 200-2004. [Verkojulkaisu]. Viljavuuspalvelu Oy. Päivitetty: 2004. [Viitattu 18.7.2007] 10 s. Saatavilla: http://www.viljavuuspalvelu.fi/user_files/files/kotielain/lanta_tilastot_2000_2004.pdf

Latostenmaa H. 1976. YVY tutkimus 21: Jätevesilietteen hyödyntämisen perusteet. Helsinki: Kyriiri Oy. 86 s. Kauppa- ja teollisuusministeriön ja vesihallituksen projekti numero 7523: yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti. ISBN 951-9250-70-0. ISSN 0355-1997

Lietteen määrä ja laatu. 2007. [Verkojulkaisu]. Suomen ympäristökeskus. Päivitetty 24.1.2007. [Viitattu 15.6.2007]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=219630&lan=FI>

Luoma, T. 1990. Jätevesilietteen maataloudellinen hyväksikäyttö. Vaasa: Helsingin yliopisto. 142 s. Helsingin yliopisto: maatalousteknologian laitos: tutkimustiedote N:o 61. ISBN 951-45-5214-8. ISSN 0357-5799.

Lyytinen, V. 1993. Jäteveden pienpuhdistamoiden teho ja vesistövaikutukset. Jyväskylä: jyvaskylän yliopiston monistuskeskus. 38 s. Ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 141. ISBN 951-680-595-6. ISSN 0781-8793.

Maa- ja metsätalousministeriö. 1999. Salmonellan ehkäisy ja saneeraus nautakarjassa. [Verkkodokumentti]. Maa ja metsätalousministeriö. Päivitetty 1999. [Viitattu 3.7.2007]. Saatavilla: <http://wwwb.mmm.fi/el/julk/sejsn.html>

Maatalousurakointihintoja vuonna 2004. 2005. Maatalousurakointihintoja vuonna 2004. Hinnat on arvonlisäverottomia (alv 0 %). [Verkojulkaisu] Työtehoseura. 2005. [Viitattu 1.6.2007] Työtehoseura: tutkimus: hankkeet: urakointihinnat. Saatavilla: <http://www.tts.fi/tutkimus/hankkeet/urakointi/files/urakointihinnat2005.pdf>

Malki, S. 1995, Kompostikäymäläopas. Huhmari: KarPrint Ky. 55 s. Työtehoseuran julkaisuja 342. ISBN 951-788-221-1. ISSN. 0355-0710.

Malki, S., Heinonen-Tanski, H. & Jantunen, P. 1997. Ympärikuotisten kompostikäymälöiden toimintavarmuus ja häiriöiden kartoitus. 79 s. Ympäristöministeriö: Asunto- ja rakennusosasto: Suomen ympäristö 125. ISBN 952-11-0966-1. ISSN 1238-7312.

Mettler checkmate. Mettler M90 käyttöohje. Oy G.W.Berg & CO AB. 6 s.

MMM 12/2007. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteistä. Annettu 13.2.2007.

MMMa 13/2007. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta. Annettu 13.2.2007.

MMMa 296/2006. Maa- ja metsätalousministeriön asetus Elintarviketurvallisuusviraston maksullisista suoritteista. Annettu 26.4.2006.

MMMa 503/2007. Maa- ja metsätalousministeriön asetus maatalouden ympäristötuen perus- ja lisätoimenpiteistä ja maatalouden ympäristötuen erityistuista. Annettu 26.4.2007.

MMMa 646/2000. Maa- ja metsätalousministeriön asetus ympäristötuen perus- ja lisätoimenpiteistä sekä maatalouden ympäristötuen koulutukseen liittyvästä tuesta annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta Annettu 5.7.2000. Uudistettu 7.4.2006.

MMMa 662/2007. Maa- ja metsätalousministeriön asetus maatalouden ympäristötuen perus- ja lisätoimenpiteistä ja maatalouden ympäristötuen erityistuista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta Annettu 8.6.2007.

Mustonen, T. 2007. Asiakaspalveluhenkilö, Lassila & Tikanoja Oyj. Sähköpostitiedustelu. 23.7.2007

Mäkelä, P. & Mäkelä J. 1988. Mikrobit ja tautien torjunta. Porvoo: WSOY Söderström Osakeyhtiö. 207 s. ISBN 951-14468-1.

Mäkelä, O., Vaara M. & Vaheri A. 1991. Mikrobiologiaa terveydenhuoltohenkilöstölle. Porvoo: WSOY. Toinen painos. 253 s. ISBN 951-0-15184-X.

Mynttinen, M. 2006. Ympäristönsuojeluopas: kuntien ympäristösuojeluarvojen keskiarvot 1.1.2005. [Verkkajulkaisu]. Kunnat.net. Päivitetty 12.1.2006. [Viitattu 25.6.2007] Saatavilla: http://www.kunnat.net/k_peruslistasivu.asp?path=1;29;145;30546;38442;23951;32241

Neuvoston direktiivi 86/278/ETY. Euroopan neuvoston direktiivi 12.6.1986 ympäristön, erityisesti maaperän, suojelusta käytettäessä puhdistamolietettä maanviljelyssä. EYVL N:o L181, 4.7.1986.

Neuvoston direktiivi 91/271/ETY. Euroopan neuvoston direktiivi 21.5.1991 yhdyskuntajätevesien käsittelystä. EYVL N:o L 135, 30.5.1991.

Nordkalk. Nordkalk –maan asialla (maanparannuskalkkiesite). [Verkkajulkaisu]. Nordkalk. [Viitattu 31.7.2007]. 15 s. Saatavilla: http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/01_farmituutiset/kuvia/yleis_Suomi2.pdf

Nummelin, M. 2006. Haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät. [Verkkodokumentti]. Varsinais-suomen agenda toimisto. Päivitetty 27.6.2007. [Viitattu 27.6.2007]. Varsinais-suomen agenda 21: jätevesiosasto. Saatavilla: http://www.vsagendatoimisto.fi/vesiensuojelu/jatevesien_kasittely/kirja/kehys.htm

Paajanen S. & Mynttinen M. 2006. Tietoja kuntien jätehuollosta: kysely 2005. Helsinki. 72 s. Suomen Kuntaliitto. ISBN 952-213-077-X

Pipatti, R., Hänninen, K., Vesterinen, R., Wihersaari, M. & Savolainen, I. 1995. Jätteiden käsittelyvaihtoehtojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. Espoo: VTT offsetpaina. 85 s. VTT julkaisuja 811. ISBN 951-38-4520-6. ISSN 1235-0613.

