



Merja Itävaara, Minna Vikman, Anu Kapanen,  
Olli Venelampi & Arja Vuorinen

## Kompostin kypsyystestit

| Menetelmäohjeet



# **Kompostin kypsyystestit**

## **Menetelmäohjeet**

Merja Itävaara, Minna Vikman & Anu Kapanen  
VTT

Olli Venelampi & Arja Vuorinen  
Evira

ISBN 951-38-6813-3 (nid.)  
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-6814-1 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)  
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2006

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT  
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT  
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland  
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Tietotie 2, PL 1000, 02044 VTT  
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 1000

VTT, Datavägen 2, PB 1000, 02044 VTT  
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 1000

VTT Technical Research Centre of Finland, Tietotie 2, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland  
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 1000

Toimitus Maini Manninen

Valopaino Oy, Helsinki 2006

Itävaara, Merja, Vikman, Minna, Kapanen, Anu, Venelampi, Olli & Vuorinen, Arja. Kompostin kypsyys-testit. Menetelmäohjeet [Compost maturity. Method book]. Espoo 2006. VTT Tiedotteita – Research Notes 2351. 38 s.

**Avainsanat** compost, stability, maturity

## Tiivistelmä

Kompostin kypsyystestit -ohjekirja on tarkoitettu valvontalaboratorioiden ja kompostilaitosten avuksi kompostin kypsyuden arvioimiseen. Ohjekirjan tavoitteena on antaa yksityiskohtaisia menetelmäohjeita ja teoreettista taustaa tulosten tulkintaan. Kypsyys-testit ovat yksinkertaisia ja helposti toteutettavia, mutta tulosten tulkinta vaatii ymmärrystä kompostiprosessin toiminnasta. Kompostointi on bioprosessi, joka oikein ohjattuna tuottaa hyvälaatuista lopputuotetta, mutta huonosti toteutettuna kasvien kasvualustaksi kelpaamatonta haisevaa, korkeintaan kaatopaikkojen rakenteisiin soveltuvaa materiaalia.

Kompostin kypsyyttä ei voida arvioida yhdellä menetelmällä, vaan on käytettävä useampia testejä, joiden tuloksia tarkastellaan kokonaisuutena. Testien perusteella arvioidaan, miten pitkälle komposti on hajonnut eli stabiloitunut, ja toisaalta taas, onko hajoamisen välituotteena muodostunut fytotoksisia yhdisteitä. Fytotoksisuuden ja pysyvän, esimerkiksi orgaanisten haitta-aineiden aiheuttaman toksisuuden välille on tehtävä selvä ero, sillä fytotoksiset bioprosessin välituotteet hajoavat kompostointia jatkettaessa. Ohjekirjassa kuvataan lisäksi ongelmatilanteita, joissa voidaan saada virheellinen tulos.

Ohjekirjassa kuvattavat menetelmät perustuvat VTT:n monivuotiseen tutkimukseen kompostin kypsyudesta. Ohjekirjassa on mukana kompostin perusanalyysijä sekä useita kompostin kypsyys-, stabiilisuuteen ja toksisuuteen liittyviä menetelmiä. On kuitenkin huomattava, että virallisia raja-arvoja kompostin kypsyydelle ei tämän menetelmäohjekirjan kirjoitusvaiheessa Suomessa ole, ja annetut raja-arvot ovat tämän oppaan kirjoittajien ehdotuksia raja-arvoiksi. Lannoitelain uudistuksen myötä annettavissa MMM:n asetuksissa tullaan tietyiltä kompostituotteilta edellyttämään kypsyuden toteamista ja asettamaan tyyppinimikohtaisesti raja-arvot kypsyuden mittareille. Mukaan on otettu myös yleisesti käytössä olevia kypsyysmenetelmiä, kuten Rottegrad-testi. Jos menetelmissä on taustalla standardeja, ne on tarvittaessa muunneltu käytännön tarpeita vastaaviksi. Joistakin menetelmistä esitetään vain lyhennetty kuvaus ja lähde, josta kiinnostunut lukija voi tarvittaessa etsiä yksityiskohtaisempaa tietoa.

Toivomme ohjekirjan edistävän hyvälaatuisten kompostituotteiden kehittämistä ja kompostin lisääntyvää hyötykäyttöä kasvualustoissa.

Itävaara, Merja, Vikman, Minna, Kapanen, Anu, Venelampi, Olli & Vuorinen, Arja. Kompostin kypsyyss-testit. Menetelmäohjeet [Compost maturity. Method book]. Espoo 2006. VTT Tiedotteita – Research Notes 2351. 38 p.

**Keywords** compost, stability, maturity

## Abstract

The compost maturity method guidebook is intended for testing laboratories and composting plants that need to evaluate the maturity of compost samples, as well as for the self-management of composting plants. The guidebook provides detailed information, guidance and a theoretical background for performing the maturity tests. The tests are simple and easy to perform, but knowledge of composting processing is required when evaluating the tests results. Composting is a bioprocess which produces a good quality end product when properly managed. If improperly processed, however, the end product will be of poor quality and phytotoxic, therefore preventing its use for plant cultivation, and only be suitable for use in landfill constructions.

Compost quality cannot be determined by using a single test; several tests have to be used in order to analyze the degradation phase of the compost, e.g. the stability level. In addition, the phytotoxicity of the compost also has to be analyzed. However, a distinction has to be drawn between phytotoxicity and persistent toxicity because the phytotoxic compounds, which are intermediates of the bioprocess, can be further degraded as composting proceeds. The guidebook describes how to combine test results in compost maturity assessment. In addition, trouble-shooting hints are also given to avoid erroneous conclusions.

The tests described in the guidebook are based on research performed at VTT over a period of several years. The book also includes information about basic compost analysis, as well as about several methods for estimating maturity, stability and toxicity. The limit values proposed in the book are not official limit values, but are based on research performed in projects by the VTT's research team. In reform of fertilizer product legislation by Ministry of Agriculture and Forestry, decree on compost products will set limit values for maturity and demand for determination of maturity. We have also included methods that are widely used as maturity tests, such as the Rottegrad test. Standard tests have been modified for practical applications. Some methods have only been described shortly: the source reference is given so that the reader can obtain more information if interested.

We hope that the guidebook will enhance the production of good quality composts and increase the recycling of biowaste as a plant growth substrate.

# Esipuhe

Orgaanisen aineksen käsittely kompostoimalla ja mädättämällä on lisääntynyt Suomessa. Samalla syntyvien tuotteiden käyttö maanparannusaineena ja kasvualustojen raaka-aineena on yleistynyt. Myös lainsäädännössä on kiinnitetty kasvavaa huomiota näiden tuotteiden valmistuksen ja käytön vaatimuksiin niin EU-tasolla kuin kansallisesti. Heinäkuussa 2006 voimaan astuneessa lannoitevalmistelaissa (539/2006) on määrätty mm. toiminnanharjoittajille omavalvonnan järjestämisvelvollisuus ja orgaanisia lannoitevalmisteita valmistaville laitoksille laitoshyväksyntämenettely.

Tämän kehityksen seurauksena tuotteiden prosessoinnin ja laadun tarkkailuun soveltuvien menetelmien tarve on lisääntynyt. Tähän tarpeeseen vastaamaan käynnistettiin projekti *Kompostin kypsyydestä laitosten omaseurantaan ja valvontalaboratorioiden käyttöön* (MMM-päätös Dnro 3619/501/2002, projekti 310103). Projektin tavoitteena oli tuoda VTT:ssä tehdyn monivuotisen työn tulokset kompostin kypsyydestä tuottajien ja valvonnan käyttöön.

Projektin rahoittajina toimivat Kasvintuotannon tarkastuskeskus (nykyisin Elintarvike-  
turvallisuusvirasto Evira) ja maa- ja metsätalousministeriö. Projektin ohjausryhmässä olivat maa- ja metsätalousministeriön, ympäristöministeriön, Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen, Jätelaitosyhdistyksen, Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen ja Viherympäristöliiton edustajat.

Otaniemessä, elokuussa 2006

Merja Itävaara, Minna Vikman, Anu Kapanen, Olli Venelampi & Arja Vuorinen

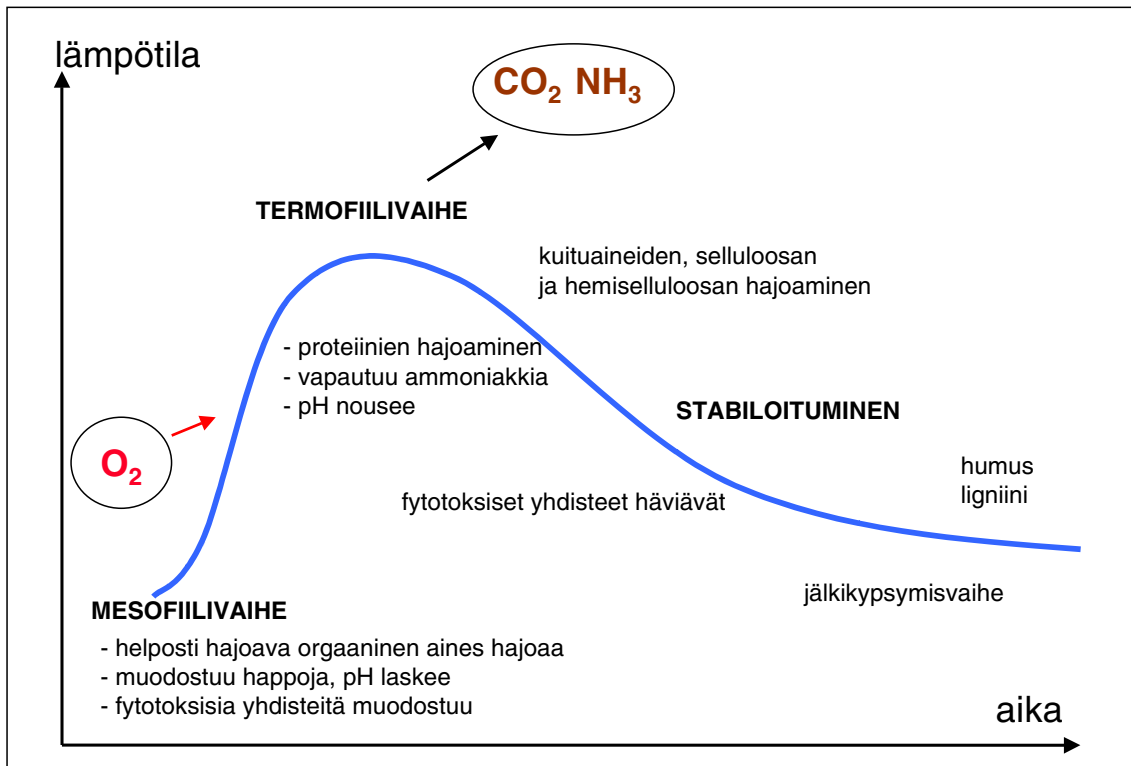
# Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Esipuhe .....	5
1. Johdanto .....	7
2. Kompostin kypsyden arviointi.....	10
2.1 Stabiilisuustestit.....	11
2.2 Ekotoksisuus ja fytotoksisuus .....	12
2.3 Esimerkkejä testitulosten tulkinnasta kompostinäytteiden kypsyden arvioinnissa.....	14
3. Perusmenetelmät ja -analyysit .....	16
3.1 Näytteenotto, käsittely ja säilytys.....	16
3.2 Kuiva-ainepitoisuus.....	17
3.3 Tuhkapitoisuus .....	18
3.4 Tilavuuspainon määrittäminen .....	19
3.5 pH, johtokyky ja nitraatti/ammoniumtyypin suhde.....	21
4. Stabiilisuustestit .....	25
4.1 Kompostin kosteuden säätäminen stabiilisuustestejä varten.....	25
4.2 CO <sub>2</sub> -tuotto- / O <sub>2</sub> -kulutuskoe, suljettu pullotesti.....	25
4.3 Kompostin stabiilisuuden määrittäminen perustuen hapenkulutukseen, ASTM-testi .....	27
4.4 Rottegrad-testi .....	28
4.5 Solvita-testi.....	29
5. Toksisuustestit .....	31
5.1 Fytoksisuus/Kasvitesti.....	31
5.2 Toksisuus – Flash-valobakteeritesti .....	34
Kirjallisuutta .....	37



# 1. Johdanto

Orgaanisen aineen hajoaminen on kompostoinnin alkuvaiheessa erittäin nopeaa johtuen helposti saatavilla olevista ravinteista, joita mikrobit voivat hyödyntää energianlähteenään. Kompostin kuumeneminen johtuu juuri mikrobin tuottamasta lämpöenergiasta. Helposti hajotettavat komponentit hajoavat biojätteessä nopeasti, ja vaikeasti hajoavat, kuten selluloosa ja ligniini, vasta prosessin loppuvaiheessa. Ravinteiden saatavuuden vähentyessä myös mikrobin aktiivisuus vähenee ja tämä voidaan todeta kompostin jäähtymisenä. Kompostoituminen jatkuu kuitenkin pitkään, ja kompostin hajoamisen tasaantumisvaihetta kutsutaan stabiloitumiseksi. Orgaanisen aineen hajoamiseen liittyy useita kemiallisia ja fysikaalisia reaktioita, joita seuraamalla voidaan saada tietoa kompostoinnin etenemisestä (Kuva 1).



