

Peruna- ja juureskuorimon jätteet ja jätevedet

Marja Lehto, Tapio Salo, Sanna Sorvala,
Riitta Kemppainen, Petri Vanhala, Ilkka Sipilä
ja Maarit Puumala



Maa- ja elintarviketalous 94
77 s.

Peruna- ja juureskuorimon jätteet ja jätevedet

Marja Lehto, Tapio Salo, Sanna Sorvala,
Riitta Kemppainen, Petri Vanhala, Ilkka Sipilä
ja Maarit Puumala

ISBN 978-952-487-082-5 (Painettu)

ISBN 978-952-487-083-2 (Verkkajulkaisu)

ISSN 1458-5073 (Painettu)

ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)

www.mtt.fi/met/pdf/met94.pdf

Copyright

MTT

Marja Lehto, Tapio Salo, Sanna Sorvala, Riitta Kemppainen,

Petri Vanhala, Ilkka Sipilä ja Maarit Puumala

Julkaisija ja kustantaja

MTT

Jakelu ja myynti

MTT, 03400 Vihti

Puhelin (09) 224 251, telekopio (09) 224 6210

[sähköposti: julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

Julkaisuvuosi

2007

Kannen kuvat:

Marja Lehto

Painopaikka:

Tampereen Yliopistopaino – Juvenes Print

Peruna- ja juureskuorimon jätteet ja jätevedet

Marja Lehto¹⁾, Tapio Salo²⁾, Sanna Sorvala³⁾, Riitta Kemppainen²⁾, Petri Vanhala²⁾, Ilkka Sipilä¹⁾ ja Maarit Puumala¹⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) Kotieläintuotannon tutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti, marja.lehto@mtt.fi, ilkka.sipila@mtt.fi, maarit.puumala@mtt.fi

²⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, tapio.salo@mtt.fi, riitta.kemppainen@mtt.fi, petri.vanhala@mtt.fi

³⁾Evisol Oy, Hakkilankaari 7 A, 01380 Vantaa, nykyinen osoite sanna.sorvala@luukku.com

Tiivistelmä

Esikäsitellyn perunan ja juuresten kysyntä on jatkuvassa kasvussa. Pienimuotoista perunan ja juuresten kuorimotoimintaa harjoitetaan ns. tilakuorimoilla, jotka viljelevät itse kuorittavat perunat ja juurekset, tai kuorimoyrityksissä, jotka ostavat muualta kuorittavan raaka-aineen. Kuorittavan raaka-aineen määrä vaihtelee tarkastelun kohteena olevissa kuorimoissa 30 tonnista 1000 tonniin vuodessa, mutta kuorimotoiminta ja kuorittavat perunan ja juuresten määrät ovat voimakkaassa kasvussa. Perunan- ja juuresten kuorinta on ympäristöluvanvaraista toimintaa. Yleensä luvan myöntää kunnan ympäristöviranomaisen.

Kuorintaprosessi vaikuttaa oleellisesti kuorimolta tulevien jätevesien ja jätteiden laatuun ja määrään. Kuorimoiden jätevesille on tyypillistä korkeat orgaanisen aineen- ja ravinnepitoisuudet, alhainen pH sekä huomattavat jätevesien määrän ja laadun vaihtelut. Kuorijätettä muodostuu paljon, jopa puolet kuorittavan raaka-aineen määrästä.

Biologis-kemialliset puhdistamot soveltuvat kuorimojätevesien käsittelyyn. Puhdistamon toimivuudelle on keskeistä oikea mitoitus, valvonta sekä lietteen poisto ja käsittely.

Peruna- ja juureskuorijäte soveltuu hyvin rehuksi tuotantoeläimille. Tämä edellyttää, että kotieläintila sijaitsee kuorimon läheisyydessä. Jos kuorijätettä käytetään maanparannusaineena, se täytyy käsitellä, esim. kompostoida, jotta kuorimassan mahdollisesti sisältämät kasvitaudit ja rikkakasvien siemenet tuhoutuisivat. Oikein käsitellyn lopputuotteen ravinteet ovat myös paremmin kasvien käytettävissä.

Asiasanat: peruna juures, kuorimo, kuorijäte, jätevesi, jätevesien käsittely, rehu, kompostointi

Wastes and wastewaters from potato and vegetable peeling processes

Marja Lehto¹⁾, Tapio Salo²⁾, Sanna Sorvala³⁾, Riitta Kemppainen²⁾, Petri Vanhala²⁾, Ilkka Sipilä¹⁾ ja Maarit Puumala¹⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Animal Production Research, Vakolantie 55, FI-03400 Vihti, Finland, marja.lehto@mtt.fi, ilkka.sipila@mtt.fi, maarit.puumala@mtt.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, tapio.salo@mtt.fi, riitta.kemppainen@mtt.fi, petri.vanhala@mtt.fi

³⁾ Evisol Oy, Hakkilankaari 7 A, FI-01380 Vantaa, Finland, present address sanna.sorvala@luukku.com

Abstract

The amount of vegetable and potato peeling farms has increased during the past years in Finland. There are hundreds of farms nowadays which peel 30 – 1000 tons of potatoes and vegetables per year. The volume of peeled products will increase because industry, wholesale business, catering facilities, and other customers want to use pre-peeled products. Peeling of potatoes and vegetables on farms needs environmental permissions from the municipal authorities.

The quality and the quantity of wastes and wastewaters from potato and vegetable peeling processes depend on the peeling method used. These wastewaters have high concentrations of organic matter and nutrients, and pH is low. It is also typical that the quality and the quantity of these wastewaters fluctuates a lot during a week and a year. The peeling process produces a lot of peeling waste, the amount can be as much as half of the amount raw material peeled.

Biological-chemical wastewater treatment plants on farms are suitable for treatment of potato and vegetable processing waters. With a working treatment process, it is possible to meet the requirements of environmental permissions.

Wastes from potato and vegetable peeling processes are suitable feed for domestic animals. If the peeling waste is used as soil enrichment, the waste must be treated e.g. by composting or anaerobically to destroy plant pathogens and the seeds of weeds.

Index words: potato, root plant, peeling process, peeling waste, wastewater, wastewater treatment, feed, composting

Alkusanat

Peruna- ja juureskuorimoilta edellytetään ympäristölupaa. Lupaehtojen laatiminen ja toisaalta täyttäminen on ollut usein vaikeaa, koska yritysten todellisesta ympäristökuormituksesta ja jätteiden sekä jätevesien käsittelymenetelmistä ei ole ollut riittävästi tietoa. Tämän hankkeen tavoitteena on ollut selvittää peruna- ja juureskuorimoilta tulevien jätteiden ja jätevesien laatua ja määrää, käytössä olevia jätteiden ja jätevesien käsittelymenetelmiä, etsiä ja testata uusia menetelmiä sekä tehostaa ja parantaa jätteiden ja jätevesien käsittelyprosesseja. Hanke on toteutettu MTT:n maatalousteknologian tutkimuksen (v. 2006 alusta kotieläintuotannon tutkimus) ja kasvintuotannon tutkimuksen yhteistyönä.

Hankkeen aikana kerättiin huomattava määrä tietoa kuorimoiden jätteiden ja jätevesien ominaisuuksista ja niiden käsittelyyn liittyvistä erityispiirteistä. Lisäksi kehitettiin laitevalmistajien kanssa yhteistyössä jätevesien puhdistusmenetelmiä, jotta ne täyttävät kuorimoiden ympäristölupien vaatimukset sekä tehtiin kompostointikokeita kuorimojätteellä. Nämä tulokset ovat toivotavasti hyödynnettävissä yleisemminkin peruna- ja juureskuorimoilla sekä sovellettavissa maaseudulla muuta pienyritystoimintaa harjoittavissa yrityksissä.

Peruna- ja vihanneskuorimoiden jätteet ja jätevedet -hanke oli TE-keskuksen rahoittama ylimaakunnallinen ALMA-hanke, joka toteutettiin vuosina 2004 - 2006. Hankkeessa oli mukana 9 kuorimoa sekä 4 laitevalmistajaa: Envex International Oy, Greenrock Oy, Rumen Oy ja Wavin-Labko Oy. Hankkeelle oli asetettu ohjausryhmä, johon kuuluivat Mikko Anttalainen Lounais-Suomen ympäristökeskuksesta, Heidi Valtari Ruoka-Suomi -teemaryhmästä, Salme Haapala Foodwest Oy:stä, Erkki Isokaski Isokaski Oy:stä sekä hankkeen rahoittajan edustajana Juha Mäkinen Uudenmaan TE-keskuksesta. Tutkijaryhmä haluaa kiittää hankkeessa mukana olleita yrityksiä rahallisesta panostuksesta, mikä mahdollisti hankkeen toteuttamisen ja hyvin sujuneesta yhteistyöstä sekä hankkeen ohjausryhmää asiantuntevista kommentteista hankkeen eri vaiheissa. Erityiskiitos Seppo Lamminmäelle Ciba Specialty Chemicals Oy:stä.

Vihdissä 5. tammikuuta 2007

Maarit Puumala

Hankkeen vastuullinen johtaja

Sisällysluettelo

1 Johdanto	10
1.1 Yleistä perunan ja juuresten kuorimotoiminnasta	10
1.2 Toimialaa koskevat lait ja määräykset sekä paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)	10
1.2.1 Lait ja asetukset	10
1.2.2 Määräykset ja suositukset	13
1.2.3 BAT – paras käyttökelpoinen tekniikka	14
1.3 Jätevedet ja niiden käsittely	14
1.3.1 Jätevesien laatu ja muodostuminen kuorimossa	14
1.3.2 Jätevesien käsittelymenetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä	16
1.3.3 Jätevesien käsittelymenetelmiä	17
1.3.4 Jätevesilietteen käsittely	24
1.3.5 Jätevesien käsittelyn kustannukset	26
1.4 Kasvijätteen käsittelymenetelmiä	29
1.4.1 Kompostointi	29
1.4.2 Mädätys	32
1.4.3 Muita kasvijätteen käsittelymenetelmiä	33
1.4.4 Kasvijätteen käyttö rehuna	33
1.5 Kasvitaudit ja rikkakasvien siemenet kompostoitavassa kasvinjätteessä	35
1.5.1 Kasvitaudit	35
1.5.2 Rikkakasvit	36
2 Aineisto ja menetelmät	38
2.1 Pilottikohteiden toimintojen kuvaus	38
2.2 Jätevesien käsittelymenetelmät pilottikohteissa	39
2.3 Kasvijätteen käsittelykokeet ja käyttäjäkokemukset	41
2.3.1 Kompostointikokeet	41

2.3.2 Kasvijätteen käyttö rehuna	44
3 Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	46
3.1 Jätevesiseurannan tulokset kuorimoissa	46
3.1.1 Jätevesien käsittelyn kustannukset	48
3.2 Kasvijätteiden käsittelymenetelmät.....	49
3.2.1 Kompostointi.....	49
3.2.2 Kasvijätteen käyttö rehuna	54
3.2.3 Kasvijätteen käsittelyn kustannukset	56
4 Johtopäätökset.....	58
4.1 Jätevedet.....	58
4.2 Kasvijäte.....	60
5 Kirjallisuus.....	62
6 Liitteet.....	68

Termiluettelo

Aerobinen Happea sisältävä, happihakuinen.

Anaerobinen Hapeton, ilman happea oleva.

Aktiiviliete Mikrobeista ja muusta biomassasta koostuvaa lietettä, jossa elävät pieneliöt käyttävät hyväkseen jäteveten liuenneita ravinteita ja orgaanisia yhdisteitä.

Asukasvastineluku (AVL) Kuormitus, jonka seitsemän vuorokauden biokemiallinen hapenkulutus (BOD_7) on 70 g happea.

Bioroottori Sylinterin muotoinen laite, joka pyörii osittain jätevedessä. Biomassa muodostuu bioroottorin levyille, joissa on suuri kontaktipinta.

Biotesti Astiakoe, jossa testattavaa materiaalia käytetään kasvualustana ja tutkittavalle taudille herkkää kasvia testikasvina. Jos taudille ominaiset oireet eivät ilmesty kasveihin testin aikana, osoittaa se käsittelyn tuhonneen taudinaiheuttajat.

BOD_7 , BHK_7 Biokemiallinen hapenkulutus; se happimäärä, joka kuluu seitsemän päivän aikana mikro-organismien hajottaessa orgaanista ainetta ($20\text{ }^\circ\text{C}$).

COD_{Cr} Kemiallinen hapenkulutus; se happimäärä, joka kuluu orgaanisten aineiden kemialliseen hapettamiseen. Hapetus suoritetaan dikromaatilla.

Hygieenisuus Pieneliöiden määrä tuotteessa on niin pieni, ettei sen käytöstä aiheudu terveysriskiä.

Infektiivinen Tulehdusta/tautia aiheuttava.

Infektoitumisindeksi Lukuarvo, joka kuvaa infektoituneiden kasvien osuutta kaikista testatuista kasveista. Indeksä saadaan biotestin tuloksena.

Jätevesiliete Jätevesien käsittelyn yhteydessä syntyvä mekaaninen (laskeutus), biologinen (esim. aktiivilietelaitoksen ylijäämäliete), kemiallinen (esim. fosforin saostuksessa) liete tai niiden seos.

Kasvipatogeeni Kasvitautilia aiheuttava mikrobi.

Kompostointi Biologinen prosessi, jossa monilajinen aerobinen mikrobikanta hajottaa orgaanista ainetta kosteissa, aerobisissa ja riittävän lämpimissä olosuhteissa.

Kompostin hygienisointi Kompostimassassa olevien taudinaiheuttajien tuhoaminen tai vähentäminen turvalliselle tasolle

Liete Nesteen ja hyvin pienten ainehiukkasten muodostama seos. Se voi olla aktiivilietettä, multalietettä tai muuta liettyvää ainesta.

Lieteikä Aika, jonka liete keskimäärin viiptyy prosessissa. Lieteikää voidaan muuttaa ylijäämälietteen poistolla.

MLSS Biomassan määrä ilmastusaltaassa, mg/l, Mixed Liquor Suspended Solids.

Mädätys Monivaiheinen prosessi, jossa erilaiset mikrobit hajottavat orgaanisia yhdisteitä hapettomissa olosuhteissa.

Mädäte Mädätysprosessista saatu lopputuote.

Panospuhdistamo, Sequencing batch reactor, SBR Jaksottaisesti toimiva jäteveden puhdistamo, jossa jätevedettä ilmastetaan ja selkeytetään vuorokausiohjelman mukaan yhdessä reaktioaltaassa.

Patogeeni Tautia aiheuttava mikrobi.

Rehuyksikkö, ry Yksi rehuyksikkö vastaa 11,7 MJ muuntokelpoista energiaa. Rehujen muuntokelpoisen energian arvo (ME-arvo, joka löytyy rehutaulukoista) lasketaan sulavien ravintoaineiden pitoisuuksista rehun kuiva-aineessa.

Saprophyytti Mikrobi, joka elää hajoavassa kasviaineessa ja käyttää energianlähteenään kuollutta orgaanista ainetta.

Sellulaasisulavuus Orgaanisen aineen pepsini-sellulaasisulavuus on in vitro -menetelmä, jossa käytetään kaupallista sellulaasientsyymiä. Menetelmä kuvaa märehitijällä tapahtuvaa pötsisulatusta, joka tapahtuu pötsimikrobien tuottamien sellulaasientsyymien avulla.

Kompostin stabiilisuus Stabiili komposti on hajonnut niin pitkälle, että sen hiilidioksidin tuotto ja hapenkulutus ovat vähentyneet huomattavasti. Stabiilisuus on osa kompostin kypsyyttä.

Soluneste Solun solunesterakkulassa olevaa nestettä. Soluneste sisältää veden lisäksi mm. suoloja ja sokereita.

Tilakuorimo Maatilan yhteydessä toimiva perunaa ja juureksia kuoriva laitos, joka itse viljelee kuorittavia raaka-aineita.

Volatile solids, VS, orgaaninen kuiva-aine, määritetään polttamalla orgaaninen aines 550 °C lämpötilassa = hehkutushäviö.

1 Johdanto

1.1 Yleistä perunan ja juuresten kuorimotoiminnasta

Maatilojen yhteydessä olevat perunan- ja juuresten kuorimot ovat lisääntyneet viime vuosikymmeninä ja niitä toimii Suomessa useita satoja. Esikäsitellyn perunan ja juuresten kysyntä kasvaa, koska teollisuus, tukkukaupat, suurkeittiöt ja yksityistaloudet haluavat yhä pitemmälle jalostettuja tuotteita. Kuorimotoimintaa harjoitetaan ns. tilakuorimoissa, jotka viljelevät itse kuorittavat perunat ja juurekset, tai kuorimoyrityksissä, jotka ostavat muualta kuorittavan raaka-aineen. Kuorimotoiminta tilojen yhteydessä olevissa kuorimoissa on suhteellisen pienimuotoista, kuorittavan raaka-aineen määrä vaihtelee 30 tonnista 1000 tonniin vuodessa. Kuorimoiden koko ja kuorittavat perunan ja juuresten määrät ovat kuitenkin voimakkaassa kasvussa. Perunan ja juuresten jatkojalostustoimintaan vaaditaan ympäristölupa, jossa asetetaan vaatimukset mm. jäteveden ja jätteiden käsittelylle.

Kuorimotoiminnassa muodostuu huomattava määrä jätevesiä ja kasvijätettä. Jätevesissä on korkeat orgaanisen aineen sekä ravinnepitoisuudet, joten niiden käsittely vaatii jätevesienkäsittelylaitteistot sekä usein erityistoimia, jotta käsittelylle asetetut vaatimukset toteutuisivat.

Kasvijätettä syntyy 30 – 50 % kuorittavan raaka-aineen määrästä. Kasvijäte tulisi hyödyntää, esimerkiksi rehuna, tai käsitellä tilalla ja käyttää maanparannusaineena.

1.2 Toimialaa koskevat lait ja määräykset sekä paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)

1.2.1 Lait ja asetukset

Ympäristönsuojelulain (86/2000) mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava ympäristölupa ja ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) mukaan lupa vaaditaan perunan ja juuresten käsittely- ja jatkojalostuslaitokselta. Asetus koskee kaikkea kuorimotoimintaa. Ympäristöluvan myöntäminen edellyttää, ettei toiminnasta aiheudu terveyshaittaa tai muuta merkittävää ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa.

Ympäristöluvan myöntäjä on pääsääntöisesti kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Alueellinen ympäristökeskus ratkaisee ympäristölupahakemuksen, jos toiminnalla saattaa olla merkittäviä ympäristövaikutuksia tai se on

muuten perusteltua. Ympäristöluvassa on annettava tarpeelliset määräykset päästöistä, päästöraja-arvoista, päästöjen ehkäisemisestä ja rajoittamisesta sekä päästöpaikan sijainnista, jätteistä sekä niiden synnyn ja haitallisuuden vähentämisestä.

Ympäristönsuojelulainsäädännön voimaantulon mukainen ilmoitus toiminnasta ympäristönsuojelun tietojärjestelmään tuli tehdä viimeistään 28.2.2001.

Myös pienimuotoinen perunan ja juuresten jatkojalostus on luvanvaraista, jos toiminta sijoittuu tärkeälle pohjavesialueelle, toiminnasta voi aiheutua pohjaveden pilaantumisen vaaraa tai jos haja-asutusalueella sijaitsevan kuorimon jätevesien orgaanisen aineen kuormitus ennen käsittelyä ylittää asukasvas-tineluvun 100 eli 7 kg O₂/d (YSA 1§ 1 momentti 13a). Jos toiminta on pieni-muotoista, eikä ympäristölupaa vaadita, toimintaa koskee valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (542/2003). Tässä asetuksessa vaaditaan, että talousjä-tevesistä ympäristöön joutuvaa kuormitusta on vähennettävä orgaanisen ai-neen (BHK₇) osalta vähintään 90 %, kokonaisfosforin osalta vähintään 85 % ja kokonaistypen osalta vähintään 40 %, verrattuna käsittelemättömän jäteveden kuormitukseen.

Viemäröintiä ja viemärlaitoksia säätelevän vesihuoltolain (VhL 119/2001) mukaan vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella oleva kiinteistö on liitettävä laitoksen vesijohtoon ja viemäriin. Lakia sovelletaan asutuksen ja siihen rin-nastuvan elinkeinotoiminnan vesihuoltoon eivätkä näistä poikkeavat proses-sivedet kuulu vesihuoltolain piiriin, ellei niitä esikäsitellä ennen viemäriin johtamista. Tällaisissa tapauksissa voidaan neuvotella teollisuusjätevesisopi-mus ehtoineen ja ympäristölupavollisille em. sopimus laaditaan lähes aina (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2002).

Rehulainsäädäntöä

Rehu on mitä tahansa suun kautta tapahtuvaan eläinten ruokintaan tarkoitet-tua ainetta tai tuotetta riippumatta siitä, onko se jalostettu, osittain jalostettu tai jalostamaton. Tämän mukaan peruna- ja juuresmassa ovat rehuaineita. Rehulakia sovelletaan rehuvalmisteiden valmistukseen, liikkeeseen laskemi-seen, käyttöön, maahantuontiin ja maastavientiin sekä Suomen kautta tullaa-matta kuljetettaviin rehuvalmisteisiin. Laki koskee soveltuvin osin myös re-huvalmisteiden valmistusta ja käyttöä maatilalla (Rehulaki 396/1998).

Rehulain (396/1998) mukaan eläinten ruokintaan käytettävä valmiste ei saa sisältää sellaisia määriä haitallisia aineita, tuotteita tai eliöitä, että sen käytös-tä voi aiheutua eläintuotteisiin laatuvirheitä taikka haittaa ihmisille, eläimille tai ympäristölle. Rehutuotteissa haitallisia aineita voivat olla mm. raskasme-tallit, torjunta-aineet, dioksiinit sekä myrkylliset rikkakasvien siemenet. Näi-

den aineiden suurimmat sallitut pitoisuudet vaihtelevat rehutyypin ja eläinlajin mukaan. Rehuvalmisteissa ei saa esiintyä myöskään salmonellaa.

Rehuhygieniasetuksen (EY N:o 183/2005) mukaan pakattuja rehuvalmisteita kuljettavat ja varastoivat tukku- sekä vähittäiskaupat kuuluvat valvonnan piiriin ja tämä koskee soveltuvin osin myös maatiloja. Kaikkien rehualan toimijoiden, jotka harjoittavat jotakin rehun tuotanto-, jalostus-, varastointi-, kuljetus- tai jakeluvaiheen toimintaa, täytyy tehdä ilmoitus Elintarviketurvallisuusvirastolle (Evira) vuoteen 2008 mennessä rekisteröintiä varten. Rehua tarvitetaan myös tuoteseloste, jossa on mainittuna merkintä ”rehuaine” sekä sen nimi, rehuarvot, rehuaineen nettomäärä ja tiedoista vastaavan henkilön yhteystiedot.

Nitraattiasetus

Nitraattiasetus eli valtioneuvoston asetus 931/2000 maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta rajoittaa kasvijätteen ja jätevesien levitystä pellolle. Asetuksella pannaan täytäntöön EU:n nitraattidirektiivin vaatimukset Suomessa. Asetus tuli voimaan 15.11.2000 ja koskee koko maata. Nitraattiasetuksen mukaan typpilannoitteita tai lantaa ei saa levittää lumipeitteiseen, routaantuneeseen, veden kyllästämään tai kevättulvan alle jäävään maahan.

Syksyllä levitetty orgaaninen lannoite on välittömästi, viimeistään vuorokauden kuluessa, joko mullattava tai pelto on kynnettävä haihtumisen, valumien ja hajuhaittojen vähentämiseksi. Valumien vähentämiseksi nitraattiasetuksessa on mm. määräyksiä levitettävän materiaalin määrästä sekä kaltevia ja rantaan rajoittuvia peltoja koskevia kieltoja. Viljelijän on pidettävä kirjaa peltojen lannoitukseen käytetystä typpimäärästä ja satotasosta. Typpilannoitus on kielletty viisi metriä lähempänä vesistöä. Seuraavan viiden metrin leveydellä typpilannoitteiden pintalevitys on kielletty, jos pellon kaltevuus ylittää kaksi prosenttia.

Typpilannoitus mitoitetaan ja lannoitteet levitetään keskimääräisen satotason, viljelyvyöhykkeen ja viljelykiertojen perusteella siten, että tavoitteena on maan ravinnetasapainon säilyminen.

Lannoitelaki ja lannoitevalmistelaki

Lannoitevalmistelakia (539/2006) sovelletaan lannoitevalmisteiden (lannoitteiden, kalkitusaineiden, maanparannusaineiden, kasvualustojen, mikrobi-valmisteiden sekä lannoitevalmisteina sellaisenaan käytettävien sivutuotteiden) valmistukseen markkinoille saattamista varten, markkinointiin, käyttöön, kuljetukseen, maahantuontiin ja maastavientiin.

Lannoitevalmisteiden on oltava tasalaatuisia, turvallisia ja käyttötarkoituksensa sopivia ja niiden tulee täyttää lannoiteasetuksessa, sivutuoteasetuksessa ja lannoitevalmistelaisissa säädetyt vaatimukset. Vain sellaisia lannoiteval-

misteita, joiden tyyppinimi kuuluu joko kansalliseen tai EY-tyyppinimiluetteloon, saa valmistaa tai saattaa markkinoille. Lannoitevalmisteissa, joka saatetaan markkinoille, on oltava tuoteseloste. Tuoteselosteessa on annettava tiedot lannoitevalmisteen tyyppi- ja kauppanimestä, ominaisuuksista, käytöstä, koostumuksesta ja valmistajasta. Luonnollisen tai oikeushenkilön joka esim. valmistaa, saattaa markkinoille, kuljettaa tai käyttää lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita, on tehtävä kirjallinen ilmoitus toiminnastaan Eviralle sekä ilmoitettava kerran vuodessa tiedot lannoitevalmisteiden valmistusmäärästä, tyyppi- ja kauppanimistä, lannoitevalmisteiden valmistukseen käytetyistä raaka-aineista ja niiden alkuperästä. Laki vaatii toiminnanharjoittajia laatimaan omavalvontasuunnitelman. Ilmoitus- tai omavalvontavaatimukset eivät pääsääntöisesti koske toimijoita, jotka pelkästään kuljettavat tai käyttävät valmisteita. Lisäksi orgaanisten lannoitevalmisteiden valmistajilta vaaditaan laitoshyväksyntä.

Lain antamat tuotteiden laatuvaatimukset sekä käyttöä koskevat määräykset ja säädökset koskevat maatalouskäytön lisäksi viherrakentamista, maisemointia ja metsäkäyttöä. Maatalouskäyttö sisältää myös energia- ja puutarhakasvit.

Lannoitevalmistelaissa mainittuja lannoitevalmisteiden tyyppinimiä ja niille asetettavia laatuvaatimuksia sekä toiminnanharjoittajia koskevia, tarkentavia säännöksiä, tullaan antamaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksilla.

1.2.2 Määräykset ja suositukset

Itämeren suojelukomissio (Helcom 1996) on antanut elintarviketeollisuutta koskevan suosituksen 17/10 toiminnalle, josta tulee jätevesiä enemmän kuin 25 m³/d. Suosituksessa on annettu pitoisuudet käsitellylle jätevedelle, taulukko 1.

Taulukko 1. Helcomin suositukset elintarviketeollisuuden jätevesille.

Suure	Käsitellyn jäteveden suurin pitoisuus
COD	250 mg/l
BOD ₇	30 mg/l
kok-P	2 mg/l*
NH ₄ -N	10 mg/l**

* puhdistamoille, joiden jätevesimäärä > 500 m³/d, ** puhdistamon T > 12 °C.

