

SeAMK

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mädätysjäätännöspotentiaali Etelä-Pohjanmaalla

Turvevapaa ruokaketju -hankkeen selvitysraportti

Johanna Kivioja, Roosa Rantalainen, Terhi Korpi, Jasmine Laitila, Elina Iivari, Samu Palander



Tämä selvitysraportti on laadittu osana Turvevapaa ruokaketju -hanketta. Hanke on Euroopan unionin osarahoittama. Julkaisu on osa SeAMKin Luonnonvara ja biotalous TKI-ryhmän sekä Kestävän ja vastuullisen ruoantuotannon tutkimusryhmän toimintaa.

Viittausohje:

Kivioja, J., Rantalainen, R., Korpi, T., Laitila, J., Iivari, E., & Palander, S. (2025). *Mädätysjäännöspotentiaali Etelä-Pohjanmaalla: Turvevapaa ruokaketju -hankkeen selvitysraportti*. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202502049521>

ISBN: 978-952-7515-62-4

Tekijänoikeudet: Tekijät ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Lisenssi: CC BY-SA

Julkaisija: Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Julkaisuvuosi: 2025

Kannen kuva: Raisa Leppänen

TIIVISTELMÄ

Tekijät: Johanna Kivioja, Roosa Rantalainen, Terhi Korpi, Jasmine Laitila, Elina Iivari, Samu Palander

Työn nimi: Mädätysjäännöspotentiaali Etelä-Pohjanmaalla: Turvevapaa ruokaketju -hankkeen selvitysraportti

Vuosi: 2025

Sivumäärä: 43

Liitteiden lukumäärä: 1

Energiaturpeen käytön voimakas vähentyminen on aiheuttanut haasteita kuivike- ja kasvuturpeen saatavuuteen ja hintaan. Biokaasulaitosten toiminnan sivuvirtana syntyvää mädätysjäännöstä on jo aiemmin pohdittu yhtenä vaihtoehtoisena materiaalina kuivike- ja kasvualustakäytössä. Tämän selvitysraportin tavoitteena oli kartoittaa mädätysjäännöksen tuotanto- ja käyttöpotentiaalia Etelä-Pohjanmaalla kuivike- ja kasvualustamateriaalina.

Mädätysjäännöksen käyttöä ja siihen liittyviä riskejä sekä näkökulmia kuivike- ja kasvualustamateriaalina selvitettiin lähdekirjallisuuden avulla. Kirjallisuuskatsauksessa löydettiin lainsäädännöllisiä rajoituksia, riskejä ja materiaaliominaisuuksiin liittyviä seikkoja, jotka vaikuttavat mädätysjäännöksen käyttöön kuivike- ja kasvualustakäytössä. Suurimmat riskit liittyvät mädätysjäännöksen puhtauteen ja happamuuteen. Lisäksi mädätysjäännöksen ravinneominaisuuksien mahdollinen vaihtelu tuotantoerien välillä voi vaikuttaa viljelytuloksiin ja näin ollen vaikeuttaa sen käyttöönottoa kasvualustakäytössä. Parhaimmat tulokset mädätysjäännöksen kasvualustakäytössä on aiemmissa tutkimuksissa saatu käyttäen mädätysjäännöstä osana materiaaliseosta.

Etelä-Pohjanmaan ja sen lähialueen biokaasulaitustoimijoille laadittiin kysely, joka toteutettiin osaksi puhelinhaastatteluna ja osaksi suoraan Webropol-kyselytyökalun kautta. Kyselyssä kartoitettiin Etelä-Pohjanmaan alueen nykyisten ja rakenteilla olevien biokaasulaitosten mädätysjäännöksen määriä ja arvioita sen rahallisesta arvosta. Lisäksi haluttiin selvittää, ovatko alueen nykyiset toimijat halukkaita myymään laitoksilla syntyvää mädätysjäännöstä sellaisenaan jatkojalostukseen tai valmiiksi jatkojalostettuna, joko oman käytön ohella tai sen sijaan. Kyselyyn vastasi 11 toimijaa. Saadut vastaukset analysoitiin ja koostettiin selvitykseen.

Kyselyn tulosten perusteella selvisi, että alueella on potentiaalia suuremmillekin mädätysjäännösmateriaalivirroille. Näin ollen mädätysjäännös voisi olla potentiaalinen vaihtoehto kasvualusta- ja kuiviketuotteiden materiaaliksi, mikäli jalostus ja materiaalin kuljetus on kannattavaa kaikille toimijoille. Mädätysjäännöksen rahallisen arvon ja lannoituskäytön vaihtoehtoiskustannusten selvittämiseksi tarvitaan kuitenkin lisätutkimusta ennen kuin kannattavuudesta voidaan tehdä varmoja johtopäätöksiä.

Avainsanat: mädätysjäännös, kasvualustamateriaali, kuivikemateriaali, biokaasulaitos, Etelä-Pohjanmaa

ABSTRACT

Authors: Johanna Kivioja, Roosa Rantalainen, Terhi Korpi, Jasmine Laitila, Elina Iivari, Samu Palander

Title: Digestion residue potential in Southern Ostrobothnia: Report of the Peat-free Food Chain project

Year: 2025

Number of pages: 43

Number of appendices: 1

The sharp decline in the use of energy peat has posed challenges to the availability and pricing of bedding and growth peat. Biogas digestate has already been considered as an alternative material in bedding and growing medium use. The aim of this report was to chart the potential of production and usage of biogas digestate in South Ostrobothnia as bedding and growing medium material.

The use and associated risks and perspectives of biogas digestate as bedding and growing medium were examined through literature. The review found legislative limitations, risks, and material properties that affect the use of digestate in bedding and growing medium use. The main risks are associated with the purity and acidity of the digestate. Furthermore, a possible variation in the nutrient properties of digestate between production batches may influence the results of cultivation and thus make it difficult to introduce to growing medium use. Best results for digestate in growing media use have been obtained with digestate being a part of a mix of different materials.

A survey was prepared for biogas plant administrators in South Ostrobothnia and the surrounding area. It was conducted partly as a telephone interview and partly directly through the Webropol questionnaire tool. The survey charted the volumes of digestate in the existing and under construction biogas plants in the South Ostrobothnia region as well as estimates of its monetary value. The aim was also to find out current actors' willingness to sell their digestate either as such for further processing or as pre-processed, either in addition to or instead of their own use. The survey was answered by eleven participants, and their responses were analyzed and compiled as a part of this study.

The survey showed that the area has potential for significant digestate streams. Therefore, if processing and logistics are profitable for all parties involved, digestate could very well be a potential material for growing medium and bedding products. However, before a definitive answer on the profitability can be made, further research is needed on the monetary value of digestate as well as the opportunity cost of using digestate in fertilization.

Keywords: digestate, growing medium material, bedding material, biogas plant, South Ostrobothnia

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLTÖ	5
Kuvio- ja taulukkoluetelo	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Turvevapaa ruokaketju -hanke	8
1.2 Taustaa hankkeelle	9
1.3 Hankkeen tavoitteet.....	9
2 TURVE	10
2.1 Historia	12
2.2 Taloudellinen näkökulma.....	13
2.3 Turpeen korvaajien vaatimukset kasvualustakäytössä.....	14
2.4 Turpeen korvaajien vaatimukset kuivikekäytössä.....	16
3 MÄDÄTYSPROSESSI	18
3.1 Kuivamädätys.....	19
3.2 Märkämädätys.....	19
4 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN KÄYTTÖ ALKUTUOTANNOSSA	22
4.1 Mädätysjäännöksen taloudellinen merkitys alkutuotannossa	22
4.2 Käyttöön liittyvät riskit.....	22
4.2.1 Riskit, kun syötteenä on lanta	24
4.2.2 Riskit, kun syötteenä on puhdas kasvibiomassa	25
4.2.3 Muihin syötteisiin liittyvät riskit	26
5 BIOKAASULAITOSTEN NYKYTILA ETELÄ-POHJANMAALLA.....	27
5.1 Kartoitus	27
5.2 Määrä ja varastokapasiteetti	28
5.3 Mädätysjäännöksen tämän hetken käyttökohteet ja sen arvioitu rahallinen arvo ..	30
5.4 Mädätysjäännöksen prosessointi ja jatkojalostus	31
5.5 Kiinnostus edelleen jalostamiseen tai myyntiin tilan ulkopuolelle	31

5.6 Kyselyn tulosten tarkastelu.....	32
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	35
LÄHTEET	37
LIITTEET.....	44

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Turpeen materiaalivirrat Suomessa vuosina 2010–2023.	11
Kuvio 2. Turpeen vienti ulkomaille vuosina 2002–2023.	13
Kuvio 3. Yksinkertaistettu märkämädätysprosessia hyödyntävä biokaasulaitos.	20
Kuvio 4. Mädätysjäännöksen muodostuminen kyselyyn vastanneilla, tuotannossa olevilla laitoksilla.	29
Kuvio 5. Mädätysjäännöksen muodostuminen kyselyyn vastanneilla laitoksilla, kun myös valmistumattomat laitokset on huomioitu.....	29
Kuvio 6. Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi (2015=100).	34
Taulukko 1. Haitallisten aineiden sallitut enimmäispitoisuudet kasvualustoissa	14
Taulukko 2. Patogeenien sallitut enimmäismäärät kasvualustoissa.	15
Taulukko 3. Epäpuhtauksien sallitut enimmäismäärät kasvualustoissa käytettävässä kompostissa, mädätteessä ja käsitellyssä jätevesilietteessä	15

1 JOHDANTO

Turpeen käyttö kuivike- ja kasvualustakäytössä on energiapolitiikan muutosten myötä kohtaamassa haasteita saatavuuden ja hinnannousun muodossa. Turvevapaa ruokaketju -hankkeessa tarkastellaan yhtenä potentiaalisena turvetta korvaavana materiaalina muun muassa biokaasulaitosten mädätysjäännöstä. Selvityksen kohdealueena on erityisesti Etelä-Pohjanmaa, mutta selvityksen tuloksia ja johtopäätöksiä voidaan hyödyntää koko Suomessa.

Biokaasulaitokset tarjoavat maataloille ja suuremmille alueellisille toimijoille mahdollisuuksia parantaa kannattavuutta, edistää ravinteiden kiertoa tilan ja alueen sisällä sekä vahvistaa huoltovarmuutta. Biokaasu mahdollistaa paikallisen ja hajautetun energiantuotannon ja jakelun, mikä osaltaan tuo myös huoltovarmuutta.

Biokaasulaitokset yleistyvät Suomessa niin maataloilla kuin muiden toimijoiden johdolla. Puutteellinen liikennebiokaasun jakeluinfra ja ajoneuvojen kaasukäytön kehittymättömyys hidastavat vielä biokaasun laajamittaista hyödyntämistä. Paikallisena sähkön ja lämmön energialähteenä biokaasulla on kuitenkin merkittävä sija jo nyt.

Biokaasulaitoksista on tähän mennessä keskitytty tutkimaan syötteiden hiilen ja typen suhdetta sekä kaasuntuottoa. Prosessissa sivuvirtana syntyvää mädätysjäännöstä on tutkittu vähemmän, ja pääosin sitä on hyödynnetty peltovetykseen lisäravinteita tuomaan. Mädätysjäännöksen varastointi ja logistiikka on oma kustannuseränsä, joten laitoksen sijainti määrittää mädätysjäännöksen kustannustehokkaan käyttöalueen.

Kotieläintiloilla on käytetty jonkin verran separoitua lantaa kuivikkeena. Joillakin maataloilla myös separoitu lantaperäinen mädätysjäännös toimii oman tilan kuivikkeena. Aiempaa tutkimustietoa mädätysjäännöksen käytöstä kuivike- ja kasvualustakäytössä on kuitenkin vain vähän. Tässä selvityksessä tarkastellaan alueen nykyisten ja rakenteilla olevien biokaasulaitosten mädätysjäännöksen määrää ja arvoa. Lisäksi käsitellään yleisiä kasvualusta- ja kuivikemateriaalien vaatimuksia ja lainsäädäntöä sekä mädätysjäännöksen mahdollisia riskejä näissä käyttötarkoituksissa. Turvevapaa ruokaketju -hankkeessa tutkitaan lisäksi käytännön kenttäkokeilla myös mädätysjäännöksen käyttöä kuivike- ja kasvualustakäytössä.

1.1 Turvevapaa ruokaketju -hanke

Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Järviseudun Koulutus kuntayhtymä sekä Luonnonvarakeskus toteuttavat Turvevapaa ruokaketju -hanketta ajalla 1.1.2024–30.6.2026. Euroopan unionin osarahoittamassa hankkeessa tutkitaan turpeen roolia

ruokajärjestelmässä, etsitään biopohjaisia vaihtoehtoja turpeelle ja selvitetään menetelmiä tuottaa turvetta korvaavia materiaaleja.

1.2 Taustaa hankkeelle

Turvetuotannon alasajo vaikuttaa merkittävästi Etelä-Pohjanmaan ruokaketjuun: alueella on runsaasti turvemaata ja koko Suomen mittakaavassa runsaimmin kotieläintaloutta. Eläinten kuivittaminen nojaa vahvasti turpeen käyttöön erityisesti nauta-, broileri- ja hevostiloilla. Kasvuturvetta puolestaan käytetään kasvualustana kasvihuoneissa. Turpeen hinta ja hyvät ominaisuudet ovat tehneet siitä tärkeän kuivike- ja kasvualustamateriaalin. Korvaavia kotimaisia vaihtoehtoja turpeelle on vielä niukasti saatavilla, mikä tulee vaikuttamaan elintarviketuotannon kustannuksiin ja kannattavuuteen. Ruokaketju ei voi enää varauksettomasti luottaa turpeeseen perustuviin materiaaleihin. Tämä luo painetta löytää korvaavia vaihtoehtoja.

1.3 Hankkeen tavoitteet

Turvevapaa ruokaketju -hankkeen tavoitteena on löytää kotimaisia vaihtoehtoja kuivike- ja kasvualustamateriaaleiksi turpeen tilalle. Tämä mahdollistaisi ympäristöystävällisen, turvallisen ja kustannustehokkaan kotieläin- ja kasvihuonetuotannon tulevaisuudessa. Hankkeessa selvitetään myös, voiko turvetuotannosta vapautuneilla alueilla viljellä kestävillä menetelmillä kasveja, jotka soveltuvat kuivikekäyttöön, kasvualustoiksi tai eristemateriaaleiksi. Uusien turvetta korvaavien materiaalien tulisi soveltua käytön jälkeen myös pelloilla hyödynnettäväksi ravinteiden kierrätyksessä ja maanparannusaineena.

