

Vihvilänsuon jätevedenpuhdistamon lietteen jatkokäsittelymahdollisuudet

LAB-AMMATTIKORKEAKOULU

Insinööri (AMK),

Ympäristö- ja energiatekniikka

Kevät 2021

Lassi Louhiniitty

Tiivistelmä

Tekijä Louhiniitty, Lassi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Kevät 2021
	Sivumäärä 39	
Työn nimi Vihvilänsuon jätevedenpuhdistamon lietteen jatkokäsittelymahdollisuudet		
Tutkinto Insinööri (AMK), Ympäristö- ja energiatekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Juho Jylhä, Tekninen johtaja, Rautjärven kunta		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin Rautjärven kunnalle. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Rautjärvellä sijaitsevan Vihvilänsuon jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessista syntyvän lietteen käsittelymahdollisuuksia.</p> <p>Menetelminä käytettiin kirjallisuuskatsausta ja internet-selain pohjaisia työkaluja, kuten Luonnonvarakeskuksen Biokaasulaskuria ja Biomassa Atlasta.</p> <p>Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsitellään erilaisia lietteen käsittely menetelmiä, käsitellyn lietteen hyödyntämistä sekä niiden ympäristövaikutuksia. Teoreettisessa osuudessa käsitellään myös lietteenkäsittelyä koskevaa lainsäädäntöä, tukia ja vaadittavia lupia.</p> <p>Vihvilänsuon jätevedenpuhdistamo sijaitsee kaukana suurista käsittelylaitoksista, jonka takia lietteen käsittely ja hyödyntäminen olisi kustannustehokkainta tehdä lietteen syntypaikalla. Lietteiden kompostointi ja tuotteistaminen maanparannusaineeksi, lannoitteeksi tai kasvualustaksi on todennäköisesti kustannustehokkain syntyvän lietteen käsittely tapa. Lietteenkäsittely kehittyä tällä hetkellä nopeasti ja on odotettavissa, että lähitulevaisuudessa uusia kustannustehokkaampia menetelmiä on enemmän tarjolla.</p>		
Asiasanat Jätevesiliete, jätevedenpuhdistus, ravinteiden kierrätys, kiertotalous		

Abstract

Author Louhiniitty, Lassi	Type of Publication Bachelor's thesis	Published Spring 2021
	Number of Pages 39	
Title of Publication Treatment possibilities for sewage sludge produced at Vihvilänsuo wastewater treatment plant		
Name of Degree Bachelor of Engineering (Environmental and energy engineering)		
Name, title and organization of the client Juho Jylhä, technical director, Rautjärvi municipality		
Abstract <p>The thesis was done for the municipality of Rautjärvi. The aim of the thesis was to study the treatment possibilities of wastewater sludge generated from the treatment process of the Vihvilänsuo wastewater treatment plant in Rautjärvi.</p> <p>The methods used were a literature review and internet browser-based tools, such as the Biogas Facility Planner Tool and Biomass Atlas developed by the Natural Resources Institute Finland.</p> <p>The theoretical part of the thesis deals with various sludge treatment methods, the utilization of treated sludge and their environmental effects. The theoretical part also deals with sludge treatment legislation, subsidies, and permits.</p> <p>The Vihvilänsuo wastewater treatment plant is located far from large treatment plants, which would make it most cost-effective to treat and utilize the sludge at the source of the sludge. Composting and commercializing the sludge into a soil improver, fertilizer, or growing medium is probably the most cost-effective way to treat the resulting sludge. Sludge treatment is currently evolving rapidly, and in the near future, some new economically more viable technology may be a better option.</p>		
Keywords Sewage sludge, wastewater treatment, nutrient recycling, circular economy		

Sisällys

1	Johdanto.....	2
2	Yleistä jätevedenpuhdistuksesta.....	3
2.1	Jätevedenpuhdistusprosessi.....	3
2.2	Puhdistamoliete	3
3	Puhdistamolietteen käsittelymenetelmiä	5
3.1	Kuivaus.....	5
3.2	Kompostointi.....	5
3.3	Mädätys.....	7
3.4	Kalkkistabilointi	9
3.5	Poltto	9
3.6	Muita lietteen käsittelymenetelmiä	10
4	Käsitellyn lietteen käyttökohteet.....	12
4.1	Puhdistamolietteen soveltuminen lannoitteeksi.....	12
4.2	Puhdistamolietteen sallitut käyttökohteet	13
4.3	Lietteen tuotteistaminen maanparannusaineeksi	13
4.4	Viherrakentaminen ja maisemointi	13
5	Lainsäädäntö, luvat ja tuet	15
5.1	Lainsäädäntö.....	15
5.2	Lietteenkäsittelyyn liittyvät lupakäytännöt	17
5.3	Tukimahdollisuudet.....	17
6	Rautjärvi ja jätevedenpuhdistamo	19
6.1	Alueen yleiskuvaus	19
6.2	Jätevedenpuhdistamo.....	19
7	Työssä käytetyt menetelmät	21
7.1	Tiedonhankinta	21
7.2	Biokaasulaskuri	21
8	Tulokset.....	22
9	Yhteenveto	25
10	Lähteet	26
11	Liitteet.....	31