Euroopan ja Välimerenalueen kasvisuojelujärjestön (EPPO) ohjeissa kasvipöytäbiojätteen käsittelemiseksi suositellaan, että biojäte käsitellään ennen käyttöä maataloudessa, puutarhataloudessa, metsätaloudessa tai maisemoinnissa siten, että kasvituholaiset häviävät.

Kasvijätteen käsittelymenetelmiä ovat kompostointi ja mädätys. Kompostoinnissa lämpötilan on oltava 55 °C vähintään kaksi viikkoa tai 65 °C viikon. Mädätyksessä jäte on kuumennettava 70 °C:een yhdeksi tunniksi tai kompostoitava mädätysprosessin jälkeen.

Prosessien toimivuuden testaamiseen on käytetty tupakkamosaiikkivirusta, möhöjuurta sekä tomaatinsiemeniä. Jos prosessi on toimiva, lähtömateriaaliin lisättyjä testi-indikaattoreita ei saisi löytyä lopputuotteesta (EPPO 2005).

1.2.3 BAT – paras käyttökelpoinen tekniikka

Ympäristönsuojelulaki edellyttää, että päästöraja-arvot sekä päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevat lupamääräykset perustuvat parhaaseen käytökelpoiseen tekniikkaan (BAT). Parhaan käyttökelpoisen tekniikan sisältöä arvioitaessa on otettava huomioon mm. jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen, tuotannossa syntyvien jätteiden uudelleen käytön ja hyödyntämisen mahdollisuus, muodostuvien päästöjen laatu, määrä ja vaikutus, käytettyjen raaka-aineiden laatu ja kulutus sekä energian käytön tehokkuus.

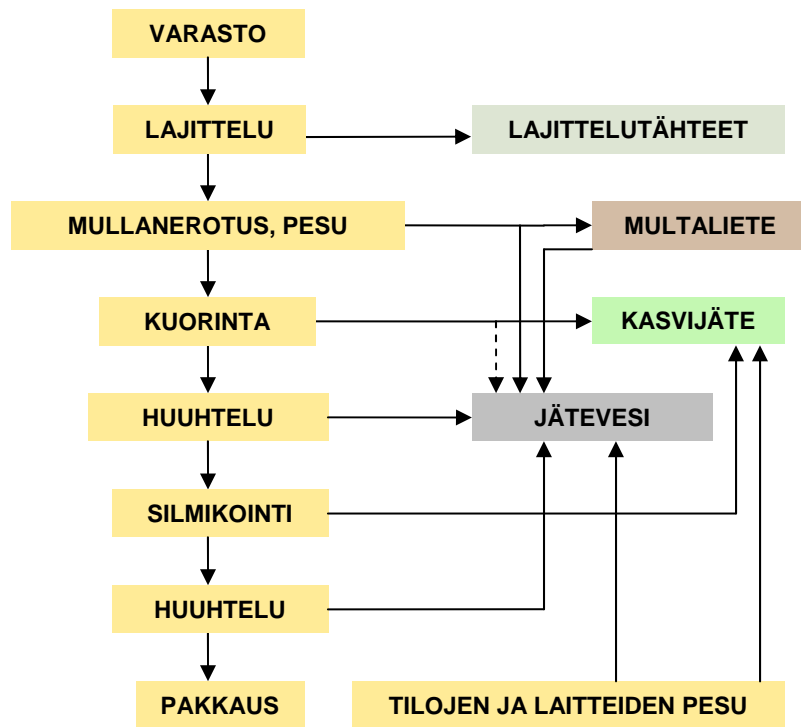
Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa arvioitaessa tulisi myös ottaa huomioon toimintaan liittyvien riskien ja onnettomuusvaarojen ennaltaehkäisy sekä onnettomuuksien seurausten ehkäiseminen, päästöjen ehkäisemisen ja rajoittamisen kustannukset ja hyödyt, kaikki vaikutukset ympäristöön sekä Euroopan yhteisöjen komission tai kansainvälisten toimielinten julkaisemat tiedot parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta.

Perunan ja juuresten käsittelyyn ja kuorintaan on laadittu kansallinen BAT-selvitys (Helsky ym. 2007).

1.3 Jätevedet ja niiden käsittely

1.3.1 Jätevesien laatu ja muodostuminen kuorimossa

Peruna- ja juureskuorimoissa muodostuvien jätevesien määrä ja laatu vaihtelee suuresti riippuen kuorittavasta lähtöaineesta, kuorintamenetelmästä, kuorintamäärästä ja veden käytöstä. Kuivakuorinnassa jätevesiä syntyy juuresten esikäsittelystä (mullanerotus), juuresten huuhtelusta sekä tuotantotilojen ja koneiden pesusta. Märkäkuorinnassa myös kuorintavaiheessa muodostuu jätevesiä. Muodostuvien jätevesien määrä vaihtelee kuorimoissa 5 - 50 m³ päivässä. Kuvassa 1. on esitetty kaaviokuva kuorintaprosessista sekä muodostuvista jäte- ja jätevesijakeista. Seuraavassa on kuvattu tarkemmin prosessissa syntyviä jätevesijakeita.



Kuva 1. Perunan ja juuresten kuorintaprosessi ja muodostuvat jakeet. Katkoviiva kuvaa märkäkuorinnasta tulevaa jätevettä.

Multavesi ja -liete

Perunan ja juuresten pesuvaiheessa muodostuu multapitoista pesuvettä n. 2 m³/t pestyä tuotetta. Multaveden kiintoainepitoisuus on korkea mutta orgaanisen aineen pitoisuus on suhteellisen alhainen, yleensä BOD₇ on alle 200 mg/l.

Märkäkuorinnasta tulevat jätevedet

Märkäkuorinnassa kasvijäte ja jätevesi sekoittuvat. Vettä käytetään usein myös kuorijätteen kuljettamiseen kouruissa eteenpäin. Kiintoaineen ja orgaanisen aineen pitoisuudet ovat korkeita, BOD₇ on yleensä 3000 - 8000 mg/l.

Kuivakuorinnasta tulevat jätevedet

Kuivakuorinnasta tulevat jätevedet ovat pääosin juuresten huuhteluvesiä sekä tilojen ja laitteiden pesuvesiä. Orgaanisen aineen pitoisuus, BOD₇, on yleensä välillä 1000 - 3000 mg/l.

Juuresten huuhteluvedet

Kuorinnan eri vaiheissa ja sen jälkeen juurekset huuhdellaan. Huuhteluvesien mukaan joutuu pieniä määriä kiintoainetta ja solunestettä.

Tilojen ja laitteiden pesuvedet

Tilojen ja laitteiden pesuvesien määrä vaihtelee suuresti riippuen tiloista, koneista, toiminnan laadusta ja määrästä. Myös se, kuoritaanko tilalla yhtä vai useampaa juuresta, vaikuttaa pesuvesien määrään. Elintarviketeollisuudessa käytetään pääosin emäksisiä pesuaineita, tilojen ja koneiden desinfiointissa käytetään myös klooria sisältäviä aineita.

Biologinen hapenkulutus, BOD, ja kemiallinen hapenkulutus, COD, ovat yleisimmin käytettyjä jäteveden orgaanisen aineen kuvaajia. Yleensä COD>BOD ja monissa jätevesissä COD/BOD on vakio.

Peruna- ja juureskuorimotoiminnasta tuleville jätevesille on tyypillistä korkea orgaanisen aineen määrä eli jätevesissä on korkeat BOD₇ sekä COD -pitoisuudet. Veden happamuus on tyypillisesti alhainen, pH 4 - 5. Huomattava osa (75 %) orgaanisesta aineesta on liukoisessa muodossa (Loehr 1974). Jätevesissä on myös suhteellisen korkeat ravinnepitoisuudet. Kuorittaessa juureksen pinta rikkoutuu ja veden joukkoon vapautuu solunestettä. Perunan solunesteen BOD₇ -arvo on yleensä 10 000 - 25 000 mgO₂/l (Lammentausta & Oksjoki 2004). Perunan kuivakuorinnasta aiheutuu jätevesiin 3 - 6 kg BOD₇/raaka-ainetonna ja perunan sekä porkkanan märkäkuorinnasta 5 - 15 kg BOD₇/raaka-ainetonna suuruinen kuormitus (Henze et al. 1997).

1.3.2 Jätevesien käsittelymenetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä

Jätevesien käsittelyjärjestelmän valinta edellyttää tuotantoyksikön olosuhteiden tarkkaa selvitystä. Seuraavat tiedot ovat tarpeellisia myös suunnittelussa ja mitoituksessa:

- syntyvän jäteveden määrä ja laatu sekä erityisominaisuudet
- jäteveden määrän ja laadun vaihtelut
- laitoksen sijainti (vesistöt, pohjavesialueet)
- kunnalliset erityismääräykset
- liittymismahdollisuus kunnalliseen tai paikalliseen jätevesiviemäriin
- puhdistamon prosessiohjaukseen ja huoltoon vaadittavat resurssit
- jäteveden puhdistuksessa syntyvien fraktioiden käsittely- ja loppusijoitus
- jäteveden käsittelyvaatimus (ympäristölupa)
- olemassa olevat rakenteet, tilat, työntekijät ym. resurssit

Jätevesien käsittelyn suunnittelussa tulisi tarkastella myös

- mahdollisuuksia jätevesien määrän vähentämiseen (vaihtoehtoiset tuotantomenetelmät, veden kierrätys)
- veden kierrättämisen mikrobiologiset vaikutukset
- jätevesien käyttö kasteluvetänä soveltuviin kohteisiin

Kiinteistökohtainen jätevedenkäsittelysuunnitelma sisältää Saralehdon (2004) mukaan ainakin seuraavat osiot:

- kuormituslukuihin perustuva mitoitus
- selvitys käsittelymenetelmän toimintaperiaatteesta
- arvio saavutettavista käsittelytuloksista ja ympäristökuormituksesta
- rakennusselostus: kiinteistöviemärit, kaivannot, kaivot, toimitilat, laitteet (pumput, hälytykset...), puhdistusmenetelmän rakenteet
- liitteet: tarvikeluettelo, esiselvitysmuistio, yleiskartta kiinteistön sijainnista, piirustukset; asema, taso, leikkaus, käyttö- ja huolto-ohje.

1.3.3 Jätevesien käsittelymenetelmiä

Ensisijainen jätevesien käsittelyvaihtoehto on vesien johtaminen kunnalliseen tai paikalliseen jätevedenkäsittelylaitokseen. Kunnalliset laitokset voivat vaatia jäteveden esikäsittelyä ennen veden johtamista kunnan viemäriin. Jos kunnallinen tai paikallinen jätevedenkäsittely ei ole mahdollista, jätevedet täytyy käsitellä lähellä niiden muodostumispaikkaa mahdollisimman tehokkaasti.

Esikäsittely

Jätevesien esikäsittely on tarpeellista aina, kun jätevedet käsitellään tilalla. Useimmiten esikäsittelynä toimii saostussäiliö tai tasausallas, mutta esikäsittely voi olla myös kemiallinen. Esikäsittelyssä jäteveden laatu tasaantuu ja siitä poistuu mm. kiintoainetta.

Jätevesien johtaminen saostussäiliöön on tavallisin jätevesien esikäsittelymenetelmä haja-asutusalueilla. Jäteveden laskeutuvat ja kelluvat ainekset erottuvat. Puhdistusteho fosforille, typelle ja orgaaniselle aineelle on 10 - 20 %. Oikein mitoitettut saostuskaivot vähentävät huomattavasti laskeutuvien ja liettyvien aineiden määrää. Yleisin käytössä oleva saostussäiliö on betonirenkaskaivo, myös muovisia säiliöitä tai altaita käytetään. Hienojakoisen kuoriaineksen erottaminen jätevedestä laskeuttamalla vaatii yleensä pitkän viipymän ja suuren allastilavuuden.

Perunan ja juuresten kuorimotoimintaan liittyy kuorintamäärien kausiluonteinen vaihtelu, millä on oleellinen vaikutus jätevedenkäsittelyyn. Kuormituksen tasaamisessa voidaan käyttää tasausallasta, jonka tilavuus voi olla mo-

ninkertainen päivittäin käsiteltävään jätevesimäärään verrattuna. Tasausallas tasaa veden määrän lisäksi myös jäteveden laadun vaihtelua.

Märkäkuorinnassa jäteveden joukkoon joutuu suuri määrä hienojakoista orgaanista kiintoainetta, josta pääosa on saatava erilleen jätevedestä, ennen kun se voidaan johtaa jätevedenkäsittelylaitokseen. Kiintoaineen poistoon voidaan, laskeutuksen lisäksi, käyttää erilaisia kemikaaleja, suodattimia, linkoja ja puristimia.

Jäteveden kemiallinen käsittely

Kemikaaleja käytetään jätevesien käsittelyssä mm. saostamaan jätevedestä fosforia, säätämään pH:ta sopivaksi tai estämään vaahtoamista. Fosforin saostuksessa käytetään yleensä rauta- tai alumiini-suoloja, jotka muodostavat fosforin kanssa niukkaliukoisia yhdisteitä. Muodostuva sakka erotetaan vedestä selkeyttämällä. Peruna- ja juurestuotannosta tulevat jätevedet ovat yleensä happamia, jolloin pH joudutaan säätämään esim. kalkilla tai lipeällä. Jätevesien sisältäessä runsaasti helposti biohajoavaa hiiltä, esiintyy biologisissa käsittelyprosesseissa rihmamaisia organismeja, jotka aiheuttavat vaahtoamista (Nikolavcic & Svaldal 2000). Vaahtoamista voidaan hillitä ylijäämälietteen tehokkaammalla poistolla tai vaahtonestokemikaaleilla.

Biologinen jätevesien käsittely

Peruna- ja juureskuorimoiden ympäristöluvuissa on käsittelyvaatimukset sekä orgaaniselle aineelle että fosforille, jolloin kyseeseen tulee biologis-kemiallinen jätevedenkäsittelymenetelmä. Jätevesien biologisessa käsittelyssä mikro-organismit, pääasiassa bakteerit, käyttävät jäteveden orgaanista ainetta ja epäorgaanisia suoloja kasvuunsa ja uuden solumateriaalin tuottamiseen. Osan orgaanisesta aineesta mikrobit käyttävät energiantarpeensa tyydyttämiseen (Kettunen ym. 2006). Käsittelyn tarkoituksena ei yleensä ole orgaanisen aineksen täydellinen hajottaminen, vaan tavoitteena on muuttaa jäteveden liuenneet ja hienojakoiset aineet sellaiseen muotoon, että ne voidaan esimerkiksi laskeuttamalla erottaa vedestä (Karttunen 2004). Kuorimo-jätevesien orgaanisen aineksen, typen ja fosforin suhteet ovat usein sekä jätevesien biologiselle käsittelylle että ravinteiden biologiselle poistolle sopivia, optimi BOD₇:N:P -suhde on 100:5:1 (Lammentausta & Oksjoki 2004).

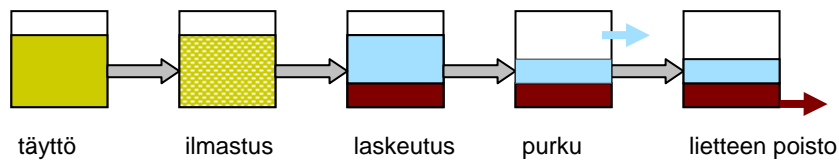
Biologiset käsittelyprosessit voivat olla aerobisia tai anaerobisia. Aerobisista prosesseista kuorimojätevesien käsittelyssä on käytetty jatkuvatoimisia aktiivilieteprosesseja ja sen muunnelmia (panospuhdistus- ja pitkäilmastusprosessit), biofilmiprosesseja ja lammikointia.

Aktiivilieteperiaatteella toimivat prosessit sekä biosuotimet soveltuvat runsaasti orgaanista ainetta sisältävien jätevesien käsittelyyn. Jatkuvatoimisissa prosesseissa puhdistamolle tuleva jätevesi johdetaan ensin ilmastusaltaaseen ja sen jälkeen selkeytysaltaaseen, jossa mikrobimassa erotetaan vedestä laskeuttamalla. Pääosa tästä lietteestä palautetaan takaisin ilmastusaltaaseen, mutta

mikrobien lisääntymistä vastaava määrä poistetaan ylijäämälietteenä, jotta prosessin lietemäärä pysyisi halutulla tasolla.

Panospuhdistamo (SBR) on jaksottaisesti toimiva jäteveden puhdistamo. Panospuhdistamoissa orgaaninen aine poistetaan vedestä biologisesti ja fosfori saostetaan useimmiten kemiallisesti. Panospuhdistamon olosuhteet voidaan optimoida siten, että ravinteiden poistutumista tapahtuu myös biologisesti.

Panospuhdistamoprosessissa jätevesi johdetaan saostussäiliön ja/tai tasausaltaan kautta pumppauskaivoon, mistä jätevettä pumpataan käsiteltävä erä kerrallaan ilmastusaltaaseen, kuva 2. Jätevettä ilmastetaan prosessin ohjausohjelman mukaisesti 5 - 20 tuntia ja tarvittaessa sekoitetaan, jotta liete ei laskeudu ilmastuksen aikana. Aktiivilieteprosessin optimaalinen happipitoisuus on noin 2 mg O₂/l (Karttunen 2004). Yli 3 mg:n nouseva pitoisuus ei tehosta prosessia vaan lisää ilmastuksesta syntyviä käyttökustannuksia. Happipitoisuus 1,5 – 3,0 mg O₂/l on riittävä myös nitrifikaatiolle eli ammoniumtyypen hapettumiselle nitraatiksi (Kettunen ym. 2006). Ilmastusvaiheen jälkeen ilmastus lopetetaan ja lietteen annetaan laskeutua 3 - 5 tuntia. Laskeutuksen jälkeen pumpataan reaktorin pinnassa oleva puhdistettu vesi jälkikäsitelyyn tai purkuojaan. Saostuskemikaalin syöttö voidaan tehdä pumppauskaivossa, ilmastusaltaassa tai ilmastuksen jälkeen.



Kuva 2. Panospuhdistusprosessin eri vaiheet.

Aktiivilieteprosessit voidaan jakaa korkeakuormitteisiin, normaalikuormitteisiin ja matalakuormitteisiin prosesseihin sen mukaan, miten paljon orgaanista ainetta prosessiin tulee päivässä ilmastusaltaassa olevaa aktiivilietebiomasakiloa kohti (taulukko 2). Pitkäilmastuslaitos on sovellutus matalakuormitteisesta aktiivilietelaitoksesta.

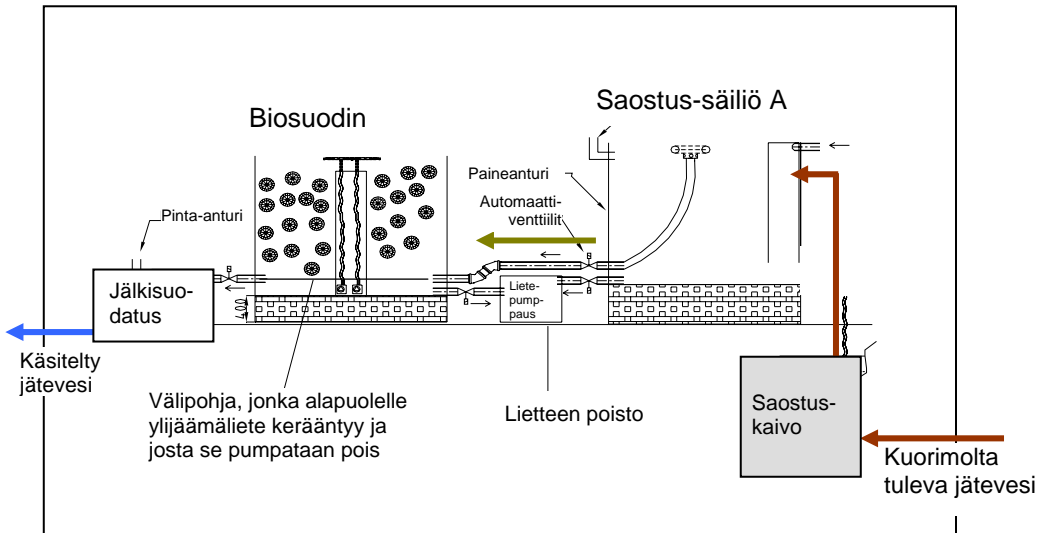
Taulukko 2. Aktiivilieteprosessit lietekuorman ja lieteikä perusteella (Karttunen 2004)

Prosessityyppi	Lietekuorma (kgBOD ₇ /kgMLSS·d)	Lieteikä (d)
Korkeakuormitteinen	0,8 – 1,5	< 2
Normaalikuormitteinen	0,3 – 0,7	2 - 6
Matalakuormitteinen	0,1 – 0,2	> 7
Pitkäilmastuslaitos	0,05 – 0,1	> 7

Mitä suurempi orgaaninen kuorma puhdistamoon tulee, sitä enemmän lietettä muodostuu. Lietteen viipymäaika prosessissa vaikuttaa myös syntyvään liettemäärään. Lammentaustan ja Oksjoen (2004) kuorimojätevesien puhdistuskokeissa syntyvän lietteen määrä kuiva-aineena vaihteli pitkäilmastuksen 0,3 kg:sta 30 päivän lieteiän 0,65 kg:aan prosessiin syötettyä BOD kiloa kohden. Tavoitteena on lietteen ikää ja määrää säätelemällä ylläpitää aktiiviliete tilassa, jossa orgaanisen aineen ja ravinteiden poisto on vakaa ja puhdistamon kokoon nähden optimaalinen. Puhdistamon ohjausparametreista tärkeimpiä ovat lietteen poisto (lieteikä) ja ilmastusaltaan happipitoisuus (DO, liukoinen happi).

Biofilmireaktorissa mikrobikasvusto (biofilmi) kehittyy reaktoriin sijoitetun täyteaineen pinnalle jäteveden virratessa sitä pitkin. Täyteaine voi olla esim. muovia ja sen tehtävänä on muodostaa mikrobeille suuri tarttumispinta-ala ja luoda mahdollisimman hyvä kontakti biomassan, läpivirtaavan jäteveden ja ilman välille. Täyttemateriaalin pinnalla kasvava mikrobikasvusto hajottaa orgaanista ainetta. Korkeakuormitteisissa puhdistamoissa biofilmin paksuus on 0,1 - 0,3 mm ja matalakuormitteisissa jopa useita senttimetrejä. Muodostuvan lietteen määrä on tavallisesti pienempi kuin aktiivilietelaitoksella syntyvä. Tuleva jätevesi täytyy esikäsitellä, jotta täyteaine ei tukkeudu. Biofilmi-prosessin jälkeen tarvitaan yleensä selkeytys kiintoaineen erottamiseksi käsitellystä jätevedestä.

Esimerkki biofilmireaktorin toimintaperiaatteesta on esitetty kuvassa 3. Jätevedet johdetaan saostuskaivon kautta saostusaltaseen A, jossa jätevetteen lisätään saostuskemikaali. Saostusaltaan pohjalle laskeutunut kemiallinen liete johdetaan takaisin saostuskaivoon. Esikäsitelty jätevesi ohjataan saostussäiliön A pinnasta biosuotimeen. Biosuodattimessa vettä ilmastetaan kierättämällä sitä täyteaineen läpi. Veden kierrätys ilmastaa käsiteltävää jätevettä ja poistaa vedestä myös hajukaasuja. Orgaaninen aines ja ravinteet siirtyvät jätevedestä biofilmiin pidättymällä ja diffuusiolla (Kettunen ym. 2006). Kierätysvaiheen jälkeen käsitelty jätevesi johdetaan jälkisuodatukseen ja edelleen purkuojaan. Biosuodattimen pohjalle tuleva ylijäämäliete poistetaan. Jälkisuodattimena toimii tässä kivivillasuodatin.



Kuva 3. Biofilmireaktori (Greenrock Oy)

Jatkuvatoimisessa pitkäilmastusprosessissa ilmastusallas on suuri ja jäteveden viipymäaika pitkä, mikä mahdollistaa virtaama- ja kuormitushuippujen hyvän tasaamisen. Käsittelyaika on pitkä suhteessa orgaaniseen kuormaan ja muodostuva liete hajoaa huomattavasti jo ilmastusaltaassa. Pitkäilmastusprosessin etuna onkin vähäinen ylijäämälietteen tuotto. Pitkäilmastuslaitokset ovat rakenteellisesti yleensä rengaskanavia.

Oksa (2002) tutki juureskuorimon jäteveden käsittelyä laboratorioolosuhteissa neljässä eri prosessissa, jotka olivat pitkäilmastus-, biofilmi-, panos- ja anaerobinen lietepatjaprosessi. Käsittelykokeiden mukaan aerobiset prosessit soveltuvat juuresten ja sipulin tuotannon jätevesien käsittelyyn. Parhaat tulokset saavutettiin pitkäilmastusprosessilla. Prosessin lämpötilan ollessa 16 - 22 °C COD väheni yli 80 % ja BOD 97 %. Alemmassa koelämpötilassa (6 - 8 °C) COD -vähenemä vaihteli välillä 57 - 82 % ja BOD -vähenemä vastaavasti 87 %. Kokonaistypen vähenemä oli keskimäärin 40 %. Prosessissa poistui myös fosforia ja kiintoainetta.

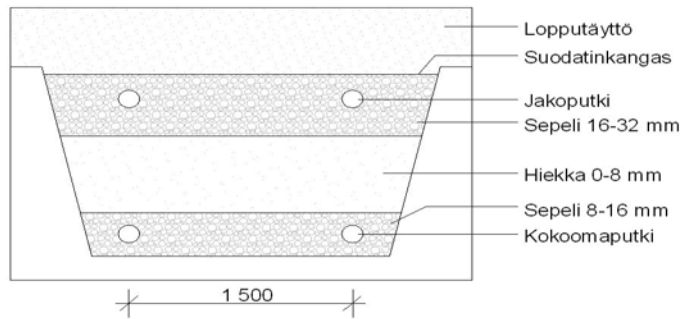
Termofiilinen aerobinen reaktorikäsittely. Skjelhaugen (1999) on kehittänyt aerobista reaktorikäsittelyä orgaanisille jätteille, mm. perunalastuteollisuuteen. Jätteen kuiva-ainepitoisuus vaihteli välillä 2 - 12 %. Reaktori oli suunniteltu stabilisoimaan ja hygienisoimaan erilaisia nestemäisiä orgaanisia jätteitä. Prosessissa pyrittiin siihen, että ravinteet eivät häviä käsittelyn aikana ja lopputuotteelle pyrittiin saamaan kasvintuotannon kannalta mahdollisimman korkea arvo. Orgaaninen aines ja typpi pysyivät pääosin lietteessä. Kiinteä aine hajosi jonkin verran prosessissa.

Käsittely tapahtui suljetussa, eristetyssä yksivaiheisessa reaktorissa, hyvin kontrolloiduissa olosuhteissa. Biomassan hajoaminen tuotti termofiilisen lämpötilan 50 - 60 °C. Reaktoriin, jonka aktiivinen tilavuus oli 17,5 m³, voitiin syöttää jätettä 2,5 m³ päivässä viipymän ollessa 7 vuorokautta. Reaktorissa oli ilmastus, vaahtoamisen säätö ja sekoitus. Tavallinen ilmansyöttömäärä oli 8 m³/h. Poistuva ilma johdettiin turvesuodattimen läpi, joka sitoi hajukaa-
sut. Reaktorissa käsiteltiin sekä jätteet että jätevedet. Käsittelyn jälkeen tarvittiin vielä riittävän suuri varastoallas, johon liete varastoitettiin talvikuukausien ajaksi. Ilmastettu ja stabiloitu lopputuote levitettiin pelloille.