Hankkeessa testataan ja arvioidaan turvetta korvaavien vaihtoehtojen käytännöllinen, taloudellinen ja ympäristövaikuttavuus sekä sovellettavuus paikallisissa olosuhteissa. Tavoitteena on luoda turvevapaa ruokaketju -liiketoimintaekosysteemimalli Etelä-Pohjanmaalle ja tuottaa hyviä työkaluja sen onnistumiselle. Yhtenä hankkeen toimenpiteistä oli tehdä selvitys Etelä-Pohjanmaan alueen mädätysjäännöspotentiaalista.

Hankkeen toimet tukevat kestäväää maataloutta ja elintarviketuotantoa. Turpeen käytön vähentäminen ja vaihtoehtoisten materiaalien kehittäminen edistävät koko suomalaisen ruokaketjun kestävyyttä ja kilpailukykyä.

2 TURVE

Suon turvekerrostumat jaetaan pinta-, väli- ja pohjaturpeisiin käyttöominaisuuksien perusteella (Virtanen ym., 2003, s. 99). Pintaturvetta käytetään ensisijaisesti kasvualustoissa, ja pohjaturve menee energiakäyttöön. Väliturpeella on laajat käyttömahdollisuudet, ja sitä käytetään ympäristöturpeiden lisäksi toisinaan myös energiaturpeena.

Vielä 2000-luvun loppupuolella Suomessa tuotettiin turvetta yhteensä noin 40 miljoonaa kuutiota vuodessa, mutta siitä vain noin 10 % meni ympäristöturpeiksi, johon myös kasvialustakäyttö sisältyy (Iivonen, 2008, s. 20). Energiaturpeen käyttö Suomessa on kuitenkin laskenut vuosituhaten alusta.

Suomen tilastokeskus on tilastoinut polttoaineiden kulutusta sähkön ja lämmön tuotannossa 2000-luvulla ilmoittaen kokonaismäärän terajouleina (Tilastokeskus, i.a.-c). Terawattitunneiksi käännettynä (1 TJ = 0,000278 TWh) vuosina 2000–2009 turvetta käytettiin sähkön ja lämmön tuotannossa keskimäärin 23,2 terawattitunnin edestä. Huippuvuonna 2007 turpeella tuotettiin jopa 27,9 TWh energiaa. Vuosina 2010–2019 turpeen energiatuotanto oli enää keskimäärin 17,4 TWh suuruinen, ja 2020-luvulla turpeella on tuotettu energiaa keskimäärin 9,5 terawattituntia. Vuoden 2023 turve-energiamäärä oli 6,7 terawattituntia, eli noin kolmannes 2000-luvun huippuvuoteen verrattuna.

Suomen tilastokeskus ylläpitää myös Suomen luonnosta käyttöön otettuja materiaalivirtoja kuvaavaa tilastoa Materiaalivilin-pito-nimellä. Tilastosta löytyvät arvot turpeen osalta on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Turpeen materiaalivirrat Suomessa vuosina 2010–2023 (Tilastokeskus, i.a.-b).

Turpeen energiaturvekäytön lisäksi myös turpeen käyttöönotto ylipäätään on viime vuosina vähentynyt rajusti: kun vuosina 2010–2019 turvetta otettiin käyttöön keskimäärin 5,6 megatonnia vuosittain, on 2020-luvulla käyttöönotto ollut vain noin 2,0 megatonnia (Tilastokeskus, i.a.-b).

Kuutiomäärissä mitattuna kasvu- ja ympäristöturpeen tuotto ylitti energiaturpeen tuotannon vuonna 2021 (Kaariaho & Pirtonen, 2022). Bioenergia ry on arvioinut vuonna 2022 turvetta tuotetun yhteensä 6,6 miljoonaa kuutiota, josta 46 % olisi käytetty kasvu- ja kuiviketurpeena (Salo, 2023).

Globaalisti tarkasteltuna turvetta käytetään kasvualustana noin 40 miljoonaa kuutiota vuodessa, ja Euroopassa käytetyistä kasvualustamateriaaleista turpeen osuus on noin 75 % (Blok ym., 2021). Turpeen kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet ovat erityisen suotuisat kasvualustakäyttöön sen rakenneominaisuuksien, alhaisen pH:n ja mikrobiologisen aktiivisuuden vuoksi (Iivonen, 2008, s. 15). Kasvuturve on lisäksi puhdas, turvallinen materiaali kasvualustakäytössä, sillä sen seassa ei ole viljelykasveille haitallisia rikkaruohojen siemeniä, tauteja tai tuholaisia.

Luonnonvarakeskuksen vuonna 2023 julkaistussa selvityksessä kuiviketurpeen vuosittaisen käyttömäärän arvioitiin olleen Suomessa noin 0,6–1,3 miljoonaa kuutiota (Manni ym., 2023, s. 25–27). Eläintuotannossa sitä käytetään eläinten hyvinvoinnin ja

terveyden sekä puhtauden turvaamiseksi. Kuiviketurve on kuohkeaa ja lämpöä eristävää, ja sillä on erinomainen nesteen ja ammoniakkin sidontakyky. Luontainen happamuus tukee antibakteerisuutta, ja ammoniakkin sidonta vähentää eläinten lannasta vapautuvien päästöjen määrää sekä parantaa eläintuotantotilojen sisäilmaa ja vähentää ravinnehävikkiä maatalaekosysteemin kierrosta. Määrällisesti eniten kuiviketurvetta käytetään lihanauta- ja hevostiloilla. Kuivikkeen merkitys eläinten terveydelle ja hyvinvoinnille korostuu erityisesti broilerituotannossa, jossa eläintiheys on korkea ja eläimet nopean aineenvaihduntansa ja geneettisen samankaltaisuutensa vuoksi jossain määrin herkkiä. Mannin selvityksen yhteydessä Siipikarjaliiton toiminnanjohtaja on arvioinut, että noin 90 % broileritiloista käyttää pelkkää turvetta kuivikkeena, ja turpeen antibakteeriset ominaisuudet ovat vähentäneet merkittävästi tulehduksia. Tämä luo haastetta löytää turvetta korvaavaa materiaalia.

2.1 Historia

Suomen pinta-alasta noin 9,3 miljoonaa hehtaaria eli noin 24 % on suota (Leinonen, 2010, s. 10). Tästä noin 1 % on käytössä turvetuotantoalueina, ja noin puolet näistä sijaitsee Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla (Soimakallio ym., 2020, s. 19).

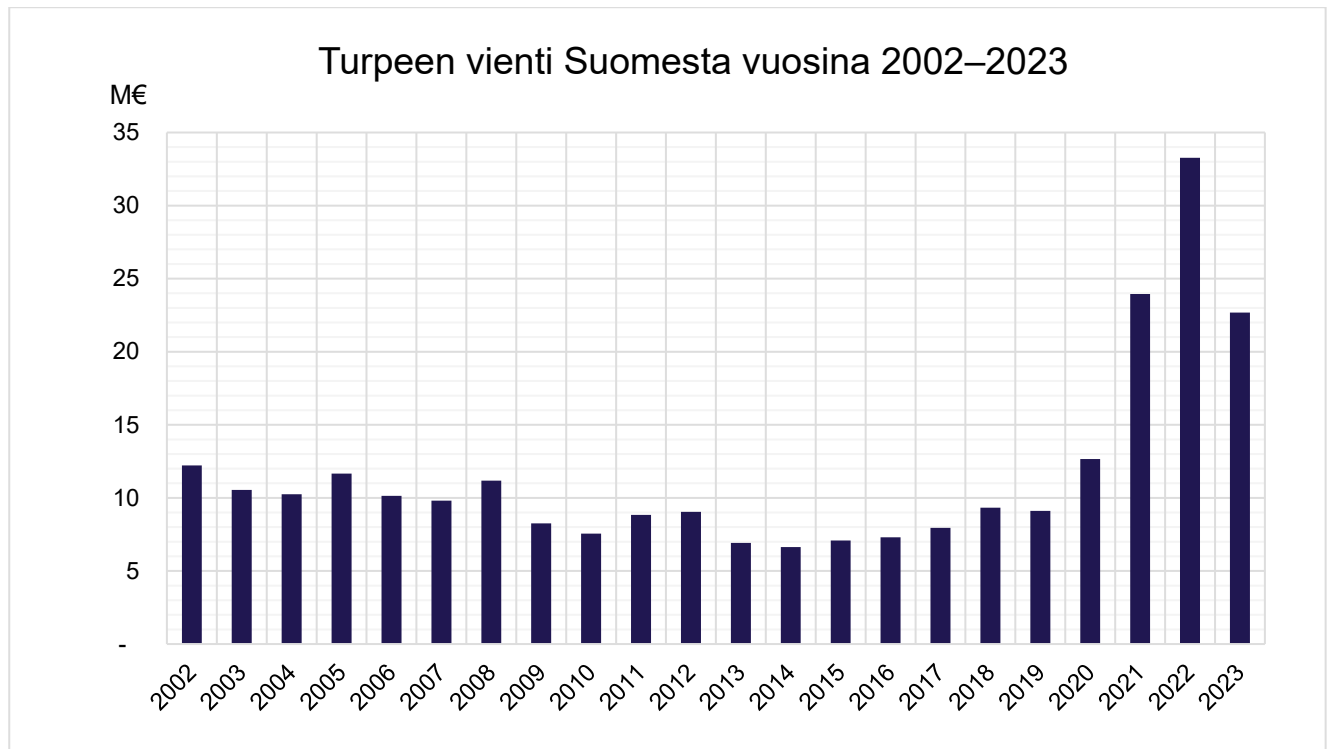
Ensimmäiset suot ovat kehittyneet yli 10 000 vuotta sitten jääkauden jälkeen, kun jäiden sullettua alkoi maiden soistuminen (Bioenergia, i.a.). Tämä on geologinen itseään voimistava prosessi, jota ylläpitävät Suomessa otolliset ilmasto-olosuhteet.

Turpeen nosto energiatuotantoon alkoi 1800-luvun puolivälin tuntumassa, ja se alkoi lisääntyä merkittävästi 1900-luvulla (Vesala ym., 2010, s. 16). Turvetta käytettiin energiatuotannon lisäksi muun muassa lämpöeristykseen ja käymäläkuivikkeena. Toisen maailmansodan aikana sekä 1970-luvun alun öljykriisin myötä turpeen rooli energiatuotannon huoltovarmuudessa korostui (Leinonen, 2010, s. 12–13). 2000-luvulla tuotantomäärät ovat vaihdelleet muun muassa sääolosuhteiden ja energiaturpeen kilpailukyvyn mukaan verrattuna muihin polttoaineisiin.

Myös tarve ympäristöturpeiden käytölle kasvoi toisen maailmansodan jälkeen (Puustjärvi, 1973, s. 13). Ympäristöturpeiden käyttö oli vielä 2000-luvun alussa nousussa, ja esimerkiksi vuonna 2008 ympäristöturpeita käytettiin Suomessa noin 4,5 miljoonaa kuutiota (Soimakallio ym., 2020, s. 44–46). 2010-luvulla tuotanto vaihteli noin 1 ja 2,5 miljoonan kuution välillä.

2.2 Taloudellinen näkökulma

Suomea pidetään yhtenä tärkeimmistä tuottaja- ja vientimaista kasviturpeen osalta, ja noin kymmenesosa Euroopassa käytetystä kasviturpeesta on arvioitu tuotetun Suomessa (Leinonen, 2010, s. 30). Turpeen viennin arvo vuosina 2002–2023 on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Turpeen vienti ulkomaille vuosina 2002–2023 (Tulli, i.a.).

Vuosina 2002–2009 turpeen viennin arvo oli keskimäärin 10,5 miljoonaa euroa, ja 2010-luvulla noin 8,0 miljoonaa euroa (Tulli, i.a.). Turpeen viennin arvo on kuitenkin noussut selkeästi 2020-luvulla, ja on vuosina 2020–2023 ollut keskimäärin noin 23,1 miljoonaa euroa. Huippuvuonna 2022 turpeen viennin arvo, 33,3 miljoonaa euroa, oli jopa viisinkertainen vuoteen 2014 verrattuna (6,6 miljoonaa euroa), jolloin turpeen viennin arvo oli 2000-lukua tarkasteltaessa pienimmillään.

Etelä-Pohjanmaalla turvetuotantoa harjoittaa noin 150 turveyrittäjää 14 000 hehtaarin alueella, ja turvealan työllisyysvaikutus on Etelä-Pohjanmaalla Suomen maakunnista suurin (Korhonen ym., 2021, s. 52). Energiaturpeen käytön ennustettu väheneminen tarkoittaa satojen työpaikkojen häviämistä maakunnassa.

Suomen soiden arvo nykyisellään perustuu energiaturpeen myyntiin (Korhonen ym., 2021, s. 59). Ympäristöturpeen taloudellinen kannattavuus perustuu siihen, että sitä tuotetaan energiaturpeen korjaamisen yhteydessä. Työ- ja elinkeinoministeriön turveryhmän

loppuraportissa todetaan, että energiaturpeen käytöstä luopumisen seurauksena pelkän pintakerroksen korjuu olisi taloudellisesti kannattamatonta. Tämän seurauksena kuivike- ja kasvualustakäytössä käytettävän vaalean turpeen hinta tulisi jopa kaksinkertaistumaan.

Turpeen energiakäytön alasajon seurauksena Etelä-Pohjanmaalla tulee siis vapautumaan runsaasti aiemmin arvokkaana pidettyä turvemaata samalla kun turpeen noston työllisyysvaikutus heikkenee. Tällä tulee olemaan taloudellisia vaikutuksia niin Etelä-Pohjanmaalla kuin koko Suomessa. Mikäli ympäristöturpeen nostosta ei saada kannattavaa liiketoimintaa, eikä ympäristöturpeelle löydetä kotimaista, kestävä vaihtoehtoa, tulee kasvualusta- ja kuivikemateriaalien tuonti ulkomailta väistämättä lisääntymään. Tämä tulee vaikuttamaan koko ruokaketjun kannattavuuteen ja huoltovarmuuteen valtakunnanlaajuisesti.

2.3 Turpeen korvaajien vaatimukset kasvualustakäytössä

Kasvualustojen laatuvaatimukset on määritetty lannoitelaisissa (Lannoitelaki 711/2022) sekä Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista (964/2023). Lannoitevalmisteisiin luetaan lannoitteet, maanparannusaineet, kalkitusaineet, biostimulantit ja kasvualustat. Kasvualustojen sisältämien haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet milligrammaa kilogrammassa kuiva-ainetta kohden on esitetty taulukossa 1. Sinkin määrän on sallittua ylittyä vain silloin, jos kasvustosta on todettu puutetta maaperä-, lehti-, tai neula-analyysillä. Sinkin määrä saa olla tällöin enimmillään 6 000 mg/kg kuiva-ainetta.

