

*Maatalouden
tutkimuskeskuksen
julkaisuja*

S A R J A A

64

*Tiina Tontti
Ritva Mäkelä-Kurtto*

Biojätekompostit kasvintuotannossa

Kirjallisuuskatsaus

Tiina Tontti ja Ritva Mäkelä-Kurtto

Biojätekompostit kasvintuotannossa

Kirjallisuuskatsaus

Biowaste composts in plant production

Literature review

Maatalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-553-7

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus
Tiina Tontti ja Ritva Mäkelä-Kurtto

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen
Puh. (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

Painatus

Jyväskylän yliopistopaino 1999

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.
Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Tontti (Rönkä), T.¹⁾ & Mäkelä-Kurtto, R.²⁾ 1999. Biojätekompostit kasvintuotannossa. Kirjallisuuskatsaus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 64. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 57 p. + 5 app. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-553-7.

¹⁾ Maatalouden tutkimuskeskus, Luonnonvarojen tutkimus, Ekologinen tuotanto, Karilantie 2 A, 50600 Mikkeli, tiina.tontti@mtt.fi

²⁾ Maatalouden tutkimuskeskus, Luonnonvarojen tutkimus, Luonnonvarat, 31600 Jokioinen, riitva.makela-kurtto@mtt.fi

Tiivistelmä

Avainsanat: komposti, kompostointi, biojätteet, eloperäiset lannoitteet, maanparannusaineet, laatuvaatimukset, laatuluokitus

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on antaa kattava kuva biojätteiden määristä, käsittelystä ja kompostoinnista, biojätteestä tuotettujen kompostien laadusta, laadun valvonnasta ja turvallisesta käytöstä kasvintuotannossa.

Yhdyskuntien tuottamasta biojätteestä kompostoidaan Suomessa tällä hetkellä noin 10 %. Kompostoitavan orgaanisen jätteen määrä lisääntyy tulevaisuudessa, sillä taajamien biojätteen erilliskeräys laajenee ja kaatopaikkoja koskevat säädökset tulevat rajoittamaan kaatopaikoille sijoitettavan orgaanisen jätteen määrää. Valtakunnallinen jätesuunnitelma asettaa tavoitteeksi biojätteen 75 %:n hyödyntämistason vuoteen 2005 mennessä.

Kompostoituminen on monimutkainen biologinen prosessi, ja syntyvän kompostituotteen laatu riippuu lukuisista tekijöistä. Käytetyt raaka-aineet, niiden seossuhteet, prosessin hallinta ja kompostointimenetelmä vaikuttavat prosessin kestoon sekä kompostituotteen laatuun ja käyttöturvallisuuteen. Kompostin laatua kuvaavia omi-

naisuuksia ovat kypsyys, stabiilisuus ja hygieenisyys sekä raskasmetalli- ja ravinnepitoisuus. Näiden ominaisuuksien arviointiin käytetään monia menetelmiä ja suositeltavat raja-arvot vaihtelevat maasta, käytetyistä raaka-aineista ja analyysimenetelmistä riippuen. Raaka-aineiltaan ja laadultaan erilaiset kompostituotteet soveltuvat erilaisiin käyttökohteisiin ja -tarkoituksiin.

Kompostituotteiden käytön suurimpia esteitä on ollut yleinen epäluuloisuus tuotteiden turvallisuudesta ja hygieenisyydestä. Toistaiseksi käyttäjien saatavilla ei ole ollut riittävästi tietoa jätteiden tuotteistamistominnan laadusta tai laadun valvonnasta. Halukkuus maanparannuskompostien käyttöön todennäköisesti lisääntyisi, mikäli käytössä olisi toimiva laatujärjestelmä sekä luotettavat ja mielellään standardisoidut mittausten menetelmät. Tämä kirjallisuusselvitys sisältää ehdotuksen maanparannuskompostien laatuluokituksesta ja laatuvaatimuksista sekä myös joitakin lisäysehdotuksia kompostien tuoteselosteissa esitettäviin tietoihin.

Tontti (Rönkä), T.¹⁾ & **Mäkelä-Kurtto, R.**²⁾ 1999. Biowaste composts in plant production. Literature review. Publications of Agricultural Research Centre of Finland. Serie A 64. Jokioinen: Agricultural Research Centre of Finland. 57 p. + 5 app. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-553-7.

¹⁾ Agricultural Research Centre of Finland, Resource Management Research, Ecological Production, Karilantie 2 A, FIN-50600 Mikkeli, Finland, tiina.tontti@mtt.fi

²⁾ Agricultural Research Centre of Finland, Resource Management Research, Environmental Resources, FIN-31600 Jokioinen, Finland, ritva.makela-kurtto@mtt.fi

Abstract

Key words: composts, composting, organic wastes, soil conditioners, soil amendments, quality requirements, grading, classification

This literature review seeks to give a comprehensive picture of amounts of organic waste and treatment options. The quality of composts produced, and the quality control and possible risks of using compost in plant production are also studied.

Only 10% of community organic waste is currently composted, but the amount to be treated is increasing continuously. The Finnish national waste plan has set a goal of 75% utilisation of organic waste by 2005.

Feed material and its proportions, process management and composting methods all affect the composting process and the

quality of the compost produced. The usability of compost is affected by its maturity, stability, nutrient content and heavy metal content. Composts with differing characteristics may be used for different purposes.

The biggest obstacles to greater use of compost products are public doubts and the lack of information. The grading of compost products and better information about quality requirements would boost demand for compost products. A proposal for grading and quality requirements in Finnish compost is made based on the literature.

Alkusanat

Tämä biojätekompostien käyttöä kasvin-
tuotannossa käsittelevä kirjallisuuskatsaus
tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksessa
maa- ja metsätalousministeriön toimek-
siannosta. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteen-
a oli saada kattava kuva biojätteiden mää-
ristä, lajittelusta, keräilystä kompostointia
varten sekä kompostoinnin tekniikasta, sen
hallinnasta ja kompostin ominaisuuksien
muutoksista kompostoitumisen kuluessa.
Erityisesti paneuduttiin kompostituotteiden
laatuun, laadun valvontaan ja seuran-
nan tarpeeseen. Lopullisena tavoitteena oli
tuottaa riittävät ja toimivat ohjeet biojät-
teen turvalliselle kompostoinnille, selkeät
tuotannolliset, terveydelliset ja ympäristöl-
liset laatuvaatimukset sekä tavanomaisessa
että luonnonmukaisessa viljelyssä käytettä-
ville biojätekomposteille. Lisäksi tavoitteen-
a oli esittää mittausmenetelmiä laatuomi-
naisuuksien määrittämiseen ja maaperän til-
an seurantaan.

Kirjallisuusselvityksen kokonaissuun-
nitteluun, tietojen hankintaan sekä kom-
postituotteiden laatuoluokituksen ja -vaati-

musten kehittelyyn osallistui vanhempi
tutkija Ritva Mäkelä-Kurtto. Kirjallisuus-
katsauksen tekstistä vastaa tutkija Tiina
Tontti. Tutkimuksen vastuullinen johtaja
oli professori Jouko Sippola. Valvojakunnan
jäseniä olivat edellisen lisäksi ylitarkastaja
Marita Seppänen maa- ja metsätalousminis-
teriöstä, ylitarkastaja Elsa Luukkonen Kas-
vintuotannon tarkastuskeskuksesta ja
Luonnonvarojen tutkimuksen johtaja pro-
fessori Sirpa Kurppa Maatalouden tutki-
muskeskuksesta.

Kiitämme lämpimästi kaikkia työn
edistymiseen vaikuttaneita tahoja. Erityi-
sesti kiitämme vanhempi suunnittelija Kai-
ja Rainiota ja tutkija Tuula Rytköstä Suo-
men ympäristökeskuksen ympäristökuor-
mitusyksiköstä sekä eläinlääkintötarkastaja
Susanna Kangasta maa- ja metsätalousmi-
nisteriön eläinlääkintä- ja elintarvikeosas-
tolta. Lisäksi kiitämme Maatalouden tutki-
muskeskuksen vanhempi tutkija Päivi Ny-
känen-Kurkea ja tutkija Keijo Lehtosta, jot-
ka tarkastivat käsikirjoituksen.

Mikkelin maalaiskunnassa ja Jokioisilla 24.6.1999

Tiina Tontti
Ritva Mäkelä-Kurtto

Sisällys

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat	5
1 Johdanto	9
2 Jättemäärät ja jätteiden hyödyntäminen	10
2.1 Jätteiden kokonaismäärä	10
2.2 Biojätteet	12
2.2.1 Biojätteiden syntypaikat	12
2.2.2 Biojätteiden lajittelu ja erilliskeräily	13
2.2.3 Kompostoinnin nykytilanne	14
3 Biojätteiden kompostoituminen	15
3.1 Kompostoitumisprosessi	15
3.2 Lähtöaineiden ominaisuudet	17
3.3 Kompostoinnin aikana tapahtuvat muutokset	18
3.4 Kompostointitekniikat	20
4 Kompostointiprosessiin ja kompostituotteiden laadun valvontaan liittyvä lainsäädäntö	21
4.1 Kompostointilaitoksen toimintaan liittyvä lainsäädäntö	21
4.2 Lannoitelaki	21
4.3 MMM:n päätös eräistä lannoitevalmisteista	22
4.4 MMM:n päätös lannoitevalmisteiden valvonnasta	23
4.5 Euroopan komission ekotuotemerkki maanparannusaineille	23
4.6 Luomusäännökset	24
5 Biojätekompostien haitat ympäristössä ja kasvintuotannossa	25
5.1 Hajuhaitat	25
5.2 Roskaavat epäpuhtaudet	26
5.3 Suolaisuus	26
5.4 Raskasmetallit	26
5.5 Haitalliset mikro-organismit	27
5.6 Fytotoksisuus	27
5.7 Rikkakasvien siemenet	28
6 Biojätekompostien yleisimmät laadun mittarit	29
6.1 Yleiset ominaisuudet	29
6.2 Kypsyys	30
6.3 Stabiiloituminen	33
6.4 Ravinteet	34
6.5 Raskasmetallit	35
6.6 Hygieeninen laatu	35
7 Biojätekompostien hyödyt kasvintuotannossa	37
7.1 Maanparannusvaikutus	37

7.2	Ravinteiden hyödyntäminen	38
7.3	Kasvinsuojeluvaikutus	39
7.4	Sadon laatu	40
8	Biojätekompostien käyttökohteet, suositukset ja rajoitukset	40
8.1	Yleiset kompostin käytön rajoitukset	40
8.2	Puutarhaviljely	42
8.3	Peltoviljely	42
8.4	Luonnonmukainen viljely	43
8.5	Viherrakentaminen, maisemointi ja metsätalous	44
9	Biojätteiden kierrätyksen ympäristövaikutukset	44
10	Kehittämisehdotuksia	45
10.1	Yleistä jätteenkäsittelyn ja kompostoinnin kehittämisestä	45
10.2	Ehdotus maanparannusaineina käytettävien kompostituotteiden laatuvaatimuksiksi	46
10.3	Jatkotutkimustarpeita	50
	Kirjallisuus	52
	Säädökset	56
	Litteet	

1 Johdanto

Kestävä kehitys tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa (Ympäristöministeriö 1998a). Maataloudessa kestävä kehitys pyrkii sovittamaan yhteen ihmisen tämänhetkisen ja myös tulevien sukupolvien hyvinvoinnin sekä luonnon kestävän käytön periaatteet. Se perustuu maan viljavuuden ylläpitoon ja hoitoon sekä kaikkien ympäristöhaittojen minimointiin. Pohjoismainen luonnonmukaisen viljelyn järjestö (Nordisk IFOAM) määrittelee säännöksissään erääksi luonnonmukaisen viljelyn tavoitteeksi pyrkimisen mahdollisimman suljettuihin ravinnekiertoihin sekä aine- ja energiavirtojen minimointiin kytkemällä kaupunkiyhteisöjen, maatalouden ja luonnontalouden toiminnat toisiinsa (Rajala 1995).

Suomen jätelain (1072/1993) tavoitteena on tukea kestävä kehitystä edistämällä luonnonvarojen järkevää käyttöä, ehkäisemällä ja torjumalla jätteistä aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle sekä ympäristölle. Jäte on hyödynnettävä, jos se on teknisesti mahdollista ja jos siitä ei aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia verrattuna muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon. Ensisijaisesti on pyrittävä hyödyntämään jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti sen sisältämä energia.

Jätteen polttaminen ilman energian talteenottoa tai jätteen sijoittaminen kaatopaikalle ovat huonoimmat käsittelyvaihtoehdot (Ympäristöministeriö 1998b). Jätteestä tai jätehuollosta ei saa aiheutua haittaa terveydelle tai ympäristölle. Jätehuollossa on käytettävä parasta taloudellisesti käyttökelpoista tekniikkaa sekä mahdollisimman hyvää terveys- ja ympäristöhaittojen torjuntamenetelmää.

Valtioneuvoston kaatopaikkoja koskevan päätöksen mukaan (861/1997) vuoden 2005 alusta lähtien kaatopaikalle ei saa sijoittaa sellaista asumisessa syntynyttä jätettä, josta suurinta osaa biohajoavasta jätteestä ei ole kerätty talteen erillään muusta jät-

teestä hyödyntämistä varten. Tässä päätöksessä asumisessa syntyvään jätteeseen rinnastetaan myös ominaisuuksiltaan ja koostumukseltaan siihen rinnastettava teollisuus-, palvelu- tai muussa toiminnassa syntynyt jäte. Ruoka- ja pihajäte aiheuttavat kaatopaikoilla haittaa, mädätessään ne tuottavat metaanipäästöjä, haju- ja eläinhaittoja sekä nostavat lämpötilaa. Orgaanisen jätteen erottelu parantaa muun hyödynnettävän jätteen kuntoa, ja myös jätteen loppuosan poltto-ominaisuudet paranevat. Jäte on kuivempaa ja mm. kloori- ja typpi-päästöt pienenevät. Hyödynnettäessä jäte syntypaikalla pienennetään myös jätteen kuljetuskustannuksia. Kaatopaikalle menevän orgaanisen aineen määrän vähetessä voidaan myös vesistöihin joutuvien päästöjen olettaa vähenevän. Kaatopaikkojen kaasupäästöt vähenevät ja myös suoraan kaatopaikalle joutuvien raskasmetallien määrä vähenee, kun lajittelu muuttaa jätevirtojen kulkua. Asetetut yhdyskuntajätteen hyödyntämistavoitteet lisäävät kuitenkin verran jätehuollon kustannuksia ja myös liikenteen päästöt voivat lisääntyä (Hänninen et al. 1992, Tanskanen 1996).

Jätehuollon terveyshaitat voivat olla peräisin mm. jätteestä elävistä taudinaiheuttajista tai jätteen haitallisista ja myrkyllisistä ominaisuuksista tai ainesosista. Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa biojätteen luetaan kuuluvaksi helposti hajoavat kasvi- ja eläinperäiset jätteet. Tämä ei sisällä maa- ja metsätalouden jätteitä. Biojätteitä syntyy kotitalouksien lisäksi merkittäviä määriä myös vähittäis- ja tukkukaupoissa sekä koulujen, ravintoloiden ja sairaaloiden suurkeittäöissä sekä elintarviketeollisuudessa. Biojätteen hyödyntämistä on tällä hetkellä noin 10 %. Valtakunnallinen jätesuunnitelma asettaa tavoitteeksi 75 %:n hyödyntämistavoitteen vuoteen 2005 mennessä (Ympäristöministeriö 1998b).

Tässä kirjallisuusselvityksessä tarkastellaan lähinnä biojätteestä valmistettuja komposteja. Biojäte käsittää tässä selvityksessä helposti hajoavan kasvi- ja eläinperäisen jätteen, jota syntyy kotitalouksissa, vähittäis- ja tukkukaupassa, koulujen, ravin-

Taulukko 1. Jätteiden kertymä sekä hyödynnetty määrä nykytilanteessa ja vuonna 2005. Vuoden 2005 jätekertymä on jätemäärä vähentämistoimien jälkeen (Ympäristöministeriö 1998b).

Toimiala	Jätekertymä milj.t/a	Nykytilanne		Jätekertymä milj.t/a	Vuosi 2005	
		Hyödynnetty milj.t/a	Hyödyntä- misaste, %		Hyödynnetty milj.t/a	Hyödyntä- misaste, %
Kaivostoiminta	15 (ka)	-	-	15 (ka)	-	-
Maaseutuelinkeinot	22	18,7	85	22	19,8	90
Teollisuus	15,4	9,1	59	19	13,3	70
Rakennustoiminta	8	2,2	27	7,1	5,0	70
Energia- ja vesihuolto	3	0,7	23	3,2	1,6	50
Yhdyskuntajätteet	2,1	0,6	30	2,1	1,5	70
Yhdyskuntalietteet	1,5	0,8	53	1	0,7	70
Ongelmajätteet	0,5	0,1	20	0,4	0,2	50
Yhteensä	67,5			69,8		

ka = kuiva-aine

toloiden ja sairaaloiden suurkeittiöissä, elintarviketeollisuudessa, puutarhanhoidossa sekä maa- ja metsätaloudessa. Luonnonmukaisessa tuotannossa käytettyä kompostoitua lantaa tarkastellaan, mutta tavanomaisella tilalla tuotettu ja käytetty lanta ei kuulu tämän kirjallisuuskatsauksen piiriin. Myöskään lietelantaa ei tässä selvityksessä käsitellä. Yhdyskuntien jätevesien käsitelyssä syntyvää puhdistamolietettä ei tässä selvityksessä varsinaisesti käsitellä. Joissakin käsitellyissä tutkimuksissa on kuitenkin kompostoitu sekä puhdistamolietettä että biojätettä.

Kirjallisuusselvityksen tavoitteena on saada kattava kuva maatalouden, puutarhatalouden ja maatalouden jalostusteollisuuden biojätteiden määristä, lajittelusta, keräilystä kompostointia varten sekä kompostoinnin tekniikasta, sen hallinnasta ja kompostin ominaisuuksien muutoksista kompostoitumisen kuluessa. Lisäksi tavoitteena on saada käsitys kompostituotteiden laadusta, laadun valvonnasta ja seurannan tarpeesta.

2 Jättemäärät ja jätteiden hyödyntäminen

2.1 Jätteiden kokonaismäärä

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa vuoteen 2005 on esitetty jätteiden kokonaismäärä Suomessa tällä hetkellä ja arvioitu jätemäärä vuonna 2005 jätesuunnitelman mukaisten vähentämistoimien jälkeen. Lisäksi siinä on esitetty hyödynnetyn jätteen osuus ja tavoitetaso vuodelle 2005 (Taulukko 1, Ympäristöministeriö 1998b). Nykytilanteen jätemäärätiedot ovat vuodelta 1992 tai 1994. Hyödyntämisellä tarkoitetaan jätelain (1072/1993) mukaista toimintaa, jonka tarkoituksena on ottaa talteen ja käyttöön jätteen sisältämä aine tai energia. Loppuosa jätteestä eli se osa, jota ei hyödynnetä, käsitellään niin, että se tehdään vaarattomaksi tai sijoitetaan lopullisesti.

Uusimpien, vielä epävirallisten tilastojen mukainen Suomen jätekertymä vuonna 1997 on esitetty taulukossa 2. Siinä on esitetty myös eri jätteenkäsittelytapojen osuudet (Ympäristöministeriö 1999). Yhdyskuntajäte sisältää tässä myös kotitalouksien jätteen (Rainio 1999). Yhdyskuntajätteen määrästä noin 40 % on kotitalouksien tuot-

Taulukko 2. Suomen jätekertymä ja jätteenkäsittelyvaihtoehtojen osuudet vuonna 1997 uusimman, alustavan tilaston mukaan (Ympäristöministeriö 1999).

Toimiala	Jätekertymä milj.t/a	Kierrätys %	Poltto %	Polttoenergia hyödynnetty %	Kaatopaikka %	Muu käsittely %
Kaivostoiminta	20,9 (ka)					
Maaseutuelinkeinot	21,5	90,0				10,0
Teollisuus	10,6	9,0	8,5	35,5	16,8	30,2
Talonrakennus	9,1	40,0			60,0	
Energia- ja vesihuolto	1,2	53,4	0,2	4,0	16,0	26,4
Yhdyskuntajätteet	2,4	17,3		3,3	57,2	22,2
Yhdyskuntalietteet	0,1(ka)	61,0			39,0	
Ongelmajätteet	0,6	9,3	4,9	17,8	48,1	19,9
Yhteensä	66,5					

ka = kuiva-aine

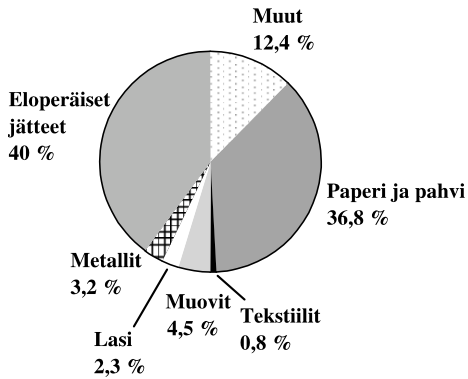
tamaa (Ympäristöministeriö 1998b). Kotitalousjätteen määrä oli siten noin 980 000 tonnia vuonna 1997. Vuoden 1997 tilasto (helmikuu 1999) on alustava, sillä siitä puuttuu mm. teollisuuden jätteitä. Alustavaa tilastoa tarkennetaan edelleen. Oheisessa taulukossa esimerkiksi käsittelyvaihtoehto ”muu käsittely” sisältää myös hyödynnettäviä jätteitä ainakin yhdyskuntajätteen ja todennäköisesti myös teollisuuden jätteen osalta (Rainio 1999).

Kotieläinten tuottama lantamäärä oli vuosikymmenen alussa noin 22 miljoonaa tonnia vuodessa. Uusimman, vielä alustavan tilaston mukaan maaseutuelinkeinojen tuottama kokonaisjättemäärä vuonna 1997 oli 21,5 miljoonaa tonnia vuodessa (Tilastokeskus 1994, Rainio 1999). Maa- ja metsätalouden lisäksi maaseutuelinkeinoihin luetaan kuuluvaksi myös turkistalous, kalatalous ja siihen sisältyvä kalankasvatustoiminta sekä porotalous. Turkiseläinten tuottaman lannan määräksi on arvioitu Suomessa 185 miljoonaa kiloa. Pääosa Suomessa tuotetusta turkiseläinten lannasta syntyy Länsi-Suomen ja Keski-Pohjanmaan ympäristökeskusten alueella (Peura et al. 1989). Porotalouden teurasjätteitä muodostuu Suomessa vuosittain 3000 tonnia. Porojen teurasjätteet tulisi käyttää mahdollisuuksien mukaan eläinrehujen valmistukseen ja osa, jota ei eläinrehuksi voida hyödyntää,

tulisi kompostoida (Hänninen 1996, Ympäristöministeriö 1998b).

Teollisuuden jätekertymästä noin 32 % on peräisin kasvi- tai eläinkunnasta, teollisuuden yhdyskuntajätettä on noin 7 %, kemikaalijätettä noin 9 % ja mineraalijätettä 52 % (Ympäristötietokeskus 1992). Elintarviketeollisuuden jätteiden kokonaismäärä oli vuonna 1992 Tilastokeskuksen tietojen mukaan noin 1,4 miljoonaa tonnia. Tämä osuus oli noin 9 % teollisuuden kokonaisjättemäärästä (Ympäristöministeriö 1998b). Elintarviketeollisuuden kasvi- ja eläinperäistä jätettä muodostui vuonna 1992 noin miljoona tonnia ja elintarviketeollisuuden jätteiden hyödyntämisaste oli 63 % (Tilastokeskus 1995). Valtakunnallisen jättesuunnitelman mukaan elintarviketeollisuuden tuottaman biojätteen hyödyntämisaste on jopa 77 %. Paperi- ja selluloosateollisuuden liete on runsain kompostointiin soveltuva materiaali Suomessa. Sitä syntyy vuosittain 360 000 tonnia kuiva-ainetta, mikä on yli kaksinkertaisesti yhdyskuntajätevesilietteen määrään verrattuna (Hänninen 1996).

Yhdyskuntajätteeseen kuuluvat kotitalouksien, kaupan, suurkeittiöiden ja toimistojen tuottamat jätteet. Taulukossa 1 esitetyt yhdyskuntajätteen määrät ovat laskennallisia ja ne perustuvat arvioituihin asukasa ja työpaikkakohtaisiin jätekertymiin (Rainio 1999). Taulukon 2 yhdyskuntajättemää-



Kuva 1. Yhdyskuntajätteen koostumus (Ympäristötietokeskus 1992).

rä on koottu alueellisten ympäristökeskusten käytössä olevasta valvonta- ja kuormitustietojärjestelmästä (VAHTI). Yhdyskuntajätteen koostumusta arvioitiin vuonna 1992 (Ympäristötietokeskus 1992). Suurimmat yhdyskuntajätteen lajit ovat eloperäiset jätteet sekä paperi ja pahvi (Kuva 1).

Kotitalousjätteen määrä asukasta kohti on Suomessa keskimäärin 169 kg/as/a. Tuotettu jätemäärä vaihtelee asuinalueen mukaan, taajamissa jätemäärä on 180 kg/as/a ja haja-asutusalueella 120 kg/as/a. Suomalainen kotitalous käsittää keskimäärin 2,2 henkilöä ja se tuottaa vuosittain noin 400 kg jätettä. Kotitalouksien tuottama kokonaisjätemäärä oli vuonna 1994 noin 856 000 tonnia. Uusimman arvion mukaan vuonna 1997 kotitalousjätettä muodostui noin 980 000 tonnia (Tilastokeskus 1996, Rainio 1999).

2.2 Biojätteet

2.2.1 Biojätteiden syntypaikat

Kotitalousjätteen suurin yksittäinen jätteryhmä on biojäte eli ruoantähteet, kuoret, karat, yms. luonnonmukaisissa olosuhteissa helposti hajoava kasvi- ja eläinperäinen jäte. Eloperäisen, kompostointiin kelpaavan jätteen osuus on reilu kolmasosa kotitalousjätteen painosta. Taajamissa biojäte muodos-

taa 33 % ja haja-asutusalueilla 40 % kotitalousjätteestä. Edellisen perusteella arvioituna vuonna 1994 Suomen kotitalouksissa tuotettiin biojätettä noin 291 000 tonnia. Uusimpien jätemäärien perusteella arvioituna vuonna 1997 kotitalouksissa tuotettiin biojätettä noin 327 000 tonnia (Tilastokeskus 1996).

Kotitalouksissa tapahtuvan jätteen lajittelun tehokkuus vaikuttaa oleellisesti erilliskerätyn biojätteen määriin. Pääkaupunkiseudulla biojätteen erilliskeräys on tuottanut biojätettä 41 kg/asukas/vuosi lajittelutehokkuudella 47 % (Salo 1995). Hänninen (1996) arvioi Suomessa syntyvän biojätteen määräksi 200 000–250 000 tonnia erilliskerättyä biojätettä lajittelutehokkuudella 50–55 %. Valtakunnallisen jätesuunnitelman mukaan kotitalouksien biojätteen hyödyntämistä voidaan huomattavasti lisätä nykyisestä. Tavoitteena on lopettaa biojätteen sijoittaminen kaatopaikalle vähitellen kokonaan.

Suurkeittiöiden biojäte menee nykyisin suurelta osin yhdyskuntajätteen tai erilliskerättävän biojätteen joukkoon. Puhdasta ruokajätettä tulee jatkossa pyrkiä käyttämään eläinten ravintona huomioiden EU:n eläinravintoa koskevat määräykset. Vuonna 1994 laskennallinen yhdyskuntajätteen sisältävän biojätteen määrä oli 693 000 tonnia ja hyötykäyttöaste 10 %. Vuonna 2005 määrän ennustetaan olevan 777 000 tonnia ja hyötykäyttöasteen tavoite on 70 % (Ympäristöministeriö 1998b).

Elintarviketeollisuuden jätteistä valtaosa soveltuu materiaalihyötykäyttöön ja käytetään erilaisten eläinrehujen ja proteiininvalmisteiden tuotantoon. Elintarviketeollisuuden biojätteen määrä vuonna 1992 oli 205 000 tonnia ja hyötykäyttöaste 77 %. Vuonna 2005 määrän ennustetaan olevan 349 000 tonnia ja hyötykäyttöasteen 90 % (Ympäristöministeriö 1998b). Vuonna 1997 arvioitiin kotitalouksissa, suurtilouksissa ja elintarviketeollisuudessa syntyvän vuosittain biojätettä yhteensä noin 0,9 miljoonaa tonnia (Kulutus ja jätteet 1997).

Maatalouden tuottamien jätteiden kokonaismäärä karjanlanta mukaanlukien on

vuosittain yli 20 miljoonaa tonnia, suurin osa tästä on orgaanista jätettä. Kompostointi maataloilla on perusteltua ja suositeltavaa. Kasvihuoneviljely tuottaa paljon kasviperäisiä jätteitä, jotka soveltuvat hyvin kompostoitaviksi. Turkistarhauksessa ja kalanviljelyssä syntyvien orgaanisten jätteiden, erityisesti turkiseläinten lannan, hyötykäyttö on usein laiminlyöty ja kyseisiä jätteitä toimitetaan edelleen yhdyskuntajätteiden kaatopaikoille (Ympäristöministeriö 1998b).

Maa- ja metsätalousministeriön päätökset eläinjätteen käsittelystä (634/1994, 875/1994) säättävät, että vain vähäriskistä eläinjätettä saa kompostoida. Kompostointiin kelpaamattomia suuririskisiä eläinjätteitä ovat mm. tilalla kuolleet tai kuolleena syntyneet eläimet, eläintautien vuoksi lopetetut eläimet ja lihantarkastuksessa tarttuvien tautien oireita osoittavat eläinjätteet. Liljan (1984) mukaan useimmat teurastamojätteet soveltuvat hyvin kompostoitaviksi, niiden ravinnepitoisuus on suuri ja kosteuspitoisuus kohtuullinen. Teurastamojätteestä ei ole haittaa kompostihumuksen laadulle ja sen hyödyntämiseksi on vaikea osoittaa kilpailukykyisiä vaihtoehtoja. Kompostoinnissa teurastamojätteen ravinteet muuttuvat helpommin kasvien saattavilla olevaan muotoon, taudinaiheuttajat ja loiset tuhoutuvat. Kompostoituna jätteet eivät aiheuta hajuhaittoja ja ne ovat helposti varastoitavissa ja muokattavissa peltoon ilman kasvitoksia vaikutuksia. Haittapuolena ovat mm. mahdolliset typpihäviöt prosessin aikana. Avokompostointi vaatii myös melko paljon tilaa ja voi huonosti hoidettuna aiheuttaa ympäristöhaittoja.