Anaerobisessa jätevesien käsittelyprosessissa anaerobibakteerit käyttävät vedessä olevaa orgaanista ainetta energialähteenään. Materiaali, joka sisältää paljon proteiinia ja hiilihydraatteja, hajoaa nopeasti. Yleisin jätevedenkäsittelyssä käytettävistä anaerobireaktorityypeistä on lietepatja- eli USAB-reaktori (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Jätevesi virtaa alhaalta ylöspäin lietekerroksen läpi. Anaerobiproessi tuottaa vähemmän lietettä kuin aerobiproessi. Anaerobiset prosessit soveltuvat parhaiten suuriin laitoksiin, missä orgaaniset jätteet ja jätevedet käsitellään samassa prosessissa. Mädätyksestä enemmän kappaleessa 1.4.2.

Maaperäkäsittelymenetelmissä käytetään maaperän ominaisuuksia ja maa-aineksia hyväksi jäteveden puhdistuksessa. Puhdistuminen tapahtuu biologisesti aktiivisessa kerroksessa, joka on paksuudeltaan muutamasta millimetristä muutamiin kymmeneen sentteihin riippuen kerroksessa käytetyn hiekan karkeudesta. Aktiivinen kerros muodostuu heti imeytuspintaan ja sen alapuolelle. Suodatinhiekan tai jäteveden luonnostaan sisältämät erilaiset mikroorganismit hajottavat orgaanista ainesta ja sitovat ravinteita lähinnä tässä kerroksessa. Suuremmat kiintoaine- ja ravinnehiukkaset sitoutuvat hiekkään myös fysikaalisesti, pienemmät tarttuvat hiekan pinnalle adsorptiolla. Aktiivinen kerros on herkkä tukkeutumiselle ja käsiteltävien jätevesien sisältämä kiintoainekin poistettava, esimerkiksi laskeuttamalla, ennen vesien johtamista kenttään (Kallio & Santala 2002).

Suodatuskentässä jätevesi johdetaan jakokaivoon ja siitä edelleen imeytysputkilla kenttään, jossa imeytysputkia ympäröivä karkea sepeli jakaa jäteveden mahdollisimman tasaisesti suodattavaan hiekkakerrokseen (kuva 4). Hiekkakerroksen läpäissyt jätevesi kootaan sepelikerrokseen asennetuilla kokoomaputkilla keräyskaivoon ja johdetaan edelleen esim. avo-ojaan. Suodatuskentässä voidaan täyteaineena käyttää hiekan lisäksi erilaisia ravinteita sitovia materiaaleja (Santala 1990).



Kuva 4. Periaatepiirros suodatuskentästä

Lammikko, juurakkopuhdistamo, kosteikko. Jäteveden puhdistuminen biologisissa lammikoissa tapahtuu pääasiassa samalla tavalla kuin luonnon vesistöissä.

Burgoon et al. (1999) on käsitellyt perunan jatkojalostuksesta tulevia jätevesiä menetelmällä, jossa oli kolme peräkkäistä kosteikkoallasta ja varastoallas. Kosteikkoihin oli istutettu kaislaa, osmankäämiä ja järviruokoa. Prosessin läpi virtasi 5300 m³ jätevettä vuosittain. Typen poistossa reduktio oli 53 %. Kesällä COD:n vähenemä jätevedestä oli yli 95 % (keskilämpötila +18 °C) ja talvella 75 % (keskilämpötila +3 °C).

Suodatus- ja imeytyskentät, lammikot, juurakkopuhdistamot ja kosteikot eivät ole Suomessa toimivia ratkaisuja korkean orgaanisen- ja ravinnekuormituksen omaaville jätevesille, mutta niitä voidaan käyttää jätevesien jälkikäsitelyssä esim. biologisen puhdistamon jälkeen.

Jätevesien varastointi ja lannoituskäyttö. Tiloilla voi olla varastoaltaita, joihin peruna- ja juureskuorimo jätevedet voitaisiin varastoida ja levittää keväällä pellolle. Myös nämä jätevedet pitäisi käsitellä, sillä ne voivat sisältää mm. kasvitautien aiheuttajia ja rikkakasviensiemeniä. Uuden lannoitevalmistelain (539/2006) ja valmisteilla olevien MMM:n asetusten mukaan nämä kasvijätteitä ja maa-aineksia sisältävät jätevedet voidaan luokitella sellaisenaan lannoitevalmisteiksi soveltuviksi sivutuotteiksi, joiden luovuttaminen edellyttää rekisteröitymistä toiminnanharjoittajaksi sisältäen omavalvontasuunnitelman ja tiedot tuotteista. Lannoitevalmisteet on tuotettava omavalvontasuunnitelman mukaisesti eli kompostoitava, mädätettävä tai käsiteltävä muulla vastaavalla menetelmällä hajuhaittojen ja taudinaiheuttajien vähentämiseksi (Salminen 2006, Arja Vuorinen, Evira, 9.2.2006 esitelmä MTT:ssä). Hyödyntäminen tilan omilla pelloilla on mahdollista, mikäli jätevesi on siten käsiteltyä, että käytöstä ei aiheudu haittoja. Vastuu toiminnasta ja sen seurauksista on toimijalla itsellään. Jätevesien levityksessä on myös noudatettava aiemmin mainittua valtioneuvoston asetusta 931/2000.

Kunnallinen jätevedenkäsittely. Peruna- ja juureskuorimoiden jätevesien johtamisessa viemärilaitokselle voi erityisehtoja kohdistua jäteveden virtaamaan, orgaaniseen aineeseen, ravinteisiin, kiintoaineeseen ja jäteveden happamuuteen. Virtaaman kokonaismäärän rajoittaminen tai tasaaminen tassaualtailla saattaa olla tarpeen kapasiteettinsa ylärajoilla toimivilla puhdistamoilla, samalla jätevesistä poistuu laskeutuvaa kiintoainesta. Erityisesti tärkkelys voi muodostaa tiiviitä ja vaikeasti poistettavia kerrostumia viemäriputkiin.

1.3.4 Jätevesilietteen käsittely

Vihanneskuorimoissa muodostuu kolmenlaisia lietteitä. Juuresten pesussa syntyy multalietettä, jonka kiintoaine on suurimmaksi osaksi pelloilta juuresten mukana kulkeutunutta maa-ainesta. Hienointa savesainesta lukuun ottamatta multaliete on helposti laskeutuvaa. Multaliete sisältää myös kasviperäistä orgaanista ainesta. Multalietteen määrä riippuu ennen kaikkea käsiteltävän raaka-aineen multapitoisuudesta ja kuivan mullan erilleen seuloivan mullanerotuksen tehokkuudesta. Juuresten käsittelyssä multalietettä syntyy 40 – 80 kg raaka-ainetonna kohti.



Kuva 5. Lietteen kasvua seurataan laskeutuskokeella, jossa mitta-astiaan otetun lietteen annetaan laskeutua selkeytysaikaa vastaavan ajan. Pintaan on muodostuttava vähintään panosta vastaava määrä kirkasta nestettä.

Kuorintaprosessissa syntyvät jätevedet ohjataan keräys-, laskeutus- tai tassauskauvoon tai -altaaseen, jossa osa kiintoaineesta laskeutuu pohjalle esiselkeytyslietteenä (primääriliete). Esiselkeytyslietteen määrä riippuu juuresten käsittelymenetelmästä (esim. kuiva- tai märkäkuorinta) ja selkeytyksen tehokkuudesta (viipymä ja virtausominaisuudet).

Biologisessa tai biologiskemiallisessa käsittelyssä jäteveden orgaaninen aine ja ravinteet poistetaan mikrobien avulla, jolloin syntyy lähinnä mikrobien biomassasta koostuvaa biolietettä. Pienpuhdistamoissa fosforin kemiallinen saostaminen tapahtuu biologisen käsittelyn yhteydessä, jolloin bioliete sisältää myös kemiallista lietettä. Prosessista poistettavan lietteen määrä riippuu käsiteltävän jäteveden sisältämästä kiintoaineesta, orgaanisen aineen määrästä sekä lieteistä. Lietettä muodostuu panosprosessissa noin 0,5 kg kuivaa lietettä poistettua BOD kiloa kohti. Lietteen määrää puhdistumisprosessissa seurataan laskeutuskokeella, kuva 5.

Lietteiden käsittelyllä pyritään pienentämään lietteen tilavuutta, massaa, vähentämään lietteiden biologista aktiivisuutta sekä mahdollisia terveys ja ympäristöhaittoja. Suurissa yksiköissä lietteenkäsittely koostuu useista vaiheista, joissa yhdistellään taulukossa 3 esitettyjä vaiheita (Kettunen ym. 2006).

Taulukko 3. Lietteen käsittelymenetelmät ja niiden käyttötarkoitus (Kettunen ym. 2006).

Tiivistys laskeutus flotaatio linkous suotonauhapuristus	tilavuuden pienentäminen
Stabilointi kalkkistabilointi anaerobinen mädätys aerobinen lahotus kompostointi lämpökäsittely	biologisen aktiivisuuden vähentäminen + massan vähentäminen + massan vähentäminen
Kunnostus kemiallinen kunnostus lämpökäsittely	tiivistävyys/ kuivausominaisuuksien parantaminen
Mekaaninen kuivaus linkous suotonauhapuristus kammiosuotopuristus lietelavat	tilavuuden pienentäminen
Terminen kuivaus Poltto	tilavuuden ja massan vähentäminen tilavuuden pienentäminen *

* lietteen poltosta saatu energiahyöty on pieni, koska yleensä tuotettu energia kuluu lietteessä olevan veden haihduttamiseen

Kuorimoilta tulevien lietteiden pienehkö määrä rajoittaa niiden käsittelymahdollisuuksia syntypaikalla. Lähinnä kysymykseen tulevat lietteiden tiivistys laskeutusaltaissa, kompostointi tukiaineen avulla tai toimittaminen kunnalliselle jätevedenkäsittelylaitokselle. Tietyin edellytyksin (oma raaka-ainetuotanto ja oma riskinotto) lietteitä voidaan myös levittää sellaisenaan tai käsiteltävinä tilan omille pelloille. Peltolevityksessä täytyy kuitenkin huomioida mm. sallitut levitysajat. Jos kuorimolta tulevien jätevesien kanssa puhdistamossa käsitellään myös asumajätevesiä, tällainen liete on ennen maatalouskäyttöä käsiteltävä hajuhaittojen sekä taudinaiheuttajien vähentämiseksi. Tällaisia menetelmiä ovat mm. kalkkistabilointi, kompostointi, biokaasulaitoksella tapahtuva mädätys ja terminen kuivaus (MMM 2915/835/2005). Kunnallisella jätevedenpuhdistamolla lietteet käsitellään joko puhdistamolietteen mukana tai syötetään puhdistamon vesiprosessiin.

Kompostoitaessa liete kuivataan yleensä koneellisesti kuiva-ainepitoisuuteen 15 - 25 %, minkä jälkeen se sekoitetaan tukiaineeseen. Tukiaineen rakenteen ja määrän tulee olla sellainen, että se mahdollistaa kompostin kaasunvaihdon ja estää seosta painumasta kokoon. Tukiaineen tulisi myös sitoa kosteutta. Kompostoitavan materiaalin keskimääräinen raekoko tulisi olla 15 - 20 mm ja suurimmat partikkelit 30 - 50 mm. Lietteen ja tukiaineen sekoitus voidaan tehdä esimerkiksi etukuormaimen kauhalla, mutta kompostoinnin kannalta riittävän tasalaatuisen tulokseen päästään varmimmin sekoitukseen erityisesti suunnitelluilla laitteilla (Kiukas 2004).

1.3.5 Jätevesien käsittelyn kustannukset

Jätevesienkäsittelyn kustannuksia pyrittiin arvioimaan käyttäen hyväksi haja-asutusalueiden pienten kiinteistökohtaisten puhdistamoiden rakentamisesta ja käytöstä saatuja tietoja. Kuorimo- ja yhdyskuntajätevesien toisistaan poikkeavat ominaisuudet vaikeuttavat kuitenkin tätä vertailua. Kun yhdyskuntajätevesipuhdistamoille (AVL 50 - 500) tulevan jäteveden orgaaninen kuormitus (BOD₇) on keskimäärin 200 mg/l (Lehtniemi 2004), kuorimojätevesien kuormitus vaihtelee välillä 1000 - 7000 mg/l (Lammentausta & Oksjoki 2004) eli on 5 - 35 -kertainen.

Jätevesien käsittelyjärjestelmän kustannukset koostuvat investointi- ja käyttökustannuksista. Investointikustannuksiin sisältyvät suunnittelu- ja lupakustannukset, prosessiyksikön ja siihen liittyvien rakenteiden sekä prosessin valvonta- ja ohjauslaitteiden hankinta- ja asennuskustannukset. Koneistojen käyttöäksi voidaan arvioida 15 vuotta, mutta kiinteät rakenteet kestävät huomattavasti pidempään (Saralehto 2005). Mikäli kuorimo sijaitsee kunnallisen tai vastaavan viemäroinnin piirissä tai kohtuullisella etäisyydellä siitä, koostuvat investointikustannukset vesihuoltolaitoksen liittymismaksusta sekä viemäriinjojen ja tarpeellisten rakenteiden kustannuksista.

Kiinteistökohtaisen jätevesien käsittelyjärjestelmän käyttökustannukset koostuvat kulutetusta sähköstä ja lämmöstä, tarvittavista kemikaaleista, prosessin valvonnan analyysi- ja työvoimakuluista, kunnossapidon tarvike- ja työkuiluista sekä prosessin tuottaman ylijäämälietteen käsittelykuluista. Kunnalliseen tai vastaavaan viemärijärjestelmään liittyttäessä käyttökulut muodostuvat jätevesimaksuista ja mahdollisesti jätevesien esikäsittelyn synnyttämistä kemikaali-, sähkö-, tarvike- ja työvoimakuluista sekä esikäsittelyssä saostuvan kiintoaineen poistosta ja jatkokäsittelystä.

Investointikustannukset

Haja-asutusalueiden kiinteistökohtaisten jätevesien puhdistusjärjestelmien suunnittelukustannukset vaihtelivat välillä 500 - 1000 € sisältäen käynnin kohteessa ja suunnittelu- sekä kenttätöitä yhteensä 8 tuntia (Saralehto 2005). Suunnittelukustannukset ovat olleet keskimäärin 10 % investointikustannuk-

sista. Oikein mitoitettuna ja toimivan jätevesien käsittelyjärjestelmän suunnittelu peruna- tai juureskuorimolle edellyttää kuitenkin yhdyskuntajätevesiin nähden huomattavasti perusteellisempaa tilannekartoitusta.

Riippumatta siitä, liitetäänkö vihanneskuorimo kunnalliseen jätevesiverkkoon vai rakennetaan kuorimolle oma puhdistamo, on kuorimolle rakennettava jätevesien esikäsittely- ja tasaustilaa. Tarvittava tilavuus riippuu jätevesimäärästä ja sen vaihtelusta. Lammentausta ja Oksjoki (2004) ovat esittäneet, että tasausaltaan tilavuuden tulisi olla 5 - 7 kertaa puhdistamon päiväkapasiteetti eli noin viikon jätevesimäärä. Saostusaltaat voidaan rakentaa betonirenkaista, -elementeistä tai valaa betonista paikan päällä. Esimerkiksi 50 m³ maahan upotetun, avoimen saostussäiliön vuoden 2005 ohjekustannus (alv 0%) oli noin 3500 € (Maa- ja metsätalousministeriö 2005).

Vesihuoltolaitoksen verkkoon liittymisestä peritään liittymismaksu. Kiinteistökohtainen paineviemäröinti -projektin yhteydessä selvitettiin noin 50 vesihuoltolaitoksen liittymismaksut vuosina 2001 - 2002 (Donner 2003). Liittymismaksujen vaihtelu oli suurta, pienikiinteistöjen verollinen maksu vesi- ja jätevesiliittymistä oli keskimäärin 1948 €, vaihdellen välillä 84 € ja 6200 €. Kukin vesihuoltolaitos päättää jäteveden liittymismaksun suuruuden, joka useimmiten määritellään laskukaavalla

$$\text{liittymismaksu} = k * \text{kerrosala} * \text{yksikköhinta}$$

jossa kerroin k voidaan määritellä rakennustyyppin mukaan. Vesihuoltolain (VhL 119/2001) mukaan liittymismaksu voi olla eri alueilla eri suuruinen ja suuruudessa voidaan lisäksi ottaa huomioon kiinteistön käyttötarkoitus.

Liittyminen järjestettyyn viemäröintiin voi tapahtua joko vietto- tai paineviemäröintinä. Peruna- ja juureskuorimot sijaitsevat usein vesihuoltolaitosten toiminta-alueen ulkopuolella ja perinteiseen viettoviemäröintiin perustuvan kunnallistekniikan rakentaminen voi olla sekä kallista että aikaa vievää. Vuonna 2003 valmistuneessa selvitystyössä vertailtiin vietto- ja paineviemäröinnin sekä teoreettisia että esimerkkikohteissa toteutuneita rakentamiskustannuksia (Donner 2003). Roudattomaan syvyyteen maakaivantoon sijoitetun viettoviemärin verolliseksi rakentamiskustannukseksi arvioitiin 150 €/m ja vastaavissa olosuhteissa paineviemärin kustannukseksi 60 €/m sisältäen kiinteistökohtaisten pumppaamojen hankinnan. Laskelmien mukaan paineviemäröinti on 20 - 35 % viettoviemäröintiä edullisempi vaihtoehto. AHA 21 -projektin yhteydessä tavanomaisen viemäröinnin investointikustannuksiksi arvioitiin olosuhteista riippuen 35 - 200 €/m. Paineviemäröinti todettiin selvityksessä edullisemmaksi menetelmäksi kustannusten ollessa keskimäärin 30 - 70 €/m (Varsinais-Suomen Agendatoimisto 2006).

Yleiseen viemäriverkkoon liittymisen vaihtoehto on oman, kiinteistökohtaisen käsittelyjärjestelmän rakentaminen. Pienpuhdistamoiden kustannukset vaihtelevat kuitenkin eri lähteiden välillä suuresti. Lehtniemen (2004) tutkimuksessa selvitettiin pienpuhdistamoiden toimivuuden ohella niiden kustannuksia ja kustannusrakennetta. Aineisto sisälsi myös kaksi biosuodinpuhdistamoa, joiden mitoitus AVL oli 120. Niiden investointikustannukset olivat vuoden 2003 hintatasolla 23 000 - 26 000 € eli noin 200 €/AVL. Esimerkiksi 10 m³ jätevetä (BOD₇ 2000 mg/l) vuorokaudessa käsittelevän laitoksen orgaanisen aineksen kuormitus olisi asukasvastinelukuna ilmaistuna noin 290, jolloin orgaanisen aineksen kuormitukseen perustuen investointikustannus olisi noin 57 000 €. Saralehto (2004) on esittänyt kyläkohtaisen panospuhdistamon (AVL=50) arvonlisäverottomaksi investointikustannukseksi noin 28 000 € ja pienen bioroottoripuhdistamon (AVL=100) vastaavasti 60 000 €. Asukasvastineyksikköä kohti olisi siis investoitava noin 550 - 600 €.

Kuorimojätevesien jälkikäsitteilyä voidaan vielä täydentää rakentamalla suodatuskenttä, esimerkiksi jos kuorimo sijaitsee vesistön läheisyydessä. Varsinaiseksi jätevesien puhdistusjärjestelmäksi suodatuskenttä soveltunee vain hyvin laskeutuville juuresten pesuvesille. Maasuodattimen mitoituservona käytetään asumajätevesille arvoa 50 l/m² vuorokaudessa (Tammi 2003), jolloin orgaanisen aineksen kuormitukseksi tulee noin 16 g BOD₇/m² vuorokaudessa. Maasuodattimen (20 - 25 m²) investointikustannukset vaihtelevat eri arvioiden mukaan 2500 ja 5000 €:n välillä. Neliöhinnaksi tulee keskimäärin 150 € vuoden 2002 hintatasolla (Tammi 2003).

Jätevedenkäsittelyjärjestelmien käyttökustannukset

Pienpuhdistamon käyttökustannukset koostuvat sähköenergian kulutuksesta, käytettävistä kemikaaleista (pH:n säätö, vaahdonesto, saostus- ja kunnostuskemikaalit), puhdistamon hoidosta ja kunnossapidosta, lietteen poistosta ja jatkokäsittelystä sekä puhdistamon toiminnan tarkkailusta. Lehtniemen (2004) tutkimuksessa kahdentoista pienen yhdyskuntajätevesipuhdistamon käyttökustannukset vaihtelivat välillä 0,40 €/m³ ja 2,97 €/m³. Laitosten käyttökustannusten aritmeettinen keskiarvo oli 1,19 €/m³ ja virtaamalla painotettu keskiarvo 0,72 €/m³. Saralehdon (2005) arvio pienien kyläkohtaisten puhdistamojen vuotuisista verottomista käyttökustannuksista oli normikuormituksella 150 l/asukas/päivä panospuhdistamolla noin 1,1 € ja bioroottoripuhdistamolla 0,8 € käsiteltävää vesikuutiota kohti.

Suurin ja samalla eniten vaihtelua aiheuttanut kustannuserä oli henkilöstökulut, jotka muodostivat keskimäärin kolmanneksen vuotuisistavat käyttökustannuksista. Myös Iso-Britanniassa pienehköjen biosuodatinpuhdistamojen käyttökustannuksista henkilöstökulut muodostivat suurimman menoerän (Rowland 2000). Lehtniemen (2004) selvityksessä keskimääräinen puhdistamon vaatima työ määrä isommissa puhdistamoissa (rinnakkaisaostus- ja bioroottorilaitokset) oli 8 tuntia viikossa ja muilla puhdistamotyypeillä 2 - 5 tuntia viikossa.

Muut kuluerät ovat selkeästi pienempiä ja jakautuvat sähkön, veden, huollon, kemikaalien ja tarkkailun välillä (Lehtniemi 2004). Eri kulujen vaihtelu saattoi olla hyvinkin suurta. Kuljetuskulut määräytyivät sen mukaan kuinka paljon ja kuinka kauas lietettä kuljetettiin.

Kunnallisen jätevedenkäsittelyn maksuja ja niiden perusteita säätelee vesihuoltolaki (VhL 119/2001). Lain mukaan maksun suuruudessa voidaan ottaa huomioon mm. jäteveden poikkeuksellinen laatu tai määrä. Jätevesimaksun korotus voi siten tulla kysymykseen, kun liittyjän jätevesimäärän vaihtelu on suurta tai jäteveden BHK₇-arvo tai kiintoaine-, fosfori- tai typpipitoisuudet ovat tavanomaisia asutuksen jätevesiä korkeammat. Pienillä laitoksilla korotetun taksan käyttö on suuria harvinaisempaa ja sen soveltamiselle on suositeltu liittyjän vähintään 1 % osuutta puhdistamon tulokuormasta (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2002). Jätevesien käyttömaksut vaihtelevat vesilaitoksittain, mutta varsin yleinen verollinen taksa on 1,4 - 1,6 €/m³ (esim. Jämsänkoski, Kemi, Oulu, Sotkamo, Turku).

Kunnalliset jätevedenpuhdistamot ottavat vastaan kapasiteettinsa puitteissa myös sakokaivolietteitä. Tällaisten lietteiden vastaanottomaksu on yleensä moninkertainen jätevesitaksaan verrattuna, tyypillisesti 4 - 7 €/m³ (Sotkamo, Kemi ja Asikkala).

1.4 Kasvijätteen käsittelymenetelmiä

Yleisperiaatteena kompostointi sopii kuiville orgaanisille jätteille ja mädätys paljon vettä sisältäville jätteille. Kompostointilaitokset ovat yleensä pieni-muotoisia laitoksia, joissa pääasiana on jättemateriaalin hygienisointi ja stabiointi, kun taas mädätyslaitokset ovat suuria laitoksia, joiden päätavoite on biokaasun tuotanto.

1.4.1 Kompostointi

Kompostointi on eloperäisen jätteen jalostamista käyttökelpoisiksi lannoitteiksi ja maanparannusaineiksi. Kompostoinnissa monilajinen aerobinen mikrobikanta hajottaa orgaanista ainetta kosteissa, aerobisissa ja riittävän lämpimissä olosuhteissa. Hajotusprosessi kestää materiaalista ja olosuhteista riippuen viikkoja, jopa kuukausia. Hajotusprosessi tuottaa runsaasti energiaa siten, että aktiivisimman hajotusvaiheen aikana kompostin lämpötila nousee yleensä yli 50 °C, jopa 70 °C:een. Lopputuotteina syntyy stabiilia humusainetta eli kompostimultaa, vettä, hiilidioksidia ja epäorgaanisia suoloja. Taulukossa 4 on esitetty arvoja kompostoinnin optimiolosuhteille.

Taulukko 4. Optimiolosuhteet kompostoinnissa (Lilja 1994).

pH	6 - 10
kosteus	40 - 70 %
C:N	25 - 35
happi	10 - 15 %

Kompostoinnissa eloperäisen aineen ravinteiden käyttökelpoisuus kasveille paranee. Orgaanisen aineksen hajoamisen ja orgaanisen typen mineralisoinnin johdosta kompostin typpipitoisuus voi nousta kaksinkertaiseksi (Paatero ym. 1984). Kypsästä kompostista vapautuu tyypeä helppoliukoisena nitraattina (Lilja 1994). Valumavesien kerääminen tai imeyttäminen esim. turpeeseen sekä kompostin suojaaminen sateelta vähentää ravinnetappioita. Kompostointi vaikuttaa myös fosforin liukoisuuteen.

Aumakompostointi

Tuoreen biojäteaman koko määräytyy aumattavan materiaalin perusteella. Ratkaisevaa on materiaalin karkeus ja kosteus, eli kuinka paljon ilmatilaa (happea) aumaan jää. Auman korkeus voi olla esim. 1 - 1,5 m ja leveys 2 - 3 m. Auman poikkileikkaus on yleensä kolmion muotoinen.

Lähtömateriaaleista riippuen aumakompostiin tarvitaan tukiaineita, joiden avulla kompostin ilmavuus, kosteus ja ravinnesuhteet saadaan sopiviksi. Kompostoitava materiaali kasataan mahdollisen esikäsittelyn ja huolellisen sekoituksen jälkeen aumaan kovalle, tiiviille alustalle. Aumat voidaan muotoilla kuormaajalla tai käyttää tarkoitusta varten suunniteltuja sekoitus- ja aumauskoneita. Komposti käännetään materiaalista ja kompostoitumisvaiheesta riippuen 1 - 5 viikon välein. Aumoja olisi hyvä kääntää neljän ensimmäisen viikon aikana 3 - 4 kertaa. Kompostoinnissa mahdollisesti muodostuvat valumavedet ja sateista aiheutuvat suodokset on kerättävä talteen ja puhdistettava. Valumavettä voidaan käyttää myös kompostin kasteluun.

Kompostoinnin alkuvaiheessa tapahtuu huomattava tilavuuden pieneneminen (n. 30 - 40 %) ensimmäisten 3 - 4 kuukauden aikana, jos kompostointiprosessi on edennyt optimaalisesti (Paatero ym. 1984).

Aumakompostointia voidaan tehostaa koneellisella ilmastuksella. Ilmastus järjestetään esim. sijoittamalla kompostin alle tukimateriaalista tehtyyn läpäisevään petiin ilmastuskanavia, putkia, jotka eivät ulotu aivan auman päihin saakka. Putket kytketään puhaltimeen, joka imee tai puhaltaa ilmaa kompostin läpi.

Kompostointikenttä

Kompostin valumavesiä ei saa päästä ympäristöön, minkä vuoksi kompostia varten tulee rakentaa tiivis kompostointikenttä. Myöskään ympäristöstä valu-

via vesiä ei tule päästää kompostointikentälle, joten kentän ympäryks tulee pengertää tai ojittaa. Jotta valumavettä ei kerääny kentän pinnalle, tulee kentän viettokallistuksen olla vähintään 2 %. Valumavesiä varten kompostointikenttä varustetaan kokoojakouruilla tai -viemäreillä, joista valumavedet ohjataan keräilysäiliöön tai jätevedenpuhdistamolle. Kompostikentältä tulevien valumavesien määrä voi olla 40 - 60 % sadannasta (Hänninen ym. 1992).