Kuva 1. Kompostointiprosessin eri vaiheet.

Mikrobin kiivaan hajotustoiminnan tuloksena muodostuu runsaasti hiilidioksidia, joka vapautuu kompostin ilmatilaan ja on mitattavissa sieltä eräänä prosessin toimivuuden parametrina. Myös hapenkulutus on voimakasta, ja riittävän hapen saatavuuden turvaaminen onkin merkittävä tekijä hyvälaatuisen kompostin tuottamisessa.

Kompostoinnin etenemistä voidaan seurata myös mittaamalla typpiyhdisteissä ja pH:ssa tapahtuvia muutoksia. Alkuvaiheessa kompostin pH voi laskea hieman, mutta nousee kompostin kypsyessä välille pH 7–8. Kompostoinnin edetessä ammoniumtyppi hapettuu

nitrifikaatiobakteerien avulla kasveille käyttökelpoiseen muotoon nitraateiksi, vaikkakin lämpöhuipun aikana osa typestä voi haihtua ilmaan ammoniakkinä.

Kompostin kypsyys koostuu useasta tekijästä. Stabiilisuus on osa kypsyyttä, mutta ei yksin riitä kattamaan koko määritelmää. Stabiili komposti on hajonnut niin pitkälle, että sen hiilidioksidin tuotto ja hapenkulutus ovat vähentyneet huomattavasti. Voimakas hiilidioksidintuotto on merkki mikrobiologisesta toiminnasta. Jos kasvien kasvualusta valmistetaan kompostista, jossa mikrobiaktiivisuus on hyvin voimakasta, kasvit kärsivät hapenpuutteesta. Epästabiilissa kompostissa kasvit voivat myös kärsiä ravinteiden puutteesta, koska ravinteet sitoutuvat mikrobibiomassaan eivätkä vapaudu kasvien käyttöön.

Kompostointiprosessia voidaan hoitaa monella eri tavalla ja raaka-aineiden koostumuksen ja rakenteen lisäksi kompostoitumiseen vaikuttaa prosessin hallinta. Harvoin käännytyssä ja huonosti ilmastetussa kompostissa voi muodostua kasveille myrkyllisiä kemiallisia yhdisteitä kuten haihtuvia rasvahappoja. Haitalliset yhdisteet saadaan hajoamaan prosessin hallinnan avulla kuten kääntöjä ja ilmastusta lisäämällä. Kompostin huono rakenne, joka voi aiheutua liian pienijakeisen tukiaineen käytöstä tai väärästä seossuhteesta, voi olla osasyy huonoon prosessoitumiseen ja kasveille myrkyllisten yhdisteiden muodostumiseen. Stabiilisuuden määrittämisen lisäksi on siis tärkeää tutkia kompostin hapettomuutta joko määrittämällä haihtuvien rasvahappojen määrä tai pH, joka laskee hapettomassa kompostissa hyvin matalalle.

Kompostin kypsyuden arvioimiseksi ei voida hyödyntää vain yhtä testimenetelmää, vaan kypsyuden määrittämiseen tarvitaan useita menetelmiä. Vaikka kypsyuden testimenetelmät ovat sinänsä yksinkertaisia ja helppoja suorittaa, vaatii tulosten analysointi asiantuntemusta ja kompostointiprosessin ymmärtämistä.

Orgaanisten haitta-aineiden aiheuttama toksisuus tulisi erottua testeissä vaikutuksista, jotka aiheutuvat epäkypsästä kompostista. Jos on syytä epäillä, että jätteet sisältävät orgaanisia haitta-aineita olisi suositeltavaa tehdä ekotoksisuustutkimuksia, jotka ilmaisevat myrkyllisyyden eläimille, kasveille ja mikrobeille. Kemialliset analyysit ovat tärkeitä ja niillä voidaan tutkia erilaisten haitta-aineiden pitoisuuksia kompostissa. Aina ei kuitenkaan tiedetä mitä haitta-aineita komposti sisältää, ja kemikaalien hajoamistuotteet voivat olla alkuperäisiä haitta-aineita myrkyllisempiä. Ekotoksisuustestien etuna on, että niillä voidaan todeta myös usean eri komponentin yhteisvaikutus, joka voi olla suurempi kuin yksittäisten komponenttien vaikutus testiorganismiin (Kapanen ja Itävaara, 1998). Haitta-aineita, joita on löydetty huomattavia määriä komposteista, ovat esimerkiksi ftalaatit, polyaromaattiset hiilivedyt (PAH) ja alkyylifenolit (Itävaara ym., 2000).

Suomessa kompostin käyttöä lannoitevalmisteena säätelevät lannoitevalmisteita koskevat kansalliset ja EU-säädökset. Maanparannusaineena käytetyille komposteille on ase-

tettu vaatimuksia liittyen niiden kypsyyteen, raskasmetallipitoisuuksiin ja hygieenisyyteen. Maanparannusaineena käytetyn kompostin tulee säädösten mukaan olla niin kypsää, ettei se sisällä haitallisia määriä kasveille myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita.

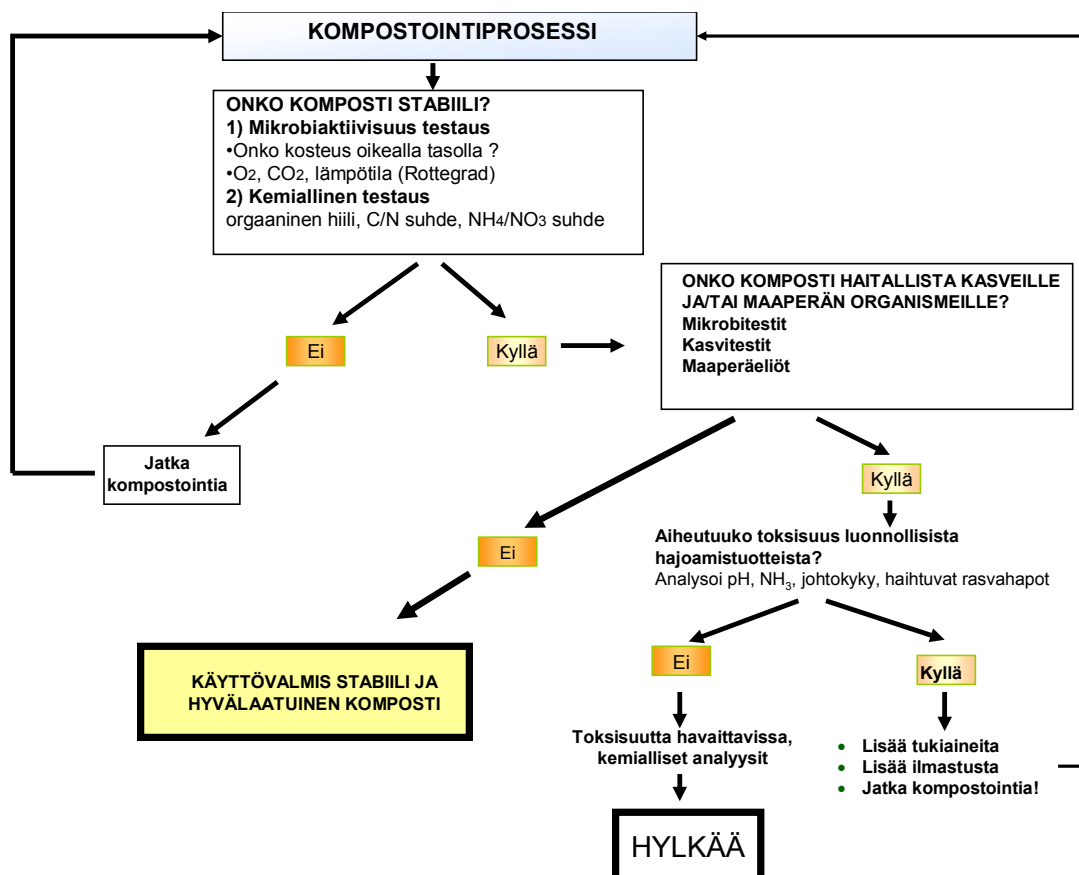
Uusi lannoitevalmistelaki 539/2006 on astunut voimaan 1.7.2006. Laissa määrätään mm. toiminnanharjoittajille omavalvonnan järjestämisvelvollisuus ja orgaanisia lannoitevalmisteita valmistaville laitoksille laitoshyväksyntämenettely. Laki lisää toiminnanharjoittajan vastuuta tuotantoon kohdistuvasta valvonnasta ja siirtää viranomaisten suorittamaa valvontaa valmistuksen valvonnasta markkinoilla tapahtuvaan ja käytön valvontaan. MMM:n asetuksessa lannoitevalmisteista tullaan esittämään myös vaatimuksia tuotteiden kypsyydelle ja stabiilisuudelle.

## 2. Kompostin kypsyysarviointi

Kompostin kypsyysarvioinnissa on otettava huomioon useita tekijöitä, jotka voivat johtaa virheellisiin johtopäätöksiin. Esimerkiksi täysin raaka komposti voidaan tulkita kypsäksi, jos kompostin mikrobiologinen toiminta ja orgaanisen aineen hajoaminen on hidastunut tai pysähtynyt kompostin kuivumisen, tiivistymisen ja/tai hapettomuuden vuoksi. Tiivis komposti ja paha haju viittaavat hapettomaan hajoamiseen ja/tai raakaan kompostimassaan.

Erilaisten kompostin kypsyysmenetelmien soveltuvuuteen vaikuttaa myös arviointitilanne. Laitosten omavalvonnassa tunnetaan prosessiolosuhteet ja niiden vaikutus voidaan ja tulee huomioida arviointitilanteessa. Laitoksilla saatuja tuloksia ja tehtyjä havaintoja voidaan verrata myös tunnettuun normaalitilanteeseen, mikä helpottaa arvioinnin tekemistä. Viranomaisten tekemässä valvonnassa prosessiolosuhteita ja arvioitavan tuotteen tavanomaisia ominaisuuksia ei tunneta. Tämä lisää menetelmien laajalaisuuteen ja näytteiden esikäsittelyyn kohdistuvia vaatimuksia.

Kuvassa 2 esitetään ne keskeiset kysymykset, jotka tulisi esittää näytettä tutkittaessa, sekä menetelmät, jotka vastaavat kysymyksiin.



Kuva 2. Kompostin kypsyystestipatteriston menetelmien hyödyntäminen tulosten arvioinnissa.

Taulukossa 1 esitetään kypsän kompostin raja-arvot tässä ohjekirjassa kuvatuille kypsyystesteille.

*Taulukko 1. Kompostin kypsyysarvojen arviointimenetelmien raja-arvoja.*

Menetelmä	Mitattava suure	Tulkinta ja raja-arvot
CO <sub>2</sub> -tuotto	CO <sub>2</sub> -tuotto 24 tunnissa ja 37 °C:n lämpötilassa	CO <sub>2</sub> tuotto vähenee kompostin kypsyessä. Alle 2 mg CO <sub>2</sub> -C/g VS/24 h = kypsä komposti.
NO <sub>3</sub> -N/NH <sub>4</sub> -N	Vesiliukoisen NO <sub>3</sub> :n ja NH <sub>4</sub> :n määrä kompostimassassa	Ammoniumin määrä pienenee ja nitraatin määrä kasvaa kompostin kypsyessä. Kun NO <sub>3</sub> -N/NH <sub>4</sub> -N > 1, komposti on kypsää.
Flash-valobakteeritesti	Luminesenssin inhibitio	Toksisuus pienenee kompostin kypsyessä, kypsässä kompostissa ei toksisuutta 100 g/l pitoisuudessa.
Solvita	CO <sub>2</sub> ja ammoniakki neljässä tunnissa	Asteikko 1–8, 1 ja 2 = raaka; 3–6 = aktiivinen komposti; 7 ja 8 = valmis komposti.
Rottegrad	Lämpötila	Lämpötila laskee kompostin kypsyessä. Yli 60 °C = luokka I, 50–60 °C = luokka II, 40–50 °C = luokka III, 30–40 °C = luokka IV ja 20–30 °C = luokka V. Luokka I = raaka jäte, luokat II ja III = tuore komposti ja luokat IV ja V = valmis komposti.
ASTM-hapenkulutustesti	Hapen kulutus	Hapen kulutus vähenee kompostin kypsyessä. Alle n. 30 mg O <sub>2</sub> /g VS 4 vrk = kypsä komposti.