2.2.2 Biojätteiden lajittelu ja erilliskeräily

Jätteiden lajittelu, keräys ja kuljetus hyödynnettäväksi tai käsiteltäväksi ovat keskeinen osa jätehuoltoa. Jätelaki (1072/1993) velvoittaa keräämään ja pitämään jätteet erillään jätehuollon kaikissa vaiheissa tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet huomioiden. Jätteistä terveydelle ja ympä-

ristölle aiheutuva vaara on arvioitava ja järjestettävä asianmukainen jätehuolto haittojen ehkäisemiseksi.

Biojätteestä tuotettu komposti voi olla saastunut lasinpaloista, muovista tai pienistä kivistä, mikäli biohajoavan jätteen erottelu hajoamattomasta jätteestä tapahtuu keräilyn jälkeen. Sen raskasmetallipitoisuus voi myös olla varsin suuri, ja se johtuu hajoamattomasta jätteestä. Kompostin saastuneisuus riippuu kiinteän yhdyskuntajätteen koostumuksesta, joka täytyy tutkia käsittelylaitosta suunniteltaessa. Yleisesti kiinteän yhdyskuntajätteen orgaanisesta aineksesta tehty komposti ei yllä EU:n maanparannusaineiden ekotuotemerkin vaatimalle tasolle, mikäli jätettä ei ole erilliskerätty. Orgaanisen jätteen saastumista voidaan ehkäistä syntypistelajittelun ja erilliskeräilyn avulla. Erilliskeräilyn avulla yhdyskuntien biojätteestä voidaan tuottaa kompostia, jossa on hyvin vähän raskasmetalleja, lasia, muovia ja kiviä, ja joka siten ylittää yleisesti EU:n ekotuotemerkin vaatimalle tasolle. Suomessa on yhdyskuntajätteestä perinteisesti lajiteltu jätteen syntypaikalla keräyspaperi ja ongelmajätteet sekä viime vuosina lasijäte ja yhä useammalla paikkakunnalla myös biojäte. Keräysjärjestelmää rakennettaessa on aina huomioitava kyseisen alueen ominaisuudet, taloudelliset ja ympäristötekijät (European Commission 1997, Valo & Pipping 1991, Tanskanen 1996, Ympäristöministeriö 1998b).

Biojätteen lajittelua ja erilliskeräystä ollaan käynnistämässä Suomessa vähitellen. Sillä pyritään jätteen hyötykäytön ja käsittelymahdollisuuksien parantamiseen, vähentämään biomateriaalien määrää kaatopaikoilla ja siten vähentämään haitallisten kaatopaikkakaasujen muodostumista. Suuri osa kunnista, joilla on biojätteen lajittelua koskevia määräyksiä jätehuoltomääräyksissään, on aloittanut erilliskeräilyn vuonna 1997. Lähes joka neljännen kunnan (noin 150 kuntaa) jätehuoltomääräyksissä biojäte on määrätty lajiteltavaksi syntypaikalla. Lajittelovelvoite koskee tietyn asuntomäärän (usein 10 asuntoa) ylittäviä kiinteistöjä ja yli tietyn kilomäärän biojätettä viikossa (usein

50 kg) tuottavia liikekiinteistöjä. Lajiteltua biojätettä kompostoidaan kiinteistöissä mutta sitä kerätään myös keskitetysti käsiteltäväksi. Erilliskerättyä biojätettä kompostoidaan myös yhdyskuntalietteen kanssa. Biojätteen lajittelun ja erilliskeräyksen aloittaminen sekä kompostointilaitoksen perustaminen ei saisi olla mikään itseisarvo, sillä nämä toimet eivät sinällään ratkaise ongelmaa. On myös mietittävä ja täsmennettävä syyt erilliskeräykseen sekä selvitetävä kompostituotteen käyttömahdollisuudet ja markkinat. Jätteenkeräysjärjestelmän tulee olla luotettava ja toimintavarma. Tällä hetkellä esim. suomalaisten luonnonomukaisen tuotannon säännöksissä ei hyväksytä biojätekompostia, todennäköisesti juuri keräysjärjestelmän toimivuuteen kohdistuvien epäilyjen vuoksi (Tilastokeskus 1996, Kulutus ja jätteet 1997, Suomen Kuntaliitto 1997, Vasara 1998).

2.2.3 Kompostoinnin nykytilanne

Yhdyskuntien tuottaman jätteen määrä kasvaa Euroopassa koko ajan ja siitä kompostoidaan keskimäärin vain noin 4 %. Kompostointi käynnistyi Euroopassa 1970-luvulla varsin lupaavasti, mutta kohtasi välillä kompostin raaka-aineisiin ja lopputuotteen laatuun liittyviä ongelmia. Nykyisin kompostoinnille on asetettu kompostien tuotantoa koskevia kansallisia ja EU-sääntöjä. Monet maat pyrkivät edistämään kompostin käyttöä ja markkinointia. Jotkut maat ovat valmistelleet myös EU:n standardien ja ohjeiden mukaiset kriteerit korkealuokkaisen kompostin laatumerkiksi. Eurooppalaisissa kompostointilaitoksissa on siirrytty käsittelemään vain puhdasta orgaanista ainesta (maatalouden jäte, eläinjäte, ruoan tuotanto, metsätalous, puutarhajäte, kiinteä biojäte ja syntypistelajiteltu kiinteä yhdyskuntajäte). Syntypistelajiteltu kiinteä yhdyskuntajäte muodostaa tällä hetkellä vain 10 prosenttia kompostoitavasta materiaalista, sillä biohajoavan orgaanisen jätteen erilliskeräily on yhä alkuvaiheessa Euroopassa. Joissain osissa Euroop-

paa biohajoavan jätteen erilliskeräily kattaa jopa 30 % yhdyskuntajätteen kokonaismäärästä. Monissa maissa syntypistelajittelu on alkanut suurimmista syntypisteistä, ravintoloista, tarjoilupalveluista, yms. Kotitalouksien jätteen syntypistelajittelu on monissa suurkaupungeissa vaikeaa. Useimmat lajiteltua orgaanista jätettä käyttävät eurooppalaiset kompostointilaitokset tuottavat nykyisin hyvin korkealaatuista kompostia (Bertoldi 1998).

Suomessa kotitalouksien biojätteen hyödyntämisaste on noussut viime vuosina pienkompostoinnin yleistymisen myötä. Koko maassa biojätteestä hyödynnetään kuitenkin edelleen keskimäärin alle 10 %. Tällä hetkellä pääosa kotitalouksien biojätteestä kompostoidaan ja syntyvä komposti käytetään omalla kiinteistöllä. Biojätettä käsitellään nykyisin keskitetysti jo monissa kaupungeissa joko aerobisesti kompostomalla tai anaerobisesti mädättämällä. Vuonna 1995 ns. biologisia jätteenkäsittelylaitoksia oli kaikkiaan 25. Nykyisin erilliskerättyä biojätettä käsitellään noin 10 laitoksella, jotka ovat pääasiassa asfaltoiduille kentille perustettuja aumakomposteja. Toiminnassa on myös laitosmaisia käsittely-yksiköitä ja niitä on tulossa lisää. Biologisen käsittelyn lopputuotteen eli humuksen hyötykäyttö edellyttää sen käyttöä maanparannus- tai maisemointitarkoituksiin, mutta lopputuotteen menekistä pitkällä aikavälillä ei ole kokemuksia (Ympäristöministeriö 1998b).

Kompostoidun biojätteen määrästä on tällä hetkellä saatavilla vain suuntaa antavia lukuja. VAHTI-tietokannasta saatuihin alustaviin poimintoihin perustuvat kompostoidun biojätteen määrät on esitetty taulukossa 3 (Rytkönen 1999). Tietokanta kattaa alueellisten ympäristökeskusten lupavolliset jätteenkäsittely-yksiköt. Saadut tiedot ovat suuntaa antavia ja esim. teollisuuden kompostoidun biojätteen määrästä puuttuvat tuotannon sivutuotteina syntyneet jätteet. Yhdyskuntien tuottaman biojätteen määrä on laskettu tuotetun kokonaisjättemäärän perusteella (Taulukko 2) arvioimalla orgaanisen jätteen osuudeksi 30 %

Taulukko 3. Yhdyskuntien tuottama laskennallinen biojätteen määrä ja elintarviketeollisuuden tuottama biojäte (Tilastokeskus), sekä yhdyskuntien, elintarviketeollisuuden ja alkutuotannon kompostoidun biojätteen määrä (VAHTI) Suomessa vuonna 1997 (Rytkönen 1999).

Jätteen tuottaja	Biojäte t/vuosi	Kompostoitu biojäte (vuosi 1997) t
Yhdyskunnat	720 000 (1997)	81 200
Elintarviketeollisuus	205 000 (1992)	45 300
Alkutuotanto		17 700

yhdyskuntajätteestä. Elintarviketeollisuuden tuottaman biojätteen määrä on peräisin Tilastokeskuksesta vuodelta 1992 (Ympäristöministeriö 1998b), uudempaa tietoa on saatavilla vasta vuoden 1999 lopulla (Rainio 1999). Alkutuotannon tuottamasta jätteestä valtaosa on orgaanista jätettä. Karjanlannan hyödyntämisaste on noin 90 % (Ympäristöministeriö 1998b).

Suomalaisten luonnonmukaisen tuotannon säännösten mukaan lannan kompostointi on pakollista. Luonnonmukaista tuotantoa harjoittavalle tilalle aiheutuu lannankäsittelystä lisäkustannuksia tavanomaiseen tuotantoon verrattuna. Luomutilojen lannan kompostointivaatimus on EU-maista voimassa vain Suomessa (Sipilä & Pehkonen 1998). Viime aikoina kompostointivelvoite on herättänyt vilkasta keskustelua luomutuottajien piirissä (Rantanen 1998). Vielä ei kuitenkaan ole päädytty kompostointivelvoitteen poistamiseen.

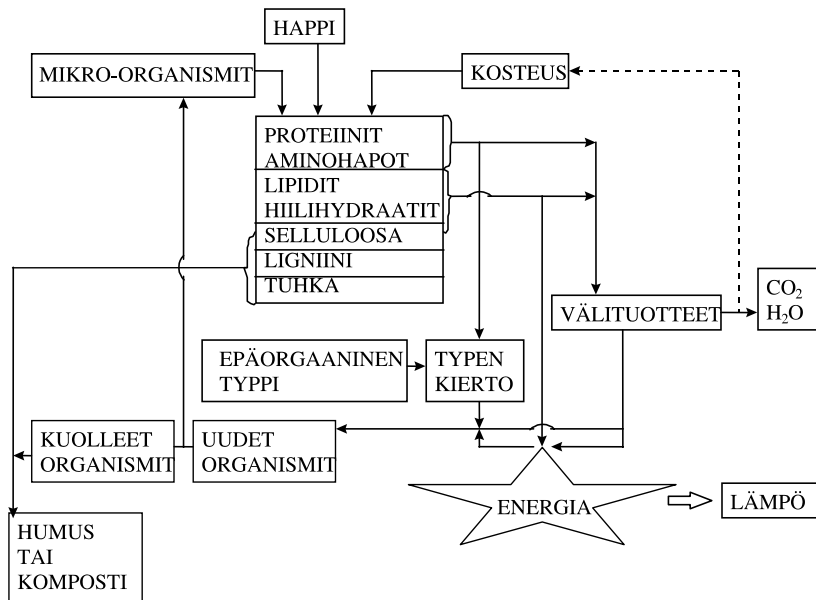
Kompostimarkkinoiden (bio- ja kasvijäte) kehitystä jarruttavia tekijöitä ovat kilpailu toisten orgaanisten jätevirtojen kanssa (eläinlanta, kemialliset lannoitteet), biojättekompustin käytöstä saatavien hyötyjen huono tuntemus, jätekompostin käytön pelko ja tuottajien riittämättömät markkinointiponnistelut. Suomessa yleinen mielipide on epäluuloinen kompostituotteiden laatua kohtaan. Sallittu kompostin käyttömäärä on usein pieni kompostin raskasmetalli- tai ravinnepitoisuuden vuoksi. Maatalouskäytössä tämä voi johtaa kompostin arvon laskuun maanparannusaineena. On usein taloudellisempaa käyttää kompostia

esim. joka neljäs vuosi, jolloin voidaan levittää suurempi määrä yhdellä kertaa neljän vuoden tarvetta varten. Markkinoiden takaamiseksi on välttämätöntä, että kompostin tuottajat ovat yhteydessä kompostin käyttäjiin, kompostin laatu voidaan taata, yleisölle selvitetään kompostin käytöstä saatavat hyödyt ja kompostin laatua pyritään parantamaan, jotta sallittuja käyttömääriä voitaisiin lisätä (European Comission 1997).

3 Biojätteiden kompostoituminen

3.1 Kompostoitumisprosessi

Kompostoinnissa monilajinen pieneliöstö hajottaa hapellisissa ja kosteissa olosuhteissa eloperäistä jätettä humukseksi. Samalla muodostuu lämpöenergiaa, hiilidioksidia ja vettä. Kompostointiprosessi on hallittu ja nopeutettu luontaiseen lahoamisprosessiin verrattuna. Kompostoitavaksi sopii sekä kiinteä jäte että jätevesiliete. Kompostoinnissa jätteeseen sekoitetaan erilaisia, sen rakenneominaisuuksia parantavia seosaineita, joilla voidaan tarvittaessa säädellä vesipitoisuutta ja ravinnesuhteita. Hajotus- ja rakkennustyön suorittavat lähinnä bakteerit, sädesienet, sienet, sekä erilaiset hyönteiset, punkit ja tuhatjalkaiset sekä lierot. Lajien aktiivisuus vaihtelee kompostoinnin aikana pääasiassa lämpötilan ja ravinteiden saata-



Kuva 2. Kompostointiprosessin kaavio (Gray et al. 1971).

vuuden mukaan. Pieneliöstö voidaan luokitella lämpötilan sietokyvyn mukaan psykrofiilisiin (alle 20 °C), mesofiilisiin (20–40 °C) ja termofiilisiin mikrobeihin (yli 40 °C), joista kaksi jälkimmäistä ovat hajotustoiminnan kannalta tärkeimmät. Lämpötilan ja siinä tapahtuvien muutosten perusteella kompostointiprosessi voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen: mesofiilinen, termofiilinen, jäähtymisvaihe ja kypsyysvaihe. Kolme ensimmäistä vaihetta tapahtuvat suhteellisen nopeasti, aumakompostoinnissa muutamassa viikossa ja koneellisessa kompostoinnissa jopa muutamassa päivässä. Kompostoinnissa syntyy hiilidioksidia, vettä, stabiilia humusainetta ja epäorgaanisia suoloja (Paatero et al. 1984, Hänninen et al. 1992, Ympäristöministeriö 1992, Rajala 1995, Ympäristöministeriö 1998b).

Kompostoituminen perustuu kompostoitavan materiaalin sisältämiin ja ympäristöstä siihen siirtyneisiin mikrobikantoihin, jotka aerobisesti (happea käyttäen) hajottavat orgaanista ainesta. Mikrobitoiminnasta aiheutuva kompostin lämpeneminen nopeuttaa hajoamista. Kompostointiprosessin aikana kompostoitava materiaali stabiloi-

tuu ja humusaineiden määrä lisääntyy. Kun kompostin lämpötila on voimakkaasti lämpöä tuottavan alkuvaiheensa jälkeen laskeutunut ympäristönsä lämpötilaan, suurin osa kompostin biologisesti käyttökelpoisesta energiasta on käytetty hyväksi. Hajoaminen kuitenkin yleensä vielä jatkuu. Tällöin puhutaan kompostin kypsyymisestä tai maatumisesta. Kompostin valmiutta kuvataan stabiilisuudella ja kypsyydellä. Jäähdyttyään ympäristönsä lämpötilaan kompostia voidaan pitää jokseenkin stabiilina, mutta täysin kypsää se on vasta pitkähkön maatumisvaiheen jälkeen (Paatero et al. 1984, Hänninen et al. 1993). Kompostointiprosessi Grayn et al. (1971) mukaan on esitetty kuvassa 2.

Kompostin kypsyyttä kuvaavia ja toisaalta kompostointiprosessin etenemistä ilmaisevia muuttujia ovat mm. kompostin lämpötila, haju, väri, hapen kulutus, hiilidioksidin tuotto, hydrolyyttisten entsyymien aktiivisuus, hajoavien aineiden pitoisuudet, humuspitoisuus, humusyhdisteiden polymerisoitumisaste, C/N -suhde, pH, kationinvaihtokapasiteetti, ammonium-, rikki-, nitriitti- ja nitraattipitoisuus sekä

kompostissa idätettyjen siementen itämisindeksi. Prosessin valvominen on kompostoinnissa vaikea tekninen ongelma. Prosessi etenee usein epätasaisesti ja lopputuotteen standardit ovat monissa maissa vasta valmisteilla (Iglesias Jiménez & Pérez García 1989).

3.2 Lähtöaineiden ominaisuudet

Kompostoitumisprosessia ohjaavat sekä biologiset että fysikaaliset tekijät ja lähtöaineiden ominaisuuksilla on suuri merkitys prosessin kululle. Erilliskerätty biojäte on koostumuksensa vuoksi melko hankalaa kompostoida, sillä sen joukossa on ruoantähteitä, jotka houkuttelevat paikalle lintuja ja muita eläimiä. Huolimattomalla käsittelyllä syntyy myös helposti hajuongelmia. Biojäte on yleensä varsin puhdasta, sillä raskasmetallitasot ovat normaalisti vain murto-osa sallituista ja huomattavasti lietekompostien raskasmetallipitoisuuden alapuolella. Helsingin seudun erilliskerätyn biojätteen analyyseissa (YTV Jätehuoltolaitos 1995) biojätteen raskasmetallipitoisuuksien todettiin olevan hyvin pieniä (Taulukko 4), jopa EU:n luonnonmukaisessa tuotannossa käytettäville kotitalousjätekomposteille asetettuja pitoisuusrajoja pienempiä (kts. Taulukko 7). Eräin paikoin on kompostoitu yhdessä puhdistamolietettä ja biojätettä, mutta näin tuotetun kompostin laatu voi olla heikompi kuin pelkästään biojätteestä tuotetun kompostin. Myös markkinointimahdollisuudet voivat olla heikot. Maatalouden orgaanisesta jätteestä ja kaupunkien kasvijätteestä valmistettu komposti on yleensä hyvää maanparannusainetta. Tietyissä tilanteissa maatalouden orgaanisessa jätteessä esiintyy orgaanisia haitta-aineita, kuten torjunta-ainejäämiä. Kaupunkien kasvijätteen raskasmetallipitoisuudet voivat olla suuria, jos ne on kerätty alueilta joissa on paljon liikennettä (Paatero et al. 1984, European Commission 1997, Vasara 1998).

Kompostoinnin tärkeimmät edellytykset ovat kompostiin syötettävien materiaa-

Taulukko 4. Helsingin seudun erilliskerätyn biojätteen raskasmetallipitoisuuksia (YTV Jätehuoltolaitos 1995).

Raskasmetalli	mg/kg ka
Pb	6
Cd	< 0,2
Cr	24
Cu	18
Ni	5
Zn	55

lien tasapainoinen ravinnekoostumus sekä riittävä hapensaanti, lämpöeristys, kosteus ja prosessikaasujen poisto. Suunniteltaessa, mitä jätteitä kompostoidaan keskenään, täytyy ottaa huomioon hiili/typpi -suhde (C/N). Kompostin pieneliöt tarvitsevat hiili- ja typpipitoisia aineksia sopivassa suhteessa, jotta ne voivat valmistaa eloperäisten aineiden seoksesta hyvää kompostia. Kompostiin tulee laittaa eri raaka-aineita siten, että hiilen ja typen suhde on sopiva eli noin 25–35:1. Typpipitoisuuden ollessa liian suuri (C/N -suhde liian pieni) mikrobit eivät pysty käyttämään kaikkea typpeä ja tällöin syntyy mikrobeille haitallinen ammoniakkiylimäärä. Hiiltä tarvitaan kompostoinnissa enemmän kuin typpeä, mutta jos hiiltä on liian runsaasti suhteessa typen määrään, mikrobien aktiivisuus pienenee typen puutteen vuoksi ja kompostointiprosessi hidastuu. Sopivaan C/N -suhteeseen vaikuttaa myös se, miten tiukasti hiili ja typpi ovat sitoutuneet yhdisteessä. Vaikeasti hajoavan aineen hiili on hitaasti mikrobien käytettävissä, mutta typpi on yleensä helposti saatavilla jätteistä. Taulukossa 5 on esitetty esimerkkejä kompostoitavista jätteistä, niiden typpipitoisuuksia ja hiili/typpi -suhteita (Paatero et al. 1984, Golueke 1991, Hänninen et al. 1992, Rajala 1995).

Raaka-aineiden lahoamistaipumus vaikuttaa kompostoitumisen nopeuteen. Runsaasti sokereita, hemiselluloosaa, selluloosaa sekä vähän ligniiniä sisältävät ainekset, kuten ruoho, vihannesjäte ja lanta, lahoavat helposti. Sitä vastoin runsaasti ligniiniä sisältävät ainekset lahoavat hitaasti. Tukiainesten tehtävänä on tasapainottaa kompos-

Taulukko 5. Kompostoitavien jätteiden tyypipitoisuuksia ja C/N -suhteita (Görlöf 1991).

Kompostoitava jäte	Tyypipitoisuus (% kuivapainosta)	C/N -suhte
Vihannesjätteet (ei palkokasvit)	2,5-4	11-12
Perunan varret	1,5	25
Ruohonleikkujätteet	3-6	12-15
Vehnän olki	0,3-0,5	128-150
Kauran olki	1,1	48
Sahanpuru	0,1	200-500
Lanta	1,7-6,5	6-25
Virtsa	15-18	0,8
Raaka jätevesiliete	4-7	11
Mädätetty liete	2-4	
Aktiiviliete	5	6

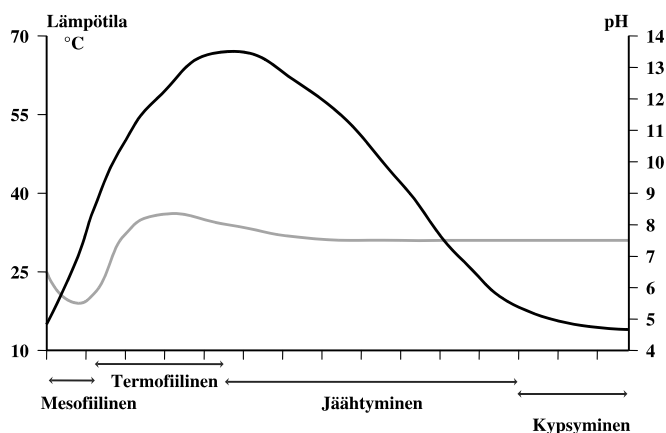
tin hiili/typpi -suhdetta, kuohkeuttaa kompostia ilmanvaihdon parantamiseksi ja usein myös kuivattaa sitä. Hitaasti lahoavat ainekset, esimerkiksi puuhake, puunkuori, sahanpuru, olki, puunlehdet ja pintaturve, ovat hyviä tukiaineita kompostiin (Hänninen et al. 1992, Rajala 1995).

3.3 Kompostoinnin aikana tapahtuvat muutokset

Lämpötila kertoo hyvin kompostoinnin eri vaiheista ja lämpötilan seuranta on paljon käytetty menetelmä kompostoitumisprosessin seuraamiseksi. Lämpötilan nousu kompostoinnissa edellyttää riittävän suurta kompostoitavaa massaa, joka toimii myös lämpöeristeenä. Kompostoinnin ensimmäinen, mesofiilinen vaihe tapahtuu ensimmäisten 24–48 tunnin aikana, jolloin lämpötila vähitellen nousee yli 40 °C:een ja sokerit ja muut helposti hajoavat yhdisteet hajoavat. Termofiilisen vaiheen aikana hajoavat vaikeammin hajoavat selluloosayhdisteet, tämän lämpövaiheen aikana tuhoutuvat myös kasvipatogeenit ja siemenet. Kompostoituminen on nopeinta lämpötilan ollessa välillä 35–50 °C, mutta hygieenisyyden varmistamiseksi lämpötila tulisi saada nousemaan yli 60 °C:een. Komposti täytyy kääntää usein, jotta koko kompostimassa lämpenisi termofiiliselle tasolle ja patogeenit ja siemenet tuhoutuisivat koko massas-

ta. Jäähtymisvaihe alkaa kun biohajoavien yhdisteiden pitoisuus pienenee kompostissa ja sen seurauksena hajoamisnopeus hidastuu ja lämmöntuotto vähenee. Jäähtymisvaiheessa mesofiiliset organismit asuttavat uudelleen kompostin. Kypsymisvaiheessa komposti on yleensä ympäristönsä lämpötilassa ja tämä vaihe kestää useiden kuukausien ajan. Jäähtymisvaiheen jälkeen kompostin kääntäminen ei enää aiheuta lämpötilan nousua. Hyvin etenevässä prosessissa lämpötilan lasku on jäähtymisvaiheessa loivaa (Paatero et al. 1984, Iglesias Jiménez & Pérez Garcia 1989, Rajala 1995, Hoitink et al. 1997).

Kompostoitumisprosessin alussa mikro-organismit käyttävät hyväkseen liukoiset tai muuten helposti käytettävissä olevat hiililähteet, tällaisia ovat esim. sokerit, tärkkelys ja rasvat. pH laskee hajoamistuotteenä syntyvien orgaanisten happojen muodostumisen myötä. Seuraavaksi kompostissa hajoavat proteiinit ja ammoniumtyyppi vapautuu runsaasti, tämä ilmenee jyrkkänä pH:n nousuna. Orgaanisten happojen hajoaminen aiheuttaa myös pH:n nousua. Kompostin pH on hyvä prosessin seurannan mittari. Kompostoitumisen edetessä pH asettuu välille 7–8. Kun välittömästi käytettävissä olevat hiililähteet on käytetty loppuun, mikro-organismien hiililähteinä ovat jäljellä enää kuituaineet, selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini (Paatero et al. 1984, Hänninen et al. 1992). Kuvassa 3 on esitet-



Kuva 3. Kompostointiprosessin aikana tapahtuvat lämpötilan ja pH:n muutokset (Gray et al. 1971).

ty lämpötilan ja pH:n muutokset kompostoitumisprosessin aikana Grayn et al. (1971) mukaan.

Kompostoituessa massan tuhkapitoisuus suurenee eli hehkuskevennys pienee, prosessi lähestyy loppua, kun hehkuskevennys vakiintuu tietylle tasolle. Humus on kuollutta orgaanista ainetta, joka muodostuu rinnan eloperäisen aineksen hajoamisen kanssa. Humustuminen johtaa humusaineiden, humus- ja fulvohappojen sekä humiinin muodostumiseen. Humuksen määrä kasvaa kompostoinnin edistytessä ja voimakasta humustumista tapahtuu kompostoinnin loppuvaiheessa. Myös kationinvaihtokapasiteetti kasvaa kompostoitumisen edistytessä (Witt 1982, Hänninen et al. 1992).

Kompostoinnissa syntyvä haju vaihtelee kompostoinnin eri vaiheissa. Hajun aiheuttajia ovat usein hajoamisen välituotteina syntyvät lyhytketjuiset haihtuvat rasvahapot, jotka häviävät kompostoinnin edetessä. Kompostin väri tummenee asteittain kompostoinnin aikana, kypsän kompostin väri on tumman ruskea tai melkein musta. Tummuminen aiheutuu konjugoituneiden kaksoissidosten määrän lisääntymisestä. Kompostoinnin aikana raekoko pienenee kasvisolujen rakenteen hajotessa. Kompostointiprosessia voidaan seurata mikrobien aktiivisuuden avulla. Kokonaismikrobimäärä antaa tietoa kompostin hyvydestä kasvalustana, mutta ei vielä ilmaise kovin paljoa mikrobien aktiivisuudesta kompos-

tissa. Hapen kulutus kasvaa aktiivisessa vaiheessa 30-kertaiseksi kypsään kompostiin verrattuna ja aerobisten mikrobien aktiivisuuden lisääntyessä myös hiilidioksidin tuotto lisääntyy. Mikrobisolujen ATP-pitoisuus on pienimmillään prosessin aktiivisessa vaiheessa. Aktiivisessa vaiheessa mikrobit tuottavat hajottamiseen osallistuvia hydrolyyttisiä entsyymejä. Hydrolysoituvien polysakkaridien pitoisuus pienenee niiden hajotessa lopputuotteiksi.

Kompostoitumista voidaan seurata myös biologisten menetelmien avulla. Raaka komposti voi estää siementen itämisen tai huonontaa juuriston kuntoa, joten yhtenä kompostin kypsyyttä kuvaavana testinä voidaan pitää siementen itämistä kompostissa. Kompostoitumista voidaan seurata hiili/typä -suhteen (C/N) avulla, mutta kypsälle kompostille on vaikea antaa tiettyä arvoa. Kompostin C/N -suhde vakiintuu kompostin kypsyessä tietylle tasolle, joten yksi mahdollisuus on määrittää lopputilanteen C/N -suhteen ja alkutilanteen C/N -suhteen suhde eli $(C/N_{\text{loppu}})/(C/N_{\text{alku}})$. Kypsän kompostin suhdeluku olisi tällöin 0,60 (Iglesias Jiménez & Pérez Garcia 1989).

Kompostissa olevien yhdisteiden määrittäminen antaa tietoa kompostoinnin etenemisestä. Pelkistävät yhdisteet, kuten ammoniakki ja rikkivety, ilmaisevat kompostoitumisen olevan vielä kesken tai jopa hapettomassa eli anaerobisessa vaiheessa. Jos kompostissa on nitriittejä ja erityisesti nitraatteja, kompostoituminen on edennyt

jo melko pitkälle. Johtoluku antaa tietoa kompostissa olevien vapaiden ionien määrästä. Kompostin ioniväkevyyden ollessa liian suuri vesi virtaa kasveista kompostialustaan eikä alustasta kasveihin (Hänninen et al. 1992). Viherympäristöliiton kasvu-alustojen ohjearvoissa nurmikoille käytettävän kompostialustan johtoluvun tulisi olla 30–60 mS/cm (Viherympäristöliitto 1997).

3.4 Kompostointitekniikat

Vanhin ja yleisin tapa kompostoida suuria määriä jätettä on ulkoilmassa suoritettu kasa- tai aumakompostointi. Aumakompostit luokitellaan kääntö- ja ilmastustavan mukaan: staattinen aumakompostointi, aumakompostointi sekoittamalla, normaali ja pakotettu ilmastus.

Reaktorikompostointi (rumpu-, tunneli-, kaukalo-, sillo- ja tornikompostointi) soveltuu suurten asutuskeskusten jätemäärien käsittelyyn. Siinä pyritään nopeuttamaan prosessia ja säästämään tilaa. Reaktorit voidaan sekoitustavan mukaan luokitella jatkuvasti sekoitaviin ja määräajoin sekoitaviin (Hänninen et al. 1992, European Commission 1997).