Kompostikenttää ei saa sijoittaa tärkeälle pohjavesialueelle, vesistöjen läheisyyteen tai tulvaherkälle alueelle. Kompostikenttä tulee perustaa routimattomalle ja painumattomalle maapohjalle. Kompostin ja käytettävien työkonien painot eivät saa rikkoa pohjarakenteita, salaojitusta tai pintakerrosta. Pintakerroksen tulee olla kulutusta kestävä materiaalia, esim. asfalttia tai betonia.

Kompostikentän pohjarakenne voi olla esim. seuraavanlainen: tasattu pohjamaa (luonnonmaa tai täyttö), tarvittaessa kuivatuskerros (salaojaputket ja salaojitussora), jakava ja kantava kerros (kallio- tai soramurske), joiden yhteiskerros paksuus roudan tunkeutumissyvyyden mukaan ja tiivis pinnan kulutuskerros. Jakavaa kerrosta voidaan ohentaa, jos rakenteessa käytetään routaeristettä.

Valumavesien määrää voidaan rajoittaa rakentamalla kompostointia varten katos tai halli. Valumavesien ravinnepitoisuuksia voidaan avoimella kompostointikentällä pienentää peittämällä aumat. Peitteen tulisi olla vedenpitävä mutta ilmaa läpäisevä, varsinkin kompostoinnin alussa, jotta olosuhteet kompostiaumassa eivät muutu anaerobisiksi. Kompostoinnin alussa katteeksi sopii olki ja myöhemmin kompostin kypsyessä pressu tai suojakangas (Peigné & Girardin 2004). Myös turve soveltuu kompostikatteeksi.

Kompostointikenttää suunniteltaessa on kompostiaumojen lisäksi varattava tilaa kompostoitavien jätteiden ja tarvittavien tukiaineiden varastointiin, kompostin jälkikypsytykseen ja välivarastointiin aikoina, jolloin levitys pellolle ei ole mahdollista, sekä koneiden työskentelyyn.

Reaktorikompostointi (mm. rumpu- ja tunnelikompostointi).

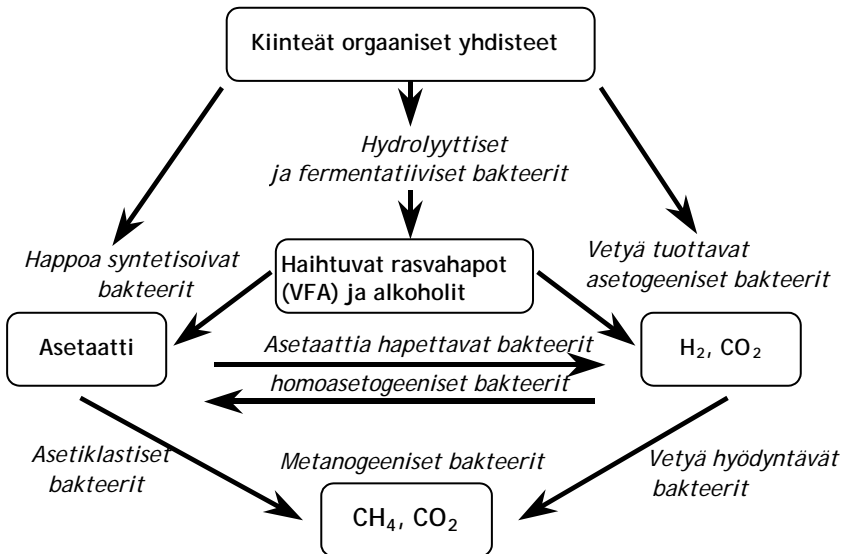
Reaktorikompostoinnissa pyritään nopeuttamaan prosessia, tehostamaan massahäviötä sekä parantamaan lopputuotteen homogeenisuutta. Rumpukompostointi tapahtuu vaaka-akselinsa ympäri pyörivässä rummussa. Pyörimisen aikana kompostoitava materiaali siirtyy rumpun sisällä eteenpäin samalla sekoittuen ja ilmastuen.

Suljetuissa tiloissa tapahtuva kompostointi ei ole yhtä herkkä ilmasto-olosuhteille kuin aumakompostointi ja se saadaan toimimaan tehokkaasti myös talvikaudella. Reaktorikompostoinnissa on myös aumakompostointia helpompi saavuttaa koko massan riittävä hygienisoituminen. Rumpukompostoinnissa on tukiainekustannusten lisäksi suhteellisen suuret rakennus- ja laitekustannukset.

Auma- ja reaktorikompostoinnin välimuotona voitaneen pitää jätteiden prosessointia pitkissä, halkaisijaltaan 1,5 - 3,5 m leveissä ”muovimakkaroissa” (Ag-Bag 2002, Koneviesti 2005). Täyttövaiheessa makkaran sisään asennetaan ilmastusputki, johon kompostointivaiheessa puhalletaan ilmaa halutun prosessilämpötilan ylläpitämiseksi. Ilma poistuu muovikalvoon asennettavien venttiilien kautta, muuten tiivis ja yhtenäinen kalvo estää valumavesien muodostumisen. Kahdesta kolmeen kuukauteen kestävä aktiivivaiheen jälkeen makkara leikataan auki ja jätetään kypsymään 1 - 2 kuukaudeksi.

1.4.2 Mädätys

Mädätys on hapettomissa olosuhteissa tapahtuva hajotusprosessi, johon kuuluvat yleensä syöttö-, kierrätys-, poisto-, sekoitus-, lämmitys- ja kaasunkeräyslaitteet. Prosessin sivutuotteena syntyy biokaasua, joka koostuu pääosin metaanista ja hiilidioksidista. Kaasu voidaan hyödyntää sähkön tai lämmön tuotannossa, kuva 6. Suljetussa prosessissa orgaaninen aine hajoaa aiheuttamatta hajuhaittoja ympäristöön, myös patogeenien määrä ja kuiva-aineen määrä vähenevät. Anaerobinen käsittely sopii materiaaleille, jotka sisältävät biologisesti helposti hajoavia ainesosia kuten hiilihydraatteja, proteiineja ja rasvoja (taulukko 5).



Kuva 6. Mädätysprosessin vaiheet (Preseco Oy 2006).

Taulukko 5. Perunankuoren ja porkkanan orgaanisen kuiva-ainepitoisuudet, hiili-typpisuhteet sekä kuiva-aineen hiilihydraatti-, rasva- ja proteiinipitoisuudet.

	VS %	C:N	Hiilihydraatti ⁵⁾ %	Rasva ⁵⁾ %	Proteiinit ⁵⁾ %
Perunankuori	90 - 94 ¹⁾	28:1 ³⁾	87	2	9
Porkkana	90 ²⁾	27:1 ⁴⁾	82	6	9

¹⁾ Anon. 1998, ²⁾US Department of Agriculture, ³⁾LSUAgCenter 2005, ⁴⁾Jenkins 1999, ⁵⁾KTL 2005

Biokaasun tuotto kasvisjätteestä on 150 - 450 m³ orgaanista kuiva-ainetonna (VS) kohti, kun lehmän lannasta saadaan 200 - 600 m³/t(VS) ja sian lannasta 400 - 900 m³/t(VS) (Hagström ym. 2005). Peruna- ja juuresmassoista saadaan biokaasua 800 m³/t (Preseco Oy 2006).

Mädätysprosessin lopputuotteena syntyy lähes sisään syötettyä massamäärää vastaava määrä mädätettä, joka sisältää kasveille suoraan käyttökelpoista tyyppiä ja kaliumia sekä hajoamatonta orgaanista ainetta. Mädätyksen haittapuolena ovat laitteiston korkea hankintahinta ja prosessin vaatima jatkuva valvonta (Preseco Oy 2006).

1.4.3 Muita kasvijätteen käsittelymenetelmiä

Sokeri- ja tärkkelyspitoisesta raaka-aineista voidaan valmistaa myös etanolia, jota voidaan käyttää polttoaineena sellaisenaan tai bensiiniin sekoitettuna. Lisäaineena käytettävä etanoli edistää palamista, vähentää päästöjä ja bensiinin haihtumista (Marjanen 1993).

Jätteiden käyttö etanolin raaka-aineena parantaisi ainakin etanolin tuotannon kannattavuutta, mahdollisesti myös sen hiilitasetta. Ongelmana on kuitenkin maatalouden jätteiden vaatimaton saanto raaka-aineeksi (Halonen ym. 2003).

Kasvijätteen kuivaus ja poltto ovat myös mahdollisia. Tässä projektissa ei niihin ole kuitenkaan perehdytty.

1.4.4 Kasvijätteen käyttö rehuna

Kuorimassan käyttö karjan rehuna lisää paikallisen kierrätettävän materiaalin käyttöä ja ylläpitää ravinteiden kiertoa (Wlcek & Zollitsch 2004). Kasvijätettä on syötetty naudoille, sioille, hevosille, lampaille, turkis- sekä riistaeläimille. Peruna- ja juureskuorimon kuorijätteen käyttöedellytykset karjanrehuna riippuvat monesta tekijästä, kuten kuljetusmatkasta, varastoinnista sekä massan kuiva-ainepitoisuudesta (Murphy 1997, Bradshaw et al. 2002). Aluksi

eläimet suhtautuvat peruna- ja juureskuorimassaan oudoksuen, joten karja täytyy totuttaa siihen. Eläinten kannalta on hyödyllistä pitää kuorimassan ja muun rehun suhde vakiona (Bradshaw et al. 2002). Tämä saattaa olla ongelmallista, koska kuorimolta tulevan kuorimassan koostumus, määrä ja kuiva-ainepitoisuus voivat vaihdella päivittäin (Boyles 2004). Peruna- ja juureskuorijätteen kuiva-ainepitoisuus on vain 10 - 15 % ja rehukäytössä on tärkeää huolehtia siitä, että rehun kuiva-ainepitoisuus pysyy riittävän korkeana (Murphy 1997).

Hälisen (2005) opinnäytetyössä selvitettiin perunakuorimassan käyttöä karjan rehuna. Kuorintamassan koostumukseen vaikuttavat perunan lajike sekä sen viljelyolosuhteet. Tutkimuksen mukaan perunakuorimassaa voisivat hyödyntää sellaiset kotieläintilat, jotka sijaitsevat perunankuorimion välittömässä läheisyydessä. Hälisen (2005) mukaan kuorintajäte voidaan hyödyntää parhaiten seosruokinnassa. Kuorimassa on maittavaa rehua varsinkin märehtijöille, rehun kuitu- ja valkuaispitoisuutta on kuitenkin täydennettävä muilla rehujakeilla.

Naudoille peruna- ja juureskuorimassan voi antaa sellaisenaan. Sioille perunakuorimassa on kypsennettävä, koska siat eivät sulata tärkkelyspitoista ravintoa raakana (Jarmo Valaja, MTT, 22.6.2004, henkilökohtainen tiedonanto). Lihasioille keitettyä perunaa voidaan antaa 30 - 40 %, joutilaille jopa yli 40 %, imettäville 20 % ja porsaille 10 % päivittäisestä rehuyksikkötarpeesta (Alaviuhkola ym. 1999). Myös turkiseläimille perunajäte on kypsennettävä tai kuivata (Tuula Dahlman, Turkiseläinten kasvattajien liitto, 2.8.2004, henkilökohtainen tiedonanto). Peruna- ja juureskuorimassan on todettu parantavan rehun maittavuutta, kun sitä on sekoitettu muuhun rehuun (Anderson & Schatz 2003). Rehuksi käytettävään kuorimassaan tulee käyttää pestyjä, puhkaita raaka-aineita. Paras tapa on syöttää peruna- ja juureskuorimassa eläimille tuoreena, jos se vain on mahdollista (Bradshaw et al. 2002).

Peruna- ja vihanneskuorimassat soveltuvat myös liemiruokintaan. Liemiruokintalaitteessa rehun pitää olla puuromaista, jotta se ei lajitu heti sekoittamisen jälkeen. Sopiva rehun kuiva-ainepitoisuus on 27 - 28 %, jolloin rehun siirto onnistuu keskipakopumpulla. Rehumassan on oltava riittävän homogeenista, sillä seassa olevat kuorenpalat tai vastaavat aiheuttavat liemiruokinnassa ongelmia tukkimalla jakoventtiilejä (Jani Ketola, Suomen karjatilatarvike Oy, 14.2.2006, henkilökohtainen tiedonanto).

1.5 Kasvitaudit ja rikkakasvien siemenet kompostoitavassa kasvinjätteessä

1.5.1 Kasvitaudit

Yleisimmät kasvinjätteessä esiintyvistä kasvitaudeista ovat erilaisten sienten aiheuttamia, esim. pahkahome (*Sclerotinia sclerotiorum*), harmaahome (*Botrytis cinerea*), möhöjuuri (*Plasmodiophora brassicae*) ja sipulimätä (*Fusarium oxysporum*). Sienten lisäksi taudinaiheuttajina voivat olla myös bakteerit, esim. perunan tyvi- ja märkämätä (*Erwinia chrysanthmi*) ja perunan vaalea rengasmätä (*Clavibacter michiganensis*).

Monet kasvipatogeeniset eli tautia aiheuttavat sienet ovat saprofyyttejä, joten ne elävät ja lisääntyvät alhaisissakin lämpötiloissa lahoavassa kasvinjätteessä ja pystyvät näin säilymään hengissä pitkiä aikoja. Lisäksi monilla sienillä on kyky muodostaa lepoasteita ja kestoitiöitä, joiden avulla ne voivat säilyä maassa useita vuosia silloin, kun sopivaa isäntäkasvia ei ole tarjolla tai olosuhteet eivät muusta syystä ole kasvulle edulliset. Kun nämä patogeeniset sienet kulkeutuvat sadon mukana varastoon, ne jatkavat kasvuaan varastolämpötiloissa ja voivat aiheuttaa suuria varastotappioita. Jos kasvitauteja sisältävää kasvijätettä levitetään peltoon käsittelemättömänä, levitetään sinne myös kasvitaudit.

Kompostointi tai muu vastaava lämpökäsittely on tehokas tapa tuhota tai ainakin vähentää kasvitautilien aiheuttajia kasvinjätteestä. Eri kasvipatogeenien lämmönsietokyky vaihtelee huomattavasti. Osa lämpöherkistä bakteereista tuhoutuu kompostoitaaessa alle 55 °C:n lämpötilassa jo neljässä vuorokaudessa (Lopez-Real & Foster 1985, Ryckeboer 2001). Sienitautien tuhoutuminen kompostoitaaessa edellyttää kuitenkin yleensä korkeamman lämpötilan saavuttamista ja tämän vaiheen riittävän pitkää kestoa. Varsinkin kestoitiöitä muodostavat sienet (esim. *Plasmodiophora brassicae*, *Sclerotinia sclerotiorum*) vaativat tuhoutuakseen tehokkaamman kompostoinnin, jossa kompostin lämpötila nousee termofiiliselle alueelle (50 - 70 °C) ja pysyy siellä kolme viikkoa (Bollen et al. 1989). Hoitinkin et al. (1980) kompostointitutkimuksissa riittävä hygienisoituminen kasvipatogeenien suhteen saavutettiin, kun kompostin lämpötila nousi viikon ajaksi yli 70 asteen tai oli useita viikkoja yli 40 °C. Ylimäen ym. (1983) kompostointitutkimuksissa noin 1 viikon pituinen altistuminen 70 °C lämpötilalle riitti tuhoamaan möhöjuuren kestoitiöt edellyttäen, että kompostin kosteus ja pH-arvo olivat myös optimaaliset eli kosteus 60 - 80 % ja pH yli 7. Kompostin lämpötilan pysyminen kolme viikkoa 60 - 65 °C:ssa ei riittänyt yhtä hyvän tuloksen saavuttamiseen.

Kompostin riittävän korkea lämpötila ja sen kesto ovat tärkeimmät kasvipatogeenien tuhoutumista aikaansaavat tekijät. Erityisesti aumakompostin huolellinen kääntäminen useita kertoja termofiilisen vaiheen aikana on välttämä-

töntä, jotta kompostoitavan massan viileämmät pintaosat tulevat alttiiksi lämmölle ja hygienisoituminen varmistuu (Christensen et al. 2002). Lisäksi aumakompostin säännöllisellä kääntämisellä ilmastoidaan kompostimassaa ja varmistetaan kompostin sisäosien säilyminen aerobisena koko kompostointiprosessin ajan. Lämpötilan lisäksi kasvitautien tuhoutumiseen kompostissa vaikuttavat myös kompostin kosteus, kompostissa lisääntyvien hajottajamikrobien tuottamat toksiset yhdisteet kuten orgaaniset hapot ja ammoniakki, soluja liottavat entsyymit sekä antibiootit (Bollen 1985).

1.5.2 Rikkakasvit

Rikkakasvien siemenet tulevat vihanneskuorimoille ensisijaisesti mullan mukana. Peltomaassa on 20 cm pintakerroksessa kymmeniä tuhansia rikkakasvien siemeniä neliometrillä (Paatela & Erviö 1971). Erityisesti on vaarana, että vihanneksilla ja perunalla käytettäviä rikkakasvien torjunta-aineita kestävä laji tai lajien kestävä kannat pääsevät mullan mukana nopeasti leviämään vihanneslohkolta toiselle, vaikeuttamaan viljelyä ja nostamaan viljelykustannuksia. Vihanneksilla ongelmallisia rikkakasveja, joihin kemiallisella torjunnalla on huono teho, ovat ainakin pihatatar (ja muut tattaret), pelto-orvokki, matara, kylänurmikka ja sauniot. Kaalimailla lisäksi ristikkukaiset rikkakasvit ja rypsi sekä savikka. Näiden lisäksi alueellisesti pahoja ovat ainakin villakko, emäkki, linnunkaali, lemmikki, hatikka ja tummarusokki (Pentti Ruuttunen, MTT, 8.11.2004, henkilökohtainen tiedonanto). Siemenlevinnän lisäksi jotkin vihannes-, juures- ja perunanviljelyn ongelmalajit voivat levitä juurten, juurakoiden, rönsyjen tai mukuloiden avulla (esim. rantanenätti, peltopähkämö). Tuontiraaka-ainetta käytettäessä tulee mullan mukana ulkomaisia rikkakasvien siemeniä. Joukossa voi tulla myös maassamme ennestään esiintymättömiä lajeja sekä torjunta-aineita paremmin kestäviä rikkakasvikantoja.

Kompostointi heikentää rikkakasvinsiementen itävyyttä ja vähentää niiden elinvoimaa. Onnistuneella, riittävän pitkään jatkuvalla kompostoinnilla voidaan rikkakasvien siemenet tuhota kokonaan (esim. Grundy et al. 1998, Tompkins et al. 1998). Siementen itävyyden ja elävyyden tuhoamiseen tarvittava kompostin lämpötila ja kompostoinnin kesto sekä muut olosuhteet vaihtelevat rikkakasvilajien mukaan. Koelosuhteissa herkimpien lajien itävyys on hyvin toimivassa kompostissa voinut tuhoutua jo kolmessa päivässä (Grundy et al. 1998), kun taas kestävien lajien siemenistä osa on tehottomissa komposteissa voinut selvitä itämiskykyisenä useita kuukausia (Tereshchuk 1999, Eghball & Lesoing 2000). Kompostissa itävyytensä ja elävyytensä helposti menettäviä lajeja ovat olleet mm. pihatähtimö (*Stellaria media*), valkoapila (*Trifolium repens*), kierumatara (*Galium aparine*), peltosaunio (*Matricaria perforata*), peltotaskuruoho (*Thlaspi arvense*) ja kiertotatar (*Polygonum convolvulus*) (Tompkins et al. 1998). Hieman kestävämpiä ovat mm. hukkakaura (*Avena fatua*), jauhosavikka (*Chenopodium album*), karheapillike

(*Galeopsis tetrahit*) ja hanhentatar (*Polygonum persicaria*) (Tompkins et al. 1998). Joidenkin lajien siemenet ovat kuitenkin sitkeähenkisiä; kompostointia verraten hyvin kestäviä lajeja ovat mm. peltokierto (*Convolvulus arvensis*) (Wiese et al. 1998), kelta-aulio (*Abutilon theophrasti*) (Eghball & Lesoing 2000) ja viherrevonhätä (*Amaranthus retroflexus*) (Tompkins et al. 1998).

Kompostin lämpötila on ratkaiseva tekijä siementen itämiskyvyn tuhoutumisen kannalta. Pääsääntöisesti voidaan sanoa, että mitä lämpimämpi komposti, sitä nopeammin rikkakasvien siemenet tuhoutuvat. Esimerkiksi Grundyn et al. (1998) tutkimuksessa useiden rikkakasvien siemenet tuhoutuivat yhdyskuntajätekompostissa 55 °C lämpötilassa jo kolmessa päivässä, kun taas viileämmissä, 45 °C ja varsinkin 35 °C komposteissa siementen tuhoutuminen kesti kauemmin, jopa yli 84 päivää. Tiedot rikkakasvinsiementen tuhoamiseen tarvittavasta kompostin lämpötilasta kuitenkin vaihtelevat tutkimuksesta toiseen (Liitteet 1 ja 2). Rikkakasvinsiementen tuhoamiseksi olisi ilmeisesti edullista saada komposti lämpenemään vähintään 45 - 60 °C:een useiden päivien tai jopa viikkojen ajaksi.

Kompostin kosteus vaikuttaa rikkakasvien siemeniin sekä suoranaisesti että kompostin toimivuuden välityksellä. Optimaalinen kosteus edistää kompostin lämpenemistä ja rikkakasvinsiementen kuolemista (Eghball & Lesoing 2000). Toisaalta hyvin märän kompostin lämpötila voi jäädä alhaiseksi (Hänninen ym. 2003).

Rikkakasvien siementen tuhoutuminen riippuu myös siitä, kuinka tasaisesti koko kompostissa saavutetaan otolliset olosuhteet. Aumakomposteissa olosuhteet ovat hyvin vaihtelevia, minkä seurauksena kompostin eri osilla on vaihteleva kyky tuhota rikkakasvien siemeniä (Tee et al. 1999). Kompostin kääntäminen edesauttaa sen lämpenemistä (Tee et al. 1999) ja rikkakasvien kuolemista (Churchill et al. 1996). Rumpukompostoinnissa kompostoitavaa massaa käännetään ja sekoitetaan usein, joten kaikki kompostissa olevat rikkakasvien siemenet altistuvat samanlaisille olosuhteille, eikä hyvin toimivaan rumpukompostiin juurikaan jää paikkoja, joissa olisi siementen selviämislle otolliset olosuhteet.

Sen lisäksi, että kompostointi tuhoaa rikkakasvien siemeniä, voivat myös jotkut kompostissa muodostuvat yhdisteet ehkäistä elävienkin siementen itämistä (Ligneau & Watt 1995, Ozores-Hampton et al. 1998, Hartz & Giannini 1998). Itämistä ehkäisevä vaikutus on tutkimuksissa (Hartz & Giannini 1998, Ozores-Hampton et al. 1999) ollut suurin noin 8 viikon ikäisessä kompostissa.

Kestorikkakasvien tuhoutumisesta kompostoinnin aikana on vain vähän tietoa. Vaikka kypsymättömistä komposteista valmistetut uutteen haittaavat siementen itämistä, ei niillä ole vaikutusta kasvullisesti lisääntyvän kestorikkakasvin *Cyperus esculentuksen* mukuloiden itämiseen (Ozores-Hampton et

al. 1999). Myöskin japanintatarin (*Fallopia japonica*) sekä ehjät että halkaitut varrenpalat kykenevät jossain määrin uuteen kasvuun kostean kompostin pinnassa (Waal 2001). Kestorikkakasvien juuria, juurakoita ja muita kasvullisia osia saattaa siis selvitä kompostissa elinkykyisinä, varsinkin jos niiden annetaan kasvattaa yhteyttäviä versoja kompostiauman pinnalle.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Pilottikohteiden toimintojen kuvaus

Tässä hankkeessa oli mukana 8 kuorimoyritystä. Niistä 3 kpl kuori pelkästään perunaa, yksi perunan lisäksi muita juureksia, yksi pelkästään porkkanaa ja 3 yritystä jalosti porkkanan lisäksi muita juureksia. Taulukkoon 6 on koottu tietoja hankkeessa mukana olleiden yritysten jätevesien käsittelystä ja tuotantomääristä.

Kahta kuorimoyritystä lukuun ottamatta pääosa kuorittavasta raaka-aineesta viljeltiin kuorimoyritysten yhteydessä olevilla tiloilla. Jos perunaa ja juureksia ei viljelty itse, raaka-aine hankittiin lähialueen viljelijöiltä. Keväällä jouduttiin tuomaan juureksia yleensä myös ulkomailta, mm. Hollannista. Oma peruna ja juurekset varastoiin tiloilla multaisina, kuution puulaatikoissa. Ulkopuolelta ostettu raaka-aine toimitettiin yrityksiin valmiiksi pestynä tai harjattuna. Paras varastointilämpötila perunoille on +4 - +6 °C, juureksille 0 °C. Kuorittavien perunoiden ja juuresten laadun pitää olla korkea ja lajikkeiden kuorintaan sopivia. Jätteiden määrä kasvaa selvästi raaka-aineen laadun heiketessä.

Perunan ja juuresten pesu ennen kuorintaa on tärkeää sekä lopputuotteen hygienian, kuorijätteen rehukäyttömahdollisuuksien sekä kuorintakoneiden keston kannalta.

Hankkeessa mukana olleissa kuorimoissa käytettiin pääosin kuivakuorintaa. Yhdellä kuorimolla oli käytössä märkäkuorinta, mutta sielläkin oltiin siirtymässä kuivakuorintaan. Jonkin tietyn juureksen kuorinta tehtiin yhdessä kuorimoissa edelleen märkäkuorintamenetelmällä parhaan mahdollisen lopputuloksen aikaansaamiseksi. Kuivakuorinnassa ei käytetä vettä kuorintavaiheen aikana ja jätevedet sekä kiinteä kuorintamassa saadaan erikseen ja kuorimassa voidaan käyttää rehuna. Märkäkuorinnassa kuorintavaiheen aikana käytetään vettä ja irronnut kiintoaine joutuu jäteveden joukkoon.

Kuorimoissa yleisimmin käytetyt kuorintakoneet ovat hionta- ja veitsikuorintakoneet, joita voidaan käyttää sekä märkä- että kuivakuorinnassa. Veitsikuorintakoneesta tuleva kuorijäte on lastumaista juureskuorta ja se jättää pinnan sileäksi eikä kasvisoluja vaurioidu niin paljon kun hionnassa. Hionta-

koneessa perunan ja juureksen pinnasta hiotaan kerros pois, minkä jälkeen pinta usein viimeistellään vielä veitsikoneella. Hankkeessa mukana olevissa kuorimoissa oli käytössä molemmat kuorintamenetelmät.

Kuorinnan jälkeen perunat ja juurekset huuhdellaan. Vettä tulee käyttää säästeliäästi mutta hygienian tasosta ei saa tinkiä. Hankkeessa mukana olevista kuorimoista kahdella oli käytössä huuhteluveden otsonointi, jonka tavoitteena on parantaa valmiin tuotteen hygieniaa ja säilyvyyttä. Myös muita menetelmiä on tarjolla tuotehygienian parantamiseksi, mutta niitä ei pilotti-kohteissa käytetty.

Pienimmät hankkeen kuorimoista, jotka toimittivat tuotteensa esim. suurkeittiöille, kuljettivat valmiit tuotteet tilaajille vesiastioissa. Muita kuorimoilla käytössä olleita pakkaustapoja olivat pakkaus tyhjöpakkauksiin ja muovipusseihin. Hankkeen yrityksistä suurimmat toimittivat tuotteensa tukkuliikkeisiin ja kolme yritystä suoraan suurkeittiöille.