Taulukko 1. Haitallisten aineiden sallitut enimmäispitoisuudet kasvualustoissa (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 964/2023).

Alkuaine	Enimmäispitoisuus mg/kg ka.
Arseeni	10
Elohopea	0,5
Kadmium	1
Kromi	200
Kupari	150
Lyijy	50
Nikkeli	50
Sinkki	300

Taulukossa 2 on esitetty kasvualustojen sisältämien patogeenien sallitut enimmäismäärät salmonellalle sekä *Escherichia colille* ja *Enterococcacealle*.

Taulukko 2. Patogeenien sallitut enimmäismäärät kasvualustoissa (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 964/2023).

Patogeeni	Enimmäismäärä
<i>Salmonella</i> spp.	Ei esiinny 25 g:ssa tai 25 ml:ssa
<i>Escherichia coli</i> tai <i>Enterococcaceae</i>	1 000 pmy 1 g:ssa tai 1 ml:ssa

Tiettyjen kasvualustoissa käytettävien ainesosien kohdalla on määritetty enimmäismäärät ainesosasta löytyville epäpuhtauksille. Näitä ainesosia ovat komposti, mädätysjäännös ja käsitelty jätevesiliete. Taulukossa 3 on esitetty näiden kasvualustoissa käytettävien ainesosien epäpuhtauksien enimmäismäärät.

Taulukko 3. Epäpuhtauksien sallitut enimmäismäärät kasvualustoissa käytettävässä kompostissa, mädätteessä ja käsitellyssä jätevesilietteessä (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 964/2023).

Epäpuhtaus	Enimmäismäärä 31.12.2027 saakka	Enimmäismäärä 1.1.2028 alkaen
Lasi, yli 2 mm	5 grammaa 1 kg:ssa	2,5 grammaa 1 kg:ssa
Metalli, yli 2 mm	5 grammaa 1 kg:ssa	2,5 grammaa 1 kg:ssa
Muovi, yli 2 mm	5 grammaa 1 kg:ssa	2,5 grammaa 1 kg:ssa
Lasi, metalli, muovi, yli 2 mm yhteensä	10 grammaa 1 kg:ssa	5 grammaa 1 kg:ssa

Aiemmin käytössä olleessa maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista (24/2011) oli säädetty tarkoin myös tiettyjen kasvitautien osalta. Lisäksi rikkakasvinsiemenille oli säädetty enimmäismäärät. Nykyisin käytössä olevassa asetuksessa (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 964/2023, 5 §) pykälässä mainitaan kasvintuhoajista seuraavaa:

Lannoitevalmisteiden ainesosat on käsiteltävä siten, että niiden käytöstä ei aiheudu eläintautien tai kasvintuhoojien leviämisen riskiä.

Rikkakasvin siemenistä tai kasvullisesti lisääntyvien kasvien lisääntymiskykyisistä osista ei nykyisessä lainsäädännössä ole mainintaa.

Lainsäädännöllisten vaatimusten lisäksi kasvualustoilla on kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä tuotannon kannalta selkeä vaikutus muun muassa lopputuotteen eli

viljeltävän kasvin satotasoon ja laatuun. Kasvualustamateriaalin on oltava saatavuudeltaan varmaa ympäri vuoden. Sen kustannustasolla on suuri merkitys viljelyn kannattavuuteen. Sitä tulee voida säilyttää järkevästi ulkosäilytyksessä, ja sen tulee toimia automaattisissa prosesseissa, kuten ruukutuslaitteissa ja kylvökoneissa.

Kasvualustan tulee olla tasalaatuista ja sisältää sama happamuus ja johtokyky erästä toiseen. Kasvihuoneissa käytetään pääosin kastelulannoitusta ja lannoiteresepti muokataan kasvualustan koostumuksen mukaan. Tällöin vaihtelua ei saisi olla. Moderneissa kasvihuoneissa ylijäävä kasteluliuos myös kerätään ja käytetään uudelleen kastelussa. Tällöin ajan myötä liuokseen voi rikastua myös alustasta liukenevia ravinteita. Näin ollen liian ravinteikas tai mineraalipitoinen alusta voi aiheuttaa ravinnesuhteiden muutoksia viljelyn edetessä.

2.4 Turpeen korvaajien vaatimukset kuivikekäytössä

Kuivikkeena käytettävälle materiaalille ei ole laadittu selkeitä laatuvaatimuksia tai säännöksiä, mutta niissä sivutaan elintarvikehygieniä-, rehu-, ja eläinlääkinnän lainsäädäntöä. Kuivikkeina käytettävistä materiaaleista tulee varmistaa, että ne eivät saa aiheuttaa elintarvikehygienian kannalta riskiä, levittää eläintauteja, eivätkä ne saa sisältää peltolevitykseen sopimattomia aineita, koska eläintuotannossa käytetty kuivike päättyy usein lannan mukana pelloille ja silloin sen tulee täyttää lannoiteasetuksen vaatimukset.

Kaikille kuivikemateriaaleille yleinen edellytys on nesteen pidätyskyky. Tähän liittyy osin materiaalin alkuperäinen kuiva-aine- ja vesipitoisuus, joilla on merkitystä myös säilyvyyteen ja mahdolliseen jäätymiseen. Jäätyminen voi aiheuttaa ylimääräistä työtä. Lisäksi tilavuuspainolla ja käsiteltävyydellä on merkitystä määriteltäessä kuivikkeen määrän tarvetta sekä logistiikkaa. Kuivikkeen koostumuksella voidaan vaikuttaa myös tähän. Luonnollisesti kuivikkeen on oltava turvallista käyttää, ja ainakin naudoilla ja hevosilla korsimateriaaleja olkena, silppuna tai pellettinä päättyy myös osin eläinten syömäksi. Myös siipikarjan ruoansulatuskanavaan päättyy kuivikemateriaalia lintujen luontaisesti etsiessä nokittavaa maasta. Esimerkiksi broilereilla on raportoitu jopa 4–6 % ruoansulatuskanavaan päätyneestä aineksestä olleen kuivikeperäistä (Malone ym., 1983).

Sisäilmaongelmien ja hengitystieärsytyksen ehkäisemiseksi ja typen kierron tehostamisen näkökulmasta on vapautuvan ammoniakkin pidättyminen tärkeä ominaisuus kuivikkeelle. Ammoniakkin muodostuminen on tyypillistä kuivikelannassa. Ammoniakkin vapautumista ehkäisee kuivikkeen pH:n pysyminen neutraalin tason (6,5–7) alapuolella (Dewes, 1996). Tässä suhteessa turpeen alhainen pH on myös haastavaa korvata yleisimmillä kasviperäisillä materiaaleilla. Tyypillisimmin turpeen sijaan esimerkiksi siipikarjatiljoilla käytettävän kutterinlastun pH on jonkin verran korkeampi, mutta kuitenkin selkeästi hapan

(Palander, 2024). Olki- ja viljankuoripohjaiset kasvimateriaalit voivat olla lähes neutraaleja (Benabdeljelil & Ayachi, 1996). Mädätysjäännösmateriaalien pH taas on lähtömateriaalin mukaan vaihtelevasti emäksisen puolella (Drosg ym., 2015). Seinäjoen ammattikorkeakoulun aiemmin tutkimissa puru-, nurmi- ja järviruokopohjaisissa kokeellisissa kuivämädätysreaktorin mädätteissä pH vaihteli jopa välillä 9,4–9,7 (julkaisematon aineisto).

Suomalainen ja eteläpohjalainen broilerituotanto on riippuvainen kuivikemateriaalista, joka mahdollistaa korkeat kasvatustiheydet. Nämä ovat mahdollisia vain, kun saavutetaan tietyt eläinten terveyteen liittyvät standardit kuten tietty taso lintujen jalkapohjien kuntoa kuvaavassa pisteytyksessä (Laki eläinten hyvinvoinnista 693/2023). Näiden tavoitteiden saavuttaminen riippuu tyypillisesti käytetyn kuivikkeen ominaisuuksista ja toimivuudesta (Bilgili ym., 2009; de Jong ym., 2014; Kaukonen, 2017). Kaukosen (2017) tutkimuksissa todettiin yhteys käytetyn kuivikemateriaalin ja jalkapohjapisteystysten välillä, mikä tukee käytännössä tunnettua näkemystä turpeen erinomaisuudesta siipikarjan kuivikkeena.

3 MÄDÄTYSPROSESSI

Mädätysjäännös on biokaasuprosessin mädätyksessä syntyvää tuotetta, kun orgaaninen materiaali hajoaa mikrobien biokemiallisen reaktion seurauksena (Horn ym., 2020). Mädätys on luonnollinen prosessi, joka suoritetaan hapettomissa, optimoiduissa ja hallituissa oloissa. Sen raaka-aineina, eli syötteenä, voidaan hyödyntää eri lähteistä syntyviä orgaanisia aineita, kuten biomassaa ja -jätettä, teollisuuden sivuvirtoja, lantaa ja puhdistamolietettä, riippuen onko kyseessä kuiva- vai märkämädätys. Kuivamädätyksessä syötteenä käytetään korkean kuiva-ainepitoisuuden omaavaa kuivikelantaa, biojätettä ja biomassoja, kun taas märkämädätyksessä syötteenä toimii lietelanta, puhdistamoliete tai nesteeseen sekoitettu kuivamädätyssyöte.

Kuiva- ja märkämädätyksen lisäksi mädätysprosessit voidaan jakaa lämpötilojen mukaan termofiiliseen (50–55 °C) ja mesofiiliseen mädätykseen (38–42 °C) (Hollmén, 2021). Termofiilisella prosessilla voidaan korvata hygienisointi, kun syötteiden viipymä laitoksessa on yli 20 vuorokautta. Suomessa on kuitenkin käytetty yleisimmin mesofiilistä mädätystä, sillä lisälämmityksen tarve on termofiilistä prosessia pienempi, ja prosessi itse vähemmän herkkä lämpötilavaihteluille (Latvala, 2009, s. 34).

Mädätysprosessiin vaikuttaa se, mihin mädätysjäännöstä tullaan hyödyntämään (Horn ym., 2020). Syötteen tai syötemateriaalien yhdistelmien tulee olla tutkittuja ja prosessiin soveltuvia, jotta mädätysprosessi toimii halutulla tavalla. Esimerkiksi typen ja hiilen suhde tulee olla optimaalinen, ja jäännöksen ravinteet ja biokaasun sisältämä energia tulee käyttää tehokkaasti, jotta mädätysjäännös on mahdollisimman laadukasta ja prosessi on kestävyiden kannalta optimoitu.

Mädätysprosessissa syntyvä biokaasu on enimmäkseen metaania ja hiilidioksidia, mutta se voi myös sisältää muita yhdisteitä (Horn ym., 2020, s. 11–12). Biokaasua voidaan hyödyntää esimerkiksi liikennepolttoaineena, mutta tällöin kaasu tulee puhdistaa ja jalostaa biometaaniksi. Puhdistuksen avulla biokaasusta poistetaan sellaiset epäpuhtaudet, jotka vaurioittaisivat jalostuslaitoksia sekä energiantuotantolaitteistoja (Lampinen & Rautio, 2015, s. 124–131). Lisäksi puhdistuksen avulla voidaan myös taata, että energiatuotannossa käytettävän biokaasun päästöt ovat säädettyjen rajojen sisäpuolella. Jalostuksessa nostetaan kaasun energiatiheyttä energiakulutuksen pidentämiseksi ja varastointitilan minimoimiseksi. Biometaanialla käytetään usein fossiilisten polttoaineiden korvaajana esimerkiksi kaasujoneuvojen polttoaineena, jolloin voidaan pienentää kasvihuonekaasujen määrää merkittävästi (Kinnunen & Rintala, 2015, s. 17–18). Suurin osa erityisesti maatilojen tuottamasta biokaasusta hyödynnetään lämmön-, sähkön- tai niiden yhteistuotannossa.

Mädätysprosessissa syntyvä mädätysjäännös sisältää prosessiin syötetyn syötteen sisältämät ravinteet, mikä tekee siitä erityisen ravinnerikasta (Paavola & Kapuinen, 2015, s. 94–115). Se sisältää alkuperäistä syötettä enemmän kasveille hyödyllistä liukoista tyyppiä prosessin aikana tapahtuvan mineralisoitumisen vuoksi. Jäännös voidaan käsitellä separaattorilla, jolloin neste ja kuivajae saadaan eroteltua toisistaan ja ravinteet saadaan tehokkaasti käyttöön. Nestemäistä jäännöstä käytetään yleisimmin lannoitteena ja kuivajae maanparannusaineena, sillä se sisältää enemmän fosforia.

3.1 Kuivamädätys

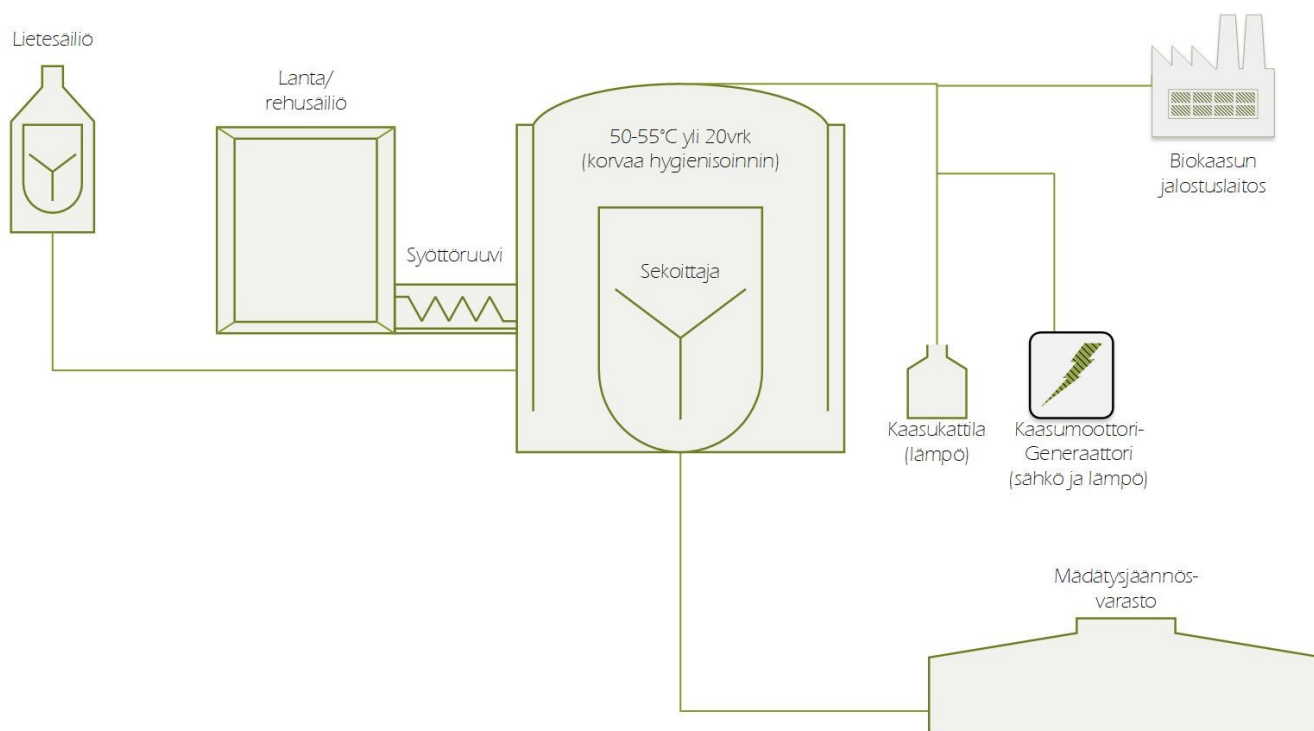
Kuivamädätyksessä syötteen kuiva-ainepitoisuus on huomattavasti korkeampi kuin märkämädätyksessä, noin 25–30 % (Motiva, 2013, s. 17). Kuiva-ainepitoisuus ei mahdollista vastaavaa sekoitus- tai pumppaustekniikkaa kuin märkämädätys, ja kuivamädätyslaitokset usein toimivatkin kertapanostuksella, joka syötetään ja puretaan laitoksesta eränä. Mikrobitoiminnan käynnissä pysymiseksi syötteen läpi pumpataan suotonestettä. Yhden panoksen reaktorissa pitoaika on noin 4–5 kuukautta syötteestä riippuen.