VS = volatile solids, haihtuvat kiintoaineet tuhkamäärityksessä

## 2.1 Stabiilisuustestit

Kompostin vesipitoisuus on tasapainotettava optimitasolle stabiilisuustestejä varten. Kompostin mikrobiologista aktiivisuutta kuvaavat stabiilisuustestit voivat antaa virheellisen tuloksen, jos komposti on liian kuivaa tai liian märkää. Vesipitoisuuden säätöön soveltuu kohdassa 4.1 kuvattu yksinkertainen nyrkkitesti.

Voimakkaasti kuivunut kompostimassa aktivoituu hyvin hitaasti, ja tällaisessa tapauksessa on testiä jatkettava kostutuksen jälkeen testin suosituksia kauemmin. Veden imeytyminen kuivaan kompostiin ja mikrobien aktivoituminen vie vaihtelevan ajan riippuen kuivumistasosta. Hitaan aktivoitumisen voi hiilidioksidin tuottotestissä havaita siitä, että hiilidioksidin tuotto vuorokautta kohden on 48 tunnin testissä korkeampi kuin 24 tunnissa.

Kompostin vettymisestä ja voimakkaasta kostumisesta voi aiheutua huokostilojen täytyminen, jolloin olosuhteet muodostuvat hapettomiksi. Tällaisessa välivaiheessa mikrobiologinen hajoaminen hidastuu merkittävästi, jolloin stabiilisuustestin tuloksena voidaan saada ”kypsä komposti”, vaikka hajoaminen on ainoastaan pysähtynyt huonoista prosessointiolosuhteista tai massan rakenteesta johtuen. Matala pH on tyypillinen liian tiiville ja vähähappiselle kompostille.

Kosteuden lisäksi mikrobien aktiivisuuteen vaikuttaa voimakkaasti lämpötila. Tästä syystä hiilidioksidin tuottoon tai hapen kulutukseen perustuvat testit tulee tehdä vakio-  
lämpötilassa suojattuna suoralta auringonvalolta. Testimenetelmille ilmoitetut raja-arvot pätevät ainoastaan menetelmässä määrättyssä lämpötilassa.

Kompostin hajoamisvaiheen eli stabiilisuuden määrittämiseen on useita testejä, joista tässä menetelmäoppaassa on kuvattu hiilidioksidintuottotesti, ASTM-hapenkulutustesti, Rottegrad-testi sekä kaupallinen Solvita-testi. Hajoamista kuvaa parhaiten hiilidioksidin tuotto, koska muut menetelmät ovat epäsuoria ja jättävät enemmän tulkinnan varaa. Mikäli hiilidioksidin tuotto on voimakasta (yli 2–4 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk), komposti on vielä hajoamisvaiheessa ja se luokitellaan raa’aksi. ASTM-hapenkulutustestissä, Solvita- ja Rottegrad-testissä on omat raja-arvonsa kompostin kypsyydelle/stabiilisuudelle.

Koska mikrobiologista aktiivisuutta mittaavat stabiilisuustestit voivat antaa virheellisen tuloksen johtuen kompostin inaktivoitumisesta (esim. kuivuminen), on tärkeää käyttää muitakin menetelmiä kypsyuden arvioimisessa. Kompostin happamuus (pH on 4–5 välillä) jo pitkään prosessoidussa kompostissa voi kertoa olosuhteiden hapettomuudesta, ja tällainen komposti voi antaa virheellisen tuloksen stabiilisuustestissä. Alhainen pH voi kuitenkin johtua myös siitä, että kompostiin on seostettu esim. turvetta.

Kompostin kypsyessä ammoniumtyppi hapettuu mikrobien toiminnan tuloksena nitraateiksi. Nitraatin muodostuminen edellyttää hapellisia olosuhteita ja lämpötilan laskemista alle +45 °C:n tasolle. Kompostiuutteesta voidaan määrittää nitraatti/ammoniumtyypen suhde nopealla liuskatestillä tai analyytisillä menetelmillä. Kompostoitavassa jätteessä oleva nitraatti hajoaa prosessin alkuvaiheessa, ja raa’assa kompostissa ei nitraattia merkittävässä määrin esiinny. Raja-arvona kypsälle kompostille on määritetty nitraatti/ammoniumtyypen suhde 1 ja sen yli menevät arvot. Kun nitraatti/ammoniumtyypen suhde on 0,5–1,0, on komposti kypsyymisvaiheessa.

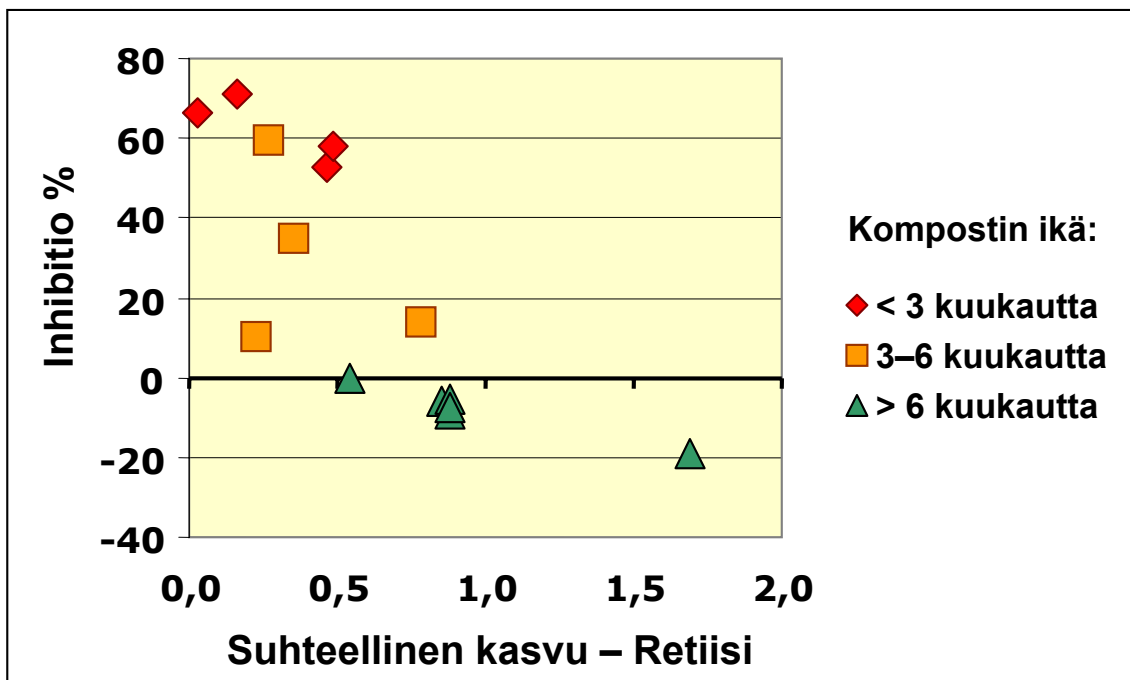
## 2.2 Ekotoksisuus ja fytotoksisuus

Kasvien kasvu (fytotoksisuustestit) on tärkeä tekijä arvioitaessa kompostin kypsyyttä. Tässä menetelmäoppaassa on kuvattu VTT:llä käytössä oleva kasvitesti. Fytotoksisuus-

testit ovat erittäin vaikeasti tulkittavia, koska eri kasvilajien herkkyys vaihtelee suuresti. Liian herkkä testikasvi voi antaa fytotoksisen vasteen, jota ei todellisissa käyttöolosuhteissa mahdollisesti esiintyisi lainkaan. Ravinteiden määrä ja korkea johtokyky voivat myös vaikuttaa ratkaisevasti testitulokseen.

*Vibrio fischeri* -bakteerin valontuottoon perustuvassa Flash-testissä voidaan määrittää kompostin toksisuutta/myrkyllisyyttä. Tulosten arvioinnissa on huomioitava, että tulos voi johtua kompostin epästabiilista tilasta tai orgaanisista haitta-aineista. Jos toksinen vaste johtuu kompostin epästabiilisuudesta, voidaan kompostointia jatkaa ja tällöin voidaan vähitellen saavuttaa stabiili lopputuote.

Vaikka komposti olisi testien mukaan stabiilia, se voi antaa ekotoksisen (Flash-testi) tai fytotoksisen (kasvitesti) vasteen testeissä. Tulos voi johtua myrkykyvaikutuksesta tai siitä, että komposti on raakaa, mutta hajoaminen on pysähtynyt. Toisaalta epästabiilissa kompostissa kasvitesti voi antaa ei-fytotoksisen vasteen, mutta jos kompostia säilytetään pitkään ilmastamatta, se muuttuu fytotoksiseksi. Hapettomissa olosuhteissa muodostuu runsaasti erilaisia yhdisteitä, jotka ovat haitallisia kasveille kuten haihtuvia rasvahappoja, esim. etikkahappoa. Tulosten analysointia helpottaa useiden muiden analyysitulosten tarkasteleminen (pH, johtokyky, nitraatti/ammoniumsuhde). Kasvitesteissä havaitun myrkyllisyyden (eli toksisuuden) on todettu korreloivan valontuoton eston kanssa Flash-testissä (Kuva 3).



Kuva 3. Kompostinäytteiden aiheuttaman retiisin kasvunestymisen korrelaatio bakteerin valontuoton estoon Flash-testissä. Inhibitio% (esto-%) tarkoittaa valobakteerin tuottaman valon vähenemistä myrkyllisyyden vaikutuksesta. Flash-testin mittauksessa on käytetty 30 sekunnin altistusaikaa. (Itävaara ym., 2002).

Alle kolme kuukautta prosessoidut kompostit olivat kuvassa 3 esitetyissä tutkimustuloksissa myrkyllisiä sekä kasvi- että Flash-testissä. Kasvitestissä retiisin kasvun estyminen määritettiin kasvien maanpäällisten osien kuivapainona. Kompostointiprosessin edetessä toksisuus kuitenkin väheni, ja yli 6 kuukautta kompostoidut massat olivat jo käyttökelpoisia kasvien kasvualustana. Jos kompostointiprosessi toimii huonosti ja kasveille haitallisista hajoamistuotteista ei päästä eroon parantamalla prosessin ilmastusta esim. lisäämällä tukirakennetta, kyseessä voi olla pysyvistä orgaanisista haitta-aineista peräisin oleva myrkyvaikutus.

## 2.3 Esimerkkejä testitulosten tulkinnasta kompostinäytteiden kypsyden arvioinnissa

### Esimerkki 1

Lietekomposti

- Hiilidioksidintuottotesti 5,9 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk
- Nitraatti/ammoniumtypen suhde = 0
- Flash-valobakteeritesti: esto-% 51 %

Hiilidioksidintuottotestissä saadaan korkea tulos (> 2 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk) ja nitraatti/ammoniumtypen suhde on alhainen. Lisäksi Flash-testissä esto-% on korkea, mikä osoittaa kompostin myrkyllisyyttä. Kaikki määritykset osoittavat kompostin olevan raakaa.

### Esimerkki 2

Biojätteestä ja lietteestä valmistettu komposti

- Hiilidioksidintuottotesti: 0,97 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk
- Nitraatti/ammoniumtypen suhde >1
- Flash-valobakteeritesti: esto-% (30 s) -68 %

Hiilidioksidintuottotesti on alhainen (< 2 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk), nitraatti/ammoniumtypen suhde on yli 1, ja Flash-testin mukaan komposti ei ole myrkyllinen. Kaikki määritykset osoittavat kompostin olevan kypsää.



### Esimerkki 3

Biojätekomposti:

- Hiilidioksidintuottotesti: 0,2 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk
- Nitraatti/ammoniumtypen suhde = 0
- Flash-valobakteeritesti: esto-% (30 s) 66 %

Hiilidioksidintuottotestin perusteella komposti vaikuttaa kypsältä, koska hiilidioksidia muodostuu erittäin vähän. Nitraattiammoniumtypen suhde on kuitenkin alhainen, mikä on osoitus raa'asta kompostista. Lisäksi Flash-testissä saadaan korkea esto-% (= myrkyllinen komposti). Komposti on niin raakaa ja myrkyllistä, että mikrobitoiminta on alentunut.