1 Johdanto

Suomessa on noin 350 ympäristöluvanvaraista jätevedenpuhdistamo. Suomalaisissa jätevedenpuhdistamoissa käsitellään vuosittain noin puoli miljardia kuutiometriä jätevettä. Vedenpuhdistuksessa syntyvä liete on pitkään aiheuttanut päänvaivaa, mutta nykyisin se nähdään myös arvokkaana raaka-aineena. (VVY 2021.)

Lietettä syntyy Suomessa noin 1000000 m³/a. Suurin osa syntyvästä lietteestä käsitellään kompostoimalla tai biokaasulaitoksissa. Biokaasulaitos tuottaa lietteestä kaasuseosta, joka puhdistetaan käyttövalmiiksi metaaniksi. Komposti ja biokaasu prosessista ylijäävä kiintoaine voidaan käyttää esimerkiksi maataloudessa tai viherrakentamisessa. Puhdistamoliete sisältää runsaasti hyödyllisiä aineita, kuten fosforia ja typpeä sekä myös jonkun verran haitta-aineita, kuten raskasmetalleja, PAH-yhdisteitä, lääkeainejäämiä ja mikromuoveja. Lietteen sisältämät ravinteet ja muut aineet riippuvat puhdistettavaksi tulevan jäteveden laadusta ja koostumuksesta. (ProAgria 2020, 4, 10–12.)

Puhdistamolietteiden hyödyntäminen kasvaa kovaa vauhtia ja lietteiden käsittelytekniikat kehittyvät nopeasti. Puhdistamolietteen käsittelyllä pyritään yleensä lietteen määrän vähentämiseen, lietteen stabilointiin ja lietteen hygienisoimiseen. Käsittelymenetelmiä ovat esimerkiksi kuivaus, kompostointi, mädätys, kalkkistabilointi ja poltto. Lietettä voidaan käsitellä sen syntypaikalla tai kuljettaa esimerkiksi polttolaitokseen tai biokaasulaitokseen. Lietteen käsittely on välttämätöntä sen jatkokäyttöä varten, sekä ympäristön ja ihmisten turvallisuuden takaamiseksi (GEA 2016.)

Fosfori on kaikille eliöille tärkeä alkuaine ja yleisesti lannoitukseen käytettävä kasviravinne. Maailman fosforivarannot eivät ole loputtomia. Fosforia arvioidaan olevan tällä hetkellä löydetyissä varannoissa useimpien arvioiden mukaan noin kuudestakymmenestä vuodesta useamman sadan vuoden tarpeiksi nykyisellä kulutuksella. Yhdeksi ratkaisuksi tähän on ehdotettu ravinteiden kierrätystä, jota EU ja myös Suomi ovat alkaneet edistämään. Fosforia päätyy jätevedenpuhdistamoille Suomessa 4000 tonnia vuodessa. Suurin osa tästä fosforista on peräisin virtsasta ja pesuaineista. Tästä Fosforista hyödynnetään lannoite käytössä tällä hetkellä vain noin 3–5 %. Suurin osa jätevesistä erotetusta fosforista päätyy viherrakentamiseen ja maisemointiin. Fosforin louhiminen ja typen sitominen ilmasta aiheuttavat myös runsaasti kasvihuonepäästöjä. Ravinteiden kierrättäminen pienentää lannoituksesta aiheutuvia päästöjä jopa 85 %. (Berninger, Pihl, Kasanen, Mikola, Tynkkynen & Vahala 2017.)