3.2 Märkämädätys

Märkämädätyksessä syöte on pääosin lietemäistä ja materiaalien kuiva-ainepitoisuus on alle 15 % (Luostarinen, 2015, s. 82–86). Märkämädätyksessä voidaan hyödyntää myös kuivia materiaaleja sekoittamalla ne lietteeseen tai syöttämällä niitä suoraan reaktoriin. Matala kuiva-ainepitoisuus helpottaa syötteen pumppaamista ja sekoittamista. Tällaisissa tapauksissa biokaasulaitokset ovat usein jatkuvatoimisia.

Jatkuvatoimisten biokaasulaitosten toiminta alkaa yleensä syötteiden säilömisestä, jolloin syötteitä voidaan myös tarvittaessa esikäsitellä (Luostarinen & Jaakkola, 2015). Esikäsitteilyn avulla mikrobit pystyvät hajottamaan syötettä tehokkaammin. Esimerkiksi lietelanta ei vaadi esikäsitteilyä, kun taas kuivalannat ja kasvibiomassat tulee silputa tai murskata ennen reaktoriin pumppaamista esimerkiksi syöttöruuvien avulla.

Kuviossa 3 on kuvattu termofiilista märkämädätysprosessia hyödyntävä jatkuvatoiminen biokaasulaitos. Jatkuvatoimisessa reaktorissa syötettä pumpataan säännöllisin väliajoin tai jatkuvasti, samoin kuin myös mädätysjäännöstä poistetaan. Reaktoriin pumpattavan syötteen biokaasuprosessi kestää noin 20–30 vuorokautta, mikä vastaa hygienisointia (1 h / 70 °C).



Kuvio 3. Yksinkertaistettu märkämädätysprosessia hyödyntävä biokaasulaitos (Laitila, 2024, CC BY-SA).

Kun syöte on siirretty reaktoriin, alkaa itse biokaasun muodostus (Luostarinen, 2015, s. 83–86). Reaktorissa on usein joko lapasekoitin tai kaasusekoitus, millä varmistetaan massan tasainen lämpötila ja laatu, mikrobien toiminta, kaasun vapautus reaktorin ylätilaan ja syötemateriaalien hallittu hajoaminen. Reaktorin sisältämä massa lämmitetään usein tuotantolaitoksen itse tuottamalla lämmöllä, joka voidaan ottaa talteen lämmönvaihtimien avulla. Lämpö siirretään takaisin kuljettamalla lämmitettyä vettä reaktorin vaipassa tai lämmitysputkilla.

Biokaasu kerääntyy reaktorin yläosiin ja se siirretään sieltä kaasukattilaan, missä sitä voidaan polttaa puhdistamattomana lämmöksi esimerkiksi lämpimän veden tuotantoon tarkoitettussa kaasukattilassa (Motiva, 2013, s. 14–19). Kaasun sisältämä energia voidaan myös muuttaa sähköksi ja lämmöksi polttamalla se kaasumootorissa, joka pyörittää generaattoria vakiokierrosluvulla. Osa biokaasusta jalostetaan polttoaineeksi, syötetään maakaasuverkkoon tai myydään paikallisesti.

Reaktorissa eli mädätysssäiliössä syntyvä mädätysjäännös voidaan erotella kiinteään ja nestemäiseen jäännökseen eri käyttökohteita varten (Motiva, 2013, s. 13). Mädätysjäännöstä voidaan hyödyntää lannoitteena tai maanparannusaineena.

Turvevapaa ruokaketju -hankkeessa selvitetään, minkälaisin edellytyksin mädätysjäännöstä voitaisiin käyttää myös kasvualustoissa ja eläinten kuivikkeena.

4 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN KÄYTTÖ ALKUTUOTANNOSSA

Biokaasuprosessin mädätysjäännös koostuu niistä syötteistä, mitä biokaasulaitokseen on syötetty (Paavola & Kapuinen, 2015, s. 94–96). Mädätysjäännöksen loppusijoituksen ja hyödyntämisen vuoksi on tärkeää tietää syötteiden raaka-aineiden haitta-aineet, ravinnepitoisuudet ja muut ominaisuudet. Esimerkiksi kuivikekäytössä raaka-aineiden sisältämät epäpuhtaudet ovat kriittisiä jo siltäkin kannalta, että eläimillä on tapana syödä kuivikemateriaalia (ks. luku 2.4).

4.1 Mädätysjäännöksen taloudellinen merkitys alkutuotannossa

Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen ravinnepitoisuus ja arvio ravinteiden käyttökelpoisuudesta kasveille on oleellisessa osassa arvotettaessa mädätysjäännöstä rahallisesti. Tuotantokustannusten ja väkilannoitteiden hinnan ja saatavuuden ohella myös esimerkiksi levittämiseen kuluvat resurssit verrattuna väkilannoitteiden käyttöön vaikuttavat mädätysjäännöksen arvotukseen. Toisaalta mädätysjäännöksen arvo viljelijälle on osaltaan sidottu myös arvioon sen kyvystä parantaa tai ylläpitää maan kasvukuntoa. Tarkkaa rahallista arvoa tälle on vaikea laskea ja määrittellä, vaikka peltojen kasvukunnon parantamisen arvo jo itsessään on kiistaton.

Kymenlaaksolaisen yhteiskäsittelylaitoksen tuotteistetulle mädätysjäännökselle on vuonna 2010 tehdyssä diplomityössä laskettu muun muassa väkilannoitteiden hintoihin ja ympäristötuen silloisiin huomioimisperusteisiin pohjautuva arvo 6 €/t (Partanen, 2010, s. 121). Laskentatavasta riippuva vaihteluväli oli 1–20 €/t. Kuivarakeeksi tuotteistetulle mädätysjäännökselle samalla laskentaperusteella saatu arvo oli 18 €/t vaihteluvälin ollessa 2–60 €/t. Diplomityön yhteydessä tehdyn kyselytutkimuksen perusteella viljelijät itse arvottivat mädätysjäännökselle hinnaksi noin 1–10 €/t, ja mädätysjäännöksestä valmistetulle, kuivarakeiselle lannoite- ja maanparannusvalmisteelle noin 10–20 €/t.

4.2 Käyttöön liittyvät riskit

Biokaasun mädätysprosessin aikana syötemassan kiintoaine- ja kuitupitoisuus vähenee. Biokaasulaitoksia valmistavan Doranova Oy:n toimialajohtaja Mikko Saalasti (2020) on kirjoittanut yrityksen ylläpitämässä blogissa, että kuivikekäytössä biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen nesteensitomiskyky voi nousta tämän myötä ongelmaksi. Toisaalta erityisesti termofiilinen mädätysprosessi vähentää esimerkiksi tautipaineita jossain määrin (Paavola & Kapuinen, 2015, s. 96–97).

Orgaanisen aineen ja kuiva-aineen pitoisuudet ovat jonkin verran pienempiä alkuperäiseen syötteeseen verrattuna, sillä osa syötteestä hajoaa prosessin aikana biokaasuksi.

Mädätysjäänös sisältää kuitenkin samat pää- ja hivenravinteet kuin mitä alkuperäisessä syötteessä on ollut, kuten esimerkiksi kaliumin, magnesiumin ja fosforin. Kasvualustakäytössä tämä on erittäin tärkeää. Eri syötteillä on eri ravinnepitoisuudet jo luonnostaan, ja esimerkiksi lantaa sisältävän mädätysjäänöksen fosforipitoisuus on usein korkea suhteessa liukoisen typen määrään (Kari & Häkkinen, i.a., s. 1–2). Käyttämällä lannan lisäksi myös peltobiomassoja biokaasulaitoksen syötteenä voidaan fosforin suhteellista osuutta mädätysjäänöksen ravinnepitoisuudessa vähentää, ja samalla kasvatetaan typen pitoisuutta. Vuodenajalla ja viljelyvuodella on myös vaikutusta saatavilla olevaan biomassaan, mikä puolestaan vaikuttaa mädätysjäänöksen laatuun eri syöteerien muodossa (Niemiäinen ym., 2014, s. 9). Tämä voi pitää sisällään riskin siitä, että jäänöksen ravinnepitoisuus ja -pitoisuudet voivat vaihdella riippuen valmistuserästä.

Mädätysjäänöksen käyttö sellaisenaan kasvualustana on haastavaa etenkin liukoisessa muodossa olevien ravinteiden korkean pitoisuuden vuoksi. Ravinneominaisuuksien lisäksi puhtaan mädätysjäänöksen rakenneominaisuudet, erityisesti osmoottisen potentiaalintaso, vaikeuttavat siementen itämistä ja kasvien kasvua (Heiskanen, 2021, s. 12). Luonnonvarakeskuksen ja Kauppapuutarhaliiton Kasvuturpeelle kaveriteita -hankkeessa havaittiin, että lantaa sisältävän mädätysjäänöksen korkein sopiva osuus kasvualustaseoksessa on noin 25 %, ellei viljelyreseptiikkaa olla valmiita muokkaamaan merkittävästi (Silvan ym., 2024, s. 19, 53). Hankkeessa havaittiin, että runsaasti mädätysjäänöstä sisältävillä kasvualustoilla oli korkean ravinnepitoisuuden lisäksi taipumus liettyä ja tiivistyä viljelyn aikana. Tämä vaikeutti kasvien juurtumista viljelyn alkuvaiheessa ja hidasti pituuskasvua.

Tarkka käsitys mädätysjäänöksen ravinnepitoisuudesta on oleellista myös silloin, kun sitä käytetään kasvualustaseoksen osana. Kasvualustan ravinnepitoisuuden lisäksi myös ravinnepitoisuus on tärkeässä roolissa, sillä se vaikuttaa suoraan kasvien kasvuun. Kasvualustan ravinneominaisuuksien tietäminen käyttöerästä riippumatta on tärkeää, jotta se voidaan ottaa huomioon lisälannoitusta suunniteltaessa. Riittävä tasalaatuisuus on tärkeää, jotta joka erä ei tarvitse hoitolannoittaa eri tavalla. Nykylainsäädännöllä mädätysjäänöksen typpipitoisuus liukoisen typen osalta voi muodostua viljelmillä haasteeksi, sillä lainsäädäntö sallii sille suhteellisen isoja vaihteluita maatalouskäyttöön markkinoitavien orgaanisten lannoitevalmisteiden osalta (Tontti ym., 2015, s. 73–74).

Myös torjunta-ainejäämät voivat muodostua ongelmaksi mädätysjäänöksen käytön yhteydessä, mikäli syötteenä käytetään torjunta-aineilla käsiteltyjä materiaaleja joko suoraan tai välillisesti. Esimerkiksi rehukasveihin jääneet torjunta-aineet voivat eläinten lantaan kertyessään päätyä lopputuotteeseen asti, ja torjunta-ainejäämiä onkin todettu jopa markkinoilla olevista luomutuotantoon soveltuvista kierrätyslannoitevalmisteista (Maunuksela & Relander, 2024). Kasvualustaan päätyessään torjunta-aineet vaikuttavat sadonmuodostumiseen kasvilajista riippuen pienissäkin pitoisuuksissa. Maa- ja

metsätalousministeriön Maatilatalouden kehittämisrahaston, Yara Suomen, Kekkilä-BVB:n, Biolanin sekä Soilfoodin rahoittamassa, Ruokaviraston, Suomen ympäristökeskuksen, Luonnonvarakeskuksen, Turvallisuus- ja kemikaaliviraston sekä rahoitukseen osallistuvien tahojen yhteisessä Kiertokas-hankkeessa (Kohti kestävää kiertotaloutta: Kierrätyslannoitteiden ja kasvualustojen kasvinsuojeluainejäämät ja niiden hallinta) kartoitetaan torjunta-ainejäämien muodostamia riskejä suomalaisissa kierrätyslannoitteissa myös raaka-aineiden käydessä läpi eri prosessointimenetelmiä (Ruokavirasto, 2024b).

4.2.1 Riskit, kun syötteenä on lanta

Lannalla tarkoitetaan tässä kaikkien eläinlajien tuottamaa lantaa. Tämä voidaan luokitella lietelannaksi tai kuivalannaksi (Kymäläinen & Luostarinen, 2015, s. 33–37). Kuivalanta on kuivaa sontaa, jonka seassa voi olla vaihtelevia määriä kuiviketta sekä siihen imeytyntä virtsaa. Kuivalannan kuiva-ainepitoisuus voi vaihdella paljon, noin 15:n ja 70 %:n välillä. Lietelanta koostuu eläinten lannasta, virtsasta sekä huuhteluvedestä. Lietelannassa kuiva-ainetta on noin 10 %. Lannassa voi olla runsaasti liukoista tyypeä, ja mesofiilisessa biokaasuprosessissa syötteenä käytetyn naudan lannan liukoisen tyyden osuus nousee noin 20 % ja termofiilisessa enemmänkin (Paavola & Kapuinen, 2015, s. 94–96).

