



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 14/2018

Kasvissivut tuotteiden hyödyntäminen rehuna ja maanparannusaineena

Hyvä tapa toimia -ohje

Marja Lehto, Marketta Rinne, Eila Järvenpää, Minna Kahala, Tapio Salo, Hilkka Siljander-Rasi ja Terhi Suojala-Ahlfors

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 14/2018

Kasvissivutuotteiden hyödyntäminen rehuna ja maanparannusaineena

Hyvä tapa toimia -ohje

Marja Lehto, Marketta Rinne, Eila Järvenpää, Minna Kahala, Tapio Salo, Hilikka
Siljander-Rasi ja Terhi Suojala-Ahlfors

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2018



Lehto, M., Rinne, M., Järvenpää, E., Kahala, M., Salo, T., Siljander-Rasi, H. ja Suojala-Ahlfors, T. 2018.
Kasvissivutuotteiden hyödyntäminen rehuna ja maanparannusaineena : Hyvä tapa toimia -ohje. Luonnonvara-
ja biotalouden tutkimus 14/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 36 s.

ISBN 978-952-326-551-6 (Painettu)

ISBN 978-952-326-552-3 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-552-3>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Marja Lehto, Marketta Rinne, Eila Järvenpää, Minna Kahala, Tapio Salo, Hilikka Siljander-Rasi ja
Terhi Suojala-Ahlfors

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2018

Julkaisuvuosi: 2018

Kannen kuva: Marja Lehto / Luke

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Marja Lehto, Marketta Rinne, Eila Järvenpää, Minna Kahala, Tapio Salo, Hilikka Siljander-Rasi ja Terhi Suojala-Ahlfors

Luonnonvarakeskus (Luke)

Erilaisia kasvissivuvirtoja muodostuu kasviksia käsittelevissä yrityksissä suuria määriä. Kasvissivutuotteet ovat märkiä, huonosti säilyviä ja niiden varastointi ja kuljettaminen on hankalaa ja kallista. Yrityksissä on tarve kehittää sivutuotteiden hyödyntämistä nykyisestä. Myös hyödyntäjätahojen kiinnostus sivutuotteita kohtaan on lisääntynyt. Yritykset tarvitsevat erilaisia sivutuotteiden käsittelyvaihtoehtoja, sillä olosuhteet, resurssit, yrityksen sijainti, välimatkat erilaisiin hyödyntämislaitoksiin, eläintiloille ym. vaihtelevat.

Kasvissivutuotteiden käsittelyä säätelevät erilaiset lainsäädännön vaatimukset. Tietoa kasvissivutuotteiden käsittelymenetelmistä, rehujen ja maanparannusaineiden laatuvaatimuksista sekä käsittelyjen kustannuksista ja kustannustehokkuudesta tarvitaan yrityksissä, joissa muodostuu sivutuotteita, mutta myös yrityksissä, joilla on mahdollisuus hyödyntää sivutuotteista valmistettuja rehuja, maanparannusaineita tai muita jakeita omassa toiminnassaan.

Erilaisia käsittelytekniikoita on olemassa ja niitä on tutkittu paljon. Tähän ohjeeseen on koottu tietoa kasvissivutuotteiden käsittelystä maataloilla, käsittelykustannuksista sekä sivutuotteiden hyödyntämisen vaikutuksista ravinteiden kiertoon. Ohje on laadittu ”Kasvissivutuotteiden hyödyntäminen rehuna ja maanparannusaineena” -hankkeessa (SivuHyöty), jonka Luonnonvarakeskus toteutti yhteistyössä yritysten kanssa vuosina 2015–2017. Hanke rahoitettiin ympäristöministeriön ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskevasta ohjelmasta (RaKi).

Kiitokset hankkeeseen osallistuneille yrityksille sekä Eviran Merja Torniaiselle ja Tarja Rootille lainsäädäntöön liittyvistä kommentteista.

Asiasanat: Sivutuote, kasvis, rehu, maanparannusaine, hyödyntäminen

Sisällys

1. Kasvissivutuotteet	7
1.1. Määrä, sijainti, muodostuminen.....	7
1.2. Laatu	7
1.3. Hyödyntämismahdollisuudet.....	8
2. Kasvissivutuotteiden käsittelyvaihtoehdot, reunaehdot ja ratkaistavat ongelmat	10
2.1. Lainsäädäntö.....	10
2.2. Sivutuotteiden hyödyntäjät	12
2.3. Käsittelyvaihtoehtojen vertailu.....	13
2.4. Tuotevastuu	13
3. Esikäsittely	15
3.1 Raaka-aineen pesu ja puhdistus	15
3.1. Murskaus.....	15
3.2. Kuiva-ainepitoisuuden nosto	15
4. Kasvissivutuotteet rehuksi	17
4.1. Käsittelymenetelmät.....	17
4.2. Kasvissivutuoterehujen laatu, turvallisuus ja käyttökohteet.....	17
5. Kasvissivutuotteet maanparannusaineeksi	18
5.1. Käsittelymenetelmät.....	18
5.1.1. Kompostointi.....	18
5.1.2. Mädätys.....	20
5.2. Maanparannusaineen laatu, turvallisuus ja käyttökohteet.....	21
5.2.1. Kasvissivutuotteiden turvallinen käyttö maanparannusaineena	21
5.2.2. Maanparannuskompostien levitys.....	22
6. Muita käsittelymenetelmiä	23
6.1. Kuivaus.....	23
6.2. Pelletöinti.....	23
6.3. Pyrolyysi	24
6.4. Bioetanolin valmistus.....	24
6.5. Maitohapon valmistus	24
7. Ravinteiden kierto	26
8. Kustannusten arviointi.....	27
8.1. Kasvissivutuotteiden rehuikäytön taloudellisuus	27
8.2. Kompostoinnin kustannusten arviointi.....	27
9. Yhteenveto.....	30
Liitteet	33

Termejä

Biohiili	Biohiili valmistetaan erilaisista biomassoista pyrolyysin eli kuivatuslausmenetelmän avulla.
Fermentointi	Käyminen eli fermentointi on prosessi, jossa mikrobit käyttävät raaka-aineen orgaanisia yhdisteitä (sokereita) etanolin ja tai orgaanisten happojen (maitohappo, etikkahappo) tuottamiseen.
Jäte	<i>Jäte</i> on mistä tahansa toiminnasta syntyvää sen tuottajalle hyödyntämiskelvotonta materiaa.
Kompostointi	Kompostoinnissa monilajinen pieneliöstö hajottaa hapellisissa ja kosteissa olosuhteissa eloperäistä materiaalia humukseksi.
Lannoitevalmiste	Lannoitevalmistelain piiriin kuuluvat epäorgaaniset ja orgaaniset lannoitteet, kalkitusaineet, maanparannusaineet, kasvualustat, mikrobi-valmisteet ja lannoitevalmisteena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet.
Maanparannusaine	Maanparannusaine on lannoitevalmiste, jota lisätään maahan sen fyysikaalisten ominaisuuksien ylläpitämiseksi ja parantamiseksi sekä parantamaan tai lisäämään maan biologista toimintaa.
Mädätys	Mädätys on orgaanisen aineksen anaerobista eli hapettomissa olosuhteissa tapahtuvaa hajoamista.
Pyrolyysi	Pyrolyysi eli kuivatuslaus on orgaanisten aineiden kuumentamista hapettomissa olosuhteissa.
Sivutuote	<i>Sivutuote</i> on toissijainen tuote, jota ei valmisteta tarkoituksellisesti, mutta joka syntyy päätuotteen valmistuksen yhteydessä joka tapauksessa. Sivutuote-termi on vahvasti kiinnitetty eläimistä saataviin sivutuotteisiin, joille on paljon omaa lainsäädäntöä. Tässä ohjeessa käsitellään vain kasvissivutuotteita.
Säilörehu	Säilörehuksi kutsutaan hapattamalla säilöttyä eläinten ruokintaan käytettävää kosteaa biomassaa, jota tyypillisesti tehdään nurmikasveista. Raaka-aineena voidaan käyttää myös muita biomassoja kuten kasvissivutuotteita. Säilöntää voidaan edistää käyttämällä maitohappobakteeriymppejä tai kemiallisia säilöntäaineita (esim. orgaaniset hapot). Mikrobiologisesti vakaan tilan saavuttaminen perustuu rehumassan pH:n laskuun sekä mahdollisten säilöntäaineiden antimikrobisiin vaikutuksiin.
TS	Kuiva-ainepitoisuus (total solids), joka määritetään haihduttamalla näytteestä kosteus.
Tuotevastuu	Tuottaja on tuotevastuulain mukaan vastuussa vahingosta, joka aiheutuu siitä, että tuote ei ole ollut niin turvallinen kuin on aihetta odottaa.

Vakuutettu tuote

Vakuutettu tuote on aineellinen irtain esine, jonka vakuutettu on liiketoiminnassaan laskenut liikkeelle ja joka on tuotteena tai tuoteryhmänä merkitty vakuutuskirjaan.

VS

Orgaaninen (eloperäinen) kuiva-aine (volatile solids), joka määritetään polttamalla näyte, jolloin vain kivennäisaineet (tuhka) jäävät jäljelle.

1. Kasvissivutuotteet

1.1. Määrä, sijainti, muodostuminen

Kasvissivutuotteita ovat

- Multa ja multalietteet
- Käytetyt kasvualustat
- Kuorijätteet
- Kasvinosat
- Taudin tai tuholaiden vioittamat kasvikset ja niiden osat
- Vialliset ja vaurioituneet tuotteet
- Solunesteet yms. jalostuksessa muodostuvat sivutuotteet
- Kauppakunnostuksen kasvijätteet
- Kotitalouksien, suurtalouksien, ravitsemusliikkeiden yms. kasvijätteet

Kasvissivutuotteita muodostuu muun muassa maataloudessa ja puutarhatuotannossa, elintarviketeollisuudessa sekä kaupassa, kotitalouksissa ja ammattikeittiöissä. Tuotetusta ruoasta noin 40 % joutuu sivutuotteeksi jossakin ruokaketjun vaiheessa. Tuoreet kasvikset ovat suurin kasvissivutuotteeksi menevä tuoteryhmä (Gustavsson ym., 2011).

Kasvissivutuotteita muodostuu yrityksissä monista lähteistä: varastohävikkinä, lajittelutähteinä, perunan- ja juuresten kuorinnassa, kasvien kauppakunnostuksessa sekä salaattien ja muiden kasvistuotteiden valmistuksessa. Juuresten varastointitappio voi olla jopa 30 % sadosta, ja kuorinnassa sivutuotteeksi muuttuu 40–60 % raaka-aineesta. Mitään jätteenä luokiteltua, esimerkiksi kotitalouksista tulevaa ruokajätettä, ei saa käyttää rehuna.

Kasviksia jalostavassa teollisuudessa (esim. säilyke- ja pakasteteollisuus) sivutuotemäärät ovat suuria, mutta niitä syntyy vain osan vuotta. Esimerkiksi elintarviketaloustieteiden tutkimuksessa voi muodostua syksyn jalostuskautena aikana, muutamassa kuukaudessa, miljoona kiloa juureskuorimassaa. Tämä erä sisältää tyyppiä noin 2 000 kg, jos tuoreen kuorimassan typpipitoisuudeksi arvioidaan 0,2 %.

Juureskuorimoissa kasviksia prosessoidaan ympäri vuoden, joten myös sivutuotteita syntyy tasaisesti, mutta pienempiä määriä kerrallaan.

1.2. Laatu

Kasvismateriaali on kosteaa, helposti pilaantuvaa, hankalasti kuljetettavaa ja varastoitavaa. Kasvikset ovat suurimmaksi osaksi vettä (taulukko 1).