Jätteet voidaan kompostoida pieninä erinä aumassa, pienkompostorissa, keskiteydytysti kompostointilaitoksessa tai kompostointikentillä suurissa aumoissa. Pienkompostoreita on pyritty kehittämään sopiviksi maamme kylmiin oloihin. Laitosmaisesta kompostoinnista on maassamme kokemuksia lähinnä ulkona tapahtuvasta lietteen ja biojätteen aumakompostoinnista (Ympäristöministeriö 1998b).

Sopivan kompostointitekniikan valinta riippuu hajupäästöihin ja laitteiston kapasiteettiin liittyvistä vaatimuksista, käytävissä olevasta tilasta sekä menetelmän kustannuksista. Jos kompostointilaitos rakennetaan tiheästi asutulle alueelle, jossa hajuhaitat ja tilan puute ovat ilmeiset, silloin tunnelikompostointilaitos on paras vaihtoehto. Jos tilanpuutetta ei ole, on suljetussa tilassa tapahtuva ilmastoitu aumakompostointi mahdollista. Mikäli laitoksen kapasiteetin

tarve ei ole suuri (alle 10000 t/vuosi), konttikompostointi on käyttökelpoinen tekniikka. Maaseudulla hajuhaitat eivät ole kovin suuria, ja siellä voidaan kenties käyttää halvempia kattamattomia vaihtoehtoja (Hänninen et al. 1992, European Commission 1997). Kompostointia voidaan suorittaa jatkuvatoimisena tai panosprosessina. Jatkuvatoimisessa prosessissa pyritään ylläpitämään vakaat olosuhteet materiaali- ja energiavirtoja säätämällä. Panosprosessissa tapahtuu biologinen sukkessioilmiö, jossa olosuhteet muuttuvat koko ajan mikrobien hajottaessa lähtömateriaalia (Paatero et al. 1984).

Pienkompostointi on hyvä ja halpa menetelmä haja-asutusalueilla, jossa kuljetusmatkat ovat pitkiä. Jäte käsitellään ja tuote hyödynnetään syntypaikalla. Kompostoinnin onnistuminen ja mahdollisten haittaeläinten ja hajujen minimoiminen on pienkompostoinnissa ensiarvoisen tärkeää. Puutarhajäte voidaan kompostoida kasoissa, mutta kotitalousjätteen kompostointiin tarvitaan haittaeläinten eliminoimiseksi kompostori. Jäte kompostoidaan tukiaineen kanssa kerroksittain sitä mukaa kuin sitä muodostuu ja hoitotoimenpiteet suoritetaan käsin (Hänninen et al. 1992). Lannan kompostointiin käytettäviä menetelmiä ovat aumakompostointi, rumpukompostointi ja lietelannan nestekompostointi eli ilmastus (Rajala 1995).

Kompostoinnin onnistuminen riippuu kompostissa toimivien mikrobien hyvinvoinnista sekä niiden ravinne- ja olosuhdevaatimusten huomioon ottamisesta. Jätteen epähomogeenisuuden vuoksi kompostoituminen etenee usein epätasaisesti, mikä voi vaikeuttaa prosessin ohjausta ja heikentää lopputuotteen laatua. Hyvin toimiva kompostointilaitos tuottaa kuitenkin hyödynnettävää ja arvokasta lopputuotetta, kompostia. Kompostointilaitosten toimintaan liittyy yleensä varsinaisen kompostoinnin lisäksi jätteen esikäsittely (murskaus, seulonta, magneettierottelu) sekä kompostin jälkikypsytytys ja -käsittely (Ympäristöministeriö 1998b).

4 Kompostointiprosessiin ja kompostituotteiden laadun valvontaan liittyvä lainsäädäntö

4.1 Kompostointilaitoksen toimintaan liittyvä lainsäädäntö

Kompostointipaikasta on tehtävä vesien suojelua koskevista ennakkotoimenpiteistä annetun asetuksen (283/1962) mukainen ennakoilmoitus alueelliselle ympäristökeskukselle. Jos edellä mainitut laitokset on liitetty yleiseen viemäriverkkoon, ennakoilmoitusta ei tarvitse tehdä, mutta liittymisestä on pyydettävä ennakkoon alueellisen ympäristökeskuksen lausunto. Kompostoinnista aiheutuvia työsuojellisia haittoja valvotaan työturvallisuuslain (299/1958) nojalla. Edellä mainittujen lisäksi kompostointialueella on oltava ympäristölupamenettelylain (735/1991) mukainen lupa, joka voi sisältää jäteluvan (Jätelaki 1072/1993), sijoituspaikkaluvan (Terveystieteidenlaki 469/1965), sijoituspäätöksen (Eräistä naapurussuhteista annettu laki 26/1920) ja ilmansuojeluilmoituksen (Ilmansuojelulaki 67/1982). Tarve ympäristöluvan hakemiselle määräytyy em. neljän erityislain perusteella. Kompostointilaitoksen luvan myöntää alueellinen ympäristökeskus, jos laitoksessa käsitellään vähintään 10 000 tonnia jätettä vuodessa. Pienemmille laitoksille luvan myöntää kunnan ympäristölupaviranomainen (Ympäristölupamenettelyasetus 772/1992).

4.2 Lannoitelaki

Lannoitelain (232/1993) mukaan lannoitevalmisteen tulee olla tasalaatuista, käyttötarkoitukseensa sopivaa sekä koostumukseltaan ja käytön kannalta olennaisilta ominaisuuksiltaan (hienousaste, kosteuspitoisuus, puhtaus) sellaista kuin ostajilla yleensä

kysymyksessä olevan tavaran kaupassa on aihetta otaksua. Lannoitelain määrittelemiä lannoitevalmisteita ovat maanparannusaineet, lannoitetut kasvualustat, kompostointivalmisteet tai sellaisena käytettäväksi kelpaavat sivutuotteet. Lannoitevalmisteen valmistuksen ja markkinoinnin sekä niiden valvonnan yleinen ohjaus kuuluu maa- ja metsätalousministeriölle. Valmistusta, markkinointia ja maahantuontia sekä tämän lain ja sen nojalla annettujen säännösten ja määräysten noudattamista valvoo Kasvintuotannon tarkastuskeskus (KTTK). Lannoitelaki edellyttää kompostien valmistajien rekisteröitymistä sekä myyntiin ja vastikkeettomaan luovutukseen annettavien maataloudessa tai viherkentämissä käytettävien kompostien tuoteselosteiden rekisteröimistä. Rekisteröinnin suorittaa KTTK:n maatalouskemian osasto.

Kompostit soveltuvat harvoin lannoitteeksi tai sellaisenaan kasvualustaksi, sen sijaan maanparannusaineiksi ne ovat orgaanisen aineksensa vuoksi suositeltavia. Tämä edellyttää kompostoinnin asianmukaista suorittamista. Maanparannuskompostien ja komposteista valmistettujen tuotteiden kuluttajansuoja toteutuu Lannoitelain ja sen nojalla annettujen Maa- ja metsätalousministeriön päätösten nojalla (MMMp eräistä lannoitevalmisteista 46/1994, MMMp lannoitevalmisteen valvonnasta 47/1994). Kompostoiduille tuotteille on lannoitelainsäädännössä määritelty tietyt laatuvaatimukset ja tuoteselosteissa ilmoitettavat tiedot, jotka on aina annettava tavaran vastaanottajalle. Tuoteselosteen tiedot on varmennettava luotettavilla lannoitelainsäädännössä määritetyillä menetelmillä (MMMp 47/1994, Liite 1). Analyysit suorittaa KTTK:n maatalouskemian osasto. Kompostituotteen tai tavaran luovuttaja on vastuussa mahdollisista tuotteen käytöstä johtuvista negatiivisista seuraamuksista ns. ankaran vastuun periaatteen mukaisesti (Luukkonen 1998).

Lannoitelaki (232/1993) määrittelee seuraavat termit:

Lannoitevalmiste = lannoitteet, maanparannusaineet, lannoitetut kasvualustat, typpibakteerivalmisteet ja kompostointivalmisteet sekä lannoitteena, maanparannusaineena, lannoitettuna kasvualustana tai kompostointivalmisteena käytettäväksi kelpaavat sivutuotteet.

Lannoite = aineet ja valmisteet, jotka on tarkoitettu edistämään kasvien kasvua tai parantamaan sadon laatua, ja joiden vaikutus perustuu kasvinravinteisiin taikka muihin kasveille, ihmisille tai eläimille hyödyllisiin aineisiin.

Maanparannusaine = aineet ja valmisteet, joiden käytöllä pyritään muuttamaan maan tai kasvualustan fysikaalista, kemiallista tai biologista tilaa kasvien kasvun edistämiseksi tai sadon laadun parantamiseksi, ja joiden vaikutus perustuu pääasiassa muuhun kuin aineen sisältämiin kasvinravinteisiin.

Lannoitettu kasvialusta = kasvialusta, johon on lisätty lannoitevalmisteita, tässä kasvialustalla tarkoitetaan teknisesti käsiteltyjä kiinteitä tai nestemäisiä aineita, joita käytetään kasvien kasvupohjana.

Kompostointivalmiste = tuote, joka on tarkoitettu edistämään kompostin hajoamista tai parantamaan sen laatua, ja jonka vaikutus perustuu sen sisältämiin kasvinravinteisiin.

4.3 MMM:n päätös eräistä lannoitevalmisteista

Maa- ja metsätalousministeriön päätös eräistä lannoitevalmisteista (46/1994) määrittelee eri lannoitevalmisteista käytettävät tyypinimet. Maanparannusaineina käytettävistä kompostituotteista saa käyttää tyypinimeä ”maanparannuskomposti”. Kun kompostia ja kivennäismaa-aineksia sekoitetaan, saadaan lannoitettu kasvialusta, jonka tyypinimi on ”kukkamulta tai vastaava kasvialusta”.

Maanparannuskomposti ei saa sisältää orgaanisia haitta-aineita eikä haitallisia

mikro-organismeja siinä määrin, että sen käyttöohjeiden mukaisesta käytöstä voi olla haittaa ihmisille, eläimille tai ympäristölle. Maanparannuskompostin tulee olla siinä määrin kypsyyttä, ettei siinä ole haitallisia määriä fytotoksisia aineita eli kasveille myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita. Maanparannuskompostin tulee olla tasalaatuista ja se saa sisältää roskaavia epäpuhtauksia, kuten muovia tai lasia, enintään 0,5 % tuotteen tuorepainosta. Maanparannuskompostin humuspitoisuuden on oltava vähintään 20 % kuiva-aineen painosta. Kompostivalmisteen tulee olla laadultaan sellaista, ettei sen käytön ja varastoinnin yhteydessä synny kohtuuttomia hajuhaittoja. Lannoitettuna kasvialustana käytettävän kompostituotteen tulee täyttää edellä mainitut maanparannuskompostin laatuvaatimukset mikro-organismien, fytotoksisten aineiden, orgaanisten haitta-aineiden ja hajuhaittojen suhteen. Kukkamullan tai vastaavan kasvialustan johtoluku saa olla enintään 10.

Maanparannusaineiden ja lannoitettujen kasvialustojen raskasmetallien sallitut enimmäispitoisuudet on esitetty taulukossa 6. Kuparin tai sinkin enimmäispitoisuuden ylitys maanparannusaineissa voidaan sallia, mikäli levitysalueen maaperässä on puutetta kyseisestä ravinteesta.

Maanparannuskomposteilta vaadittavia tuoteselosteessa ilmoitettavia tietoja ovat tyypinimi, kaupan nimi, kompostoidut raaka-aineet sekä kompostoinnin jälkeen lisätyt seosaineet ja niiden seossuhteet, pakkauskoko, humuspitoisuus prosentteina kuiva-aineesta, karkeusaste, johtoluku, pH, pääravinteet (N, P ja K, kokonaispitoisuus), haitalliset raskasmetallit (As, Cd, Hg, Pb ja Ni), käyttötarkoitus, käyttöohje ja -rajoitukset, alkuperämaa, valmistaja tai valmistuttaja, myyjä sekä valmistajan, valmistuttajan ja myyjän osoitteet. Halutessa voidaan ilmoittaa myös tilavuuspaino, kosteusprosentti, liukoiset pääravinteet ja kokonaiset liukoiset sivu- ja hivenravinteet.

Kukkamullan tai vastaavan kasvialustan tuoteselosteessa on ilmoitettava lähes vastaavat tiedot kuin maanparannuskom-

Taulukko 6. Maanparannusaineiden ja lannoitettujen kasvualustojen sallitut raskasmetallien enimmäispitoisuudet (MMM-p eräistä lannoitevalmisteista 46/1994).

Raskasmetalli	Maanparannusaine tai kompostointivalmiste mg kg ⁻¹	Lannoitettu kasvualusta mg l ⁻¹
Elohopea (Hg)	2,0	0,2
Kadmium (Cd)	3,0	0,5
Arseeni (As)	50	10
Nikkeli (Ni)	100	60
Lyijy (Pb)	150	60
Kupari (Cu)	600	100
Sinkki (Zn)	1500	150

postien tuoteselosteessa. Raskasmetalleista ilmoitetaan vain kadmium, elohopea ja lyijy. Irtotavarana myytävästä tuotteesta on ilmoitettava tilavuuspaino myyntikosteudessa ja humuspitoisuus prosentteina kuiva-aineesta.

4.4 MMM:n päätös lannoitevalmisteiden valvonnasta

Maa- ja metsätalousministeriön päätös lannoitevalmisteiden valvonnasta (47/1994) ohjaa lannoitevalmisteiden tuotannon ja laadun valvontaa. Lannoitevalmisteiden tuotantoa valvoo Kasvintuotannon tarkastuskeskus (KTTK) etukäteen laaditun ja MMM:ssä vahvistetun valvontasuunnitelman mukaisin tarkastuksin. Lannoitevalmisteiden valvontaan liittyvien näytteiden ottamisesta ja lähettämisestä on säädetty MMM:n päätöksen liitteessä. MMM:n päätöksen mukaiset näytteiden tutkimisessa käytettävät analyysimenetelmät on lueteltu liitteessä 1. KTTK:n on julkaistava valvonnan kannalta oleelliset tulokset valmistaja- ja/tai maahantuojakohtaisesti neljännesvuosiraportteina. KTTK:n on lisäksi julkaistava vuosittain tilastokirjana yhteenveito valvonnan tuloksista. Suomessa rekisteröidyt kompostin tuottajat ja kompostituotteet on esitetty liitteessä 2.

4.5 Euroopan komission ekotuotemerkki maanparannusaineille

Euroopan komissio vahvisti 14.11.1994 päätöksellä 94/923/EY ekologiset arviointiperusteet yhteisön ekotuotemerkin (Ecolabel) myöntämiseksi maanparannusaineille. Markkinoilla tapahtuneen kehityksen huomioonottamiseksi tehtiin 7.4.1998 uusi päätös (98/488/EY), joka on voimassa maaliskuun loppuun 2001. Päätös koskee maanparannusaineita, puutarhanhoitoon tarkoitettuna tuotteina myytäviä aineita, jotka on tarkoitettu lisättäväksi maahan ainakin sen fysikaalisten ja biologisten ominaisuuksien parantamiseksi ympäristöä vahingoittamatta.

Uuden päätöksen lähtökohtana on pyrkimys edistää jättemateriaalien keräyksestä ja käsittelystä syntyvien orgaanisten aineiden käyttöä ja kierrätystä ja siten kiinteän jätteen määrän minimoimista. Siinä pyritään myös maanparannusaineina markkinoitavien ja käytettävien tuotteiden sisältämien raskasmetallien ja ravinteiden aiheuttamien ympäristövahinkojen tai -vaarojen pienentämiseen. Uuden päätöksen mukaan ekotuotemerkin saaneet tuotteet eivät saa sisältää puhdistamolietettä ja eläinperäistä ainesta sisältävien tuotteiden on oltava yhteisön lainsäädännössä säädettyjen vaatimusten mukaisia. Tuotteen annosteluohjeen mukaisesta käytöstä johtuvan typpiläisyyden ylärajaa on nostettu arvoon 17 g kokonaistyppeä/m². Tuotteesta annettaviin

Taulukko 7. EU:n maanparannusaineita koskevan ekotuotemerkin raskasmetallirajat (98/488/EY) ja EU:n luonnonmukaisen tuotannon säännöksissä esitetyt kompostien raskasmetallien enimmäispitoisuudet (Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1999a).

	EU:n maanparannusaineiden ekotuotemerkki, mg/kg ka	EU luonnonmukainen tuotanto, mg/kg ka
Elohopea (Hg)	1	0,4
Kadmium (Cd)	1	0,7
Nikkeli (Ni)	50	25
Lyijy (Pb)	100	45
Kupari (Cu)	100	70
Sinkki (Zn)	300	200
Kromi (Cr)	100	70

pakollisiin tietoihin on lisätty tuotteen N-, P₂O₅- ja K₂O-pitoisuus, orgaanisten aineiden pitoisuus ja raskasmetallien pitoisuusrajat (Taulukko 7, Liite 3). Tuotteen tulee sisältää vähintään 20 % orgaanista ainesta. Tuotteen pakkauksessa on lisäksi oltava seuraava kuluttajatiedote: ”Tälle tuotteelle on myönnetty Euroopan unionin ekotuotemerkki, koska tuote edistää maaperän ja vesistöjen pilaantumisen vähentämistä ja vähentää jätteen määrää edistämällä sen käyttöä ja kierrätystä.” Euroopan komission 7.4.1998 tekemän päätöksen (98/488/EY) mukaiset maanparannusaineiden arviointiperusteet on esitetty liitteessä 3.

4.6 Luomusäännökset

EU:n luonnonmukaisen tuotannon säännöksissä hyväksytään lannoitteena tai maanparannusaineena käytettäväksi myös kompostoitu kotitalousjäte. Hyväksyttävä kotitalousjätekomposti on tuotettu syntypaikkalajittelusta jäsenvaltion hyväksymästä suljetusta ja valvotusta keräysjärjestelmästä saadusta kasvi- ja eläinjätteestä. Kompostin raskasmetallien enimmäispitoisuudet on esitetty taulukossa 7. Kotitalousjätekompostin käyttö on sallittu 31.3.2002 asti, lisäksi tarkastuslaitoksen tai tarkastusviranomaisen on hyväksyttävä käyttötarve (Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1999a, 91/2092/ETY, 97/1488/EY).

Suomessa käytössä olevat luonnonmukaisen tuotannon ehdot ovat joiltakin osin tiukemmat kuin EU:n säännökset. Kaikki lanta- ja teurasjätteet sekä elintarviketeollisuuden jätteet tulee kompostoida ennen lannoitteeksi käyttöä. Tilan ulkopuolelta tuodut lannoitteet, maanparannus-, ym. aineet eivät saa sisältää haitallisia määriä torjunta-aineita tai raskasmetalleja. Suurin sallittu peltoon kohdistuva raskasmetallikuormitus on esitetty taulukossa 8. Käytettävien eloperäisten lannoitteiden tulee olla bakteriologisesti turvallisia, tarvittaessa edellytetään tuotantopanosten puhtaustutkimusten suorittamista. Yhdyskuntien jätevesilietteen käyttö on kielletty sellaisenaan sekä kompostoituna. Myöskään taajamien erilliskerätystä biojätteestä tuotetun kompostin käyttö ei ole tällä hetkellä sallittua Suo-

Taulukko 8. Suomen luonnonmukaisen tuotannon ehtojen mukainen tilan ulkopuolelta hankituista lannoitteista ja maanparannusaineista peltoon kohdistuva suurin sallittu raskasmetallikuormitus (Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1999b, MMMp 34/1998).

	Raskasmetallikuormitus g/ha/a
Elohopea (Hg)	1
Kadmium (Cd)	1,5
Nikkeli (Ni)	100
Lyijy (Pb)	10
Kupari (Cu)	600

men luonnonmukaisessa viljelyssä (Kasvin-
tuotannon tarkastuskeskus 1999b).

Eloperäisiä lannoitteita on mahdollista
käyttää siinä määrin kuin on tarpeen riittä-
vän ravinnemäärän ja maanparannusvaiku-
tuksen aikaansaamiseksi. Tilan omista elo-
peräisistä lannoitteista tai maanparannusai-
neista eläinlanta on kompostoitava kasvipe-
räisten kuivikkeiden kanssa ja lietelanta
neste-, auma- tai rumpukompostoituna
mahdollisesti kasviperäisten kuivikkeiden
kanssa. Tilan ulkopuolelta tuotua kasvipe-
räisten kuivikkeiden kanssa kompostoitua
eläinlantaa tai lietelantaa on sallittua käyt-
tää, mikäli ulkopuolinen kotieläintuotanto
ei ole teollismaista (<2 eläinyksikköä / heh-
taari). Myös virtsan, kuivatun tai rakeiste-
tun lannan, kasvijätteen, teurasjätteen
(veri, verijauhe, rasva, sulat, höyhenet ja
karvat), elintarvike- ja tekstiiliteollisuuden
eloperäisten sivutuotteiden ja jätteiden sekä
kalajätteen käyttö on sallittua kompos-
toituna. Turkiseläinlanta saadaan käyttää
huolellisesti kompostoituna vain viljalle
sekä muille kuin ihmisravinnoksi käytettä-
ville kasveille. Taajamien kasvi- ja eläinpe-
räisiä jätteitä voidaan käyttää kompostoi-
tuna, mikäli riittävät puhtausvaatimukset
voidaan täyttää. Taajamien erilliskerätyn
biojätteen käyttö on kuitenkin kielletty, to-
dennäköisesti lajittelu- ja keräysjärjestelmi-
en erottelutehokkuuteen kohdistuvien
epäilyjen vuoksi (Vasara 1998, Kasvintuo-
tannon tarkastuskeskus 1999b).

Viljakasveille voidaan käyttää kompos-
tia, jota on kompostoitu 2–6 kuukautta,
tällöin komposti on käynyt läpi lämpövai-
heen, lannan haju on hävinnyt ja väri muut-
tunut tummaksi. Puutarhakasveille ja pe-
runalle tarvitaan pitempiaikainen, 6–9
kuukautta kestävä kompostointi ja valmis-
tuksen jälkeen on yleensä tarpeen yksi
kääntö. Aineksen väri on tumma, rakenne
muruinen ja se tuoksu väkevälle mullalle.
Tilalla on mahdollista käyttää omalla tilalla
syntyvää sakokaivoliettä ja makkilantaa,
mikäli liete ja lanta on huolellisesti kompos-
toitua. Sitä ei saa käyttää sellaisenaan syötä-
ville kasveille, kuten juureksille, vihannek-

sille, yrteille ja perunalle (Kasvintuotannon
tarkastuskeskus 1999b).

5 Biojätekompostien haitat ympäristössä ja kasvintuotannossa

5.1 Hajuhaitat

Yhdyskuntajätteen kompostoinnissa hajua
aiheuttavia aineita muodostuu prosessin eri
vaiheissa. Ensimmäisessä vaiheessa muo-
dostuu haihtuvia rasvahappoja hajoamisen
välituotteina, ja tämän jälkeen alkoholeja,
aldehydejä ja ketoneja. Kompostoinnin ter-
mofiilivaiheessa tapahtuu myös lämpöke-
miallisia reaktioita, joiden tuloksina muo-
dostuu haihtuvia yhdisteitä, esim. haihtuvia
rikkiyhdisteitä. Muita hajua aiheuttavia yh-
disteitä ovat mm. ammoniakki, etikkahap-
po, rikkihiili ja aromaattiset hiilivedyt, ku-
ten bentseeni, tolueni ja ksyleeni (Valo &
Pipping 1991).

Kompostista ympäristöön leviävää ha-
jua voidaan vähentää parantamalla kom-
postointitekniikkaa. Hajupäästöt ovat suu-
rimmillaan kompostoinnin ensimmäisinä
päivinä ja pienenevät sitten noin kymme-
nesosaan alkupäivien hajupäästöistä. Kään-
tämällä ja sekoittamalla kompostia sen kui-
va-ainepitoisuus ja tiheyserot tasaantuvat ja
ilman jakaantuminen massassa tasaantuu.
Hajupäästöt lisääntyvät heti kompostin
käännön jälkeen, mutta vähenevät pian ta-
kaisin alkuperäiselle tasolle. Huolehtimalla
kompostin tehokkaasta ilmastuksesta voi-
daan ehkäistä anaerobisten olosuhteiden
syntyä. Erityisesti kompostoitessa eläin-
lantaa ilman seosainetta seurauksena voi
olla anaerobiset olosuhteet ja suuri määrä
typestä haihtuu ammoniakkinä ilmaan. Re-
aktorikompostoinnissa ilmaa voidaan myös
kerätä ja puhdistaa hajujen poistamiseksi
(Valo & Pipping 1991, Bernal et al. 1998a).

5.2 Roskaavat epäpuhtaudet

Kompostituotteen sisältämät terävät esi-
neet (lasi, metalli, ym.) aiheuttavat tapatur-
mavaaraa käyttökohteissa ja muovit aiheut-
tavat esteettistä haittaa. MMM:n päätök-
sen (46/1994) mukaan maanparannuskom-
postin sisältämien roskaavien epäpuhtauk-
sien määrä saa olla enintään 0,5 % tuot-
teen tuorepainosta. Ympäristöministeriön
(1992) kompostityöryhmän mietinnön mu-
kaan kompostituotteet voidaan luokitella laa-
tuluokkiin raskasmetallipitoisuuden ohella
myös roskaavien epäpuhtauksien pitoisuus-
en perusteella. Kasvualustan seosaineeksi ja
piharakentamiseen käytettävässä kompostis-
sa saa olla roskaavia epäpuhtauksia enintään
0,1 % kuiva-aineesta. Peltoviljelyyn ja taimi-
tuotantoon tai julkiseen viherrakentamiseen
käytettävässä kompostituotteessa saa olla
epäpuhtauksia enintään 0,5 % kuiva-aineesta
ja maisemointitarkoituksiin enintään 2 %.
Kaatopaikan peitemaana käytetyn kompos-
tin pitoisuus saa olla suurempikin, mutta pi-
toisuuden ollessa yli 10 %, on kompostikerros
peitettävä puhtaammalla maa-aineksella.

5.3 Suolaisuus

Kompostin suuri liukoisten suolojen pitoi-
suus (mm. natrium-, kloridi- ja nitraatti-
ionit) heikentää kasvien vedenotto-
kykyä. Kompostin suuri johtoluku osoittaa runsas-
ta liukoisten suolojen pitoisuutta. Suurta
johtolukua pidetäänkin eräänä kompostien
yleisimpänä haittana. Johtoluku on kom-
postissa yleensä niin suuri, että kompostia ei
voida käyttää kasvualustamateriaalina sel-
laisenaan. MMM:n päätöksen (46/1994)
mukaan kukkamullan tai vastaavan kasvu-
alustan johtoluku saa olla enintään 10. Ym-
päristöministeriön (1992) kompostityöryh-
män mukaan valmiina kasvualustana käy-
tetyn kompostin johtolukusuositus on 10–
60 mS/cm kohteesta riippuen. Sekoitettuna
perusmaahan tai laimennettuna saavute-
taan kuitenkin hyväksyttävä taso, mikäli
lähtötilanteen johtoluku ei ylitä 200
mS/cm.

5.4 Raskasmetallit

Kompostin myrkyllisyyttä kuvataan yleensä
raskasmetallipitoisuudella, joka usein
myös rajoittaa kompostituotteiden käyttöä
(Taulukko 6). Kompostissa maahan lisätyt
raskasmetallit voivat rikastua jatkuvien
kompostilisyysten seurauksena. Metallit
ovat suurina pitoisuuksina myrkyllisiä ih-
misille, eläimille, kasveille ja maaperän
pieneliöille ja voivat rikastua niiden solui-
hin. Biokäsittelyssä metallien suhteellinen
määrä lisääntyy, kun jätteen orgaaninen ai-
nes hajoaa, mutta metallien määrä ei vähene
(Valo & Pipping 1991, Hänninen 1996,
Mäkelä-Kurtto 1998).

Kompostoinnin aikana voi tapahtua
jonkin verran metallien huuhtoutumista.
Siihen vaikuttavat kompostin kosteus, hap-
pamuus ja orgaanisen aineksen määrä. Mon-
et haitalliset metallit liukenevat veteen
runsaammin happamuuden lisääntyessä.
Kompostointiprosessin ja kompostin kyp-
symisen on todettu vähentävän metallien
liukenevuutta ja siten niiden saatavuutta
kasveille sekä kulkeutumista kasveihin.
Metallien liukenevuuden väheneminen
kompostin kypsyessä voi johtua kompos-
toinnin aikaisista hapetusprosesseista, kom-
postoitavan materiaalin humustumisesta
sekä orgaanisen aineksen ja metallien välisten
kompleksien synnystä. Kypsymättö-
män kompostin käytön seurauksena voi olla
maan anaerobisuus ja voimakas pelkistys-
potentiaali, joka johtaa maan raskasmetalli-
en liukoisuuden lisääntymiseen (Paatero et
al. 1984, Iglesias Jiménez & Pérez Garcia
1989, Garcia et al. 1990, Valo & Pipping
1991).

Haan (1981) havaitsi raskasmetallien,
erityisesti elohopean ja kadmiumin, saata-
vuuden kasveille vähenevän kompostin
käytön seurauksena. Myös Hänninen &
Mäkelä-Kurtto (1995) havaitsivat perunan
mukuloiden elohopea- ja kadmiumpitoi-
suuksien jopa vähenevän kompostihumuk-
sen käytön seurauksena hiekka- ja savi-
maalla. Komposteja käytettäessä metallit
ilmeisesti sitoutuvat maahan tehokkaam-
min, eivätkä kulkeudu kasveihin. Tarvitaan

kuitenkin lisää tutkimuksia siitä, voidaanko kompostihumuksen lisääntyneen käytön avulla vähentää kadmiumin ja muiden raskasmetallien määrää ruoassamme (Stölzer et al. 1994, Hänninen & Mäkelä-Kurto 1995). Mäkelä-Kurton (1989) mukaan helppoliukoisen lyijyn ja elohopean osuus maassa on noin 5 % kokonaismäärästä, kadmiumista helppoliukoista on noin 40 %. Vihannekset ovat herkimpiä raskasmetalleille ja heinäkasvit ovat kestävimpiä (Stevenson 1986). Seurin (1990) mukaan kasvien sisältämästä kadmiumista 60–70 % on peräisin maasta, kun sen sijaan jopa 90 % kasvien sisältämästä lyijystä ja elohopeasta on peräisin maanpäällisten osien pinnalle tulevasta laskeumasta.