Pohjois-Savon ympäristökeskus. 2006. Saostus ja umpikaivolietteiden tyhjentäminen ja käsittely. [Verkkodokumentti] Päivitetty 1/2006. [Viitattu 14.6.2007]. 3 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=46404&lan=fi>

Pulliainen M. 1977. YVY tutkimus 32: Korroosionesto jätevedenpuhdistamoissa. Helsinki: Kyriiri Oy. 50 s. Kauppa- ja teollisuusministeriön ja vesihallituksen projekti numero 7536: yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti. ISBN 951-9250-83-2. ISSN 0355-1997

Rantanen, P., Valve, M. & Kangas, A. 2006. Lietteen loppusijoitus –esiselvitys (luonnos, josta on poistettu viittaukset Suomen lannoitelain nojalla annettaviin lannoitevalmisteasetuksiin). [Verkkojulkaisu]. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. [Viitattu 11.6.2007]. Suomen ympäristökeskus. 94 s. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=62233&lan=fi>

Salo, R (toim.). 1998. Sata vuotta maataloustutkimusta – Mihin tutkimus ohjaa tuotantoa? Jokioinen: yliopistonpaino. 87 s. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja 38 sarja A. ISBN 951-729-516-2. ISSN 1238-9935.

Salopelto, J. 2005. Iso-vilja Viljatutkimus 2005. [Verkkojulkaisu]. Suomen rehu. Päivitetty 2005. [Viitattu 31.7.2007]. 37 s. Saatavilla: http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/10_viljanlaatu/01_ISO-VILJA-teknologia/03_viljatutkimuksen_raportit/Viljatutkimus_2005.pdf

Seppänen, A. 2007. Jätevesipuhdistamojen liete. [Verkkojulkaisu]. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Päivitetty: 19.3.2007. [Viitattu 11.6.2007]. Suomen ympäristökeskus. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=107357&lan=fi>

SFS-EN 707. 1999. Maatalouskoneet. Lietevaunut. Turvallisuus. CEN:n tekninen komitea CEN/TC 144 ”traktorit ja maatalouskoneet. Vahvistettu 21.12.1999. 32 s.

Sippola, J. Kivistö, P. & Mäkelä-Kurtto, R. 2001. Tutkimusasemien viljelymaiden ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksien seuranta. Muutoksen aikavälillä 1992-1997. Jokioinen: MTT. 69 s. MTT:n julkaisuja. Sarja B 27. ISBN 951-729-626-6. ISSN 1239-0836.

Sulfuric acid. 2006. [Verkkojulkaisu] International Programme on Chemical Safety (IPCS). Päivitetty 30.8.2006. [Viitattu 31.7.2007]. Saatavilla: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc03/icsc0362.htm

Suomen ympäristökeskuksen tietojärjestelmät. 2003. Saarinen, R. Suomenympäristökeskus: Johtava asiantuntija (jäteasiat). Sähköpostitiedustelu. Sludges used in agriculture. Avarage content. 7.8.2007.

Taavitsainen, T., Kapuinen, P. & Survo. K. 2002. MaLLa –hankkeen loppuraportti: Maatalouden lietteiden ja lantojen keskitetyn käsittelyn mallinnus. [Verkkodokumentti]. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu. Päivitetty 18.6.2002. [Viitattu 6.8.2007] 139 s. Saatavilla: <http://kokoeko.savonia-amk.fi/MaLLa%20-hankkeen%20loppuraportti.pdf>

Tartuntatauti liitto ry. 1992. Zoonoosi yhteinen tauti ihmiselle ja eläimelle. Helsinki: Tartuntatautiliitto ry. ISBN 951-96471-0-4.

Tchobanoglous G, Burton F & Stensel H. 2003. Wastewater Engineering –treatment and reuse. Neljäs painos. McGraw-Hill Higher Education: Matcalf & Eddy. 1819 s. ISBN 0-07-112250-8

Teiska, M & Heiskanen, A. 2003. Haja-asutusalueen jätevesihuollon tehostaminen Pohjois-Karjalassa. Joensuu: Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. 74 s. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen monisteita 34. ISBN 951-53-1592-1. ISSN 1238-9846

Toivanen, P. 2007. Työnjohtaja; Outokummun kaupungin viemärilaitos. Puhelutiedustelu. 30.5.2007.

Tunturi, P. (toim.). 1988. Korroosio käsikirja. Hanko: Hangon kirjapaino Oy. 966 s. Suomen Korroosioyhdistys SKY. ISBN 951-99916-7-0.

Uponor-maapuhdistamot ja-umpisäiliöt. 2006. Uponor asennusohjeet. [Verkkojulkaisu]. Uponor. Päivitetty 03/2006. [Viitattu 27.6.2007]. 11 s. Saatavilla: [http://www.uponor.fi/upload/Documents%20\(PDF%20and%20officedocuments\)/Finland/IE/PDF%20-%20Brochures%20Finland/11%20J%20C3%A4teveden%20k%C3%A4sittely/Asennusohjeet/Maap_umpis_asennusohje_2006.pdf](http://www.uponor.fi/upload/Documents%20(PDF%20and%20officedocuments)/Finland/IE/PDF%20-%20Brochures%20Finland/11%20J%20C3%A4teveden%20k%C3%A4sittely/Asennusohjeet/Maap_umpis_asennusohje_2006.pdf)

Uponor-panospuhdistamot 7, 10 ja 15 –turvallinen valinta. 2006. Uponor Haja-asutusalueen jäteveden käsittely: Panospuhdistamot. [Verkkojulkaisu]. Uponor. Päivitetty 05/2007. [Viitattu 28.6.2007]. 11 s. Saatavilla: [http://www.uponor.fi/upload/Documents%20\(PDF%20and%20officedocuments\)/Finland/IE/PDF%20-%20Brochures%20Finland/11%20J%20C3%A4teveden%20k%C3%A4sittely/Esitteet/Panospuhdistamot5_2006.pdf](http://www.uponor.fi/upload/Documents%20(PDF%20and%20officedocuments)/Finland/IE/PDF%20-%20Brochures%20Finland/11%20J%20C3%A4teveden%20k%C3%A4sittely/Esitteet/Panospuhdistamot5_2006.pdf)

Uusitalo, R. & Salo, R. 2002. Tutkittu maa –turvalliset elintarvikkeet. Viljavuustutkimus 50-vuotta –juhlaseminaari, Jokioinen 24.9.2002. Jokioinen: MTT. 61 s. ISBN 951-729-695-9. ISSN 1458-5081.