Vaikka mädätysprosessi toimii osittaisena hygienisointimetodina, voi lantapohjainen mädätysjäännös sisältää vielä taudinaiheuttajia, jotka saattavat aiheuttaa tartuntoja kuivitetuille eläimille. Lanta on orgaanisena materiaalina potentiaalinen mikrobien kasvualusta, joka sisältää bakteerien kasvua edistäviä ravinteita sekä jo ennestään eläinten suolistoperäisiä bakteereja. Kuivikkeena käytettävä mädätysjäännös on siis hygienisoitava, jotta taudinaiheuttajat tuhoutuvat. Kuiviketurpeen antibakteerisuus perustuu happamuuteen, ja mädätysjäännös on lähtökohtaisesti emäksisempää kuin turve (ks. luku 2.4).

Esimerkiksi *Salmonellan* kasvun osalta pH-vaatimus on usein lähellä neutraalia, kuten on tunnettu jo pitkään (Matches & Liston, 1972). *Clostridium*-bakteerien osalta kasvun tai toksiiniutuotannon rajoittamiseksi edellytettävät pH-lukemat ovat vielä huomattavasti matalampia, tyypillisesti alle 4,5 (Ghoddusi ym., 2013). Pellolle levitettävän lannan käsittelyä happamoittamalla ennen pellolle levitystä on tutkittu jonkin verran maailmalla (Baltic Slurry Acidification, i.a.; Geels ym., 2023; Hjorth ym., 2013) ja esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen toimesta Suomessa (Salo ym., 2015), tarkoituksena ammoniumtyyden haihdunnan minimointi. Onkin syytä kysyä, voisiko mädätysjäännöksen happamointi auttaa myös kuivikekäytössä?

Myös kasvualustakäytössä mädätysjäännöksen vaikutus viljeltävien tuotteiden elintarviketurvallisuuteen on tärkeässä roolissa. Kasvualustakäytössä mädätysjäännöksen mikrobiologinen laatu vaikuttaa erityisesti ruokakasveiksi viljeltävien tuotteiden syöntikelpoisuuteen. Esimerkiksi lannan ja muuta eläinperäistä biomassaa, kuten yhdyskuntajätettä, sisältävien syötteiden käyttö kasvattaa myös ihmiselle vaarallisten tautien painetta mädätysjäännöksessä. Tautien leviäminen kasvualustasta kasveihin on mahdollista ja jopa erittäin todennäköistä kasvualustan käsittelyn yhteydessä, ja viljeltävästä tuotteesta riippuen leviämistä ei voida välttää. Siksi lannoitevalmistelaisissa on määritelty tarkat rajat *Salmonellan* ja *E. colin* osalta. Erityisesti *E. colin* esiintyvyyttä voidaan pitää riittämättömän hygienisoinnin indikaattorina (Tontti ym., 2015, s. 24–25).

Maatilakohtainen biokaasulaitos voi hyödyntää oman tilan lantaa vapaammin ilman hygienisointia, mutta muualta tulevat syötteet on hygienisoitava ennen mädätysprosessia, jos mädätysjäännöstä hyödynnetään tilan ulkopuolella (Ruokavirasto, 2024a).

4.2.2 Riskit, kun syötteenä on puhdas kasvibiomassa

Puhdas kasvibiomassa eli syötteet, jotka sisältävät erilaisia korsimateriaaleja, olkea, nurmea ynnä muuta, mutta eivät lantaa eivätkä yhdyskuntajätteitä, ovat ulosteperäisten bakteerien suhteen mädätysjäännöksen osalta riskittömämpiä. Ne ovat kasvaneet ulkona ja kerätään sieltä, joten hygienisointi vaaditaan myös niiltä. Riski eläinperäisten taudinaiheuttajien osalta on kuitenkin pienempi. Kasvibiomassoista tehdyn mädätysjäännöksen riskeistä kuivikekäytössä ei ole tarjolla juurikaan tutkimuksia, eikä siihen liittyviä riskejä ole vielä mahdollisesti tunnistettu.

Kasvien ja viljelyn kannalta kasvibiomassan käyttö mädätysjäännöksen syötteenä voi pitää sisällään myös kasvitautien leviämisen riskin. Yleisimpien sienitautien on havaittu muuttuvan epäaktiivisiksi käytettäessä riittävän pitkää viipymää mädätysprosessissa myös alemmissa lämpötiloissa (Haraldsson, 2008, s. 25). Nimenomaan anaerobisen mädätysprosessin vaikutusta kasvitautien tuhoutumiseen on kuitenkin tutkittu verrattain vähän. Suurin osa kasvitauteihin liittyvästä tutkimuksesta on keskittynyt lämpökäsittelyyn ja kompostointiin.

Kasviperaisissä raaka-aineissa voi hyvin olla kasvitauteja, ja raaka-aineet olisikin hyvä käsitellä menetelmillä, joiden on todettu vähentävän kasvitautien riskiä. Aiemman lainsäädännön puitteissa esimerkiksi peruna-, juurikas- ja muut juuresteollisuuden toimijoiden sivutuotteet ja jätteet tuli käsitellä kasvinsuojeluviranomaisen hyväksymillä menetelmillä, mikäli ne olivat menossa lannoitevalmistelaiden tuotantoon (Livonen ym., 2013, s. 67). Näitä ovat muun muassa kompostointi 55 °C:n lämpötilassa ja 40 %:n kosteudessa vähintään kahden viikon ajan sekä lämpökäsittely kosteana 70 °C:ssa yhden

tunnin ajan. Kasvitautilien riski on erityisen kriittisessä roolissa silloin, kun kasvualustan syötteenä käytetään viljeltävää kasvia. Joidenkin kasvitauteja aiheuttavien virusten ja sienten tiedetään voivan säilyä elinkykyisinä jopa tavanomaisen hygienisoimiskäsittelyjen jälkeen (Livonen ym., 2013, s. 69–70). Mikäli biokaasulaitoksen syötteenä käytetään kasvibiomassaa, jonka tiedetään sisältävän korkeaa kuumuutta kestäviä kasvitauteja, suositellaan biomassan esihygienisoinnissa käytettävän korkeampaa lämpötilaa (74–90 °C) ja pidempää viipymäaika.

Myös itämiskelpoiset rikkakasvien siemenet voivat muodostaa riskin mädätysjäännöksen käytössä. Erityisesti kasvit, jotka kehittävät kovan kuoren siemenen suojaksi voivat selvitä mesofiilisesta mädätysprosessista jopa 58 %:n varmuudella (Westerman ym., 2012). Riittävän pitkän viipymän käyttö biokaasulaitoksen alhaisemmankin lämpötilan mädätysprosessissa vähentää esimerkiksi hukkakauran siementen selviytymisen todennäköisyyttä (Tampio ym., 2014, s. 5).

4.2.3 Muihin syötteisiin liittyvät riskit

Biomassaa sisältävä mädätysjäännöksen hygienisoinnista on huolehdittava, jos syöte sisältää yhdyskuntabiojätettä. Biojäte voi sisältää eläinperäisiä sivutuotteita, joten sitä koskee samat vaatimukset kuin lannalla. Tämän vuoksi prosessin syöte tulee analysoida ja tutkia etukäteen. Yhdyskuntabiojäte syötteenä voi sisältää myös erilaisia kemikaaleja ja raskasmetalleja, jotka eivät poistu syötteestä prosessin aikana vaan päätyvät mädätysjäännökseen (Paavola & Kapuinen, 2015, s. 97–99). Siksi yhdyskuntabiojätteen käyttöön syötteenä liittyy riskejä myös mädätysjäännöksen eri käyttötarkoituksissa.

Raskasmetallit, orgaaniset haitta-aineet, lääkejäämät sekä makro- ja mikromuovi voivat muodostua ongelmaksi kasvualustakäytössä (Aarnio ym., 2019, s. 86; Kupper ym., 2008) sekä kuivikekäytössä eläinten syödessä kuivikemateriaalia. Raskasmetallien ja PFAS-yhdisteiden tiedetään siirtyvän kasveihin juuriston ja lehtien kautta, sekä vaikuttavan kasvien kasvuun negatiivisesti (DalCorso ym., 2019; Li ym., 2022). Mikromuovien riskejä yleisesti, saati niiden vaikutusta kasvien viljelyyn ei vielä tunneta kunnolla, mutta niiden on havaittu aiheuttavan ainakin siementen itämisen ja kasvien kasvun hidastumista sekä mikromuovien siirtymistä kasvisolukoon (Porterfield ym., 2023).

5 BIOKAASULAITOSTEN NYKYTILA ETELÄ-POHJANMAALLA

Osana Turvevapaa ruokaketju -hanketta toteutettiin Etelä-Pohjanmaan biokaasulaitosten mädätysjäännöspotentiaalista kysely biokaasulaitosten hallinnoijille. Kyselyllä haluttiin selvittää mädätysjäännöksen kokonaismääriä, syötemateriaaleja, toimijoiden arvioimaa rahallista arvoa mädätysjäännökselle sekä kiinnostusta mädätysjäännöksen jalostamiseen tai tuotteistamiseen markkinoille oman käytön lisäksi tai sijaan.

5.1 Kartoitus

Tiedot Etelä-Pohjanmaan ja lähialueiden biokaasulaitoksista poimittiin Suomen Biokierto & Biokaasu ry:n ylläpitämästä biokaasulaitosten rekisteristä (Suomen Biokierto ja Biokaasu, 2024). Kyselyn vastaanottajiksi valittiin mukaan myös sellaiset laitokset, joista oli jo investointi- tai rakennuspäätös tehty, mutta jotka eivät vielä olleet toiminnassa. Eteläpohjalaisten toimijoiden lisäksi kysely osoitettiin myös kolmelle laitokselle, jotka sijaitsivat maakunnan rajan lähellä ja olivat suhteellisen lyhyen kuljetusmatkan päässä Etelä-Pohjanmaalta. Yhteensä tunnistettiin 15 listattua rakennettua tai rakenteilla olevaa laitosta.

Kyselyä varten laadittu kysymyspatteristo (liite 1) julkaistiin Webropol-kyselytyökalulla. Kyselyssä kysyttiin laitosten mädätysjäännöksen arvioitua määrää, rahallista arvoa, varastokapasiteettia laitoksen yhteydessä, sekä sitä, oliko nykyisellään mädätysjäännökselle jatkoprosessointia. Kyselyssä kysyttiin myös kiinnostuksesta osallistua jossain muodossa isompaan keskitettyyn mädätysjäännöksen jatkojalostukseen esimerkiksi osuuskunnan muodossa.

Biokaasulaitoksiin otettiin yhteyttä puhelimitse toukokuun ja lokakuun välisenä aikana vuonna 2024. Puhelussa esiteltiin hankkeen ja kyselyn tarkoitus sekä sovittiin kyselyyn vastaamisen toimenpiteistä. Osalta vastaajista kerättiin vastaukset puhelimitse, osa vastasi kirjallisesti Webropol-linkin kautta ja yksi henkilö vastasi sähköpostitse. Myös puhelimitse ja sähköpostitse saadut vastaukset tallennettiin Webropol-linkin kautta, jotta vastaukset ja tulokset olisivat yhdenmukaisessa muodossa analyysia varten.

Lokakuun loppuun mennessä vastauksia saatiin yhteensä 11. Lisäksi yhdellä kyselyä varten tavoitetuista toimijoista biokaasutuotanto ei enää ollut toiminnassa, eikä näin ollen voinut osallistua kyselyyn. Osaan kysymyksistä vastasi 10 toimijaa, osaan 11. Kuusi vastanneista oli maatilojen biokaasulaitoksia ja viisi teollisuuden sivuvirtoja tai yhteiskuntajätettä käsitteleviä laitoksia.

5.2 Määrä ja varastokapasiteetti

Tuotannon määrää arvioitiin mädätysjäännöksen vuositason kuutiomäärien kautta. Tuotannon määrää kysyttäessä ei eroteltu kuiva- ja märkämädätteitä erikseen, vaan arvioitiin ainoastaan kokonaistuotantomäärää. Vuosimittakaava valittiin, jotta mädätysjäännöksen kokonaismäärää olisi helpompi arvioida ja verrata erilaisten ja eri syötteitä käyttävien toimijoiden kesken. Yksittäisistä vastaustuloksista muodostettiin keskiarvo, mikäli ilmoitettu määrä oli haarukoitu. Kyselyyn vastanneet Etelä-Pohjanmaan lähimaakunnissa toimivat suuret biokaasulaitokset, jotka sijaintinsa puolesta voivat tuottaa mädätysjäännöstä myös Etelä-Pohjanmaan alueelle, huomioitiin mukaan kokonaistuotantomääriin.

Vastaustulokset analysoitiin käyttämällä Microsoft Excel -ohjelmistoa. Vastaustulokset yhtenäistettiin kuutioiksi niiden vertailun helpottamiseksi kaavalla

$$V = \frac{m}{\gamma} * 95 \% \quad (1)$$

Missä

V on mädätysjäännöksen tilavuus kuutioina (m^3)

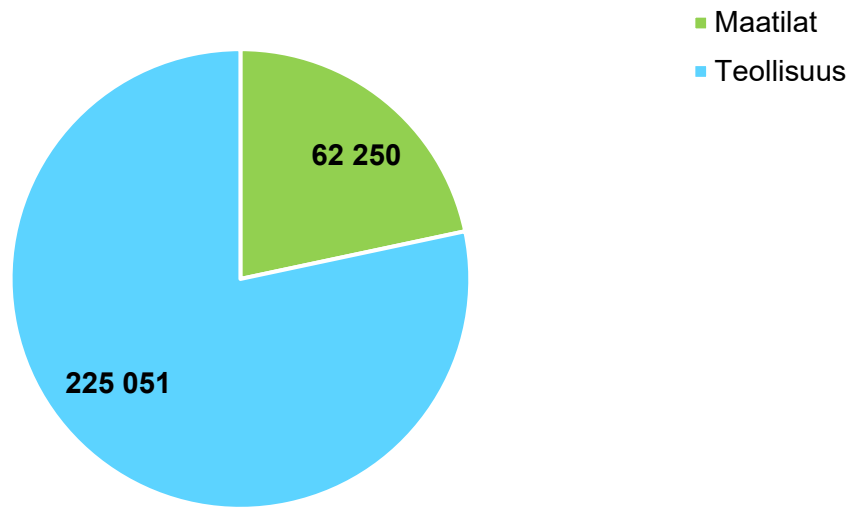
m on mädätysjäännöksen ilmoitettu massa tonneina (t)

γ on lannan tilavuuspaino tonneja kuutiota kohti (t/m^3)

Tilavuuspainojen arviointiin käytettiin Eurofins Agron lantojen tilavuuspainojen keskiarvoja, käyttäen mädätystyyppin mukaan joko kuivikelannan tai lietteen tilavuuspainoa t/m^3 (Eurofins Viljavuuspalvelu, i.a.). Kirjallisuuskäytöksissä kaasun erottumisen aiheuttamaa massahäviötä syötteen ja mädätysjäännöksen välillä on arvioitu pääosin 0–10 % vaihteluvälillä (Kallio, 2023, s. 6; Luostarinen, 2015, s. 91). Myös Metener Oy:n pääsuunnittelijan J. Luostarisen (henkilökohtainen tiedonanto, 5.11.2024) mukaan mädätysprosessin massahäviö on lähes olematon. Tämän kyselyn osalta mädätysjäännöksen määrän laskemisessa huomioitiin kirjallisuuslähteiden vaihteluvälin keskiarvo ja biokaasun muodostumisesta arvioitiin aiheutuvan noin 5 % hävikki mädätysjäännöksen määrässä.