Ympäristön olosuhteet vaikuttavat suuresti kasvien säilymiseen ja pilaantumiseen. Sivutuotteen pilaantuminen johtuu mikrobien toiminnasta ja kasvaineen biokemiallisesta hajoamisesta. Tavat, joilla kasvikset pilaantuvat, vaihtelevat mikrobista ja kasviksesta riippuen. Myös eri kasvien pilaantumisenopeudet eroavat toisistaan.

Kuorimot käyttävät usein kotimaisen raaka-aineen rinnalla ulkomaisia raaka-aineita, jolloin tieto raaka-aineen mahdollisesta kasvitauti- ja tuholaisriskistä ei ehkä ole samalla tasolla kuin kotimaisen raaka-aineen. Maanparannuskäytössä tämä tulee ottaa huomioon.

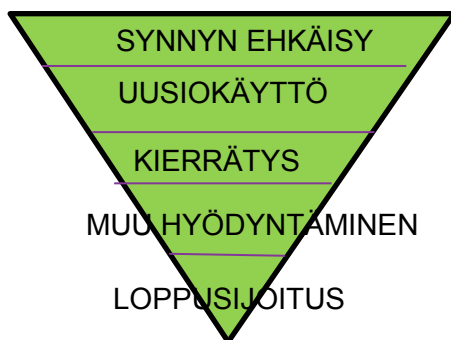
Taulukko 1. Kasvisten koostumus (%).

	Porkkana	Peruna (kuorineen)	Kaali	Jäävuorisalaatti	Sipuli
Vesi*	91	84,1	92,4	96,5	92
Proteiini	0,6	1,6	1,2	1,1	1,3
Rasva	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sokeri	5,4	0,5	4,1	1,0	4,8
Tärkkelys	0,2	12,7	0	0	0
Kuitu	2,6	0,9	2,1	1,2	1,7

Lähde: Fineli <https://fineli.fi/fineli/fi/elintarvikkeet>, * muut lähteet/omat tulokset

1.3. Hyödyntämismahdollisuudet

Jätteen syntymistä on ehkäistävä sekä materiaalitehokkuutta ja jätteen hyödyntämistä lisättävä (Jätelaki 646/2011, EU:n jätedirektiivi EY98/2008). EU:n jätedirektiivin mukaan on pyrittävä ensisijaisesti minimoimaan jätteiden synty (kuva 1). Syntyneet jätteet on käsiteltävä seuraavassa järjestyksessä: uudelleenkäyttö, kierrätys materiaalina, hyödyntäminen energiana ja viimeisenä loppusijoitus kaatopaikalle.

**Kuva 1.** EU:n jätehierarkia.

Kasvissivutuotteiden mahdollisia hyödyntämiskohteita ovat mm.

- Elintarviketeollisuus
- Rehuteollisuus tai suora rehukäyttö
- Lemmikkien ruoka on rehua
- Riistaeläinten ruokinta
- Maanparannusainekäyttö
- Käyttö energiana (biokaasu, bioetanoli)
- Kemianteollisuus (erilaiset yhdisteet)

Kasvisraaka-aine pitää saada mahdollisimman tehokkaasti elintarvikekäyttöön. Prosessien suunnittelulla ja optimoinnilla voidaan tehostaa raaka-aineiden hyödyntämistä.

Prosessien optimoinnissa kiinnitetään huomiota mm. erilaisiin sivutuotejakeisiin. Kun erilaiset kasvisjakeet kerätään prosessissa erilleen prosessin eri vaiheissa, voidaan ne hyödyntää paremmin eri tarkoituksiin. Puhtaat jakeet tulisi suunnata elintarvikkeeksi tai rehuksi ja jakeet, joissa on esim. maa-ainesta mukana, maanparannus- tai energiakäyttöön. Taulukkoon 2 on koottu erilaisia sivutuotejakeita ja niiden hyödyntämisvaihtoehtoja.

Taulukko 2. Erilaiset sivutuotejakeet ja niiden hyödyntäminen.

Sivutuotejakeet	Mitä	Miten	Miksi
Sadonkorjuutähteet	Korjataan sato pellolta tehokkaasti	Korjuukäytänteiden ja -koneiden kehittäminen	Enemmän raaka-ainetta elintarvike ja rehukäyttöön
Varastohävikki	Pilaantuneet kasvikset	Siirretään kompostiin tai viedään käsittelylaitokselle	Energia-, maanparannusainekäyttö
Lajittelutähteet (pienet, vioittuneet, muotopuolet juurekset ym.)	Poislajitellut terveet kasvikset	Pestään ja käsitellään erillään	Hyödyntäminen elintarvikkeena (teollisuus, suurkeittiöt), rehuna, riistan ruokinnassa, prosessoinnissa
Lajittelutähteet (epäpuhtaat, tautiset)	Tautien pilaamat kasvikset tai niiden osat	Siirretään kompostiin tai viedään käsittelylaitokselle	Energia-, maanparannusainekäyttö
Prosessoinnin sivutuotteet	Juuresten kuoret, kasvien käsittelytätteet	Kerätään puhtaat jakeet erilleen. Kuljetus tai käsittely ja kuljetus	<ul style="list-style-type: none"> •Puhtaiden jakeiden hyödyntäminen elintarvikkeena, rehuna tai teollisuudessa •Epäpuhtaat jakeet maanparannusaineksi

**Kuva 2.** Kasvissivutuotetta. Kuva: Eeva-Maria Tuhkanen / Luke

2. Kasvissivutuotteiden käsittelyvaihtoehdot, reunaehdot ja ratkaistavat ongelmat

2.1. Lainsäädäntö

Rehu

Rehujen tulee olla rehulainsäädännön vaatimusten mukaisia, aitoja, hyvälaatuisia ja turvallisia sekä eläinten ravitsemukseen sopivia (Rehulaki 86/2008, 6 §).

- Rehu ei saa sisältää haitallisia aineita, tuotteita eikä eliöitä siten, että sen käytöstä voi aiheutua vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai ympäristölle
- Ei saa aiheuttaa laatuvirheitä eläimistä saataviin tuotteisiin (liha, maito, muna)
- Rehu ei saa sisältää salmonellabakteeria

Kasvissivutuotteet ovat pääasiassa rehuaineita, joka on yksi rehujen päätyyppi rehun lisäainesten ja rehuseosten ohella. Rehuaineiden tulee soveltua eläinten ruokintaan laadultaan, koostumukseltaan ja muilta ominaisuuksiltaan (Rehulaki 86/2008, 7 §). Rehuaineista on olemassa EU:n rehuaineluettelo (EU N:o 2017/1017): mm. viljat ja viljasta saatavat tuotteet, öljykasvin siemenet/tuotteet, palkokasvin siemenet ja tuotteet, kivennäiset, nurmi- ja karkearehu, juurimukulat, juurukset ja niistä saatavat tuotteet: mm. porkkana, porkkanan kuoret, peruna, perunarehu, perunan kuoret ja sipulipulppa. Lisäksi luettelossa ovat tuoreiden hedelmien ja vihannesten käsittelyssä saatavat tuotteet tai kasvien käsittelystä saatavat tuotteet (esimerkiksi lanttu, punajuuri). Luettelon käyttö on vapaaehtoista, mutta jos saattaa markkinoille uuden rehuaineen, joka ei ole luettelossa, tulee siitä tehdä ilmoitus Euroopan rehuteollisuudelle, joka pitää yllä rehurekisteriä (<http://www.feedmaterialsregister.eu/>).

Rehujä tuottavan ja markkinoivan yrityksen on rekisteröidyttävä rehualan toimijaksi ja kannettava vastuu tuotteiden turvallisuudesta. Rehualan toimijalla on ilmoitus-, tiedonanto-, laadunvarmistus- ja kirjanpitovelvollisuus. Rehualan toiminnan viranomaisvalvonnasta vastaa Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Lisätietoja: <https://www.evira.fi/elaimet/rehut/>.

Maanparannusaine

Lannoitevalmistelaki 539/2006 muutoksineen säätelee lannoitevalmisteiden valmistusta, markkinoille saattamista, tuontia ja vientiä. Lisäksi täytyy ottaa huomioon mm.

- MMM asetus lannoitevalmisteista 24/11 muutoksineen sekä
- MMM asetus toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta 11/12 muutoksineen

Eviran sivuilla on koottu lannoitevalmistelain ja sen asetusten muutokset (<https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/lainsaadanto/>). EU:ssa on valmis-teilla yhtenäinen lannoitevalmistelainsäädäntö, jonka toimeenpano tulee muokkaaman jonkin verran Suomen kansallista lainsäädäntöä. Evira ylläpitää rekisteriä ilmoitusvelvollisista toimijoista ja hyväksyy orgaanisia lannoitevalmisteita valmistavat laitokset (www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/valvontarekisteri/).

Taulukossa 3 on esitetty vaatimukset lannoitevalmisteiden valmistukselle.

Taulukko 3. Vaatimukset lannoitevalmisteiden valmistukselle.

Toimenpide	Mitä	Milloin
Lannoitevalmisteiden valmistus	Lannoitelain mukainen hyväksyntä tai rekisteröinti Vaaditaan	<ul style="list-style-type: none"> •Käsittelee omaan käyttöön muualta vastaanotettuja kasvissivutuotteita •Valmistaa ja markkinoi/luovuttaa maanparannusaineita yli 400 m³ vuodessa. •Valmistaa ja markkinoi tai luovuttaa maanparannusaineita, joissa on mukana eläinperäisiä sivutuotteita (ei vähimmäismääräraja)
	Ei vaadita	<ul style="list-style-type: none"> •Luovuttaa kasvissivutuotteita lannoitevalmisteen valmistajalle •Käsittelee omalla tilalla syntyvät kasvissivutuotteet omaan käyttöön •Valmistaa ja markkinoi/luovuttaa maanparannusaineita enintään 400 m³/vuosi*
Vaatimukset lannoitevalmisteiden valmistukselle	Eviran hyväksyntä ja elinkeinon aloitusilmoitus Omavalvontasuunnitelma Raportointi - vuosi-ilmoitus - omavalvontaraportti	<ul style="list-style-type: none"> •Ennen toiminnan aloittamista haettava hyväksyntä Evirasta ja tehtävä elinkeinon aloitusilmoitus •Laadittava toimintaa koskeva omavalvontasuunnitelma ja toteutettava sitä •Raportoitava vuosittain Eviraan tuotantomääristä ja valmistettavista tuotteista •Raportoitava vuosittain Eviraan omavalvonnan toimivuudesta

*Valmistettavia tuotteita koskee kuitenkin lannoitevalmistelainsäädännön mukaiset laatuvaatimukset ja luovutettavalle/markkinoitavalle tuotteelle on laadittava tuoteseloste. Lisäksi toimintaa koskee omavalvonta- ja tiedostonpitovelvollisuus.



Kuva 3. Salaattiprosessin sivuvirtaa. Kuva: Eeva-Maria Tuhkanen / Luke

2.2. Sivutuotteiden hyödyntäjät

Taulukkoon 4 on koottu sivutuotteiden mahdollisia hyödyntäjiä ja vaatimuksia hyödyntämiselle.

Taulukko 4. Sivutuotteiden hyödyntäjät ja hyödyntäminen.