Vaasan elektroniikkakeskus Oy. 2007. PH-TEST: Digitaalinen pH-mittari 0-14 pH. [Verkkojulkaisu]. Vaasan Elektroniikka Oy. Päivitetty 14.8.2006. [Viitattu 29.10.2007]. Saatavilla: http://www.vekoy.com/product_info.php?cPath=94_1517&products_id=12735&osCsid=892db57ab341ec0b72a517edb93b4760

Vesihallitus 112. 1976. Jätevesilietteen raskasmetalleista ja hygienisistä määräyksistä Suomessa. Helsinki. 135 s. Vesihallituksen tiedotus 112. ISBN 951-46-2357-6. ISSN 0355-0745.

Vihersaari, V. 2002. Tutkimusraportti: Puhdistamoliete – parasta pelolle. Turku: Varsinais-Suomen Agendatoimisto. 37 s. Varsinais-Suomen agenda 21 1/2003. ISBN 951-97953-3-2. ISSN 1457-6767.

Vihersaari, V. 2003. Tutkimusraportti: Puhdistamoliete – fosforilannoitteena. Turku: Varsinais-Suomen Agendatoimisto. 56 s. Varsinais-Suomen agenda 21 1/2002. ISBN 951-97953-7-5. ISSN 1457-6767.

Vihersaari, V. 2004. Opas: puhdistamolietteen maanviljelykäytöstä. Turku: Kaupunginkanslian painatuspalvelut. 36 s. Varsinais-Suomen agenda 21 1/2004. ISBN 951-97953-8-3. ISSN 1457-6767

VNa 542/2003. Valtioneuvoston asetus talousjäteveden käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Annettu Helsingissä 11.6.2003

VNa 888/2006. Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä. Annettu Helsingissä 12.10.2006.

VNa 931/2000. Valtioneuvoston asetus maataloudessa peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Annettu Helsingissä 9.11.2000.

VNp 282/1994. Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä. Annettu Helsingissä 14.4.1994.

Vuorinen, A. (toim). 2003. Sewage Sludge and Sludge Products for Agricultural Use – a study on Hygienic Quality. LIVAKE-2001-2002. Pitkälä, A., Siitonen, A., Hänninen, M-L., von Bonsdorff, C.H., Ali-Vehmas, T., Laalso, T., Johanson T., Eklund, M., Rimhanen-Finne R. & Maunula, L. Helsinki: Ministry of agriculture and Forestry in Finland. 64 s. Publications 2/2003. ISBN 952-453-113-5. ISSN 1238-2531.

Vuorinen A. 2007. Ylitarkastaja; kasvintuotannon tarkastuskeskus. Puhelintiedustelu. 23.8.2007.

VWR. 2007. VWR: Supplier Partnerships for Customer Solutions: H!TS: numero 4/2007. [Verkkajulkaisu]. VWR International. Päivitetty 2007. [Viitattu 30.10.2007]. Saatavilla: http://fi.vwr-cmd.com/ex/downloads/?magazine/Hits_12/HITS_12_FI.pdf

Working dokument on sludge. 2000. 3.painos. [Verkkodokumentti]. Euroopan komissio. Päivitetty 27.4.2000. [Viitattu 11.9.2007] 19 s. Saatavilla: http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/sludge_en.pdf

Ympäristölupa. 2007. [verkkajulkaisu]. Ympäristöhallinto. Päivitetty 8.2.2007. [Viitattu 25.6.2007]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/print.asp?contentid=222201&lan=fi&clan=fi>

Ympäristölupahakemuksen laatiminen. 2007. [Verkkojulkaisu]. Valtion ympäristöhallinto. Päivitetty: 22.8.2007. [Viitattu 26.6.2007]. 22 s. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1369&lan=fi>

Ympäristönsuojeluasetus 169/2000. Ympäristönsuojeluasetus. Annettu 18.2.2000.

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. Ympäristönsuojelulaki. Annettu 4.2.2000.

Maaseudun jätehuolto Pohjois-Karjalassa – hanke

Sakokaivolietteen kalkkistabilointi koe 10.10.2006 Liperissä, Mikko Hartikaisen maatilalla

Yleistä

Maaseudun jätehuolto Pohjois-Karjalassa – hanke järjesti 10.10.2006 sakokaivolietteen kalkkistabilointikokeen liperiläisen maanviljelijä Mikko Hartikaisen maatilalla.

Kalkkistabilointikokeen tarkoitus oli testata tavallisen talouden sakokaivolietteen hygienisoitumista, kun hygienisoimiseen käytettiin sammutettua kalkkia. Kokeen tavoitteena oli siis hygienisoida sakokaivoliete peltokäyttöön soveltuvaksi nostamalla pH:ta 12:sta ja hoitaa kalkkistabilointi yksinkertaisesti ja edullisesti käyttämällä olemassa olevaa maatalouskalustoa.

Kokeen kuvaus

Kalkkistabilointi suoritettiin erillisessä tiiviissä kaivossa ja käsiteltävää lietettä kokeessa oli 2m³.

Kokeen alussa sakokaivolietteen pH mitattiin pH liuskalla, jolloin pH liuskatestin mukaan oli n.7,0. Sakokaivolietteestä otettiin myös erillinen näyte laboratoriotutkimuksia varten ennen kalkkistabiloinnin suorittamista.

Näytteen ottamisen jälkeen sakokaivolietteeseen lisättiin 5 kg sammutettua kalkkia, liete sekoitettiin imupainevaunun poistoilmalla ja happamuus mitattiin pH liuskalla. Ensimmäisen kalkkilisäyksen jälkeen pH nousi välittömästi 11:sta. Kalkkia lisättiin sakokaivolietteeseen vielä 2,5 kg, sakokaivoliete sekoitettiin ja pH mitattiin. Toisen kalk-

kilisäyksen jälkeen pH nousu välittömästi pH liuskamittauksen mukaan 12:sta. Liete sekoitettiin uudelleen perusteellisesti, otettiin näyte ja pH pysyi edelleen tavoitteessa pH 12. Puolen tunnin seisottamisen jälkeen sakokaivolietteen kiintoaines oli painunut selvästi kaivon pohjalle ja jo kalkkikäsittelyn aikana laimentunut haju oli lähes kokonaan hävinnyt. Liete sekoitettiin vielä kerran ja sekoituksen jälkeen otettiin viimeinen viralliseen laboratoriotutkimukseen menevä näyte. Yhteensä sammutettua kalkkia käytettiin 3,75 kg/m³ sakokaivolietettä.