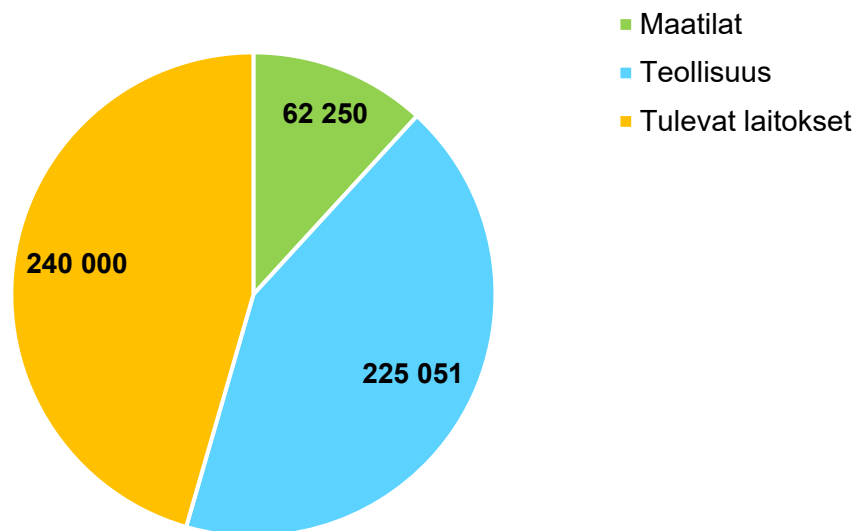
Mädätysjäännöksen muodostuminen kyselyyn vastanneiden maatalouden ja teollisuuden laitoksissa Etelä-Pohjanmaalla ja sen lähialueilla on esitetty kuvioissa 4 ja 5.

Mädätysjäännöksen muodostuminen kuutioina (m³), tuotannossa olevat laitokset



Kuvio 4. Mädätysjäännöksen muodostuminen kyselyyn vastanneilla, tuotannossa olevilla laitoksilla.

Mädätysjäännöksen muodostuminen kuutioina (m³), rakenteilla olevat laitokset huomioitu



Kuvio 5. Mädätysjäännöksen muodostuminen kyselyyn vastanneilla laitoksilla, kun myös valmistumattomat laitokset on huomioitu.

Kokonaisuudessaan kyselyyn vastanneet maatalouden ja teollisuuden laitokset Etelä-Pohjanmaalla ja sen lähialueilla tuottivat yhteensä 287 300 kuutiota mädätysjäännöstä (kuvio 4). Tästä kokonaismäärästä maatalouden osuus oli noin 22 %. Kun määrässä huomioitiin vielä valmistumattomat teollisuusmittakaavan laitokset, nousi kokonaistuotantomäärä 527 300 kuution vuositasolla (kuvio 5), jolloin maatilakokoluokan osuus mädätysjäännöksen muodostumisessa oli noin 12 %.

Maatiloilla tuotanto oli kyselyn perusteella keskimäärin 10 000 kuutiota vuodessa tuotantolaitosta kohti. Teollisuuden tuotanto puolestaan oli keskimäärin noin 56 000 kuutiota vuodessa tuotantolaitosta kohti. Muodostumismäärän vaihtelu laitosten kesken oli kuitenkin todella suurta muutamista kymmenistä tuhansista kuutioista yli sataan tuhanteen kuution. Tätä keskiarvoa tulevat lisäksi muuttamaan lähitulevaisuudessa valmistuvat laitokset.

Varastokapasiteetti oli sekä maataloudessa että teollisuudessa mitoitettu siten, että kaikki tuotettu mädätysjäännös pystyttiin varastoimaan vaivattomasti. Tuottajakohtaista vaihtelua varastointikapasiteetissa esiintyi yksittäisten toimijoiden välillä.

5.3 Mädätysjäännöksen tämän hetken käyttökohteet ja sen arvioitu rahallinen arvo

Kyselyyn vastanneiden maatilabiokaasulaitosten tuotannosta syntynyt mädätysjäännös käytettiin pääasiallisesti omille pelloille levittäen. Mädätysjäännös korvasi osittain väkilannoitteita etenkin nurmien toisilla ja kolmansilla sadoilla, samoin kuin syysviljoilla. Osa maatiloista myös luovutti mädätysjäännöstä toisille tiloille sallittujen rajojen ja lupien piirissä. Luovuttaminen on yleistä etenkin tilanteissa, jossa syötettä saadaan myös oman tilan ulkopuolelta, tai silloin kun tilan oma pinta-ala ei riitä mädätysjäännöksen levitysalaksi.

Keskimäärin mädätysjäännöstä oli levitettävänä noin 9 600 kuutiota tilaa kohden. Myös tässä kohdassa vastaustulokset yhtenäistettiin kuutioiksi vertailun helpottamiseksi käyttäen laskukaavaa (1). Mädätysjäännös levitettiin maatilamittakaavassa pinta-alallisesti keskimäärin 385 hehtaarille vaihteluvälin ollessa noin 100–500 hehtaaria.

Teollisuuslaitoksilla syntynyt mädätysjäännös puolestaan luovutettiin pääosin toisaalle jatkokäyttöä varten, kuten esimerkiksi peltolevitykseen. Osa teollisuuslaitosten vastaajista myös jatkojalosti mädätysjäännöstä tuotteiksi, jotka myytiin eteenpäin pääasiassa maatalouskäyttöön. Teollisuuden todellista levitysalaa oli monihaaraisen jakelukanavarakenteen vuoksi vaikea arvioida, sillä jatkokäyttäjiä ei eritelty kyselyssä.

Suuri osa maatilatason vastaajista ilmoitti, ettei mädätysjäännökselle ollut laskettu euromääräistä arvoa. Jos mädätysjäännös kuitenkin olisi arvotettu, olisi sen laskennalliseksi arvoksi annettu yksi euro kuutiota kohden.

Mädätysjäännöksen vaihtoehtoiskestannus maatilamittakaavassa laskettiin arvioimalla, paljonko ostolannoitteita rekkakuormina, tonneina tai kiloina voitiin vähentää käyttämällä mädätysjäännöstä lannoitteen korvaajana. Keskimäärin ostolannoitteita voitiin säästää 70 tonnia kutakin tilaa kohden. Teollisesti jatkojalostettu kuiva raemuotoinen mädätysjäännöslannoitevalmiste arvotettiin kyselyyn vastaamishetkellä noin kahdeksaan euroon tonnia kohden.

5.4 Mädätysjäännöksen prosessointi ja jatkojalostus

Vastaajista kymmenellä laitoksella oli käytössä märkämädätysprosessi ja yhdellä kuivamädätysprosessi. Syötteinä oli maatilojen laitoksissa kuiva- ja lietelannan lisäksi nurmimassoja, ylijäämärehua, ravintolarasvoja, perunajätettä, kuivaheinää ja olkea. Lisäksi yhdyskuntalietteitä käsittelevillä laitoksilla oli syötteenä teollisuuden jätevesilietettä, eläinperäisiä sivutuotteita ja entsyymiteollisuuden sivuvirtoja. Alueella jo olevien ja sinne rakennettavien laitosten käyttämästä syötteestä suuri osa on lantaperäistä laitoksen koosta riippumatta.

Kysyttäessä syötteen sisällön vaihtelusta vuositasolla, kaikki vastaajat totesivat syötteen ja mädätysjäännöksen olevan hyvin tasalaatuista. Yhdessä vastauksessa todettiin eri syötteiden suhteiden ja erilaiset syötekokeilujen voivan aiheuttaa vaihtelua jonkin verran.

Vastaajista 55 %:lla oli käytössä mädätysjäännöksen separointi. Tämän lisäksi 55 %:lla vastaajista oli käytössä myös jokin muu prosessointitekniikka, kuten hygienisointi, linkoaminen, terminen kuivaus, haihdutus tai pelletointi. Jatkojalostusta käyttäviltä laitoksilta kysyttiin myös vuosittain syntyvän kuivajäännöksen määrää. Tähän kysymykseen saatiin kolme vastausta, ja yhteensä heillä syntyi kuivajäännöstä noin 51 500 tonnia.

5.5 Kiinnostus edelleen jalostamiseen tai myyntiin tilan ulkopuolelle

Kysyttäessä kiinnostusta mädätysjäännöksen myymiseen oman käytön sijaan, 64 % vastaajista vastasi ”kyllä” ja 27 % vastasi ”ehkä”. Vain yksi vastaaja ei ollut kiinnostunut lainkaan mädätysjäännöksen myynnistä. Vastaajista kolme oli kiinnostunut myymään kaiken syntyvän mädätysjäännöksen, ja neljä oli kiinnostunut myymään osan. Jatkojalostukseen kiinnostusta oli 81 %:lla vastaajista.

Niillä tiloilla tai tuotantolaitoksilla, jotka olivat valmiita myymään kaiken mädätysjäännöksen, muodostui yhteensä noin 67 500 tonnia jäännöstä. Tämä määrä jakautui kuivaan tai rakeistettuun jäännökseen (9 500 tonnia) sekä märkään mädätysjäännökseen (58 000 tonnia). Lisäksi niillä tiloilla tai tuotantolaitoksilla, jotka olivat valmiita myymään vain osan, muodostui kuivajäännöstä keskimäärin noin 1 000 kuutiota ja märkää mädätysjäännöstä keskimäärin noin 12 400 kuutiota toimijaa kohden. Laskettaessa tulevaisuudessa valmistuvat laitokset mukaan, potentiaalisen myyntiin tarjottavan määrän mädätysjäännöksen määrä oli keskimäärin noin 33 4000 kuutiota toimijaa kohden vaihteluvälin ollessa 5 000–75 000 kuutiota.

Kysyttäessä vastaajien kiinnostusta osallistua mädätysjäännöksen jatkojalostukseen ja myyntiin esimerkiksi osuuskunnan tai muun keskitetyn mallin kautta, mikäli siitä saisi sopivan hinnan, kolme vastaajaa vastasi kielteisesti, kuusi vastaajaa myönteisesti ja yksi vastaaja jalosti ja myi markkinoille jo kaiken. Kiinnostus riippui hintatasosta, jalostusmahdollisuuksista ja jalostuslaitosten sijainnista.

5.6 Kyselyn tulosten tarkastelu

Kyselyyn saatiin kattavasti vastauksia ja useimmilla toimijoilla oli halua jatkojalostaa mädätysjäännöstä myös muuhun kuin omaan käyttöön. Keskitetyn jalostuksen osalta osa epäili kuljetuksen kannattavuutta pidemmällä matkoilla. Suuremmassa laitospöytä mädätysjäännökselle oli jo olemassa selkeä jatkokäyttökohde tai tuotteistettu lannoite- tai maanparannusainetuote.

Mädätysjäännöksen arvo hahmotettiin lannoitearvon kautta. Suuri osa kyselyyn vastanneista ei ollut laskenut mädätysjäännökselle arvoa tarkemmin esimerkiksi sen sisältämien ravinteiden vuosimäärien kautta, vaan sen arvona käytettiin yhtä euroa kuutiota kohden. Tätä laskennallista arvoa on käytetty mädätysjäännöksen arvon laskennassa jo pitkään, kuten käy ilmi Esa Partasen vuonna 2010 kirjoittamasta Lappeenrannan teknillisen yliopistossa toteutetusta diplomityöstä (Partanen, 2010, s. 92).

Maatilanmittakaavassa osattiin kuitenkin arvioida, millainen määrä ostolannoitetta omalla tilalla säästyy, kun biokaasulaitoksesta muodostuva mädätysjäännös levitetään pellolle. Tämän tiedon perusteella oli mahdollista laskea mädätysjäännöksen käytölle vaihtoehtoiskustannus kaavalla

$$v = V * a \tag{2}$$

Missä

v on vaihtoehtoiskustannus

V on mädätysjäännöksen tilavuus

a on mädätysjäännökselle määritetty laskennallinen arvo

Kun keskimääräinen tilakohtainen muodostuvan mädätysjäännöksen määrä noin 9 600 kuutiota kerrottiin mädätysjäännökselle yleisesti määritetyllä laskennallisella arvolla 1 €/m³, saatiin mädätysjäännöksellä lannoittamisen vaihtoehtoiskustannukseksi noin 9 600 euroa tilaa kohden.

Kyselyn perusteella tilakohtaisesti säästettiin mädätysjäännöstä käyttämällä keskimäärin noin 70 tonnia ostolannoitetta. Kun se arvoitettiin vastaamaan esimerkiksi yleisesti käytössä olevaa YaraMila Y 3 NPK -lannoitetta hintaan 676 €/tonni (Maataloustarvike Mattila, i.a.), saatiin laskettua noin 48 000 euron keskimääräinen säästö lannoitteissa tilaa kohden. Ostolannoitteiden hinnat kuitenkin vaihtelevat huomattavasti. Laskussa käytetty lannoitetonnin hinta perustuu tuotteen YaraMila Y 3 listahintaan 10.12.2024.

Mädätysjäännökselle yleisesti käytettävällä laskennallisella arvolla saatavan vaihtoehtoiskustannuksen sekä väkilannoitteista saadun säästön välillä havaitaan merkittävä ero. Mädätysjäännöksen todellisen arvon voitaneen siis olettaa olevan huomattavasti yleisesti käytettyä 1 €/m³ korkeampi. Mädätysjäännöksen todellisen arvon selvittämiseksi tarvittaisiin kuitenkin toteutettua kyselyä huomattavasti laajamittaisempi selvitys. Tällaisessa tutkimuksessa olisi hyvä selvittää tarkemmin esimerkiksi mädätysjäännöksen sisältämiä ravinnepitoisuuksia, käyttömääriä ja todellista lannoitearvoa, ja verrata syntyvää kokonaisuutta yleisesti markkinoilla oleviin väki- ja luomulannoitteisiin sekä niiden käyttömääriin.

Mädätysjäännöksen laskennallista arvostusta ei ole muutettu, vaikka ostolannoitteiden hintojen kehitys on ollut nousevaa. Tilastokeskuksen dataan pohjautuvassa kaaviossa (kuvio 5) voidaan havaita maataloudessa käytettävien lannoitteiden ja maanparannusaineiden ostohintaindeksin vaihtelu vuosien 2015 ja 2024 välillä vuosineljänneksittäin tarkasteltuna.