## 3. Perusmenetelmät ja -analyysit

### 3.1 Näytteenotto, käsittely ja säilytys

#### Periaate

Menetelmä kuvaa näytteenoton ja näytteenkäsittelyn komposteista. Edustava näyte voidaan ottaa aumasta, kuljettimella kulkevasta massasta ja seulonnan, lastauksen tai kuorman purkamisen yhteydessä. Tavoitteena on pyrkiä saamaan mahdollisimman edustava näyte tutkittavasta kompostista ja pyrkiä kompostinäytteen oikeanlaiseen käsittelyyn ennen kypsyystestien suorittamista. Menetelmä on muunneltu standardista SFS-EN 12579:1999 (Soil improvers and growing media – sampling).

Näytteenotossa on vältettävä muuttamasta kompostin ominaisuuksia näytteenoton ja näytteen säilytyksen aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että näytteenotto suoritetaan riittävän lyhyellä aikavälillä ja että näytettä ei säilytetä liian pitkiä aikoja ennen testien suorittamista. Sopiva säilytysaika riippuu suoritettavasta testistä, mutta esim. stabiilisuustestit tulisi suorittaa mahdollisimman nopeasti näytteenoton jälkeen.

#### Tarvikkeet ja laitteet

- lapio näytteiden ottoon
- muoviasiioita osanäytteiden yhdistämiseen
- kauha näytteiden sekoittamiseen
- pakastuspusseja tai kannellisia muoviasiioita näytteiden säilytystä varten
- lämpömittari

#### Näytteen ottaminen

Jotta kompostista saataisiin edustava kokoomanäyte, on osanäytteitä otettava riittävä määrä. Tämän varmistamiseksi toimitaan standardissa SFS-EN 12579 kuvatulla tavalla. Mikäli kompostierä on yli 5 000 m<sup>3</sup>, se on jaettava yhtä suuriin osiin ja kustakin osaerästä on otettava itsenäisesti näytteet tässä kuvattavan ohjeen mukaisesti. Viranomaisnäytteiden yhteydessä useasta osaerästä muodostuvaa näytesarjaa kutsutaan sarjanäytteeksi.

Kompostierän näytteenottokohtien määrä (n) lasketaan seuraavan yhtälön avulla:

$$n = 0,5 \cdot V^{0,5}$$

missä V = kompostierän tilavuus (m<sup>3</sup>).

Näytteenottokohtien määrän on kuitenkin oltava vähintään 12 ja enintään 30.

Kompostierä jaetaan tasaisesti näytteenottokohtiin. Standardista poiketen näytteenotto-kohtien lämpötilat mitataan ja merkitään muistiin. Jokaisesta näytteenottokohdasta otetaan satunnaisesti osanäyte, niin että osanäytteitä tulee edustavasti koko kompostimassan syvyydeltä. Näytteitä ei oteta kuitenkaan kompostin pinnasta (50 mm). Kuljettimelta otettaessa näyte tulisi ottaa koko kuljettimen leveydeltä. Eri osanäytteiden tilavuuksien on oltava sama. Osanäytteiden tilavuuden tulee olla vähintään 0,5 litraa ja riittävä, jotta lopullista yhdistettyä näytettä muodostuu vähintään tarvittava määrä. Suositeltavaa on ottaa näytettä yhteensä vähintään 20 litraa. Eri näytteenottokohdista otetut osanäytteet yhdistetään ja sekoitetaan huolellisesti, jolloin saadaan kokoomanäyte. Kokoomanäytteestä jaetaan eri analyyseihin tarvittava määrä näytettä.

#### Näytteen käsittely eri määritysmenetelmiä varten

Koko näytteenoton ajan on pyrittävä minimoimaan näytteissä tapahtuvaa veden haihtumista. Stabiilisuustestit tulisi suorittaa mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen, jotta kompostin aktiivisuudesta saadaan oikea kuva. Jos analyysejä ei tehdä välittömästi näytteenoton jälkeen, näytteet on jäädytettävä mahdollisimman nopeasti. Lyhytaikainen säilytys (alle 7 vrk) tulee tapahtua kylmässä (3 °C +/- 2 °C). Näytteiden pakastaminen ei ole suositeltavaa. Komposti tulee seuloa ennen analyyseiden tekemistä standardin SFS-EN 13040 mukaan 20 mm tai standardin niin vaatiessa 40 mm seulalla.

## **3.2 Kuiva-ainepitoisuus**

Menetelmä perustuu standardiin SFS-EN 13040 (Soil improvers and growing media – Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density).

#### Tarvikkeet

- mitta-astioita (esim. foliovuokia)
- analyyssivaaka (tarkkuus 0,01g)
- kuivausastia (eksikaattori)
- lämpökaappi

#### Suoritus

Kuiva-ainemääritys tehdään +103 °C ± 2 °C:n lämpötilassa. Tyhjä mitta-astia punnitaan, jonka jälkeen annostellaan astiaan 50–100 g näytettä ja punnitaan astian ja näytteen yhteispaino. Näytettä kuivataan +103 °C:n lämpötilassa uunissa yön yli. Näyte jäädytetään eksikaattorissa, jossa se ei ime itseensä kosteutta. Jäähtyneen kuivatun näytteen paino punnitaan. Näytteestä tehdään kolme rinnakkaista määrittystä.

### Tulosten lasku

$$ka = (m_c - m_a) / (m_b - m_a) \cdot 100 \%,$$

ka = näytteen kuiva-aine prosentteina alkuperäisestä näytteestä

m<sub>a</sub> = mitta-astian paino

m<sub>b</sub> = näytteen ja mitta-astian yhteispaino

m<sub>c</sub> = kuivan näytteen ja mitta-astian yhteispaino

Näytteen vesipitoisuus (kosteus) on 100 % – kuiva-aine-%.

## **3.3 Tuhkapitoisuus**

Menetelmä perustuu standardiin SFS-EN 13039 (Soil improvers and growing media – Determination of organic matter content and ash).

Näyte hehkutetaan (tuhkataan) +550 °C:ssa. Hehkutusjäännös kuvaa tutkittavan näytteen tuhkaa ja hehkutuksessa haihtunut osuus näytteen orgaanista ainetta. Tulokset ilmoitetaan painoprosentteina kuivatusta näytteestä. Hehkutusjäännös kuvaa tutkittavan näytteen tuhkaa ja hehkutuksessa haihtunut osuus näytteen orgaanista ainetta (volatile solids, VS).

### Tarvikkeet

- hehkutusuuni
- keraamisia astioita
- analyysivaaka (tarkkuus 0,001 g)
- kuivausastia (eksikaattori)

### Suoritus

Tuhkapitoisuus määritetään kuivatusta kompostinäytteestä hehkuttamalla näytettä +550 °C:ssa. Kuivattua näytettä säilytetään eksikaattorissa siihen asti, kun siitä tehdään tuhkamääritys. Vaihtoehtoisesti näyte kuivataan uudelleen +103 °C:ssa ja jäädytetään huoneenlämpöön eksikaattorissa ennen tuhkamääritystä. Näin näyte ei pääse imemään kosteutta ilmasta ennen tuhkamäärityksen tekemistä.

Tyhjät keraamiset astiat hehkutetaan +550 °C:ssa noin 2 tunnin ajan. Astiat jäädytetään eksikaattorissa ja punnitaan analyysivaakassa. Astiat täytetään kuivatulla komposti-

näytteellä ja punnitaan. Astiat asetetaan hehkutusuuniin ja valitaan hehkutusohjelmaksi seuraavan aika-lämpötilaprofiilin mukainen ohjelma:

Lämpötila	aika
Huoneenlämpö $\Rightarrow$ +103 °C	2 h
+103 °C	1 h
+103 °C $\Rightarrow$ +550 °C	8 h
+550 °C	7 h

Hehkutuksen jälkeen astiat siirretään eksikaattoriin jäähtymään. Huoneenlämpöiset täydet astiat punnitaan. Jokaisesta näytteestä tehdään kolme rinnakkaista määritystä.

#### Tulosten lasku

$$\text{tuhka-\%} = (m_c - m_a) / (m_b - m_a) \cdot 100 \%,$$

tuhka-% = näytteen kuiva-aineen tuhkapitoisuus

$m_a$  = mitta-astian paino

$m_b$  = kuivan näytteen ja mitta-astian yhteispaino

$m_c$  = hehkutetun näytteen ja mitta-astian yhteispaino

Näytteen sisältämä orgaaninen aines (VS) on 100 % - tuhka-%.

### **3.4 Tilavuuspainon määrittäminen**

Menetelmä perustuu standardiin SFS-EN 13040 (Soil improvers and growing media – Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density). Omavalvonnan tarpeisiin riittävä tarkkuus saavutetaan täyttämällä tilavuudelta tunnettu astia, esimerkiksi ämpäri tai saavi, kompostilla aina samalla tavalla ja punnitsemalla sisällön massa.

#### Periaate

Tämä menetelmäohje on tarkoitettu kompostin tilavuuspainon määrittämiseen laboratorio-oloissa. Menetelmässä yhden litran testisylinteri täytetään testattavalla materiaalilla. Apuna täytössä käytetään seulaa, suppiloa ja sylinterin jatkokaulusta. Komposti paka-

taan sylinteriin vakiopainolla (ei sovellu kokoonpuristuville tai kimmoisille materiaaleille), minkä jälkeen sylinterin sisältö punnitaan.

### Välineet

- Testilaitteisto (kuvattu yksityiskohtaisesti standardissa SFS-EN 13040)
- Seula (20 x 20 mm)
- Vaaka (tarkkuus 1 g)
- Suorakulma
- Kauha

### Suoritus

Näyte homogenisoidaan varovaisesti, jolloin rikotaan näytteen käsittelyssä ja kuljetuksessa muodostuneet paakut. Samalla varotaan kuitenkin pienentämästä partikkeleiden luontaista kokoa. Näytettä otetaan n. 5 litraa ja seulotaan se seulalla varovaisesti ravistellen. Jos seulan päälle jää yli 10 tilavuusprosenttia näytteestä, ei menetelmä sovellu kyseiselle materiaalille.

Testisylinteri punnitaan ja täytetään tutkittavalla kompostinäytteellä standardin SFS-EN 13040 ohjeiden mukaisesti. Täytetty testisylinteri punnitaan. Toistetaan koe kolme kertaa jokaiselle näytteelle käyttäen joka kerralla tuoretta näyttemateriaalia. Lasketaan kolmen kokeen keskiarvo.

### Tulosten lasku

Laske näytteen ja sylinterin massojen keskiarvo grammoissa ( $m_L$ ).

Tilavuuspaino lasketaan kaavalla:

$$L_D = (m_L - m_0)/V$$

$L_D$  = tilavuuspaino (g/l)

$m_0$  = tyhjän testisylinterin massa (g)

$m_L$  = näytteen ja sylinterin massojen keskiarvo (g)

$V$  = testisylinterin tilavuus (l)

### 3.5 pH, johtokyky ja nitraatti/ammoniumtyypen suhde

#### Periaate

Sähkönjohtokyvyn ja pH:n määritykset on muunneltu standardeista SFS-EN 13037 ja SFS-EN 13038. Sähkönjohtokyky kuvaa vesiliukoisten ravinteiden ja suolojen yhteismäärää. Biojätteen proteiinien hajotessa vapautuu ammoniakkia, joka nostaa kompostin pH:ta. Hapettomissa olosuhteissa kompostin pH laskee happamalle alueelle, jopa pH 4:ään.

Lämpötilan laskiessa ja kompostin kypsyessä ammoniumtyyppi hapettuu nitrifikaatiobakteerien toiminnan ansiosta nitraateiksi.  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ -suhteen avulla voidaan arvioida kompostin kypsyyttä. Liuskatestillä saatu tulos on karkea arvio ammonium- ja nitraattityypen määrästä. Tulos soveltuu kompostin kypsyyden arvioimiseen, mutta sitä ei voi käyttää tyyppipitoisuuden määrittämiseksi esimerkiksi tuoteselosteeseen tai lannoitusvaikutuksen arvioimiseen. Liuskatestin sijaan määrittäminen voidaan tehdä myös käyttäen muita soveltuvia menetelmiä.