Kokeen tulokset

Viralliset laboratoriotutkimukset suoritettiin Joensuun kaupungin elintarvike- ja ympäristölaboratoriossa ja tulokset olivat seuraavanlaiset :

Tutkimus	Tulos ennen käsittelyä	Tulos käsittelyn jälkeen	Yksikkö	Menetelmä
Happamuus,pH	7,37	11,26		
Escherichia coli (44 astetta C 24 h)	3900	n.<10	pmy/g	NMKL 125:05
Salmonella sis.menet.MEO26 /VIDAS SLM	Ei todettu	Ei todettu		NMKL 71:1999
Enterokokit (44 astetta C 48h)	9300	n.<100 n.)arvio tuloksesta	pmy/g	NMKL 68:2003 mod

Johtopäätökset

Laboratoriotulosten perusteella voidaan sanoa, että testattu menetelmä soveltui tässä tapauksessa yksityistalouden sakokaivolietteen hygienisoimiseen. Happamuus, pH saatiin kohotettua lähelle tavoitetta pH 12 ja yleisimmät suolistoperäiset bakteerit saatiin tuhottua lähes täysin ja ainakin alle suositusrajan, joka on esimerkiksi *Escherichia colilla* 1000 pmy/g. Kalkkilisäys vähensi myös huomattavasti hajuhaittaa. Kokeessa käytetyssä

sakokaivolietteessä ei ollut Salmonellaa. Mikäli liete olisi ollut Salmonellan saastuttamaa, niin on luultavaa, ettei kyseinen käsittely olisi riittänyt hygienisoimaan lietettä.

Tavallinen maatilan käytössä oleva lietevaunu (imupainevaunu) soveltui kalkkistabiloinnin suorittamiseen ja ainakin tässä tilanteessa (pH taso lähtötilanteessa neutraali) käytetty kalkkimäärä oli kohtuullinen 3,75kg/m³ sakokaivolietettä. Jatkuva kalkkipitoisen sakokaivolietteen käsittely edellyttää kuitenkin laitteistojen puhdistamista niin, että lietevaunun ruostuminen voidaan ehkäistä. Lietevaunun puhdistaminen sakokaivolietteen käsittelyn jälkeen on muutenkin suositeltavaa.

Kokeen aikana käytetyt pH liuskat eivät antaneet aivan tarkkaa tulosta. Mikäli menetelmää voidaan jatkossa käyttää yleisesti, niin pH:n mittaukseen tulee hankkia tarkemmat välineet.

Toimintaohjeet

Nykyisten ohjeiden mukaan kalkkistabilointi tulee tehdä niin, että käytetään sammuttamatonta kalkkia, jolla pH nostetaan vähintään lukemaan 12. Samanaikaisesti sakokaivolietteen lämpötilan on noustava +55.



LIITE II. Näytteen laboratorioanalysointiin käytetyt menetelmät. (1/2)

Mikkelin Savolab ja Viljavuuspalvelu Oy:ssä käytettiin seuraavia menetelmiä sako-
kaivoliete näytteen laboratorioanalysointiin.

Sakokaivolieteet:	yksikkö	Menetelmä	Luotettavuus 95 % varmuudella
Typpi (N), liukoinen	%	YMNLIUOK.DOC Kjeldalh-menetelmä, devar- dan metalli katalyyttinä	
Typpi (N), * kokonaispitoisuus	g/kg ka	YMNTOT.DOC. Kjeldalh-menetelmä SFS 5505:1988.	20 %
Fosfori (P), liukoinen	g/kg ka	YMLUUTT.DOC. Uuto happaman ammoni- umasetatiliuoksen, mittaus ICP:llä.	
Kuiva-aine	% mg/l	YMTKA.DOC. Gravimetrinan määrittäminen, kui- vaus 105oC yli yön. Modifioitu menetelmästä SFS 3008 (1990).	
Arseeni (As), kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMTRASKA.DOC. HNO ₃ -uuto, mittaus GAAS:lla tai ICP-AES:llä. SFS 3044:1980 ja SFS 3047.1980	25 % Mittausalue >3,4
Kadmium (Cd)* kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMTRASKA.DOC. HNO ₃ -uuto, mittaus GAAS:llä. SFS 3044:1980 ja SFS 3047.1980	30 %
Kromi (Cr) * kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMTRASKA.DOC. HNO ₃ -uuto, mittaus GAAS:llä. SFS 3044:1980 ja SFS 3047.1980	30 %
Kupari (Cu) kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMTRASKA.DOC. HNO ₃ -uuto, mittaus ICP- AES:llä. SFS 3044:1980 ja SFS 3047.1980	
Elohopea (Hg) * kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMTRASKA.DOC. HNO ₃ -uuto, mittaus FIAS:llä. SFS 3044:1980 ja SFS 3047.1980	65 %
Nikkeli (Ni) kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMTRASKA.DOC. HNO ₃ -uuto, mittaus ICP- AES:llä. SFS 3044:1980 ja SFS 3047.1980	20 %
Lyijy (Pb) * kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMTRASKA.DOC. HNO ₃ -uuto, mittaus GAAS:llä. SFS 3044:1980 ja SFS 3047.1980	35 %
Sinkki (Zn) kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMTRASKA.DOC. HNO ₃ -uuto, mittaus ICP- AES:llä. SFS 3044:1980 ja SFS 3047.1980	
E.coli	pmy/g	NMKL 125/2005	
Enterokokit *	pmy/g	NMKL 68/2004 muunnos	
Salmonella	25 g:ssa	NMKL 71/99	
Asaria	pmy/g	VELL:in ohje	
*) akkreditoitu menetelmä			

LIITE II. Näytteen laboratorioanalysointiin käytetyt menetelmät. (2/2)

Maanäytteet:	yksikkö	Menetelmä	Luotettavuus 95 % varmuudella
Pinta maalaji *		MMPIMAAL.DOC. Aistinvarainen määrittäminen.	
Multavuus *		MMPIMAAL.DOC. Aistinvarainen määrittäminen.	
Johtoluku *	10 xmS/cm	JI mitataan maa- vesi suspensiosta. (1:2.5)	
Happamuus	pH	pH mitataan maa- vesi suspensiosta. (1:2.5)	
Kalsium (Ca) *	mg/l	MMVT.DOC. Uutto happaman ammonium-asettaatti-liuokseen, mittaus ICP:llä	15 %
Fosfori (P) *	mg/l	MMVT.DOC. Uutto happaman ammonium-asettaatti-liuokseen, mittaus ICP:llä	17 %
Kalium (k) *	mg/l	MMVT.DOC. Uutto happaman ammonium-asettaatti-liuokseen, mittaus ICP:llä	15 %
Magnesium (Mg) *	mg/l	MMVT.DOC. Uutto happaman ammonium-asettaatti-liuokseen, mittaus ICP:llä	15 %
Rikki (S) *	mg/l	MMVT.DOC. Uutto happaman ammonium-asettaatti-liuokseen, mittaus ICP:llä	15 %
Arseeni (As), kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMAQUARE.DOC. Aqua regia uutto, mittaus GAAS:llä. ISO 11464:1994 ja ISO11466:1995	
Kadmium (Cd)* kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMAQUARE.DOC. Aqua regia uutto, mittaus GAAS:llä. ISO 11464:1994 ja ISO11466:1995	35 %
Kromi (Cr) * kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMAQUARE.DOC. Aqua regia uutto, mittaus GAAS:llä. ISO 11464:1994 ja ISO11466:1995	20 %
Kupari (Cu) kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMAQUARE.DOC. Aqua regia uutto, mittaus ICP:llä. ISO 11464:1994 ja ISO11466:1995	
Elohopea (Hg) * kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMAQUARE.DOC. Aqua regia uutto, mittaus FIAAS:llä. ISO 11464:1994 ja ISO11466:1995	40 %
Nikkeli (Ni) kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMAQUARE.DOC. Aqua regia uutto, mittaus GAAS:llä. ISO 11464:1994 ja ISO11466:1995	
Lyijy (Pb) * kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMAQUARE.DOC. Aqua regia uutto, mittaus GAAS:llä. ISO 11464:1994 ja ISO11466:1995	45 %
Sinkki (Zn) kokonaispitoisuus	mg/kg ka	YMAQUARE.DOC. Aqua regia uutto, mittaus ICP-AES:llä. ISO 11464:1994 ja ISO11466:1995	
E.coli	pmy/g	NMKL 125/2005	
Enterokokit *	pmy/g	NMKL 68/2004	
*) akkreditoitu menetelmä			