Hyödyntäjä	Mitä	Miksi	Miten	Missä tilanteessa
Kotieläintila	<ul style="list-style-type: none"> •Peruna •Juurekset •Muut kasvikset •Kasvissivutuotteet ja lajittelu-tähteet 	<ul style="list-style-type: none"> •Nautojen, lampaiden, hevosten, sikojen ja siipikarjan rehu •Sikojen ”virikerehu” •Riistan ruokinta 	<ul style="list-style-type: none"> •Tuoreena sellaisenaan •Hapotettuna •Fermentoituna 	<ul style="list-style-type: none"> •Vastaanottava eläintila on lähellä
Kasvinviljelytila	Erilaiset kasvis-sivutuotteet	<ul style="list-style-type: none"> •Maanparannusaine (komposti, mädäte) •Biohiili 	<ul style="list-style-type: none"> •Kompostointi •Mädätys •Pyrolyysi 	<ul style="list-style-type: none"> •Mahdollisuus hyödyntää maanparannusaine omalla tilalla •Käsittelylaitos lähellä •Lannoitevalmisteena tilan ulkopuolelle
Teollisuus	Erilaiset kasvis-sivutuotteet	<ul style="list-style-type: none"> •Elintarvikkeet •Rehut •Erilaiset yhdisteet esim. kosmetiikan, lääketeollisuuden ja muun kemianteollisuuden valmistusaineiksi 	<ul style="list-style-type: none"> •Esikäsittely, esim. kuivaus •Erilaiset valmistusprosessit, mm. uuttaminen, fraktiointi, fermentointi, keittoprosessit, muut hygienisointiprosessit, ekstruointi, rakeistaminen, jauhaminen 	<ul style="list-style-type: none"> •Puhtaat, tasalaatuiset kasvissivutuotteet •Riittävä määrä •Hyödyntäjän vaatimukset laadulle ja määrälle täyttyvät
Energia	Sokereita, tärkkelystä ja selluloosaa sisältävät kasvit	<ul style="list-style-type: none"> •Biokaasu •Bioetanoli 		<ul style="list-style-type: none"> •Suuret sivutuotemäärät •Kohtuullinen kuljetusmatka

2.3. Käsittelyvaihtoehtojen vertailu

Taulukossa 5 on vertailtu erilaisia käsittelyvaihtoehtoja.

Taulukko 5. Käsittelyvaihtoehtojen vertailu¹

Reunaehdot	Käsittely tilalla ja käyttö maanparannusaineena	Kuljetus ja käyttö rehuna	Kuljetus käsittelylaitokseen (biokaasu/kompostointi/ muu)
Määrä	•Pienet sivutuotemäärät	•Suuret sivutuotemäärät	•Suuret sivutuotemäärät
Laatu	•Maa-ainesta mukana	•Sivutuotejakeet kerätään puhtaina prosessin eri vaiheista	•Maa-ainesta voi olla mukana
Resurssit	•Mahdollisuus hyödyntää omalla tilalla maanparannusaineena •Käsittelyyn vaadittavat resurssit (koneet, laitteet, henkilöresurssit ym.)	•Kuljetus •Varastointi tilalla •Soveltuminen tilalla käytettävään rehunjako-tekniikkaan (esim. seosrehuruokinta)	•Varastointi, kuljetus, porttimaksut
Välimatkat	•Lopputuotteen käyttö omalla tilalla •Jos käyttö tilan ulkopuolella, otettava huomioon lannoitevalmistelainsäädäntö	•Jos käyttö sellaisenaan, hyödyntämisspaikan on oltava lähellä •Käsitellyn sivutuotteen säilyvyys voi olla parempi, jolloin kuljetusväli voi olla pidempi	•Lyhyt välimatka
Käsittely	•Nesteen erotus •Kompostointi	•Hapetus •Säilörehun valmistus / fermentointi •Kuivaus •Sekoitus rehuseokseen	•Hyödyntämiskohde tuotteelle tiedossa

¹ ei sisällä käyttöä teollisuuden raaka-aineena

2.4. Tuotevastuu

Vastuu rehujen laadusta ja turvallisuudesta on kaikissa tuotannon, jalostuksen ja jakelun vaiheissa rehualan toimijoilla (EU N:o 178/2002).

Vahingonkorvausvelvollisuus

Rehulaki 86/2008, 48 §: Rehun valmistajan on korvattava vahinko, joka ammattikäytössä aiheutuu ostajalle siitä, jos rehu ei täytä rehulainsäädännön vaatimuksia. Vahingonkorvausvelvollisuutta ei ole, jos valmistaja todistaa, että rehussa ei ollut vahingon aiheutunutta virhettä silloin, kun hän sen saattoi markkinoille.

Lannoitevalmistelaki 539/2006,40 §: Lannoitevalmistajalla on korvausvelvollisuus vahingosta, joka on aiheutunut lannoitevalmisteen ammattikäytössä, jos lannoitevalmiste ei ole täyttänyt lainsäädännössä sille asetettuja vaatimuksia tai tuoteseloste on poikennut siinä annetuista tiedoista enemmän kuin se on säädösten mukaan sallittua. Korvaus on suoritettava, vaikka vahinkoa ei ole aiheutettu tahallisesti tai huolimattomuudesta. Vahingonkorvausvelvollisuutta ei ole, jos valmistaja todistaa, että lannoitevalmisteessa ei ollut vahingon aiheuttanutta virhettä silloin, kun tuote on saatettu markkinoille.

Tuotevastuuvakuutus

Vakuutusyhtiöillä on tarjolla tuotevastuuvakuutus, joka vakuutusyhtiön ehtojen mukaisesti korvaa tuotteen aiheuttaman esine- tai henkilövahingon. Tuotevastuuvakuutuksen voimassa ollessa henkilö- ja esinevahingon kärsineelle korvataan myös vahingosta välittömästi seuraava taloudellinen menetys tai kustannus. Rajoitusehtoja kuitenkin on. Tuotteen liikkeelle laskija voi olla korvausvastuussa varsininkin ankaran vastuun alaisessa toiminnassa sellaisissa tilanteissa, joita vakuutus ei kata. Normaalin yrityksen (myös maatalan) vastuuvakuutuksesta on tuotteen aiheuttamat vahingot suljettu pois. Korvattavana vahinkona ei pidetä sitä, että tuotteella ei ole luvattua vaikutusta tai suoritus- tai toimintakykyä.



Kuva 4. Kasvissivutuetta. Kuva: Johanna Rihtilä / Luke

3. Esikäsittely

3.1 Raaka-aineen pesu ja puhdistus

Juurekset pestään ennen kuorintaa ja vihannekset huuhdellaan ennen jatkokäsittelyä. Jotta prosessin muodostuva kasvissivutuote voidaan hyödyntää rehuna, siinä ei saa olla mukana maainesta.

3.1. Murskaus

Jos kasvissivutuote ei ole tasakokoista, se voidaan silputa erilaisilla kasvissilppureilla, jolloin siitä saadaan erotettua neste helpommin esimerkiksi puristamalla, linkoamalla tai dekantamalla.

3.2. Kuiva-ainepitoisuuden nosto

Sivujakeen kuiva-ainepitoisuutta voidaan nostaa käyttämällä erilaisia vedenpoistomenetelmiä. Menetelmän valinnassa on huomioitava mm. massan määrä suhteessa laitteen kapasiteettiin, jotta prosessi saadaan tehokkaasti ja nopeasti suoritettua. Ravinteiden kierrätyksen näkökulmasta erottuville jakeelle, kuivemmalle ja märemmälle, on kehitettävä omat jatkokäyttötapansa. Ravinteet jakautuvat eri tavoin neste- ja kuivajakeisiin, mikä täytyy ottaa huomioon niiden hyödyntämisessä (taulukko 6).



Kuva 5. Kasviksista puristettua nestettä. Kuva: Johanna Rihtilä / Luke

Taulukko 6. Kuiva-ainepitoisuuden nostamisen/nesteenpoiston teknisiä ratkaisuja kasvissivujakeille.

Laite- tyyppi	Toimintaperiaate	Materiaalityypit	Tulos	Huomioita
Puristin	Ruuvimainen tai levymäinen tanko puristaa massan sylinteriä vasten, jolloin massasta valuu vesi ulos.	<ul style="list-style-type: none"> •Kuitumaisille, kuivan oloisille materiaaleille •Malliesimerkkejä ovat mehu- ja tuorerehupuristimet 	<ul style="list-style-type: none"> •Kuivajae: Kuituosat, ei-vesiliukoiset jakeet, esim. osa proteiineista •Neste: Vesiliukoiset komponentit (osa proteiineista, sokerit, hapot, kivennäisaineet, värit) ja öljy ja siihen liukenevat yhdisteet (vitamiinit, värit) 	<ul style="list-style-type: none"> •Materiaalin tasakokoisuus on etu. •Isot, kovat kappaleet tukkivat helposti puristimen tai heikentävät nesteen poistumista
Linko ¹	<ul style="list-style-type: none"> •Nesteen erottamiseen käytetään keskipakoisvoimaa •Pyörimisliike saadaan aikaan tehokkaalla moottorilla •Erottumista voi lisätä esim. suodatimilla 	<ul style="list-style-type: none"> •Liettyneille ja kiinteille materiaaleille, joissa on irtovettä •Pehmeille materiaaleille, joiden vesipitoisuus on korkea, esim. salaattilinko 	<ul style="list-style-type: none"> •Kuiva jae on puristunut kakkumaiseksi, irtoveden poisto esim. salaa-teista. •Nestejae on samankaltainen kuin puristeneste (kts. yllä) 	<ul style="list-style-type: none"> •Sopii monenlaisille materiaaleille. •Nesteessä voi olla kappaleita. •Lietemäiset ja pehmeät materiaalit jauhetaan tasakokoisiksi.
Dekanteri ¹	<ul style="list-style-type: none"> •Kiintoaine ja neste eroavat painovoiman vaikutuksesta. •Erottumista voidaan tehostaa ilmat tai vesivirtauksen avulla 	Esim. öljyn ja veden erotus tai nesteen ja tärkkelyksen erotus	Kuivajae jää melko määräksi – eri jakeet eivät eroa kovin hyvin	Sopii nestemäisille ja liettyville materiaaleille

¹Huom. Nykyisin tarjolla erilaisia laitekoneita, joissa yhdistyy dekanterin ja linkon tekniset ominaisuudet ja siten lietteen kuivausteho huomattavasti parempi kuin perinteisillä dekantereilla.

Taulukossa 6 ei voida antaa tyyppillisten neste- ja kuivajakeiden kosteuspitoisuuksia, sillä eri materiaalit sitovat vettä itseensä eri tavoin. Veden sitoutumiseen vaikuttaa myös esimerkiksi se, onko kyseessä tuore, raastettu tai kypsennetty tuote. Esimerkiksi porkkanajakeiden kuiva-ainepitoisuus jää aina alhaisemmaksi kuin monen muun kasvissivujakeen, koska porkkanan kuitu sitoo vettä runsaasti, monivaiheisen puhdistus- ja erotusprosessin jälkeen jopa yli 10 kertaa painonsa verran (Roney & Lang, 2003). Pelkän kuidun hyödyntäminen ei ole materiaali- ja ravinnekierrätyksen näkökulmasta paras vaihtoehto, vaan tavoitteena tulisi olla sivujakeiden kokonaisvaltainen hyödyntäminen. BEST-selvityshankkeen raportissa on esitetty erilaisia hyödyntämisreittejä, kaavio liitteessä 4 (Rasi ym., 2016).