Kuvio 6. Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi (2015=100) (Tilastokeskus, i.a.-a).

Lannoitekäytössä hyödynnettävän mädätysjäännöksen arvoa ei ole noteerattu markkinoilla, eikä sen laskennallinen arvo ole seurannut ostolannoitteiden hinnankehitystä. Kuitenkin mitä enemmän mädätysjäännöstä ja siitä kehitettyä tuotetta markkinoille tulee, sen suurempi merkitys sillä tulee olemaan alueen viljelyn kannalta. Tämän vuoksi lannoitteiden hintojen kehityssuunnan pitäisi näkyä myös mädätysjäännöksen arvotuksessa. Esimerkiksi Etelä-Pohjanmaalle Nurmoon rakennettava suuri keskitetty biokaasulaitos tulee lisäämään alueen markkinoilla olevan mädätysjäännöksen määrää merkittävästi.

Kyselyn vastausten perusteella mädätysjäännöksen prosessointiin, jatkojalostamiseen ja edelleenmyyntiin löytyy kiinnostusta, mutta kiinnostus riippuu hintatasosta, jalostusmenetelmistä ja jalostuslaitosten sijainnista. Nykyisellä tuotantomäärällä Etelä-Pohjanmaan alueella ei liene kannattavaa rakentaa yhteiskäsittelylaitosta, pääasiallisesti mädätysjäännöksen kuljetuksen hankaluuden ja siirron kannattamattomuuden vuoksi. Tuotantomäärien kasvaessa tilannetta on pohdittava uudelleen.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Turpeen rooli Euroopan kasvualustamarkkinoilla on vahva, vaikka Suomessa sen tuotanto onkin vaarassa vähentyä. Turvetuotannon vähentymisen työllisyysvaikutus sekä soiden omistajien varallisuuden heikkeneminen iskevät kipeästi juuri Etelä-Pohjanmaahan. Mikäli ympäristöturpeen tuotanto kotimaassa muuttuu kannattamattomaksi, on kansantaloudellisesti tärkeää, että koko valtakunnan tasolla löydetään ja aletaan tuottamaan korvaavia materiaaleja. Yksi näistä vaihtoehdoista voisi olla biokaasulaitoksissa syntyvä mädätysjäännös, mikäli siihen liittyvät riskit tunnistetaan ja niihin reagoidaan asianmukaisesti.

Kasvualusta- ja kuivikekäytössä mädätysjäännöksen suurimmat riskit liittyvät lopputuotteen hygieenisyyteen ja puhtauteen. Itse biokaasuprosessi toimii jonkinasteisena hygienisointiprosessina, ja joissain tapauksissa syötteisiin liittyy hygienisointivaatimuksia jo ennen niiden lisäämistä mädätysprosessiin. Lopputuotteen osalta lainsäädännössä on kuitenkin asetettu tarkat rajat ihmisille vaarallisten tautien, kuten salmonellan ja *E. colin* osalta, mutta esimerkiksi kasvitautien esiintymiselle ei ole annettu raja-arvoja. Mädätysjäännökseen liittyvää kasvitautien leviämiskäsitettä olisi tutkittava enemmän.

Raskasmetalleille sekä makrokokoisille epäpuhtauksille (lasi, muovi, metallit) löytyy lainsäädännöstä niin ikään rajoitteet, mutta esimerkiksi mikromuovien ja erilaisten kemikaalien kuten PFAS-yhdisteiden esiintymistä kasvualustoissa tai kuivikemateriaaleissa ei lainsäädännön osalta säädelä. Tämä tietysti koskee muitakin materiaaleja, eikä tämän selvityksen yhteydessä pystytty arvioimaan näiden esiintymisen yleisyyttä juuri mädätysjäännöksessä. Riskejä ei kuitenkaan pidä sivuuttaa, ja mädätysjäännöstä tulisi myös tältä osin tutkia enemmän. Lopputuote tulisi käyttökohteesta riippumatta tutkia huolella ennen käyttöönottoa, kuten markkinoille tuotaessa tietyissä määrin velvoitetaan.

Myös mädätysjäännöksen ominaisuuksiin liittyy haasteita. Mädätysjäännöksen korkea pH voi jo itsessään aiheuttaa hankaluuksia sen käytössä, muun muassa sisäilman turvallisuuden (kuivikekäyttö) ja ravinteiden käytettävyyden (kasvualustana) osalta. Myös mädätysjäännöksen ravinnepitoisuus ja -jakauma, jotka saattavat vaihdella tuotantoerittäin, ovat tärkeässä roolissa kasvualustakäyttöä mietittäessä. Ne tulisi selvittää jokaisen erän osalta. Mädätysjäännöksen ominaisuuksien perusteella nykyisen tutkimustiedon valossa kasvualustakäytössä mädätysjäännös vaikuttaisi soveltuvan parhaiten osaksi kasvualustaseosta. Mädätysjäännöksen happamointikäsitteilyn mahdolliset vaikutukset lopputuotteen käyttöön kasvualustoissa ja kuivikemateriaalina ovat kiinnostava tutkimuskohde.

Biokaasun tuotannossa on luonnollisesti keskitytty ymmärtämään ja kehittämään prosessia mahdollisimman tehokkaan biokaasuntuotannon näkökulmasta. Mikäli biokaasulaitoksen mädätysjäännökselle kuitenkin on etukäteen tiedetty käyttökohde, voisi olla kiinnostavaa tutkia prosessia esimerkiksi ravinteiden optimoinnin näkökulmasta syötteiden suhteita säätämällä, vaarantamatta kuitenkaan itse biokaasun tuotannon tehokkuutta.

Aika näyttää, onko kuivike- tai kasvualustakäyttöön ohjautumassa mädätysjäännöksestä jakeita, vai onko kierrätyslannoite rae- tai pellettimuodossa laitoksille taloudellisesti kannattavampi tuotevaihtoehto. Kirjallisuuslähteiden ja nyt toteutetun kyselyn myötä arvioitu mädätysjäännöksen euromääräinen arvo jää ainakin laskennallisesti niin matalaksi, että tällä hetkellä käyttö kuivike- tai kasvualustamateriaalina olisi taloudellisestikin mahdollista. Mädätysjäännöksen todellisen rahallisen arvon ja lannoitusvaikutusten vaihtoehtoiskustannuksen selvittämiseksi tarvitaan kuitenkin lisätutkimusta. Etelä-Pohjanmaalla ja lähialueilla on jo toiminnassa ja rakenteilla biokaasulaitoksia, joiden mädätysjäännöstä on tarjolla markkinoille merkittäviä määriä.

Kyselyn perusteella suurin osa toimijoista on kiinnostunut mädätysjäännöksen jatkojalostuksesta tai sen myynnistä markkinoille, mikäli se on kannattavaa. Mädätysjäännöksestä tehtävä lopputuote määrittelee tarvittavat lisäinvestoinnit. Laitoskoko määrittää osaksi sen, miten pitkälle mädätysjäännöstä kannattaa jalostaa, sillä jatkojalostus edellyttää lisäinvestointeja. Siksi pienempien laitosten osalta keskitetty yhteinen mädätysjäännöksen jatkokäsittely saattaisi olla taloudellisesti järkevä ratkaisu. Tämä edellyttää kuitenkin riittävän lyhyitä kuljetusmatkoja laitokselta jalostukseen, eli keskitetyn jalostuksen sijaintipaikka tulisi olla hyvin saavutettavissa useammalta biokaasulaitokselta. Suuremmilla toimijoilla on paremmat taloudelliset edellytykset jatkojalostukseen. Pienemmillä toimijoilla tarvitaan joko uusia innovaatioita, joilla myös pienempien määrien prosessointi on kannattavaa ja investoinnin hinta kohtuullinen, tai yhteistyötä useamman laitoksen kesken.

LÄHTEET

Aarnio, M., Myllyniemi, A.-L., Nykäsenoja, S., Raatikainen, M., Koivisto, P., Tuominen, P., Suomi, J., Cheung, S. M., Luostarinen, S., Ervasti, S., Lehtoranta, S., Rintamäki, H., & Grönroos, J. (2019). *Mikrobilääkeresistenssi ja -jäämät nautatiloilla – vaikutukset ympäristöön ja terveyteen (NAMI)* (Ruokaviraston tutkimuksia 4/2019). Ruokavirasto. <http://hdl.handle.net/10138/308657>

Baltic Slurry Acidification. (i.a.). <https://interreg-baltic.eu/project/baltic-slurry-acidi/>

Benabdeljelil, K., & Ayachi, A. (1996). Evaluation of alternative litter materials for poultry. *Journal of applied poultry research*, 5(3), 203–209. <https://doi.org/10.1093/japr/5.3.203>

Bilgili, S. F., Hess, J. B., Blake, J. P., Macklin, K. S., Saenmahayak, B., & Sibley, J. L. (2009). Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. *Journal of applied poultry research*, 18(3), 583–589. <https://doi.org/10.3382/japr.2009-00023>

Bioenergia. (i.a.). *Turve ja turpeen käyttö Suomessa*. Bioenergia. <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/turve/>

Blok, C., Eveleens, B., & Van Winkel, A. (2021). Growing media for food and quality of life in the period 2020-2050. *Acta Horticulturae*, 1305, 341–356. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1305.46>

DalCorso, G., Fasani, E., Manara, A., Visioli, G., & Furini, A. (2019). Heavy metal pollutions: State of the art and innovation in phytoremediation. *International journal of molecular sciences*, 20(14), artikkeli 14. <https://doi.org/10.3390/ijms20143412>

de Jong, I. C., Gunnink, H., & van Harn, J. (2014). Wet litter not only induces footpad dermatitis but also reduces overall welfare, technical performance, and carcass yield in broiler chickens. *Journal of applied poultry research*, 23(1), 51–58. <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00803>

Dewes, T. (1996). Effect of pH, temperature, amount of litter and storage density on ammonia emissions from stable manure. *The journal of agricultural science*, 127(4), 501–509. <https://doi.org/10.1017/S0021859600078722>

Drosg, B., Fuchs, W., Seadi, T. A., Madsen, M., & Linke, B. (2015). *Nutrient recovery by biogas digestate processing*. IEA Bioenergy. <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/nutrient-recovery-by-biogas-digestate-processing/>

Eurofins Viljavuuspalvelu. (i.a.). *Lantojen tilavuuspainot, keskiarvot*.
<https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2233424/lantojen-tilavuuspainot.pdf>

Geels, C., Gyldenkærne, S., Nyord, T., Andersen, H. E., Molina-Navarro, E., Trolle, D., Thodsen, H., Bak, J. L., Konrad, M. T., Hasler, B., Hansen, K. M., Christensen, J. H., & Timmermann, K. (2023). Manure acidification and air cleaners for ammonia abatement: A holistic assessment of the costs and effects on terrestrial, freshwater and marine ecosystems. *Agronomy*, 13(2), artikkeli 2. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020283>

Ghoddusi, H. B., Sherburn, R. E., & Aboaba, O. O. (2013). Growth limiting pH, water activity, and temperature for neurotoxic strains of *Clostridium butyricum*. *International scholarly research notices*, 2013, artikkeli 731430.
<https://doi.org/10.1155/2013/731430>

Haraldsson, L. (2008). *Anaerobic digestion of sugar beet* [master thesis, Swedish University of Agricultural Sciences]. Epsilon archive for student projects.
<https://stud.epsilon.slu.se/11782/>

Heiskanen, J. (2021). *Kuivatun karjanlannan mädätejännöksen soveltuvuus kasvualustaksi – esikoe: Pohjois-Savon liiton ja Luonnonvarakeskuksen rahoittaman tutkimushankkeen loppuraportti*. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021041510503>

Hjorth, M., Cocolo, G., Jonassen, K., & Sommer, S. G. (2013). Acidifications effect on transformations in and composition of animal slurry. *15th RAMIRAN international conference: Recycling of organic residues in agriculture: From waste management to ecosystem services*, S8.24.
https://ramiran.uvlf.sk/doc13/Proceeding_2013/documents/S8.24..pdf

Hollmén, M. (19.4.2021). Biokaasun syötteet, tuotanto ja haasteet. *Bioenergiawebinaari 19.4.2021*. Kurikka. <https://kurikka.fi/wp-content/uploads/2021/05/Biokaasuesitys-Kurikka-19.4.2021-1.pdf>

Horn, S., Seppänen, A.-M., Winqvist, E., Lehtoranta, S., & Luostarinen, S. (2020). *Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen hyödyntämismahdollisuudet – vaihtoehtojen ilmastovaikutukset ja taloudellisuus* (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 42). Suomen ympäristökeskus. <http://hdl.handle.net/10138/321266>

Iivonen, S. (2008). *Ympäristöturpeet ja niiden käyttö* (Raportteja 32). Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti. <http://hdl.handle.net/10138/225276>

Iivonen, S., Jäppinen, E., Laihanen, M., Luste, S., Nykänen, A., Ranta-Korhonen, T., Seppäläinen, S., Seuri, P., & Soininen, H. (2013). *Energiaomavarainen maatala*

(Julkaisu 29). Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti.
<http://hdl.handle.net/10138/228147>

Kaariaho, T., & Pirtonen, H. (17.3.2022). Materiaalivirtojen tarkempi erittely vuodelta 2021 osoittaa luonnon-varojen kulutuksen vähentyneen. *Tieto&trendit*.
<https://stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2022/materiaalivirtojen-tarkempi-erittely-vuodelta-2021-osoittaa-luonnonvarojen-kulutuksen-vahentyneen>

Kallio, E. (2023). *Biokaasulaitoksessa mädätettävän olutmäskin mädätysjäännöksen hyötykäyttö: Mahdollisuudet mallasohran viljelyssä* [AMK-opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023060217428>

Kari, M., & Häkkinen, P. (i.a.). *Maatalouden biomassat biokaasulaitoksessa: Opas biomassojen ominaisuuksista syötteenä ja lantana*. (ProAgrian hankejulkaisut 6). ProAgria.
https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/maatalouden_biomassat_biokaasulaitoksessa_opas_s.pdf

Kaukonen, E. (2017). *Housing conditions and broiler and broiler breeder welfare: The effect of litter condition on contact dermatitis in broilers and breeders, and the effect of elevated structures on broiler leg health* [väitöskirja, Helsingin yliopisto]. HELDA.
<http://hdl.handle.net/10138/183811>

Kinnunen, V., & Rintala, J. (2015). Biokaasualan monet mahdollisuudet. Teoksessa M. Kymäläinen, & O. Pakarinen (toim.), *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen* (s. 9–20). (HAMKin e-julkaisuja 36). Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Korhonen, T., Hirvonen, P., Rämetsä, J., & Karjalainen, S. (2021). *Selvitys turpeen energiakäytön kehityksestä Suomessa* (Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:24). Työ- ja elinkeinoministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-856-1>