2 Yleistä jätevedenpuhdistuksesta

2.1 Jätevedenpuhdistusprosessi

Jätevedenpuhdistamot käyttävät jäteveden puhdistukseen mekaanisia, kemiallisia ja biologisia prosesseja. Yleensä puhdistamot yhdistelevät useita eri prosesseja saavuttaakseen laissa vaadittavat ravinteiden ja haitta-aineiden raja-arvot. Prosesseja on jatkuvatoimisia sekä jaksoittaisia. Jatkuvatoimisissa jätevedenpuhdistamoissa jäteveden syöttö on katkeamatonta. Prosessivaiheet toimivat silloin eri säiliöissä tai eri säiliöiden osissa. Aktiivilietemenetelmään perustuva jätevedenkäsittelyprosessi koostuu tyypillisesti välppäyksestä, hiekanerotuksesta, esiselkeytyksestä, ilmastuksesta ja jälkiselkeytyksestä. Ensin välppäyksessä poistetaan jätevedestä karkeat jakeet. Seuraavaksi hiekanerotuksessa erotetaan jäteveden seassa oleva hiekka. Esiselkeytyksessä syötteestä poistetaan kiintoaineita altaan pohjalle laskeuttamalla. Mekaanisen puhdistumisen lisäksi esiselkeytyksaltaassa tapahtuu myös biologista puhdistumista. Osa fosforin saostukseen käytettävästä kemikaalista voidaan annostella esiselkeytykseen, jolloin fosforin poisto alkaa jo puhdistusprosessin tässä vaiheessa. (VHVSY 2021.)

Puhdistusprosessin tärkein osa on ilmastettu aktiivilieteprosessi, jossa aktiivilietteen mikrobit ja pieneliöt käyttävät ravinnokseen jäteveden orgaanista ainesta. Ammoniumtyypen poisto tapahtuu myös ilmastusaltaassa. Jos prosessi on suunniteltu kokonaistypen poistoon, voidaan nitraatti pelkistää edelleen typpikaasuksi altaan anoksisissa osissa. (VHVSY 2021.)

Lietteen erotus vedestä tapahtuu yleensä laskeuttamalla. Laskeuttaminen tapahtuu jälkiselkeytyksaltaissa. Laskeutettu liete tai osa siitä voidaan kierrättää takaisin ylläpitämään aktiivilieteprosessia. Ilmastusaltaaseen muodostuu myös koko ajan biomassaa, josta osa on poistettava. Puhdistuksesta syntyvään puhdistamolietteeseen jää kaikki aines, joka poistetaan puhdistusprosessista välppäyksen ja hiekkaerotuksen jälkeen. Tämä poistettu liete voidaan käsitellä ja kierrättää. Lietemassasta erotettu puhdistettu jätevesi johdetaan yleensä vesistöön. (VHVSY 2021.)

2.2 Puhdistamoliete

Jätevedenpuhdistuksen eri osa-alueissa syntyvä liete voidaan jaotella kolmeen eri luokkaan. Primääriliete, paluuliete ja sekundääriliete. Primäärilietettä syntyy mekaanisista puhdistusvaiheista. Suurin osa koko puhdistusprosessista erotettavasta lietteestä on primäärilietettä. Primäärilietteen painosta 2,5–3,0 % on kiintoainetta. Paluuliete on prosessin biologisista osista syntyvää lietettä ja se sisältää noin 0,5–1,0 % kiintoainetta. Paluuliete

palautetaan nimensä mukaisesti takaisin prosessiin ylläpitämään itse biologista prosessia. Sekundääriliete on puhdistamon biologisista prosesseista syntyvää lietettä, jota ei tarvita itse prosessin ylläpitoon, joten se voidaan poistaa prosessista. Käsittelemättömän sekundäärilietteen painosta 0,5–1,0 % on kiintoainetta (GEA 2016, 6.)

Puhdistamoliete sisältää runsaasti eri ravinteita, kuten fosforia, typpeä ja kaliumia sekä jonkin verran raskasmetalleja, kuten kadmiumia, kromia, kuparia, elohopeaa, nikkeliä, lyijyä ja sinkkiä. Lietteessä voi olla myös erinäisiä haitta-aineita, kuten lääkeainejäämiä, PAH-yhdisteitä ja dioksiineja. Jätevesiliete voi myös sisältää jonkin verran mikromuoveja. (Ylivainio, Äystö, Fjäder, Suominen, Lehti, Perkola, Ranta, Meriläinen, Välttilä & Turtola, 2020.)

3 Puhdistamolietteen käsittelymenetelmiä

3.1 Kuivaus

Puhdistamolietteen ensimmäinen käsittelyvaihe on yleensä kuivaus. Puhdistusprosessista syntyvä liete on suurimmaksi osaksi vettä, jota poistetaan kuivaamalla haluttu määrä lietteen käsittelyn ja kuljetuksen helpottamiseksi. (Laitinen, Nieminen, Saarinen & Toivikko 2014, 53.)

Kuivausmenetelmiä on useita, mekaanisia sekä termisiä. Mekaanisesti lietettä voidaan kuivata esimerkiksi erilaisilla puristimilla, kuten suotonauhapuristimella, ruuvipuristimella, kammiokalvopuristimella sekä keskipakoisvoimaa hyödyntäen linkoamalla. Termisiä kuivaimia ovat esimerkiksi leijupetikuivain, hihnakuivuri, ja rumpukuivain. Lietettä voi kuivata jopa aurinkolämmöllä. Termisessä kuivauksessa lietteestä haihdutetaan vettä korkeilla lämpötiloilla. Useissa laitoksissa on käytössä molempia, mekaanisia ja termisiä kuivaimia parhaan lopputuloksen saamiseksi. (Laitinen, ym, 2014, 53.)