5.5 Haitalliset mikro-organismit

Kompostoitavissa jätteissä voi olla patogeeneja, tauteja aiheuttavia mikro-organismeja, joita on kuitenkin joissain tapauksissa mahdollista hävittää huolellisella kompostoinnilla. Kasvipatogeenit ovat usein kestävämpiä kuin ihmisten ja eläinten patogeeneit, sillä niissä on useita kuumuudenkestäviä lajeja, joiden tuhoutuminen kompostissa on epävarmaa. Sen sijaan kasvituholaisien kuten peruna-ankeroisten hävittämiseksi kompostoimalla on saatu hyviä tuloksia. Kasvimateriaalia, jonka voidaan epäillä olevan pahasti patogeneilla saastunut, ei suositella kompostoitavaksi. Pahojen kasvitautien saastuttamat jätteet tulisikin polttaa, ei kompostoida (Lilja & Tahvanainen 1985, Ympäristöministeriö 1992).

Patogeenit säilyvät maassa vaihtelevan pituisia aikoja, riippuen niiden geneettisestä rakenteesta, maan kosteuspitoisuudesta, lämpötilasta ja pH:sta, auringonvalosta, orgaanisen aineksen määrästä ja paikalla olevista kilpailevista maaeliöistä. Yleisesti ottaen märät, kylmät, varjoiset, humuspitoiset maat, joissa on suhteellisen vähän mikro-organismeja suosivat patogeenien säilymistä maassa (Minnich 1979). Fekaaliset koliformit ja enterokokit ovat harvoin patogeeneja, mutta ne ovat hyviä bakteerisaas-

tunnan indikaattoreita ja ilmaisevat, että infektoivia organismeja voi esiintyä. Bakteeria *Escherichia coli*, joka ei sinänsä ole patogeeninen, on yleisesti käytetty patogeenisuuden indikaattorina (Stevenson 1986). Tämä laji sisältää kuitenkin myös patogeenisiä tyyppisiä, joista eräs on viime aikoina tunnetuksi tullut EHEC-bakteeri (Nuotio 1999).

Kompostoinnin aikana työntekijöillä on riski sairastua mikro-organismien aiheuttamiin sairauksiin. Työntekijät voivat altistua esimerkiksi allergiaa aiheuttaville *Aspergillus*-, *Penicillium*- ja *Cladosporium*-sukuisille sienille. Yhdyskuntajätteen kompostoinnissa mikrobiaerosoleja vapautuu lähinnä kompostia käännettäessä ja sekoitettaessa. Patogeenien tärkein infektioreitti kulkee suun kautta ja ne infektoivat ihmisiä, mikäli sisään hengitetty ilma sisältää suuria itiöpitoisuuksia. Suurimman terveydellisen riskin muodostavat alle 6 μm :n hiukkaset, mikä käsittää noin 70 % bakteereista ja sienistä. Käytettäessä asiaankuuluvia hengityssuojaimia kompostoinnin aikana ihmisille aiheutuvat haitat ovat hyvin vähäisiä. Lisäksi on suositeltavaa huolehtia, etteivät erityisen sairastumisalttiit henkilöt käsittele kompostia (Valo & Pipping 1991, Haug 1993, Hänninen et al. 1993).

5.6 Fytotoksisuus

Raaka, vielä hajoamistilassa oleva komposti sisältää kasveille haitallisia hajoamisen välituotteita. Ne hajoavat edelleen, kun kompostin annetaan kypsyä. Tärkeitä fytotoksisia yhdisteitä eli kasvien kasvua estäviä aineita ovat ammoniakki ja orgaaniset hapot, kuten etikka- ja muurahaishappo. Kypsymättömän kompostin käytöstä seuraa fytotoksisten yhdisteiden aiheuttama kasvin siementen itävyyden väheneminen, myös juurten kasvu häiriintyy. Kasvit reagoivat fytotoksisten yhdisteiden läsnäoloon hidastamalla aineenvaihduntaa sekä vähentämällä juurihengitystä ja ravinteiden ottoa, jolloin seurauksena on kasvun hidastuminen. Erilaiset kasvitestit, joissa mitataan

itäneiden siementen osuus kylvetyistä, juuren pituuskasvu tiettyssä ajassa tai taimen tuore- ja kuivapaino tai korkeus, kuvaavat fytotoksisten haitta-aineiden vaikutuksia kasveihin (Zucconi et al. 1981, Iglesias Jiménez & Pérez Garcia 1989, Valo & Pipping 1991, Haug 1993, Kapanen & Itäväära 1998).

Pascual et al. (1997) osoittivat tutkimuksillaan, että kompostointiprosessi on tehokas useimpien fytotoksisten aineiden eliminoinnissa. Fytotoksisten aineiden häviäminen vaatii kuitenkin kompostin riittävän pitkän kypsyamisajan. Pisimpään, eli neljä kuukautta kypsytetyn kompostin fenolien ja orgaanisten happojen pitoisuus oli pienin ja siementen itävyys ja juuren pituus osoittivat kypsän kompostin hyväksi kasvu- alustaksi.

Jätteiden kompostointiin ja kompostin fytotoksisuuteen liittyviä mittaamenetelmiä kehitetään ja standardisoidaan koko ajan useissa järjestöissä (ISO, CEN, OECD, EC, ASTM ja EPA). Yksi testi ei havaitse kaikkia haitallisia vaikutuksia tai käytettävä testi ei kenties ole tarpeeksi herkkä. Suomessa KTTK:n maatalouskemian osastolla käytetään kompostituotteiden valvonnassa nykyisin ns. krassinsiemenkoetta, joka ei ole tarpeeksi herkkä menetelmä fytotoksisten vaikutusten mittaamiseen. Paras mittari olisi ilmeisesti krassin, kurkun ja kiinankaalin kasvatuskoe, jossa kompostialustalla kasvatettujen taimien kuiva-ainesato punnitaan ja verrataan standardimaassa kasvanneisiin taimiin kolmen viikon kuluttua kylvöstä. KTTK:ssa kehitellään parhaillaan uutta fytotoksisuusmittaria (Joutti & Ahtainen 1994, Rainio 1998). OECD (1984) on kehittänyt yksinkertaisen kasvitestin kemikaalien toksisuuden määrittämiseen, jossa testikasveina on ainakin yksi- ja kaksisirkkainen kasvilaji. OECD:n kasvatuskokeisiin suosittelemia kasvilajeja ovat raiheinä, kaura, vehnä, sinappi, rapsi, retiisi, kiinankaali, virna, puna-apila, sarviapila, salaatti ja vihanneskrassi.

5.7 Rikkakasvien siemenet

Rikkakasvien siemenet tuhoutuvat hyvin hoidetussa kompostissa. Yksi päivä yli 60 °C:een lämpötilassa tuhoaa useimmat rikkakasvien siemenet. Materiaalin riittävä kosteus on tärkeä tekijä rikkakasvien tuhoutumiselle. Kasaa on myös käännettävä kompostoinnin aikana, ettei rikkakasvien siemeniä säily elinkykyisinä kompostin pintaosassa (Lavake & Wiese 1977, Paatero et al. 1984, Lilja & Tahvanainen 1985, Churchill et al. 1996).

Tompkins et al. (1998) tutkivat Kanadassa yleisten rikkakasvien siementen tuhoutumista aumakompostoinnissa 55–65 °C:een lämpötilassa. Kahden viikon kompostointi tuhosi mm. peltosaunion (*Tripleurospermum inodorum*), peltotatarin (*Fallopia convolvulus*) siemenet. Myös muiden tutkitujen rikkakasvien elinkyky oli kahden viikon kompostoinnin jälkeen erittäin huono, parhaimmillaan vain 3,5 % käsittämättömistä siemenistä. Esim. hukkakauran (*Avena fatua*) siementen elinkyky oli kahden viikon kompostoinnin jälkeen 1 %, mutta täysin kuolleita sen siemenet olivat vasta 4 viikon kompostoinnin jälkeen. Myös karheapillikkeen (*Galeopsis tetrabit*), hanhentarin (*Persicaria maculosa*) ja jauhosavikan (*Chenopodium album*) siementen täydellinen tuhoutuminen vaatii 4 viikkoa. Grundy et al. (1998) puolestaan tutkivat lämpötilan vaikutusta rikkaruohonsiementen elinkykyyn ja havaitsivat 3 vuorokautta kestäväen 55 °C:een lämpökäsittelyn tuhoavan maitohorsman (*Epilobium angustifolium*), pihasaunion (*Matricaria matricarioides*), kylänurmiikan (*Poa annua*), mustakoiison (*Solanum nigrum*), otavalvatin (*Sonchus asper*), pihatähvimön (*Stellaria media*), valkoapilan (*Trifolium repens*) ja persiantädykkeen (*Veronica persica*) siemenet.

Kompostoidun lannan sisältämät siemenet eivät yleisesti ole kovin suuri riski pellon luontaiseen siemenpankkiin verrattuna. Kompostin mukana peltoon tuodut uudet rikkakasvit voivat kuitenkin olla haitallisia, erityisesti tilan ulkopuolelta tuotua

lantaa käsiteltäessä. Hukkakaura on hävitettävä muutoin kuin kompostoimalla (Vanhala 1999).

6 Biojätekompostien yleisimmät laadun mittarit

6.1 Yleiset ominaisuudet

Komposti on orgaaninen maanparannusaine, joka on stabiloitunut humuksenkaltaiseksi tuotteeksi eikä sisällä elinkykyisiä ihmis- ja kasvipatogeeneja tai kasvinsiemeniä. Se ei houkuttele hyönteisiä tai tartunnanlevittäjiä ja sitä voidaan käsitellä ja varastoida ilman haittaa. Komposti edistää kasvien kasvua (Haug 1993). Kompostituotteella tarkoitetaan kompostoinnin lopputuotetta sellaisenaan tai jälkikäsiteltynä esimerkiksi seulomalla tai hienontamalla taikka sekoitettuna muihin materiaaleihin. Kompostituotteeseen voidaan lisätä myös epäorgaanisia lannoitteita tai kalkkia ravinnetsapainon ja käyttömahdollisuuksien parantamiseksi. Kompostituotteet ovat yleensä joko maanparannusaineita tai kasvu-alueita. Kompostituote voi olla myös lannoite (Ympäristöministeriö 1992).

Ympäristöministeriön (1992) kompostityöryhmä on mietinnössään ryhmitellyt ohjeet kompostituotteiden laadusta laatuvaatimuksiin ja laatusuosituksiin. Laatuvaatimuksia on esitetty niistä kompostituotteiden ominaisuuksista, joilla on keskeinen merkitys ympäristönsuojelun, terveyden tai kasvivaurioiden kannalta. Näitä koskevia tapauskohtaisia määräyksiä voidaan antaa ympäristölupamenettelylain mukaisesti mm. lannoitelain tai terveydenhoitolain nojalla. Kompostityöryhmän mietinnössä on esitetty laatuvaatimuksia raskasmetalleille, epäpuhtauksille, hygienisoinnille ja vaatimuksia kompostituotteen myynnissä esitettävistä tiedoista. Laatusuosituksia on esitetty niistä kompostituotteen

ominaisuuksista, jotka liittyvät pääosin tuotteen käyttökelpoisuuteen, eivät sellaisiin haitallisiin ominaisuuksiin, joista voitaisiin yleensä antaa tuottajakohtaisia määräyksiä. Laatusuosituksia on annettu kompostituotteen kosteudesta, karkeusasteesta, johtoluvusta, orgaanisen aineksen määrästä, kypsyydestä ja typpipitoisuudesta. Kompostityöryhmän mietinnössä ei ole esitetty suosituksia kompostituotteen orgaanisten haitta-aineiden (esim. kloorifenolit, PCB, klooratut dioksiinit, PAH-yhdisteet) pitoisuusrajoiksi, koska näiden esiintymisestä ja hyväksyttävistä enimmäispitoisuuksista ei ole riittävästi tietoa eikä niiden analysoimiseen ole kehitetty vakiintuneita menetelmiä.

Kompostituotteen suositeltava karkeusaste riippuu käyttökohteena olevan maan ominaisuuksista. Tiiviille maille suositellaan karkeaa, ilmavuutta lisäävää kompostituotetta ja vettäläpäiseville hiekkamaille hienojakoisempaa, vedenpidätyskykyä lisäävää kompostituotetta. Korkea kosteuspitoisuus vaikeuttaa kompostituotteen tasaista levitystä ja tekee sen käsittelyn raskaammaksi. Pahasti liettyneestä tuotteesta voi aiheutua ylimääräistä ravinteiden huuhtoutumista kuljetuksen, välivarastoinnin ja levityksen yhteydessä. Säkitetyssä tuotteessa pieni kosteuspitoisuus on ehdoton edellytys, sillä kypsäkin kompostituote muuttuu umpinaisessa pakkauksessa anaerobiseksi, jos se on kostea. Kompostituotteet voidaan jakaa käyttökohteen asettamien vaatimusten mukaisiin laatuluokkiin; I kasvu-alueen seosaine ja piharakentaminen, II peltoviljely ja taimituotanto, III julkinen viherrakentaminen, IV maisemointi, kaatopaikat, yms. (Ympäristöministeriö 1992). Taulukossa 9 on kompostityöryhmän esittämiä yleisiä laatusuosituksia kompostituotteille.

Euroopan standardoimisjärjestön valmistelemassa pakkausten kompostoitavuutta ja biohajoavuutta koskevassa standardissa käytetään kompostin laadun tarkkailun muuttujina mm. orgaanista ainesta, pH:ta, kokonaistyyppiä, ammoniumtyyppiä, fosforia, magnesiumia ja kalsiumia ja kom-

Taulukko 9. Kompostituotteen yleisiä laatusuosituksia (Ympäristöministeriö 1992).

Ominaisuus	Suositus
Kosteus	
säkitetty tuote	< 50 % tuorepainosta
Karkeusaste	< 35 % tuorepainosta
luokka I ja II	< 20 mm
luokka III ja IV	< 45 mm
Johtoluku	
maanparannusaine	< 200 mS/cm
valmis kasvualusta	10-60 mS/cm kohteesta riippuen
Orgaanisen aineksen määrä	> 20 % kuiva-aineesta
Typipitoisuus	> 0,8 % kuiva-aineesta

postin ulkonäköä sekä biologisista mittareista kasvien kasvatustestiä (CEN/TC 261/SC4 N 99).

6.2 Kypsyys

Kompostin kypsyden määrittäminen on tärkeää kompostin käytön kannalta. MMMp eräistä lannoitevalmisteista (46/1994) vaatii, että maanparannuskompostin tulee olla siinä määrin kypsyynttä, ettei siinä ole haitallisia määriä fytotoksisia aineita eli kasveille myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita. Kompostin valmiusastetta kuvaamaan käytetään yleisesti kahta käsitettä, kypsyys ja stabiilisuus. Nämä käsitteet sekoittuvat usein ja ovat jossain määrin myös päällekkäisiä käsitteitä. Jäähdyttyään ympäristön lämpötilaan kompostia voidaan pitää jokseenkin stabiilina, mutta täysin kypsää se on vasta pitkähkön maatumisvaiheen jälkeen (Paatero et al. 1984, Hänninen et al. 1993). Jätteenkäsittelyn näkökulmasta katsottuna stabiili komposti ei enää joudu helposti anaerobiseen tilaan, vaikka ilmastusta ei käytetä. Kasvintuotannon näkökulmasta katsottuna stabiili tai kypsä komposti on käytettävissä kasvintuotantoon ilman haitallisia vaikutuksia (Lehtokari & Paatero 1981). Käsitteitä voidaan tulkita siten, että stabiloituminen tarkoittaa orgaanisten aineiden hajoamisen hidastumista ja hapellisten olosuhteiden vakiintumista. Kypsyys puolestaan tarkoittaa kom-

postin fytotoksisten aineiden määrän vähenemistä tasolle, jolla niistä ei enää aiheudu haittaa kasveille. Tässä ja seuraavassa kappaleessa käsitteitä kypsyys ja stabiilisuus käsitellään niin kuin asia on lähdekirjallisuudessa esitetty. Kypsyiden ja stabiilisuuden rajaus ei siten noudata täysin edellämainittua tulkintaa.

Ympäristöministeriön (1992) kompostityöryhmä tarkasteli käsitettä kompostituotteen kypsyys kolmen eritasoisen tavoitteen kannalta:

- 1) Kompostituote on stabiloitunutta, jos tuotetta voidaan varastoida suurissa varastokasoissa ja levittää käyttökohteeseen ilman mainittavaa anaerobisuudesta johtuvaa hajuhaittaa. Stabiloitunut kompostituote ei enää vaadi aktiivista ilmastamista tai kääntämistä. Vaatimattomiin viherrakennuskohteisiin tuotetta voidaan levittää jo tässä vaiheessa (vaatimaton viherrakennus ja syyslevitys pelloille).
- 2) Kompostituote on kypsyynttä, jos fytotoksisten aineiden eli kasveille myrkyllisten aineenvaihduntatuotteiden pitoisuus on vähentynyt sellaiselle tasolle, että niistä ei aiheudu haittaa siementen itävyydelle. Tässä vaiheessa tuote sopii mm. Peltoviljelyyn.
- 3) Kompostituote on hyvin kypsyynttä, jos fytotoksiset aineet ovat hävinneet siinä määrin, että niistä ei aiheudu haittaa herkkienkään kasvien juurien kehityk-

selle. Hyvin kypsyneen kompostin humusaineiden pitoisuus on suuri ja fyysikaalis-kemialliset ominaisuudet ovat optimaalisella tasolla (ioninvaihtokyky, vedenpidätyskyky, rakenne, jne.). Vaativia viherrakennuskäyttöä ja kasvualustakäyttöä edellyttävät tällaista tuotetta.

Kompostituotteiden kypsytyksen arvioimiseksi ei toistaiseksi ole käytössä kansainvälisesti tai kansallisesti sovittuja kriteerejä tai määrittämenetelmiä. Esimerkiksi ruohovartisilla toteutetut idätyskokeet eivät luotettavasti kuvasta fytotoksisuutta puuvartisille kasveille. Toisaalta kompostin mineralisoituminen ei saa edetä niin pitkälle, että menetetään tavoiteltu maanparannusvaikutus (Ympäristöministeriö 1992). Kompostin stabiilisuuden määrittämiseen on käytetty monia menetelmiä, jotka perustuvat massan kemiallisiin, biologisiin ja fyysikaalisiin ominaisuuksiin. Valo & Pipping (1991) jakoivat kypsytyksen arvioinnissa käytettävät menetelmät kolmeen ryhmään;

kasvien siementen itävytyttä ja kasvin kasvua mittaavat menetelmät, biomassan mittaamiseen perustuvat menetelmät sekä kemialliset analyysit. Iglesias Jiménez & Pérez Garcia (1989) puolestaan jakoivat kompostin kypsytyttä kuvaavat menetelmät viiteen ryhmään;

- 1) fyysikaaliset testit,
- 2) mikrobiaktiivisuus,
- 3) humustuneen orgaanisen aineksen analyysi,
- 4) kemialliset menetelmät, sekä
- 5) biologiset menetelmät tai fytotoksisuustestit. Kompostin kypsytyttä tarkastelevia menetelmiä ja ohjeellisia raja-arvoja kompostin turvalliselle käytölle kasvintuotannossa on koottu taulukkoon 10 (Iglesias Jiménez & Pérez Garcia 1989, 1992, Bernal et al. 1998c).

Kypsytyttä pidetään hyvin tärkeänä, mutta toisaalta ongelmallisimpana kompostin laatuun vaikuttavana tekijänä.

Taulukko 10. Yhdyskuntien orgaanisesta jätteestä valmistettujen kompostien kypsytyttä kuvaavien ominaisuuksien ohjeellisia raja-arvoja (Iglesias Jiménez & Pérez Garcia 1989, 1992, Bernal et al. 1998c).

	Mitattava ominaisuus	Kypsytyttä osoittava arvo tai taso
Fysikaaliset menetelmät	Lämpötila	lämpötilakäyrän vakiintuminen
	Haju	ei pahaa hajua tai orgaanisia happeja, maan tuoksu
	Väri	tumma ruskea, Y-arvo 11-13
Mikrobiaktiivisuus	Mikrobiomassa	biomassan tasaantuminen
	Kemiallinen hapenkulutus, respirometri	< 10 mg O ₂ /g (7 vrk inkubointi)
	Kemiallinen hapenkulutus, hapetin K ₂ Cr ₂ O ₇	< 700 mg/g
	ATP	konsentraation väheneminen ja tasaantuminen
	Entsyymiaktiivisuus	aktiivisuuden vakiintuminen kypsymisvaiheessa
Humustunut orgaaninen aines	Liukenevan humuksen kokonaismäärä (emäs)	> 110 mg humusta / g TOC
	Fotokolorimetri	emäsuutteiden optisen tiheyden stabiloituminen.
Kemialliset menetelmät	Kiinteän aineksen C/N -suhde	< 20, mielellään < 12
	C/N _{loppu} /C/N _{alku}	< 0,75 yli 120 vrk kompostissa, miel. < 0,6
	Vesiliuoksen orgaaninen C/orgaaninen N	< 6
	Vesiliukoinen orgaaninen C	< 1,7 %
	pH	> 7, kun 24 h anaerobisessa tilassa 55 °C:ssa
	Kationinvaihtokapasiteetti	> 67 meq/100 g tukkatonta ainesta
	Pelkistävät yhdisteet	poissa
	Orgaaniset hapot	poissa
	Nitriitti, nitraatti	esiintyy
	Ammonium/nitraatti -suhde	< 0,16
Biologiset menetelmät	Itävyys kompostiuutteessa	itävyysindeksi > 50 % (<i>Lepidium sativum</i>)

Kompostin kypsytyden määrittäminen pelkästään epäorgaanisten ravinteiden ja orgaanisen materiaalin prosentuaalisen koostumuksen perusteella on hankalaa, sillä Biddlestone & Grayn (1985) mukaan kypsän kompostituotteen koostumus vaihtelee erityisesti käytetyn orgaanisen jätteen mukaan. Kemiaalliset testit eivät ole aina luotettavia kompostin kypsytyden osoittajia. Siksi biologiset menetelmät, kuten itävyyttä tai kasvuunlähtötestit, voivat olla hyvä vaihtoehto tai kemiallisten testien täydentäjä (Zucconi et al. 1981, Paré et al. 1997)

Suorin menetelmä kompostituotteen fyto-toksisuuden mittaamiseksi onkasvien kasvatuskokeet, joissa mitataan kompostin vaikutus siementen itävyyteen ja kasvien kasvuun. Usein kasvatuskokeissa käytetään nopeasti itävän krassin (*Lepidium sativum* L.) siemeniä (Haug 1993). Zucconi et al. (1981) kehittivät kasvitestin, jossa mitataan kompostiuutteesta 24 tunnin ajan kasvatettujen siementen itävyyttä ja juuren pituutta prosentteina kontrollista. Itävyyksindeksi on näiden kahden prosenttiluvun tulo. Jos itävyyksindeksi oli 50–60 %, kasveilla ei ilmennyt oireita vaurioista. Fytotoksisten yhdisteiden häviämiseen vaadittava aika on ilmeisesti yhteydessä materiaalin aerobisiin olosuhteisiin, sillä ilmastetuissa aumakomposteissa (raaka-aineina puhdistamoliete ja yhdyskuntajäte) itävyyksindeksi oli kahden viikon kompostoinnin jälkeen yli 50 %. Tutkijat päättelivät että fyto-toksisuus liittyy hajoamisen alkuvaiheisiin, kompostin fyto-toksisuus on ohimenevä tila.

DeVleeschauwer et al. (1981) vertasivat orgaanisten happojen pitoisuutta ja krassin-siementen itävyyksikoetta kaupungin orgaanisesta jätteestä tuotetun kompostin kypsytyden kuvaajana. Fyto-toksisuutta aiheuttavista orgaanisista hapoista tärkein oli etikkahappo, jonka kasveille aiheuttama haitallinen vaikutus alkoi ilmetä pitoisuuden ollessa yli 300 ppm. Kompostin kypsy-misvaiheessa krassikokeella mitattu fyto-toksisuus oli yhteydessä orgaanisten happojen pitoisuuteen. Tutkijat totesivat, että laitekompostoinnin jälkeen vaaditaan vähintään 4 kuukautta jälkikompostointia au-

massa, jotta lopputuotetta voidaan käyttää turvallisesti puutarha- tai maanviljelyssä. Mathur et al. (1993a) totesivat, ettei jätteen pääkomponentti aina ole hiilihydraatit eikä hajoaminen aina ole aerobista. Jos hajoaminen tapahtuu anaerobisesti, syntyvä happo on pääasiassa voihappoa eikä etikkahappoa, jolloin etikkahapon vähäisyys ei kuvasta kompostin kypsytyttä. Willson & Dalmat (1986) tutkivat kompostimassan hengitystasoa ja totesivat, että kompostin stabiili-suuden analysointiin on käytettävä useita menetelmiä samanaikaisesti. Hengitystaso, ravinnepitoisuus, raskasmetallipitoisuus, patogeenien määrä, C/N -suhde, suolapitoisuus ja pH mittaavat kaikki kompostin stabiiliisuutta ja näiden yhteistulos on luotettava kompostin stabiiliisuuden kuvaaja.

Kemiaalliset analyysit ovat kenties tutkituimpia kompostin analyysimenetelmiä. Ammonium- ja nitraattitypen suhdetta voidaan pitää kompostin kypsytyden mittana. Ammoniumtyyppiä esiintyy kompostoitumisen alkuvaiheessa orgaanisen typen hajo-tessa. Vähitellen ammoniumtypen pitoisuus vähenee ammoniakkin haihtumisen tai nitrifikaation seurauksena. Täten nitraatin läsnäolo ja ammoniumtypen poissaolo ilmaisevat stabiloituneita olosuhteita. Hyvä, kypsä komposti sisältää lähinnä nitraattityyppiä ja vain vähäisessä määrin ammoniumtyyppiä (Haug 1993, Selmer-Olsen 1993). Useimmat kompostoitavat ainekset sisältävät helposti hajoavaa tärkkelystä, joka kompostoinnissa hajoaa nopeasti. Kompostin kypsytyden mittarina voidaan pitää tärkkelyksen häviämistä kompostimassasta (Lossin 1970). Pascual et al. (1997) totesivat, ettei hiili/typpi -suhde ole aina sopiva kompostin stabiiliisuuden mittari, sillä esimerkiksi runsaasti tyyppiä sisältäviä jätteitä kompostoitessa ilmeisen tuoreen kompostin hiili/typpi -suhde voi olla alle 15. He esittivät sen sijaan käytettäväksi vesiliukoisien hiilen ja typen suhdetta, joka oli kypsällä kompostilla 0,3 hiili/typpi -suhteen ollessa 10,5.

Laulumaan (1989) mukaan kationin-vaihtokapasiteetti on melko hyvä kompostin kypsytyden kuvaaja, mutta humuspitoi-

suuden mittaaminen kypsytyden kuvaajana vaatii vielä selvitystyötä. Käytännöllinen menetelmä kompostin kypsytyden mittaamiseen voi olla humustuneen orgaanisen aineksen ja orgaanisen aineksen kokonaismäärän suhteen seuraaminen, joskin se vaatii vielä kehittämistä (Laulumaa 1991). Fenolihapot ovat eräs epäkypsän kompostin fytotoksinen aineryhmä, joten niiden määrän väheneminen kuvastaa kompostin kypsymistä (Lilja et al. 1986). Mathur et al. (1993a, b) totesivat kompostista uutetun vesiliuoksen optisen tiheyden olevan varsin luotettava kompostin kypsytyden mittari.

Kypsällä kompostilla ei ole epämiellyttävää hajua, eläimille ja kasveille myrkylliset organismit ovat kuolleet ja C/N -suhde on pieni. Vaikka kypsää kompostia säilytetäisiin pitkiä aikoja kasoissa, lämpötila ei kohoa. Kypsällä kompostilla on humuksen ominaisuudet. Puutarhaliiton ohjeiden mukaan kompostin kypsyminen on varmistettava huolellisella kompostointitekniikalla ja riittävällä kompostointiajalla. Ohjeet suosittavat kompostin nopean hajoamisvaiheen jälkeen vähintään 6 kuukauden varastointia riittävän biologisen stabiilisuuden saavuttamiseksi (Hänninen et al. 1992). Ympäristöministeriön (1992) kompostityöryhmän mietinnössä todetaan, että kompostituotteen kypsymyttä on tarkkailtava jollain seuraavista menetelmistä; aistinvarainen arviointi, auman lämpötilan tarkkailu käynnön jälkeen, lämpötilan laboratoriotesti, pH-testi (ns. Jannin testi), orgaanisen aineksen määrä, krassinsiementen idätystesti kompostialustalla tai -uutteella tai kationinvaihtokyky (Liite 4).

Käytettävän kompostin tarvittava kypsymysaste riippuu yleensä käyttökohteesta, kypsymättömän kompostin käyttö ei aina välttämättä johda haittavaikutuksiin. Peltoviljelyssä voidaan käyttää myös kypsymättömää kompostia, mikäli se levitetään hyvissä ajojen ennen kylvöä, jotta fytotoksinet yhdisteet ehtivät hajota. Mikäli tavoitteena on lisätä maan orgaanisen aineksen määrää, suositellaan kypsän kompostin käyttöä. Kypsymättömän kompostin on todettu aiheuttavan tyypin immobilisoitumista maas-

sa, kompostin kypsyminen parantaa myös sen lannoitusarvoa (Paatero et al. 1984, Paré et al. 1997, Bernal et al. 1998a, b, c)

6.3 Stabiiloituminen

Kompostin stabiilisuuden vaihtelu on tärkein tekijä, joka rajoittaa kompostin laajamittaista käyttöä. Termi stabiiloituminen viittaa orgaanisen aineksen hapettumiseen tai sen muuntumiseen vastustuskykyisempään muotoon. Kompostoitumisen edetessä helposti hajoavat orgaaniset aineet hahetetaan ja muunnetaan vähitellen vaikeammin hajoaviksi humusaineiksi. Stabiilimmat yhdisteet, jotka ovat jääneet jäljelle kompostoitumisen loppuvaiheessa, ovat myös hajoavia yhdisteitä, mutta ne hajoavat huomattavasti hitaammin kuin alkuperäisen syöttömateriaalin ainekset. Kompostin stabiiloituminen ei voi olla täydellistä, ns. stabiiloituneessakin kompostissa orgaaninen aines jatkaa hajoamista, tosin hyvin hitaasti. Täydellinen stabiiloituminen tarkoittaisi kaiken orgaanisen aineksen hajoamista kunnes kaikki olisi hajoitettu ja lopputuotteena olisi vain hiilidioksidia ja vettä (Haug 1993, Hoitink et al. 1997).