LIITE III. Laboratorioanalyysien tulokset. (1/4)

Yksityistalouksien sakokaivojen analyysien tulokset:			S1	S2	S3	S4	S5
Sakokaivo ennakko- näyte	Typpi, liukoinen	g/kg ka	<140	14	140	9,4	85
		kg/tn	<0,1	0,28	0,49	0,23	0,1
	Typpi, kokonaispit.	g/kg ka	<1000	48	200	34	<580
		kg/tn	<0,7	0,92	0,72	0,84	<0,7
	Fosfori, liukoinen	g/kg ka	4	4,5	26	3,1	27
		kg/tn	<0,1	0,09	0,09	0,08	0,03
pH		6,1	6,7	7,5	6,2	7,1	
Otettu: 26.5.07	Kuiva-aine, tonnissa	%	0,1	1,9	0,4	2,5	0,1
Sakokaivo 0-näyte	E.coli	pmy/g	85	98 000	520 000	860 000	2 000
	Enterokokit	pmy/g	<10	10 000	9 300	35 000	400
	Salmonella		ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	Ascaria		ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	pH		5,6	6,7	6,6	6,7	7,5
	Otettu: 8.5.07	Kuiva-aine	%	0,24	2,7	1,6	8,5
Tutkimus alkoi: 10.05.2007		mg/l	2 400	27 000	16 000	85 000	960
Sakokaivo I-näyte	E.coli	pmy/g	0	0	0	0	0
	Enterokokit	pmy/g	<10	<10	<10	<10	<10
	Salmonella		ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	Ascaria		ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	pH		13	13	13	13	13
	Otettu: 8.5.07	Kuiva-aine	%	0,32	1,2	1,2	1,3
Tutkimus alkoi: 10.05.2007		mg/l	3 200	12 000	12 000	13 000	4 400
Sakokaivo II-näyte	E.coli	pmy/g	<10	<10	<10	<10	<10
	Enterokokit	pmy/g	<100	<100	<100	<100	<100
	Salmonella		ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	Ascaria		ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	pH		13	13	13	13	13
	Otettu: 11.5.07	Kuiva-aine	%	0,32	1	1,1	1,1
Tutkimus alkoi: 11.05.2007		mg/l	3 200	10 000	11 000	11 000	4 200

LIITE III. Laboratorioanalyysien tulokset. (2/4)

Maatilamatkailukohteiden analyysin tulokset:		M1	M2	M3	M4	M5
Sakokaivo 0-näyte	Näyte otettiin	12.06.2007	12.06.2007	04.07.2007	13.08.2007	03.09.2007
	Tutkimus alkoi	15.06.2007	15.06.2007	09.07.2007	16.07.2007	04.09.2007
	E.coli pmy/g	60 000	6 000 000	55 000	11 000	700
	Enterokokit pmy/g	<10	60 000	78 000	5 800	<100
	Salmonella	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	Ascaria	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	pH	7,7	7,7	6,9	6,8	7,4
	Kuiva-aine %	0,4	0,4	1,6	0,08	0,121
	mg/l	4 000	4 000	16 000	800	1 210
Sakokaivo I-näyte	Näyte otettiin	12.06.2007	12.06.2007	04.07.2007	13.08.2007	03.09.07
	Tutkimus alkoi	15.06.2007	15.06.2007	09.07.2007	16.07.2007	04.09.2007
	E.coli pmy/g	0	0	<10	<10	<10
	Enterokokit pmy/g	0	0	<100	<100	<100
	Salmonella	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	Ascaria	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	pH	12,5	12,5	12	12,6	12,7
	Kuiva-aine %	2	1,9	1,56	0,94	0,679
	mg/l	20 000	19 000	15 600	9 400	6 790
Sakokaivo II-näyte	Näyte otettiin	14.06.2007	14.06.2007	06.07.2007	15.08.2007	05.09.07
	Tutkimus alkoi	14.06.2007	14.06.2007	09.07.2007	16.07.2007	07.09.2007
	E.coli pmy/g	0	0	<10	<10	<10
	Enterokokit pmy/g	0	0	<100	<100	<100
	Salmonella	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	Ascaria	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu	ei todettu
	pH	12,3	12,3	12	12,6	12,3
	Kuiva-aine %	2,4	1,9	1,23	0,94	0,807
	mg/l	24 000	19 000	12 300	9 400	8 070