Määritykset tehdään uuttamalla kompostista 1 + 5 (komposti + vesi) -tilavuussuhteessa liuos huoneenlämpötilassa ( $22 \pm 3$  °C). Kompostiuutteen pH ja johtokyky määritetään tarkoitukseen soveltuvilla mittareilla. Näytteestä tehdään kaksi samanaikaista rinnakkaista määrittystä. Mikäli rinnakkaisten määritysten ero on merkittävä (yli 10 %:n ero), tehdään kolmas määrittäminen.

#### Reagenssit ja välineet

- mitta-astioita uutteen ja suodosten valmistusta varten, esim. Erlenmeyer tai Schott-pulloja
- suppiloita ja verkkokangasta suodatukseen
- 50 ml:n koeputkia suodoksen jakamiseen
- ravistelijä
- lämpömittari

#### pH-määrittäminen

- pH/johtokyky mittari ja pH-elektrodi tai pH-liuska
- kalibrointiliuokset (pH 4,7 ja 10)
- tislattua vettä pH-elektrodin huuhteluun

### Johtokyvyn määrittäminen

- pH/johtokyky mittari ja johtokyky elektrodi
- tislattua vettä elektrodin huuhteluun

### Nitriitti/nitraatti- sekä ammoniummäärittäminen

- Nitriitti-, nitraatti- ja ammoniumtestikitit (Merckoquant, Merck)

### Uutteen valmistus

Valmistetaan 1 + 5 tilavuussuhteessa kompostivesiuute mittaamalla esimerkiksi 50 ml kompostia mittalasin avulla ja lisäämällä vettä 250 ml (tislattua tai vastaavaa vettä, jonka johtokyky korkeintaan 0,2 mS/m ja pH yli 5,6). Ravistellaan yhden tunnin ajan huoneenlämmössä (22±3 °C). Erotetaan vesiliuos näytteestä suodattamalla se suppilon ja verkkokankaan avulla puhtaaseen mitta-astiaan tai sentrifugoimalla uutoseos. Otetaan n. 50 ml suodosta erilleen NO<sub>3</sub>-N/NH<sub>4</sub>-N mittauksia varten. Johtokyky- ja pH-mittaukset tehdään välittömästi.

### pH-määrittäminen

Kalibroidaan pH-mittari valmistajan ohjeen mukaan sopivilla puskureilla. Mitattavan näytteen pH tulee olla kalibrintipuskurien pH:n välissä. Esimerkiksi, jos näytteen pH on yli 7, voidaan käyttää pH 7 ja pH 10 -puskureita. Jos näytteen pH on alle 7, voidaan käyttää esim. pH 4 ja pH 7 -puskureita.

Mitataan näyteliuoksen pH mittalaitteen ohjeen mukaisesti. Varmistetaan, että kalibrintipuskurien lämpötila on sama kuin näyteliuoksen lämpötila. Mittaus tehdään välittömästi suodatuksen jälkeen ja tulokset ilmoitetaan yhden desimaalin tarkkuudella (esim. 7,5).

Karkean arvion pH-arvosta voi tehdä myös liuskatestillä. pH-liuskojen tarkkuus ei kuitenkaan ole elektrodimittauksen tasoinen.

### Johtokyky määrittäminen

Mitataan näyteliuoksen johtokyky mittarin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Johtokyky elektrodeille on myös saatavissa tarkistusliuoksia, joiden avulla voidaan elektrodien toimintaa seurata. Tulokset ilmoitetaan yksikössä mS/m tarkkuudella 1 mS/m.



Huom.! Johtokyvyn rinnalla käytetään myös suuretta johtoluku. Johtoluku on yksikötön suure ja se saadaan jakamalla yksikössä mS/m ilmoitettu johtokykyarvo kymmenellä.

### Nitraatti-/ammoniumtypen suhde

Liuskatestit antavat näytteen ammonium-, nitraatti- ja nitriittipitoisuudet yksikössä mg/l.

### Mittauksen suoritus

- Ammoniumin, nitraatin ja nitriitin määrittäminen tehdään testikitin ohjeen mukaisesti.
- Jos mittauksen tulos on liuskan ylärajalla, tulee näytteestä tehdä 1:10 laimennos (5 ml näyteliuosta + 45 ml puhdasta vettä) ja uusia mittaus.
- Tuloksessa tulee huomioida näytteen laimennuskerroin.
- Nitraatti- ja nitriittimääritykset voidaan tehdä suoraan mittausliuoksesta.

### Nitriitin määrittäminen

(Merckoquant NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-kitti 1.10007.0001)

- Ota mittausliuska purkista ja sulje purkki välittömästi.
- Kasta liuska näyteliuokseen 1 sekunniksi siten, että mittausalue kastuu.
- Poista liuska näytteestä ja ravistele pois ylimäärä liuos.
- Lue tulos 15 sekunnin kuluttua vertaamalla rasian kyljessä olevaan taulukkoon.

### Nitraatin määrittäminen

(Merckoquant NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-kitti 1.10050.0001)

- Määritä ensin nitriittipitoisuus. Jos nitriittiä ei erikseen määritetä, on nitraatti-liuskassa nitriitin määrän osoittava alue.
- Jos näyte sisältää nitriittiä, lisää 0,25 ml 10-prosenttista amidosulfonihappoa 5 ml:aan näyteliuosta ja ravistele huolellisesti. Huom.! Älä käytä amidosulfonihappoa sisältävää liuosta ammoniumin määrittämisessä. Amidosulfonihappo aiheuttaa ristireaktion ammoniumin määrittämisessä, jolloin saadaan väärä tulos.
- Ota mittausliuska purkista ja sulje purkki välittömästi.
- Kasta liuska näyteliuokseen yhdeksi sekunniksi siten, että mittausalue kastuu.
- Poista liuska näytteestä ja ravistele pois ylimäärä liuos.
- Lue tulos yhden minuutin kuluttua vertaamalla rasian kyljessä olevaan taulukkoon.

## Ammoniumin määrittäminen

(Merckoquant NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-kitti 1.10024.0001)

- Huuhdo mittausastia huolellisesti.
- Lisää 5 ml mitattavaa näyteliuosta mittausastiaan.
- Lisää 10 tippaa reagenssia (27 % natriumhydroksidiliuos).
- Kasta mittausliuska yhdeksi sekunniksi liuokseen.
- Poista liuska näyteliuoksesta ja ravistele ylimääräinen liuos pois.
- Vertaile liuskan väriä purkin kyljessä olevaan asteikkoon.

## Tulosten laskenta

Tulokset ilmoitetaan NO<sub>3</sub>-N/NH<sub>4</sub>-N-suhteena, joka saadaan seuraavasta yhtälöstä:

$$\text{NO}_3\text{-N/NH}_4\text{-N - suhde} = \frac{C_{\text{NO}_3} \cdot M_{\text{NH}_4}}{C_{\text{NH}_4} \cdot M_{\text{NO}_3}}$$

C<sub>NO<sub>3</sub></sub> = nitraatin pitoisuus uutuksessa (mg/l) liuskan mukaan määritettynä

C<sub>NH<sub>4</sub></sub> = ammoniumin pitoisuus uutuksessa (mg/l) liuskan mukaan määritettynä

M<sub>NO<sub>3</sub></sub> = nitraatin moolimassa (62 g/mol)

M<sub>NH<sub>4</sub></sub> = ammoniumin moolimassa (18 g/mol)

## Tulosten tulkinta

Kun NO<sub>3</sub>-N/NH<sub>4</sub>-N-suhde ylittää arvon 1, on komposti kypsää. Arvoilla 0,5–1,0 komposti on kypsymisvaiheessa, ns. tuorekompostia.

## 4. Stabiilisuustestit

### 4.1 Kompostin kosteuden säätäminen stabiilisuustestejä varten

Stabiilisuustestejä tehtäessä on erittäin oleellista säätää näytteen vesipitoisuus nyrkkitestin avulla. Menetelmässä kompostia puristetaan nyrkissä. Mikäli puristettaessa kompostista valuu vettä tai jos puristuksesta muodostunut kompostipaakku ei hajoa pienestä kosketuksesta, on komposti liian märkää. Jos kompostipaakku puolestaan nyrkkiä avattaessa hajooa itsestään, on komposti liian kuivaa. Näytteen kosteus on sopiva, jos kompostia nyrkissä puristettaessa käsiin kostuu ja komposti muodostaa paakun, joka hajooa kevyestä kosketuksesta.

Jos kompostinäyte on liian kuivaa, lisätään siihen huolellisesti sekoittaen vettä. Kostutetun kompostin on syytä antaa tasaantua kompostin kuivuudesta riippuen muutamasta tunnista jopa 2 vuorokauteen asti, jotta se saavuttaa maksimiaktiivisuuden. Veden imeytyminen ja mikrobien aktivoituminen vie kuitenkin vaihtelevan ajan riippuen kuivumistasosta. Jos komposti on liian märkää, sitä voidaan kuivata esim. avoimessa astiassa huoneenlämmössä.

### 4.2 CO<sub>2</sub>-tuotto- / O<sub>2</sub>-kulutuskoee, suljettu pullotesti

#### Periaate

Komposti on stabiili, kun orgaaninen aines on hajonnut niin pitkälle, että sen hiilidioksidin tuotto ja hapenkulutus ovat vähentyneet tasolle, jossa ei huomattavia muutoksia enää tapahdu. Menetelmällä arvioidaan kompostin stabiilisuutta perustuen kompostin mikrobitoiminnan seurauksena muodostuneen hiilidioksidin ja/tai kulutetun hapen mittaamiseen. Testissä mitataan kompostin CO<sub>2</sub>-tuotto ja O<sub>2</sub>-kulutusaktiivisuus 24 tuntia ja tarvittaessa myös 48 tuntia kokeen aloituksesta. Näytteen vesipitoisuus optimoidaan kostuttamalla ns. nyrkkitestillä. Tutkittava näyte punnitaan septumilla varustettuun pulloon. Näytepulloja inkuboidaan suoralta auringonvalolta suojattuna +37 °C:n lämpötilassa. Kaasujen pitoisuudet mitataan kaasuilmaisuputkilla (CO<sub>2</sub>) tai kaasuanalysaattorilla (CO<sub>2</sub> ja O<sub>2</sub>). Tulosten laskennassa huomioidaan näytteen kuiva-ainemäärä ja tuhkapitoisuus.

#### Välineet

- 500 ml:n pulloja (esim. Schott-pulloja, joiden korkkiin on leikattu aukko tiivisteelle)
- kumitiivisteitä kaasutiiviistä kumista (ei silikonitiivisteitä)
- analyysivaaka (tarkkuus 0,1 g)
- CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-analysaattori tai
- CO<sub>2</sub>-ilmaisuputkia, mittausalue 1–20 %

## Suoritus

Kompostinäyte kostutetaan tarvittaessa nyrkkitestillä ja kuiva-aine- ja tuhkapitoisuus määritetään. Jokaisesta näytteestä tehdään vähintään 3 rinnakkaista hiilidioksidintuotto-testiä. 5 g näytettä punnitaan 500 ml:n pulloon 0,1 g:n tarkkuudella. Pullo suljetaan kumitiivisteellä. Korkkia kiristettäessä on huolehdittava, että pullo tulee varmasti tiiviiksi. Pulloja inkuboidaan +37 °C:ssa valolta suojattuna 24 tuntia. Tarvittaessa voidaan mittaus suorittaa uudelleen myös 48 tunnin kuluttua. Tämä voi olla tarpeen esimerkiksi silloin, jos kompostinäytettä on jouduttu huomattavasti kostuttamaan.

Näytepullojen annetaan temperoitua huoneenlämpötilassa 30 minuuttia ennen mittausta. Mitataan CO<sub>2</sub>- ja/tai O<sub>2</sub>-pitoisuus pullon kaasutilasta analysaattorin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Vaihtoehtoisesti hiilidioksidin mittaamiseen voi käyttää CO<sub>2</sub>-ilmaisuputkia.

Mittauspullon tilavuuden voi määrittää täyttämällä pullo vedellä ja punnitsemalla vesimäärä. Veden paino grammoina on yhtä suuri kuin sen tilavuus millilitroina.