Kompostin stabiiloitumisen on oltava riittävää, jotta haitat ja fytotoksinet aineenvaihduntatuotteet vähenevät. Stabiiloitumisen ei kuitenkaan tule olla niin täydellistä, että lopputuotteen sisältämää orgaanista ainesta menetetään tarpeettomasti, sillä kompostin arvo maanparannusaineena riippuu osittain juuri sen sisältämästä orgaanisesta aineksestä. Kasvualustakäytössä kompostin stabiilisuus on erityisen tärkeää. Peltoikätyössä kompostin stabiilisuus ei ole yhtä välttämätöntä, koska se voidaan levittää hyvissä ajojen ennen kylvöä, jolloin stabiiloituminen tapahtuu maassa. Kypsymättömän kompostin käyttö aiheuttaa kuitenkin usein ongelmia myös peltoikätyössä (Haug 1993, Hoitink et al. 1997). Paateron et al. (1984) mukaan tyydyttävä stabiiliteetti saavutetaan yleensä, kun kompostointiprosessin kolmas vaihe eli jäähtymisvaihe on ohii. Stabiiloituminen on riittävää, kun fyto-

Taulukko 11. Viherympäristöliiton suosituksia viherrakennuskasvualustojen ravinneanalyysin ohjearvoiksi (Viherympäristöliitto 1997).

Määrittäminen	Nurmikot	Vaateliaat puut, pensaat ja perennat	Vaativattomat puut, pensaat ja perennat	Karut alueet, havut ja varvut	Kotipihat
Johtoluku (10xmS/cm)	3-6	3-6	1,5-4	0,5-2,5	3-6
pH	5,5-7	5,5-7	5-6	4-6	3-6
Tilavuuspaino (kg/m ³)	800-1000	640-800	760-950	960-1200	600-900
Orgaaninen aines (paino-%)	6-10	10-14	8-12	4-6	8-16
Liukoinen N (mg/l)	35-100	20-60	10-30	5-20	35-100
Kalsium (mg/l)	1900-3800	2000-4500	750-2000	250-1000	1900-3800
Fosfori (mg/l)	10-30	10-30	5-20	5-12	10-30
Kalium (mg/l)	150-300	150-350	75-250	50-150	150-400
Magnesium (mg/l)	150-400	200-450	50-200	30-100	150-400
Rikki (mg/l)	10-200	10-200	5-100	5-100	10-200
Boori (mg/l)	0,4-1,5	0,4-1,5	0,4-1,5	0,2-0,6	0,4-1,5
Kupari (mg/l)	2-20	2-20	2-20	2-20	2-20
Mangaani (mg/l)	10-500	10-500	10-500	10-500	10-500
Sinkki (mg/l)	2-20	2-20	2-20	2-20	2-20

set yhdisteet on hajotettu sekä kompostin hapenkulutus on vähentynyt tasolle, jolla hajun ja hapettomien olosuhteiden muodostuminen eivät enää haittaa lopputuotteen käyttöä tai varastointia (Haug 1993).

Kompostin stabiilisuuden ja kompostin tilan mittaamiseen on käytetty monia menetelmiä. Kompostin lämpötilan tuotto on riippuvainen orgaanisen aineen hapetuksesta, joka vähenee, kun helposti hajoava aines on hajonnut. Kompostoitumisprosessin lähestyessä päättymistä kompostin lämpötila laskee lähes ilman lämpötilaa vastaavaksi. Orgaanisen aineksen pitoisuuden avulla voidaan vertailla tietyistä lähtöaineista tuotetun kompostin prosessin etenemistä. Orgaanisen aineksen määrää kuvaavat hehkutushäviö, kemiallinen hapenkulutus, hiili/typpi -suhde. Hapenkulutus on riippuvainen orgaanisen aineksen hajoamisesta ja kypsän kompostin hapenkulutus on vain 3–5 % tuoreen aineksen hapenkulutuksesta. Tiettyjen yhdisteiden olemassaolo (esim. nitraatti) ja tiettyjen yhdisteiden poissaolo (esim. ammonium, sulfidit, orgaaniset hapot ja tärkkelys) osoittavat kompostoitumisprosessin edenneen jo varsin pitkälle. Myös hapetus-pelkistypotentiaalinen lisääntyminen osoittaa prosessin edenneen varsin pitkälle ja kokenut kompostoitaja pystyy ais-

tinvaraisesti arvioimaan kompostin tilan (Haug 1993).

6.4 Ravinteet

Kompostituotteen tyyppipitoisuuden on oltava riittävä suhteessa kompostituotteen orgaanisen aineksen määrään ja laatuun. Jos maahan lisätyn orgaanisen aineksen hiili/typpi -suhde on suuri, sen sisältämä typpi ei riitä hajottajien tarpeeseen ja ne sitovat maaperän tyyppä, jolloin tyyppä immobilisoituu ja kasvit kärsivät liukoisen typen puutteesta. Kypsytöntä kompostia käytettäessä orgaanisen aineksen hajoaminen jatkuu maassa, mikä voi aiheuttaa typen puutetta maassa. Jos taas hiili/typpi -suhde on pieni, tyyppä on yli hajottajien tarpeen ja tyyppä vapautuu eli mineralisoituu (Ympäristöministeriö 1992, Haug 1993, Bernal et al. 1998, Niemi et al. 1998).

Maa- ja metsätalousministeriön päätöksen mukaan (46/1994) maanparannuskompostien tuoteselosteissa on ilmoitettava tuotteen sisältämät pääravinteet typpi, fosfori ja kalium kokonaispitoisuuksina. Viherympäristöliitto (1997) on antanut suositukset kasvualustan ravinneanalyysin ohjearvoiksi (Taulukko 11).

Taulukko 12. Biojätekompostien fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia Mäkelä-Kurton et al. (1996) mukaan sekä yhdyskuntajätekompostin ja maatala- ja puutarhajätekompostin ominaisuuksia Biddlestone & Grayn (1985) mukaan.

Ominaisuus	Biojätekomposti	Yhdyskuntajätekomposti	Maatala- ja puutarhajätekomposti
	% kuiva-aineesta		
Humus	41		
Orgaaninen aines		25	80
pH	7,5		
C/N -suhde	14		
C		8	50
N	1,7	0,4	3,5
P	0,5	0,1	1,5
K	1,9	0,4	1,5
Ca	2,3	1,1	1,1
Mg	0,32		
Na	0,2		
Mn	0,0211		
Fe	0,84		
Al	2,0		
B (mg/l)	2,6		

Pääkaupunkiseudulla erilliskerätystä biojätteestä tuotettu komposti oli maatalouskäyttöön sopivaa, kun sitä oli kompostoitu aumassa yli 6 kuukautta. Taulukossa 12 on esitetty näiden biojätekompostien fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia. Pääravinneiden kokonaismääristä liukoisia ravinteita oli tyypestä 2,5 %, fosforista 35 % ja kaliumista 55 % (Mäkelä-Kurto & Sippola 1995, Mäkelä-Kurto et al. 1996). Biddlestone & Grayn (1985) esittämät yhdyskuntajäte- sekä maatala- ja puutarhajätekompostin ravinnepitoisuudet on esitetty taulukossa 12.

6.5 Raskasmetallit

Kompostituotteiden käyttöä rajoittaa usein sen raskasmetallipitoisuus. Raskasmetallien kertymistä maahan pyritään estämään säätämällä kompostien sisältämien raskasmetallien suurimmat sallitut pitoisuudet. EU:n päätös ekologisista arviointiperusteista yhteisön ekotuotemerkin myöntämiseksi maanparannusaineille (98/488/EY) määrittelee raskasmetallipitoisuuksien rajat kompostivalmisteille, joilla on ekotuotemerkki

(Ecolabel, Liite 3). EU:n luonnonmukaista tuotantoa koskevat säännökset (97/1488/EY) määrittelevät luonnonmukaisessa tuotannossa käytettävien kotitalousjätekompostien suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet. Suomessa käytettävien maanparannusaineiden ja lannoitettujen kasvualueiden on alitettava Maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteita koskevan päätöksen (46/1994) asettamat raskasmetallirajat sekä tavanomaisessa että luonnonmukaisessa tuotannossa. Vastaavasti tavanomaisessa maanviljelyksessä käytettävälle puhdistamolietteelle on asetettu raskasmetallien pitoisuusrajat (Vnp 282/1994). Taulukkoon 13 on koottu kompostien raskasmetallipitoisuusrajat näiden säädösten mukaan ja siinä esitetään analyysituloksia espanjalaisen biojäte-lietekompostin ja suomalaisen biojätekompostin raskasmetallipitoisuuksista.

6.6 Hygieeninen laatu

Maanparannusaine tai lannoitettu kasvualue ei saa sisältää niin paljon haitallisia tai vaarallisia aineita tai eliöitä, että sen ohjeen

Taulukko 13. Kompostituotteiden raskasmetallipitoisuudelle asetettuja raja-arvoja ja suosituksia sekä kompostien analyysituloksia. MMM:n maanparannusaineita koskevassa päätöksessä (46/1994) mittayksikkö on mg/kg tuoreainetta, muissa mg/kg kuiva-ainetta.

	Hg	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn	Cr
EU:n ekotuotemerkki	1	1	50	100	100	300	100
EU:n luomukomposti	0,4	0,7	25	45	70	200	70
MMMp:n maanparannusaine (mg/kg)	2	3	100	150	600	1500	
Vnp:n puhdistamoliete	2	3	100	150	600	1500	300
Biojäte-lietekomposti, Espanja*		4	649	200	149	671	177
Biojätekomposti, Suomi**	0,17	0,57	7,3	40	81	182	27

* Pascual et al. 1997

** Mäkelä-Kurto et al. 1996

mukainen käyttö voi aiheuttaa haittaa ihmisille, eläimille tai muulle luonnolle (Lannoitelaki 232/1993). Kompostin termofiilisen vaiheen korkea lämpötila (jopa 70 °C) tuhoaa taudinaiheuttajien kasvusolut helposti. Suolistoperäiset mikrobit, fekaaliset koliformit, enterokokit sekä virukset ovat tärkeitä indikaattorimikrobeja kompostin hygieenisyydelle. Niiden löytyminen osoittaa myös patogeenisten mikrobien mahdollisen läsnäolon. Yhdyskuntajätteisessä on tavallisesti selvästi vähemmän fekaalisia mikrobeja kuin lietteessä. Patogeenit voivat tuhoutua sellaisessakin kompostissa, jossa ei ole saavutettu korkeita lämpötiloja. Patogeenien tuhoutumista edistävät mikrobien parempi kilpailukyky, niiden tuottamat antibiootit ja jätteestä hajoamisen yhteydessä syntyvät tuotteet, kuten metanoli, ammoniakki ja asetaatti. Suolistoperäiset mikrobit eivät yleensä pysty lisääntymään kompostissa ja niitä tuhoutuu voimakkaiden lämpötilan- ja pH-vaihtelujen seurauksena (Paatero et al. 1984, Valo & Pipping 1991, Ympäristöministeriö 1992).

Bollen et al. (1989) totesivat kompostoitumisprosessin alkuvaiheen korkean lämpötilan olevan ensisijainen tekijä sienimäisillä patogeeneilla infektoidun kasvijätteen hygienisoimisessa. Myös alkuvaiheessa esiintyvät toksiset yhdisteet ja mikrobien välinen kilpailu ovat mahdollisia hygienisoitumiseen vaikuttavia tekijöitä. Finstein et al. (1987) totesivat kompostin hygienisoitumiseen riittävän yksi päivä 60 °C:een

lämpötilassa tai neljä päivää 55 °C:een lämpötilassa. Hygienisoitumista voivat edistää myös mikrobien tuottamat antibioottiset aineet.

Komposti on käännettävä riittävän monta kertaa aktiivivaiheen aikana, jotta voidaan hyödyntää korkean lämpötilan hygienisoiva vaikutus ja turvataan kompostituotteen tasalaatuisuus. Korkea lämpötila tappaa tai inaktivoi lähes kaikki kasvitautinaiheuttajat eräitä kasviviruslukuunottamatta. Patogeeniset virukset inaktivoituvat kompostoinnissa nopeammin kuin patogeeniset bakteerit. Riittävä hygienisoituminen saavutetaan Paateron et al. (1984) mukaan, kun kompostin lämpötila on useiden viikkojen ajan yli 40 °C tai viikon ajan yli 70 °C. Ylimäki et al. (1983) totesivat, että möhöjuuren itiöt tuhoutuvat kompostissa kun lämpötila on viikon ajan 70 °C, mikäli kosteus on 60-80 % ja pH emäksinen. Samoissa olosuhteissa hävisivät myös *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea* ja *Fusarium*-lajit. Ankeriset tuhoutuivat yli 50 °C:een lämpötilassa. Yuen & Raaben (1984) mukaan kasvipatogeeniset sienet *Rhizoctonia*, *Armillariella* ja *Verticillium* tuhoutuvat 3 viikossa, kun kompostissa vallitsee yli 45 °C:een lämpötila 2 viikon ajan. Ympäristöministeriö (1992) kompostityöryhmän mukaan kompostoitavan massan on saavutettava 55 °C:een lämpötila, jolloin jo 10 tuntia riittää suolistobakteerien tuhoutumiseen. Tällöin massan on oltava tasalaatuisista ja lämpötilan riittävän korkea, riittävän

Taulukko 14. Bakteerien, virusten ja kasvipatogeenien tuhoutuminen aumakompostoinnissa (Hovsenius 1987).

Organismi	Viipymä	Lämpötila	Huomautuksia
<i>Salmonella</i> sp.	3 vrk 7 vrk	15 → 70 °C 55 °C	pakotettu ilmastus
<i>Shigella</i>	1-4 vrk	50-60 °C	
<i>Escherichia coli</i>	3 viikkoa		
Muut koliformit	> 60 vrk	40-70 °C	
<i>Streptococcus</i>	yli 7 vrk		
<i>Bacillus</i> sp.		> 60 °C	elävät organismit tuhoutuvat kokonaan
	4 viikkoa	> 57 °C	itiöt tuhoutuvat
<i>Mycobacterium</i>	10 vrk	65 °C	
Poliovirus	3 vrk	13 → 62 °C	
	1 tunti	76 °C	
Suolinkainen	3 vrk	40-49 °C	
Kasvipatogeeniset bakteerit ja sukkulamadot	1 vrk	55-60 °C	yleensä kaikki tuhoutuvat

kauan joka osassa. Aktiivisessa vaiheessa olevan kompostin lämpötila on mitattava joka toinen viikko, ainakin kunnes on saavutettu vaadittu kääntöjen minimimäärä. Tämän jälkeen riittää mittaus kerran kuukaudessa stabiloitumisen seuraamiseksi. Reaktorikompostoinnissa suositellaan jatkuvaa lämpötilan mittaamista. Laitekompostoinnissa käytetty viipymä ei riitä tuhoamaan patogeenisia mikrobeja kokonaan, vaan massa tulee stabiloida jälkikompostoinnilla (Valo & Pipping 1991).

Kompostin kypsytyksen ja hygienisoinnin varmistamiseksi kompostituotetta on aktiivivaiheen jälkeen jälkikypsyttävä vähintään kuusi kuukautta. Lyhyemminkin jälkikypsytyksen jälkeen tuotetta voidaan levittää viljelymaille, joilla kasvatetaan viljaa, sokerijuurikasta tai öljykasveja tai nurmen perustamisvaiheessa. Mikäli ei saavuteta edellämainittuja olosuhteita tai voidaan perustellusti epäillä tuotteen hygieenisestä laatua, on kompostin hygieenisuus osoitettava määrittämällä sen mikrobiologinen laatu. Seuraavia hygieenisyyden kriteereitä voidaan käyttää:

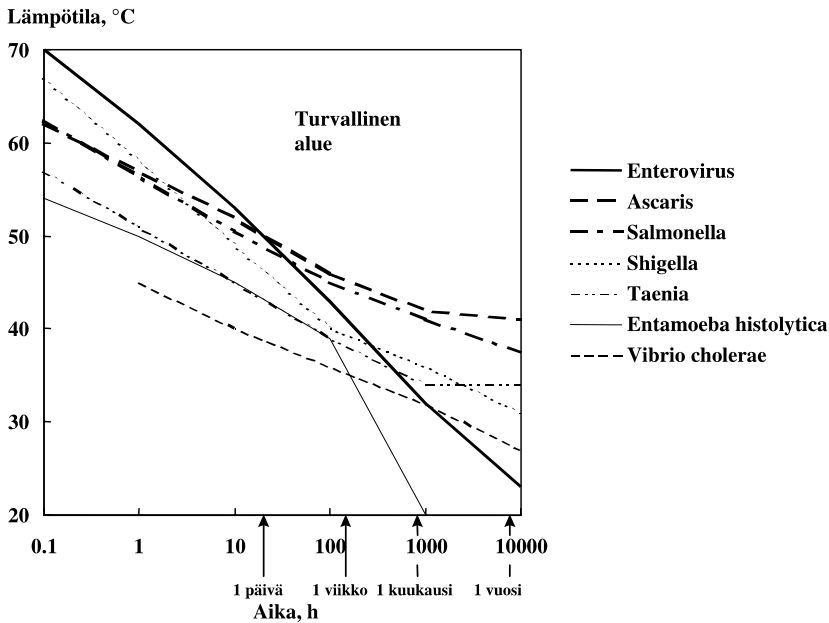
- 1) näytteessä on oltava 100–1000 kertaa enemmän termofiilisiä organismeja kuin mesofiilejä (määritetään pesäkeluku 55 °C:ssa, 37 °C:ssa ja 22 °C:ssa),
- 2) kymmenestä 10 g:n näytteestä enintään yhdessä saa olla havaittavissa oleva määrä *Salmonellaa* ja

- 3) enterokokkien pesäkeluku saa olla enintään 5000 kpl/g näytettä. Laitteiden ja kentän puhtaanapidolla on ehkäistävä valmiin tuotteen uudelleen saastumista. Vaihtoehtoisesti tai edellisiä ehtoja täydentäen kompostituotteesta voidaan määrittää joitakin yleisesti jätteisä esiintyviä indikaattoriorganismeja, joiden tuhoutuminen tai runsas väheneminen riittävällä todennäköisyydellä takaa myös vähälukuisempien, vaarallisten eliöiden tuhoutumisen (Ympäristöministeriö 1992). Haitallisten kasvipatogeenien, bakteerien ja virusten tuhoutuminen kompostoinnissa on esitetty taulukossa 14 (Hovsenius 1987). Feachem et al. (1983) esittivät kaavion joidenkin yleisten patogeenien tuhoutumiseen vaaditusta viipymästä tiettyssä lämpötilassa (Kuva 4).

7 Biojätekompostien hyödyt kasvintuotannossa

7.1 Maanparannusvaikutus

Maataloudessa kompostia käytetään ensisijaisesti maanparannusaineena. Maanparannusvaikutukseksi voidaan lukea kaikki muu



Kuva 4. Eräiden patogeenien tuhoutumiseen vaadittava viipymä tietyssä lämpötilassa Feachem et al. (1983) mukaan.

paitsi kompostin suora kasvinravitsemuksellinen vaikutus. Eloperäisen aineen lisäyksellä voidaan parantaa maan mururakennetta, vedenpidätyskykyä ja tehostaa mikrobitoimintaa. Eloperäisen aineen hajoamisen lopputuotteena syntyvä humus vaikuttaa maan kationinvaihtokapasiteettiin, jolla on merkitystä ravinteiden huuhtoutumisen estäjänä. Humus on myös tärkeä maan puskurikykyyn vaikuttava tekijä. Hyvä puskurikyky estää maan pH:n äkillisiä muutoksia. Säännöllisellä kompostin käytöllä voidaan täydentää myös maan kalkitusta. Varsinkin yhdyskuntajätekompostin maan happamuutta neutraloiva vaikutus voi olla kalsiumkarbonaatiksi laskettuna yli 10 % kompostin kuivapainosta (Paatero et al. 1984, Paré et al. 1997).

Tulokset kompostin maanparannusvaikutuksesta ovat vaihtelevia, kuten ovat myös käytettyjen kompostien ominaisuudet. Kempainen (1994) käytti porkkanan ja perunan lannoitukseen lantakompostia. Kompostin maan rakennetta parantava vaikutus tuli esille kokeen viimeisenä vuonna,

joka oli alkukesällä poikkeuksellisen viileä ja sateinen. Kasvustot taimettuivat kompostiruuduissa selvästi aikaisemmin ja tasaemmin kuin väkilannoiteruuduissa ja tuottivat myös suuremman sadon. Weltzien (1989) tutki kompostin vaikutusta ohra- kasvustossa esiintyvän härmän määrään. Maan ja kompostin seossuhteen ollessa 1:1 ohran härmää esiintyi 54 % ilman kompostia kasvatetun ohran tautien määrästä. Suuremmalla kompostin osuudella, maan ja kompostin seossuhteen ollessa 1:5 härmää esiintyi 21 % käsittelemättömän kasvuston härmän määrästä. Niemi et al. (1998) havaitsivat kypsän biokompostin lisäävän maainkubointikokeessa vain hieman mikrobiaktiivisuutta.

7.2 Ravinteiden hyödyntäminen

Suuri osa kompostin ravinteista on hitaasti vapautuvassa muodossa, joten kompostin ravinnevaikutus on pitkäaikainen. Vähäarvoisen eloperäisen aineen ravinnevaikutuk-

sen lisääminen on aina ollut yksi kompostoinnin vahvimmista perusteista. Kompostoinnissa pyritään lahottamaan helposti hajoavat hiiliyhdisteet ennen aineen lisäämistä maahan, jottei maassa lahoaminen sitoisi maan ravinteita vaikealiukoiseen, kasveille käyttökeltvottomaan muotoon. Tuoretta, helposti hajoavaa jätettä (esim. raakalietettä) maahan levitettäessä syntyy helposti pelkistävät olosuhteet niistä johtuvine haitallisine seurauksineen. Kompostointi parantaa tällaisten jätteiden käyttöarvoa, koska helposti hajoava aine lahotetaan ennen sijoittamista maahan. Kypsää kompostia voidaan levittää maahan suuriakin määriä ilman haittavaikutuksia. Kompostoinnilla pyritään myös rikastamaan eloperäisen aineen sisältämiä ravinteita. Kun eloperäisen aineen hiiliyhdisteet hajoavat osan aineesta haihtuessa hiilidioksidina ilmaan, rikastuvat hajoamisessa vapautuvat ravinteet kompostiin. Hajoamisessa vapautuvat kasvinravinteet pidättyvät osin uudelleen eloperäiseen muotoon pieneliösolujen rakennusaineeiksi, osittain ravinteet jäävät epäorgaanisessa muodossa kompostikasaan (Paatero et al. 1984).

Ravinteiden käyttökelpoisuus on komposteissa varsin pieni, vaikka kompostien ravinnepitoisuudet ovat usein lannan pitoisuuksien tasolla. Kompostin kokonaistyyppistä on liukoista, ensimmäisenä vuonna kasveille käyttökelpoista, eri tutkimusten mukaan vain 3–15 %. Eloperäisessä muodossa olevan typen vapautuminen kasveille käyttökelpoiseen muotoon riippuu kompostin laadun lisäksi maan lämpötilasta ja kosteudesta. Kompostien sisältämän fosforin käyttökelpoisuus kasveille on myös ensimmäisenä vuonna melko pieni. Se vaihtelee välillä 1–25 % kokonaisfosforin määräästä ja keskiarvo on noin 15 %. Useimmiten kompostin typpilannoituksen jälkivaikutus levitystä seuraavana vuonna vastaa noin 10–30 kiloa väkilannoitetyyppeä/ha. Yhdyskuntajätekompostit sisältävät yleensä verraten runsaasti hivenaineita, raaka-aineista riippuen jopa haitallisen suuria määriä (Paatero et al. 1984).

Orgaanisista lannoitteista ravinteet vapautuvat kasvukauden aikana. Esimerkiksi porkkanan ja perunan kasvukausi on pitkä ja varsinaisen korjattavan sadon muodostuminen painottuu syyskesään. Siksi ne ovat soveliaita orgaanisella lannoituksella lannoitettaviksi. Kempainen (1994) totesi, että riittävällä lantakompostilannoituksella päästään samaan satotasoon tai jopa parempaan satoon kuin väkilannoituksella. Mäkelä-Kurtto & Sippola (1995) totesivat kompostilannoituksen tuovan ohran käyttöön riittävästi fosforia ja kaliumia ainakin ensimmäistä vuotta varten. Typen osalta on kuitenkin tehtävä lähes täydellinen lisälannoitus. Kompostin jälkivaikutuksen todettiin olevan heikompi kuin ensimmäisen vuoden lannoitusvaikutuksen.

7.3 Kasvinsuojeluvaikutus

Kompostin käytöllä voi olla myös kasvinsuojeluvaikutus. Kompostien kasvitauteja vähentävät vaikutukset perustuvat kilpailuun, antibioottisiin aineisiin, loisten loisintaan ja isäntäkasvin puolustusmekanismien herättämiseen. Humuksesta vapautuvat ravinteet voimistavat kasvia ja lisäävät sen vastustuskykyä taudinaiheuttajia vastaan. Eloperäinen aines heikentää usein myös itse taudinaiheuttajia, mikä johtuu eloperäisen aineen mukanaan tuoman ns. saprofyytin eliötoiminnan vilkastumisesta (Paatero et al. 1984, Hoitink et al. 1997).

Kompostoitavien aineiden ominaisuudet vaikuttavat kompostin sisältämän, tauteja biologisesti torjuvan mikro-organismipopulaation rakenteeseen. Jäähdytysvaiheen aikana mesofiiliset mikro-organismit palaavat kompostiin ja niistä riippuu kompostin patogeneja ja tauteja estävä vaikutus. Kompostin täytyy olla tarpeeksi stabiloitunutta, jotta tautien biologinen torjunta on tehokasta. Käytännössä kompostissa ei saisi olla fytotoksisia aineita ja sen tulisi sisältää sopiva biologinen kontrollieliöstö. Tarkkoja ohjeita tauteja torjuvan kompostin ominaisuuksista ei kuitenkaan ole saatavilla. Myöskään kompostin maassa olevia

tauteja torjuvan vaikutusajan pituutta ei ole määritetty, oletettavasti se riippuu maan lämpötilasta, maalajista ja kompostin orgaanisen aineksen ominaisuuksista. Myös viljelytapa ja kompostin käyttömäärä vaikuttavat. Kompostien tauteja ehkäisevästä vaikutuksesta saadut tulokset vaihtelevat johtuen mahdollisesti vaihtelevasta jäähtymisvaiheen aikaisesta mesofiilisten mikroorganismien kolonisaatiosta (Hoitink et al. 1997). Esimerkiksi Schüler et al. (1993) totesivat orgaanisesta kotitalousjätteestä tuotetun kompostin vähentävän *Mycosphaeraella pinodes* -patogeenin esiintymistä herneellä.

Viime vuosikymmenen aikana on tutkittu kompostiuutteiden vaikutusta kasvien maanpäällisten kasvitautilien kontrollointiin. Uutteet valmistetaan usein liottamalla kypsää kompostia vedessä 7–10 päivää, jonka jälkeen uute suodatetaan ja ruiskutetaan kasveille. Tehokkuus vaihtelee kompostin, liuoserän, viljeltävän kasvilajin ja tutkittavan taudin mukaan. Weltzien (1989) totesi kompostiuutekäsitteilyn vähentävän härmän ja perunaruton esiintymistä. Käytettäessä sekä kompostia että kompostiuutetta havaittiin härmän esiintymisen vähenevän selvästi. Kompostiuutteiden on myös osoitettu herättävän kasvien vastustuskykyä uutteessa esiintyvien mikrobien vaikutuksesta. Liuosten tehokkuuteen vaikuttaa mahdollisesti maan orgaanisen aineksen pitoisuus ja koostumus sekä viljelymaan mikroflora. Tulevaisuudessa voidaan kenties osoittaa kompostiuutteiden vaikuttavan kasvien vastustuskykyyn taudeille. Tällä hetkellä kompostin ja kompostiuutteiden tauteja ehkäisevästä vaikutuksesta saadut tulokset ovat kuitenkin hyvin vaihtelevia (Weltzien 1992, Hoitink et al. 1997).

7.4 Sadon laatu

Kompostien ja eloperäisten lannoitteiden vaikutuksista sadon nitraattipitoisuuteen on toistaiseksi melko ristiriitaisia tuloksia. Kauppila & Koivunen (1993) totesivat puhtaana orgaanisen kompostilannoitteen vähentävän punajuuren, porkkanan ja sipulin

nitraattipitoisuuksia. Kempainen (1994) puolestaan totesi kompostilannoituksen lisäävän porkkanan nitraattipitoisuutta.

Mäkelä-Kurtto & Sippola (1996) käyttivät biojätekompostilannoitusta suurina annoksina kenttäkokeessa perunan, porkkanan, punajuuren, pensaspavun, lehtisalaatin ja tillin viljelyssä. Biojätekomposti on saattanut olla kypsyyssasteeltaan jossain määrin raakaa, sillä ammoniumtyypen osuus liukoisen tyyppien kokonaismäärästä oli vielä 75 %. Punajuuren nitraattipitoisuus lisääntyi kompostilannoituksen ja lisätyppilannoituksen seurauksena, lehtisalaatin nitraattipitoisuus oli suuri sekä komposti- että kivennäislannoituksella. Nitraattipitoisuuden lisääntyminen voi selittyä kompostin suurella levitysmäärällä. Biojätekompostissa peltoon viety ravinnelisäys oli 160 kg/ha liukoista typpeä, 294 kg/ha liukoista fosforia ja 1221 kg/ha liukoista kaliumia. Vaikka sekä lehtisalaatin että punajuuren nitraattipitoisuudet olivat kokeessa melko korkeat, edustivat ne kuitenkin Suomessa todettua tavanomaista tasoa.

8 Biojätekompostien käyttökohteet, suositukset ja rajoitukset

8.1 Yleiset kompostin käytön rajoitukset

Maatalouden ympäristötuen perustuen (MMMp 768/1995, MMM yleiskirje Nro 82/98) säädösten mukaan tällä hetkellä lannoitteissa saa peltoon levittää ravinteita enintään taulukossa 15 esitetyt perustasojen mukaiset määrät liukoista typpeä ja fosforia. Valmisteilla olevan, vuosia 2000–2006 koskevan maatalouden ympäristöohjelman mukaan nykyiset niin sanotut peruslannoitustasot poistuisivat. Tällöin kaikkien tulisi lannoittaa ns. tarkennettujen taso-

Taulukko 15. Lannoituksen perustaso peltokasveilla (MMM päätös maatalouden ympäristötuen perustuesta 768/1995).

Kasvilaji	Typpi (kg/ha)	Fosfori (kg/ha)
Rehuvilja	90	15
Leipävilja		
kevätevehnä	100	15
syysvehnä		
syksy	20	15
kevät	100	
ruis		
syksy	20	15
kevät	100	
Öljykasvit	100	15
Sokerijuurikas	120	30
Ruokaperuna	60	40
Teollisuusperuna	80	40
Säilörehu	180	30
Heinä	90	15
lisätyppi, jos odelma korjataan	60	

jen mukaan. Esimerkiksi sallittavaan fosforimäärään vaikuttaisivat maan viljavuusluokka ja saatu sato (Loiskekoski 1999).