Taulukko 6. Hankkeessa mukana olleiden kuorimoiden perustietoja: kuoritun perunan/juuresten määrä, vedenkulutus ja jätemäärät viikossa.

Tila	Raaka-aine t/viikko	Veden kulutus m ³ /viikko	Jätevettä m ³ /t raaka-ainetta	Kasvijätettä t/viikko
1	15 kuorinta 20 pesu	100	2,8	8
2	18	25	1,4	9
3	100	250	2,5	50
4	20	250	12,5	8
5	12,5	20	1,6	4
6	12,5	25	2	5
7	5	12	2,4	2
8	4	5	1,25	1,5

2.2 Jätevesien käsittelymenetelmät pilotti-kohteissa

Tässä hankkeessa mukana olleilla yrityksillä ei ole ollut mahdollisuutta liittyä kunnalliseen jäteveden käsittelyyn ja jätevesien käsittely oli suunniteltu tehtäväksi lähellä niiden syntypaikkaa.

Hankkeen yrityksistä yhdessä oli panospuhdistamo ja toiseen sellainen rakennettiin hankkeen aikana, yhdessä oli biosuodin, kahdessa kohteessa oli

kemiallinen jäteveden käsittely ja laskeutusallas, yhdessä kohteessa jätevedet kerättiin lietealtaaseen ja levitettiin keväällä pellolle sekä yhdessä kohteessa oli laskeutusallas+imeytyskenttä+lammikko -käsittely. Yhdessä kohteessa, jossa toiminta oli pienimuotoista, selvitettiin mahdollisuutta liittyä kunnalliseen jätevedenkäsittelylaitokseen. Hankkeen aikana tehtiin yksi panospuhdistamon laajennus.

Kahdeksasta kuorimosta voimassa oleva ympäristölupa oli viidellä kuorimolla. Taulukkoon 7 on koottu tietoja kuorimoiden ympäristölupaehdoista.

Taulukko 7. Kuorimoiden ympäristölupaehdoja.

Kuorimo	Jäteveden käsittelyvaatimukset	Jätteiden käsittelyvaatimukset
1	jätevesien määrä 7,2 m ³ /d BOD ₇ 15 mg/l kiintoaine 25 mg/l kok-P 1,0 mg/l kok-N 30 mg/l NH ₄ -N 3,0 mg/l	Kuorijäte levitetään peltoon. Multaliete viedään entiseen sorakuoppaan.
2	jätevesien määrä 3 m ³ /vrk BOD ₇ 50-100 mg/l kok-P 1,5 mg/l	Kompostointi, peltolevitys
3	vedenkulutus 3000 m ³ /a jäteveden pitoisuudet vuosikeskiarvoina: BOD ₇ 30 mg/l COD 250 mg/l kok-P 2 mg/l pyrittävä hapettamaan ammoniumtyppi mahdollisimman tehokkaasti	Kuorijäte hyödynnetään ensisijaisesti rehuna tai kompostoitava, kompostin lämpötila vähintään 55°C. Peltolevitys 1.4.-15.11. välisenä aikana
4	Jätevedet ja kasvijätteet kerätään lietesäiliöön ja levitetään pellolle sulan maan aikana.	
5	Ympäristölupa myönnetty 1993. Jätevesien laskeutus ja imeytys.	

Hankkeessa mukana olleiden kuorimoiden jätevesien laatua ja määrää seurattiin 1/2004 - 11/2006. Jätevesinäytteistä tehtiin pikamäärityksinä ravinne- ja COD_{Cr} -analyyskejä MTT/Vakolassa Langen kyvetitesteillä sekä virallisia analyysejä Hämeenlinnan seudun kansanterveystyön kuntayhtymän ympäristö- ja elintarvikelaboratoriossa. Kuorimoilta tulevan jäteveden näytteenotossa käytettiin automaattista ISCO 6700 näytteenotinta, jonka avulla kerättiin

viikon kokoomanäytteet. Näytteenottojakso oli kuorimoiden toiminnan vaihtelun kannalta edustava. Näytteenotin ohjelmoitiin ottamaan 100 ml:n näyte puolen tunnin välein. Päivän kokoomanäyte pakastettiin. Viikon aikana kerätyt näytteet yhdistettiin ja analysoitiin. Ohje jätevesinäytteenotosta on liitteessä 3.

2.3 Kasvijätteen käsittelykokeet ja käyttäjäkokeemukset

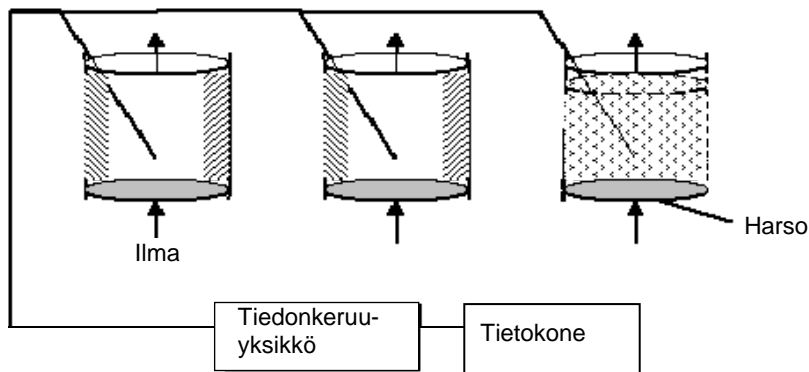
Hankkeessa tehtiin kasvijätteen kompostointikokeita sekä laboratoriossa että kuorimoilla. Porkkanan kuorijätettä kompostoitiin laboratorio-olosuhteissa. Perunajätettä sekä porkkana+sipulijätettä kompostoitiin rumpukompostorissa kahdella kuorimolla. Kuorijätteiden rehukäytön kannalta keskeistä säilyvyyttä ja säilyvyyden parantamismahdollisuuksia tutkittiin laboratoriokokein.

Kotieläintiloille, jotka käyttivät kuorimoiden kuorijätteitä rehuna, tehtiin puhelinhaastattelu, jossa selvitettiin tilojen kokemuksia kuorijätteen rehukäytöstä.

2.3.1 Kompostointikokeet

Porkkanajätteen kompostointi laboratoriossa

Porkkanankuorijätettä, johon oli sekoitettu turvetta, olkea, haketta sekä kananlantaa erilaisissa suhteissa kompostoitiin MTT/Vakolan säahuoneessa, jonka lämpötila oli 20 °C ja suhteellinen kosteus 70 %. Kompostointi tehtiin lieriöissä, joiden tilavuus oli 50 l ja pohjissa harso, jonka läpi ilma pääsi kulkemaan, kuva 7. Seosta käännettiin aluksi kerran viikossa ja myöhemmin kahden viikon välein.



Kuva 7. Kompostointikokeessa käytetty koejärjestely.

Lähtöaineista tehtiin neljä erilaista seosta ja kaikista tehtiin neljä rinnakkaisnäytettä. Taulukossa 8 on esitetty kokeissa käytetyt lähtöaineet ja niiden tilavuusosuudet koekomposteissa. Liitteessä 4 on esitetty lähtöaineiden analyysitulokset. Kompostien sisälämpötiloja seurattiin kokeen perustamisen jälkeen 3 kk:n ajan. Mittareina käytettiin sekä Elcolog-lämpötilaloggereita että lämpöantureita, jotka tallensivat lämpötilan tunnin välein. Anturit oli upotettu keskelle komposteja ja loggerit oli sijoitettu möhöjuuren infektiivisyyttä mittaaviin pusseihin. Tulokset luettiin loggereista kokeen päätyttyä. Alku- ja loppuseoksista määritettiin kuiva-aine-, hiili-, typpi-, nitraatti- ja ammoniumpitoisuudet, pH, tilavuus, johtokyky sekä johtoluku. Kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa 70 °C:ssa ja kuivatusta näytteestä määritettiin tilavuuspaino 20 ml näytteestä sekä kokonaishiili ja -typpi LECO CN -analysaattorilla. Tuoreista näytteistä määritettiin ammonium- ja nitraattityppipitoisuudet 2 M KCl -uutolla sekä pH ja johtokyky elektrodeilla 1:5 (v/v) vesi-uutolla. Jokaiseen kompostointiastiaan lisättiin nailonverkkopussissa näyte, jolla selvitettiin möhöjuuren infektiivisyyttä. Lisäksi selvitettiin tomatinsiementen itävyyden tuhoutumista.

Taulukko 8. Laboratoriossa tutkittujen kompostien seossuhteet tilavuusprosentteina.

Komposti	Porkkana (til. %)	Olki (til. %)	Turve (til. %)	Hake (til. %)	Kananlanta (til.%)
1	38	18	31	12	0
2	40	0	44	16	0
3	31	16	27	13	13
4	37	0	34	18	12

Möhöjuuren infektiivisyyden testaaminen biotestillä

Möhöjuuren infektiivisyyden tuhoutumista kompostoinnissa tutkittiin Knollen et al. (1980) kehittämän biotestin avulla. Testiä varten valmistettiin möhöjuurinäytteitä, jotka haudattiin komposteihin. Näytteet valmistettiin sekoittamalla möhöjuurta aiheuttavan sien (*Plasmodiophora brassicae*) äkämiä, taudin saastuttamaa maata ja kompostoitavaa kasvimateriaalia keskenään seossuhteessa 1:10:6. Näyte suljettiin nailonverkkopussiin, jonka silmäkoko oli 1 × 1 mm. Kerranteita oli kokeessa neljä. Näytepusseja haudattiin komposteihin heti komposteja perustettaessa ja ne pidettiin siellä koko kompostoinnin ajan. Kontrollinäytteet valmistettiin sekoittamalla vastaavat määrät äkämiä, taudin saastuttamaa maata ja steriiliä hienoa hiekkaa. Kontrollinäytteitä inkuboitettiin steriilissä kosteassa hiekassa huoneen lämmössä.

3,5 kuukauden kompostoinnin jälkeen näytteet kaivettiin komposteista ja pussien sisältöä käytettiin kasvualustana biotestissä. Näyte sekoitettiin hiekkaturveseoksen kanssa tilavuussuhteessa 30:70. Kasvualustan pH mitattiin ja säädettiin tarvittaessa kuuteen, sillä pH:n tiedetään vaikuttavan voimakkaasti *P.brassican* infektiivisyyteen.

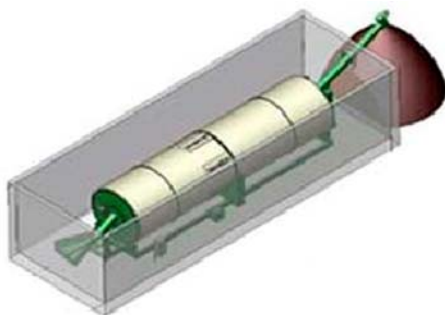
0,5 litran kasvustasiat täytettiin kasvualustalla ja niihin kylvettiin 4 sinapin (*Brassica juncea*) siementä. Sinappia kasvatettiin kasvihuoneessa (lämpötila 22 °C, valaistus 8000 lx, 16 h/vrk) viiden viikon ajan, jonka jälkeen juuret pestiin ja infektoituminen arvioitiin asteikolla 0 – 3, jossa 0 = ei äkämiä pää- eikä sivujuurissa ja 3 = voimakkaita äkämiä pää- ja/tai sivujuurissa.

Infektoitumisindeksi I laskettiin kaavasta:

$$I = \frac{\sum (\text{infektoituneiden kasvien lkm} \times \text{infektoitumisaste})}{\text{kasvien lkm}}$$

Porkkana- ja perunankuorimojätteen rumpukompostointi

Porkkanan ja perunan kuorijätettä kompostointiin 5 m³:n rumpukompostoris- sa kahdessa kuorimossa kahdessa eri seossuhteessa, kuva 8. Porkkanajätettä sekoitettiin sipulinkuorien, turpeen ja hakkeen kanssa seossuhteissa 40:10:30:20 ja 30:10:40:20 tuoretilavuutta. Perunajätettä, turvetta ja haketta sekoitettiin vastaavasti seossuhteissa 35:45:20 ja 40:40:20 tuoretilavuutta. Kokeen alussa rumpuun lisättiin seosta 3,5 m³, minkä jälkeen juuresseosta lisättiin 0,5 - 1 m³ päivässä viitenä päivänä viikossa. Samalla rumpun toises- ta päästä poistettiin kompostoitua massaa 0,4 - 0,7 m³ päivässä. Seoksen vii- pymääaika rummussa oli 7 vuorokautta. Porkkanajätteen kompostoinnissa rumpu pyörähti kaksi kertaa vuorokaudessa ja perunajätteellä neljä kertaa vuorokaudessa. Rumpukompostoinnista saatua porkkanakompostia jälki- kompostoitettiin aumassa kevääseen 2006 asti. Aumaan sijoitettiin kaksi kappa- lletta Elcolog -lämpötilamittaria 10 ja 20 cm syvyyksiin ja 10 kpl tomaatin- siemenpusseja.



Kuva 8. Rumpukompostori, jonka tilavuus oli 5 m³, oli sijoitettu kontti- tiin. Rumpun pituus oli n. 4,5 m ja halkaisija 1,2 m.

Kaikista komposteista analysoitiin lähtöaineiden ja lopputuotteiden ammoni- um- ja nitraattityppipitoisuudet, kokonaishiili- ja kokonaistyyppipitoisuudet, kosteus, pH ja johtokyky. Kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa 70 °C:ssa ja kuivatusta näytteestä määritettiin kokonaishiili ja -typpi LECO CN – analysaattorilla, pH ja johtokyky elektrodeilla 1:2,5 ja 1:5 (v/v) vesiuutolla. Tuoreista näytteistä määritettiin ammonium- ja nitraattityppipitoisuus 2 M KCl -uutolla. Lisäksi kompostointilämpötiloja mitattiin rumpun täytön yh- teydessä 14 kertaa 22 vuorokauden perunakompostoinnin ja 11 kertaa 36 vuorokauden porkkanakompostoinnin aikana. Lisäksi tutkittiin tomaatinsi- emenien itävyyden tuhoutumista rumpukomposteissa.

Itävyyden tuhoutumisen tutkiminen tomaatinsiementestillä

Kompostien kykyä hävittää siementen itävyys testattiin tomaatinsiementestin avulla (EPPO 2005). Testi mittaa kompostien suhteellista kykyä hävittää (rikkakasvin) siementen elinvoima ja itämiskyky. Testattaviin komposteihin sijoitettiin tomaatinsiemeniä nailonverkkopusseissa, silmäkoko 1 × 1 mm. Kuhunkin pussiin laitettiin 1 g siemeniä. Rumpukomposteihin siemenpussit lisättiin rummun täyttöaukosta useissa erissä kompostoinnin kuluessa, laboratoriotomposteihin siemenpussit sijoitettiin yhdellä kertaa. Kun siemenet olivat olleet läpimenoajan, n. 7 vrk, rumpukompostissa, tulivat ne ulos purkupäästä. Pusseissa olleet siemenet huuhdeltiin puhtaalla vedellä ja kustakin pussista siirrettiin 200 siementä kostean imupaperin päälle neljälle petrimaljalle, 50 siementä kullekin maljalle. Verrannemaljoille laitettiin käsittelemättömiä tomaatinsiemeniä. Maljoilla olevat tomaatinsiemenet sijoitettiin kasvatuskaappiin (+25 °C, valo-pimeä -vuorottelu) ja kasteltiin tarpeen mukaan. Itäneet tomaatinsiemenet laskettiin viikon välein ja poistettiin laskennan yhteydessä. Itämisen katsottiin päättyneen kunkin käsittelyn kohdalta erikseen, kun kyseisen käsittelyn saaneista tomaatinsiemenistä ei yksikään ollut itänyt kolmeen viikkoon.

Tomaatinsiementesti suoritettiin laboratorio- ja rumpukompostointikokeissa, välikypsytykskokeissa sekä maatilojen tilakomposteissa.

2.3.2 Kasvijätteen käyttö rehuna

Kuorimojätteen soveltuvuus rehuksi

Lantun ja porkkanan kuorijätteestä otettiin näytteet ja niistä määritettiin rehun laatua kuvaavia arvoja, kuten kuiva-aine, raakavalkuainen, raakakuitu, raakarasva, työttömät uuteaineet ja tuhka sekä sellulaasisulavuus, mikä kuvaa märehitjällä tapahtuvaa pötsisulatusta. Testimenetelmä ei vastaa täysin märehitjän ruuansulatusta, mutta se on paras rehun pötsisulatusta kuvaava laboratoriomenetelmä. Analyysit tehtiin MTT:n elintarvikelaboratoriossa. Analyysituloksista laskettiin rehuyksikköarvot rehutaulukon sulavuuskertoimilla ja väkirehukaavalla (MTT 2004). Saatuja analyysituloksia vertailtiin rehutaulukossa olevien säilörehun ja kauran rehuarvoihin.

Kuorimojätteen säilyvyyskokeet

Kuorimojätteen tai sivutuotteen rehukäyttöä rajoittaa sen huono säilyvyys ja siitä johtuva pikainen siirtotarve rehua käyttävälle tilalle. Jotta kuljetuseriä voitaisiin kasvattaa ja kuljetuskertojen lukumäärää vähentää, pitäisi kuorimassan säilyvyyttä parantaa. Säilöntämahdollisuutta selvitettiin perunankuorijätteen säilyvyyskokeella. Koejärjestelyssä 5 kg:n perunankuorimassaan lisättiin 25 ml säilöntäainetta (5 ml/kg kuorimassaa). Säilöntäaineina olivat AIV 2+ (muurahaishappoa 76 %, ammoniumformiaattia 5,5 %) ja AIV 2000 (muurahaishappoa 55 %, ammoniumformiaattia 24 %, propionihappoa 5 %, bentsoehappoa 1 %, etyylibentsoaattia 1 %). Lisäksi oli mukana 0 -käsittely, jossa perunamassaa säilöttiin ilman lisäaineita. Käsittely tehtiin kolmena toistona.

Koemassoja säilytettiin noin 50 cm korkeissa lieriöissä 2 viikkoa 20 °C lämpötilassa, kuva 9. Koe-eristä otettiin näytteet 1 viikon kuluttua aloituksesta ja kokeen päättyessä. Perunamassan mikrobiologista laatua arvioitiin mittaamalla hiivojen ja homeiden (5 vrk, 25 °C) lukumäärä kaikista käsittelyistä yhden ja kahden viikon kuluttua. Kahden viikon jälkeen määritettiin myös klostridi-itäiden lukumäärä (7 vrk, 37 °C). Maa- tai ulosteperäisen saastunnan arvioimiseksi 1 ja 2 viikon kuluttua määritettiin myös fekaaliset koliformit (SFS 4088), enterokokit eli fekaaliset streptokokit (SFS 3014) ja sulfiittia pelkistävät klostridit (EN 26461). Säilötyn perunakuorimassan ravitsemuksellisen laadun arvioimiseksi määritettiin 0 -käsittelystä ja AIV 2+ -käsittelystä kuiva-ainepitoisuus, pH, kokonaistyyppi, haihtuvat rasvahapot, maitohappo -, sokeri-, tärkkelys-, ammoniumtyppi- ja etanolipitoisuudet.



Kuva 9. Koejärjestelyt säilyvyyskokeessa. 0-käsittelyt ovat oikealla oleva lieriö sekä toinen vasemmalta oleva lieriö.

Porkkanankuorelle tehtiin vastaava säilyvyyskoe, jossa verrattiin nolla- ja AIV 2+ -käsittelyä (5 ml/kg porkkanamassaa) kahden viikon säilytyksessä. Porkkanakokeessa toistoja oli 2 kappaletta. Porkkanankuoresta määritettiin kokeen alussa pH, kolibakteerit, hiivat ja homeet, maitohappo- ja sokeripitoisuus sekä NDF-kuitu, joka kuvaa rehun kokonaiskuitupitoisuutta. Kokeen päätyttyä mitattiin lisäksi klostridien lukumäärä.

Kysely kuorimassan rehukäytöstä kotieläintiloilla

Kuudelle kotieläintilalle tehtiin puhelinhaastattelu, jossa selvitettiin kuorimassan ruokintatapoja, rehun ja kuorimassan sekoitussuhteita, miten kuljetus kuorimolta tilalle oli järjestetty, eläinten syöntihalukkuutta, kuorirehun vaikutuksia eläimiin sekä karjanhoitajien suhtautumista kuorirehuun.

3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.1 Jätevesiseurannan tulokset kuorimoissa

Taulukkoihin 9 - 11 on koottu jätevesinäytteiden analyysitulosten keskiarvoja niiltä kuorimoilta, joiden puhdistusprosesseja pyrittiin tehostamaan. Taulukossa 12 on esitetty muiden hankkeessa mukana olleiden kuorimoiden jätevedenkäsittelyn tuloksia.

Taulukko 9. Perunankuorimon jätevesien käsittelyn tuloksia.

Käsittely: kemiallinen saostus alumiinisulfaattilla ja laskeutus, laskeutusaltaan koko 60 m³.

Mitattu suure, yksikkö	Tuleva jätevesi	Lähtevä jätevesi	Reduktio %	Kuormitus kg/d
BOD ₇ mgO ₂ /l	2700	860	68	4,3
COD mgO ₂ /l	4700	1300	72	6,5
kok-P mg/l	34	2,3	93	0,012
kok-N mg/l	320	42	87	0,21
pH	6,1	6,3	-	
kiintoaine mg/l	820	120	85	0,6
NH ₄ ⁺ mg/l	26,5	8,1	69	0,04
jätevesimäärä m ³ /viikko	25			

Taulukko 10. Porkkanankuorimon jätevesien käsittelyn tuloksia.

Käsittely: biologis-kemiallinen panospuhdistamo, fosforin saostus rautasulfaattilla.

Mitattu suure, yksikkö	Tuleva jätevesi	Lähtevä jätevesi	Reduktio %	Kuormitus kg/d
BOD ₇ mgO ₂ /l	3300	10	99,7	0,2
COD mgO ₂ /l	4800	104	97,8	2,1
kok-P mg/l	17,5	0,8	96,7	0,02
kok-N mg/l	63,5	4,0	93,7	0,08
pH	5,2	7,8	-	-
kiintoaine mg/l	955	35	96,3	0,7
NH ₄ ⁺ mg/l	2,5	0,04	94,4	0,0008
jätevesimäärä m ³ /viikko	100			

Taulukko 11. Perunan ja juuresten kuorimojätevesien käsittelyn tuloksia. Käsittely: biologis-kemiallinen biofilmireaktori, saostuskemikaalina alumiinikloridi.

Mitattu suure, yksikkö	Tuleva jätevesi*	Lähtevä jätevesi	Reduktio %	Kuormitus kg/d
BOD ₇ mgO ₂ /l	1000	250	75	1,25
COD mgO ₂ /l	1600	580	64	2,9
kok-P mg/l	6,4	1,5	77	0,008
kok-N mg/l	44	14	68	0,07
pH	4,7	4,5		
kiintoaine mg/l	160	77	52	0,4
NH ₄ ⁺ mg/l	4	0,5	90	0,0025
jätevesimäärä m ³ /viikko	25			

*Tulevan jäteveden näytteet jo osin käsitelty saostuskemikaalilla.

Taulukko 12. Tuloksia muiden hankkeessa mukana olevien kohteiden jätevesien käsittelystä.

Kuorittava raaka-aine	Jätevesien käsittelymenetelmä	Jätevesien määrä m ³ /viikko	Tuleva jätevesi mg/l	Lähtevä jätevesi mg/l
Porkkana	Kemiallinen saostus ja laskeutus useassa altaassa	250	BOD ₇ 2600-8700 kok-P 16-40	BOD ₇ 800-6000 kok-P 0,3-3
Peruna, porkkana	Laskeutus maapohjaisessa altaassa, imeytys	20	BOD ₇ 2600 kok-P 15	BOD ₇ 1260 altaasta kok-P 10
Porkkana, sipuli, lanttu ym.	Lieteallas+peltolevitys	20	BOD ₇ 2600-3000 kok-P 50	
Peruna	Saostuskaivo	7	BOD ₇ 2600 kok-P 17	BOD ₇ 2100 kok-P 17

Puhdistamon päästöjä tarkastellessa pitäisi tarkastella kokonaiskuormituksia eli kuinka monta kg vuorokaudessa (kg/d) orgaanista ainetta tai ravinteita pääsee ympäristöön. Kuorimoissa järkevä seurantajakso jäteveden muodostumiselle on viikko, sillä toiminta ja jätevesien muodostuminen vaihtelee yleensä viikon sisällä päivittäin.

Tämä hankkeen tarkemmassa seurannassa mukana olleista jäteveden käsittelymenetelmistä vain panospuhdistamolla päästiin tavoiteltuihin puhdistustuloksiin, tyyppi saatiin poistettua jopa yli odotusten, reduktio yli 90 %. Helcomin (1996) suosituksen mukaan päästöraja orgaaniselle aineelle on 0,75 kg/d, kun jätevesimäärä on yli 25 m³/d. Käsitellyn jäteveden biologisen hapenkulutuksen pitäisi olla alle 30 mgO₂/l. Tässä tutkimuksessa panospuhdistamosta lähtevän jäteveden BOD-kuormitus oli 0,2 kg/d, kun jätevesimäärä oli 20 m³/d ja käsitellyn jäteveden biologinen hapenkulutus oli 10 mgO₂/l.

Kemiallisella saostuksella ja laskeutuksella saadaan merkittävä pitoisuuksien väheneminen, mutta ne eivät yksin riitä kuorimojätevesien käsittelymenetelmiksi. Hankkeessa mukana ollut biosuodin tukkeutui, koska lietteen poisto suotimesta ei toiminut riittävän tehokkaasti, eikä tällä käsittelyllä päästy tavoitearvoihin tämän hankkeen aikana. Myös pH oli biologiselle prosessille liian alhainen.

3.1.1 Jätevesien käsittelyn kustannukset

Kuorimojätevesille soveltuvista järjestelmistä on ollut niukasti tietoa saatavilla. Useimmat tällä hetkellä käytössä olevat laitokset ovatkin ensimmäisiä sovelluksia, joista ollaan nyt saamassa tuloksia ja käyttökokemuksia. Tässä hankkeessa mukana olleilla kuorimoilla oli yksi panospuhdistamo ja yksi biosuodin. Tutkimuksen aikana edellä mainittua panospuhdistamoa laajennettiin ja toiselle kuorimolle rakennettiin panospuhdistamo, jota ei ehditty ottaa käyttöön hankkeen aikana.

Kuorimojätevesien käsittely panospuhdistamoissa on hyvin kuorimokohtaista, jolloin myös investointien määrä vaihtelee. Asumajätevesien käsittelyn kustannustarkasteluissa on tunnuslukuna käytetty mm. investointeja asukasvastinelukua kohti. Tässä tutkimuksessa mukana olleiden kuorimoiden panospuhdistamoiden mitoitukset asukasvastinelukuna ilmaistuna vaihtelivat välillä 330 – 735. Investointi asukasvastinelukua kohden vaihteli vastaavasti 180 eurosta 230 euroon. Jos investointien kestoiksi oletetaan 15 vuotta ja laskentakoroksi 5 %, muodostuu investoinnista annuiteettimenetelmällä lasien jokaista käsiteltävää jätevesikuutiota kohti 1,2 – 1,7 euron kustannus.

Kuorimojätevedet ovat kuormitukseltaan moninkertaisia asumajätevesiin verrattuna ja erilaisten jätevesien käsittelyyn tarkoitettujen laitosten mitoitusperiaatteet poikkeavat toisistaan. Tästä huolimatta asukasvastinelukua kohti laskettu investointikustannus vihanneskuorimoilla vastaa varsin hyvin 1990-luvulla toteutettujen asumajätevesien rinnakkaissaostus- ja biosuodinlaitosten (AVL 120 - 300) investointikustannuksia, jotka olivat 165 - 216 €/AVL (Lehtniemi 2004).