Yhteiskeräilypisteiden analyysin tulokset:		Y1	Y2	Y3	Y3
Ennakko- maanäyte	Pintamaan maalaji *	KHt	Mm	htHs	Hs
	Multavuus **	rm	-	m	m
	Johtoluku 10xmS/cm	0,8	1,4	0,7	0,5
	pH	6,2	6,1	6,2	6,2
	Kalsium (Ca) mg/l	2100	3300	1100	1000
	Fosfori (P) mg/l	14	9,9	10	7,7
	Kalium (K) mg/l	92	100	98	76
	Magnesium (Mg) mg/l	160	310	180	180
	Rikki (S) mg/l	11	13	11	10
	Arseeni (As), kok.pit. mg/kg ka	<3	<3	<3	<3
	Kadmium (Cd), kok.pit. mg/kg ka	0,1	0,21	0,14	0,12
	Kromi (Cr), kok.pit. mg/kg ka	13	45	51	61
	Kupari (Cu), kok.pit. mg/kg ka	12	40	20	23
	Elohopea (Hg), kok.pit. mg/kg ka	<0,07	0,12	<0,07	<0,07
	Nikkeli (Ni), kok.pit. mg/kg ka	5,2	23	29	31
Lyijy (Pb), kok.pit. mg/kg ka	3,3	7,8	6,5	6,8	
Sinkki (Zn), kok.pit. mg/kg ka	18	65	67	68	
*) KHt = karkea hiekka; kuiva, viljelyyn sopimaton , Mm = multamaa; kuohkea, tumma, hyvä viljely- maa, htHS = hietainen hiesu: vaalea, juokseva, kovettuva, useimmiten hankala viljellä ja Hs = hiesu; vaalea, juokseva, kovettuva, useimmiten hankala viljellä **) Multavuus: rm = runsasmultainen ja m = multava					
Sakokaivo 0-näyte	Näyte otettiin	08.05.2007	16.05.2007	15.08.2007	x
	Tutkimus alkoi	10.05.2007	22.05.2007	16.07.2007	x
	E.coli pmy/g	16 000	5 700	21 000	x
	Enterokokit pmy/g	240	1 700	2 500	x
	Salmonella	todettu	todettu	ei todettu	x
	pH	7,7	10	7,3	x
	Kuiva-aine mg/l	3 400	6 100	22 000	x
Sakokaivo I-näyte	Näyte otettiin	08.05.2007	16.05.2007	15.08.2007	x
	Tutkimus alkoi	10.05.2007	22.05.2007	16.07.2007	x
	E.coli pmy/g	0	<10	<10	x
	Enterokokit pmy/g	<10	<10	3500	x
	Salmonella	ei todettu	ei todettu	ei todettu	x
	pH	12	12	10,5	x
	Kuiva-aine mg/l	7 500	9 400	27 600	x

LIITE III. Laboratorioanalyysien tulokset. (4/4)

Yhteiskeräilypisteiden analyysin tulokset:		Y1	Y2	Y3	Y3
Sakokaivo II-näyte	Näyte otettiin	11.05.2007	18.05.2007	17.08.2007	x
	Tutkimus alkoi	11.05.2007	22.05.2007	21.08.2007	x
	E.coli pmy/g	<10	<10	200	x
	Enterokokit pmy/g	<100	<10	200	x
	Salmonella	ei todettu	ei todettu	ei todettu	x
	pH	12	12	10,5	x
	Kuiva-aine mg/l	2 100	14 000	15 200	x
	Arseeni (As), kok.pit. mg/kg ka	<3,4	9	14	x
	Kadmium (Cd), kok.pit. mg/kg ka	0,25	<0,1	0,23	x
	Kromi (Cr), kok.pit. mg/kg ka	5,3	1,4	7,4	x
	Kupari (Cu), kok.pit. mg/kg ka	130	130	130	x
	Elohopea (Hg), kok.pit. mg/kg ka	<0,06	<0,06	0,13	x
	Nikkeli (Ni), kok.pit. mg/kg ka	26	<10	12	x
	Lyijy (Pb), kok.pit. mg/kg ka	2,8	3,7	5	x
	Sinkki (Zn), kok.pit. mg/kg ka	100	140	230	x
	Typpi, liukoinen g/kg ka	-	14	20	x
		kg/tn	0,15	0,31	
	Fosfori, liukoinen g/kg ka	4,5	2,3	4,8	x
		kg/tn	0,01	0,07	
	Kalium, liukoinen g/kg ka		-	24	x
		kg/tn	-	0,37	
Tilavuuspaino kg/m ³	-	990	990	x	
Maanäyte III-näyte	Näyte otettiin	15.06.2007	15.06.2007	30.08.2007	30.08.2007
	E.coli pmy/g	<10	<10	20	<10
	Enterokokit pmy/g	<10	<10	<100	<100
	pH	6	6	6,3	6,1

SAKOKAIVOLIETTEEN KALKKISTABILOINTIOHJE

Haja-asutusalueilla muodostuvaa sakokaivolietettä on mahdollista levittää omasta sakokaivosta omalle pellolle, mikäli sakokaivoliete on käsitelty ennen peltoon levittämistä niin, että siitä ei aiheudu terveys-, ympäristö eikä hajuhaittoja. Hyväksytyt sakokaivolietteen käsittelymenetelmät ovat kalkkistabilointi, termofiilinen mädätys, kompostointi tai terminen kuivaaminen.

Tämä sakokaivolietteen käsittelyohje on tehty *Maaseudun jätehuolto Pohjois-Karjalassa* - hankkeen toimesta ja Lappeenrannan teknilliseen yliopistoon tehdyn opinäytetyön tuloksiin (Lampén Heidi.2007. *Sakokaivolietteiden kalkkistabilointi ja hyötykäyttö maataloudessa*) perustuen. Ohje koskee kalkkistabilointia, joka suoritetaan sammutetulla kalkilla nostamalla lietteen pH yli 12 kahden tunnin ajaksi yksittäisessä sakokaivossa. Tällöin liete hygienisoituu niin, että se voidaan levittää pellolle. Yhteiskäsittelypisteessä käsittelyaika on kaksi vuorokautta.

YKSITTÄISET SAKO- JA UMPIKAIVOT

Sakokaivolietettä, joka on peräisin tilalla asumisesta ja/tai tilalla tapahtuvasta muusta toiminnasta ja joka ei tarvitse ympäristölupaa, voi levittää omalle pellolle, mikäli se on hygienisoitu käyttäen kalkkistabilointimenetelmää. Kalkkistabiloidun sakokaivolietteen sijoituspaikat ja toimenpiteen muut tiedot (kalkin määrä ja stabilointiajankohta) merkitään tilan lohkokorteille.

YHTEISKÄSITTELYPISTEET

Tässä ohjeessa yhteiskäsittelypisteellä tarkoitetaan maatilalla sijaitsevaa lietesäiliötä, joka on kooltaan alle 100m³ ja johon tilalla toimiva yrittäjä kerää ja jossa hän hygienisoi kalkkistabiloimalla muilta yksityistalouksilta keräämäänsä sako- ja umpikaivolietettä. Yhteiskäsittelypisteen lietesäiliössä käsitellään vain yksityistalouksista kerättyjä sakokaivolietettä. Yhteiskäsittelypisteen haltijan on ennen toiminnan aloittamista ilmoitettava paikallisen ympäristökeskuksen jätetiedostoon ja haettava kunnasta ympäristölupa. Lisäksi toimintaa koskee lannoitevalmistelaki, joka velvoittaa toimijan ilmoittau-

tumaan Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran rehu- ja lannoitevalvontayksikön ylläpitämään toimijarekisteriin (ilmoittautuminen tehdään toimittamalla toiminnan aloitusilmoitus ns. elinkeinoilmoitus Eviraan), pitämään tiedostoa käsittelymääristä, laatimaan ja toteuttamaan omavalvontasuunnitelman sekä hakemaan toiminnalleen laitoshyväksynnän Evirasta. Lannoitevalmistelain mukaiset tyyppinimi- ja tuoteselostevaatimukset sen sijaan eivät koske tämän ohjeen mukaisesti kalkkistabiloitua sakokaivolietettä, kun tuote käytetään omalla tilalla. Yhteiskäsittelypisteen haltijan on pidettävä kirjaa vastaanotetuista ja maanviljelyksessä käytettävistä lietteistä, lietteen sijoituspaikoista ja muokauskastoista, lietteen laatua kuvaavista ominaisuuksista (pH, E.coli, Salmonella, raskasmetallit) ja lietteen hygienisointi tavasta.