Valtioneuvoston päätös maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta (Vnp 219/1998) rajoittaa typpilannoituksen käyttöä maataloudessa. Tilalla voidaan käyttää peltojen lannoitukseen vuosittain enintään seuraavat määrät kokonaistyyppiä:

- 1) syysviljalle 200 kg/ha/vuosi, josta 30 kg syksyllä ja 170 kg keväällä,
- 2) perunalle 130 kg/ha/vuosi,
- 3) heinä ja laidun, säilörehu ja puutarhakasvit 250 kg/ha/vuosi,
- 4) kevätilja, sokerijuurikas, öljykasvit ja muut 170 kg/ha/vuosi.

Ympäristöministeriön (1992) kompositioryhmä esitti suosituksen viljelymaalle, piharakentamiseen tai elintarviketuotantoon käytetystä kompostista johtuvan raskasmetallikuormituksen enimmäismääräksi. Suomalaisissa luonnonmukaisen tuotannon ehtoissa on säädelty tilan ulkopuolelta hankituista lannoitteista ja maanparannusaineista peltoon kohdistuva suurin sallittu vuotuinen raskasmetallikuormitus (Kasvin- tuotannon tarkastuskeskus 1999b). Ruot-

sisssa on vastikään julkaistu ehdotus orgaanisesta jätteestä tuotetun kompostin laadunvarmistussysteemiksi (Lundeberg et al. 1998). Siinä esitetyt raskasmetallien kuormitusrajat ovat tiukemmat kuin suomalaiset luonnonmukaisen tuotannon rajoitukset. Suositukset ja rajoitukset kompostituotteen käytöstä peltoon kohdistuvasta suurimmasta sallitusta raskasmetallikuormituksesta on esitetty taulukossa 16.

Saksassa on asumajätekompostien käytölle varsin tarkat ohjeet, joihin sisältyy mm. eri viljelykasveille suositellut levitysmäärät. Näissä ohjeissa suositellaan 2–4 vuoden välein esim. viljakasveille 20–60 t/ha, juurikasveille 40–100 t/ha, nurmelle 20–50 t/ha, hedelmäpuille 100–200 t/ha, viiniköynnöksille keveillä mailla 50–100 ja jäykillä mailla 80–240 t/ha. Kompostia voi käyttää 2–4 vuoden välein (Mach 1981).

Ravinnevaikutukseltaan merkittävän kompostin käyttömäärä ratkaistaan siinä maahan tulevien ravinteiden määrän perusteella. Maatalouden ympäristötukiehdot ja nitraattidirektiivi asettavat kuitenkin käytettävien ravinnevärien ylärajat. Kun kompostit ovat yleensä lähinnä maanparannusaineita, niiden ohella on tavanomaisessa viljelyssä syytä käyttää myös väkilannoitteita (lähinnä tyyppiä, fosforia ja kaliumia).

Taulukko 16. Kompostituotteen käytöstä peltoon kohdistuva suurin sallittu raskasmetallikuormitus (Ympäristöministeriö 1992, Lundeberg et al. 1998, Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1999b).

Raskasmetalli	Kompostityöryhmän suositus	Komposti luomutuotannossa, Suomi g/ha/vuosi	Kompostin laatujärjestelmäehdotus, Ruotsi
Elohopea (Hg)	1,0	1	1,5
Kadmium (Cd)	1,5	1,5	0,75
Nikkeli (Ni)	100	100	25
Lyijy (Pb)	100	10	25
Kupari (Cu)		600	300
Kromi (Cr)	300		40

Luonnonmukaisessa viljelyssä ei ole sallittua käyttää teollisesti tuotettuja lannoitteita (Paatero et al. 1984, Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1999b).

8.2 Puutarhaviljely

Kasvisten luonnonmukaista kasvihuoneviljelyä koskevassa viljelysäätöehdotuksessa (Burmoi et al. 1998) edellytetään lannan huolellista hygienisointia kompostoimalla sitä riittävän korkeassa lämpötilassa ja jälkikypsyttämällä sitä riittävän pitkään. Mikäli sato ei ole kosketuksissa kasvualustan kanssa, kompostointia ei kuitenkaan tarvita. Komposti tulee lämpövaiheen päätyttyä peittää ravinteiden huuhtoutumisen estämiseksi, mikäli kompostoidaan kattamattomassa tilassa.

Suomessa on perusteltua käyttää kompostia omenan- herukan- ja mansikanviljelyssä, ts. tuotannossa, jossa sadon arvo on tavanomaista peltoviljelyä suurempi ja kyseessä on monivuotinen humusta kuluttava monokulttuuri (Paatero et al. 1984). Burmoi et al. (1998) totesivat, että luonnonmukaisessa kasvihuoneviljelyssä ei aina ole tarpeen kompostoida käytettävää lantaa. Kompostointi aiheuttaa ravinnehävikkiä ja lisää tuotantokustannuksia, etenkin jos viljeltävän kasvin ravinnetarve on suuri.

8.3 Peltoviljely

Kompostin käyttö on tarpeellista kasveille, joiden viljely kuluttaa maan humusta eniten suuren maanmuokkaustarpeen ja vähäisen lahoamaan jäävän biomassan määrän vuoksi. Tällaisia humusta kuluttavia kasveja ovat esim. juurikasvit ja peruna, jotka muodostavat satonsa varsin myöhään. Näiden suurin ravinteiden tarve ajoittuu loppukesään, jolloin komposti luovuttaa pääosan ravinteista kasvien käyttöön. Viljakasvien viljely kuluttaa vähemmän humusta ja maanparannusaineen käyttö ei ole läheskään aina kannattavaa. Nurmiviljelyssä kasvusto suorastaan lisää maan humuspitoisuutta, joten kompostin käyttö ei maanparannusvaikutuksen puolesta ole tarpeen. Apila saattaa kuitenkin hyötyä eloperäisen aineen lisäyksestä, sillä ilmeisesti tyypeä sitovat juurinysträbakteerit säilyvät tällöin paremmin maassa (Paatero et al. 1984).

Käytettäessä kompostituotetta viljelymaalle, piharakentamiseen tai elintarviketuotantoon on kompostituotteen raskasmetallipitoisuuksien perusteella laskettava, että suunniteltu levitysmäärä ei aiheuta raskasmetallikuormitusrajojen ylittymistä. Ympäristöministeriön (1992) kompostityöryhmän esittämät raskasmetallien kuormitusrajat on esitetty taulukossa 16.

Peltoviljelyssä kompostin kannattavia käyttökohteita ovat hyvin karkeat maat, joilla kompostin vaikutus perustuu veden ja ravinteidenpidätyskyvyn parantamiseen. Kompostia voidaan menestyksellä käyttää hiesu- ja varsinkin hiesusavimailla, joilla komposti estää poutimista sekä maan pin-

nan liettymistä ja kuorettumista. Kolmas käyttökohde peltoviljelyssä ovat jäykät savimaat, joiden kasvukuntoon ja muokkau-
tuvuuteen kompostilla on maan rakenteen parantumisen kautta monenlaisia edullisia vaikutuksia. Liiallisesta jäykkyydestä kärsiville maille komposti on edullisinta käyttä-
melko raakana. Kypsä komposti taas on erinomaista maanparannusainetta yksipuolisesta lajitekoostumuksesta kärsiville karkeille kivennäismaille (Paatero et al. 1984).

8.4 Luonnonmukainen viljely

Luomutuotannossa kompostoitaa tulee välttää epäsuotuisia aineksia, kuten raskasmetalleja, lääkkeitä tai torjunta-ainejäämiä. Maatalous- ja puutarhakomposteihin tulee käyttää vain riittävän puhtaita raaka-aineita. Mikäli ainesuhteet kompostissa ovat sopivat ja se on riittävästi koneellisesti hienonnettu ja huolella sekoitettu, lahoaa tavallinen komposti yleensä 2–6 kuukaudessa melko tasaisesti ja perusteellisesti. Mikäli kääntötarvetta on, se suoritetaan lämpövaiheen mentyä ohi, lämmön ollessa alle 30 °C. Normaalisti peltoviljelyssä riittää kompostin huolellinen valmistaminen. Puutarhaviljelyssä komposti on yleensä tarpeen kääntää 1–2 kertaa kypsymisen edistämiseksi ja riittävän tasalaatuisuuden varmistamiseksi. Käymäläjätekomposti on hygieniasyistä tarpeen kääntää 4–5 kertaa, lämpimänä vuodenaikana noin kuukauden välein (Rajala 1995).

Kompostin käyttöä silmälläpitäen kompostit voidaan jakaa kahteen pääryhmään: tuorekompostit ja kypsät kompostit. Tuorekomposti eli puolikypsä komposti on noin 3–6 kuukautta vanhaa ja jo pitkälle lahonnutta, mutta ei ole vielä muuttunut kokonaan pysyväksi humukseksi. Siinä vallitsee puolikypsä tila, lämpötila on laskenut ja eloperäisten raaka-aineiden rakenne on edelleen hyvin tunnistettavissa. Mullan (humuksen) muodostuminen on kuitenkin jo alkanut, ja eloperäisen aineksen osuus ja pieneliötoiminta on vilkasta. Tuorekomposti vilkastuttaa maan pieneliötoimintaa

ja humuksen muodostusta. Koska kasveille helposti käytettävissä olevien ravinteiden määrä on suurempi kuin kypsässä kompostissa, on sen lannoitusvaikutus suurempi. Eloperäisen aineksen hajoamisessa syntyvät orgaaniset hapot voivat kuitenkin vahingoittaa itäviä siemeniä ja herkempiä juuria. Näiden fytotoksisten yhdisteiden vuoksi tuorekomposti ei sovellu kylvömullaksi, taimimullaksi eikä herkimmille puutarhakasveille. Puolikypsää kompostia voidaan käyttää viljoille ja perunoille sekä puutarhakasveista lähinnä vai kurkulle, purjolle ja sellerille. Kypsää, 6–12 kuukautta vanhaa kompostia saadaan sitten, kun pieneliöt ovat hajottaneet lähes kaiken orgaanisen aineksen ja tuloksena on humusta ja multamaisia muruja. Tässä vaiheessa kääntäminen ei enää nosta kompostin lämpötilaa. Kypsä komposti vaikuttaa ennenkaikkea maanparannusaineena maan rakennetta parantavasti. Kypsää kompostia voi käyttää erilaisiin viljelytarkoituksiin ennenkaikkea puutarhaviljelyssä. Se sopii taimimullaksi ja vaatelioiden kasvien lannoitukseen haluttassa hyvässä laatu (Rajala 1995).

Kompostilannoituksen vaikutus riippuu paitsi kompostin ravinnepitoisuudesta ja ravinteiden luovutuskyvystä, myös kyseisen lohkon kasvukunnosta. Tarkkoja kasvi-kohtaisia käyttösuosituksia ei siksi voida antaa. Hyväkuntoisessa maassa sopiva kompostiannos saattaa kiihdyttää maan omien ravinnevarojen mineralisoitumista, jolloin lannoitusvaikutus on huomattavasti suurempi kuin kompostin ravinnevaikutus. Maan hyvä rakenne on edellytys kompostilannoituksen tehokkaalle käytölle. Tiivistyneellä maalla karjanlantakomposti ei tehoa, sillä kompostin ravinteet ovat kasveille käyttökelpoisia vasta maan pieneliötoiminnan kautta. Kompostin käyttömäärät voivat vaihdella huomattavastikin, vaikka lannoitusvaikutus olisi sama. Kasvin ravinnetarve vaikuttaa kompostin käyttömäärään, kuten tavanomaisenkin lannoituksen voimakkuuteen. Komposteja on syytä valmistaa erilaisia eri käyttötarkoituksiin. Mansikalle sopii hitaasti, mutta pitkään vaikuttava komposti, kun taas kaalille tarvitaan vä-

kevää ja nopeavaikutteista kompostia (Rajala 1995).

Kompostituotteiden käyttömäärä sovitaan kasvin tarpeiden, maan kasvukunnon ja kompostin ravinteisuuden mukaan. Sopiva kertalevitysmäärä on yleensä 10–40 t/ha riippuen mm. koko viljelykierron lannoitusmäärästä sekä lohkon maalajista ja viljelykasveista. Peltohehtaarille ei saa viljelykierron aikana käyttää lantaa enempää, kuin mitä 1,5 eläinyksikköä tuottaa. Enimmäiskompostimäärä lasketaan olettaen, että 1 eläinyksikkö tuottaa vuodessa 16 tonnia lantaa ja/tai tuottaa lannassa typpeä 90 kg ja fosforia 15 kg (Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1999b). Annettujen rajoitusten mukaan kompostin käytön ylärajaksi voidaan laskea 24 t/ha/vuosi tai ravinnepitoisuuden mukaan typpeä enintään 135 kg/ha/vuosi ja fosforia enintään 22,5 kg/ha/vuosi. Ympäristötukiehtojen mukaan viljeltäessä ravinnerajat ovat kuitenkin yleensä tiukemmat kuin luonnonmukaisen tuotannon ravinteiden käytön rajat (Taulukko 15).

8.5 Viherrakentaminen, maisemointi ja metsätalous

Viherrakennuskohteet sopivat käyttökohteiksi lähes kaikenlaisille komposteille, sillä vaaraa mahdollisten myrkkujen joutumisesta elintarvikkeisiin tai rehuihin ei ole. Taajamien ja tieluiskien viherrakentamiskohteet ovat kannattavia kompostin käyttökohteita, sillä näiden alueiden maapohja on usein humuksetonta täytemaata, jonka viljely ilman maanparannusaineita on lähes mahdotonta. Kompostituotteet soveltuvat hyvin nurmikkoistutuksiin ja korjauksiin sekä korvaamaan puistometsistä katoavaa humuskerrosta (Paatero et al. 1984).

Ympäristöministeriön (1992) kompostityöryhmän mukaan käytettäessä kompostituotetta maisemoinnissa, viherrakentamisessa tai metsätaloudessa voidaan hyväksyä suurempien fosforimäärien lisääminen kuin maanviljelyssä edellyttäen, että maa on levityksen jälkeen ympärivuotisesti kasvi-

peitteinen eikä maa muutoinkaan ole altis eroosiolle. Tällaisiin kohteisiin voidaan levittää enintään 40 kg P/ha vuodessa. Yhdellä kertaa voidaan levittää 5–10 vuoden annos eli 200–400 kg P/ha. Kokonaistyyppiannos ei saa ylittää 400 kg kokonais-N/ha vuodessa. Liukoisen typen rajana voidaan pitää noin 100 kg liukoista typpeä/ha vuodessa.

Kompostin käytöstä piharakentamiseen ei saa seurata raskasmetallikuormitusrajojen ylittymistä (Ympäristöministeriö 1992, Taulukko 16). Viherympäristöliitto on julkaissut kasvualustaoppaan (Niemi et al. 1994), jossa annetaan käytännöllisiä ohjeita kasvialustan tuottajalle ja käyttäjälle. Tässä oppaassa on esitetty myös Viherympäristöliiton (1997) suositukset viherrakennuskasvialustan ravinneanalyysin ohjearvoiksi (Taulukko 11).

9 Biojätteiden kierrätyksen ympäristövaikutukset

Kompostointilaitteiden kehitys on ollut viime vuosina nopeaa. Ulkona tapahtuvasta aumakompostoinnista ollaan siirtymässä suljettuihin tiloihin, joissa kompostoinnin päästöt ja muut haittatekijät on helpompi hallita ja ehkäistä. Biojätteen käsittelyyn liittyvistä paikallisista haitoista merkittävimmät ovat haju, melu ja jätevedet, jotka kaikki voidaan teknisin keinoin hallita eri tyyppisissä biologisissa käsittelylaitoksissa. Nämä ongelmat korostuvat lähinnä ulkona tapahtuvassa kompostoinnissa. Kompostointi vähentää jätteen terveydellisiä haittoja. Nestemäisten jätteiden kompostointiin liittyvä imukykyisten seosaineiden käyttö sekä ravinnepitoisia jätteitä kompostoitessa tapahtuva typen liukoisuuden heikkeneminen vähentävät myös jätteen rehevöittävää vaikutusta. Mikäli syntypaikalla tapahtuva jätteiden lajittelu lisää kansalaisten tietoisuutta jätteiden määrästä ja omien rat-

kaisujen merkityksestä ympäristön tilaan, tämä voi heijastua laajemminkin ympäristömyönteisenä kulutus- ja muuna käyttäytymisenä (Paatero et al. 1984, Ympäristöministeriö 1998b).

Biojätteen hyödyntäminen vähentää kaatopaikkojen kasvihuonekaasupäästöjä ja vesistöjä rehevöittäviä suotovesiä sekä mahdollistaa keinolannoitteiden korvaamisen osin kompostihumuksella. Nykytietämyksen mukaan kompostoinnissa ei muodostu merkittäviä määriä muita kasvihuonekaasuja kuin hiilidioksidia. Kompostin riittävä kypsyyys ja happipitoisuus prosessin aikana on tärkeää kasvihuonekaasupäästöjen kannalta. Huonosti ilmastetussa kompostissa, anaerobisissa olosuhteissa, saattaa kompostointiprosessin aikana syntyä jonkin verran metaania (CH_4) ja typpioksiduulia (N_2O), jotka ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja. Kypsymätöntä kompostia varastoitaessa nämä kaasut voivat vapautua ilmakehään. Kompostointi aiheuttaa usein ravinteiden liukoisuuden pienenemistä ja vähentää siten jätteen mahdollista vesistöä saastuttavaa vaikutusta. Tämä vaikutus, joka johtuu ammoniakkitypen haihtumisesta ja ravinteiden sitoutumisesta hajottajaeliöstöön, ei kuitenkaan ole yksiselitteisesti etu, sillä samalla jätteen ravinnearvo pienenee merkittävästi (Paatero et al. 1984, Mathur et al. 1993a, Pipatti et al. 1996, Ympäristöministeriö 1998b).

Kompostista tapahtuu lähes aina ravinnehäviöitä valumavesien mukana tai haihtumalla. Kompostoinnin aikaiset typen tappiot voivat olla runsaita, jopa 60 % kompostin lähtöaineiden alkuperäisestä typpipitoisuudesta. Suurin osa hävikistä tapahtuu alkuvaiheen aktiivisen mikrobitoiminnan aikana ammoniakkin haihtumisen kautta. Ammoniakkin haihtumista edistää korkea lämpötila, pH ja hyvä ilmavuus. Ammoniakkin haihtuvan typen määrään vaikuttaa kompostoitavan aineksen hiili/typpi-suhde. Jos jäte sisältää runsaasti typpeä helpoliukoisessa muodossa, mutta vain vähän helposti hapetettavaa hiiltä, typpihäviö muodostuu todennäköisesti suureksi. Käytännöllisin ja tehokkain keino vähentää ty-

pen hävikkiä on kenties hiilipitoisten aineiden lisäys kompostin lähtöaineisiin, jolloin mikro-organismit voimistuneen hiililyhdisteiden hajoituksen seurauksena tarvitsevat enemmän typpeä juuri ammoniakkin haihtumiselle alttiissa vaiheessa. Toinen vaihtoehto typen hävikin ehkäisemiselle on imeyttää haihtunut ammoniakki aineeseen, jolla on vahva pyrkimys sitoa ammoniumioneja tai ammoniakkia (Paatero et al. 1984, Witter & Lopez-Real 1987).

Ravinteiden huuhtoutuminen kompostista maahan on haitallista, sillä se merkitsee pinta- ja pohjavesien saastumisvaaraa. Laite- ja reaktorikompostoinnin aikana ei haitallisten aineiden ja ravinteiden huuhtoutumia yleensä muodostu, koska kompostoitavan massan kosteus voidaan säätää sopivaksi kompostoinnin alussa ja prosessi on enemmän tai vähemmän suljettu. Kattamattomasta kompostista voi jälkikypsytysvaiheessa tapahtua typen hävikkiä, mikäli nitraattia liukenee sadeveden mukana. Avomaalle tehdyistä komposteista huuhtoutuu sadeveden tai auman kasteluveden mukana myös metalleja sekä erilaisia orgaanisia yhdisteitä, jotka tulisi kerätä viemäröinnillä ja käsitellä jätevedenpuhdistamossa. Valmiista kompostituotteesta huuhtoutuu jonkin verran mm. metalleja sekä lähinnä kemiallisena hapenkulutuksena ilmenevää orgaanista, biologisesti huonosti hajoavaa ainesta (Paatero et al. 1984, Valo & Pipping 1991, Pipatti et al. 1996).

10 Kehittämisehdotuksia

10.1 Yleistä jätteenkäsittelyn ja kompostoinnin kehittämisestä

Jätteenkäsittelystä aiheutuvien ympäristö- ja terveyshaittojen ehkäisy ja biojätteen käsittelystä saatavan lopputuotteen menekin turvaaminen ovat tulevaisuudessa biojätteen hyödyntämisen tärkeimpiä kysymyksiä. Haitat voidaan ehkäistä huolellisella toiminnalla, mutta tiedon puute ja huolimattomuus voivat johtaa haittojen hallitse-

mattomaan lisääntymiseen. Lopputuotteen menekin turvaaminen edellyttää myös tiedon lisäämistä ja sen ohella tuotteen markkinointia (Ympäristöministeriö 1998b).

Laadunvarmennus on keskeinen tekijä ja vaikuttaa kaikkiin orgaanisen jätteen käsittelyvaiheisiin. Orgaanisten jätteiden kestävä kierrätys vaatii selviä sääntöjä kierrätettäväksi kelpaavista jätteistä, ja kuinka kierrätystä säännellään ja kontrolloidaan. Hyvin perusteltu laadunvarmistusohjelma lisäisi varmasti kierrätystä, sillä viime vuosina tehdyt markkina-analyysit osoittavat selvästi kaikkien kompostin käyttäjien vaativan standardoitua, riippumattoman organisaation valvomaa laatutuotetta. Jätteen erilliskeräilyyn ja kompostointiin täytyy siis kuulua oleellisena osana myös laadunvarmistussysteemi, joka tarkastelee kompostointia huomattavasti laajemmin kuin vain tuotteen raskasmetallirajojen alittumisen suhteen (Barth & Kroeger 1997).

Erilliskeräilyn laatu ja toimivuus on varmennettava ja tarpeen mukaan korjattava järjestelmä luotettavaksi ja toimivaksi. Laitoksen suunnittelussa tapahtuneet virheet voidaan paikallistaa tai löytää laadunvarmistuksella, tällöin varmennetaan myös työsuojelu. Kompostoinnissa tapahtuvien virheiden välttämiseksi kompostointiprosessia ja kompostin laatua on tarkkailtava jatkuvasti. Markkinoilla on kysyntää standardoiduille laatu- ja kompostiteille, joiden tunnistettavuutta voidaan parantaa laatu- ja järjestelmään pohjautuvalla laatu- ja merkinnällä, tätä kautta luodaan kompostin hyvä imago.

Kompostin käyttösuositukset perustuvat tarkkoihin analyysituloksiin, jolloin kompostin käyttö onnistuu. Raaka-aineiden ominaisuuksien ja laadun vaihtelun myötä voidaan tuottaa myös erilaisia kompostituotteita erilaisiin käyttökohteisiin. Laadunvarmistuksesta saatavien kompostien testitulosten tilastollisten analyysien avulla lainsäätäjät tutustuvat kompostien laadun tasoon ja kompostointilaitosten käytännön mahdollisuuksiin tuottaa laadukasta kompostia. Tätä kautta saadaan direktiivejä, jotka soveltuvat sen hetkiseen kompostituotantoon (Barth & Kroeger 1997).

10.2 Ehdotus maanparannusaineina käytettävien kompostituotteiden laatuvaatimuksiksi

Maanparannuskompostien laatuvaatimukset tulisi määrittellä Suomessa kattavasti ja luotettavasti, jotta orgaanisesta jätteestä tuotetut kompostit olisivat haluttuja ja käyttäjälle turvallisia maanparannusaineita. Laatuvaatimusten määrittely ja perusteiden tutkiminen on työteliäs ja aikaavievä prosessi, joka vaatii runsaasti myös kompostointiprosessin ja jätteenkäsittelyprosessien tuntemista ja tutkimusta. Päämääränä on saada aikaan laatuvaatimukset eri käyttökohteisiin tarkoitetuille maanparannuskomposteille. Seuraavassa on alustavia ehdotuksia suomalaisten maanparannuskompostien laatuvaatimuksesta ja laatuvaatimuksista. Ehdotus pohjautuu kirjallisuuteen ja muiden maiden laatuvaatimukseen tai jo käytössä oleviin standardeihin.

Kompostituotteen laatuvaatimukset pohjautuvat raskasmetallipitoisuuksiin, hygieenisyyteen, stabiilisuuteen/kypsyyteen ja yleisiin ominaisuuksiin. Kompostit jaetaan laatuvaatimuksiltaan neljään luokkaan: I, II, III ja IV. Jokaisessa laatuvaatimusklassissa on myös vaihtoehtoinen kompostituote, jonka raaka-aineena on käytetty puhdistamolietettä. Vaikuttaa siltä, että myös puhdistamoliettestä voidaan nykyisin tuottaa jopa parhaiden laatuvaatimusten täyttävää kompostia. Tämän vuoksi laatuvaatimukset ehdotetaan jaettaviksi raaka-aineenmukaisiin alaluokkiin sen mukaan, sisältävätkö tuotteet puhdistamolietettä vai ei. Mikäli raaka-aineena on käytetty puhdistamolietettä, tulee se kuitenkin aina ja ehdottomasti mainita tuoteselosteessa (Liite 5), koska puhdistamoliete vaikuttaa ratkaisevasti käyttökohteen valintaan.

Laatuvaatimus I noudattaa pääosin Euroopan komission asettamia vaatimuksia luonnonmukaisessa tuotannossa käytettävän kompostin laadusta (97/1488/EY). Kasvualustana käytettävän kompostin laatuvaatimuksissa on osaksi käytetty ympäristöministeriön (1992) kompostityöryhmän antamia suosituksia. Ensimmäisen laatuvaatimuksen

Taulukko 17. Maanparannuskompostien laatuluokitusohdotuksen eri laatuluokkien kompostien yleiset ominaisuudet.

Ominaisuus	I			II			III		IV
	Kasvu- alusta	Luomu	Maan- paran- nusaine	Eco-label	Maan- paran- nusaine	Maan- paran- nusaine	Maan- paran- nusaine	Maan- paran- nusaine	Maan- paran- nusaine
Raaka-aineena puhdistamoliete	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä
Käyttötapa	Sellai- senaan	Sekoitus maahan	Sekoitus maahan	Sekoitus maahan	Sekoitus maahan	Sekoitus maahan	Sekoitus maahan	Sekoitus maahan	Sekoitus maahan
Häiritseviä hajuja	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei
Roskaavat epäpuhtaudet - enimmäiskoko, mm	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	25	25	25
- enimmäismäärä, % kuiva-aineesta	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
pH (H ₂ O)	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8
Kuiva-ainepitoisuus, %	> 25	> 25	> 25	> 25	> 25	> 25	> 25	> 25	> 25
Orgaanista ainesta, % ka (hehikutushäviö)	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20

kompostia voidaan käyttää sellaisenaan syötäville kasveille kasvihuoneviljelyssä ja kotipuutarhassa, sekä luonnonmukaisessa tuotannossa, mikäli raaka-aine on tuotettu suljetussa ja valvotussa keräysjärjestelmässä ja mikäli raaka-aineena ei ole käytetty puhdistamolietettä. Laatuluokka II noudattaa pääosin EU:n ekotuotemerkin laatuvaatimuksia (98/488/EY). Mikäli toisen laatuluokan maanparannuskomposti ei sisällä puhdistamolietettä, voidaan sille hakea EU:n Ecolabel-ympäristömerkintää. Toisen laatuluokan kompostia voidaan käyttää syötävien kasvien peltoviljelyssä sekoitettuna maahan sekä turvallisuutta ja hygieenisyyttä vaativissa viherrakennuskohteissa, esim. puistoissa ja leikkipaikoilla. Laatuluokka III noudattaa pääosin Valtioneuvoston päätöstä puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä (Vnp 282/1994). Kolmannen laatuluokan kompostia voidaan käyttää peltoviljelyssä maanparannusaineena kasveille, joita ei syödä sellaisenaan, sekä vaatimattomiin viherrakennuskohteisiin ja maisemointiin. Mikäli I-, II- tai III-luokan tuote sisältää puhdistamolietettä, käyttökohteet ja varoajan sanelee silloin Vnp 282/1994. Laatuluokka IV noudattaa raskasmetallipitoisuuksiltaan Valtioneuvoston päätöstä (Vnp 282/1994) seostamiseen kelpaavan puhdistamolietteen pitoisuusra-

joista. Tämän laatuluokan kompostia ei saa käyttää maataloudessa lainkaan. Sovelias käyttökohte neljännen laatuluokan maanparannuskompostille on kaatopaikkojen maisemointi ym. vastaavat kohteet.

Yleiset ominaisuudet

EU:n maanparannusaineiden vaatimusten mukaisesti (98/488/EY) häiritseviä hajuja ei saa tulla minkään laatuluokan kompostituotetta käytettäessä (Taulukko 17). Roskaavat epäpuhtaudet aiheuttavat epäesteettisyyttä ja loukkaantumisvaaraa käyttökohteissa. Roskaavien epäpuhtauksien osuus kuiva-aineesta saa olla I laatuluokassa korkeintaan 0,01 % ja muissa laatuluokissa korkeintaan 0,5 %. Roskaavien epäpuhtauksien suurin sallittu koko on I- ja II-laatuluokassa 12,5 mm sekä III- ja IV-laatuluokassa 25 mm (Composting Council of Canada 1999, BNQ -standardi).

Kypsyn kompostin pH asettuu välille 7–8 (Gray et al. 1971, Paatero et al. 1984, Hänninen et al. 1992). Suomen maaperä on luonnostaan hapan, joten maanparannusaineilla ei tule happamoittaa maata entisestään. Maanparannusaineen tulee sisältää vähintään 25 % kuiva-ainetta ja vähintään 20 % orgaanista ainesta hehikutushäviönä

Taulukko 18. Maanparannuskompostien laatuluokitusehdotuksen eri laatuluokkien kompostien raskasmetallien ja muiden alkuaineiden pitoisuusrajat.

Alkuaine	I	II mg/kg kuiva-ainetta	III	IV
Sinkki, Zn	200	300	1500*	5000
Kupari, Cu	70	100	600*	3000
Nikkeli, Ni	25	50	100	500
Kadmium, Cd	0,7	1	3	5
Lyijy, Pb	45	100	150	1200
Elohopea, Hg	0,4	1	2	25
Kromi, Cr	70	100	300	1000
Molybdeeni, Mo**	2	2	-	
Seleeni, Se**	1,5	1,5	-	
Arseeni, As**	10	10	50	
Fluori, F**	200	200	-	

* voidaan sallia kaksinkertainen pitoisuus, mikäli maaperässä esiintyy selvää puutetta tästä metallista

** analysointi vaaditaan, mikäli tuote sisältää aineksia teollisuuden prosesseista tai kunnallista kiinteää jätettä

mitattuna EU:n Ecolabel-perusteiden mukaisesti (98/488/EY).