Pienissä kohteissa yksikkökustannukset ovat muita korkeammat. Tässä tutkimuksessa mukana olleen biosuodinlaitteiston kuormituksen asukasvas-tineluku oli vain 39 ja yksikkökustannus nousi selvästi suurempia yksiköitä korkeammaksi olleen 440 €/AVL.

Päivittäin käsiteltävään jätevesimäärään suhteutettu investointi (€/m³·d) vaihteli kohteittain huomattavasti enemmän. Panospuhdistamoiden kohdalla luvut olivat 4400 – 7400 €/m³·d ja biosuotimella 5700 €/m³·d.

Tutkimuksessa mukana olleista jätevedenpuhdistamoista ei ollut saatavissa edustavia käyttökustannustietoja niiden käyttöönottolanteesta johtuen. Suuntaa antavana arvona on esitetty 2 euroa käsiteltävää jätevesikuutiota kohti (Juhani Kostiainen, Envex International Oy, 9.2.2006, suullinen tiedon-anto). Erään puhdistamon käyttökulut (ilman alv) muodostuivat seuraavasti: kemikaalit (saostus, pH:n säätö ja fosforin saostus) 0,33 €/m³, sähkö 3,9 kWh/m³ → 0,29 €/m³, valvonta- ja ylläpitotyö 0,32 €/m³, ylijäämälietteen poisto ja käyttö sellaisenaan maanparannusaineena 0,78 €/m³. Käsitellyn jätevesikuution kustannukseksi ilman kiinteitä kuluja tuli siten 1,7 €/m³. Tämä on selvästi korkeampi kuin Saralehdon (2005) arvio asumajätevesien kyläkohtaisten puhdistamojen käyttökustannuksista (0,8 - 1,1 €/m³) tai Lehtniemen (2004) pienehköjen rinnakkaissaostuslaitosten käyttökustannuksista (keskiarvo 1,29 €/m³, virtaamalla painotettu 0,63 €/m³).

3.2 Kasvijätteen käsittelymenetelmät

3.2.1 Kompostointi

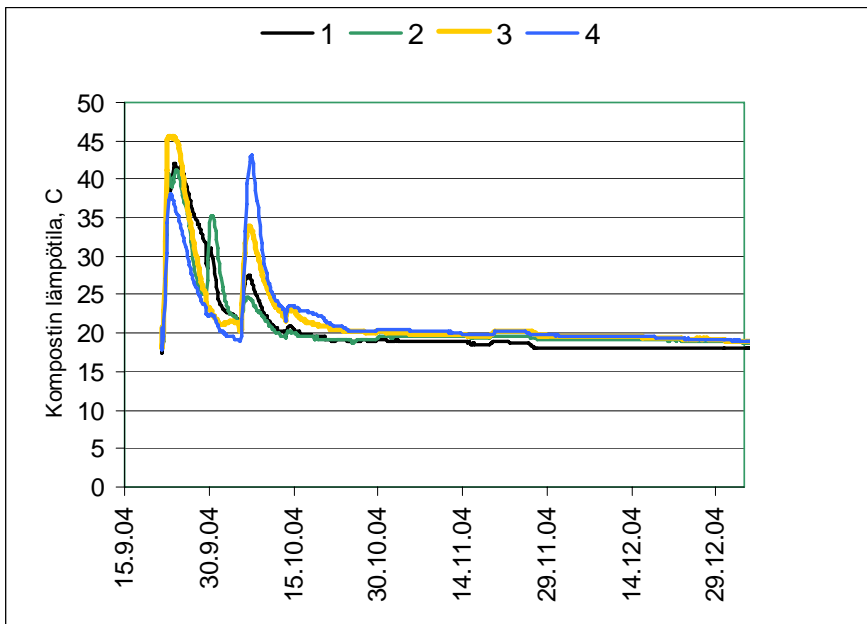
Porkkanajätteen kompostointi laboratoriossa

Kaikkien kompostien lämpötilat nousivat 2 - 3 vuorokauden kuluessa kompostoinnin aloittamisesta keskimäärin 40 °C:een, maksimilämpötilan ollessa 47 °C, kuva 10. Lämpötila nousi kompostoinnin alussa kääntämisen jälkeen. Kompostien lämpötilat pysyivät korkealla 6 - 7 vrk, minkä jälkeen ne laskivat hitaasti 20 - 30 °C:een. Kuukauden kuluttua kompostoinnin aloittamisesta kaikkien kompostien lämpötilat olivat pudonneet lähelle ympäristön lämpötilaa ja kompostit olivat muuttuneet multamaisiksi.

Kompostien kuiva-ainepitoisuudet olivat kompostoinnin alussa 25 - 30 % ja lopussa 28 - 34 %. Kananlantaa sisältäneet kompostit olivat tyypipitoisempia ja johtokyvyltään muita korkeampia. Kananlannan tyyppi paransi myös kompostien 3 ja 4 hiili-typpi -suhdetta. Kolmen kuukauden kompostoinnin jälkeen tyyppi oli pääosin nitraattimuodossa, mikä on tyyppillistä valmiille kompostille. Verrattaessa C/N-suhteita kompostoinnin lopussa ja alussa olivat kananlantaa sisältäneet kompostit 3 ja 4 muita pidemmälle kompostoituneita, taulukko 13.

Taulukko 13. Komposteista mitattuja pitoisuuksia ja muita parametreja kokeen päätyessä. Kompostien numerointi ja seokset taulukon 8 mukaiset

No.	Kuiva- aine (ka)	Tot-C	Tot-N	C/N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	pH	Johto- kyky	Tilavuus- paino kuivattuna (105 °C)
	%	%	%		mg/kg	mg/kg		mS/m	kg/dm ³
1	31,2	44,4	1,1	41	197	1757	6,9	115	0,20
2	27,5	43,4	1,0	45	175	1248	6,7	74	0,19
3	33,6	38,9	1,6	25	355	3278	7,5	289	0,26
4	31,7	38,6	1,4	28	182	2750	7,8	249	0,25



Kuva 10. Laboratorio-olosuhteissa kompostoitujen porkkanajätekompostien lämpötilojen kehittyminen. Kompostiseosten koostumus esitetty taulukossa 8.

Möhöjuuren tuhoutuminen laboriokomposteissa

Möhöjuurta aiheuttava sieni tuhoutui 3,5 kuukautta kestäneen kompostointikokeen aikana vain osittain (taulukko 14). Yhteensä 16 näytteestä kahdessa patogeenin infektoimiskyky oli säilynyt ja niissäkin lievänä. Komposteissa 3 ja 4, joissa kompostoitava materiaali sisälsi kananlantaa, sienien tuhoutuminen oli täydellistä infektoitumisindeksin ollessa 0. Myös komposteissa 1 ja 2 olleista näytteistä sienien infektiivisyys oli selvästi heikentynyt, mutta ei ollut tuhoutunut täydellisesti, minkä osoittivat muutamien testikasvien sivujuuriin muodostuneet äkämet. Vaikka kompostien lämpötilat nousivat jo 2 - 3 vuorokauden kuluessa yli 40 °C:n vaihdellen kompostin koostumuksesta riippuen

36 asteen ja 47 asteen välillä, ne pysyivät yli 40 asteen lukemissa kuitenkin vain keskimäärin 5 vuorokauden ajan. Kaikissa komposteissa ei saavutettu riittävän korkeata lämpötilaa taudinaiheuttajan tuhoamiseksi.

Taulukko 14. Mõhõjuuritestin tulokset kompostointikokeessa (infektoitumisindeksi 0 = ei äkämiä juurissa, 3 = voimakkaita äkämiä pää- ja/tai sivujuurissa).

Komposti	Seosaineet	Indeksi
1	porkkana+olki+turve+hake	0,78
2	porkkana+turve+hake	0,75
3	porkkana+olki+turve+lanta	0
4	porkkana+turve+hake+lanta	0
Kontrolli		3

Rumpukompostointi

Porkkana- ja perunakuorimoiden kuorijättekompsteista mitatut kuiva-aineen ja orgaanisen kuiva-aineen pitoisuudet sekä pH kahdella eri seossuhteella on esitetty taulukoissa 15 ja 16. Kuiva-ainepitoisuus oli porkkanaseoksilla n. 20 % ja perunaseoksilla n. 30 %.

Taulukko 15. Porkkanankuorikompostien lähtö- ja loppuseoksen analyysituloksia.

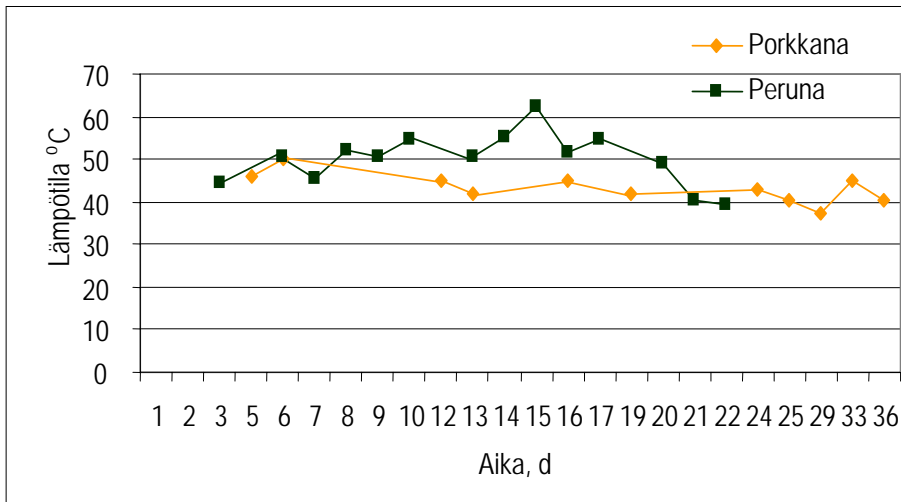
Porkkana: sipuli: turve:hake	Seossuhde 40:10:30:20		Seossuhde 30:10:40:20	
	alussa	lopusa	alussa	lopusa
kuiva-aine %	19	20	21	19
VS %	94	89	96	92
pH	4,0	5,6	4,0	5,6

Taulukko 16. Perunankuorikompostin lähtö- ja loppuseoksen analyysituloksia.

Peruna:turve:hake	Seossuhde 35:45:20		Seossuhde 40:40:20	
	alussa	lopusa	alussa	lopusa
kuiva-aine %	27	31	30	28
VS %	95	96	96	94
pH	4,7	5,5	4,6	5,2

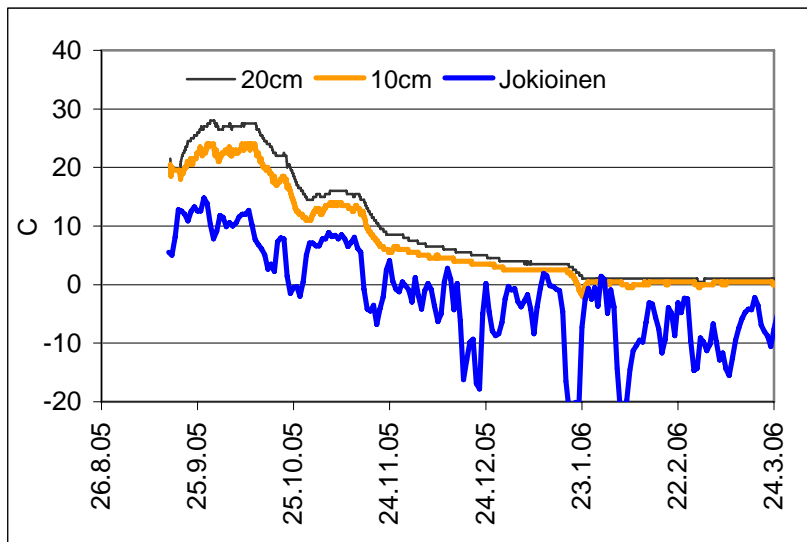
Kaikkien seosten pH:t nousivat viikon rumpukompostoinnin aikana, mutta muutokset kuiva-aineen ja orgaanisen kuiva-aineen pitoisuuksissa olivat suhteellisen pieniä. Seoksen koostumus muuttui kuitenkin huomattavasti ja haju oli kompostoinnin jälkeen mieto.

Lämpötilat sekä porkkana- että perunakompostissa nousivat nopeasti yli 40 °C:een. Perunakompostissa saavutettiin porkkanakompostia korkeammat lämpötilat. Porkkanan- ja perunankuorijätteen kompostoinnissa saavutetut lämpötilat on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Perunan- ja porkkanankuorikompostin lämpötilakehitys kompostirummussa kokeen käynnistytksen jälkeen.

Jälkikompostoinnissa porkkanakompostin lämpötila oli alkuvaiheessa noin 10 °C korkeampi kuin ympäristön lämpötila, kuva 12. Talven aikana komposti jäättyi ja oli edelleen jäässä kokeen päättyessä 2.5.2006.

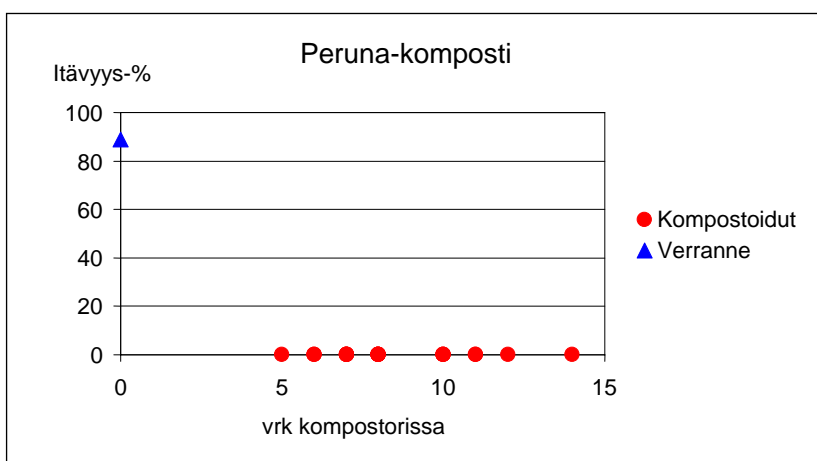
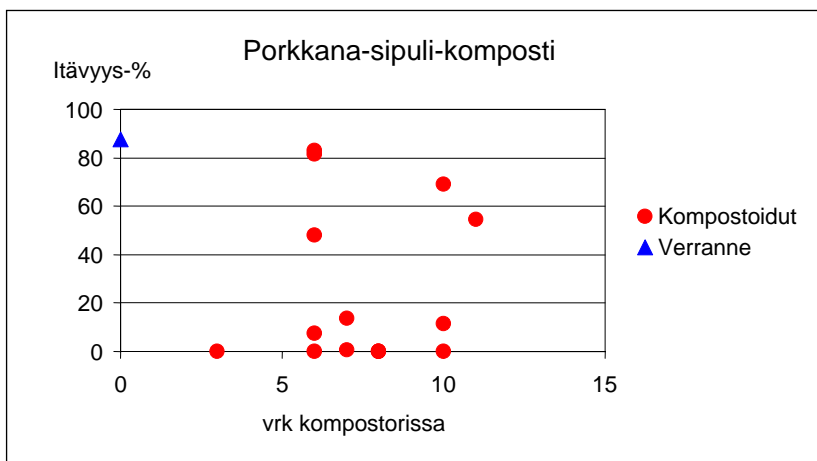


Kuva 12. Porkkanakompostin lämpötilat syksystä 2005 kevääseen 2006 kahdessa eri syvyydessä sekä ulkolämpötila Jokioisilla.

Tomaatinsiementen itävyyden tuhoutuminen komposteissa

Kaikissa laboratoriokomposteissa tomaatinsiemenet menettivät itävyytensä kokonaan 3,5 kuukautta kestäneen kokeen aikana. Sen sijaan rumpukompostoinnissa tomaatinsiementen itävyys heikkeni eri tavalla kompostoitavasta materiaalista riippuen: porkkanakompostissa itävyys laski vaihtelevasti, eikä itävyyden menetys ollut suoraan riippuvainen viipymästä kompostorissa, kuva 13. Sen sijaan perunakompostissa tomaatinsiemenet menettivät itävyytensä jo viidessä päivässä. Lämpötilat sekä porkkana- että perunakompostissa nousivat nopeasti yli 40 °C:een, mutta perunakompostissa saavutettiin porkkanakompostia korkeammat lämpötilat.

Rumpukompostoinnin jälkikompostointivaiheeseen lisätyt tomaatinsiemenet säilyttivät itävyytensä. Useimmissa maatilojen komposteissa tomaatinsiemenet menettivät puolessa vuodessa kokonaan itävyytensä, mutta muutamassa niistä pienekö osa siemenistä säilyi itävinä.



Kuva 13. Viipymisajan vaikutus tomaatinsiementen itävyyteen porkkana-sipulikuoriseoksen sekä perunankuoren rumpukompostoinnissa.

Tehokas kompostointi, jossa koko kompostin lämpötila kohoaa riittävän pitkäksi ajaksi riittävän korkealle, hävittää kaikki tai lähes kaikki rikkakasvien siemenet. Kuitenkin pienikin ero kompostin lämpenemisessä voi olla kriittinen. Jos kompostiin jää kohtia, jotka eivät lämpene tarpeeksi, voi osa siemenistä selvitä hengissä. Tutkitut tilakompostit olivat melko tehokkaita itävyyden tuhoajia

3.2.2 Kasvijätteen käyttö rehuna

Taulukossa 17 on esitetty kuorimoilta otettujen juuresten kuorinäytteiden, kokonaisten juuresten sekä perinteisten rehujen analyysituloksia. Taulukossa on myös Hälinen (2005) tulokset perunan kuoresta

Taulukko 17. Lantun, porkkanan ja perunan kuorintajätteen sekä lantun, porkkanan säilörehun ja kauran rehuanalyysituloksia

Suure	Yksikkö	Lantun-kuori	Porkkanan kuori	Perunan kuori*	Lanttu	Porkkana	Säilörehu	Kaura
Kuiva-aine	ka %	9	10	17,5	12	12	25	86
tuhka	g/kg ka	88	118	56	70	80	75	22
Raaka-alkuainen	g/kg ka	163	50	88	100	100	145	162
Raakasva	g/kg ka	16	20	5	15	15	40	94
raakakuitu	g/kg ka	153	97	51	100	100	350	22
Typettömät uuteaineet	g/kg ka	580	715	800	715	705	390	700
Sellulasisulavuus	g/kg ka	921	893	-	-	-	-	-
Rehu-yksikkö, ry	ry/kg ka	1,04	1,07	1,12	1,12	1,09	0,91	1,21

* Hälinen (2005)

Lantun- ja porkkanankuoren rehuarvot ovat kokonaisten juuresten arvoja hieman alempia. Porkkana ja lanttu sopivat hyvin märehitjille joko kuorimassana tai kokonaisina ja niiden sulavuus on hyvä. Perunakuorimassassa on jonkin verran enemmän energiasisältöä (1,12 ry/kg ka) kuin perunarehussa tai -pulpassa (1,05 - 1,03 ry/kg ka) (Hälinen 2005).

Kuorimojätteen säilyvyyskokeet

Kokeen aikana 0 -käsittelyissä tapahtui 2 - 3 ensimmäisen päivän aikana käymistä, jolloin rehu turposi lieriössä, kuva 9. Hapen kanssa tekemisissä olleet massat lieriön yläosassa tummuivat 0 -käsittelyssä noin 5 cm syvyyteen asti ja säilöntäainekäsittelyissä 1 - 2 cm syvyyteen asti. Tummuneessa pinnassa kasvoi hometta ja sen haju oli voihappomainen. Tummuneen pinnan alla rehu oli raikkaan hajuista kaikissa käsittelyissä.

AIV 2+ ja AIV 2000 lisäysten jälkeen käyminen oli vähäisempää, mikä näkyy analyysituloksissa korkeina sokeripitoisuuksina ja pieninä maito- sekä etikkahappopitoisuuksina, taulukko 18. Ilman säilöntäainelisäystä rehussa tapahtui luontaista maitohappokäymistä, minkä tuloksena sokeripitoisuus laski, maito- ja etikkahapon pitoisuudet nousivat. Haitallinen voihappokäyminen oli vähäistä, sillä voihapon määrät olivat alhaisia.

Porkkanankuoren pH oli kokeen alussa 5,2. Kokeen aikana kaikkien koejäsenten pH laski alle 4,0. Kolibakteerien, hiivojen ja homeiden lukumäärä laski säilytyksen aikana kaikissa käsittelyissä. Klostridien määrä oli vähäinen kahden viikon säilytyksen päättyessä.

Taulukko 18. Perunankuorelle laboratoriossa tehdyn säilyvyyskokeen tuloksia.

	Viikkoa kokeen aloituksesta	Kuiva-aine (%)	Sokeri (g/kg ka)	Maitohappo (g/kg ka)	Etikkahappo (g/kg ka)	Voihappo (g/kg ka)
Raaka-aine	0 vko	25,0	36,20	6,80	4,74	0,13
Kontrolli	1 vko	27,1	4,47	46,80	11,58	0,07
AIV 2+	1 vko	25,2	37,67	5,53	3,73	0,14
AIV 2+	2 vko	24,4	34,23	6,60	4,07	0,14

Luontainen maitohappokäyminen laski peruna- ja porkkanankuorirehujen pH:ta ja säilöi kostean kuorimassan pintakerrosta lukuun ottamatta. Happolisäys laski pH:n nopeasti alas, joten happolisäyksen voidaan arvioida vähentävän virhekäymistä. Samaten maa-aineksestä peräisin olevan kontaminaation aiheuttamat riskit ovat vähäisemmät, kun pH lasketaan happolisäyksen avulla.

Kysely kotieläintiloille kuorimassan käytöstä eläinten rehuna

Kyselyssä kerättiin kokemuksia kuorimassan rehukäytöstä kuudelta kotieläintilalta. Haastattelun vastaukset ovat liitteessä 5.

Maitotilalla perunan hiontakuurintamassaa syötettiin hiehoille ja lehmille. Kuorimassa sekoitettiin seosrehuvaunussa säilörehun, valkuaisrehun ja viljan kanssa. Kuorimassan osuus rehuseoksesta oli noin kolmasosa. Perunankuorimassa paransi eläinten ruokahalua (vast. 1).

Lammastilalla porkkanan ja perunan veitsikuorintajätettä oli syötetty uuhille (vast. 2). Lampailla oli syötetty myös sipulin kuoria. Sipulin osuus rehusta oli 10 - 15 %. Lampaat söivät sipulia mielellään ja olivat terveitä (vast. 3).

Kahdella lihakarjatilalla eläimille syötettiin porkkanan hiontakuurintamassaa (vast. 4 ja 5), toisella tilalla sellaisenaan ja toisella seosrehuna. Porkkanamassaa sekoitettiin seosrehuun enintään 25 %. Mullit söivät porkkanamassaa mielellään.

Sikatilalla syötettiin veitsikuorittua perunankuurimassaa lihasioille, emakoille ja porsaille. Kuurimassaa syötettiin sioille raakana, muuhun rehuun sekoitettuna, suhteessa 1:4. (vast. 6).

Haastatteluun osallistuneista tiloista yksikään ei ollut teettänyt rehuanalyysiä käyttämästään kuurimassasta. Massaa ei varastoitu tiloilla. Tilat olivat aloitaneet kuurimassan syötön omatoimisesti eivätkä, yhtä tilaa lukuun ottamatta, olleet saaneet siihen ohjeita. Kotieläintilat järjestivät kuurimassan kuljetuksen kuurimolta. Kyselyssä mukana olleet eläintilat olivat tyytyväisiä peruna- ja vihanneskuurimassan käyttöön eläinten rehuna.

3.2.3 Kasvijätteen käsittelyn kustannukset

Kuurimoilla kasvijätteitä käytettiin joko sellaisenaan rehuna tai maanparannusaineena tai niitä kompostoitiin (välivarastoitiin) ja levitettiin tilan omille pelloille. Useissa tapauksissa kasvijätteen käsittely tapahtui joko pinnoittamattomalla alustalla tai entisissä lantaloissa.

MMM:n (2005) mukaan tiivispohjaisen kompostointialustan yksikkökustannus on 100 neliömetriin asti 17 €/m² ja ylittävältä osalta 14 €/m² (alv 0 %).

Käyttövalmiin, 4 m³ kuurimojätettä (kuiva-ainepitoisuus noin 10 %) vuorokaudessa käsittelevän rumpukompostorin investointikustannus on vähintään 80 000 €, alv 0 % (Juha-Ville Kangas, Preseco Oy, 10.12.2006, sähköpostiviesti). Rummun tilavuus on silloin noin 80 m³. Kuurintaprosessista riippuen tukiaineen menekki on 1 - 2 m³ jätekuutiota kohti. Poikkeamat perusratkaisusta (pidemmät ja/tai tehokkaammat kuljettimet, pidemmälle viety automaatio, lämmön talteenotto, poistoilman käsittely) voivat nostaa rummun hankintakustannuksen 150 000 euroon. Kapasiteetin kaksinkertaistaminen 8 kuorikuutioon päivässä nostaa investoinnin 150 000 – 270 000 euroon. Lisäkustannuksia muodostuu rumpukompostorin vaatimasta lämpöeristetystä suojarakennuksesta, ellei kompostoria voida sijoittaa olemassa oleviin tiloihin.

Kompostoinnissa kustannuksia aiheuttavat tarvittavien laitteiden hankinta- ja kompostointikentän rakentamiskustannuksien lisäksi kompostoinnissa tarvittavat seosaineet. Porkkanankuorijätteen laboratoriomittakaavan kompostointikokeissa seosaineina käytettiin turvetta, olkea ja haketta, jolloin seosaineiden hinnaksi tuli 14 €/m³ porkkanajätettä. Toisessa kokeessa lisättiin porkkanajätteen sekaan turvetta ja haketta, jolloin seosaineiden hinnaksi saatiin 15 €/porkkanajätekuutio.

Rumpukompostoinnissa porkkanan + sipulin kuorijätteen kuivikkeiden (turve + hake) hinnaksi tuli 10 - 15 € jätekuutiota kohti ja perunankuorimojätteen kompostoinnissa 15 - 19 €, riippuen käytetyistä seossuhteista. Turpeen verollisena hintana käytettiin 9,5 €/m³ ja hakkeelle 12,2 €/m³ käyttökohteeseen toimitettuna.

Kompostointiin liittyviä muita kustannuksia ovat materiaalin siirtoon, sekoitukseen ja levitykseen liittyvä kone- ja ihmistyö. Eräältä kuorimolta saatujen tietojen perusteella kasvijätteen aumakompostoinnin työnmenekki oli vain 3 min jätetonna kohti. Arvio lienee alimitoitettu sillä esimerkiksi kuivalannan kompostoinnin työnmenekiksi on laskettu 15 min tonnia kohti (Klemola & Malkki 1995). Kompostin hyödyntämisen kustannuksia voidaan arvioida kuivikelannan käsittelystä tehtyjen laskelmien avulla (Palva ym. 2004). Työnmenekki 30 kuution hehtaariannoksella ja yhden kilometrin siirtomatkalla on 2,4 min/m³, eli noin 4 min tonnia kohden. Kuormauksen, kuljetuksen ja levityksen arvonlisäverottomaksi kustannukseksi tulee noin 1400 kuution vuosimäärällä 3,5 €/m³ (5,8 €/tonni, jos tiheys on 600 kg/m³).

Luovuttaessaan kuorijätettä rehuksi kuorimoyrittäjät eivät saaneet tästä korvausta, mutta kuorijätteen vastaanottaja vastasi yleensä kuljetuskustannuksista.