4. Kasvissivutuotteet rehuksi

4.1. Käsittelymenetelmät

Fermentointia käytetään yleisesti kasvien, maitotuotteiden ja lihan säilöntään. Nurmisäilörehun valmistus maitohappokäymiseen ja säilöntäaineisiin perustuen on vallitseva käytäntö märehtijöiden ruokinnassa (Wilkinson ja Rinne, 2017). Fermentoinnin aikana mikrobit käyttävät raaka-aineen helpoliukoisia hiilihydraatteja mm. maitohapoksi, haihtuviksi rasvahapoiksi ja etanoliksi. Rehumassan pH laskee ja helposti pilaantuva kostea tuote saadaan säilymään ilmatiiviisti pidettynä hyvinkin pitkiä aikoja.

Kasvikset sisältävät yleensä luontaisesti maitohappobakteereita. Luontaisessa fermentaatiossa tuotteessa olevat mikrobit käynnistävät käymisprosessin, josta seuraa pH:n lasku niin, että biomassaa saavuttaa mikrobiologisesti vakaan tilan. Tuotteeseen voidaan myös lisätä hapatetta eli tunnettua mikrobivalmistetta, joka on yleensä maitohappobakteerien seos, tai kemiallisia säilöntäaineita, kuten muurahais-, propioni- tai bentsoehappoa. Säilörehun valmistuksessa käytettävät mikrobit, entsyymit ja hapot ovat rehun lisäaineita. Vain hyväksytyt rehun lisäaineita saa tässä tarkoituksessa käyttää asetuksen (EU) N:o 1831/2003 mukaisesti. Käymiseen perustuvan säilönnän onnistumisen edellytys on tuotteen hapettomuus, mikä voidaan toteuttaa tiiviisti pakkaamalla ja peittämällä esim. muoveilla.

Jos säilöttävä tuote on hyvin kostea, säilyvyyttä ja käytettävyyttä voidaan parantaa sekoittamalla se kuivempaan rehuaineeseen kuten olkeen, rehuviljaan tms. Tämän vaihtoehdon mielekkyys on tapauskohtaista ja riippuu paljon mm. siitä, mihin tarkoituksen valmis rehuerä käytetään.

Säilöntäaineita voidaan käyttää myös tuoreiden kasvissivutuotteiden stabiilisuutden parantamiseen, jolloin niiden logistiikka pystytään helpottamaan. Kokeessa tuoreen porkkanasivutuotteen stabiilisuutta pystyttiin parantamaan muurahaishappopohjaisella säilöntäaineella muutamasta päivästä yli viikkoon (Rinne ym., 2017). Maitohappobakteerien lisäyksellä voitiin koeolosuhteissa nopeuttaa perunankuorimassan pH:n laskua (Välimaa ym., 2017).

4.2. Kasvissivutuoterehujen laatu, turvallisuus ja käyttökohteet

Tuoreet ja säilötyt kasvikset sopivat pääsääntöisesti hyvin märehtijöiden ruokintaan. Niitä voidaan tarjota sellaisenaan tai osana seosrehua. Rehuerien sisällyttäminen sikojen ja erityisesti siipikarjan ruokintaan on haastavampaa. Pienet määrät kasvissivutuotteita voisivat sopia sikojen virikkeeksi. Kasvissivutuotteita kuten porkkanan lajittelutähdettä käytetään myös mm. hevosten lisärehuna ja riistan ruokintaan. Osa sivutuotteista voisi soveltua myös hyönteisten ruokintaan.

Kasvisrehun ravitsemuksellinen laatu voidaan määrittää rehuanalyysillä, jonka perusteella sitä syövien kotieläinten rehuannos voidaan koostaa tasapainoiseksi. Rehutaulukoissa (Luke 2017) on esimerkkejä joidenkin kasvien tyyppisestä koostumuksesta ja rehuarvoista, mutta niitä voidaan pitää vain suuntaa-antavina, koska erien välillä oleva vaihtelu ja prosessointi voivat vaikuttaa niihin huomattavasti.

Syötettävä rehuerä on arvioitava aistinvaraisesti ja mm. näkyvät homeiset tai muuten pilaantuneet erät poistettava. Jos rehuksi tarkoitteussa erässä havaitaan pilaantumista, turvallisempaa on hyödyntää se maanparannusaineena.

5. Kasvissivutuotteet maanparannusaineeksi

5.1. Käsittelymenetelmät

5.1.1. Kompostointi

Kompostoinnissa monilajinen pieneliöstö hajottaa hapellisissa ja kosteissa olosuhteissa eloperäistä materiaalia hitaasti hajoavaan muotoon, humukseksi. Samalla muodostuu lämpöenergiaa, hiilidioksidia ja vettä. Tekijät, jotka vaikuttavat mikrobien aktiivisuuteen, ovat lämpötila, happipitoisuus, pH, kosteuspitoisuus, hiili-tyyppi -suhde (C:N) sekä partikkelikoko.

Kun kompostoitavien materiaalien C:N on välillä 25:1–35:1, suhde on sopiva mikrobeille. Jos suhde on pienempi, hajoavan materiaalin tyypeä jää käyttämättä ja se vapautuu ammoniakkina. Jos taas hiilipitoisuus on liian korkea, materiaalia hajottavat mikrobit eivät saa omaan kasvuunsa riittävästi tyypeä ja hajotus hidastuu.

Peukalosääntönä on, että ”märkä, vihreä” materiaali, kuten kaalin lehdet, sisältää enemmän tyypeä ja ”kuiva, ruskea” materiaali, kuten olki, sisältää enemmän hiiltä. Materiaalien sekoitukset ovat suositeltavia, jotta saataisiin sopiva C:N-suhde.

Elävät organismit tarvitsevat kosteutta. Kompostin kosteuspitoisuuden pitäisi olla 40–60 %, mutta se voi olla korkeampi, jos happipitoisuus pysyy hyvänä. Ylimääräisen kosteuden poistaminen kasvismassasta vähentää seosaineen tarvetta kompostissa. Kasvismassan kosteutta voidaan vähentää

- poistamalla kasviksista valunut vesi (4–5 % vedestä poistuu)
- puristimella, jolla saadaan erotettua 10 % nesteestä

Nestejää voidaan ottaa talteen ja valmistaa nestemäiseksi lannoiteliuokseksi. Kompostin huokoisuus riippuu partikkelikoosta. Pienillä partikkeleilla on enemmän pinta-alaa, mikä parantaa mikrobiaktiivisuutta. Pieni partikkelikoko vähentää toisaalta massan huokoisuutta, jolloin hapestaa voi tulla puutetta.

Kompostoinnissa ammoniakkin haihtumiseen vaikuttaa erityisesti kompostoitavan massan pH, lämpötila sekä ammoniumtyypen määrä. Kun pH nousee yli kuuden, ammoniakkin haihtuminen lisääntyy. Alhaisempi lämpötila vähentää kompostoinnissa syntyviä ammoniakkipäästöjä. Kompostoinnin termofiilivaiheen alussa kompostin lämpötilan noustessa haihtuneen ammoniakkin määrä kasvaa eksponentiaalisesti (Pagans ym., 2006).

Kompostin seosaineina voidaan käyttää esimerkiksi turvetta, olkea, haketta, sahanpurua, paperia, pahvia, akanoita, kaarnaa, lehmän/hevosien lantaa, erilaista puutarhajätettä, ruokohelpeä ja biohiiltä. Seosaineen avulla voidaan vaikuttaa mm. kompostin ilmavuuteen, kosteuteen ja ravinnesuhteisiin. Seuraavassa on kuvattu yleisimpiä kompostin seosaineita.

Turve

Turve imee tehokkaasti kosteutta ja hajuja. Kompostissa käytettävän turpeen tulisi olla mahdollisimman karkeaa, lannoittamatonta ja kalkitsevatonta. Turve tiivistyy helposti, joten se kannattaa sekoittaa esim. oksasilpun tai kutterinlastun kanssa. Turve on hyvin hitaasti uusiutuva luonnonvara. Turvetta on yleensä markkinoilla hyvin tarjolla, mutta sen saanti voi olla sääolojen takia joskus hankalaa.

Ruokohelpi

Ruokohelpi on monivuotinen heinäkasvi, jota viljellään sekä hyöty- että koristekasvina. Se kasvaa Suomessa myös luonnonvaraisena. Kasvit voivat kasvaa luonnontilassa 1,5–2 metrin korkuiseksi, ja viljeltynä kasvin korkeus voi olla jopa 3–4 metriä. Kun ruokohelpi silputaan vasaramyllyllä, saadaan siitä nestettä ja hajuja sitovaa seosainetta esim. kompostointiin.

Biohiili

Biohiilen on todettu sekä lisäävän ravinteiden sitoutumista maapartikkeleihin että parantavan maan vedensitomiskykyä. Biohiilen avulla voidaan vähentää maatalouden ravinnepestöjä, etenkin typen huuhtoutumista vesistöihin. Lisäksi biohiilen on todettu tehostavan biologista typensidontaa. Biohiilen on havaittu sitovan dityppioksidia (N₂O) kompostimassaan (Fagernäs ym., 2014) sekä vähentävän metaani (CH₄)-päästöjä. Biohiilen käyttö vähentää kompostoinnissa syntyviä ammoniakkipäästöjä (Steiner ym., 2010; Malińska ym., 2014). Biohiiltä voidaan lisätä kompostiin esim. 5–10 % (massa-%) (IBI, 2015).

Lehtipuuhaake tai -lastu

Lehtipuuhaake ja -lastu sopii hyvin kompostiin. Se pitää kompostin massan sopivan ilmavana, tasaa kosteusoloja ja kiihdyttää mikrobitoimintaa.

Pahvi ja paperi

Puhdasta pahvia ja paperia voidaan käyttää kompostin seosaineena. Seosaineeksi soveltuu pahvi, jossa ei ole niittejä, muovia, metallia, väriaineita, tarroja, printtejä ym.. Pahvi pilkotaan pieneksi, esim. pahvisilppurilla (Kuva 6) tai vasaramyllyllä.

Kun pahvi- tai paperisilppua lisätään kasvismassaan enintään 10 %, sillä ei pitäisi olla haitallista vaikutusta kompostin laatuun (WRAP, 2007). Vahapintaisen pahvin käyttö kompostin seosaineena ei vaikuttanut kompostointiprosessiin, kun pahvia lisättiin 15 % koko massan tilavuudesta (CWC, 1993).



Kuva 6. Pahvi on silputtu pahvisilppurilla, joka tekee pakkaustäytettä.

(www.energian.net/cushion_pack/index.html). Tämän jälkeen pahvi voidaan laittaa vielä silppurin läpi.

Kuva: Marja Lehto / Luke

Kuorike

Kuorike on kuivattua ja murskattua havupuun kuorta. Se on hyvä seosaine, jossa yhdistyvät turpeen hajunsitomiskyky ja hakkeen ilmavuus.

Käsittelyvaatimukset kasvissivutuotteelle on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Käsittelyvaatimukset peruna-, juurikas- ja juuresteollisuuden, kuorimoiden ja pakkaamoiden kasvissivutuotteille sekä erilliskerätylle biojätteelle.