## Tulosten laskenta

Hiilidioksidintuotto ja hapenkulutus 24 tunnin inkuboinnin jälkeen, kun koe on aloitettu huoneen lämpötilassa (+21°C):

CO<sub>2</sub>-tuottonopeus (mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk)

$$= \frac{V_p \cdot CO_2 \cdot 12,01 \cdot 273,15}{T \cdot 22,42 \cdot m_n \cdot ka_n \cdot VS_n} = \frac{V_p \cdot CO_2 \cdot 0,4974}{m_n \cdot ka_n \cdot VS_n}$$

O<sub>2</sub>-kulutusnopeus (mg O<sub>2</sub>/g VS/vrk)

$$= \frac{V_p \cdot (0,209 - O_2) \cdot 32,00 \cdot 273,15}{T \cdot 22,42 \cdot m_n \cdot ka_n \cdot VS_n} = \frac{V_p \cdot (0,209 - O_2) \cdot 1,3254}{m_n \cdot ka_n \cdot VS_n}$$

V<sub>p</sub> = pullon tilavuus yhden millilitran tarkkuudella (ml)

CO<sub>2</sub> = CO<sub>2</sub>-pitoisuus prosentteina/100

O<sub>2</sub> = happipitoisuus prosentteina/100

T = lämpötila pullon täyttöhetkellä (°K) --> täyttö huoneenlämpötilassa 21°C eli 294,15°K

m<sub>n</sub> = näytteen massa (g)

$ka_n$	=	näytteen kuiva-ainepitoisuus prosentteina/100
$VS_n$	=	näytteen haihtuva kiintoaine (1-tuhka) prosentteina/100
0,209	=	happipitoisuus ulkoilmassa
12,01	=	hiilen molekyylipaino (g/mol)
32,00	=	hapen (O <sub>2</sub> ) molekyylipaino (g/mol)
22,42	=	ideaalikaasun tilavuus NTP-olosuhteessa (l/mol)
273,15	=	lämpötila NTP-olosuhteessa (°K)

Lisäksi lasketaan kolmen rinnakkaisen testin CO<sub>2</sub>-tuoton ja O<sub>2</sub>-kulutuksen keskihajonnat. Laskennassa on oletettu, että kyseessä on ideaalikaasu ja että ilmanpaine pullon täyttöhetkellä on normaali (101 300 Pa). Jos määritetään hiilidioksidintuotto 48 tunnin jälkeen, on saadut tulokset jaettava kahdella.

#### Tulosten tulkinta

VTT:llä tehtyjen hiilidioksidintuottokokeiden perusteella kompostin hiilidioksidintuotto on suoraan verrannollinen kompostin hapenkulutukseen. Tämä tarkoittaa sitä, että kompostin stabiilisuusmäärityksessä hiilidioksidintuoton mittauksen sijasta voidaan mitata vaihtoehtoisesti hapenkulutusta. Kypsän kompostin hiilidioksidintuoton rajaksi on määriteltä alle 2 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk. Kokeelliseen dataan sovitettu suoran yhtälö antaa kypsän kompostin hapenkulutuksen raja-arvoksi n. 7 mg O<sub>2</sub>/g VS/vrk.

Hiilidioksidin ja hapen korrelaatioon voidaan luottaa ainoastaan silloin, kun komposti on prosessoitu riittävän hapen läsnä ollessa. Jos komposti on hajoamiseltaan kääntynyt voimakkaasti hapettomaksi, hiilidioksidia voi muodostua, vaikka hapenkulutus olisi nolla. Hapettoman hajoamisen lopputuotteena syntyy metaania ja hiilidioksidia, hapellisen hajoamisen lopputuotteena hiilidioksidia ja vettä. Tämä voi aiheuttaa virhelähteen erityisesti hapenkulutukseen perustuvassa stabiilisuusmäärityksessä.

### **4.3 Kompostin stabiilisuuden määrittäminen perustuen hapenkulutukseen, ASTM-testi**

Menetelmän tarkoituksena on tutkia kompostin stabiilisuutta hapenkulutuksen perusteella. Menetelmä perustuu standarditestiin *ASTM D 5975-96 Determining the stability of compost by measuring oxygen consumption*.

Menetelmässä tutkittavaa kompostinäytettä ja stabiilia taustakompostia seostetaan suhteessa 1:1 ja seoksia inkuboidaan vesihauteessa +58 °C:n lämpötilassa neljä vuorokautta.

Stabiilille taustakompostimassalle on standardissa esitetty tarkat vaatimukset massan ominaisuuksien suhteen (hapenkulutus, pH, orgaaninen aines jne.). Seoksia ilmastetaan jatkuvasti ja ulostulevasta kaasuvirtauksesta mitataan happipitoisuutta. Happipitoisuuden avulla lasketaan näytteiden hapenkulutus (mg happea/g VS/vrk), joka kuvastaa näytteiden kypsyyttä. Vertailunäytteenä kokeessa on selluloosa, jonka hapenkulutuksen on onnistuneessa kokeessa oltava tietyissä rajoissa.

## 4.4 Rottegrad-testi

### Periaate

Rottegrad-testillä arvioidaan kompostin kypsyyttä perustuen kompostin lämmöntuottoon. Lämpöeristetyssä astiassa kompostin lämpötila nousee mikrobien toiminnan seurauksena. Kompostin lämpötilaa mitataan 10 vuorokauden ajan ja kompostit voidaan jakaa eri kypsyysluokkiin maksimilämpötilojen perusteella.

### Välineet

- 1,5 dm<sup>3</sup>:n devar-astioita (KGW Isotherm)
- Lämpötilaloggeri ja lämpötila-anturit

### Suoritus

Säädetään näytteen kosteus nyrkkitestillä sopivaksi ja annetaan tasaantua huoneenlämpötilassa 1–2 vrk. Laitetaan näyte 1,5 dm<sup>3</sup>:n devar-astiaan samalla kevyesti ravistellen. Täytetään astia lähes täyteen. Asetetaan lämpömittari astian alimpaan kolmannekseen. Asetetaan yksi lämpömittari mittaamaan huoneilman lämpötilaa. Lämpötilaa seurataan lämpötilaloggerien avulla 10 vuorokautta ja määritetään maksimilämpötila.

### Tulosten tulkinta

Maksimilämpötilojen perusteella kompostit voidaan jakaa viiteen eri luokkaan:

- yli 60 °C = luokka I
- 50–60 °C = luokka II
- 40–50 °C = luokka III
- 30–40 °C = luokka IV
- 20–30 °C = luokka V.

Luokka I raaka jäte, luokat II ja III = tuore komposti ja luokat IV ja V = valmis komposti

## 4.5 Solvita-testi

### Periaate

Solvita Compost Maturity Test (Woods End® Research Laboratory, Inc.) on kaupallinen testi kompostin kypsyyden määrittämiseksi. Solvita-testi perustuu CO<sub>2</sub>-tuoton ja ammoniakkin toteamiseen värireaktion avulla. Menetelmä antaa tuloksena kypsyyksindeksin asteikolla 1–8. Testi soveltuu kompostointiolosuhteiden evaluointiin, kun tavoitteena on kehittää kompostointiprosessia.

### Kokeen suoritus

Tarvittaessa näytteen kosteus säädetään nyrkkitestillä ja annetaan asettua 1–2 vrk huoneenlämpötilassa. Testikitin mukana tuleva mittausastia täytetään kompostilla merkki- viivaan saakka. Astiaa voi ravistella kevyesti. Karkeaa ja ilmavaa kompostia tiivistetään hieman kopistelemalla astiaa pöydän pintaa vasten. Näytteen annetaan tasaantua astiassa ilman kantta 1 tunnin ajan ennen kokeen aloitusta. Avataan CO<sub>2</sub>- ja NH<sub>3</sub>-liuskat ja asetetaan ne kompostinäytteeseen siten, että liuskojen värin voi lukea astian kirkkaiden sivujen läpi. Suljetaan kansi tiiviisti. Pidetään näytettä huoneenlämmössä 4 tuntia suoralta auringonvalolta suojattuna. Luetaan CO<sub>2</sub>- ja NH<sub>3</sub>-pitoisuudet vertaamalla liuskojen väriä värikarttaan.

### Tulosten tulkinta

CO<sub>2</sub>-liuskan (skaala 1–8) ja NH<sub>3</sub>-liuskan (skaala 1–5) tulosten perusteella luetaan taulukosta 2 kompostin kypsyyssaste.

*Taulukko 2. Solvita-testin kypsyyssasteen tulkintataulukko.*

		CO <sub>2</sub> -liuskan tulos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
NH <sub>3</sub> -liuskan tulos	5	1	2	3	4	5	6	7	8
	4	1	2	3	4	5	6	7	8
	3	1	1	2	3	4	5	6	7
	2	1	1	1	2	3	4	5	6
	1	1	1	1	1	1	2	3	4

Taulukosta 2 saadun kypsyyssasteen merkitys on selitetty taulukossa 3. Arvot 1 ja 2 merkitsevät Solvita-testissä raakaa kompostia, arvot 3–6 aktiivista kompostia ja arvot 7 ja 8 valmista kompostia.

Taulukko 3. Solvita-testin kypsyysasteen merkitys ja vastaavuus Rottegrad-testiin.

Solvita-kypsyysaste	Kompostointiprosessin vaihe		Vastaavuus Rottegrad-testiin
8	Inaktiivinen, erittäin kypsä komposti, maanomainen, kompostilla ei käyttörajoituksia	VALMIS KOMPOSTI	V
7	Kypsä komposti, kompostilla vain vähän käyttörajoituksia		
6	Kypsymisvaiheessa oleva komposti; ilmastustarve vähentynyt; komposti on valmis jälkikompostointiaumaan; kompostin hoitotarve on merkittävästi vähentynyt	kypsymisvaihe	IV
		AKTIIVINEN KOMPOSTI	
5	Komposti on ohittamassa aktiivista vaihetta ja valmis kypsytysvaiheeseen; kompostin hoitotarve on vähentynyt	erittäin aktiivinen	
4	Komposti on keskiaktiivisessa vaiheessa; vaatii jatkuvaa hoitoa		
3	Aktiivinen komposti; vaatii intensiivistä tarkkailua ja hoitoa		II
2	Erittäin aktiivinen, mätänevää tuoretta kompostia; korkea soluhengitys; vaatii intensiivistä ilmastusta ja toistuvia kääntöjä	RAAKA KOMPOSTI	I
1	Tuore, raaka komposti; tyypillinen tuore seos; erittäin suuri hajoamisnopeus; mätänevää ja erittäin haisevaa materiaalia		



# 5. Toksisuustestit

## 5.1 Fytoksisuus/Kasvitesti

### Periaate

Menetelmän tarkoituksena on arvioida kompostin aiheuttamaa kasvun estymistä (fyto-toksisuutta) ja kypsyyttä tutkimalla kompostin vaikutusta kasvien itämiseen, kasvuun ja juurten muodostukseen. Testi on muunneltu OECD:n standarditestistä Terrestrial Plants, Growth Test, Guideline 208. Yksittäisten kasvilajien herkkyys kasvualustojen ympäristö-olosuhteisiin vaihtelee, joten OECD:n suositusten mukaan testissä tulisi käyttää ainakin kolmea eri kasvilajia, joista kukin on eri kasviryhmästä. Testikasvit on listattu taulukoon 4.

Kasvin siemenet kylvetään tutkittavan kompostin ja sopivan taustakontrollimullan seokseen. Kasveja kasvatetaan 2 viikkoa kontrolloiduissa olosuhteissa. Kasvatuksen jälkeen lasketaan itäneiden siementen määrä ja määritetään kasvien tuore- ja kuivapainot. Komposti/taustakontrolliseoksissa kasvatettuja kasveja verrataan taustakontrollissa kasvatettuihin kasveihin.

### Tarvikkeet

- muovisia kukkaruukkuja (d = 11 cm), joiden pohjissa salaojareivät
- taustakontrollimultaa (kalkittu multa/turve)
- kasvien siemeniä
- vaaka (0,01 g)
- vermikuliittiä
- lannoiteliuosta, jos taustakontrolli on lannoittamaton
- muovikelmua

Taulukko 4. OECD:n kasvikoeseen suosittelemat kasvilajit.