3.2 Kompostointi

Kompostoituminen on luonnon prosessi ravinteiden kierrättämiseen ja orgaanisen aineen hajottamiseen. Kompostoinnissa pieneliöt ja mikrobit hajottavat lietteen sisältämää orgaanista ainetta ja vapautuu lämpöä, hiilidioksidia, vettä ja ravinteita. Teollisessa kompostoinnissa on tarkoitus antaa pieneliöille ja mikrobeille hyvät olosuhteet kompostoitumisen mahdollistamiseksi. Kompostointi vaatii tapahtuakseen typpeä, hiiltä, ilmaa, vettä. (NRDC 2021.)

Jätevesilietteen kompostoinnissa esikäsittelyllä poistetaan epäpuhtaudet käsiteltävästä syöttestä, lisätään tukiaine ja homogenisoidaan syöte. Tukiaineena käytetään yleensä esimerkiksi purua tai turvetta. Tukiaineen tarkoituksena on toimia kantaja-aineena ja estää kompostin kokoon painuminen, jotta lietteessä oleva neste ei estä hajottajamikrobien hahensaantia. Esikäsittelyvaiheessa myös säädetään syötteen kosteutta prosessin mahdollistamiseksi oikealle tasolle. Syötteen optimi kosteuspitoisuus on noin 50–60 %. Lietteiden kompostointia varten esikäsittelyssä on tärkeää kosteuspitoisuuden säätäminen ja ilmavan rakenteen luominen kompostiin. Ravintoainekoostumuksen ja pH:n täytyy myös olla kompostoitumisen kannalta sopivalla tasolla. Liete ei saa sisältää biologista toimintaa haittaavia kemikaaleja, kuten detergenttejä tai kasvinsuojeluaineita. Lietettä kompostoitaessa sen kuiva-ainepitoisuuden tulisi olla alhaisimmillaan 10 %. Mitä alhaisempi syötteen kuiva-ainepitoisuus on, sitä enemmän syöte vaatii tukiaineita, kuten turvetta. Yleensä puhdistamolietteet kuivataan mekaanisesti vähintään 20 % kuiva-ainepitoisuuteen, jolloin ne soveltuvat

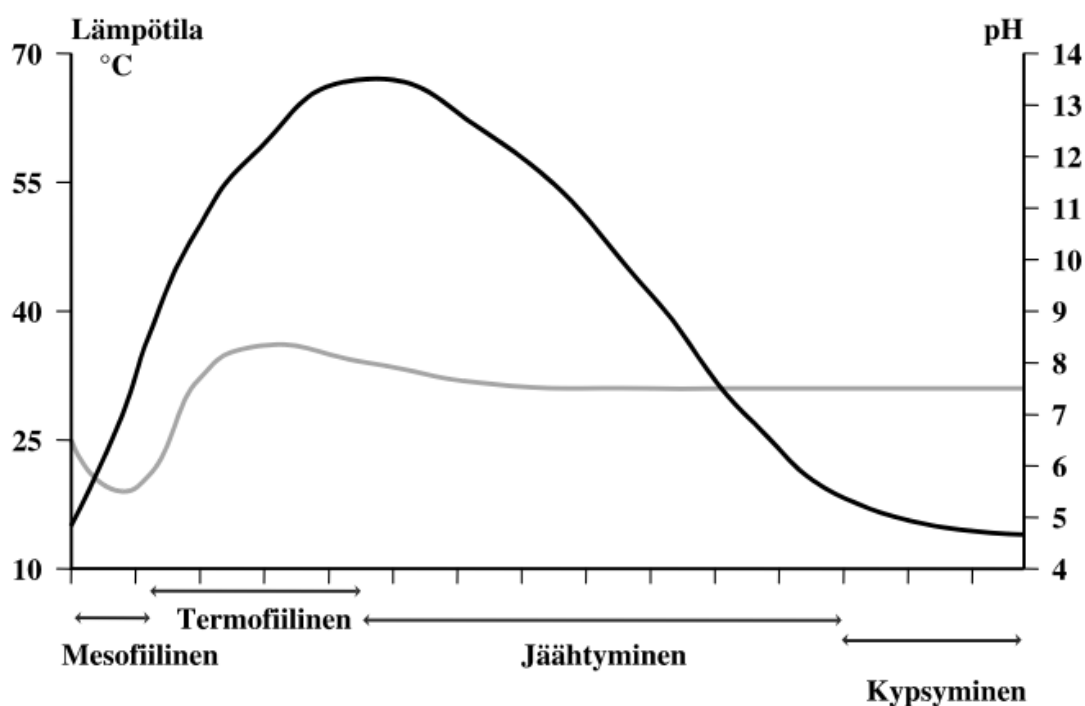
hyvin kompostoitaviksi. Mitä pienemmäksi kuiva-aine pitoisuus jää, sitä enemmän siihen täytyy lisätä tukiainetta. Puhdistamolietteilä tarvittavan tukiaineen määrä on keskimäärin 1–2 kertaa lietteen tilavuus. (NRDC 2021.)