Kupper, T., Brändli, C., Bucheli, T. D., Stämpfli, C., Zennegg, M., Berger, U., Edder, P., Pohl, M., Niang, F., Iozza, S., Müller, J., Schmid, P., Huber, S., Ortelli, D., Slooten, K. B.-V., Mayer, J., Bachmann, H.-J., Stadelmann, F. X., & Tarradellas, J. (2008). Organic pollutants in compost and digestate: Occurrence, fate and impacts. *Compost and digestate: Sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production: Proceedings of the international congress CODIS 2008, February 27-29, 2008, Solothurn, Switzerland*, 27–34.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=12f7706dad5d565da5b5ccade1c14597bf125e7fb>

Kymäläinen, M., & Luostarinen, S. (2015). Biokaasutuotannon raaka-aineet. Teoksessa M. Kymäläinen, & O. Pakarinen (toim.), *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi*

ja lopputuotteiden hyödyntäminen (s. 21–47). Hämeen ammattikorkeakoulu.
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Laki eläinten hyvinvoinnista 693/2023.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2023/20230693>

Lampinen, A., & Rautio, E. (2015). Biokaasun käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa M. Kymäläinen, & O. Pakarinen (toim.), *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen* (s. 124–172). Hämeen ammattikorkeakoulu.
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Lannoitelaki 711/2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2022/20220711>

Latvala, M. (2009). *Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT): Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä*. Suomen ympäristökeskus.
<http://hdl.handle.net/10138/37998>

Leinonen, A. (2010). *Turpeen tuotanto ja käyttö: Yhteenvedo selvityksistä* (VTT Tiedotteita 2550). VTT. <https://publications.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2010/T2550.pdf>

Li, J., Sun, J., & Li, P. (2022). Exposure routes, bioaccumulation and toxic effects of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) on plants: A critical review. *Environment International*, 158, artikkeli 106891. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106891>

Luostarinen, S. (2015). Biokaasuprosessit ja laitostaseet. Teoksessa M. Kymäläinen, & O. Pakarinen (toim.), *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen* (s. 82–93). Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Luostarinen, S., & Jaakkola, U. (2015). Biokaasutuotannon raaka-aineiden esikäsittely. Teoksessa M. Kymäläinen, & O. Pakarinen (toim.), *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen* (s. 48–58). Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/2011.
<https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/37638>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 964/2023.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230964>

Maataloustarvike Mattila. (i.a.). YaraMila Y 3, 700 kg YLISTARO/LAIHIA. Haettu 10.12.2024, <https://maataloustarvike.fi/tuote/yaramila-y-3-700-kg-ylistaro-laihia/>

Malone, G. W., Chaloupka, G. W., & Saylor, W. W. (1983). Influence of litter type and size on broiler performance: 1. factors affecting litter consumption. *Poultry science*, 62(9), 1741–1746. <https://doi.org/10.3382/ps.0621741>

Manni, K., Högel, H., Saastamoinen, M., Frondelius, L., & Huuskonen, A. (2023). *Kuivikeselvitys: Kuiviketilanteen nykytilan tarkastelu ja lähitulevaisuuden kehitysnäkymien arviointi* (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 85/2023). Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-778-55>

Matches, J. R., & Liston, J. (1972). Effect of pH on low temperature growth of Salmonella. *Journal of food protection*, 35(1), 49–52. <https://doi.org/10.4315/0022-2747-35.1.49>

Maunuksela, L., & Relander, A. (11.12.2024). Kohti kestäväää kiertotaloutta: Kierrätyslannoitteiden ja -kasvualustojen kasvinsuojeluainejäämät ja niiden hallinta. *Luomuwebinaari 11 12 2024*. The Finnish Organic Research Institute. <https://www.youtube.com/watch?v=F-R3YKOXUdE>

Motiva. (2013). *Biokaasun tuotanto maatilalla*. https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf

Niemeläinen, O., Hyvönen, T., Jauhiainen, L., Lötjönen, T., Virkkunen, E., & Uusi-Kämpä, J. (2014). *Hoidettu viljelemätön pelto biokaasuksi: Biomassan sopivuus syötteeksi ja korjuun vaikutukset tukiohjelmien muiden tavoitteiden saavuttamiseen*. MTT. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014030415897>

Paavola, T., & Kapuinen, P. (2015). Mädätysjäännöksen käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa M. Kymäläinen, & O. Pakarinen (toim.), *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen* (s. 94–123). Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Palander, S. (2024). Kuivikemateriaalien happamuuden tutkiminen. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote 42: Maataloustieteen päivät 2024*. <https://doi.org/10.33354/smst.143664>

Partanen, E. (2010). *Mädätysjäännöksen tuotteistamismahdollisuudet Kymenlaaksossa*. [diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto]. LUTPub. <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/66351>

Porterfield, K. K., Hobson, S. A., Neher, D. A., Niles, M. T., & Roy, E. D. (2023). Microplastics in composts, digestates, and food wastes: A review. *Journal of environmental quality*, 52(2), 225–240. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20450>

Puustjärvi, V. (1973). *Kasvuturve ja sen käyttö*. Turveteollisuusliitto.

Ruokavirasto. (12.2.2024a). *Laitoshyväksyntä*.
<https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/lannoitelan-toiminta/laitoshyvaksynta/>

Ruokavirasto. (5.3.2024b). *Kohti kestäväää kiertotaloutta: Kierrätyslannoitteiden ja -kasvualustojen kasvinsuojeluainejäämät ja niiden hallinta (Kiertokas)*.
<https://www.ruokavirasto.fi/teemat/tieteellinen-tutkimus/tutkimushankkeet/kaynnissa/ruoantuotanto-ja-maaseudun-elinvoimaisuus/kierratyslannoitteiden-ja--kasvualustojen-kasvinsuojeluainejaamat/>

Saalasti, M. (23.10.2020). *Biokaasulaitosten ravinne- ja kuivikehyödyt maataloille – onko niitä?* Doranova. <https://www.doranova.fi/biokaasulaitosten-ravinne-ja-kuivikehyodyt-maataloille/>

Salo, H. (22.8.2023). Turve kasvualustana ja kuivikkeena – tulevaisuus. *Ratkaisevat tekijät – seminaari*. Koneyrittäjät.
<https://www.koneyrittajat.fi/media/Julkinen/Liitteet/Tapahtumat/Ratkaisevat2023/07Salo.pdf>

Salo, T., Grönroos, J., Luostarinen, S., Kapuinen, P., Manninen, K., Rankinen, K., & Myllyviita, T. (2015). *Lietelannan happokäsittely lannan ravinteiden käytön tehostamisen tukena* (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2015). Luonnonvarakeskus.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-113-6>

Silvan, N., Näkkilä, J., Heiskanen, J., & Engström, S. (2024). *Kasvuturpeelle kavereita: Loppuraportti* (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 20/2024). Luonnonvarakeskus.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-888-1>

Soimakallio, S., Sankelo, P., Kopsakangas-Savolainen, M., Sederholm, C., Auvinen, K., Heinonen, T., Johansson, A., Judl, J., Karhinen, S., Lehtoranta, S., Räsänen, S., & Savolainen, H. (2020). *Turpeen rooli ja sen käytöstä luopumisen vaikutukset Suomessa*: Tekninen raportti. Sitra. <https://www.sitra.fi/julkaisut/turpeen-rooli-ja-sen-kaytosta-luopumisen-vaikutukset-suomessa/>

Suomen Biokierto ja Biokaasu. (2024). *Excel-listaus vireillä olevista biokaasu- ja biometaanin laitoshankeinvestoinneista* (Tilanne 3.4.2024) [sähköinen tietoaiste].
<https://biokierto.fi/tilastot/biokaasutilastot/>

Tampio, E., Virkkunen, E., Heikkinen, P., Hietaranta, M., & Saastamoinen, M. (2014). Hevosenlanta tuottaa biokaasua. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote 30: Maataloustieteen päivät 2014*. <https://doi.org/10.33354/smst.75381>

Tilastokeskus. (i.a.-a). *Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi* (2015=100), neljänneksittäin [Suomen virallinen tilasto]. Valitut muuttajat: 2015Q1-2024Q3,

Lannoitteet ja maanparannusaineet.

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ttohi/statfin_ttohi_pxt_11gw.px/

Tilastokeskus. (i.a.-b). *Materiaalivirrat materiaalikategorioittain* [Suomen virallinen tilasto]. Valitut muuttujat: 2010–2023, Luonnonvarojen suorat panokset (DMI), Turve.

https://pxdata.stat.fi:443/PxWebPxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_kanma/statfin_kanma_pxt_13rw.px/

Tilastokeskus. (i.a.-c). *Polttoaineen kulutus sähkön ja lämmön tuotannossa* [Suomen virallinen tilasto]. Valitut muuttujat: 2000–2023, Määrä (TJ), Turve.

https://pxdata.stat.fi:443/PxWebPxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_salatuo/statfin_salatuo_pxt_12a3.px/

Tontti, T., Kapuinen, P., Ojajärvi, J., Joki-Tokola, E., Laurila, M., Ikäläinen, T., Kekkonen, J., & Veijalainen, A.-M. (2015). *Orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointi, levittäminen ja annostelu* (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 46/2015).

Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-092-4>

Tulli. (i.a.). *Ulkomaankauppatilasto* [Tullin tilastotietokanta]. Valitut muuttujat: 2002–2023; Tavaraluokitus 2703 (2002-) Turve, mukaan lukien turvepehku, myös yhteen puristettu; Vienti määrämaittain; Kaikki maat yhteensä; Tilastoarvo (euro).

<https://uljas.tulli.fi/v3rti/db/0/cubes/19>

Vesala, T., Haila, Y., Korppi-Tommola, J., Kulmala, L., Lohila, A., Raivonen, M., Ruuhijärvi, R., & Savolainen, I. (2010). *Turpeen energiakäytön hyödyt ja haitat* (Suomalaisen tiedeakatemia kannanottoja 1). Suomalainen Tiedeakatemia.

<https://acadsci.fi/wp-content/uploads/2016/01/turpeenenergiakaytto.pdf>

Virtanen, K., Hänninen, P., Kallinen, R.-L., Vartiainen, S., Herranen, T., & Jokisaari, R. (2003). Suomen turvevarat 2000 (Tutkimusraportti 156). Geologian Tutkimuskeskus.

https://www.researchgate.net/publication/290295226_Suomen_turvevarat_2000_Summary_The_peat_reserves_of_Finland_in_2000

Westerman, P. R., Hildebrandt, F., & Gerowitt, B. (2012). Weed seed survival following ensiling and mesophilic anaerobic digestion in batch reactors. *Weed research*, 52(3), 286–295. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2012.00918.x>

LIITTEET

Liite 1. Webropol-kyselylomake



Euroopan unionin
osarahoittama



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



JÄRVISEUDUN AMMATTI-INSTITUUTTI



LUONNONVARAKESKUS



ETELÄ-POHJANMAAN LIITTO
Regional Council of South Ostrobothnia



Mädätejäännöspotentialin ja sen käytön selvitys Etelä-Pohjanmaalla

Pakolliset kysymykset merkitty tähdellä (*)

Tämän kyselyn avulla pyritään selvittämään Etelä-Pohjanmaan maakunnassa toimivien biokaasulaitosten tuottaman mädätejäännöksen nykyistä määrää, laatua ja käyttöä. Kyselyllä kartoitetaan kiinnostusta mädätejäännöksen luovuttamiseen, myymiseen ja jatkojalostamiseen. Kysely toteutetaan Euroopan unionin osarahoittamassa Turvevapaa ruokaketju (J10741) – hankkeessa. Hankkeessa selvitetään mm. mädätejäännöksen mahdollisuuksia korvata ympäristöturvetuotteita.

Lisätietoja hankkeen nettisivuilta: <https://projektit.seamk.fi/kestavat-ruokaratkaisut/turvevapaa-ruokaketju/>

1. Yhteystiedot *

Etu- ja sukunimi

Matkapuhelin

Sijainti

Sähköposti

Mädätystyyppi

2. Mitä eri syötteitä käytätte biokaasuntuotannossa? Voit valita useamman vaihtoehdon *

- Kuivalanta
- Lietelanta
- Elintarviketeollisuuden sivutuotteet
- Kasvihuonetuotannon sivujakeet
- Erilliskerätty biojäte
- Yhdyskuntaliete
- Muuta biomassaa, mitä? _____

3. Vaihteleeeko mädätejäännöksen sisältö vuositasolla? (Tasalaatuisuus vuoden sisällä?) *

4. Kuinka monta kuutioita mädätejäännöstä arviolta muodostuu vuodessa? *

5. Onko käytössä märkämädätejäännöksen separointi? *

- Kyllä
- Ei

6. Onko jokin muu jatkojalostustapa jo käytössä? *

- Kyllä, jos niin mikä? _____
- Ei

7. Onko tilalla kiinnostusta jatkojalostukseen (hygienisointi tms)? *

- Kyllä
- Ei

8. Onko mädätejäännökselle varastointitila? *

Kyllä

Ei

9. Mihin mädätejäännös nykyisin hyödynnetään? *

Käytetään itse

Luovutetaan toisaalle

Levitetäänkö jäännös pellolle? Jos, niin kuinka suurelle alalle? _____

Kuinka monta tonnia levitettävää tulee vuodessa? _____

10. Onko mädätejäännökselle laskettu joku euromääräinen arvo? *

11. Millä hinnalla mädätejäännös arvotetaan? *

*

12. Jos mädätejäännöstä ei levitettäisi omalle tilalle, niin paljonko ostolannoitteita tulisi hankkia korvaamaan sen käyttö? (Onko jäännökselle laskettu vaihtoehtoiskustannus)

*

13. Onko kiinnostusta oman käytön sijaan myymiseen? *

Kyllä

Ei

Ehkä

14. Jos tarjolla olisi sopivalla hinnalla jatkokäyttömahdollisuus mädätejäännöksellenne, niin kiinnostaisiko sellaiseen osallistuminen? (Esimerkiksi osuuskuntaan, joka keräisi näitä useammalta tilalta ja jalostaisi eteenpäin) *

15. Jos hankkeessa halutaan testata pienessä erässä jäännöstä, onko kiinnostusta luovuttaa koe-erä hankkeen käyttöön? *

Kyllä

Ei

Ehkä

Hyväksyn SeAMKin tietosuojailmoituksen koskien TKI-toimintaa ja Dynamics 365 CRM- ja Marketing -sidosryhmähallintajärjestelmää: <https://www.seamk.fi/tietosuoja/tietosuoja-ilmoitus-seamk-tki/> *

Kyllä