Rehukäytön tai maanparannusaineeksi jalostamisen vaihtoehtona kuorimotoinnin sivuvirtana syntyvä kuorintajäte voidaan toimittaa biojätteitä käsittelevälle laitokselle. Kompostoitavan biojätteen vastaanottomaksut vaihtelevat laitoskohtaisesti. Internetissä esitettyjen jätemaksujen perusteella halvimmillaan arvonlisäverollinen maksu oli noin 20 €/t (esim. Nurmes) ja varsin yleinen taso oli 30 - 40 €/t (Joensuu 33 €, Pori 37 € ja Loimi-Häme 44 €). Monilla alueilla maksut olivat kuitenkin selvästi edellisiä korkeampia (Mikkeli 76 €, Pirkanmaa 78 € ja Etelä-Pohjanmaa 90 €).

4 Johtopäätökset

Esikäsiteltyjen peruna-, vihannes- ja juurestuotteiden kysynnän kasvaessa kuorimot ovat pyrkineet vastaamaan tarpeeseen tuotantoaan kasvattamalla. Toimintaa säätelevät lait ja asetukset ovat kiristäneet vaatimuksia tuotteiden laadun, jätteiden ja jätevesien käsittelyn osalta. Perunan ja juuresten koneelliseen kuorintaan ja käsittelyyn on laadittu kansallinen BAT -ohjeistus (Helsky ym. 2007).

Erilaisilla prosessointimenetelmillä voidaan vaikuttaa oleellisesti kuorimoilta tulevien jätteiden ja jätevesien laatuun ja määrään. Hankkeessa mukana olleilla kuorimoilla oli käytössä hionta- ja veitsikuorintakoneet sekä kuiva- ja märkäkuorinta. Veitsikoneella suoritettu kuivakuorinta tuottaa näistä vähiten jättevettä, jonka orgaanisen aineen- ja ravinnepitoisuudet ovat suhteellisen alhaiset. Veitsikuorinta rikkoo kasvisolukkoa vähemmän kuin hiontakuorinta ja solunestettä pääsee jätevesiin vähemmän. Kuivakuorinnassa kasvijäte ja jätevesi saadaan erilleen toisistaan.

Eri kuorintamenetelmillä aikaansaatu kasvijäte on erilaista; hiontakuorintajäte on märkää, hienojakoista massaa, kun taas veitsikuorinnassa muodostuu lastumaista juureskuorta, jota on helpompi käsitellä kuin hiontakuorimassaa. Pestyistä perunoista ja juureksista muodostuva kasvimassa soveltuu hyvin rehuksi.

4.1 Jätevedet

Perunan- ja juuresten kuorintaprosessissa muodostuvissa jätevesissä on korkea orgaanisen aineen pitoisuus. Suurin osa orgaanisesta aineesta on liukoisessa muodossa, joten mekaaniset jätevedenkäsittelymenetelmät eivät yksin riitä poistamaan orgaanista ainesta. Kemiallista saostusta ja laskeutusta tarvitaan kuitenkin tasaamaan puhdistusprosessin kuormitusta ja poistamaan liukenematonta epäorgaanista ja orgaanista ainesta. Puhdistamoon menevä orgaaninen kuorma olisi hyvä saada mahdollisimman pieneksi.

Hankkeeseen osallistuneissa yrityksissä jätevesien käsittely oli hyvin vaihtelevaa. Erilaisia yksinkertaisia jätevedenkäsittelymenetelmiä, mm. maaperäkäsittelyä ja lammikkoja oli käytössä. Jätevedenkäsittelylaitteistojen mitoituksissa, säädöissä ja toiminnassa oli myös puutteita, eivätkä puhdistustulokset yleensä olleet tavoitetasolla. Myös ympäristölupaviranomaisten vaatimuksissa hajonta oli suurta. Kuorimoille, jotka nyt ovat hakemassa ympäristölupaa, jäteveden ja jätteiden käsittelyvaatimukset ovat korkeat. Vanhoissa luvissa, jotka ovat voimassa toistaiseksi, vaatimukset ovat yleensä vaatimattomia eikä toimintaa niiden osalta juurikaan seurattu. Tämä asettaa toiminnan harjoittajat eriarvoiseen asemaan.

Jos kuorimolla ei ole mahdollisuutta johtaa jätevesiä kunnalliseen jätevedenkäsittelyyn, voidaan biologis-kemiallisella panospuhdistamolla saavuttaa ympäristölupaviranomaisten jäteveden käsittelylle asettamat vaatimukset. Hankkeessa mukana olleella panospuhdistamolla saavutettiin erinomaiset tulokset, orgaanisen aineen väheneminen oli 99,7 %, fosforin 96,7 % ja jopa tyyppistä saatiin poistettua 94 %.

Kuorimojätevedet on esikäsiteltävä ennen kuin ne johdetaan puhdistamoon. Kiintoainetta poistetaan laskeuttamalla ja/tai kemiallisella saostuksella, myös erilaiset lingot, puristimet ja suodattimet ovat käyttökelpoisia kiintoaineen erottamiseksi. Kemiallisella saostuksella ja laskeutuksella saatiin orgaanisesta aineesta poistettua noin 70 % ja fosforista yli 90 %. Kemiallinen saostus ja laskeutus eivät kuitenkaan yksin riitä jätevedenkäsittelymenetelmiksi peruna- ja juureskuorimoille, mutta ne toimivat hyvin jätevesien esikäsitelymenetelminä, tasaavat kuormitusta ja alentavat puhdistamon mitoitusvaatimuksia.

Perunan ja juuresten kuorintaprosessissa sekä biologisessa jäteveden puhdistuksessa syntyy lietettä, jota on poistettava säännöllisesti. Biologinen prosessi tuottaa lietettä n. 0,5 kg poistettua BOD kuiva-ainekiloa kohti. Lietteiden käytöstä mahdollisesti aiheutuvien terveys- ja ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi lietteet on käsiteltävä asianmukaisesti. Samalla voidaan pienentää niiden tilavuutta ja massaa sekä parantaa niiden käsiteltävyyttä. Lietteet voidaan vaihtoehtoisesti toimittaa lähimpään jätehuoltolaitokseen.

Biologiset puhdistamot vaativat jatkuvaa seurantaa ja säännöllistä huoltoa, jotta ne toimisivat luotettavasti. Lietemäärän kasvua ja liukoisen hapen pitoisuutta ilmastusaltaassa on tärkeää seurata säännöllisesti, jolloin prosessissa ilmeneviin häiriöihin voidaan puuttua riittävän nopeasti

Jäteveden käsittelyn kustannukset ovat huomattavat. Puhdistamon investointikustannusten lisäksi tulevat käyttökustannukset. Liittyminen kunnalliseen tai paikalliseen jätevedenkäsittelylaitokseen osoittautui edullisimmaksi vaihtoehdoksi, jos siirtoviemäri jää lyhyeksi. Kuorimot sijaitsevat kuitenkin useimmiten kaukana viemäriverkostoista, jolloin tämä vaihto ei ollut mahdollinen.

Pilottikohteissa havaittuja jäteveden käsittelyn ongelmakohtia

- Suuret vaihtelut toiminnassa - kuorintamäärät ja raaka-aineen laatu vaihtelevat paljon eri vuodenaikoina.
- Kuorimojen toiminta kasvaa ja tulevaisuuden ennakoiti on pitkällä tähtäimellä hankalaa. Jätevedenkäsittelyssä pitäisi ottaa huomioon mahdolliset toiminnan muutokset.
- Suomessa on vain vähän jätevedenkäsittelylaitteistojen toimittajia, jotka ovat perehtyneet paljon orgaanista ainetta sisältävien jätevesien käsittelyyn. Käytössä olevien laitosten toimivuudesta ja tehokkuudesta ollaan vasta saamassa

tietoja. Pääasiassa asumajätevesien käsittelyyn tarkoitettuja kaupallisia laitteistoja ei ole suunniteltu kuorimoilta tulevien jätevesien käsittelyyn.

- Huollon, valvonnan ja prosessien seurannan ongelmat. Biologinen puhdistamo vaatii hoitajaltaan tietoa prosessin toiminnasta, säännöllistä tarkkailua ja huoltotoimenpiteitä.
- Jätevesienkäsittelyjärjestelmien kokonaiskustannukset ovat korkeat. Järjestelmän hankinnan lisäksi käytön vaatima työpanos, sähkö, kemikaalit ja lietteen käsittely aiheuttavat jatkuvia kuluja.
- Kuorimojätevesien biokemiallisessa käsittelyssä muodostuu paljon ylijäämälietettä. Lietteen jatkokäsittely on ratkaistava tapauskohtaisesti.

4.2 Kasvijäte

Kasvijätettä syntyy peruna- ja juureskuorimoilla huomattavia määriä, raaka-aineesta joutuu noin 30 – 60 % jätteeksi. Jäte on märkää, huonosti säilyvää kasvismassaa tai lastumaista juureskuorta. Ensisijaisesti kasvijäte kannattaa hyödyntää rehuna. Jos tämä ei ole mahdollista, jätteestä voidaan valmistaa maanparannusainetta, esim. kompostoimalla.

Rehu

Tehokas tapa hyödyntää peruna- ja vihanneskuorimojätettä on sen käyttö eläinten rehuna. Tämä edellyttää, että kuorinnassa käytetään pestyjä juureksia ja kuorintaprosessi suunnitellaan siten, että kuorijätteen rehukäyttö on mahdollista. Kun kuorimassaan sekoitetaan muita rehukomponentteja, saadaan mm. rehun kuiva-aine- ja rasvapitoisuudet sopiviksi. Peruna, porkkana ja lanttu soveltuvat hyvin märehitijöiden rehuksi ja niiden sulavuus on hyvä. Perunan ja juuresten rehukäyttöä rajoittavat niiden säilyvyys ja hygieeninen laatu sekä ruokintateknikka, kuljetus ja säilytys. Lisäselvityksiä tarvittaisiinkin massan ruokintateknikasta, kuljetuksesta ja säilytyksestä sekä kuorimoilla että eläintiloilla.

Säilyvyyskokeiden perusteella peruna- ja juureskuorimassaa voidaan säilöä tiiviissä säiliössä, jolloin maitohappokäyminen vähenee. Juureskuorimassassa on runsaasti sokereita, joten maitohapon määrä voi käymisessä nousta liiankin korkeaksi. Jos käymistä halutaan rajoittaa, pH:n nopeaan laskemiseen voidaan käyttää muurahaihappopohjaisia säilöntäaineita. Happolisäys laskee pH:n nopeasti alas, joten happolisäyksen voidaan arvioida vähentävän virhekäymistä. Myös maa-aineksesta peräisin olevan kontaminaation aiheuttamat riskit olivat vähäisemmät, kun pH:ta laskettiin happolisäyksellä.

Kuorimojätteen rehukäyttöä kartoittavaan puhelinkyselyyn osallistui kuusi kotieläintilaa. Kaikilla kyselyyn vastanneilla tiloilla peruna-, porkkana- ja sipulinkuorijäte haettiin itse kuorimoilta, joissa kuorimassa oli kerätty 350 - 500 litran astioihin. Useimmat kotieläintilat hakivat kuorimassan pari kertaa

viikossa, jotkut kerran päivässä. Kuorimassaa ei, yhtä tilaa lukuun ottamatta, varastoitu vaan se annettiin heti eläimille. Erityisesti nautakarjan ruokintaan kasvijäte soveltui hyvin. Peruna- ja juureskuorimoyrittäjät pitivät kuorimassan toimittamista rehukäyttöön miellyttävimpänä sekä helpoimpana tapana huolehtia syntyvistä jätteistä ja kotieläinten kasvattajat olivat tyytyväisiä kuorirehun käyttäjiä.

Maanparannusaine

Ravinteiden kierron kannalta kuorijäte on arvokasta maanparannusainetta, kunhan se on ensin käsitelty maanparannusaineita koskevan säädösten mukaisesti. Käyttöä rajoittavat rikkakasvinsiemenet ja kasvitaudit.

Rikkakasvit ja kasvitaudit haittaavat viljelyä ja lisäävät kustannuksia. Kasvijätteen ja kasvisten mukana kulkeutuvan mullan myötä on vaarana levittää vihannesviljelyn haitallisia rikkakasveja uusille lohkoille ja täten vaikeuttaa viljelyä sekä heikentää sen kannattavuutta. Riskien minimoimiseksi tulisi kasvijäte ja multa käsitellä niin, ettei siinä esiinny rikkakasvien siemeniä eikä kasvitauteja, esimerkiksi tehokkaalla kompostoinnilla, jossa koko kompostin lämpötila on vähintään 45 – 60 °C useita päiviä ja mieluummin useita viikkoja. Eräät kasvitaudit voivat vaatia tuhoutuakseen jopa usean viikon käsittelyn 70 °C:een lämpötilassa. Tehokkaan kompostoinnin läpikäyneet kasvijäte ja multa ovat verraten turvallisia levitettäväksi pellolle. Multa voidaan myös vanhentaa lannoitevalmistelain vaatimusten mukaisesti. Mikäli siemeniä ja tauteja ei tuhota, kasvijäte ja multa tulee sijoittaa sellaisiin kohteisiin, joissa rikkakasveista ja kasvitaudeista ei ole haittaa, esimerkiksi samalle pellolle mistä se on lähtöisin, viherrakentamiseen tai jätteenkäsittelylaitoksiin.

Kompostoinnissa lämpötila ei ole ainoa tekijä, mikä vaikuttaa rikkakasvien siementen ja kasvitautien tuhoutumiseen. Lämpötila ei kuitenkaan nouse, jos muut tekijät, kuten kosteus, pH, C:N -suhde ja happipitoisuus eivät ole oikeat.

Kuorimojätteen kompostointi vaatii suhteellisen paljon seosaineita, mikä nostaa kompostoinnin kustannuksia. Kompostin kuiva-ainepitoisuus pitäisi olla 25 – 30 %, jotta kompostoituminen lähtisi hyvin käyntiin. Kuorimassa on niin märkää, että seosaineita, esim. turvetta ja haketta, täytyy olla useimmiten yli puolet kompostin tilavuudesta.

Rumpukompostointi nopeuttaa kompostointiprosessia, lämpötila saadaan nousemaan nopeasti, massa sekoitettua ja ilmastettua tehokkaasti. Viikon rumpukompostoinnilla saatiin tuhottua tomaatinsiementen itävyys perunakompostissa täysin, porkkanakompostissa tulos ei ollut niin selvä, mutta itävyys väheni huomattavasti.

5 Kirjallisuus

- Ag-Bag 2002. Composting Made Simple. Saatavana internetistä: <http://www.ag-bag.com/articles.html>, luettu 15.11.2006.
- Alaviuhkola, T., Franssila, R., Helander, J., Kyntäjä, S., Marttila, J., Partanen, K., Puonti, M., Rantanen, A., Rautiainen, E., Savela, P., Siljander-Rasi, H., Suomi, K., & Vuorenmaa, J. 1999. Sikojen ruokinta. Tieto tuottamaan nro 83. Maaseutukeskusten Liitto, 1999. Helsinki. 113 s.
- Anderson, V. & Schatz, B. 2003. Biological and economic synergies, and methods of integrating beef cow and field crops enterprises. In: Unified Beef Cattle and Range Research Report Agricultural Experiment. Station, Department of Animal and Range Sciences, North Dakota State University. Saatavana internetistä: <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/beef/2002/beef01.htm#biological>, luettu 13.10.2005.
- Anon. 1998. Batchwise, Aerobic, Thermophilic, Sludge Treatment in a Recycled System for Organic Waste and Wastewater in Bomarsund. Life 98 ENV /Fin/575
- Bollen, G.J. 1985. The fate of plant pathogens during composting of crop residues. In: Grassler, J.K.R. ed. Composting of agricultural and other wastes. London. Elsevier Applied Science, 282-290.
- Bollen, G.J., Volker, D. & Wijnen, A.P. 1989. Inactivation of soil-borne plant pathogens during small-scale composting of crops residues. Netherlands Journal of Plant Pathology 95: 19-30.
- Boyles, S. 2004. Feeding potato processing wastes and culls to cattle. Potato processing wastes and culls_OSU Extension Beef Team Library. Ohio State University Extension. Saatavana internetistä: <http://beef.osu.edu/library/potato.html>, luettu 14.6.2004.
- Bradshaw, L., MacGregor, S & Olsen, T. 2002. Potato by product feeding in the Pacific Northwest. Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice, 18 (2): 339-347.
- Burgoon, P.S, Kadlec, R.H. & Henderson, M. 1999. Treatment of Potato Processing Wastewater with Engineered Natural Systems. Water Science and Technology, vol. 40(3), 211-215.
- Christensen, K.K., Carlsbaek, M. & Kron, E. 2002. Strategies for evaluating the sanitary quality of composting. Journal of Applied Microbiology 92: 1143-56.
- Churchill, D. B., Alderman, S. C., Mueller-Warrant, G. W., Elliott, L. F. & Bilsland, D. M. 1996. Survival of weed seeds and seed pathogen propagates in composted grass seed straw. Applied Engineering in Agriculture. 12: 1, 57-63.

- Donner, R., Heino, M. & Mäkinen, K. 2003. Kiinteistökohtainen paineviemä-röinti. Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen monistesarja nro 13. 94 s.
- Eghball, B. & Lesoing, G.W. 2000. Viability of weed seeds following manure windrow composting. *Compost Science and Utilization*. 8: 1, 46-53.
- EPPO 2005. Phytosanitary procedure. Guidelines for management of plant health risks associated of biowaste of plant origin. European and Mediter-ranean Plant Protection Organization. 02/9781. 8 p.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 183/2005, annettu 12.1.2005, rehuhygieniä koskevista vaatimuksista. ”rehuhygieniä asetus”. Saatavana internetistä:
http://www.mmm.fi/el/laki/kara/kara_rehu183_2005.pdf, luettu 22.2.2006.
- Grundy, A. C., Green, J. M. & Lennartsson, M. 1998. The effect of tempera-ture on the viability of weed seeds in compost. *Compost Science and Utili-zation*. 6: 3, 26-33.
- Gunaseelan, V.N. 2004. Biochemical methane potential of fruits and vegeta-ble solid waste feedstocks. *Biomass and Bioenergy*, 26, 389-399.
- Hagström, M., Vartiainen, E. & Vanhanen, J. 2005. Biokaasun maatilatuotan-non kannattavuusselvitys. Loppuraportti. Gaia.
- Halonen, P., Helynen S., Flyktman, M., Kallio, E., Kallio, M., Paappanen, T. & Vesterinen, P. 2003. Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suu-rat työllisyysvaikutukset. VTT tiedotteita 2219, Espoo.
- Hartz, T. K. & Giannini, C. 1998. Duration of composting of yard wastes af-fects both physical and chemical characteristics of compost and plant growth. *HortScience*. 33: 7, 1192-1196.
- Helcon trecommendation 17/10. Bssic principles for realization of BAT and BEP in fiood industry. Saatavana internetistä:
http://www.helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec17_1, luettu 10.5.2004.
- Helsky, T., Anttalainen, M., Palviainen, S., Kemppainen, P., Lehto, M., Salo, T., Mäkelä, M., Tuominen, A. & Piilo, T. 2007. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) perunan ja juuresten koneellisessa kuorinnassa ja käsitte-lyssä. *Suomen ympäristö* 57, 87 s. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=223896&lan=fi>
- Henze, M., Harrmoës, P., la Cour Jansen & Arvin, E. 1997. Wastewater Treatment – Biological and Chemical Processes, second edition. Springer. 383 s.
- Hoitink, H.A.J. & Poole, H.A. 1980. Bark compost use in container media. *Compost Science* 21(3): 38-47.

- Hälinen, E. 2005. Perunajätteen hyödyntäminen ja käyttö rehuna. Savonia-ammattikorkeakoulu, Maaseutuuala, Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, Yritystalouden suuntautumisvaihtoehto. Opinnäytetyö 22 s. +10 s.
- Hänninen, K., Nykänen, J., Impola, U., Halinen, A, Veijanen, A & Kangas, J-V. 2003. Puutarhan viherjätteen rumpukompostointi Honkajoella. Loppuraportti 06.06.2003. Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos: Jyväskylä. 18 s. + 3 liitettä.
- Hänninen, K., Huotari, H. & Malinen, H. 1992. Kompostoinnin biotekniikka ja laitteet. VTT tiedotteita 1371, 81 s.
- Jenkins, J. 1999. The Carbon/nitrogen ratio. The Humanure Handbook. A Guide to Composting Human Manure. Saatavana internetistä:http://www.weblife.org/humanure/index_chapters.html, luettu 30.9.05.
- Kallio, J. & Santala, E. 2002. Maituhuoneen jätevesien käsittely. Ympäristö-opas 91. Suomen ympäristökeskus.
- Kansanterveyslaitos 2005. Porkkana ja peruna. Saatavana internetistä: <http://www.fineli.fi/foodlist.php?lang=fi>, luettu 30.9.2005
- Karttunen, E. 2004. RIL 124-2-2004 Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinööriliitto RIL ry. 684 s.
- Kettunen, R., Rintala, J., Hänninen, K. & Luostarinen, S. 2006. YMPA212 Jätevesien käsittelyprosessit ja -laitokset I. Luentomoniste. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos. 130 s. Saatavana internetistä: <http://www.jyu.fi/bio/ymp/alisivut/YMPA212%20moniste%202006,%20Jätevesien%20käsittelyprosessit%20ja%20laitokset.pdf>, luettu 10.5.2006.
- Knoll, K.H., Strauch, D. & Holst, H. 1980. Standardizing hygiene testing for composting procedures in German. Forschungsbericht 79-10302403, Umweltforschungsplan des BMI, Abfallwirtschaft.
- Lehtniemi, L. 2004. Pienpuhdistamoiden toimivuus ja typenpoisto. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste 9. 89 s.
- Ligneau, L.A.M. & Watt, T.A. 1995. The effects of domestic compost upon the germination and emergence of barley and six arable weeds. *Annals of Applied Biology*. 126: 1, 153-162.
- Lilja, R. 1994. Hyvän kompostointikäytännön opas. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, opas 2, 63 s.
- Loehr, R.C. 1974. Biological processes. In: *Agricultural wastes management. Problems, processes, and approaches*. Academic Press. New York. p.129-182.
- Lopez-Real, J. & Foster, M. 1985. Plant pathogen survival during composting of agricultural organic wastes. In: Gasser, J.K.R. ed. *Composting of agricultural wastes*. London. Applied Science, 291- 299.

- LSUAgCenter 2005. Basic Principles of composting. Saatavana internetistä: <http://www.agctr.lsu.edu/NR/rdonlyres/08E6706C-0D2B-4E3A-8A56-5D448AC1C7FE/2785/pub2622compost2.pdf>, luettu 30.9.2005.
- Maa- ja metsätalousministeriö 1998. Rehulaki 396/1998. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1998/19980396>, luettu 22.2.2006.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2005. Rakennusten ja rakennustilojen yksikkökustannuksia MMM-RMO E2.1.
- Malladi, B, & Ingman, S.C. 1993. Thermophilic aerobic treatment of potato-processing wastewater. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 9, 45-49.
- Marjanen, P. 1993. Selvitys etanolin tuotantoedellytyksistä Satakunnassa. Satakuntaliiton julkaisu A:206, Pori. Saatavana internetistä: www.pori.fi/kirjasto/satakuntaliitto/a_206.htm, luettu 29.9.2005.
- Metcalf & Eddy, Inc.1991. *Wastewater Engineering – Treatment, Disposal, and Reuse*, third edition. McGraw-Hill.Inc. 1334 s.
- MTT 2004. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. märehittäjät - siat - siipikarja - turkiseläimet - hevoset. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. MTT:n selvityksiä 86, 85 s.
- Murphy, S. 1997. Feeding potato by-products. Prince Edward Island Agriculture and Forestry Factsheet AGDEX420-68. Saatavana internetistä: http://www.gov.pe.ca/photos/original/af_fact_wast.pdf, luettu 6.10.2005.
- Nikolavcic, B. & Svardal, K. 2000. Biological treatment of potato-starch wastewater design and application of an aerobic selector. *Water Science and Technology* 41(9): 251-258.
- Oksa, T-R. 2002. Juureskuorimon jätevesien käsittely. Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Pro-gradu -tutkielma. 54 s. + liitteet.
- Ozores-Hampton, M., Obreza, T. A. & Hochmuth, G. 1998. Using composted wastes on Florida vegetable crops. *HortTechnology*. 8: 2, 130-137.
- Ozores-Hampton, M., Stoffella, P. J., Bewick, T. A., Cantliffe, D. J. & Obreza, T.A. 1999. Effect of age of cocomposted MSW and biosolids on weed seed germination. *Compost Science and Utilization*. 7: 1, 51-57.
- Paatela, J. & Erviö, L-R. 1971. Weed seeds in cultivated soils in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 10: 144–152.
- Paatero, J., Lehtokari, M. & Kemppainen, E. 1984. *Kompostointi*. Juva. 268 p.
- Palva, R., Pentti, S. & Arnold, M. 2004. Karjanlannan levityksen kustannukset. Teoksessa: Puumala, M. & Grönroos, J. *Kotieläintalouden ympäristö-*

- kuormituksen vähentäminen. Suomen ympäristö 708. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. s. 73-91.
- Peginé, J. & Girardin, P. 2004. Environmental impacts of farm-scale composting practices. *Water, Air, and Soil Pollution* 153, 45–68.
- Penttilä, A. 2005. Hevososen kuivikelanta kompostituubiin. *Koneviesti* 17. 42-44.
- Preseco Oy 2006. Peruna- ja juuresmassat mädätyksessä ja kompostoinnissa. Seminaarimateriaali. Seminaari MTT:llä 9.2.2006.
- Rontu, M. 1992. Pienten jätevedenpuhdistamojen toimivuus. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 418. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki 65 s.
- Rontu, M. & Santala, E. (toim.)1995. Haja-asutuksen jätevesien käsittely. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi- ympäristöhallituksen monistesarja 584. 94 s.
- Rowland, I. & Strongman, R. 2000. Southern Water faces the small works challenge. *Water* 41: 33-39.
- Ryckeboer, J. 2001. Biowaste and yard waste compost: microbiological and hygienic aspects - suppressiveness to plant diseases. Leuven, Belgium: Katholieke Universiteit Leuven, Ph thesis. In: Noble, R. & Roberts, S. J. 2004. Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: a review. *Plant Pathology* 53: 549-568.
- Salkinoja-Salonen, M. (toim.) 2001. Mikrobiologian perusteita. Mikrobiologian julkaisuja 49. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Salminen, P. 2006. Millä ehdoilla käymäläjätteistä ja hajalietteistä lannoitevalmisteita Suomessa. *Ympäristö ja terveys* 8:34-36.
- Santala, E. (toim.) 1990. Pienet jäteveden maapuhdistamot Ohjeita 1-10 talouden jätevesien maaperäkäsittelyssä. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallitus. 117 s.
- Saralehto, K. 2005. Puhdistamotyyppin valinta, sijoittaminen maastoon ja suunnitelma-asiakirjat. Saatavana internetistä: http://www.rakentaja.fi/pdf/hajahanke/saralehto_suko.pdf, luettu 17.5.2006.
- Saralehto, K. 2004. Haja-asutuksen jätevesihuollon suunnittelu. Saatavana internetistä: http://www.rakentaja.fi/pdf/hajahanke/kiinteistokohtainen_ja-tesiesien%20kasittely_kai_saralehto.pdf, luettu 17.5.2006.
- Skjelhaugen, O.J. 1999. Thermophilic Aerobic Reactor for Processing Organic Liquid Wastes. *Water Resource*, 33, 2593-1602.