Kompostimassaa sekoitetaan, ilmastetaan ja siitä poistetaan syntyviä kaasuja. Kompostin kosteutta säädetään ilmastuksella ja lisäämällä vettä. Esikompostointivaiheessa lämpötila nousee 35–75 c° (Kuva 1) ja nouseva lämpötila hygienisoi kompostin. Kompostointilaitokset eroavat toisistaan reaktorityypiltään. Maailmalla on käytössä useita eri tekniikoita, joista Suomessa käytetään yleisimmin tunnelikompostointia, rumpukompostointia, tornikompostointia, konttikompostointia ja membraanikompostointia. (Ruuhela 2017, 10–12.)

Jälkikypsytyksessä komposti siirretään aumaan, jossa sitä käännellään ensin noin 1–4 viikon välein ja kypsymisen edetessä käntelyväliä harvennetaan. Tämän jälkeen komposti seulotaan liian suurien partikkelien poistamiseksi. (Ruuhela 2017, 12.)

Ympäristövaikutukset

Kompostoinnin ympäristövaikutukset ovat vähäiset. Prosessin aikana vapautuu jonkin verran hiilidioksidia ja valumavedet ohjataan takaisin jätevedenpuhdistukseen.



Kuva 1. Kompostointiprosessin aikana tapahtuvat lämpötilan ja pH:n muutokset (Tontti, Mäkelä-Kurtto 1999.)

3.3 Mädätys

Puhdistamoliete on mahdollista prosessoida mädättämällä termofiilisesti (50–55 °C) tai mesofiilisesti (35–37 °C) biokaasureaktorissa ja tuottaa siitä biokaasua sekä lannoitetta. (GEA 2016, 8.)

Mädätyksessä orgaaninen aines hajoaa anaerobisesti eli ilman happea. Orgaanisen aineksen hajottaa erilaiset mikro-organismit ja hajoamisen yhteydessä vapautuu esimerkiksi ammoniakkia, hiilidioksidia ja rikkivetyä. Bakteerit tuottavat orgaanisesta aineksesta myös biokaasua, josta suurin osa on hyödynnettävää metaania. (GEA 2016, 8.)

Biokaasu on kaasuseos, joka syntyy orgaanisen jätteen mädätessä anaerobisissa olosuhteissa. Kaasua muodostuu luonnollisesti esimerkiksi kaatopaikoilla, mutta sitä voidaan myös tuottaa hallitusti biokaasulaitoksessa. Biokaasulaitoksen syötteeksi kelpaa esimerkiksi kotitalouksien biojätteet, eläin lannat, rehut, teurasjätteet ja vedenpuhdistuslaitosten lietteet. Yksi tonni puhdistamolietettä (märkäpaino) tuottaa noin 5–12 m³ metaania (taulukko 1). Mätäneminen tapahtuu mikrobien hajottaessa biomassaa ja tuottaen siitä biokaasua. Mikrobien tuottama biokaasu on suurimmilta osin metaania (50 %-70 %) ja hiilidioksidia (25 %-30 %). Biokaasu voi sisältää myös jonkun verran typpikaasua, vesihöyryä, happea, ammoniakkia ja rikkivetyä riippuen syötteestä. Syntynyt biokaasu puhdistetaan epäpuhtauksista ja muista kaasuista kuin metaanista. Jäljelle jäänyt biometaani on valmista käyttöä varten esimerkiksi liikenteen polttoaineena tai sähkön ja lämmön tuotannossa. Biometaani on ympäristöystävällinen polttoaine ja 100 % uusiutuvaa. (Suomen Biovoima 2019.)

Taulukossa 1 nähdään muutamien eri syötteiden metaanintuottopotentiaaleja. Taulukosta voi nähdä, että jätevesilietteellä on korkean kosteuspitoisuuden takia kuivempia vaihtoehtoja pienempi metaanintuottopotentiaali. Taulukosta voi myös nähdä, että esimerkiksi olki olisi hyvä vaihtoehto lisäsyötteeksi biokaasuntuotantoon, jos biokaasulaitos päätettäisiin perustaa.