Riski	Käsittelyvaihtoehdot
A) Kasvitaution mahdollinen	<ul style="list-style-type: none"> • Kompostointi vähintään 55 °C, 2 viikkoa, kosteus 40 % tai • Lämpökäsittely 70 °C, 1 tunti, partikkelikoko 12 mm tai • Muu kasvinsuojeluviranomaisen hyväksymä menetelmä
B) Ei todettua kasvitaution riskiä	<ul style="list-style-type: none"> • Kompostointi • Mädätys biokaasulaitoksessa meso- tai termofiilisessä prosessissa • Vanhentaminen käsiteltävän raaka-aineen mukaisesti 2–5 vuotta • Lämpökuivaaminen • Lahotus termofiilisellä ilmastuksella

Kompostointiohje

- Pilko kompostoitava materiaali. Pehmeä, kostea materiaali kompostoituu nopeasti ja voi olla partikkelikooltaan suurempaa. Kovemmat, puumaiset komponentit silputaan pienemmiksi (12 mm) kappaleiksi.
- Kasviskompostin ongelma on usein liika kosteus. Valuta ylimääräinen, helposti irtoava neste pois, ja käytä se esimerkiksi kasteluun tai lannoitelisänä muille kuin vihanneskasvustoille. Kompostoituminen tapahtuu parhaiten, jos kosteuspitoisuus on 70–50 %. Liian märässä kompostissa kompostoituminen on hidasta ja se haisee pahalta. Liian kuivassa kompostissa kompostoitumista ei tapahdu tai se on hidasta.
- Huolehdi kompostin riittävästä ilmastuksesta. Rakeinen seosaine, kompostin kääntäminen sekä kompostiauman muoto vaikuttavat kompostin ilmavuuteen. Auman pitäisi olla riittävän kapea.
- Toivottu C/N-suhde, noin 30:1, saadaan, kun sekoitetaan tilavuudeltaan yhtä suuri määrä ”vihreää” kasvusta ja ”ruskeaa” kuivikeainetta.
- Komposti pysyy paremmin lämpimänä kompostisäiliössä kuin kompostiaumassa. Hyvä komposti tuottaa itse lämpöä. Kompostin pitää olla riittävän suuri, jotta se lämpiää hyvin.
- Kompostirummun käyttö nopeuttaa kompostoitumista. Rumpukompostoinnin (1 – 2 viikkoa) jälkeen tarvitaan vielä jälkikompostointivaihe.
- Käännä kompostia myös jälkikompostoinnin aikana siten, että koko massa kompostoituu tasaisesti.
- Anna kompostin jälkikompostoitua, kunnes komposti ei enää tuota lämpöä, n. 6 kk–1 vuosi. Jos komposti on jäässä, kompostoitumista ei tapahdu, joten se pitää ottaa huomioon jälkikompostoitumisajassa.

5.1.2. Mädätys

Biokaasun tuotanto on hapettomien olosuhteiden biologinen prosessi, joka käyttää pääraaka-aineenaan orgaanisia aineita. Biokaasu muodostuu orgaanisen kuiva-aineen (VS) hajotessa, ja sen valmistukseen soveltuvat eloperäiset, biohajoavat sivutuotteet ja jätteet. Biokaasutuotto ja biokaasun metaanipitoisuus vaihtelevat ja riippuvat raaka-aineen koostumuksesta. Mitä suurempi VS/TS -suhde on ja mitä helpommin hajoavaa orgaaninen kuiva-aine (VS) on, sitä sopivampaa syöte on biokaasutuotantoon.

Vihannessivutuotteen metaanin tuottopotentialiksi on raportoitu 370 m³CH₄/tVS (Viswanath ym., 1992) Suomessa on laskettu teoreettisesti vain 250 m³/tVS (biokaasulaskuri, Ikkäläinen, 2016; Lehtomäki, 2006). Materiaalin matalat typpi- ja fosforipitoisuudet ja korkea orgaanisten happojen

pitoisuus suosivat kasvissivutuotteen mädätystä yhdessä muiden sivutuotteiden kanssa (Callaghan ym., 2002).

5.2. Maanparannusaineen laatu, turvallisuus ja käyttökohteet

5.2.1. Kasvissivutuotteiden turvallinen käyttö maanparannusaineena

Lannoitevalmistelainsäädäntö asettaa vaatimuksia maanparannusaineelle:

- Se **EI** saa sisältää salmonellaa
- *E. coli* -bakteerien määrä saa olla enintään 1 000 pmy/g ja alle 100 pmy/g ammattimaiseen kasvihuoneviljelyyn tarkoitetuissa kasvualustoissa syötävien kasvinosien ollessa suoraan kosketuksissa kasvualustaan
- Siinä **EI** saa olla kasvintuhoojia
- Haitallisille metalleille on asetettu raja-arvot (liite 3)
- Siinä **EI** saa olla epäpuhtauksia (roskat, rikkakasvit, kasvinosat)
- Markkinoitavilla tuotteilla on oltava tuoteseloste.

Erityisvaatimukset kasviperäistä ainesta sisältäville lopputuotteille:

- Vaarallisen kasvintuhoojan saastuttamaksi todetun kasvimateriaalista peräisin olevaa raaka-ainetta ei saa käyttää lannoitevalmisteiden raaka-aineena ilman kasvinterveysviranomaisen antamaa toimenpidepäätöstä.
- Juures-, juurikas- ja perunatuotannon kasvissivutuotteista valmistetuissa lannoitevalmisteissa **EI** saa olla
 - Kelta- ja valkoperuna-ankeroisia
 - Perunan vaaleaa ja tummaa rengasmätää
 - Perunasyöpää
 - Juurikkaan nekroottista keltasuonivirusta
 - Juuriäkämäankeroisia
- Taimituotantoon tarkoitetuissa kasvualustoissa **EI** saa olla juuripoltesientä
- Kasvihuonetuotannon kasvijätteistä tai kasvualustoista valmistetuissa lannoitevalmisteissa **EI** saa olla muita vaarallisiksi luokiteltuja kasvintuhoojia
- Jos raaka-aineena on peruna-, juurikas- ja juuresteollisuuden, -kuorimoiden tai pakkaamoiden kasvissivutuotteita, joita ei ole käsitelty taulukon 7 kohdan A) mukaisilla käsittelymenetelmillä, näitä **EI** saa käyttää:
 - Peruna- ja juurikastuotannossa olevilla tuotantotiloilla
 - Taimi-istutukseen tai uudelleen istutettavaksi tarkoitettujen kasvien tuotantotiloilla, mukaan luettuna siirtonurmet
 - Kyseessä olevien tuotantoalueiden vesistöjen valuma-alueilla
 - Käyttöä koskevat varoajat on huomioitava

Maanparannuskompostin hyötyjä ovat maahan lisätyt ravinteet ja orgaaninen aines. Nitraattiasetuksen 170 kg/ha kokonaistyyppirajoitus ei koske materiaaleja, jotka eivät sisällä karjanlantaa (minimi 10 % karjanlantaa). Näin ollen levitysmäärää ohjaavana tekijänä ovat sallitut fosforin lisäysmäärät ja liukoisen typen määrä. Vaikka lannoitevalmistelaki ei maanparannuskäyttöä koskisiakaan, esimerkiksi omille pelloille tapahtuvan käytön tai alle 400 m³ valmistusmäärien tähden, lainsäädännön vaatimukseen on tarpeellista perehtyä kasvintuhoojien aiheuttaman riskin minimoimiseksi.

Liitteessä 1 on esitetty SivuHyöty-hankkeessa valmistettujen kompostien ravinnesisältöjä. Liitteessä 2 on maanparannuskompostin tuoteselosteessa vaadittavia tietoja.

5.2.2. Maanparannuskompostien levitys

Kasvissivutuotteista valmistettujen maanparannuskompostien varastointi- ja levitysominaisuudet eivät merkittävästi poikkea muiden orgaanisten lannoitevalmisteiden ominaisuuksista. Vaikka kasviksista valmistettujen kompostien kuiva-ainepitoisuus on matalahko, kasvismateriaali yhdessä tukiaineen kanssa sitoo yleensä hyvin kosteutta 20 %:n kuiva-ainepitoisuudessa.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden peltopatterointia ja levitystä on ohjeistettu Levilohi-hankkeessa (Tontti ym., 2015). Hankkeen ohjeet ja videot ovat nähtävissä www-sivujen kautta <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/levilohi>.

6. Muita käsittelymenetelmiä

6.1. Kuivaus

Kuivattaessa raaka-aineesta haihdutetaan vettä, kunnes kosteutta on niin vähän, että kemialliset ja mikrobiologiset reaktiot hidastuvat huomattavasti tai lakkaavat. Useimmat mikrobit eivät pysty kasvamaan kuivassa tuotteessa, eli kun tuotteen kosteus on alle 8 %. Jotta saataisiin hyvälaatuisia tuotteita kohtuullisin kustannuksin, kuivumisen täytyy tapahtua nopeasti. Kuivumisnopeuteen ja -aikaan vaikuttavat

- raaka-aineen ominaisuudet, kuiva-ainepitoisuus
- raaka-aineen palakoko ja -muoto
- raaka-aineen määrä
- kuivausolosuhteet, lämpötila
- kuivauslaitteisto

Raaka-aineen biokemialliset ja -fyysiset ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka hyvin maku, väri, rakenne ja ravintoarvo säilyvät kuivausprosessissa. Eri kasvisraaka-aineet kutistuvat ja muuttavat väriään eri tavoin kuivauksen aikana. Kuivausaikaa voidaan lyhentää pilkkomalla kuivattava materiaali mahdollisimman pieniksi paloiksi. Lisätietoa kasvisten kuivauksesta löytyy mm. http://www.pyhajarviinstituutti.fi/porkkanatiedosto/porkkana/jalostus/otsikot_jalostus6.htm

Kuivauskaappi

Kasviskuivurit ovat tyypillisiä kuivureita, jossa kuivattavat tuotteet ovat tasolla ja kuivaava (lämmitetty) ilmavirtaus kulkee tuotekerroksen läpi. Sokeria sisältävistä raaka-aineista tulee helposti sitkeitä, ja ne kuivuvat hitaasti.

Pakkaskuivurit, joissa tuote ensin pakastetaan ja vesi haihtuu alipaineessa (vakuumissa), ovat laiterakenteeltaan samantyyppisiä. Pakkaskuivauksessa tuote kuivuu samaan kokoon kuin mitä se oli tuoreena ja tuote on huokoinen. Pakkaskuivattu tuote palautuu nopeasti ja täydellisemmin ennalleen kuin ilmakeivattu tuote, ja sen rakenne ja väri pysyvät usein myös parempina. Laitteisto sopii partikkelimaisille tai irtonaisille materiaaleille, esim. siemenille ja lehdille.

Kuivausrumpu

Kuivausrumpua käytetään tyypillisesti elintarviketeollisuudessa jauheliuosten tai hyvin pieneksi hienonnettujen jakeiden kuivaamiseen, esim. perunateollisuudessa.

Kuivauksen kustannukset

Linkous- ja rumputekniikoissa kustannukset muodostuvat laite- sekä energiakustannuksista. Lämminilmakuivauksessa suurin kustannuserä on lämmitysenergia. Yhden vesikilon haihduttamiseen tarvitaan energiaa noin 4,2–5,0 MJ eli 1,1–1,3 kWh/tuorekilo.

6.2. Pelletöinti

Pelletit ovat hienonnetusta, kuivasta raaka-aineesta pelletöintikoneella tehtyjä puristeita. Raaka-aineen kosteuden tulisi olla alle 15 %. Pellettien tiheys on huomattavasti käytetyn raaka-aineen tiheyttä suurempi, eli sama energiamäärä on puristettu pienempään tilaan. Pellettejä voidaan tehdä erilaisista raaka-aineista tai niiden yhdistelmistä (seospelletit).

6.3. Pyrolyysi

Biohiili on runsaasti hiiltä sisältävää orgaanista alkuperää olevaan palamisjäännöstä, ja sitä käytetään maanparannusaineena. Biohiiltä valmistetaan pyrolyysillä eli kuumentamalla lähtöainetta hapettomassa tilassa. Lähtöaineina voi olla kasvipörräiset, hiiltä sisältävät materiaalit. Biohiilen avulla voidaan sitoa hiilidioksidia ilmasta maaperään.