Raskasmetallit ja muut alkuaineet

Laatuluokassa I (Taulukko 18) raskasmetallipitoisuuksia rajoittavat pääosin EU:n luonnonmukaisen tuotannon säännökset (97/1488/EY). Hivenalkuaineiden (Mo, Se, As, F) pitoisuusrajat ovat EU:n Ecolabel-vaatimusten mukaiset (98/488/EY). Laatuluokassa II raskasmetallien ja hivenalkuaineiden pitoisuusrajat ovat suoraan EU:n Ecolabel-vaatimusten mukaiset (98/488/EY). Laatuluokassa III maanparannusaineiden raskasmetallipitoisuuksien on alitettava Valtioneuvoston puhdistamolietteelle asettamat rajat (Vnp 282/1994), arseenin pitoisuusraja on asetettu maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteita koske-

van säädöksen mukaan (MMMp 46/1994). Laatuluokassa IV raskasmetallipitoisuusrajat ovat samat kuin Valtioneuvoston päätöksessä (Vnp 282/1994) mainitut seostamiseen kelpaavan puhdistamolietteen raskasmetallipitoisuusrajat.

Stabiilisuus/Kypsyys

Maanparannuskompostin tulee olla siinä määrin kypsyyntä, ettei siinä ole haitallisia määriä fytotoksisia aineita eli kasveille myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita (MMMp 46/1994). Maanparannusaineena käytettävän kompostin kypsyysvaatimukset ovat samat kaikissa laatuluokissa (Taulukko 19). Jotta kompostin voidaan katsoa olevan riittävän kypsää, sen tulee täyttää seuraavat vaatimukset.

Taulukko 19. Maanparannuskompostien laatuluokitusehdotuksen kompostien stabiilisuus- ja kypsyysvaatimukset.

	Hyväksyttävä taso
Aumakompostointiaika	> 6 kk
C/N -suhde	< 20
NH ₄ -N /NO ₃ -N -suhde	< 1
Hapenkulutusnopeus	< 150 mg O ₂ /kg/h
Krassin (<i>Lepidium sativum</i>) itävyys	> 50 % kontrollista

Taulukko 20. Maanparannuskompostien laatuluokitusehdotuksen vaatima lämpötiläkäsittelyn pituus eri kompostointiteknikoilla.

Menetelmä	Vähimmäisaika		Muita vaatimuksia
	55 °C:ssa	Kosteus-%	
Reaktorikompostointi	3 vrk	40-60	
Aumakompostointi	2 vko	40-60	vähintään 5 kääntöä
Ilmastettu staattinen aumakomposti	3 vrk	40-60	pintaeristys

Kompostin tulee koko prosessin ajan saada riittävästi happea, jotta orgaanisen aineksen palaminen voi jatkua keskeytymättä. Hapen määrän tulisi olla ilmatilassa yli 5 % ja mieluiten 10–15 %. Kun reaktiot tapahtuvat riittävässä happitilassa, anaerobisten ja kasveille haitallisten välituotteiden muodostuminen on vähäistä. Kun kompostoituminen on vilkasta, myös orgaanisen aineksen hajoaminen on vilkasta ja hapenkulutus runsasta. Kun helposti hajoavat yhdisteet on poltettu loppuun, komposti hiljenee ja hapenkulutus rauhoittuu vähäiseksi tietylle tasolle. Silloin kompostoinnissa on päästy stabiiliin vaiheeseen. Epästabiilissa tilassa tapahtuu hapen kulutusta ja myös typen sitoutumista mikrobeihin. Jos epästabiilia kompostia levitetään maahan, aiheuttaa se kasveille sekä typen että hapen puutetta. Tämän perusteella sopivia kompostin stabiilisuuden indikaattoreita voisivat olla kompostin typpi- ja happiaineenvaihduntaan liittyvät mittaukset. Kanadan laatuvaatimusten mukaan kompostien kypsyttä mitataan hapenkulutussopeudella. Kypsan kompostin hapenkulutuksen tulee olla <150 mg O₂/kg/h hehkutushäviönä mitattuna (Composting Council of Canada 1999).

Myös NH₄-N/NO₃-N -suhde osoittaa kompostin kypsyttä (Selmer-Olsen 1993). Ammonium- ja nitraattitypen suhteen tulisi olla alle 1, tällä tasolla ei viljalla suomalaisissa kokeissa esiintynyt satotappioita (Bernal et al. 1998c, Mäkelä-Kurtto & Sippola 1995). Kompostin kypsyessä sen hiili/typpi-suhde laskee ja vähitellen vakiintuu tietylle tasolle. Stabiilin kompostituotteen C/N-suhteen tulisi olla <20. Aumakompostoinnissa riittävän stabiilisuuden saavut-

taminen kestää ainakin kuusi (6) kuukautta (Mäkelä-Kurtto & Sippola 1995). Maanparannuskomposti ei saa vaikuttaa haitallisesti kasvien itämiseen tai kasvuun. Testikasvina käytetään krassia (*Lepidium sativum*), jonka siemeniä idätetään joko kompostinäytteessä tai kompostiuutteessa ja itävyyttä verrataan puhtaalla kasvualustalla idätettyihin siemeniin. Krassinsiementen itävyyden tulee olla >50 % kontrollista molemmilla kasvualustoilla

Hygieenisuus

Maanparannuskomposti ei saa sisältää orgaanisia haitta-aineita eikä haitallisia mikro-organismeja siinä määrin, että sen käyttöohjeen mukaisesta käytöstä voi olla haittaa ihmisille, eläimille tai ympäristölle (MMMp 46/1994). Kompostointiprosessin aikana vallitsevan yli 55 °C lämpötilan katsotaan yleisesti tuhoavan kompostin haitalliset mikrobit jo yhdessä vuorokaudessa, mikäli kosteus on 40–60 % (Inger et al. 1997). Vaadittava lämpötiläkäsittelyn pituus riippuu käytetystä kompostointitekniikasta Kanadan CCME-standardin mukaisesti (Composting Council of Canada 1999, Taulukko 20).

Maanparannusaineena käytettävät kompostit eivät saa tuoda maaperään kohtuuttomia määriä myöskään rikkaruohojen siemeniä tai niiden lisääntyviä osia (98/488/EY). Kompostointiprosessin aikana vallitseva yli 55 °C:een lämpötila tuhoaa suurimman osan rikkakasvien siemenistä (Grundty et al. 1998, Tompkins et al. 1998). Kompostoinnin aktiivivaiheen jälkeen kompostia on yleensä jälkikypsyttävä vähintään 6

Taulukko 21. Maanparannuskompostien laatuluokitusehdotuksen esittämät enimmäisrajat eri laatuluokkien kompostien sisältämälle patogeenisien organismien määrälle.

	Tuoreaines	
	I- ja II-luokka	III- ja IV-luokka
<i>Salmonella</i>	Ei esiinny 25 grammassa	Ei esiinny 25 grammassa
<i>Escherichia coli</i>	Ei esiinny	< 1000 MPN/g *
Fekaaliset koliformit	Ei esiinny	< 1000 MPN/g

* MPN: todennäköisin lukumäärä (Most Probable Number)

kuukautta kompostin kypsyiden ja hygieenisoinnin varmistamiseksi (Ympäristöministeriö 1992).

Maanparannuskompostin hygieenisuus tulee varmistaa suorittamalla sekä prosessin lämpötila/kosteus/aika -seurantaa että indikaattorimikrobien analysointia (Composting Council of Canada 1999, CCME-standardi). Patogeenisuuden indikaattorimikrobien suurimmat sallitut määrät on tässä ehdotuksessa asetettu EU:n Ecolabel-vaatimusten (98/488/EY), sekä kanadalaisten (Composting Council of Canada 1999) ja englantilaisten kompostistandardien (UK Composting Association 1999) mukaisesti (Taulukko 21). I- ja II-laatuluokan maanparannusaineessa ei saa esiintyä patogeenisuuden indikaattorimikrobeja lainkaan. III- ja IV-laatuluokassa *Salmonellaa* ei saa esiintyä lainkaan, kolibakteerien ja fekaalisten koliformien määrän täytyy alittaa esitetyt määrät.

Käyttörajoitukset

Maanparannusaineina käytettävien kompostien käyttömääriä rajoittavat kulloinkin voimassa olevat maatalouden ympäristötukiehdot (Taulukko 15, MMMp 768/1995), nitraattisäädös (Vnp 219/1998), puhdistamolietteen käyttörajoitukset (Vnp 282/1994), maanparannusaineiden Ecolabelmerkin vaatimukset (Liite 3, 98/488/EY) ja luonnonmukaista tuotantoa koskevat säännöt (Taulukot 7 ja 8, 91/2092/ETY, 97/1488/EY, Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1999b). Näiden säädösten asettamat

kompostien käyttörajoitukset eri laatuluokissa on esitetty taulukossa 22.

Aina, kun maanparannuskompostin raaka-aineena on käytetty puhdistamolietettä, on noudatettava Valtioneuvoston (Vnp 282/1994) asettamia raskasmetallien kuormitusrajoituksia ja maaperän kokonaismetallipitoisuusrajoituksia (Taulukko 23). Lisäksi tulee noudattaa myös em. päätöksessä esitettyjä käyttökohteita sekä varoajoja. Päätöksen mukaan viljelymaalla, johon on käytetty puhdistamolietettä, saa viljellä perunaa, juureksia ja vihanneksia aikaisintaan viiden vuoden kuluttua lietteen käytöstä.

10.3 Jatkotutkimustarpeita

Biojätteestä tuotettujen maanparannuskompostien käyttö on vielä vakiintumatta ja varsin usein kuluttajat suhtautuvat epäilevästi jätteestä tuotettujen kompostien käyttöturvallisuuteen ja laatuun. Kompostituotteiden laatu ja siitä johtuvat kullekin kompostille sopivat käyttökohteet tulisi selvittää. Kompostituotteen laatuluokitus konkretisoi kyseisen tuotteen laadun kuluttajalle, mutta laatuluokituksen perusteet ja laadun tarkkailumenettely tulee selvittää käyttäjälle. Nykyisin Suomessa käytössä olevia maanparannuskompostien laatuvaatimuksia tulee tarkentaa ja täydentää käyttäen lähtökohtana edellä esitettyä ehdotusta maanparannuskompostin laatuvaatimuksista. Tavoitteena tulee olla kompostituotteiden laaja-alainen ja turvallinen käyttö maanparannusaineena sekä ammatti-

Taulukko 22. Maanparannusaineena käytettävien kompostien käyttörajoitukset laatuluokitusehdotuksen eri laatuluokissa.

Rajoitus	Kasvu- alusta	I		Eco- label	II		III		IV
		Luomu	Maan- paran- nusaine		Maan- paran- nusaine	Maan- paran- nusaine	Maan- paran- nusaine	Maan- paran- nusaine	
<i>EU:n maatalouden ympäristötukiehdot (MMMp 768/1995)</i>									
liukoisen N:n rajoitus/vuosi	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
P-rajoitus/4 vuotta	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
<i>Nitraattidirektiivi (Vnp 219/1998)</i>									
kokonais N-määrä/ha/vuosi	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
<i>Puhdistamoliete maanviljelyssä (Vnp 282/1994)</i>									
raskasmetallien kuormitusrajoitus g/ha/vuosi	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä
maaperän kokonais- metallipitoisuusrajoitus, mg/kg ka varoaika	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä
<i>EU:n Ecolabel-vaatimus (98/488/EY)</i>									
N-käyttörajoitus/vuosi	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei
P-käyttörajoitus/vuosi	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei
K-käyttörajoitus/vuosi	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei
<i>Luomusäännöt (91/2092/EY, 97/1488/EY)</i>									
kompostin käyttörajoitus	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei

Taulukko 23. Puhdistamolietteen käytöstä aiheutuva suurin sallittu raskasmetallikuormitus ja maaperän kokonaismetallipitoisuus (Vnp 282/1994).

	Raskasmetallikuormitus g/ha vuodessa	Maan raskasmetallipitoisuus mg/kg kuiva-ainetta
Kadmium, Cd	3	0,5
Kromi, Cr	300	200
Kupari, Cu	600	100
Elohopea, Hg	2	0,2
Nikkeli, Ni	100	60
Lyijy, Pb	150	60
Sinkki, Zn	1500	150

maisessa kasvintuotannossa että kotipuu-
tarhakäytössä.

Suomessa toimii 24 maanparannuskom-
postin tuottajaa, joiden tuottama maanpa-
rannuskomposti on rekisteröity KTTK:n
rekisteriin 22.10.1998 mennessä (Liite 2,
Luukkonen 1998). Nykyisin toiminnassa
olevien maanparannuskompostin tuottaji-
en kompostointiprosessit tuottavat kukin
tietynlaista kompostia erilaisista lähtöai-
neista ja erilaisilla seossuhteilla. Kompos-
tointilaitosten ja niiden prosessien tutkimi-

nen on tuskin tarpeen, sillä tuotetun kom-
postin käyttö on kenties se suurin ongelma.
Jotta jo toimivien kompostointilaitosten
tuottamat maanparannuskompostit saatai-
siin tehokkaaseen hyötykäyttöön, eli kierrä-
tettyä takaisin kasvintuotantoon, tulisi ni-
den laatu ja kullekin kompostituotteelle so-
veliaat käyttökohteet tutkia. Näin kompos-
tutuotteen käyttäjä saisi varmuuden tuot-
teen turvallisuudesta ja sen käytöstä saata-
vista hyödyistä.

Maanparannusaineiden käytön kannattavuus ja mielekkyys riippuu osaltaan myös käytöstä saatavasta hyödystä. Pienessä mitakaavassa, esim. kotipuutarhassa, maanparannuskompostin käyttö kannattaa yleensä jo pienemmillä saatavilla olevilla hyödyllisillä vaikutuksilla. Viljelijät eivät ole toistaiseksi olleet kovin halukkaita hyödyntämään jätetuotteita maanviljelyssä. Jätteiden hyötykäyttö saattaa aiheuttaa viljelijälle ylimääräistä työtä, maa-analysejä ja vaatia ylimääräistä aikaa ja sitä kautta taloudellisia kustannuksia. Lisäksi jätteiden hyötykäyttöön liittyy aina myös riskejä, joista saattaa koitua maatilan taloudelle haittaa. Tulisikin selvittää jätetuotteiden

viljelijälle aiheuttamat todelliset taloudelliset hyödyt ja haitat. Jätteiden hyötykäyttö on osa jätehuoltoa. Viljelijä ei voi olla yhteiskunnan jätehuollon maksaja. Jos jätteiden hyötykäyttö saadaan taloudellisesti viljelijälle kannattavaksi, hyötykäyttö tulee varmaan lisääntymään. Yhteiskunnan tulisi ryhtyä vakaviin toimenpiteisiin ja osoittaa sekä halua että myös voimavaroja jätteiden hyötykäytön edistämiseen. Jätteiden hyötykäytön vähäisyys ei riipu vain viljelijöiden asenteista, vaan mitä todennäköisimmin hyötykäytön taloudellisesta kannattamattomuudesta.

Kirjallisuus

Barth, J. & Kroeger, B. 1997. Composting and quality assurance in Europe. Informa, Germany, September 1997. Updated 09/1997. Cited 25.8.1999. Available at Internet: http://www.bionet.net/europe/eu_situa.htm.

Bernal, M.P., Sanchez-Monedero, M.A., Paredes, C. & Roig, A. 1998a. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69: 175–189.

–, **Navarro, A.F., Sanchez-Monedero, M.A., Roig, A. & Cegarra, J.** 1998b. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 305–313. (Ref. Bernal et al. 1998a)

–, **Paredes, C., Sanchez-Monedero, M.A. & Cegarra, J.** 1998c. Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology* 63: 91–99.

Bertoldi, M. de 1998. Composting in the European Union. *BioCycle* 39 (6): 74–75.

Biddlestone, A.J. & Gray, K.R. 1985. Composting. In: Moo-Young, M. (ed.), Robinson, C.W. & Howell, J.A. (Vol ed.). *Comprehensive biotechnology*. Vol 4. Oxford: Pergamon Press Ltd. p.1059–1070. (Ref. Hänninen et al. 1992).

Bollen, G.J., Volker, D. & Wijnen, A.P. 1989. Inactivation of soil borne plant pathogens during small-scale composting of crop residues. *Netherland Journal of Plant Pathology* 95 (1985) Supplement 1: 19–30.

Burmoi, T., Forsell, R., Kivelä, J., Kivioja, E., Koskimies, H., Lagerstedt, K., Piirainen, J. & Salminen, M. 1998. Kasvisten luonnonmukainen viljely kasvihuoneessa. Viljelysäänöt. Työryhmän ehdotus 31.3.1998. 13 p. + 2 app.

CEN/TC 261/SC4 N 99. Packaging- Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation- Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging (WI 261 236). (Ref. Kapanen & Itävaara 1998)

Churchill, D.B., Alderman, S.C., Mueller-Warrant, G.W., Elliot, 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.

Composting Council of Canada 1999. Setting the standard: A summary of compost standards in Canada. Cited 19.5.1999. Available at Internet: <http://www.compost.org/standard.html>.

DeVleeschauwer, D., Verdonck, O. & Van Assche, P. 1981. Phytotoxicity of refuse compost. *BioCycle* 22 (1): 44–46.

European Commission 1997. Composting in the European Union. Final Report. European Commission DG XI, Environment, nuclear safety and civil protection. DHV Environment and Infrastructure BV. 52 p. + 5 app.

Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. & Duncan Mara, D. 1983. Sanitation and Disease, Health aspects of excreta and wastewater management. World Bank studies in water supply and sanitation 3. USA: John Wiley & Sons.

Finstein, M.S., Miller, F.C., Hogan, J.A. & Strom, P.F. 1987. Analysis of EPA guidance on composting sludge, Part III - Oxygen, moisture, odor, pathogens. *Biocycle* 28 (3): 38–44. (Ref. Hänninen et al. 1992)

Garcia, C., Hernandez, T. & Costa, F. 1990. The influence of composting and maturation processes on the heavy-metal extractability from some organic wastes. *Biological Wastes* 31: 291–301.

Golueke, C.G. 1991. Understanding the process. In: *The BioCycle guide to the art and science of composting*. Emmaus, USA: The JG Press, Inc. p. 14–27. ISBN 0-932424-13-9.

Gray, K.R., Sherman, K. & Biddlestone, A.J. 1971. A review of composting. Part 1. Process Biochemistry. June 1971: 32–36.

Grundy, A.C., Green, J.M. & Lennartsson, M. 1998. The effect of temperature on the viability of weed seeds in compost. *Compost Science & Utilization* 6 (3): 26–33.

Haan, S. de 1981. Results of municipal waste compost research over more than fifty years at the Institute for Soil Fertility at Haren/Groningen, the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 29: 49–61.

Haug, R.T. 1993. The practical handbook of compost engineering. Boca Raton, USA: Lewis publishers. 717 p. ISBN 0-87371-373-7.

Hoitink, H.A.J., Stone, A.G. & Han, D.Y. 1997. Suppression of plant diseases by composts. *HortScience* 32 (2): 184–187.

Hovsenius, G. 1987. Biologisk nedbrytning av organisk fraktion ur avfall - Förstudie. Lövssta materialåtervinning AB - LÖMAB. FoU nr 18. Malmö, Sverige: Stiftelsen Reforsk. 119 p.

Hänninen, K. 1996. Composting in Finland: Experiences and perspectives. In: Bertoldi, M. de et al. (eds.). 1996. The science of composting. Part 2. European Commission international symposium. p. 673–683. London, UK: Chapman & Hall. ISBN 0-7514-0383-0.

–, **Huotari, H. & Malinen, H.** 1992. Kompostoinnin biotekniikka ja laitteet. VTT Tiedotteita 1371. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 81 p. ISBN 951-38-4184-7, ISSN 1235-0605.

–, **Huvio, T., Veijanen, A., Wihersaari, M. & Lundström, Y.** 1993. Aumakompostoinnin työhygieniä. VTT Julkaisuja 776. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 102 p. + 10 app. ISBN 951-38-4124-3, ISSN 1235-0613.

– & **Mäkelä-Kurtto, R.** 1995. Erilliskerätyn biojätteen aumakompostointi ja kompostin käyttökelpoisuus. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:17. Helsinki: YTV. 58 p.

Iglesias Jiménez, E. & Pérez Garcia, V. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. *Biological Wastes* 27: 115–142.

– & **Pérez Garcia, V.** 1992. Determination of maturity indices for city refuse composts. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 38: 331–343.

Inger, M., Norin, E. & Mathisen, B. 1997. Hygienisering av biologiskt avfall. JTI rapport. Kretslopp & Avfall. Nr 10. Uppsala, Sverige: Jordbrukstekniska Institutet. 122 p. ISSN 1401-4955.

Joutti, A. & Ahtiainen, J. 1994. Saastuneen maaperän biokemiallisia ja biologisia tutkimusmenetelmiä. Vesi- ja ympäristöhallinnon monistesarja, Nro 520. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. 52 p. ISBN 951-47-8224-0, ISSN 0783-3288.

Kapanen, A. & Itävaara, M. 1998. Komposti ja ekotoksikologia. Kirjallisuuskatsaus. VTT Tiedotteita 1888. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 49 p. ISBN 951-38-5192-3, ISSN 1235-0605.

Kasvintuotannon tarkastuskeskus 1999a. Luonnonmukainen maataloustuotanto. Konsolidoitu versio Euroopan yhteisöjen neuvoston asetuksesta 2092/91. Loimaa: Kasvintuotannon tarkastuskeskus. 68 p.

– 1999b. Opas luomuviljelijälle. KTTK:n julkaisuja B2 Luomutuotanto 3/98. Loimaa: Kasvintuotannon tarkastuskeskus. 64 p. ISSN 1455-4496.

Kauppila, R. & Koivunen, M. 1993. Eloperäislannoitteella alhaisia nitraattipitoisuuksia. Leipä leveämmäksi 4: 24. (Ref. Mäkelä-Kurtto & Sippola 1996)

Kempainen, R. 1994. Lannoitustavan vaikutus porkkana-, peruna- ja ohralajikkeiden satoon ja sadon laatuun. Komposti- ja väkilannoituksen vertailu. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 5/94. Jokioinen. ISSN 0359-7652.

- Kulutus ja jätteet 1997. Katsaus 6. In: Ympäristö 6/1997. Helsinki: Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus. p. 17–24. ISSN 1237-0711
- Laulumaa, P.** 1989. Pensastaimien juurtuminen kompostikasvualustoissa. Kompostien arviointia tukevien koepensaiden juurtumistuloksiin ja kemiallisiin kompostianalyysiin. Kenttäkokeen loppuraportti. Helsinki: Helsingin kaupungin rakennusviraston puisto-osasto. 48 p. + 14 app.
- 1991. Kompostin kypsyyden arviointi. Muistio 8.3.1991 pidetystä neuvottelupäivästä. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 10 p. (Ref. Hänninen et al. 1992)
- Lavake, D.E. & Wiese, A.F.** 1977. Effect of composting on weed seed germination. Proceedings of 30th Annual Meeting of Southern Weed Science Society. p.167. (Ref. Paatero et al. 1984)
- Lehtokari, M. & Paatero, J.** 1981. Kompostointiprosessin seurantamenetelmistä. Vesitalous 1/1981. p. 16–19. (Ref. Lilja et al. 1986)
- Lilja, R.** 1984. Kompostointi teurastamojätteen käsittelymenetelmänä. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja, N:o 60. Joensuu: Joensuun yliopisto. 42 p. + 5 app. ISBN 951-696-486-9, ISSN 0358-7347.
- , **Hänninen, K. & Heikkinen, Y.** 1986. Germination and phenolic acid content in determination of compost maturity. Joensuun yliopiston luonnontieteellisiä julkaisuja, N:o 8. Joensuun yliopisto. 18 p. ISBN 951-696-603-9, ISSN 0781-0342.
- & **Tahvanainen, J.** 1985. Kompostointiin soveltuvat teollisuus- ja yhdyskuntajätteet ja niiden hyödyntäminen, loppuraportti. Ympäristöministeriö, Ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu A:28. 60 p. Helsinki: Ympäristöministeriö. ISBN 951-46-9215-2. ISSN 0780-6795.
- Loiskekoski, P.** 1999. Ympäristöehdot jaetaan pakollisiin ja valinnaisiin - Luonnos ympäristöohjelmaksi lausuntokierroksella. Maaseudun Tulevaisuus 4.3.1999. p. 3.
- Lossin, R.D.** 1970. Compost studies, Part I. Compost science, November/December 1970.
- Lundeberg, S., Johansson, C., Kron, E., Sundström, M., Norin, E., Carlsbaek, M., Palm, O. & Brunes, L.** 1998. Förslag till certifieringssystem för kompost och rötrest från organiskt avfall. Slutrapport. AFR-Report 216. Stockholm: Swedish Environmental Protection Agency. 31 p. ISSN 1102-6944.
- Luukkonen, E.** 1998. Kompostin valmistajien rekisteröidyttävä. Viherympäristö 6/98. p. 56. ISSN 1237-0932.
- Mach, R.** 1981. Stand und Trends in der Kompostanwendung. Müll und Abfall 7: 212–217.
- Mathur, S.P., Owen, G., Dinel, H. & Schnitzer, M.** 1993a. Determination of compost biomaturity. I Literature review. Biological Agriculture and Horticulture 10: 65–85.
- , **Owen, G., Dinel, H. & Schnitzer, M.** 1993b. Determination of compost biomaturity. II Optical density of water extracts of composts as a reflection of their maturity. Biological Agriculture and Horticulture 10: 87–108.
- Minnich, J.** 1979. The Rodale guide to composting. Emmaus, USA: Rodale Press. 405 p. ISBN 0-87857-212-0.
- Mäkelä-Kurto, R.** 1989. Lannoitus ja sadon raskasmetallit. Suomen Maataloudellisen Seuran Tiedote 12: 137–144.
- 1998. Raskasmetalliriskit ja niiden hallinta maataloudessa. In: Salo, R. (ed.). Sata vuotta maataloustutkimusta - Mihin tutkimus ohjaa tuotantoa? Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 38. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät, Jokioinen, 12.-13.8.1998. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 57–64. ISBN 951-729-516-2, ISSN 1238-9935.
- & **Sippola, J.** 1995. Erilliskerätyn biojätteen kompostin lannoitusvaikutus. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:18. Helsinki: YTV. 46 p.
- & **Sippola, J.** 1996. "Kasvu-Yty" -komposti vihanneviljelyssä. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1996:5. Helsinki: YTV. 37 p.
- , **Sippola, J., Hänninen, K. & Paavilainen, J.** 1996. Suitability of composted household waste of Helsinki metropolitan area for agriculture. In: Bertoldi, M. de, et al (eds.). 1996: The science of composting. Part 2. European Commission International Symposium. pp. 673–683. London, UK: Chapman & Hall. ISBN 0-7514-0383-0.
- Niemi, M., Kulmala, A., Vanhala, P., Kulokoski, U. & Esala, M.** 1998. Orgaanisten jätteaineiden vaikutukset maaperän mikrobistoon ja kasvien typensaantiin. Suomen ympäristö 194. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 62 p. ISBN 952-11-0260-8, ISSN 1238-7312.
- Niemi, T., Niemi, S. & Närhi, S.** 1994. Kasvualustapas. Viherympäristöliitto ry. Julkaisu 1/1994. Helsinki: Viherympäristöliitto. 30 p.

- Nuotio, L.** 1999. Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos, Helsinki. Suullinen tiedonanto 1.4.1999.
- OECD 1984. OECD Guideline 208, Terrestrial Plants, Growth Test. (Ref. Kapanen & Itävaara 1998)
- Paatero, J., Lehtokari, M. & Kempainen, E.** 1984. Kompostointi. Juva: WSOY. 268 p. ISBN 951-0-12502-4.
- Paré, T., Gregorich, E.G. & Diné, H.** 1997. Effects of stockpiled and composted manures on germination and initial growth of cress (*Lepidium sativum*). Biological Agriculture and Horticulture 14: 1–11.
- Pascual, J.A., Ayuso, M., Garcia, C. & Hernandez, T.** 1997. Characterization of urban wastes according to fertility and phytotoxicity parameters. Waste Management & Research 15: 103–112.
- Peura, P., Bilaletdin, E., Bilaletdin, Ä. & Luotonen, H.** 1989. Turkiseläinlannan kompostointi - Tarkhojen ja vesistöjen ongelmasta hyödylliseksi tuotteeksi. Helsingin yliopisto, Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, Seinäjoki, Sarja C:3. 80 p. ISBN 951-45-5138-9.
- Pipatti, R., Hänninen, K., Vesterinen, R., Wiher-
saari, M. & Savolainen, I.** 1996. Jätteiden käsittely-
vaihtoehtojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. VTT Julkaisuja 811. Espoo: Valtion teknillinen
tutkimuskeskus. 85 p. ISBN 951-38-4520-6, ISSN
1235-0613.
- Rainio, H.** 1998. Suullinen tiedonanto. Kasvintuotannon tarkastuskeskus. Esitelmäyhennelmä. In: Jätelaitosyhdistys ry, Jäsentiedote n:o 3B/1998 - Kompostointi.
- Rainio, K.** 1999. Alustavat jätetilastot 1997. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suullinen tiedonanto 16.3.1999.
- Rajala, J.** 1995. Kompostointi. In: Rajala, J. (ed.). Luonnonmukainen maatalous. Helsingin yliopisto, Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus Mikkeli, Julkaisuja 38. Mikkeli: Helsingin yliopisto. p 100–111. ISBN 951-45-6916-4, ISSN 0786-8367.
- Rantanen, S.** 1998. Komposti kirvoitti kielenkannat. Luomu-liiton syyskokous Leppävirralla 14.11.1998. Luomulehti 8/98. p. 11–14.
- Rytkönen, T.** 1999. Paiminta VAHTI-tietokannasta. Alustavat jätetilastot 1997. Suullinen tiedonanto 16.3.1999. Suomen ympäristökeskus.
- Salo, M.** 1995. Biojätteen erilliskeräily Pohjois-Helsingin alueella, Seurantaraportti 1994. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:5. Helsinki: YTV. 15 p. + 7 app.
- Schüler, C., Pikny, J., Nasir, M. & Vogtmann, H.** 1993. Effects of composted organic kitchen waste on *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et Blox) Vesterg., causal organism of foot rot on peas (*Pisum sativum* L.). Biological Agriculture and Horticulture 9: 353–360.
- Selmer-Olsen, A.R.** 1993. Analysis of compost products. In: NJF-utredning/rapport Nr. 86. NJF-seminar no. 213 "Quality evaluation of compost and sludge products for application in Agriculture", Koldkaergård, Denmark, 23-25 September 1992. p. 6165. ISSN 0333-1350.
- Seuri, P.** 1990. Puhtausedun säilyttäminen suomalaisten elintarvikkeiden tuotannossa. Maa- ja metsätalousministeriö, Elintarviketutkimusprojekti 4.3. 1.11/1. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 138 p. + 2 app.
- Sipilä, I. & Pehkonen, A.** (eds.) 1998. Karjanlannan ympäristöstävällinen ja kustannustehokas käyttö. MMM:n karjanlantatutkimusohjelman 1995-97 loppuraportti. MTTL Julkaisuja 87. Helsinki: Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. 156 p.
- Stevenson, F.J.** 1986. Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: John Wiley & Sons. 380 p. ISBN 0-471-82218-3.
- Stölzer, S., Fleckenstein, J. & Grabbe, K.** 1994. Die Immobilisierung der Schwermetalle Blei und Cadmium durch Komposte. Mull und Abfall 9: 551–560. (Ref. Hänninen 1996)
- Suomen Kuntaliitto 1997. Tietoja kuntien jätehuollosta. Kysely 1997. Helsinki: Suomen Kuntaliitto. 89 p. ISBN 951-755-068-5.
- Tanskanen, J-H.** 1996. Syntypaikkalajitteluun perustuvan yhdyskuntajätehuollon tarkastelu - jätevirrat, kustannukset ja päästöt. Suomen ympäristö 38. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 96 p. ISBN 952-11-0052-4, ISSN 1238-7312.
- Tilastokeskus 1994. Ympäristötalasto. SVT Ympäristö 1994:3. Tilastokeskus, Helsinki. ISBN 951-47-8716-1, ISSN 0784-8455.
- 1995. Teollisen toiminnan jätteet 1992. Ympäristö 1995:7. (Ref. Niemi et al. 1998)
- 1996. Kotitalouksien jätehuolto. Suomen virallinen tilasto. Ympäristö 1996:4. 34 p. ISBN 951-727-190-5, ISSN 0784-8455.
- Tompkins, D.K., Chaw, D. & Abiola, A.T.** 1998. Effect of windrow composting on weed seed germination and viability. Compost Science & Utilization 6 (1): 30–34.