Taulukko 1. Eri syötteiden metaanintuottopotentiaali biokaasulaitoksessa (Lehtomäki, Paavola, Luostarinen & Rintala 2007.)

Materiaali	Metaanintuottopotentiaali	
	m ³ CH ₄ / t (orgaaninen aine)	m ³ CH ₄ / t (märkäpaino)
Puhdistamoliete	200–400	5–12
Sianlanta	300–400	17–22
Lehmänlanta	100–250	7–14
Olki	240–320	199–260
Apila	280–300	41–68
Timotei-apila-nurmi	370–380	72–85
Biojäte	500–600	100–150

Biokaasuntuotannossa käytettäviä menetelmiä on useita erilaisia, kuten: märkämädätys ja kuivämädätys.

Märkämädätys sopii kosteille syötteille. Kyseessä on hyvin vakiintunut teknologia. Sylinterimäinen reaktori on peitetty kahdella kalvolla, josta alempi toimii kaasuvälikameralena ja ylempi sääsuoja. Syötteen on oltava tasalaatuista, jotta taataan reaktorin optimaalinen toiminta. Reaktorista poistuvalla materiaalilla on vielä jonkun verran metaanintuottopotentiaalia, joten se siirretään yleensä jälkikaasualtaaseen odottamaan jatkokäyttöä. Puhdistamolietteet ja lietelanta ovat yleisiä syötteitä märkämädätystä käyttävässä reaktorissa. (Motiva Oy 2013.)

Kuivämädätyksessä käytetään syötteenä massaa, jonka kuiva-aine pitoisuus on yleensä noin 30 %. Toimintaperiaatteena kuivämädätyksessä on veden pumppaaminen mädätettävän materiaalin päälle, josta vesi ja sen liuottamat aineet valuvat hitaasti eri kerroksien läpi. Suodattunut neste pumpataan takaisin kasan päälle, josta se alkaa taas valumaan kasan pohjalle. Lämmitysjärjestelmä pitää mätänevän aineksen oikeassa lämpötilassa. Kuivämädätyksessä mädätettävän aineen viipymä aika on hieman märkämädätystä pidempi. (Motiva Oy 2013.)

Ympäristövaikutukset

Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla polttoaineilla, kuten biokaasulla on merkittävä kasvihuonepäästöjä vähentävä vaikutus. Lämmön tuotannossa öljyn korvaaminen biokaasulla vähentää päästöjä 70–90 %. Liikenteessä fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biokaasulla vähentää kasvihuonepäästöjä päästöjä 50–80 %. Biokaasuntuotannossa mädätyksestä jäljelle jäävä aines voidaan käyttää maanparannusaineena. Korvaamalla kemiallisia lannoitteita kierrätyslannoitteilla voidaan saada aikaan huomattavia päästövähennyksiä. (Lehtomäki, ym 2007.)

3.4 Kalkkistabilointi

Kalkkistabilointi voidaan suorittaa ennen stabiloitavan syötteen kuivausta, kuivauksen aikana tai kuivauksen jälkeen. Kalkkistabilointi voidaan tehdä poltetulla (Kalsiumoksidi CaO) tai sammutetulla kalkilla (Kalsiumhydroksidi CaOH₂). Kuivatun lietteen käsittelyssä poltetulla kalkilla lietteen lämpötila voi nousta korkeimmillaan jopa 70 c^o:een, lietteen pH nousee yli 12 ja sen ammoniumpitoisuus nousee. Nämä asiat edesauttavat lietteen hygienisoitumista. Riittävän lämpötilan saavuttaminen vaatii suhteellisen suuria määriä kalkkia (yli 0,5 kg kalsiumoksidia/ kg kuiva-ainetta). Kalkkistabiloinnissa lieteen tulee saavuttaa pH 12 ja sen täytyy säilyä tällä tasolla ainakin kaksi tuntia. Lietettä stabiloitaessa kalsiumhydroksidilla sen pH nousee, mutta lämpötila ei. Mikäli lämpötila ei nouse riittävästi, varmistetaan lietteen hygienisointi siten, että lietteen pH pysyy 12 yläpuolella yli kaksi vuorokautta ennen pellolle levittämistä. Lietteen hygienisoitumiseen tarvittavan kalkin määrään ja käsittelyaikaan vaikuttavat lietteen ikä, sakeus sekä siinä olevien ulosteperäisten bakteerien määrä. Suurien lietemäärien kalkkistabilointiprosessissa liete ja kalkki annostellaan sekoittimeen. Mittauksilla (esim. pH ja lämpötila) ja testeillä (esim. salmonella ja E. coli bakteerit) voidaan varmistaa käsittelyn toimivuus. Kalkkistabiloitua lietettä voidaan käyttää maataloudessa sellaisenaan. (ProAgria 2020, 32–33.)