Biohiiltä voidaan valmistaa kolmella menetelmällä: hitaalla pyrolyysillä, nopealla pyrolyysillä ja kaasutuksella. Näistä erityisesti hidas pyrolyysi soveltuu kiinteän biohiilen valmistukseen muita prosesseja huomattavasti suuremman biohiilisaantonsa vuoksi (Strand, 2011). Hidaspyrolyysissä eli kuivatuslauksessa laitteistot ovat joko perinteisiä panostettavia miiluja tai modernimpia jatkuvatoimisia laitteistoja. Biomassan lämpötila nostetaan ilman happea 300–700 asteeseen. Pyrolyysi käynnistyy lämpötilan ylittäessä 270 astetta, jolloin biomassan rakennekomponentit hajoavat ja kaasuntuvat hiiltä lukuun ottamatta. Kiinteä jäljelle jäänyt tuote sisältää 80–90 prosenttia biohiiltä. Prosessissa syntyy myös energiaa, kaasuja, öljyä ja nesteitä. Kaikkia näitä komponentteja voidaan hyödyntää.

Biohiili on hyvin huokoista ja sen maanparannusvaikutus perustuu ravinteiden ja veden pidätyskykyyn. Biohiili pidättää painoonsa nähden moninkertaisesti vettä. Biohiilestä on todennäköisesti eniten hyötyä mailla, joissa on vähän hiiltä, eli esimerkiksi karkeilla kivennäismailla.

Biohiili voi vaikuttaa monella tavalla maaperään, esimerkiksi se voi aktivoida maaperäeliöstöä ja maaperän myrkylliset aineet voivat sitoutua biohiileen. Biohiili voi estää myös ravinteita huuhtoutumasta ja se voi parantaa myös viljelykasvien kasvua ja satoa (Kangas ja Vuori, 2017).

6.4. Bioetanolin valmistus

Bioetanolia voidaan valmistaa sokeri- ja tärkkelyspitoisista kasvissivutuotteista. Sitä syntyy hapettomissa olosuhteissa hiivojen tuottamien entsyymien hajottaessa orgaanista ainesta. Sivutuotteena syntyy hiilidioksidia, ja jäljelle jää mäskiksi tai rankiksi kutsuttu kiinteä massa. Mäski voidaan hyödyntää rehuna tai mädättää. Sivutuotteita hyödyntäviä etanoliprosesseja on mm. ST1:n etanoliprosessit. Bioetanolia käytetään moottoripolttoaineena.

6.5. Maitohapon valmistus

Maitohapon kysyntä on maailmanlaajuisesti kovassa kasvussa ja tuotannon lisäys on 5–8 % vuodessa. Maitohapon tuotanto tapahtuu joko kertatoimisena tai jatkuvana fermentointina. Paras maitohapon tuotto saadaan käyttämällä substraattina sokereita kuten glukoosia tai mannoosia.

Edullisia substraatteja haetaan sivuvirroista, koska tuotanto puhtaista sokereista on kallista. Sekä hiilen että typen lähteiden tulisi olla edullisia. Hyvin monenlaisia tärkkelys- ja sokeripitoisia kasvissivuvirtoja on tutkittu maitohappotuotannon substraatteina. Käytettäessä tärkkelyspohjaisia substraatteja kuten viljaa, tärkkelyksen ja kuidun entsyymaattinen hydrolyysi on parantanut maitohapon saantoa. Sivuvirran suuri sokeripitoisuus on eduksi maitohapon tuotannossa (esim. melassi, hera). Tuotannon optimoimiseksi on käytettävä substraatille sopivinta mikrobia. Useimmat näistä mikrobeista toimivat tehokkaimmin pH-alueella 5–7. Maitohapon tuotanto laskee pH:ta, joten prosessiin on lisättävä neutraalivaa ainetta ja/tai siitä on poistettava maitohappoa.

Säilöntäkokeissa (kuva 7) havaittiin höyrykuoritun porkkanan tuottavan runsaasti maitohappoa luontaisen maitohappokäymisen avulla, kun happosäilöntäainetta ei käytetty. Maitohapon tuotanto porkkanan sivuvirrasta vaatii kuitenkin prosessitekniisiä lisäselvityksiä. Ratkaisevaa on, missä mitta-kaavassa tuotanto on kannattavaa. Muiden sivuvirtojen, esimerkiksi perunan ja heran, käyttöä substraattina yhdessä porkkanan kanssa tulisi selvittää.



Kuva 7. Porkkanasivutuotteen säilöntäkoeksessa selvitettiin säilöntäaineiden vaikutusta käymistuotteiden muodostumiseen. Kuva: Marketta Rinne / Luke.

7. Ravinteiden kierto

Suomessa tuotettiin vuonna 2016 avomaalla vihanneksia yhteensä 177 miljoonaa kiloa. Tärkeimmät lajit olivat porkkana (73 milj. kg), muut juurekset (28 milj. kg), sipuli (26 milj. kg) ja valkokaali (19 milj. kg) (Luke, 2017).

Sivutuotteisiin päätyy huomattava osa kasvisten sisältämistä ravinteista. Esimerkiksi porkkana-sadon N- ja P-sisällöstä voi arvioida vähintään 40 % päätyvän sivutuotteisiin. Taulukossa 8 on esitetty laskelma porkkanan kokonaissadon N- ja P-sisällöstä ja tärkeimpiin sivutuotteisiin siirtyvistä ravinmääristä. Laskelmassa oletetaan varastointi- ja lajitteluhävikin olevan 20 % kokonaissadosta, kuorintaan menevän sadon osuuden olevan 25 % ja kuorinnassa syntyvän sivutuotemäärän olevan 40 % kuorintaan menevästä osuudesta.

Taulukko 8. Porkkanan kokonaistuotanto vuonna 2015(Luke 2017) sekä arvio tärkeimmistä sivutuotteista ja niiden mukana poistuvista typpi- ja fosforimääristä. Ravinnepitoisuudet on laskettu Salon (2000) julkaisussa esitettyjen ravinnesisältöjen perusteella (N 2,0 kg/1000 kg, P 0,3 kg/1000 kg, K 4,5 kg/1 000 kg).

Porkkanan tuotanto	Porkkanaa 1000 kg	N 1000 kg	P 1000 kg	K 1000 kg
Kokonaistuotanto	73 000	146	22	328
-josta varasto- ja lajitteluhävikki 20 %	14 600	29	4,4	66
-josta kuorinnassa poistuva määrä 40 %	7 300	15	2,2	33
Sivutuotteet yhteensä vähintään	21 900	44	6,6	99

Avomaan vihannesten kokonaistuotannon yhteenlaskettu typpisisältö on 270 t ja fosforisisältö 57 t vuodessa.

Taulukossa 9 on laskettu esimerkkinä maan ravinne- ja hiilimääriä erilaisten kasviskompostiläysien jälkeen. Esimerkkinä on käytetty turpeen kanssa rumpukompostoitua, ja sen jälkeen jälkikypsytettyä kompostia (Liite 1,1. rivi).

Taulukko 9. Kasviskompostista maahan tulevat ravinteiden määrät, kun kompostin määrä arvioidaan erilaisten levityspenusteiden mukaan. Levityspenusteet ovat kokonaistypen määrä 170 kg/ha, liukoisen typen määrä 30 kg/ha tai kokonaisfosforin määrä 10 kg/ha.

Levitysmäärä tai ravinteiden määrä	Levityspenuste		
	Kok-N 170 kg/ha	Liuk. N 30 kg/ha	Kok-P 10 kg/ha
Levitys t/ha	62	50	27
kok-N, kg/ha	170	136	74
Liuk-N, kg/ha	37	30	16
Kok-P, kg/ha	23	18	10
Kok-K, kg/ha	185	149	81
Hiili, kg/ha	4209	3377	1840
Kupari, kg/ha	0,08	0,06	0,04
Sinkki, kg/ha	0,31	0,25	0,14
Mangaani, kg/ha	0,99	0,79	0,43

8. Kustannusten arviointi

8.1. Kasvissivutuotteiden rehukäytön taloudellisuus

Kasvissivutuoterehujen taloudellisuutta voidaan arvioida vertaamalla niitä vastaaviin perinteisiin rehuihin. Rehuarvoltaan kasvissivutuotteita voidaan verrata esimerkiksi rehuviljaan, mutta usein se voi olla jonkun verran heikompi riippuen tuotteesta. Rehujen hinnat eivät ole vakioita, mutta esimerkiksi lokakuussa 2017 rehuviljan hinta oli noin 130 €/t. Jos rehuja verrataan pelkän kuiva-aineen perusteella, tulisi 10 % kuiva-ainetta sisältävän kasvissivutuotteen (esimerkiksi porkkanapohjainen) arvoksi noin 15 €/t ja 20 % kuiva-ainetta sisältävän tuotteen (esimerkiksi perunapohjainen) noin 30 €/t. Lisäksi on huomioitava märkien kasvissivutuotteiden kuljetus- ja varastointikustannukset, mahdolliset säilöntäainekustannukset sekä oletettava suurempi hävikki esimerkiksi pilaantuneiden erien ja erittyvän nesteen muodossa. Norjalaisessa tutkimuksessa selvitettiin peruna- ja porkkanasivutuotteiden säilöntää pyöröpaaleihin. Teknisesti se onnistui, mutta taloudelliset laskelmat eivät tukeneet menetelmän käyttöönottoa (Adler ym., 2017).

Rehun hinnan laskentaa on esitetty taulukoissa 10 ja 11.

Taulukko 10. Vertailurehun hinnan kuiva-ainetonta kohti voi laskea rehun hinnan (€/tonni) ja rehun kuiva-ainepitoisuuden perusteella seuraavasti.

Vertailurehun hinta/t	Vertailurehun kuiva-ainepitoisuus, %	Kaava	Vertailurehun hinta, €/t ka
X	Y	$X/(Y/100)$	
130 ¹	86	$130/(86/100)$	151

¹Esimerkkilaskelma, jossa vertailurehuna ohra, joka maksaa 130 €/tonni ja jonka kuiva-ainepitoisuus on 86 %.

Taulukko 11. Tarkasteltavan rehun hinnan tonnia kohti voi laskea seuraavasti, kun tunnetaan tarkasteltavan rehun kuiva-ainepitoisuus ja vertailurehun hinta euroina kuiva-ainetonta kohti (Y).

Tarkasteltavan rehun kuiva-ainepitoisuus, %	Kaava	Tarkasteltavan rehun hinta, €/t
X	$Y * (X/100)$	
10 ¹	$151 * (10/100)$	15
20	$151 * (20/100)$	30
50	$151 * (50/100)$	76

¹Esimerkkilaskelmat, jossa tarkasteltavan rehun kuiva-ainepitoisuus on 10, 20 ja 50 %.

Vertailurehujä voi valikoida ja niiden kuiva-ainepitoisuuksia arvioida mm. Rehutaulukoiden (Lutke, 2017) avulla. Rehujen hintatiedot on paras selvittää markkinoilta kyseisenä ajankohtana, sillä ne vaihtelevat. Esimerkiksi lokakuussa 2017 ohran hinta oli 130 €/t, härkäpavun 190 €/t ja soijarouheen 460 €/t.