Kasviryhmä	Laji	
1	rairuoho	<i>Lolium perenne</i>
	riisi	<i>Oryza sativa</i>
	kaura	<i>Avena sativa</i>
	vehnä	<i>Triticum aestivum</i>
	durra	<i>Sorghum bicolor</i>
2	sinappi	<i>Brassica alba</i>
	rapsi	<i>Brassica napus</i>
	retiisi	<i>Raphanus sativus</i>
	nauris	<i>Brassica rapa</i>
	kiinankaali	<i>Brassica campestris var. chinensis</i>
3	virna	<i>Vicia sativa</i>
	mungopapu	<i>Phaseolus aureus</i>
	puna-apila	<i>Trifolium pratense</i>
	sarviapila	<i>Trifolium ornithopodioides</i>
	lehtisalaatti	<i>Lactuca sativa</i>
	krassi	<i>Lepidium sativum</i>

### Suoritus

Kokeessa käytetään taustakontrollina kalkittua multaa tai lannoitettua ja kalkittua multaa, jonka pH on noin 6. On suositeltavaa käyttää jatkuvasti samaa taustakontrollimultaa sekä seurata taustakontrollilla saatuja tuloksia (taimien kasvua ja itävyyttä taustakontrollissa). Tutkittavat kompostit sekoitetaan taustakontrolliin tilavuussuhteessa 1:1. Kalkitussa, lannoittamattomassa mullassa kasvatettavia taimia tulee kastella itämisvaiheessa vesijohtovedellä ja itämisen jälkeen ravinneliuoksella. Lannoitetussa mullassa kasvatettavia taimia kastellaan puolestaan ionivaihdetulla vedellä.

Muovivatiin mitataan tilavuutena yhtä paljon tutkittavaa kompostia ja taustakontrollia. Sekoitetaan hyvin ja tarvittaessa lisätään vettä kastelupullolla. Seoksesta määritetään johtokyky. Jos seoksen johtokyky on yli 50 mS/m, on suositeltavaa tehdä toinen seos pienemmällä kompostimäärällä (esim. suhteessa 1+3).

Seuraavana päivänä seos laitetaan kukkaruukkuihin ja samasta näyte-erästä valmistetaan kolme rinnakkaista ruukkuu. Jokaiseen ruukkuun kylvetään kasvin siemenet tasaisin välein ja peitetään ohuelti seoksella tai vermikuliitillä. Sopiva siementen määrä ruukkuu kohden on retiisillä 40 kpl, krassilla 100 kpl, kiinankaalilla 10 kpl ja ohralla 50 kpl. Siementen itävyyden tulee olla yli 90 % sekä takuu aika voimassa. Ruukut kastellaan niin, että aluslautaselle alkaa tihkua vettä. Ruukut sijoitetaan kasvatuspöydälle ja peitetään kirkkaalla muovikelmulla itämisen ajaksi. Itämisen jälkeen muovi poistetaan ja ruukkuja kastellaan vähintään joka toinen päivä tai tarpeen mukaan.

Taimettumista ja taimien kasvua tarkastellaan 7 vuorokauden kuluttua kylvöstä ja taimien lukumäärä lasketaan. Kun kylvöstä on kulunut 14 vuorokautta, ruukut punnitaan, taimet leikataan tarkasti mullan pinnasta, lasketaan taimien lukumäärä ja määritetään tuorepaino sekä kuivapainot (+70 °C, 1 vrk.). Lisäksi merkitään muistiin havaintoja kasvin koosta, ulkonäöstä ja mahdollisista poikkeavuuksista. Tässä yhteydessä voidaan tarkastella myös juurten kehittymistä ja taimien väriä klorofyllimittarilla. Kokeen lopetuksen yhteydessä kasvualustoista voidaan määrittää vielä pH ja johtokyky.

Kasvatuskoe tehdään vakioituissa olosuhteissa (esim. kasvatuskaappi), joita voidaan pitää taimien kehittymisen kannalta hyvinä (esim. lämpötila +20 °C, kasvuvalot päällä 16 h/vrk, pimeä jakso 8 h, lämpötila +15 °C).

### Tulosten arviointi

Siementen itävyys lasketaan seuraavasti:

$$\text{Itävyysprosentti} = \frac{\text{itäneet siemenet (kpl)}}{\text{kylvetyt siemenet (kpl)}} \cdot 100 \%$$

Jos itävyys taustakontrollissa on alle 90 %, niin tuloksia ei voi pitää luotettavina. Lisäksi voidaan laskea näyteseosten suhteellinen itävyys taustakontrolliin verrattuna.

Kompostinäytteen kasvuindeksi lasketaan seuraavasti:

$$\text{Kasvuindeksi} = \frac{\text{kasvu näyteseoksessa (g)}}{\text{kasvu taustakontrollissa (g)}} \cdot 100 \%$$

Kasvuindeksi lasketaan kuivapainoa kohden, mutta myös tuorepainoja voidaan käyttää. Jos kasvuindeksi on alle 80 %, voidaan kasvua pitää alentuneena. Alentunut kasvu ja itävyys taustakontrolliin verrattuna voi aiheutua kompostin epäkypsyydestä.

## 5.2 Toksisuus – Flash-valobakteeritesti

### Periaate

Menetelmä on muunneltu standardista ISO 11348-3 (1999, Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri*), ja sitä on kuvattu Lappalainen ym. artikkeleissa (1999; 2001). Menetelmän soveltamisesta kompostinäytteen toksisuuden tutkimiseen löytyy tietoa julkaisuista Degli-Innocenti ym. (2001), Itävaara ym. (2002) ja Tuominen ym. (2002).

Flash-testillä tutkitaan värillisten kiinteiden aineiden, kuten kompostin, toksisuutta. Toksisuuden määrittäminen perustuu *Vibrio fischeri* -bakteerin valontuoton muutoksen mittaamiseen. *V. fischeri* tuottaa valoa normaalin aineenvaihduntansa sivutuotteena. Tutkittavassa näytteessä olevat toksiset yhdisteet aiheuttavat häiriöitä bakteerin normaaliin aineenvaihduntaan, mikä voidaan havaita valontuoton laskuna. Bakteerin valontuottoa mitataan koko näytteelle altistuksen ajan. Toksisuus määritetään valitun altistusajan valontuoton suhteena maksimivalontuottoon kokeen alussa. Kokeen tuloksina ilmoitetaan valontuoton estymisprosentti valittujen altistusaikojen jälkeen. Tässä ohjeessa on käytetty 10 sekunnin ja 30 minuutin altistusaikoja.

### Reagenssit, laitteet ja tarvikkeet

- BO1243-500 BioTox™ Kit (Aboatox):
  - 1243-550 *Vibrio fischeri* reagenssi (kylmäkuivattu *V. fischeri* NRRL B-11177)
  - 1243-551 (reagenssilaimennusliuos)
  - 1243-552 (näytelaimennusliuos)
- NaCl (pro analysis grade)
- 200 µl, 1 ml ja 5 ml pipetit ja niihin sopivia kärkiä (osittain katkaistuja)
- 0,1 M ja 0,01 M NaOH (pH:n säätöön)
- 0,1 M ja 0,01 M HCl (pH:n säätöön)
- Luminometri, jolla voidaan mitata kineettisesti vähintään 10 sekunnin ajan 0,2 sekunnin välein. Lisäksi luminometrissä on oltava ainakin 1 annostelija.
- Jäähdyttävä vesihaude (15 °C)
- Luminometrin kyvettejä/ putkia
- pH-mittari
- Koeputkien sekoittaja
- Referenssiaineena voidaan käyttää 3,5-dikloorifenolia (esim. 5 tai 20 mg/l).

## Suoritus

*Vibrio fischeri* -bakteerisuspensio valmistetaan kitin käyttöohjeen mukaan ja se on käytökelpoinen yhden päivän ajan.

Tutkittavaa näytettä punnitaan tarvittava määrä ja lisätään vettä sekä 20 % NaCl-liuosta siten, että liuoksen suolapitoisuudeksi tulee 2 %. Oletuksena on, että gramma näytettä on tilavuudeltaan millilitran. Jokaisesta näytteestä tehdään 3 rinnakkaista seosta. Näytteen lopullinen pitoisuus mittauksessa on 100 g/l. Esimerkkitapaus: näytettä 3 g (= 3 ml) + 10,5 ml vettä + 1,5 ml 20 % NaCl (= 15 ml 2 % NaCl).

Jos näyteseoksen pH ei ole välillä 6–8,5, säädetään pH  $7 \pm 0,5$  NaOH- tai HCl-liuoksella pH-mittarin avulla. Liuoksen tilavuus ei saa kasvaa yli 5 % pH:n säädön seurauksena.

Näyteseoksia sekoitetaan sekoittajalla 1 minuutin ajan ja seisotaan huoneenlämmössä 5 minuuttia. Seisotuksen jälkeen sekoitetaan uudestaan 1 minuutin ajan. Näyteseoksien annetaan temperoitua  $+15\text{ °C}$ :ssa vähintään 15 minuuttia. Lisätään näytekyvetteihin temperoitua näyteseosta ja asetetaan kyvetit luminometriin. Lisätään neljään kyvettiin temperoitua 2 % NaCl-liuosta. NaCl-liuokset toimivat taustanäytteinä.

Valitaan luminometristä mittausohjelma, jossa laite lisää näyteseokseen bakteerisuspensiota ja mittaa luminesenssin 10 sekunnin ajan. Näyte siirretään takaisin inkubaattoriin ( $+15\text{ °C}$ ) ja tämä vaihe toistetaan kaikille näytteille tasaisin väliajoin. 30 minuutin kuluttua ensimmäisestä mittauksesta mitataan luminesenssi uudelleen manuaalisesti.

## Tulosten laskenta ja tulkinta

Luminesenssi mitataan kineettisesti sekä 10 sekunnin että 30 minuutin altistusajoilla. Luminesenssin huippuarvo saadaan ensimmäisen viiden sekunnin aikana se jälkeen, kun bakteerisuspensio on lisätty mittauskyvetiin. Tulokset ilmoitetaan estoprosentteina (Yhtälö 1). Luminesenssi huippuarvot korjataan korjauskertoimen ( $f_t$ ) avulla molemmille mittausajoille (Yhtälöt 2 ja 3).

### Yhtälö 1

$$\text{ESTO \%} = 100 \cdot [I(t_c) - I(t_{10s/30 \text{ min}})] / I(t_c)$$

$I(t_c)$  = korjattu luminesenssin huippuarvo ensimmäisen 5 sekunnin aikana

$I(t_{10s/30 \text{ min}})$  = luminesenssi altistusajan kuluttua (10 s tai 30 minuuttia)

## Yhtälö 2

$$f_t = I_{cot}/I_0 \text{ (t = 10 s tai 30 min)}$$

$f_t$  = korjauskerroin

$I_{cot}$  = kontrollinäytteen (2 % NaCl) luminesenssi altistusajan jälkeen (10 s tai 30 minuuttia)

$I_0$  = kontrollinäytteen luminesenssin huippuarvo ensimmäisen 5 sekunnin aikana

## Yhtälö 3

$$I(t_c) = I(t) \cdot f_t$$

$I(t_c)$  = näytteen korjattu huippuarvo

$I(t)$  = näytteen huippuarvo

$f_t$  = korjauskerroin

## Huomioitavaa

- Haihtuvat yhdisteet tai yhdisteet, jotka reagoivat laimennusveden kanssa tai muuttavat olomuotoaan testausaikana voivat vaikuttaa tulokseen tai heikentää tulosten toistettavuutta.
- Näytteet, joilla korkea happivaatimus ja/tai alhainen happipitoisuus voivat aiheuttaa happivajeen ja näin ollen estää bioluminesenssin (vaatii > 0,5 mg/l happipitoisuuden).
- Jos näyte sisältää yli 30 g/l NaCl, ei siihen tule lisätä suolaliuosta.

## Kirjallisuutta

*ASTM D 5975-96* (1996), Determining the stability of compost by measuring oxygen consumption.

Degli-Innocenti, F., Bellia, G., Tosin, M., Kapanen, A. ja Itävaara, M. (2001), Detection of toxicity released by a biodegradable plastics after composting in activated vermiculite. *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 73, s. 101–106.

ISO 11348-3 (1999), Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri*.

Itävaara, M., Venelampi, O., Vikman, M. ja Kapanen, A. (2002), Compost maturity – Problems associated with testing. Kirjassa: *Microbiology of composting* (Insam, H., Riddech, N. ja Klammer, S. toim.), Springer-Verlag Berlin Heidenberg. S. 373–382.

Kapanen, A. ja Itävaara, M. (1998), Komposti ja ekotoksikologia. Kirjallisuuskatsaus. VTT Tiedotteita 1888. 49 s.

Kapanen, A. ja Itävaara, M. (2001), REVIEW Ecotoxicity Tests for Compost Applications. *Ecotoxicology and Environmental Safety, Environmental Research, Section B*, Vol. 49, s. 1–16.

Lappalainen, J., Juvonen, R. ja Vaajasaari, K. (1999), A new flash method for measuring the toxicity of solid and colored samples. *Chemosphere*, Vol. 38, No. 5, s. 1069–1083.