UK Composting Association 1999. A feasibility study of the introduction of process and quality standards for compost in the UK. Cited 19.5.1999. Available at Internet: <http://www.compost-uk.org.uk/standard.html>.

Valo, R. & Pipping, I. 1991. Yhdyskuntajätteen kompostoinnin haittatekijät. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1991:11. Helsinki: Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV). 53 p. ISSN 0357-5454.

Vanhala, P. 1999. Maatalouden tutkimuskeskus, Jokioinen. Suullinen tiedonanto 6.4.1999.

Vasara, E.-H. 1998. Biojätteen kompostointi. Viherympäristö 6/98: 24. ISSN 1237-0932.

Viherympäristöliitto 1997. Viherympäristöliiton suositukset kasvualustaohjeiksi. Kasvualustaoppaan liite. 1 p.

Weltzien, H.C. 1989. Some effects of composted organic materials on plant health. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 27: 439–446.

– 1992. Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. In: Andrews, J.H. & Hirano, S. (Eds.). *Microbial ecology of leaves*. Brock Springer Series in Contemporary Bioscience. p. 430–450. ISBN 0387-97579-9. (Ref. Hoitink et al. 1997)

Willson, G.B. & Dalmat, D. 1986. Measuring compost stability. *BioCycle* 27: (7) 34–37.

Witt, J. 1982. Eine neue Methode zur Bestimmung des Reifgrades von Mk, MKK und KK von Ort. Müll und Abfall 5: 138–141.

Witter, E. & Lopez-Real, J.M. 1987. The potential of sewage sludge and composting in a nitrogen recycling strategy for agriculture. *Biological Agriculture and Horticulture* 5: 1–23.

Ylimäki, A., Toiviainen, A., Kallio, H. & Tikkanmäki, 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. ISSN 0570-1538.

Ympäristöministeriö 1992. Kompostityöryhmän mietintö. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto. Työryhmän mietintö 67/1992. Helsinki: Ympäristöministeriö. 89 p. ISBN 951-47-5295-7, ISSN 0788-5954.

– 1998a. Hallituksen kestävä kehityksen ohjelma - Valtioneuvoston periaatepäätös ekologisen kestävyden edistämisestä 1998. Suomen Ympäristö

254. Helsinki: Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. ISBN 952-11-0360-4, ISSN 1238-7321.

– 1998b. Valtakunnallinen jättesuunnitelma vuoteen 2005. Suomen ympäristö 260. Helsinki: Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto. 243 p. ISBN 951-37-2684-3, ISSN 1238-7312.

– 1999. Supplement to Finland's reports on the transposition and implementation of certain directives relating to waste. 26.2.1999. Euroopan komissiolle annetun raportin liite. 2 p.

Ympäristötietokeskus 1992. Ympäristökatsaus 8/1992. Helsinki: Ympäristötietokeskus. 16 p.

YTV Jätehuoltolaitos 1995. YTV:n alueelta erillisellä biotieteen laatuselvitys. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995: 15. 26 p. + 7 app.

Yuen, G.Y. & Raabe, R.D. 1984. Effects of small-scale aerobic composting on survival of some fungal plant pathogens. *Plant Disease* 68 (2): 134–137. (Ref. Valo & Pipping 1991)

Zucconi, F., Forte, M., Monaco, A. & Bertoldi, M de. 1981. Biological evaluation of compost maturity. *BioCycle* 22 (4): 27–29.

Säädökset

Euroopan Unionin säädökset

86/278/ETY. Euroopan yhteisöjen neuvoston direktiivi 12.6.1986 ympäristön, erityisesti maaperän, suojelusta käytettäessä puhdistamolietettä maanviljelyssä.

91/2092/ETY. Neuvoston asetus 24.6.1991 maataloustuotteiden luonnonmukaisesta tuotantotavasta ja siihen viittaavista merkinnöistä maataloustuotteissa ja elintarvikkeissa.

94/923/EY. Komission päätös 14.11.1994 ekologisista arviointiperusteista yhteisön ekotuotemerkin myöntämiseksi maanparannusaineille.

97/1488/EY. Komission asetus 29.7.1997 maataloustuotteiden luonnonmukaisesta tuotantotavasta ja siihen viittaavista merkinnöistä maataloustuotteissa ja elintarvikkeissa annetun neuvoston asetuksen (ETY) N:o 2092/91 muuttamisesta.

98/488/EY. Komission päätös 7.4.1998 ekologisista arviointiperusteista yhteisön ekotuotemerkin myöntämiseksi maanparannusaineille.

Kansalliset säädökset

Ilmansuojelulaki 67/1982.

Jätelaki 1072/1993.

Laki eräistä naapuruussuhteista 26/1920.

Lannoitelaki 232/1993.

Terveystoimintalaki 469/1965.

Työturvallisuuslaki 299/1958.

Ympäristölupamenettelylaki 735/1991.

Asetus vesien suojelua koskevista ennakkotoimenpiteistä 283/1962.

Ympäristölupamenettelyasetus 772/1992.

Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä N:o 282/1994.

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista N:o 861/1997.

Valtioneuvoston päätös maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta N:o 219/1998.

Maa- ja metsätalousministeriön päätös eräistä lannoitevalmisteista N:o 46/1994.

Maa- ja metsätalousministeriön päätös lannoitevalmisteiden valvonnasta N:o 47/1994.

Maa- ja metsätalousministeriön päätös eläinjätteen käsittelystä N:o 634/1994.

Maa- ja metsätalousministeriön päätös eläinjätteen käsittelystä annetun maa- ja metsätalousministeriön päätöksen muuttamisesta N:o 875/1994.

Maa- ja metsätalousministeriön päätös maatalouden ympäristötuen perustuesta N:o 768/1995.

Maa- ja metsätalousministeriön yleiskirje Nro 82/98. Maatalouden ympäristötuen perustuki.

Lannoitevalmisteiden valvonnassa käytettävät viralliset analyysimenetelmät (Maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteiden valvontaa koskeva päätös 47/1994, Liite 3/kappale 3.2. Eloperäiset lannoitteet, maanparannusturpeet, maanparannuskompostit, lannoitetut kasvualustat ja kompostointivalmisteet).

Määritettävä ainesosa	Menetelmä
Typpi	Typen kokonaispitoisuus K_2SO_4 -uutolla J. of AOAC 1975
Fosfori	Fosforin määrittäminen ICP-menetelmällä KTTK:n menetelmä
Kalium	Kalium orgaanista ainetta sisältävistä lannoiteista KTTK:n menetelmä
Kalium	Kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, raudan, mangaanin, kuparin ja sinkin määrittäminen maanparannusaineista AAS-menetelmällä, KTTK:n menetelmä
Kalsium	
Magnesium	
Natrium	
Rauta	
Mangaani	
Kupari	
Sinkki	
Kalium	Kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, raudan, mangaanin, kuparin, sinkin ja rikin määrittäminen maanparannusaineista ICP-menetelmällä KTTK:n menetelmä
Kalsium	
Magnesium	
Natrium	
Rauta	
Mangaani	
Kupari	
Sinkki	
Rikki	
Boori	Vesiliukoisen boorin määrittäminen KTTK:n menetelmä
Seleeni	Seleenin määrittäminen hydridimenetelmällä KTTK:n menetelmä
Lyijy	Lyijyn määrittäminen AAS-menetelmällä KTTK:n menetelmä
Kadmium	Kadmiumin määrittäminen AAS-menetelmällä KTTK:n menetelmä
Elohopea	Elohopean määrittäminen kylmähöyrymenetelmällä J. of AOAC 1973
Kromi	Kromin määrittäminen AAS-menetelmällä/ ICP-menetelmällä KTTK:n menetelmä
Nikkeli	Nikkelin määrittäminen AAS-menetelmällä/ ICP-menetelmällä KTTK:n menetelmä
Arseeni	Arseenin määrittäminen hydridimenetelmällä KTTK:n menetelmä
Vanadiini	Vanadiinin määrittäminen ICP-menetelmällä KTTK:n menetelmä
Kloridi	Kloridin potentiometrinen määrittäminen KTTK:n menetelmä (modifioitu J. of AOAC 1969)
pH (happamuus)	pH:n määrittäminen KTTK:n menetelmä
Kosteus	Kosteuden määrittäminen lämpökaappi-menetelmällä KTTK:n menetelmä
Hienousaste	Hienousasteen määrittäminen (seulonta) KTTK:n menetelmä
Hehkutushäviö	Hehkutushäviön (humuspitoisuuden) määrittäminen KTTK:n menetelmä
Johtoluku	Johtoluvun määrittäminen KTTK:n menetelmä
Johtokyky	Johtokyvyn määrittäminen KTTK:n menetelmä
E. coli-bakteerit	Escherichia colibakteerien lukumäärä Nordisk Metodikkommitt för livsmedel (NMKL) 147, 1993
Salmonella-bakteerit	Salmonellan toteaminen Nordisk Metodikkommitt för livsmedel (NMKL) 71, 4. painos 1991
Streptokokit	Streptokokkien lukumäärä KTTK:n menetelmä (modifioitu ISO 7899/1, 1984)
Kompostin kypsyy	Jannin testi Jann G.J. et. al. Method for the determination of completion of composting, Appl. Microbiol., Vol 7 (1959) s. 271-275
Typibakteerit (Rhizobium)	Typibakteerien lukumäärä KTTK:n menetelmä (modifioitu Bergey's Manual for Systematic Bacteriology (1984) osa I, s. 234-247)

LIITE 2

Suomessa Kasvintuotannon tarkastuskeskukseen rekisteröidyt maanparannuskompostit (ei sisällä lantakomposteja) 22.10.1998 mennessä (Luukkonen 1998).

Tuotenimi	Valmistaja
Ravinnekomposti	Hämeenlinnan kaupungin jätevesilaitos
YTY-maanparannuskomposti	Kajaanin kaupunki
Kolmosen maanparannuskomposti 4	T & T Kolmonen, Hyvinkää
Jätevesilietekomposti	Oulun kaupunki
Viherkasvu maanparannuskomposti	WM Ympäristöpalvelut Oy
Hätkähdyttävä vihreys	Riihimäen kaupunki
Maanparannuskomposti	Kesälahden kunta
Maanparannuskomposti	Peräseinäjoen kunta
Puhdistamolietekomposti	Vilppulan kunta
Viher-tyt	YTV Jätehuoltolaitos
Musta komposti	Pohjois-Satakunnan Jätteidenkäsittely Oy
Maan Paras	Pohjois-Satakunnan Jätteidenkäsittely Oy
Maanparannuskomposti	Suonenjoen kaupunki
Vapon maanparannuskomposti	Vapo Oy Biotech
Vapon maanparannuskomposti	Vapo Oy Itä-Suomi
Ekomulta maanparannuskomposti	Suomussalmen kunta
Kompostimulta (maanparannuskomposti)	Imatran kaupunki
Kosken Kasvuvoima - maanparannuskomposti	Kosken Kasvuvoima Oy, Jyväskylä
Metsäpirtin maanparannuskomposti	Helsingin Vesi
Lietekomposti	Ylivieskan jätepuhdistamo
Maanparannuskomposti	Heinolan kaupungin Vesihuoltolaitos
Kompostoitu Lietemulta	Kemin kaupunki, Jätehuolto
Maanparannuskomposti (kalanvilj.)	Taimen-Yhtiöt, Siikainen
Multaravinne	Etelä-Suomen Multaravinne Oy
Kasvu-YTY	YTV Jätehuoltolaitos
Biokomposti	Pirkanmaan jätehuolto Oy
Humuspehtoorin komposti	Humuspehtoori Oy, Ruutana

Arviointiperusteet Euroopan yhteisön ekotuotemerkin myöntämiseksi maanparannusaineille (Euroopan komission päätös 98/488/EY, Liite).

KEHYS

Saadakseen ekotuotemerkin jäljempänä esitettävän määritelmän mukaisten maanparannusaineiden on täytettävä tässä asiakirjassa esitetyt arviointiperusteet, joiden avulla pyritään edistämään:

- jättemateriaalien keräyksestä ja/tai käsittelystä syntyvien orgaanisten aineiden käyttöä ja/tai kierrätystä ja siten kiinteän jätteen määrän minimoimista,
- maanparannusaineina markkinoitavien ja käytettävien tuotteiden sisältämien raskasmetallien ja ravinteiden aiheuttamien ympäristövahinkojen tai -vaarojen pienentämistä.

1. Tuotteen alkuperä

Ekotuotemerkin myöntämisestä maanparannusaineelle harkitaan ainoastaan silloin, kun maanparannusaineen orgaaninen aines koostuu jättemateriaalien (sitien kuin ne on määritelty jätteistä annetussa direktiivissä 75/442/ETY ja sen liitteessä I) käsitellyistä ja/tai uudelleenkäytöstä peräisin olevista aineista.

Huomautus: Ilman "orgaaninen aines" tarkoittaa yleisesti elävistä organismeista koostuvaa, niistä muodostunutta tai niistä peräisin olevaa ainesta.

Tuotteet eivät saa sisältää puhdistamolietettä.

Tuotteiden, jotka sisältävät eläimistä peräisin olevaa ainesta, on oltava voimassa olevassa yhteisön lainsäädännössä säädettyjen vaatimusten mukaisia.

EKOLOGISET ARVIOINTIPERUSTEET

2. Maaperän pilaantuminen ja veden saastuminen

Lopullisen tuotteen alkuainepitoisuuden on oltava kuiva-aineen painona mitattuna alhaisempi kuin seuraavat arvot:

Alkuaine	mg/kg ka
Zn	300
Cu	100
Ni	50
Cd	1
Pb	100
Hg	1
Cr	100
Mo*	2
Se*	1,5
As*	10
F*	200

* Näitä aineita koskevia tietoja tarvitaan ainoastaan teollisuusjätettä ja kiinteää yhdyskuntajätettä sisältävien tuotteiden osalta

Tuotteet eivät saa sisältää lindaanilla, kypermetriinillä tai promekarbilla käsiteltyä puunkuorta. Jos tuote sisältää puunkuorta, eivät kuoren lindaanijäämät (γ -HCH) saa ylittää arvoa 0,1 mg/kg.

3. Ravinnepitoisuudet

Tuotteen kokonaistyyppipitoisuus ei saa ylittää arvoa 2 % tyyppiä (kuiva-aineesta).

Kun tuotteita käytetään annosteluohjeiden mukaisesti, niiden enimmäisravinnepitoisuus ei saa ylittää seuraavia arvoja:

- 17 g/m² kokonaistyyppiä
- 6 g/m² P₂O₅
- 12 g/m² K₂O.

Huomautus: Tuotteiden ei tarvitse täyttää tätä vaatimusta, jos alle 10 painoprosenttia niiden ravinnesisällöstä on käytettävissä kasvien kasvuun ensimmäisen käyttökauden aikana. Tällaisia tuotteita ovat tuotteet (esimerkiksi monet viherlannoitteet), joiden hiili-typpisuhde on suurempi kuin 30:1.

MUUT VAATIMUKSET

4. Yleiset merkinnät

Tuotteesta on annettava seuraavat tiedot joko sen pakkauksessa tai muilla keinoin (esimerkiksi erillisessä lehtisessä):

- markkinoinnista vastaavan yrityksen nimi ja osoite,
- kuvaus, josta ilmenee tuotetyyppi ja joka sisältää ilmauksen "maanparannusaine",
- suositeltavat säilytysolosuhteet, viimeinen suositeltu käyttöpäivä sekä valmistuserän numero,
- kuvaus tuotteen käyttötarkoituksesta ja mahdollisista käyttörajoituksista; ilmoitus tuotteen soveltavuudesta erityisille kasvityypeille (esimerkiksi kalsifobiset tai kalsifiiliset kasvit),
- tärkeimmät tuotteen valmistukseen käytetyt raaka-aineet (jos niitä on enemmän kuin 10 prosenttia tilavuudesta); jätetyypit on eroteltava toisistaan: kiinteä yhdyskuntajäte, maa- ja metsätalousjäte tai teollisuus- ja kaupalliset jätteet alakohdaisesti luokiteltuina (elintarviketeollisuus, paperiteollisuus jne.),
- ilmoitus suositelluista käyttötaoista ja annostelusta kiloina tai litroina tuotetta neliometriä kohden vuodessa; annostelussa otetaan huomioon ravinnesisältö ja ravinteiden saatavuus, jottei ylitetä suurinta sallittua ravinnekuormitusta neliometriä kohden,
- ilmoitus N-, P₂O₅- ja K₂O-pitoisuudesta,
- ilmoitus orgaanisten ainesten pitoisuuksista,
- taulukko tai luettelo tässä liitteessä mainittujen raskasmetallien pitoisuusrajoista,
- käsittely- ja käyttöohjeet.

5. Tuotteen vaikutus

Kaikki tuotteet on toimitettava kiinteässä muodossa ja niiden on sisällettävä vähintään 25 painoprosenttia kuiva-ainetta ja vähintään 20 prosenttia orgaanista ainesta (hehikutushäviönä mitattuna). Tuotteet eivät saa vaikuttaa haitallisesti kasvien itämiseen tai kasvuun.

6. Terveys ja turvallisuus

Tärkeimpien patogeenien mikrobien määrä tuotteessa ei saa ylittää seuraavassa taulukossa esitettyjä raja-arvoja:

Tuoreaines	
<i>Salmonella</i>	Ei saa esiintyä 25 grammassa
<i>E. coli</i>	< 1000 MPN/g *

* MPN: todennäköisin lukumäärä (Most Probable Number)

7. Haitat

Tuotteista ei saa tulla pysyvää epämiellyttävää hajua maaperään levittämisen jälkeen.

Tuotteet eivät saa sisältää lasinpalasia, rautalankaa eivätkä muita metalleja tai kovamuoveja, jotka voivat vaarantaa ihmisten terveyden.

Tuotteet eivät saa tuoda maaperään kohtuuttomia määriä rikkaruohojen siemeniä tai niiden lisääntyviä osia.

8. Testi- ja määrittämenetelmät

Raskasmetalleja koskevien testi- ja määrittämenetelmien on oltava direktiivin 86/278/ETY vaatimusten mukaisia. Jos maanparannusaineiden fyysisten ja mikrobiologisten määrittäysten suorittamista varten ei ole olemassa kansainvälisesti hyväksytyjä testimenetelmiä tai muita vaatimuksia, testimenetelmän valinta jää jäsenvaltioiden omaan harkintaan.

KULUTTAJATIEDOTUS

Tuotteen pakkauksessa on oltava seuraavat tiedot:

Tälle tuotteelle on myönnetty Euroopan unionin ekotuotemerkki, koska

* tuote edistää osaltaan maaperän ja vesistöjen pilaantumisen vähentämistä ja vähentää jätteen määrää edistämällä sen käyttöä ja kierrätystä.

Kompostituotteiden kypsyyden tarkkailuun käytettävissä olevat menetelmät (Ympäristöministeriön (1992) kompostityöryhmän mietintö, Liite 3/kappale 11. Kompostituotteen kypsyyks).

KOMPOSTITUOTTEEN KYPSYYS

Aistinvarainen arvionti:

Tarkkaillaan kompostimassan hajua ja ulkonäköä aistinvaraisesti ja arvioidaan stabiilisuus laitoskohtaisen kokemuksen perusteella. Kosteuden silmämääräinen tarkkailu samalla on välttämätöntä.

Lämpötilan tarkkailu:

Kolme vuorokautta kompostimassan kääntämisen tai sekoittamisen jälkeen tarkkaillaan lämpötilaa eri syvyyksillä aumassa, esim. 30, 60 ja 150 cm syvyydellä. Jos lämpötila millään syvyydellä kohoaa yli 20 °C:n ilman lämpötilaa korkeammaksi, ei kompostituote ole kypsää. Jos lämpötila aumakompostin pinnassa on selvästi korkeampi (15-20 °C) kuin sen sisäosissa, on se todennäköinen merkki sisäosien anaerobisuudesta. Alhainen lämpötila ei kuitenkaan ole kypsyyden varma indikaattori, sillä prosessin pysähtyminen voi johtua myös liiallisesta kuivuudesta, vetyemisestä tai typen puutteesta.

Lämpenemistesti:

Laboratoriossa suoritettussa lämpenemistestissä näyte kostutetaan optimikosteuteen ja mitataan lämpeneminen 1,5 litran ns. Dewar-laitteessa 2-5 päivän ajan. Jos lämpötila jää alle 60 °C, on kompostituote stabiloitunutta.

Jannin testi:

Jannin testillä voidaan selvittää, onko kompostituotteessa vielä runsaasti jäljellä herkästi hajoavia aineita, joiden hajoamistuotteena syntyy anaerobisissa oloissa orgaanisia happoja. Edustavasti otettua näytettä kostutetaan ja sitä säilytetään hapettomassa tilassa 55 °C:ssa 72 tuntia. Kompostituote on stabiloitunutta, jos näytteen pH-arvo on tämän jälkeen 7 tai korkeampi. Testissä ei tarvita erityislaitteita, mutta siinä on joitain epävarmuustekijöitä, kuten esim. tyyppipitoisuuden vaikutus.

Orgaaninen aines:

Orgaanisen aineksen määrä määritetään hehikutushäviönä standardin SFS 3008 mukaisesti. Jos hehikutushäviö on yli 30 %, voidaan epäillä ettei kompostituote ole stabiloitunutta.

Idätystesti (komposti):

Krassinsiemenillä suoritettavassa idätystestissä kompostinäyte levitetään Petri-maljaan, kostutetaan ja kylvetään tietty määrä siemeniä. Kolmen vuorokauden kuluttua itävyyttä verrataan kostutetulla paperilla idätettyihin siemeniin.

Idätystesti (kompostiuute):

Kompostiuutteilla suoritettavassa idätystestissä uutetaan kompostinäytteestä vesiliukoiset aineet, joilla kastellaan inertti kasvualusta. Krassinsiemenet idätetään tällä kompostiuutteella kastellulla kasvualustalla. Kehittyneemmässä idätystestissä käytetään mittarina indeksiä, jossa otetaan huomioon krassisadon paino ja juuriston pituus.

Kationinvaihtokyky:

Kationinvaihtokyky kuvastaa humustumisen edistymistä, mutta siihen vaikuttavat myös merkittävästi seosaineet, mm. saviaineksen pitoisuus.

LIITE 5 (1/2)

Ehdotus maanparannuskompostin tuoteselosteeksi. MMMp 46/1994 vaatimiin tuoteselosteen sisältämiin tietoihin esitetyt lisäykset on merkitty kursivoilla.

Maanparannuskompostin tuoteseloste

Tyypinimi

Kauppanimi

Pakkauskoko

Tuotteen laatuluokka:

I / II / III / IV laatuluokka

Tuotteen käyttötarkoitus

Maanparannusaine pelto- ja puutarhaviljelyyn

Ecolabel-maanparannusaineeksi ja/tai kuivikkeeksi

Luomu-maanparannusaine

Kasvualusta

Peitemaa kaatopaikoille

Tuotteen käyttöohje

Tuotteen käytön rajoitukset

Tuotteen säilytys ja säilyvyys

1. Tuotteen valmistuksessa käytetyt aineet ja niiden käsittely

Kompostoidut raaka-aineet, niiden alkuperämaa ja seossuhteet

Lähtöaine mainitaan, kun osuus yhteispainosta ylittää 10 %,

mutta puhdistamoliete on ehdottomasti mainittava aina!

Kompostoinnin jälkeen lisätyt seosaineet, niiden alkuperämaa ja seossuhteet

Kompostin valmistusmenetelmä, valmistusmaa ja valmistusaika

Valmistaja osoitteineen

Valmistuttaja osoitteineen

Myyjä osoitteineen

2. Tuotteen hygieeninen laatu

Kompostin hygieenisuus varmistettu seuraavasti:

aika, jonka kompostin lämpötila > 55°C ja kyseisen menetelmän vähimmäisvaatimus

haitallisten mikro-organismien määrät ja sallitut raja-arvot kyseisessä luokassa

3. Tuotteen kypsyytys ja stabiilisuus

Käytetyt testit (kasvitestit / C/N-suhde / hapenkulutus), niiden tulokset ja hyväksyttävät raja-arvot

4. Tuotteen fysikaalis-kemialliset ominaisuudet

Näytteenottopäävmäärä

Analyysimenetelmät ('KTTK:n suositusten mukaiset')

Analyysitulokset, tuotteen luokitukseen vaikuttavista ominaisuuksista luokan suurin sallittu arvo

Roskaisuus

Karkeusaste

Kuiva-ainepitoisuus

Tilavuuspaino

pH (H₂O)

Johtoluku

Kationinvaihtokapasiteetti

Hehkutushäviö, orgaanisen aineksen pitoisuus, %

Kokonais-N, josta liukoista %

Kokonais-P, josta uuttuvaa %

Kokonais-K, josta uuttuvaa %

Kokonais-C ja humus-% kuiva-aineesta

C/N-suhde

Ca

Mg

S

Na

Cl

Mn

Cu

Zn

Cd

Pb

Hg

Cr

Ni

As

Se

F

Julkaisija



31600 JOKIOINEN

		Julkaisun sarja ja numero Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 64	
		Julkaisu aika (kk ja vuosi) Lokakuu 1999	
Tekijä(t) Tiina Tontti ja Ritva Mäkelä-Kurtto		Tutkimushankkeen nimi	
		Toimeksiantaja(t) Maatalouden tutkimuskeskus	
Nimike Biojätekompostit kasvintuotannossa			
Tiivistelmä Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on antaa kattava kuva biojätteiden määristä, käsitte-lystä ja kompostoinnista, biojätteestä tuotettujen kompostien laadusta, laadun valvonnasta ja turvallisesta käytöstä kasvintuotannossa. Yhdyskuntien tuottamasta biojätteestä kompostoi- daan Suomessa tällä hetkellä noin 10 %. Kompostoitavan orgaanisen jätteen määrä lisääntyy tu- levaisuudessa, sillä taajamien biojätteen erilliskeräys laajenee ja kaatopaikkoja koskevat säädök- set tulevat rajoittamaan kaatopaikoille sijoitettavan orgaanisen jätteen määrää. Valtakunnalli- nen jätesuunnitelma asettaa tavoitteeksi biojätteen 75 %:n hyödyntämistä vuoteen 2005 mennessä. Kompostoituminen on monimutkainen biologinen prosessi, ja syntyvän komposti- tuotteen laatu riippuu lukuisista tekijöistä. Käytetyt raaka-aineet, niiden seossuhteet, prosessin hallinta ja kompostointimenetelmä vaikuttavat prosessin kestoon sekä kompostituotteen laa- tuun ja käyttöturvallisuuteen. Kompostin laatua kuvaavia ominaisuuksia ovat kypsyy- syy, stabiili- suus ja hygieenisuus sekä raskasmetalli- ja ravinnepitoisuus. Näiden ominaisuuksien arviointiin käytetään monia menetelmiä ja suositeltavat raja-arvot vaihtelevat maasta, käytetyistä raaka-ai- neista ja analyysimenetelmistä riippuen. Raaka-aineiltaan ja laadultaan erilaiset kompostituot- teet soveltuvat erilaisiin käyttökohteisiin ja -tarkoituksiin. Kompostituotteiden käytön suurim- pia esteitä on ollut yleinen epäluuloisuus tuotteiden turvallisuudesta ja hygieenisyydestä. Tois- taiseksi käyttäjien saatavilla ei ole ollut riittävästi tietoa jätteiden tuotteistamistoiminnan laadus- ta tai laadun valvonnasta. Halukkuus maanparannuskompostien käyttöön todennäköisesti lisääntyisi, mikäli käytössä olisi toimiva laatujärjestelmä sekä luotettavat ja mielellään standar- disoidut mittausten menetelmät. Tämä kirjallisuusselvitys sisältää ehdotuksen maanparannuskom- postien laatuvaatimuksesta ja laatuvaatimuksista sekä myös joitakin lisäehdotuksia kompostien tuoteselosteissa esitettäviin tietoihin.			
Avainsanat: komposti, kompostointi, biojätteet, eloperäiset lannoitteet, maanparannusaineet, laatuvaatimukset, laatuvaatimus			
Toimintayksikkö Maatalouden tutkimuskeskus, Luonnonvarojen tutkimus, Ekologinen tuotanto, Karilantie 2 A, 50600 Mikkeli			
ISSN 1238-9935	ISBN 951-729-553-7	<input checked="" type="checkbox"/> Tuloksia voi soveltaa luomu- viljelyssä	
Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puhelin (03) 4188 2327 Telekopio (03) 4188 2339		Sivuja 57 s. + 5 liitettä	Hinta

Jyväskylän yliopistopaino 1999
ISBN 951-729-553-7
ISSN 1238-9935