KALKKISTABILOINTIOHJE YKSITTÄISESSÄ SAKO- TAI UMPIKAIVOSSA

Kalkkistabilointi voidaan suorittaa tilan omassa sako- tai umpikaivossa. Sako- tai umpikaivoon ei saa kalkkistabiloinnin aikana tulla uutta lietettä. Tämä tarkoittaa sitä, että WC ja pesutiloja ei saa käyttää stabiloinnin aikana eikä ennen lietteen poiskuljetusta. Kalkin ja stabiloidun sakokaivolietteen kulkeutuminen maasuodattimiin, panospuhdistamon prosesseihin ja imeytyskenttiin on estettävä.

Toimenpiteet:

Aluksi käsittelemätön sako- tai umpikaivossa oleva liete sekoitetaan huolellisesti tasalaatuiseksi käyttäen esimerkiksi imupainevaunua. Sekoittamisen jälkeen lietteeseen lisätään sammutettua kalkkia vähintään $8,5 \text{ kg/m}^3$ sakokaivolietettä mielellään koko ajan sekoittaen. Mikäli liete on hyvin vesipitoista (umpikaivot, kaksivesijärjestelmän harmaavesikaivo) on kalkkia lisättävä vähintään $13,5 \text{ kg/m}^3$ lietettä. Kalkin lisäämisen jälkeen on tarkistettava esimerkiksi pH-liuskaa tai pH-mittaria käyttämällä, että pH on noussut vähintään tavoiteltuun lukemaan (pH 12). Tarvittaessa lisätään kalkkia ja sekoittamista jatketaan. Kalkkistabiloitu liete jätetään seisomaan kahdeksi tunniksi kaivon, jonka jälkeen se on levitettävä pellolle ja mullattava välittömästi. Mikäli sako- kaivon lietettä tuottavassa taloudessa on todettu salmonellatartunta, on lietettä seisotettava kaivossa kaksi vuorokautta. Viisainta tällaisessa tapauksessa on toimittaa sako- kaivoliete käsittelemättömänä joko yhteiskäsittelypisteeseen tai jätevedenpuhdistamolle, koska WC- ja pesutiloja on pystyttävä käyttämään päivittäin. Salmonella saastuneen

sakokaivon hygienisointiin käytetään samaa periaatetta kuin yhteiskäsittelypisteiden lietesäiliöitä hygienisoidessa.

KALKKISTABILOINTIOHJE YHTEISKÄSITTELYPISTEESSÄ

Kalkkistabilointi voidaan suorittaa myös nk. yhteiskeräilypisteessä. Yrittäjä kerää lietteet lietesäiliöön (enintään 100m³ sakokaivolietettä) yksityistalouksilta ja suorittaa kerätylle lietteelle kalkkistabiloinnin. Lietesäiliön tulee olla kunnollisesti katettu tai umpinainen sekä tiivis, niin ettei sinne pääsee ylimääräistä vettä eikä eläinten ulosteita (linnut levittävät mm. salmonellaa).

Toimenpiteet:

Lietesäiliöön kerätty sakokaivoliete sekoitetaan huolellisesti joko imupainevaunun avulla tai erilaisia sekoittimia käyttämällä. Tasalaatuiseen sakokaivolietteeeseen lisätään sammutettua kalkkia koko ajan sekoittaen vähintään 13,5 kg/m³ lietettä. Kalkkistabiloinnin aikana lietteen pH:n on noustava vähintään lukemaan 12 ja pH:n nousua on seurattava esimerkiksi pH-mittarilla. Kun pH on saatu nousemaan tavoitellulle tasolle, jätetään liete seisomaan. Kahden tunnin jälkeen kalkkistabiloinnista liete sekoitetaan uudelleen ja tarkistetaan pH. Jos pH on alle 12, lisätään vielä kalkkia ja lietettä sekoitetaan uudelleen. Kahden vuorokauden kuluttua kalkkistabiloinnista liete sekoitetaan ja tarkistetaan pH uudelleen. Jos pH on alle 12, lisätään vielä kalkkia ja lietettä sekoitetaan uudelleen. Kalkkistabiloidusta kaksi vuorokautta seisoneesta lietteestä otetaan omavalvontasuunnitelman mukaisesti näyte, joka toimitetaan analysoitavaksi hyväksytyyn laboratorioon. Liete voidaan käyttää peltolannoitteena, jos E.coli- bakteerien määrä on alle 1000 pmy/g ja salmonella ei ole todettavissa. Mikäli kalkkistabiloidussa lietteessä on salmonellaa, tulee ottaa yhteys Eviraan laitoksen hyväksynnästä/valvonnasta vastaavalle ylitarkastajalle ja käsitellä tai hävittää erä hänen antamiensa tai laitoshyväksynnän yhteydessä omavalvontasuunnitelmaan kirjattujen ohjeiden mukaisesti. Raskasmetallimääritykset tehdään toiminnan alkuvaiheessa ja jos lietteen määrissä tai laadussa tapahtuu oleellisia muutoksia (vrt. ympäristölupa, laitoshyväksyntä, omavalvontasuunnitelma).