Lappalainen, J., Juvonen, R., Nurmi, J. ja Karp, M. (2001), Automated color correction method for *Vibrio fischeri* toxicity test. Comparison of standard and kinetic assays, *Chemosphere*, Volume 45, No. 4–5, s. 635–641.

Methods Book for the analysis of compost (1994), Federal Compost Quality, Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.

OECD Terrestrial Plants, Growth Test, Guideline 208.

SFS-EN 12579 (1999), Soil improvers and growing media – sampling.

SFS-EN 13037 (1999), Soil improvers and growing media – Determining of pH.

SFS-EN 13038 (1999), Soil improvers and growing media – Determining of electrical conductivity.

SFS-EN 13039 (1999), Soil improvers and growing media – Determination of organic matter content and ash.

SFS-EN 13040 (1999), Soil improvers and growing media – Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density.

Tuominen, J., Kylmä, J., Kapanen, A., Venelampi, O., Itävaara, M. ja Seppälä, J. (2002), Biodegradation of Lactic Acid Based Polymers under Controlled Composting Conditions and Evaluation of the Ecotoxicological Impact. *Biomacromolecules*, Vol. 3, s. 445–455.

#### Muuta kirjallisuutta

Brewer, L.J. ja Sullivan, D.M. (2003), Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings. *Compost Science & Utilization*, Vol. 11, No. 2, s. 96–112.

Itävaara, M., Vikman, M., Venelampi, O. ja Kapanen, A. (2001), Milloin komposti on kypsää – testimenetelmät kompostointilaitoksille. *Ympäristö ja terveys*, Vol. 32, s. 60–63.

Kapanen, A. ja Itävaara, M. (2001), REVIEW Ecotoxicity Tests for Compost Applications. *Ecotoxicology and Environmental Safety, Environmental Research, Section B.49*, s. 1–16.

Saharinen, M. ja Vuorinen, A. (1998), Aerobisesti prosessoidun orgaanisen jätteen laatu: Analyysimenetelmiä. *Matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan raporttisarja nro 38*. Joensuun yliopisto. 50 s.

#### Lisätietoa Internetistä:

Solvita-testin valmistajan sivut: [www.solvita.com](http://www.solvita.com)

SFS-standardit: [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi).



Tekijä(t) Itävaara, Merja, Vikman, Minna, Kapanen, Anu, Venelampi, Olli & Vuorinen, Arja			
Nimeke <b>Kompostin kypsyystestit</b> <b>Menetelmäohjeet</b>			
Tiivistelmä Kompostin kypsyystestit -ohjekirja on tarkoitettu valvontalaboratorioiden ja kompostilaitosten avuksi kompostin kypsyyden arvioimiseen. Ohjekirjan tavoitteena on antaa yksityiskohtaisia menetelmäohjeita ja teoreettista taustaa tulosten tulkintaan. Kypsyystestit ovat yksinkertaisia ja helposti toteutettavia, mutta tulosten tulkinta vaatii ymmärrystä kompostiprosessin toiminnasta. Kompostointi on bioprosessi, joka oikein ohjattuna tuottaa hyvälaatuista lopputuotetta, mutta huonosti toteutettuna kasvien kasvualustaksi kelpaamatonta haisevaa, korkeintaan kaatopaikkojen rakenteisiin soveltuvaa materiaalia.  Kompostin kypsyyttä ei voida arvioida yhdellä menetelmällä, vaan on käytettävä useampia testejä, joiden tuloksia tarkastellaan kokonaisuutena. Testien perusteella arvioidaan, miten pitkälle komposti on hajonnut eli stabiloitunut, ja toisaalta taas, onko hajoamisen välituotteena muodostunut fytotoksisia yhdisteitä. Fytotoksisuuden ja pysyvän, esimerkiksi orgaanisten haitta-aineiden aiheuttaman toksisuuden välille on tehtävä selvä ero, sillä fytotoksiset bioprosessin välituotteet hajoavat kompostointia jatkettaessa. Ohjekirjassa kuvataan lisäksi ongelmatilanteita, joissa voidaan saada virheellinen tulos.  Ohjekirjassa kuvattavat menetelmät perustuvat VTT:n monivuotiseen tutkimukseen kompostin kypsyudesta. Ohjekirjassa on mukana kompostin perusanalyysjä sekä useita kompostin kypsyysteen, stabiilisuuteen ja toksisuuteen liittyviä menetelmiä. On kuitenkin huomattava, että virallisia raja-arvoja kompostin kypsyydelle ei tämän menetelmäohjekirjan kirjoitusvaiheessa Suomessa ole, ja annetut raja-arvot ovat tämän oppaan kirjoittajien ehdotuksia raja-arvoiksi. Lannoitelain uudistuksen myötä annettavissa MMM:n asetuksissa tullaan tietyiltä kompostituotteilta edellyttämään kypsyuden toteamista ja asettamaan tyyppinimikohtaisesti raja-arvot kypsyuden mittareille. Mukaan on otettu myös yleisesti käytössä olevia kypsyysmenetelmiä, kuten Rottegrad-testi. Jos menetelmissä on taustalla standardeja, ne on tarvittaessa muunneltu käytännön tarpeita vastaaviksi. Joistakin menetelmistä esitetään vain lyhennetty kuvaus ja lähde, josta kiinnostunut lukija voi tarvittaessa etsiä yksityiskohtaisempaa tietoa.  Toivomme ohjekirjan edistävän hyvälaatuisten kompostituotteiden kehittämistä ja kompostin lisääntyvää hyötykäyttöä kasvualustoissa.			
Avainsanat compost, stability, maturity			
ISBN 951-38-6813-3 (nid.) 951-38-6814-1 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )			
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )			Projektinumero
Julkaisu-aika Elokuu 2006	Kieli suomi, engl. tiiv.	Sivu- 38 s.	Hinta A
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t)	
Yhteystiedot VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. vaihde 020 722 111 Faksi 020 722 1000		Myynti VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374	

Author(s) Itävaara, Merja, Vikman, Minna, Kapanen, Anu, Venelampi, Olli & Vuorinen, Arja			
Title <b>Compost maturity</b> <b>Method book</b>			
Abstract The compost maturity method guidebook is intended for testing laboratories and composting plants that need to evaluate the maturity of compost samples, as well as for the self-management of composting plants. The guidebook provides detailed information, guidance and a theoretical background for performing the maturity tests. The tests are simple and easy to perform, but knowledge of composting processing is required when evaluating the tests results. Composting is a bioprocess which produces a good quality end product when properly managed. If improperly processed, however, the end product will be of poor quality and phytotoxic, therefore preventing its use for plant cultivation, and only be suitable for use in landfill constructions.  Compost quality cannot be determined by using a single test; several tests have to be used in order to analyze the degradation phase of the compost, e.g. the stability level. In addition, the phytotoxicity of the compost also has to be analyzed. However, a distinction has to be drawn between phytotoxicity and persistent toxicity because the phytotoxic compounds, which are intermediates of the bioprocess, can be further degraded as composting proceeds. The guidebook describes how to combine test results in compost maturity assessment. In addition, troubleshooting hints are also given to avoid erroneous conclusions.  The tests described in the guidebook are based on research performed at VTT over a period of several years. The book also includes information about basic compost analysis, as well as about several methods for estimating maturity, stability and toxicity. The limit values proposed in the book are not official limit values, but are based on research performed in projects by the VTT's research team. In reform of fertilizer product legislation by Ministry of Agriculture and Forestry, decree on compost products will set limit values for maturity and demand for determination of maturity. We have also included methods that are widely used as maturity tests, such as the Rottegrad test. Standard tests have been modified for practical applications. Some methods have only been described shortly: the source reference is given so that the reader can obtain more information if interested.  We hope that the guidebook will enhance the production of good quality composts and increase the recycling of biowaste as a plant growth substrate.			
Keywords compost, stability, maturity			
ISBN 951-38-6813-3 (soft back ed.) 951-38-6814-1 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )			
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )			Project number
Date August 2006	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 38 p.	Price A
Name of project		Commissioned by	
Contact VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 111 Fax +358 20 722 1000		Sold by VTT Technical Research Centre of Finland P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374	

## VTT Tiedotteita – Research Notes

- 2339 Takasuo, Eveliina. Modeling of Pressurizer Using APROS and TRACE Thermal Hydraulic Codes. 2006. 99 p. + app. 4 p.
- 2340 Modelling of multiphase chemical reactors (ModCheR). Final report. Manninen, Mikko (ed.). 2006. 181 p.
- 2341 Kara, Mikko. Electricity and emission allowance markets from Finnish viewpoint. Stydy. 2006. 105 p.
- 2342 Häkkinen, Tarja & Wirtanen, Leif. Metlan Joensuun tutkimuskeskuksen ympäristö- ja elinkaarinäkökohtien arviointi. 2006. 29 s.
- 2343 Alanen, Jarmo, Haataja, Kari, Laurila, Otto, Peltola, Jukka & Aho, Isto. Diagnostics of mobile work machines. 2006. 122 p.
- 2344 Nieminen, Matti, Suomalainen, Marjut & Mäkinen, Tuula. Gasification of shredder residue. 2006. 46 p. + app. 2 p.
- 2345 Lahti, Maria, Kantola, Kristiina, Kinnunen, Timo, Kivinen, Tuomo, Koivisto, Juha-Pekka, Kortekangas, Atte, Ollikainen, Ville, Virtanen, Tytti, Koskela, Hanna, Noppari, Elina & Sirkkunen, Esa. "Kato, nyt sää oot telkkarissa." Digitaalinen LähiTV paikallisyhteisöjen viestinnässä. 2006. 160 s. + liitt. 57 s.
- 2346 Alahuhta, Petteri, Abrahamsson, Pekka, Törrö, Maaretta & Mutanen, Teemu. Idealiikkeen tulokset. 35 000 mobiilipalveluideaa vapaaseen käyttöön. 2006. 38 s. + liitt. 3 s.
- 2347 Hänninen, Hannu, Aaltonen, Pertti, Brederholm, Anssi, Ehrnstén, Ulla, Gripenberg, Hans, Toivonen, Aki, Pitkänen Jorma & Virkkunen, Iikka. Dissimilar metal weld joints and their performance in nuclear power plant and oil refinery conditions. 2006. 208 p.
- 2348 Valkokari, Katri, Airola, Merja, Hakanen, Taru, Hyötyläinen, Raimo, Ilomäki, Sanna-Kaisa & Salkari, Iiro. Yritysverkoston strateginen kehittäminen. 2006. 54 s. + liitt. 1 s.
- 2349 Simulation-based design process of smart machines. Lehtonen, Mikko (ed.). 2006. 184 p.
- 2350 Hekkanen, Martti & Heljo, Juhani. 2006. Rakennusten käyttö- ja huolto-ohjeiden kelpoisuus ja kehittämistarve. 46 s. + liitt. 8 s.
- 2351 Itävaara, Merja, Vikman, Minna, Kapanen, Anu, Venelampi, Olli & Vuorinen, Arja. Kompostin kypsyystestit. Menetelmäohjeet. 2006. 38 s.
- 2352 Fagernäs, Leena, Johansson, Allan, Wilén, Carl, Sipilä, Kai, Mäkinen, Tuula, Helynen, Satu, Daugherty, Erik, den Uil, Herman, Vehlöw, Jürgen, Käberger, Tomas & Rogulska, Magdalena. Bioenergy in Europe. Opportunities and Barriers. 2006. 118 p.
- 2353 Liukko, Timo, Airola, Merja, Ilomäki, Sanna-Kaisa, Mikkola, Markku, Simons, Magnus & Pohto, Petteri. Kasvukompassi. 50+ -yritysten menestyksellisen kasvun ja kehittämisen mallit. 2006. 63 s.
- 2354 Hekkanen, Martti, Hienonen, Markku, Ilmarinen, Juhani, Kilpeläinen, Mikko, Klemetilä, Tapio, Mäkikyö, Tapani, Riippa, Tommi, Seppälä, Pekka & Tulla, Kauko. Pientalon ekomittarit. 2006. 43 s. + liitt. 9 s.

Tätä julkaisua myy  
VTT  
PL 1000  
02044 VTT  
Puh. 020 722 4404  
Faksi 020 722 4374

Denna publikation säljs av  
VTT  
PB 1000  
02044 VTT  
Tel. 020 722 4404  
Fax 020 722 4374

This publication is available from  
VTT  
P.O. Box 1000  
FI-02044 VTT, Finland  
Phone internat. + 358 20 722 4404  
Fax + 358 20 722 4374