8.2. Kompostoinnin kustannusten arviointi

Rumpukompostori

Rumpukompostoinnin kustannuksia on arvioitu seuraavasti (taulukko 12):

- viikossa kompostoidaan 6 m³ sivutuotetta → 300 m³ vuodessa
- tukiaineena käytetään 4 m³ turvetta viikossa
- lopputuotteen tilavuus (kasvis + tukiaine) ~ kasvissivutuotteen tilavuus.
- rumpukompostin ja kompostihallin käyttöajaksi on arvioitu 30 vuotta
- työmäärä viikossa 1 h traktori- ja 2 h trukkityötä

- traktori kuluttaa polttoainetta 10 l/h ja trukki 2 l/h, polttoaineen hinta 1 €/l = 14 €/viikko
- Levityskustannukset (kuivalanta) ja siirtoajon kustannukset Työtehoseuran julkaisusta (TTS, 2015)

Taulukko 12. Kasvissivutuotteiden kompostoinnin arvioidut kustannukset.

Kustannukset	Hinta	Hinta € / vuosi	Hinta € / m ³
Rumpukompostori	50 000 €, 30 vuotta	1 700	5,3
Käyttökulut	sähkö 0,08 €/kWh	52	0,17
Tukiaineet	turve 13 €/m ³	2 700	8,7
Työ	3 h/viikko a' 30 €/h	4 680	15
Polttoaine	14 l/viikko	728	2,3
Kompostointihalli	60 000 €, 30 vuotta	2 000	6,3
Levityskustannus	2,2-2,7 €/m ³	750	2,5
Siirtoajo, 1 km	0,4 €/m ³ /km	120	0,4
Yhteensä		12 730	40,7

Kompostoinnissa voidaan käyttää erilaisia tukiaineita. Tukiaineiden ominaisuuksia on käsitelty tämän ohjeen luvussa 5.1. Taulukossa 13 on esitetty hintoja eri tukiaineille. Hinnat voivat vaihdella tapauskohtaisesti, kuva 8.

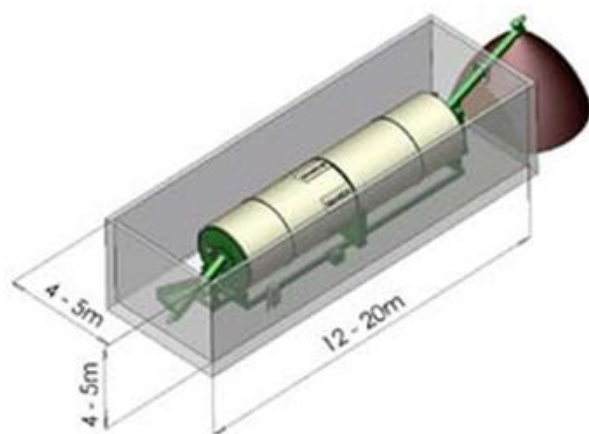
Taulukko 13. Kompostin tukiaineiden hintoja.

Tukiaine	Hinta €/m ³ tai €/t
Turve	12–16 €/m ³ /*
Ruokohelpi	56 €/m ³
Biohiili	100 €/m ³ , 200 €/t**
Kutterilastu	12 €/m ³
Pahvi	silppuamiskustannus
Havupuuhake	15 €/m ³

*sisältää rahdin 30 km

** tieto Biolan

Jos maanparannusaine tuoteistetaan ja myydään tilan ulkopuolelle, siitä saatava tulo pienentää kustannuksia. Esimerkiksi jos valmis maanparannusaine myydään hintaan 10 €/m³, sivutuotteiden käsittelykustannukseksi jää n. 30 €/m³.

**Kuva 8.** Rumpukompostori.

Pikakompostori

Green Good pikakompostorin laitekustannus on noin 200 000 € sivutuotemäärälle 1 500 kg/vrk (~2 m³/vrk ja ~520 m³ kasvissivutuotetta vuodessa). Laitetoimittajan arvio laitteen käyttöiälle on 25 vuotta. Seosainetta pikakompostorissa tarvitaan vähän, sillä kompostorissa on lämmitys ja sekoitus, jolloin nestettä poistuu tehokkaasti. Sähkönkulutus on noin 900 kWh/kk eli 850 € vuodessa. Työajaksi on arvioitu 2 h viikossa trukki- ja traktorityötä. Jälkikompostointi tehdään kompostointihallissa, mutta hallitilaa tarvitaan vähemmän kuin rumpukompostoinnissa (taulukko 14).

Taulukko 14. Pikakompostorilla kompostoinnin arvioidut kustannukset.

Kustannukset	Hinta	Hinta € / vuosi	Hinta € / m ³
Pikakompostori	200 000 €, 25 vuotta	8 000	15,4
Käyttökulut	sähkö900 kWh/vuosi 0,08 €/kWh	850	1,6
Tukiaineet	turve 13 €/m ³	-	-
Työ	3 h/viikko a' 30 €/h	4 680	8,1
Polttoaine	10 l/viikko	520	1
Kompostointihalli	60 000 €, 30 vuotta	1 300	2,6
Levityskustannus	2,2 - 2,5 €/m ³	250	2,5
Siirto ajo 1 km	0,4 €/m ³ /km	40	0,4
Yhteensä		14 080	28,7

Pikakompostoinnin jälkeen tarvitaan vielä jälkikompostointi. Tällä kompostorilla kasvissivutuotteen tilavuus (520 m³) pienenee huomattavasti, koska tukiainetta ei käytetä tai käytetään vain vähän. Lopputuotteen tilavuudeksi on arvioitu noin 100 m³.

Kavissivutuotteen käsittely biokaasulaitoksessa

Laskennassa on käytetty seuraavia tietoja:

- Työaikaa kuluu 2 h/viikko
- Kasviksen tilavuuspaino noin 800 kg/m³ → käsittely 48 €/m³
- Sivutuote säilytetään kylmäkontissa, josta kuljetus kerran viikossa
- Kylmäkontin käyttöikä 10 vuotta

Taulukko 15. Kuljetus ja käsittely kompostointi - tai biokaasulaitoksessa.

Kustannukset	Hinta €/vuosi	Hinta €/m ³
Käsittelymaksu 60 €/t + punnitus-maksu 12 €/kerta	15 600	50
tyhjennys 75 €/kerta, 1 kerta7viikko, kuljetus 30 km	3 900	13
työ 2 h/viikko x 30 €	3 120	10
Kylmäkontti 10 000 €	1 000	3,2
Yhteensä	23 920	76,2

Kompostoinnin kustannukset muodostuvat työ-, laite-, halli- sekä tukiainekustannuksista. Kompostointi on kustannustehokas sivutuotteiden käsittelymenetelmä. Näiden laskelmien perusteella pika- ja rumpukompostointi tulee yritykselle edullisemmaksi kuin sivutuotteiden kuljetus ja käsittely biokaasulaitoksessa.

9. Yhteenveto

Kasvisraaka-aineet tulee käsitellä tehokkaasti siten, että sivutuotteiden määrä jää mahdollisimman pieneksi ja erilaisista jakeista voidaan jalostaa elintarvikekäyttöön soveltuvia tuotteita. Eri yrityksille sopivat erilaiset sivutuotteiden hyödyntämiskäytännöt, sillä yritysten sijainti, sivutuotteen määrä ja laatu sekä erilaiset resurssit vaihtelevat paljon. Muodostuneet sivutuotteet käsitellään jätehierarkian mukaisesti eli puhtaat, rehuksi kelpaavat jakeet hyödynnetään tuotantoeläinten rehuna, viedään riistaeläimille tai hyödynnetään lemmikkieläinten ruokana. Maa-ainesta sisältävät jakeet soveltuvat maanparannusaineiksi.

Kasvissivutuotteita voidaan käsitellä monin tavoin, niitä voidaan fermentoida eli valmistaa rehua tai maitohappoa, kuivata, pelletöidä, valmistaa biohiiltä tai bioetanolia, mädättää tai kompostoida. Kehittyvä biojalostamatoiminta tuo uusia mahdollisuuksia sivutuotteiden hyödyntämiseen.

Tuoreet ja säilötyt kasvikset sopivat pääsääntöisesti hyvin märehtijöiden ruokintaan. Niitä voidaan tarjota sellaisenaan tai osana seosrehua. Rehuerien sisällyttäminen sikojen ja erityisesti siipikarjan ruokintaan on haastavampaa. Kasvissivutuotteita voidaan verrata rehuarvoltaan esimerkiksi rehuviljaan. Jos rehuja verrataan toisiinsa kuiva-aineen perusteella, tulisi 10 % kuiva-ainetta sisältävän kasvissivutuotteen (esimerkiksi porkkanapohjainen) arvoksi noin 15 €/t ja 20 % kuiva-ainetta sisältävän tuotteen (esimerkiksi perunapohjainen) noin 30 €/t.

Kasvissivutuotteista voidaan valmistaa myös hyvää maanparannusainetta. Kompostointi on sopiva menetelmä varsinkin silloin, jos sivutuotejakeiden seassa on maa-ainesta, sivutuotemäärät ovat pieniä ja kun maanparannusaine voidaan käyttää omalla tilalla. Sivutuotteiden kompostointi on myös kustannustehokas sivutuotteiden käsittelymenetelmä.

Sivutuotteisiin päätyy huomattava osa kasvisten sisältämistä ravinteista. Esimerkiksi porkkanasadon N- ja P-sisällöstä voi arvioida vähintään 40 % päätyvän sivutuotteisiin.

Viitteet

- Abdel-Rahman, M.A., Tashiro, Y., Sonomoto, K. 2013. Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. *Biotechnology Advances* 31: 877–902.
- Adler, S., Slizyte, R., Juvonen, R., Alakomi, H.-I., Rubasheusk, i V. & Ebbesvik, M., 2017. Ensilering av frasorterte poteter og gulrøtter - Fra tap til fôr med tilleggsverdi. NORSØK REPORT VOL. 2 / NR. 4 / 2017. 42 p.
- Biokaasulaskuri, https://portal.mtt.fi/images/sovellukset/biokaasu/biokaasulaskuri_ohjekirja.pdf
- CWC 1993. Composting Produce Waste and Wax Coated Cardboard: Pilot Study Results Using a Low Technology Approach, (No. CM-93-5)
- EPPO 2008. Guidelines for the management of plant health risks of biowaste of plant origin, EPPO Bulletin 38:4-9
- Fagernäs, L., Kuoppala, E., Ranta, J., Arpiainen, V., Tiilikkala, K., Kemppainen, R., Hagner, M., Setälä, H. 2014: Hidaspyrolyysituotteiden hyödyntäminen ja tuotannon kannattavuus, biohiili ja tisle – VTT, s: 52–59, 71.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U. 2011. Global food losses and food waste. FAO. Rome, Italy
- Hofvendahl, K, Hahn-Hägerdal, B. 2000. Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources. *Enzyme and Microbial Technology* 26: 87–107.
- IBI International Biochar Initiative 2015. The use of biochar in composting. http://www.biochar-international.org/sites/default/files/Compost_biochar_IBI_final.pdf
- Ikäläinen, H. 2016 Biomateriaaliensaataavuus- ja soveltuvuus selvitys maatilamittakaavan biokaasulaitokselle. Lahden ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120635/ikalainen_Henna.pdf?sequence=1
- Kangas, E., Vuori, N. 2017. Ihmeaine biohiili. Puutarha&kauppa 7.3.2017. <http://www.puutarhakauppa.fi/index.php/uusin-juttu/79-ihmeaine-biohiili>
- Kymäläinen, M., Pakarinen, O. 2016. Biokaasuteknologia – raaka-aineet. prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Hämeen ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>
- Lehtomäki, A., 2006. Biogas production from energy crops and crop residues. University of Jyväskylä, Department of Biological and Environmental Science. Finland.
- Luke 2017. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Saatavilla: www.luke.fi/rehutaulukot.
- Malińska K., Zabochincka-Swiatek M., Dach J. 2014: Effets of biochar amendment on ammonia emission during composting of sewage sludge – *Ecological Engineering* Vol. 71 s: 474–478.
- Pagans, E., Barrera, R., Font, X., Sanchez, A. 2006. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. *Chemosphere* Vol. 62, s: 1534 – 1542.
- Rasi S., Winquist E., Varho V., Kahala M., Järvenpää E., Virtanen Y., Joutsjoki V., Blasco L. (2016) Non-wood biomass as raw material in biorefinery processes. BEST Final Report, 62 p. www.bestfinalreport.fi ; and poster: <http://bestfinalreport.fi/files/Valorization%20of%20non-wood%20biomass%20-%20case%20studies%20with%20food%20industry%20side%20streams%20and%20municipal%20food%20waste.pdf>
- Rinne, M., Jalava, T., Siljander-Rasi, H., Kuoppala, K., Blasco, L., Kahala, M. & Järvenpää, E. 2017. Improving the usability of carrot by-products as animal feeds by ensiling. Nordic Feed Science Conference 13-14 June 2017. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management. Report 296. pp. 163-168. Available at: <http://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/nfsc/nfsc-2017-proceedings.pdf>
- Roney, D.L., Lang, C.E. 2003. Process and apparatus for producing fiber product with high water-binding capacity and food product made therefrom. Patentti US 6,645,546 B2
- Salo, T. 2000. Ravinnetaseilla tarkkuutta lannoitukseen. Puutarha&kauppa 19B: p. 20.