Ympäristövaikutukset

Kalkkistabiloinnin ympäristövaikutukset ovat vähäiset. Stabiloidun lietteen määrä kasvaa käsittelyn johdosta, joten lietteen kuljetuksesta aiheutuvat päästöt kasvavat. Kalkkistabilointi nostaa lietteen pH arvoa ja tällä voi olla vaikutuksia lannoitettavaan maaperään. (Pöyry Environment Oy, 2007.)

3.5 Poltto

Yksi mahdollinen käyttö puhdistamolietteelle on sen energiakäyttö polttolaitoksen polttoaineena. Puhdistamolietteen poltto on harvinaista Suomessa. Suomessa on muutamia laitoksia, jotka käsittelevät puhdistamolietteitä termisesti. Termistä kuivausta käyttäviä laitoksia on esimerkiksi Joensuussa, Haapavedellä ja Lakeuden Etapin Ilmajoen laitoksella. Jätevesilietettä poltetaan Vapon Haapaveden ja Fortum Oy:n Riihimäen jätteenpolttolaitoksilla, sekä muutamalla muulla pienellä laitoksella. Lietteen poltolle on olemassa erillisen lupaprosessi, jos sitä ei ole sallittu nykyisessä luvassa olevilla polttolaitoksilla. (Pöyry Finland Oy 2017.)

Lietteen matalan lämpöarvon ja sen sisältämän kosteuden takia puhdistamoliete ei myöskään ole kovin hyvä polttoaine. Puhdistamolietteen lämpöarvo polttoaineena

jätteenpolttolaitoksessa on noin 2,2–4,8 MJ/kg riippuen sen kosteudesta (GEA 2016, 27), kun taas esimerkiksi yhdyskuntajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen lämpöarvo saapumistilassa on 17–37 MJ/kg (VTT 2000). Lietteiden polttaminen on yleensä myös melko kallista suurien porttimaksujen ja kuljetus kustannuksien takia. (Vesilaitosyhdistys 2019.) Lietteiden poltosta jäljelle jäävä tuhka sisältää vielä jonkin verran kasviraavinteita ja sen käyttöä lannoituksessa on tutkittu, mutta Ruokavirasto ei ole vielä myöntänyt tuhkalannoitteelle lannoitehyväksyntää. (Pöyry Finland Oy 2017).

Ympäristövaikutukset

Lietteiden mahdollisesti sisältämät haitta-aineet voivat aiheuttaa ongelmia ympäristölle. Haitta-aineet, kuten raskasmetallit, kloori, rikki ja PAH-yhdisteet voivat muodostaa haitallisia yhdisteitä savukaasuihin tai poltosta tulevaan tuhkaan. Haitta-aineita sisältävä tuhka on ongelmajätettä, jonka loppusijoittamisessa on omat ongelmansa. (Pöyry Environment Oy, 2007.)

3.6 Muita lietteiden käsittelymenetelmiä

Lietteiden käyttöä on myös tutkittu betonin valmistuksen raaka-aineena. Kuivatulla ja siivöidyillä lietteillä on koitettu tutkimuksissa korvata sementtiä betonin valmistuksessa. Tutkimuksessa pystyttiin osoittamaan, että vähäisen määrän (5–10 %) kuivattua lietettä lisääminen sementin sijaan betonin valmistuksessa, lisäsi betonin puristuskestävyyttä, mutta valmiin betonin kokonaiskestävyys heikkeni hieman. Liete määrän kasvaessa betonin kestävyys alkoi kuitenkin kärsiä. Kuivatun lietteiden käyttöä betonin valmistuksessa täytyy tutkia vielä lisää ennen kuin on turvallista alkaa suunnitella tämän menetelmän käyttöä lietteiden käsittelyyn. (Amminudin, Ramadhansyah, Doh, Mangi & Mohd, 2020.)

Kemicond-käsittely on kemiallinen käsittely, jossa käsiteltävän lietteiden pH:ta lasketaan rikkihapolla. Happamoidun lietteiden rakenne hajoaa ja metallisuolat, kuten rautafosfaatit ja -hydroksidit liukenevat. Tämän jälkeen hapant liete hapetetaan vetyperoksidilla (H_2O_2). Seuraavaksi liete neutralisoidaan natriumhydroksidilla (NaOH). Käsitelty liete kuivataan. Käsitelty liete on hygienisoitua ja helpommin kuivattavaa kuin muilla menetelmillä käsitelty liete. Lietteiden määrä myös kasvaa vähemmän kuin muissa perinteisissä käsittelymenetelmissä. Menetelmän huonoja puolia ovat mm. siihen tarvittavien kemikaalien määrä (Pöyry Environment Oy 2007.)