- Tee, E., Wilkinson, K, Tymms, S. & Hood, V. 1999. Overview of green waste recycling research conducted by the Institute for Horticultural Development. *Plant Protection Quarterly*. 14: 3, 104-107.
- Tereshchuk, V. 1999. Influence of saturation of peat-manure-strawy and sapropel-manure-strawy composts by mineral fertilizers on vitality of weed plant seeds. *Zashichita-Rastanii*. No.23, 149-155.
- Tompkins, D.K., Chaw, D. & Abiola., A.T. 1998. Effect of windrow composting on weed seed germination and viability. *Compost Science and Utilization*. 6: 1, 30–34.
- US. Department of Agriculture 1992. *Agricultural Waste Characteristics. Agricultural Waste Management Field Handbook chapter 4.*
- Valtioneuvoston asetusta 931/2000 maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta.
- Varsinais-Suomen Agendatoimisto 2006. AHA 21 –projektin loppuraportti. 136 s.
- Vesihuoltolaki 119/2001. Saatavana internetistä:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>, luettu 10.5.2004.
- Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2002. Viemäriin johdettavat teollisuusjätevedet. Teollisuusjätevesisopimus, raja-arvot, valvonta ja taksat. Helsinki. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 68 s., 13 liitettä.
- Virtanen, H. & Salo, T. 2005. Kasvijäte puoliksi pellolle ja eläimille. *Puutarha & kauppa 17/2005*: p. 8-9.
- Waal, L.C. de. 2001. A viability study of *Fallopia japonica* stem tissue. *Weed-Research. Oxford*. 41: 5, 447-460.
- Wiese, A. F., Sweeten, J.M., Bean, B. W., Salisbury, C. D. & Chenault, E.W. 1998. High temperature composting of cattle feedlot manure kills weed seed. *Applied Engineering in Agriculture*. 14: 4, 377-380.
- Wlcek, S. & Zollitsch, W. 2004. Sustainable pig nutrition in organic farming: By-products from food processing as a feed resource. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 19(3):159-167.
- Ylimäki, A., Toiviainen, A., Kallio, H. & Tikanmäki, E. 1983. Survival of some plant pathogens during industrial-scale composting of wastes from a food processing plant. *Annales Agriculturae Fenniae* 22(2): 77-85.
- Ympäristönsuojelulaki 86/2000. Saatavana internetistä:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>, luettu 10.5.2004.
- Ympäristönsuojeluasetus 169/2000. Saatavana internetistä:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000169>, 10.5.2004.

6 Liitteet

Liite 1. Kompostin ominaisuuksien ja kompostointiolosuhteiden vaikutus rikkakasvien siementen tuhoutumiseen. Käsittelyt, joissa siementen itävyys on täysin tuhoutunut.

Kompostointi-olosuhteet	Lämpötila ja kompostointikäsitteilyn kesto	Rikkakasvilaji	Tutkimus
Valmis yhdyskuntajättekompости, jossa lämpötilaa säädeltiin keino-tekoisesti	55 °C, 3 päivää	Kylänurmikka (<i>Poa annua</i>), mustakoiso (<i>Solanum nigrum</i>), Otavalvatti (<i>Sonchus asper</i>), Pihatähtimö (<i>Stellaria media</i>), Valkoapila (<i>Trifolium repens</i>)	Grundy et al. 1998
- " -	45 °C, 3 päivää	Otavalvatti, Pihatähtimö, Valkoapila	- " -
- " -	45 °C, 21 päivää	Mustakoiso	- " -
- " -	45 °C, 84 päivää	Kylänurmikka	- " -
- " -	35 °C, 3 päivää	Valkoapila	- " -
- " -	35 °C, 84 päivää	Pihatähtimö	- " -
Komposti	49 °C, 3 päivää tai enemmän	Itämaittendurra (<i>Sorghum halepense</i>) Revonhännät, (<i>Amaranthus</i> sp.), Kesäsyypessi, (<i>Kochia scoparia</i>), Kananhirssi (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	Wiese et al. 1998
- " -	Vähintään 72 °C, 3 päivää	Itämaittendurra Revonhännät Kesäsyypessi Kananhirssi	- " -
- " -	83 °C, 7 päivää	Peltokierto (<i>Convolvulus arvensis</i>)	- " -
Karjanlanta-aumakomposti	< 60 °C, 4–5 kuukautta	kaikki paitsi Kelta-aulio (<i>Abutilon theophrasti</i>)	Eghball & Lesoing 2000
Ulkotarhalanta-aumakomposti	Tavoitelämpötila 55–65 °C, 2 viikkoa	Kierumatarra (<i>Galium aparine</i>), Viherpantaheinä (<i>Setaria viridis</i>), Kesäsyypessi, Peltosaunio (<i>Matricaria perforata</i>), Peltotaskuruoho (<i>Thlaspi arvense</i>), Kiertotatar (<i>Polygonum convolvulus</i>)	Tompkins et al. 1998
- " -	Tavoitelämpötila 55–65 °C, 4 viikkoa	yllä mainittujen lisäksi, Hukkakaura (<i>Avena fatua</i>), Jauhosavikka (<i>Chenopodium album</i>), Karheapillike (<i>Galeopsis tetrahit</i>), Hanhentatar (<i>Polygonum persicaria</i>), Viherrevonhanta (<i>Amaranthus retroflexus</i>), Kylämalva (<i>Malva rotundifolia</i>),	- " -

Liite 2.

Kompostin ominaisuuksien ja kompostointiolosuhteiden vaikutus rikkakasvien siementen tuhoutumiseen. Käsittelyt, joissa siementen itävyys on vain osittain tuhoutunut.

Kompostointiolosuhteet	Lämpötila ja kompostointikäsittelyn kesto	Jäljellä oleva elävyys-%	Rikkakasvilaji	Tutkimus
Valmis yhdyskuntajättekomposti, jossa lämpötilaa säädeltiin keino- tekoisesti	35 °C, 84 päivää	n. 100	Mustakoiso	Grundy et al. 1998
- " -	- " -	> 0	Otavalvatti	- " -
- " -	- " -	> 0	Kylänurmikka,	- " -
Karjanlanta- aumakomposti	< 60 °C, 4–5 kuukautta	14	Kelta-aulio	Eghball & Lesoing 2000
Ulkotarhalanta- aumakomposti	tavoitelämpötila 55–65 °C, 2 viikkoa	3,5 tetrazo- liumtestissä	Viherrevonhätä	Tompkins et al. 1998
- " -	- " -	2	Jauhosavikka	- " -
- " -	- " -	1,5	Karheapillike	- " -
- " -	- " -	1	Hukkakaura, Kylämalva	- " -
- " -	- " -	0,5	Hanhentatar	- " -

Liite 3.

Näytteenotto jätevesistä peruna- ja juureseskuorimoissa

- Jokaisessa kohteessa täytyy näytteenoton yksityiskohdat miettiä erikseen, mutta pääosin pyritään noudattamaan yhteisiä näytteenotto- ja käsittelymenetelmiä.
- Näytteet on joko otettava itse tai neuvottava paikan päällä olevalle vastuuhenkilölle näytteenotto 'kädestä pitäen'. Olisi myös hyvä pitää päivittäin yhteyttä näytteenottajan kanssa näytteenottojakson ajan.
- Kohteeseen sopivat näytteenottimet on valittava etukäteen ja varattava erikseen puhdistamattoman ja puhdistetun veden ottimet.
- Näytteet otetaan puhdistamoon tulevasta jätevedestä sekä puhdistamosta lähtevästä vedestä. (puhdistamattomasta vedestä, puhdistetusta vedestä)
- Lisänäytteitä voidaan ottaa myös välivaiheista tarpeen mukaan.
- Näytteet olisi hyvä ottaa virtaavasta vedestä, jos vain mahdollista.
- Näytteet voi pakastaa. Kylmässä jääkaapissa (2°C) näytteet säilyvät pari päivää.
- Jokaisella näytteenottoaikalla on syytä kirjata ylös se, miten näytteenotto on suoritettu.

Kommentti: Näytteenoton sertifiointiasiakirjoissa mainitaan näytteen pakastamisen soveltuvan huonosti BOD:n, COD:n ja ravinteiden määrittämiseen tarkoitetuille näytteille. Jos kerätään viikon kokoomanäytettä, muuta mahdollisuutta kuin pakastaminen ei ole. Näytteet pakastetaan päivittäin, laboratorio sulattaa näytteet ja sekoittaa kokoomanäytteen. Kylmäsäilytystä ei missään tapauksessa 2 päivää pidempää.

Puhdistamoon tuleva jätevesi

- Näyte otetaan saostuskaivojen jälkeen
- Kohteesta otetaan kokoomanäyte viikon ajalta. Jos kuorintapäiviä on viisi, näytteitä otetaan viitenä päivänä viikon aikana.
- Näyte otetaan tunnin välein (tai useammin) joko käsin tai automaattisella näytteenottimella. Jokaisella kerralla otetaan samansuuruinen näyte. On myös huolehdittava siitä, että näytteet eivät ole kauan lämpimässä eli näytteet mahdollisimman nopeasti kylmään. Yhden päivän aikana otetut näytteet yhdistetään, sekoitetaan ja pakastetaan.
- Laboratorion kanssa olisi sovittava miten näytteet toimitetaan ja toimitetaanko osanäytteet jäisinä

Puhdistamosta lähtevä vesi

- Panospuhdistamosta näyte tulisi ottaa koko tyhjennysvaiheen ajan esim. minuutin välein. Ensimmäinen osanäyte tulisi ottaa heti 10...20 sekunnin jälkeen poistopumppauksen käynnistyttyä, tällöin voidaan saada kiinni määrättyntyyppinen lietteen karkaamistilanne.
- Laskeutusaltaasta otetaan näyte poistoputken päästä.

Näytteiden analysointi

- Näytteet analysoidaan akkreditoiduissa laboratorioissa esim. vesiensuojeluyhdistysten laboratorioissa.
- Näytteistä tehdään seuraavat määrytykset: BOD₇, COD_{Cr}, kiintoaine, pH, kok-N, kok-P
- Käytetyt analysointimenetelmät:

BOD₇ SFS-EN 1899:1

COD_{Cr} METO 3.90 perustuu standardiin SFS 5504

kok-P SFS-EN 1189

kok-N METO 1.57 perustuu standardiin SFS 5505

Kiintoaine METO 3.36 perustuu standardiin SFS-EN 872 1996

NH₄-N SFS 3032

Liite 4.

Laboratoriossa tehdyn kompostointikokeen lähtöaineiden analyysitulokset.

Raaka-aine	Kuiva-ainepitoisuus (%)	Tilavuuspaino (kg/dm ³)	C (% kuiva-aineesta)	N (% kuiva-aineesta)	C/N
Porkkana	8,9	0,83	40,41	1,57	26
Olki	67,0	0,04	41,38	0,65	64
Turve	43,7	0,13	44,48	0,93	48
Hake	38,5	0,45	42,1	0,15	281
Kananlanta	37,6	0,51	23,62	1,73	14

Liite 5.

Kuorimassan rehukäytöstä kotieläintiloilta puhelinhaastattelussa saadut vastaukset

Vast. 1. Lypsykarjatilalla syötetään hiehoille ja lehmille perunan hiontakuorintajätettä, joka on kiinteää, kosteaa massaa. Kuorimassa varastoidaan 350 kg:n vetoisiin astioihin, jotka kuljetaan traktorin peräkärjellä kuorimosta kolmen kilometrin päähän navettaan päivittäin. Kuorimassan syöttö eläimille aloitettiin muutama vuosi sitten, jolloin tila siirtyi seosrehuun. Kuorimassa sekoitetaan seosrehuvaunussa säilörehuun, valkuaiseen ja jauhoon. Seosrehusta kuorijätettä on noin kolmasosa. Seosrehua sekoitetaan vuorokaudeksi n. 1150 kg:n annos. Tilalla on huomattu, että perunankuorimassa parantaa eläinten ruokahalua.

Vast. 2. Lammastilalla syötetään porkkana- ja perunaveitsikuorintajätettä joutilaille uuhille. Tilalla kokeiltiin kuorimassan rehukäyttöä aluksi pienillä määrillä seitsemän vuotta sitten. Tällä hetkellä kuorimassaa tuodaan kaksi kertaa viikossa kerrallaan n. 1500 kg 45 km:n päästä, ja se syötetään eläimille parin päivän aikana. Kuorijätettä annetaan vapaasti suhteessa muuhun rehuun koko vuoden ajan, eniten kouluaikaan. Etuna on muun rehun pienempi tarve. Tilalta todetaan kuorimassan rehukäytössä olevan olennaista kuljetuksen logistiikka. Rehukäytössä perunan kuorimassassa ei saa olla esim. multaa, jotta ei tule listeriaa.

Vast. 3. Lammastilalla syötetään lampailla sipulinkuoria, jotka sisältävät päällimmäisen kuoren ja sipulia. Lampailla tuodaan sipulinkuorta neljän kilometrin päästä 2 - 3 vrk välein lavalinen. Sipulinkuoret syötetään heti, joten niitä ei varastoida. Lampailla on annettu sipulinkuoria muutaman kuukauden ajan. Lisäksi lampailla annetaan kuivaheinää, säilörehua, väkirehua ja kivennäisiä. Sipulin osuus on 10 - 15 % rehusta. Kuorijätettä annetaan tasaisesti joka päivä. Tilalla on huomattu, että lampaat ovat terveitä, muuta rehua menee vähemmän ja lampaat syövät sipulin kuoria mielellään.

Vast. 4. Lihakarjatilalla syötetään nuorelle karjalle porkkanan hiontakuorintamassaa, jossa on myös porkkanoiden kantoja seassa. Eläimille on syötetty kuorimassaa reilun vuoden. Kuorimassaa haetaan tilalle viitenä päivänä viikossa neljän kilometrin päästä, kerrallaan n. 400 kg. Kuorimassaa syötetään joka päivä vapaasti, lisäksi säilörehua ja heiniä. Kuorijäte jaetaan kottikärjillä ja lapiolla parissa erässä, kerrallaan n. 200 kg. Kuorimassasta ei ole eläimille haittaakaan, eläimet syövät sitä mielellään ja muuta rehua kuluu vähemmän.

Vast. 5. Lihakarjatilalla syötetään eläimille porkkanan hiontakuorintamassaa. Tilalla haluttiin kokeilla porkkanakuorimassan käyttöä rehuna ja kokeilua on tehty parin kuukauden ajan. Kuorimassaa haetaan kerran parissa viikossa nappikuorman (20 t) verran. Kuorimosta on matkaa tilalle n. 80 km. Kuorimossa kuorintamassa varastoidaan asfalttipohjalla ja se kasataan etukuormaajalla auton lavalle. Eläintilalla kuorimassa säilytetään kattamattomalla laatalla, josta ei kerätä valumavesiä. Jos kuorimassa jäätyy pinnalta, jäätyneet palaset heitetään lietesäiliöön. Kuorimassaa sekoitetaan seosrehuun, jossa on porkkanakuorimassaa enintään 25 %, jolloin rehun kosteus saadaan halutunlaiseksi. Muita rehuaineita ovat säilörehu 20 %, vilja 40 % ja panimoteollisuuden mäski \approx 15 %. Mullit syövät mielellään kuorimassaa; se on niille herkkua. Tilalla aiottiin parantaa kuorimassan varastointia rakentamalla, laajennuksen yhteydessä, katettu säilytystila.

Vast. 6. Sikatilalla syötetään kuorimassaa lihasioille, emakoille ja porsaille. Kuorimassa on veitsikoneella kuorittua, seassa joitakin hylättyjä perunoita. Kuorimassa haetaan n. 300 kg päivittäin traktorilla 500 m:n päästä. Kuorimassaa ei varastoida, vaan syötetään heti sioille. Kustannuksiksi kertyvät polttoainekustannukset ja työpanos. Tilalla on aina syötetty perunaa sioille. Nykyään kuorimassa korvaa perunan, koska se on helpompaa. Sitä ei tarvitse pestä ja pilkkoa. Tila on saanut ohjeet kuorimassan käyttöön maaseutukeskukselta. Perunakuorimassasta ei ole teetetty rehuanalyysejä. Kuorimassaa annetaan raakana sioille suhteessa 1:4 muuhun rehuun nähden.

Liite 6.

Suosittelavat toimintatavat peruna- ja juureskuorimoiden jätevesien ja jätteiden käsittelyssä

Seuraavassa on esitetty yleisohjeet peruna- ja juureskuorimoiden jätteiden ja jätevesien käsittelyyn. Prosessien yksityiskohdat on aina suunniteltava kuorimoyrityksissä tapauskohtaisesti.

Perunoiden ja juuresten jatkojalostustoiminnassa raaka-aineet valitaan ja prosessit suunnitellaan siten, että kasvijätettä ja jätevesiä muodostuisi mahdollisimman vähän. Muodostuvat multa- ja kasvijätejakeet on helpointa hyödyntää maanparannusaineena siellä, mistä kasvikset ovat peräisin.

Raaka-aineen laatu ja lajike

Kuorittavaksi kelpaavien perunoiden ja juuresten laadun pitää olla korkea ja lajikkeiden kuorintaan sopivia. Jätteiden määrä kasvaa selvästi raaka-aineen laadun heiketessä. Raaka-aineet varastoidaan niille parhaiten soveltuvissa varastointiolosuhteissa.

Raaka-aineen pesu

Vettä käytetään säästeliäästi. Pesussa erottuva multaliete laskeutetaan ja käsitellään erikseen. Jätevesi johdetaan jätevedenkäsittelyjärjestelmään.

Kuorintaprosessi

Peruna- ja juurekset lajitellaan koon mukaan ja pestään ennen kuorintaa. Puhdas kuorimassa kelpaa rehukäyttöön.

Kuorinnassa käytetään menetelmiä, joissa kuorijäte saadaan erilleen jätevedestä ja solunestettä pääsee mahdollisimman vähän jäteveden joukkoon. Kuitakuorinnassa kasvijäte ja jätevesi saadaan erilleen ja veitsikuorintakoneella kuorittaessa solunestettä pääsee vähemmän jätevesiin kuin hiontakuorinnassa.

Veden kulutusta seurataan ja sen käyttöä pyritään tehostamaan esim. kierrättämällä.

Tuotehygienia on otettava huomioon prosessin kaikissa vaiheissa.

Prosessit suunnitellaan siten, että kasvijätettä ei pääse sekoittumaan jäteveeseen. Jos hienojakoista kasviainesta kuitenkin joutuu jäteveeseen (märkäkuorintamenetelmät), voidaan merkittävä osa siitä erottaa laskeuttamalla ja laskeutumista voidaan tehostaa erilaisilla kemikaaleilla. Kiinteän kasviaineksen erottamiseen vedestä voidaan käyttää myös erilaisia linkoja, puristimia ja suodattimia.

Jäteveden käsittely

Jäteveden käsittelyä suunniteltaessa selvitetään ensin mahdollisuudet liittyä kunnalliseen tai paikalliseen jätevedenkäsittelyjärjestelmään. Tämä on yleensä

sä yrityksen kannalta edullisin ja helpoin ratkaisu. Jos kuorimojätevedet johdetaan jätevedenkäsittelylaitokseen, kuorimolta voidaan edellyttää jätevesien esikäsittelyä, esimerkiksi kiintoaineen poistamista. Jos viemäriverkkoon liittyminen ei ole mahdollista, jäteveden käsittelemiseksi rakennetaan biologis-kemiallinen puhdistamo.

Liittyminen kunnalliseen jätevesihuoltoon

Liittymistä yleiseen viemäriverkkoon pidetään suositeltavimpana vaihtoehtona, mikäli se olosuhteiden puolesta on mahdollista. Se on ympäristön kannalta hyvä ratkaisu, lisäksi se vaatii omistajaltaan vähän hoitoa ja on pitkällä aikavälillä myös kustannuksiltaan edullinen. Kiinteistökohtainen paineviemärointi on normaalia viettoviemärointiä edullisempi ratkaisu ja sen rakentaminen voi olla taloudellisesti kannattavaa vielä usean kilometrin etäisyydelle.

Jätevesien käsittely tilalla

Kiinteistökohtaisen jätevedenkäsittelyjärjestelmän onnistunut toteuttaminen edellyttää huolellista ja yksityiskohtaista tilannekartoitusta, jossa selvitetään syntyvien jätevesien määrä, laatu ja näiden vaihtelut nykytilanteessa sekä toiminnan kehitys seuraavan 5-10 vuoden kuluessa.

Ennen biologista käsittelyä jätevedet esikäsitellään, yleensä tasausaltaissa tai -kaivoissa. Esikäsitelyllä pyritään pienentämään jäteveden laadun vaihtelua, tasaamaan virtausta sekä pienentämään jäteveden ravinnepitoisuuksia ja orgaanisen aineen määrää. Tasausaltaiden tai -kaivojen avulla pystytään poistamaan jätevedestä laskeutuvaa kiintoainesta, jonka poistumista voidaan tarvittaessa vielä tehostaa saostuskemikaaleilla.

Kuorimojätevedet käsitellään tilalla biologis-kemiallisesti. Biologisessa prosessissa mikrobeille luodaan olosuhteet, joissa ne pystyvät käyttämään jätevesien orgaanista ainesta omaan kasvuunsa ja lisääntymiseen, poistamaan typpeä ja fosforia. Fosforinpoistoa tehostetaan yleensä kemikaalilisäyksellä. Biologis-kemiallinen puhdistamo vaatii säännöllistä valvontaa, hoitoa ja huoltoa, jotta se toimisi suunnitellulla tavalla. Esimerkiksi jäteveden puhdistuksessa syntyvää mikrobimassaa eli ylijäämälietettä on poistettava järjestelmästä säännöllisesti. Tärkeää on myös seurata liukoisen hapen pitoisuutta ilmastusaltaassa, jolloin voidaan puuttua ajoissa prosessissa ilmeneviin häiriöihin. Suomessa on laitetoimittajia, joilla on kokemusta peruna- ja juureskuorimojätevesien käsittelystä.

Jätevesilietteen käsittely

Kuorimoiden jätevesien käsittely biologis-kemiallisesti tuottaa huomattavan määrän ylijäämälietettä. Lietteen on toistaiseksi voinut hyödyntää omalla tilalla maanparannusaineena, kun sen levityksessä on otettu huomioon nitraattiasetuksen ja maatalouden ympäristötukiehtojen asettamat vaatimukset. Puhdistusprosessiin johdetut saniteettivedet tai lietteen luovutus tilan ulkopuolelle edellyttävät lietteen prosessointia lannoitevalmistelain mukaisesti.

Pienet lietemäärät on mahdollista toimittaa myös kunnalliselle jätevedenkäsittelylaitokselle.

Mullan, multalietteen ja kasvijätteen käsittely

Jos kasvijäte hyödynnetään maanparannusaineena, se on ensin käsiteltävä esim. kompostoimalla siten, että lämpötila nousee vähintään 55 °C:een kahdeksi viikoksi. Jotta lämpötila saataisiin nousemaan kompostissa riittävän korkeaksi, olosuhteiden täytyy olla oikeat: kuiva-ainepitoisuus 25 - 30 %, pH 6 – 8, hiili-typpi -suhde 25 – 35 ja happipitoisuus yli 5 %. Seosaineita, turvetta, haketta tms., on käytettävä runsaasti ja kompostia on käännettävä usein, varsinkin kompostoinnin alkuvaiheessa. Kompostointiprosessia voidaan nopeuttaa mm. käyttämällä kompostointirumpua tai asentamalla ilmastuskanavia kompostin sisään.

Kompostista ei saa päästä valumia ympäristöön. Kompostointiin tarvitaan tiivis alusta, joka kestää kompostien koneellisen kääntämisen, ja josta valumavedet voidaan koota, imeyttää kuivikkeisiin tai johtaa jäteveden käsitelyyn.

Kuorimolla eri vaiheissa erotettu multa ja multaliete sisältävät rikkakasvien siemeniä ja kasvitauteja. Vaarana on, että vaarallisia rikkakasveja, kasvitauteja tai niiden torjunta-aineita kestäviä kantoja pääsee leviämään mullan mukana lohkolta toiselle.

Vuonna 2006 säädetty lannoitevalmistelaki koskee erilaisia maanparannusaineita, kuten multaa, kasvimassaa sekä lietteitä, niiden käyttöä ja luovuttamista. Asetuksessa määritellään erilaisilta maanparannusaineilta vaadittavat käsittelyt ja ominaisuudet. Lain ja asetuksen asettamat vaatimukset ja rajoitukset koskevat myös maanparannusaineiden vastikkeetonta luovutusta.

Multapitoinen jäte on kompostoitava, vanhennettava tai käsiteltävä muuten lannoitevalmistelain vaatimusten mukaisesti. Käsittelyn jälkeenkin multa on turvallisempaa levittää viljakierrossa kuin vihanneskierrossa olevalle lohkolle. Multa voidaan sijoittaa myös muualle kuin pellolle, kuten viherrakentamiseen tai maisemointiin. Mullan tai multapitoisen kasvijätteen vastaanottajan tulee saada tietää, mistä multa on peräisin, miten se on käsitelty, ja mitkä ovat siihen liittyvät riskit. Multa ja muu rikkakasvien siemeniä sisältävä aines voidaan levittää pellolle, jos

- pelto on sama, jolta multa ja kasvijäte ovat peräisin, jolloin myös rikkakasvit ovat samoja, joita pellolla esiintyy
- pellolla ei ole tarkoitus, nyt eikä tulevaisuudessa, viljellä vihanneksia tai muita erikoiskasveja
- viljelijä on muuten valmis ottamaan tietoisesti riskin rikkakasviongelman pahenemisesta.

Mikäli kasvijäte, ja varsinkin multa, on ulkomaista alkuperää, sitä ei tulisi käyttää peltoviljelyssä maanparannusaineena eikä muutenkaan levittää kuin tarkoin harkittuihin kohteisiin. Ulkomaisen mullan mukana voi kulkeutua paitsi uusien rikkakasvilajien ja -kantojen siemeniä, myös uusia kasvitauteja ja tuholaisia.

Peruna- ja juureskuorijätteen käyttö rehuna

Peruna- ja juuresmassat ovat sellaisenaan hyvää ravintoa nautaeläimille muun rehun joukkoon sekoitettuina. Yksimahaisten rehuna massa pitää kypsentää sulavuuden parantamiseksi. Rehukäytön perusvaatimuksia ovat rehun puhtaus, kohtuullinen kuljetusetäisyys kotieläintilalle tai muuten hyvin suunnitellut välivarastointi- ja kuljetusratkaisut. Rehu olisi parasta kuljettaa päivittäin ja syöttää heti tuoreena eläimille.

Rehun säilyvyyttä voidaan parantaa käyttämällä ilmatiiviitä säilytysastioita tai lisäämällä rehun joukkoon esim. muurahaishappopohjaista liuosta.

Maa- ja elintarviketalous –sarjan Teknologia-teeman julkaisuja

- 94 Peruna- ja juureskuorimon jätteet ja jätevedet. *Lehto ym.*, 77 s.
- 88 Työsuojelupanostuksen kannattavuus maataloudessa II. *Lehto ym.*, 88 s. verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met88.pdf).
- 77 Dry anaerobic digestion of organic residues on-farm - a feasibility study. *Schäfer et al.* 98 p.
- 71 Group management of young dairy cattle in relation to animal behaviour and welfare. *Raussi.* 86 p. 4 appendices.
- 62 Maidon laatu, eläinten utareterveys, käyttäytyminen ja hyvinvointi automaattilypsyssä. *Suokannas ym.*, 97 s.
- 44 Laajamittaisen luomutuotannon teknologia – taloudellinen toteutettavuus ja ekologinen kestävyys. *Lötjönen ym.*, 139 s.
- 40 Kokoviljasäilörehu viljatilalla. *Suokannas ym.*, 77 s.
- 39 Occupational Accidents in Finnish Agriculture - Causality and Managerial Aspects for Prevention. *Suutarinen.* 75 s. 5 appendices.
- 31 Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla. *Suomi ym.* 106 s.
- 21 Luomusikala Suomen olosuhteissa. *Kivinen.* 78 s.
- 18 Ajettavien työkoneiden kulkuteiden turvallisuus II. *Suutarinen ym.* 95 s.
- 6 Työsuojelupanostuksen kannattavuus maataloudessa. *Suutarinen ym.* 87 s.
- 4 Digitaalikuvausten ja vesiherkän paperin käyttö perunan ruiskutus-tutkimuksessa. *Suomi & Haapala.* 77 s.