KALKKISTABILOIDUN LIETTEEN KÄYTTÄMINEN

Kalkkistabiloidun lietteen saa levittää omalle pellolle. Lietettä saa levittää vain viljelymaalle, jolla kasvatetaan viljaa, sokerijuurikasta tai öljykasveja taikka sellaisia kasveja, joita ei käytetä sellaisenaan ihmisten ravinnoksi tai eläinten rehuksi. Nurmelle kalkkistabiloitua lietettä saa levittää vain nurmea perustettaessa suojaviljan kanssa ja multamalla liete huolellisesti. Viljelymaalla, jolla on käytetty kalkkistabiloitua lietettä, saa viljellä perunaa, juureksia, juuri- ja yrttimausteita tai vihanneksia aikaisintaan viiden vuoden kuluttua lietteen käytöstä. Lohkokohtaiseen kirjanpitoon on merkittävä lietteen levitysmäärät ja alueet sekä kalkkistabiloinnin ajankohta sekä stabiloinnissa käytetyn kalkin määrä. Yhteiskäsittelypisteiden kalkkistabiloitua ja analysoitua lietettä voi levittää sellaiselle pellolle, jonka pH on 5,5 tai parempi ja jonka raskasmetallipitoisuudet ovat alle taulukon 1 arvojen. Yhteiskäsittelypisteiden käsitellyn lietteen raskasmetallipitoisuudet eivät saa ylittää taulukon 2 arvoja. Kalkkistabiloidun sakokaivolietteen sallittu levitysmäärä lasketaan aina eräkohtaisesti lietetutkimustulosten perusteella. Tutkimustuloksessa tulevat ilmi liete-erän sisältämät kokonaistypen, liukoisen typen, kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin sekä raskasmetallien määrät. Levitysmäärä lasketaan sen aineen pitoisuuden mukaan, joka on lähinnä raja-arvoaan. Levitysmääriä rajoittaa yleisimmin fosfori ja seuraavana typi. Kalkkistabiloidun sakokaivolietteen sisältämät ravinteet huomioidaan vuosittaisessa viljelysuunnittelussa ja lannoituksen toteuttamisessa sekä seurannassa.

Taulukko 1. Viljelymaata koskevat raskasmetallipitoisuuksien raja-arvot.
(Neuvoston direktiivi 86/278/ETY sekä VNp 282/1994)

	Suurin sallittu pitoisuus * [mg/kg kuiva-ainetta]	Suurin sallittu pitoisuus ** [mg/kg kuiva-ainetta]
Kadmium	1-3	0,5
Kupari	50-140	100
Nikkeli	30-75	60
Lyijy	50-300	60
Sinkki	150-300	150
Elohopea	1-1,5	0,2
Kromi	-	200
*) EU:n asettamat raja-arvot		
**) Suomen lainsäädännön asettamat raja-arvot		

Taulukko 2. Raskasmetallien enimmäispitoisuudet lietteessä

	Suurin sallittu pitoisuus * [mg/kg kuiva-ainetta]	Suurin sallittu pitoisuus ** [mg/kg kuiva-ainetta]	Suurin sallittu vuotuinen raskasmetallikuormitus ** [g/ha]
Arseeni	-	25	-
Kadmium	20-40	1,5	1,5
Kupari	1000-1750	600***	600***
Nikkeli	300-400	100	100
Lyijy	750-1200	100	100
Sinkki	2500-4000	1500***	1500***
Elohopea	16-25	1,0	1,0
Kromi	-	300	300

*) EU:n asettamat raja-arvot
 **) Suomen lainsäädännön raja-arvot
 ***) Kasvinravinteeksi katsottavien kuparin ja sinkin kuormitukset saavat olla enintään kaksinkertaiset, silloin kun näistä ravinteista on puutetta, siinä maaperässä johon liete levitetään.

LUVAT JA LAINSÄÄDÄNTÖ

Yhteiskäsittelypiste tarvitsee seuraavat luvat ennen toiminnan aloittamista.

Jätetiedosto:

Jätettä, myös yhteiskäsittelypisteeseen sakokaivolietettä, saa ammattimaisesti kuljettaa vain jätetiedostoon ilmoittautunut jätteenkuljettaja, jolla on ote tiedostoon merkinnästä. Jätetiedostoon ilmoittautuminen tehdään alueellisessa ympäristökeskuksessa. Ilmoittautuminen on maksullinen. www.ymparisto.fi

Lannoitevalmistelain mukaiseen toimijarekisteriin ilmoittautuminen:

Toiminnan harjoittajan on lannoitevalmistelain mukaan ilmoitettava viranomaisen ylläpitämään toimijarekisteriin tekemällä ns. elinkeinoilmoitus. Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran rehu- ja lannoitevalvontayksikköön. Laki edellyttää myös tiedostonpitämistä käsittelymääristä sekä näiden tietojen vuosittaista ilmoittamista Eviraan. Tarvittaessa on rekisteritiedot päivitettävä muutosilmoituksella ja toiminnan lopettamisesta on myös ilmoitettava, jolloin toimijan tiedot poistetaan rekisteristä. Lannoitevalmistelain mukaiset tyyppinimi- ja tuoteseloste vaatimukset eivät koske tämän ohjeen mukaisesti kalkkistabiloitua sakokaivolietettä, kun käsitelty liete käytetään omalla tilalla. Rekiste-

riin ilmoittautuminen ja tietojen päivitys on maksutonta. Lisätietoja: http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto_ja_rehut/lannoitevalmisteet/

Ympäristölupa:

Ympäristölupia myöntävät ympäristölupavirasto, alueellinen ympäristökeskus ja kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Pienten yhteiskeräilypisteiden ympäristöluvat myöntää kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Ympäristölupaa haettaessa kannattaa olla ennakoon yhteydessä lupaviranomaiseen ja jättää selkeä sekä mahdollisimman täydellinen lupahakemus liitteineen riittävän ajoissa ennen toiminnan aloittamista. Ympäristölupa on maksullinen.

Laitoshyväksyntä:

Yhteiskäsittely edellyttää Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran rehu- ja lannoitevalvontayksikön hyväksyntää. Yhteiskäsittelypisteen haltijan on valvottava sakokaivolietteen hygienisoinnin toimivuutta ottamalla näytteitä käsiteltävästä lietteestä kalkkistabiloinnin jälkeen. Näyte on analysoitava Eviran hyväksymässä laboratoriossa. Laitoshyväksyntä edellyttää, että yhteiskäsittelypisteellä on oma valvontasuunnitelma, jota toteutetaan, sekä ympäristölupa. Laitoshyväksyntä on maksullinen (maksuasetus MMMa 187/2007) ja hyväksyntään voi sisältyä hyväksynnän myöntäneen viranomaisen tarkastuksia.

KUNNAN YMPÄRISTÖNSUOJELUMÄÄRÄYKSET

Tarkista aina kunnan omat ympäristönsuojelumääräykset ennen kuin teet kalkkistabilointia. Kunnan ympäristönsuojelumääräykset säätelevät viimekädessä jätteiden käsittelevät kunnan alueella.

SUOJAUTUMINEN

Kalkki on pölyävää emäksistä ainetta, joten kalkkistabiloinnin aikana on käytettävä suojaalareita sekä hengitys- ja silmäsuojaimia.



POHJOIS-KARJALAN
YMPÄRISTÖKESKUS