- Schaub, S.M., Leonard, J.J. 1996. Composting: An alternative waste management option for food processing industries. *Trends in Food Science & Technology* 7, 263–268.
- Strand, T. 2011. Biohiilen tekeminen jätemateriaalista maanparannuskäyttöön. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- Steiner, C., Das, K.C., Melear, N., Lakly, D. 2010: Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar –*Journal of Environmental Quality* Vol. 39, s: 1236–1242.
- Tontti, T., Kapuinen, P., Ojajarvi, J., Joki-Tokola, E., Laurila, M., Ikkäläinen, T., Kekkonen, J., Veijalainen, A-M. 2015. Orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointi, levittäminen ja annostelu. Käytännöllisiä ohjeita LeviLogi-hankkeesta. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 46/2015. http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/518969/luke-luobio_46_2015.pdf?sequence=1
- TTS 2015. Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat. TTS:n tiedote 3. <http://www.tts-nyt.fi/images/julkaisut/tiedostot/mati661.pdf>
- Vandecasteele, B., Mondini, C., D’hose, T., Russo, S., Sinicco, T., Quero, Alba A. 2011: Effect of biochar amendment during composting and compost storage on greenhouse gas emissions, N losses and P availability. http://www.ramiran.net/doc13/Proceeding_2013/documents/S8.33.pdf
- VTT 2014: Hidaspyrolyysituotteiden hyödyntäminen ja tuotannon kannattavuus, biohiili ja tisle, s: 1–59.
- Wilkinson, J. M. & Rinne, M. 2017. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science* 73: 40–52.
- WRAP 2007. Composting Wood or Cardboard Waste with Green Garden or Household Kitchen Waste. http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Feasibility_of_Composting_Wood_and_Card_-_Guidance_Document.3946.pdf
- Välimaa, A-L., Tuunainen, P., Siljander-Rasi, H., Virtanen, E. 2017. Rehua perunan käsittelyssä ja juustonvalmistuksessa syntyvistä sivujakeista. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 29/2017. 43 p. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/539033/lukeluobio_29_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Liitteet

Liite 1. Kompostien ravinnesisältöjä

Taulukko 1. Valmiiden kompostien ravinnesisältöjä (SivuHyöty-hanke).

Kompostin seossuhteet (tilavuus-%)	Kuiva-aine %	K kg/t tuoretta	P kg/t tuoretta	N kg/t tuoretta	C kg/t tuoretta	C/N
50 % kasvis + 50 % turve	21,4	3,0	0,43	2,80	70,19	25
50 % kasvis + 25 % turve + 25 % hepi	14,6	3,5	0,44	3,20	61,76	19
40 % kasvis + 40 % turve + 20 % helpi + biohiili	17,1	4,0	0,57	4,00	73,19	18
kasvis + turve + biohiili	18,3	3,2	0,33	3,00	84,91	28
kasvis + turve + pahvi	20,5	4,10	0,59	4,30	93,48	22

Liite 2. Vaatimuksia maanparannuskompostin tuoteseloste

Maanparannuskomposti

Valmistusmenetelmä ja siihen liittyvät vaatimukset:

Kompostoimalla tai mädättämällä ja riittävästi jälkikompostoimalla kasvisivutuotteesta, elintarviketeollisuuden sivutuotteesta tms. aineksesta valmistettu tuote. Käyttörajoitukset MMM 24/11, 12/12 ja 7/13 mukaisesti.

Ravinteiden ja muiden ominaisuuksien vähimmäispitoisuus

Orgaanisen aineksen määrä (hehkutushäviö) 25 % kuiva-aineesta.

Kypsyyden arviointikriteerit

Juurenpituusindeksi yli 80 %

NO₃-N/NH₄-N suhde yli 1

CO₂ tuotto alle 3 mg CO₂-C/g VS/vrk

Tuoteselosteessa ilmoitettavat tiedot

Tyyppinimi

Kauppanimi, vapaaehtoinen

Valmistajan nimi yhteystietoineen

Laitoshyväksyntänumero

tilavuuspaino

käyttöohjeet ja käytönrajoitteet

Kok N, vesiliukoinen N, typen eri muodot voidaan ilmoittaa

Kok P, vesiliukoinen P

Kok K

pH, johtokyky, kosteus, orgaaninen aines

kationinvaihtokapasiteetti voidaan ilmoittaa

haitallisten metallien pitoisuudet

raaka-aineet

Linkki tuoteselosteohjeeseen https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/lomakkeet-ja-ohjeet/kasvit/lannoitevalmisteet/lomakkeet/ohjeet/12507_03_maanparannuskompostin_tuoteselosteen_laatimisohje.pdf

Liite 3. Lannoitevalmisteiden haitalliset aineet

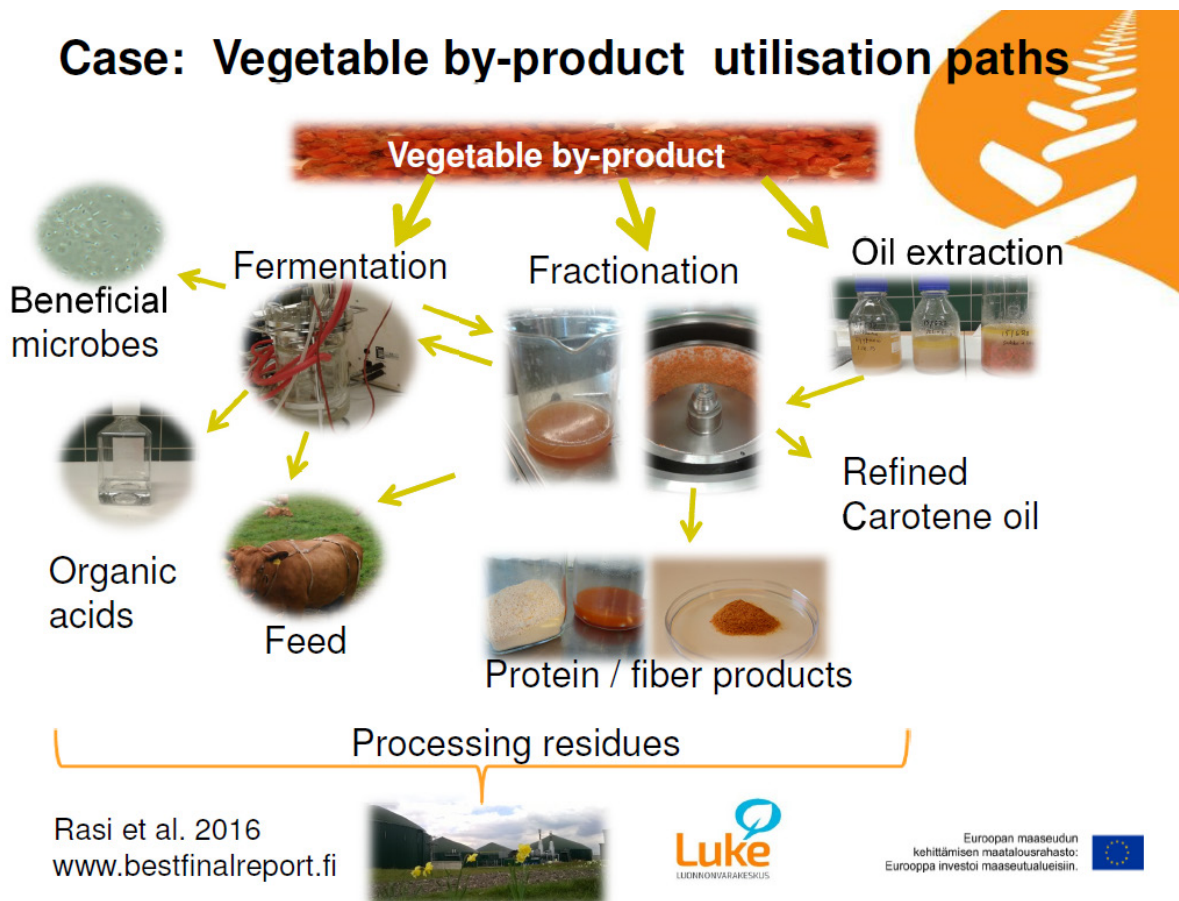
MMM asetus lannoitevalmisteista 24/11

Taulukko 1. Haitalliset metallit ja niiden enimmäispitoisuudet mg/kg kuiva-ainetta kohden.

Metalli	mg/kg
Elohopea (Hg)	1,0
Kadmium (Cd)	1,5
Arseeni (As)	25
Nikkeli (Ni)	100
Lyijy (Pb)	100
Kupari (Cu)	600 ¹⁾
Sinkki (Zn)	1500 ¹⁾
Kromi	300

Liite 4. Porkkanakuidun valmistaminen on yksi jalostusvaihtoehto porkkanasivuvirralla

Monivaiheinen porkkanan kuidun jalostusprosessi erityisravintovalmisteisiin (Patentti: Roney & Lang, 2003) on yksi vaihtoehto porkkanasivuvirran hyötykäytölle. Tällainen erikoiskuitu sitoo painoonsa nähden jopa 10–15 kertaisen määrän vettä. Puhdistamattoman tai osittain puhdistetun kuidun vedensidonta on tätä alhaisempi, mutta kuitenkin merkittävä, luontainen ominaisuus. Kuitujakeeseen jää myös muita yhdisteitä, kuten alla olevasta kuvasta voidaan nähdä – erotetuissa ja kuivatuissa kuitujakeissa on mukana oranssit karotenoidit. Verrattuna edellä mainittuun patenttiin, osittain puhdistetun kuidun prosessi on yksinkertaisempi, se käyttää vähemmän vettä ja energiaa tuotettua yksikköä kohden, mutta silti se saattaa olla soveltuva monenlaiseen käyttöön. Porkkanasivuvirran materiaalien ja ravinteiden hyödyntämisessä on monenlaisia vaihtoehtoisia reittejä, joista potentiaalisia on kuvattu aiemmassa BEST-hankkeessa (Rasi ym., 2016). BEST-hankkeessa luotu kaavio on sittemmin esitetty oheisessa muodossa HAMK:n, Luken ja ProAgria ÖSL:n hankkeen ”Puutarhatuotannon uusi kiertotalous – Arvobio” esittelytilaisuudessa (2017).





luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000