Fosforin poisto jätevedestä tai jätevesilietteestä on yksi keino puhdistamolietteiden käsittelyyn. Puhdistamolietteessä on puhdistettavasta jätevedestä riippuen 2–4 % fosforia kuivapainona. Puhdistamolietteiden mahdollisesti sisältämien haitta-aineiden takia hyödynnettävissä oleva fosfori voisi olla mahdollista ensin poistaa lietteestä tai jätevedestä. Fosforia on

mahdollista ottaa talteen jätevedenpuhdistamon rejektivesistä, puhdistamolietteestä ja lietteen poltossa syntyvästä tuhkasta. Fosforin poistoon on useita menetelmiä. Esimerkiksi Mephrec-tekniikassa liete kuivataan hyvin kuivaksi ja niistä muodostettuja brikettejä kuumennetaan. Lopputuotteena on brikettejä, jotka sisältävät 10–25 % fosfaattia mineraalimuodossa. Toinen menetelmä on Airprex-menetelmä, jossa lietteessä olevaa fosforia poistetaan magnesiumin avulla ammoniumionien kanssa, jolloin niistä muodostuu struviittia, joka poistetaan muusta lietteestä ja pestään. Struviitti on kiteinen fosfaattimineraali, joka voisi soveltua hidasliukoiseksi lannoitteeksi. Fosforin poistoon on jo hetkellä useita menetelmiä, mutta niiden kustannukset ovat vielä tällä hetkellä liian korkeat. (Kati Berninger ym 2017.)

Lietteen maankaltaistaminen (sludge earthification) on lietteen käsittely menetelmä, jossa liete kuivatetaan pitkällä aikavälillä maan kaltaiseksi aineeksi. Lietteen määrä voi vähentyä jopa 95 %. Lietteen kuivuminen tapahtuu haihtumalla ja painovoiman avulla lietelavoilla. Prosessi voi kestää 5–10 vuotta. Lietelavojen sijaan lietteen maankaltaistaminen voidaan tehdä sitä varten rakennetussa kosteikossa. Kosteikon pohja tehdään sorasta ja hiekasta ja siihen istutetaan esimerkiksi järviruokoa. Kasvien oma veden tarve kuivattaa lietettä ja tutkimuksissa niiden on myös havaittu hajottavan tehokkaasti orgaanista ainetta. Ylimääräinen suotovesi ohjataan takaisin jätevesilaitokselle puhdistettavaksi. (GEA 2016, 12.)

4 Käsitellyn lietteen käyttökohteet

4.1 Puhdistamolietteen soveltuminen lannoitteeksi

Vain käsiteltyä jätevesilietettä saa levittää pellolle lannoitevalmisteena. Käsitelymahdollisuuksia levitystä varten ovat esimerkiksi kompostointi, kalkkistabilointi, mädätys, kuuminus ja happo-vetyperoksidikäsitely. Lannoitevalmisteen markkinoille saattaminen vaatii laitoshyväksynnän saamisen Ruokavirastolta. Jätevedenpuhdistuslaitosten lietettä voidaan käyttää esimerkiksi lannoitteena, maanrakentamisessa, viherrakentamisessa, maisemoinnissa ja maanparannusaineena. (ProAgria 2020, 4–5.)

Puhdistamolietteestä valmistetut lannoitteet määritellään maanparannusaineiksi. Maanparannusaineella tarkoitetaan valmistetta, jolla pyritään muuttamaan maan tilaa kasvien kasvun edistämiseksi ja jonka vaikutus perustuu muuhun kuin kasviraavinteisiin. Ne sisältävät paljon ravinneaineita, joka on otettava huomioon muuta lannoitusta käytettäessä. Lietteestä valmistetut lannoitteet eivät eroa levityksessä muista lannoitteista esim. eläimen lannasta valmistetusta lannoitteesta. Lietepohjaisissa lannoitteissa on yleisesti paljon ravinneaineita, mutta erot eri laitosten valmistamissa lannoitteissa voivat olla suuria. Mahdolliset erot johtuvat yleensä käytetystä raaka-aineesta, niiden suhteista, käsittelystä ja varastoinnista. Puhdistamolietteeseen voidaan myös prosessin aikana lisätä erilaisia materiaaleja muuttamaan sen ominaisuuksia kuten biojätettä, turvetta, lantaa, erilaisia biomassoja tai haketta. (ProAgria 2020, 6.)

Puhdistamolietteestä valmistettuja lannoitteita käytettäessä niitä kannattaa ensisijaisesti hyödyntää fosforin lähteenä ja täydentää liukoinen typpi ja kalium epäorgaanisilla tuotteilla. Mitattavista haitallisista raskasmetalleista esimerkiksi kupari ja sinkki ovat haitallisuudensa lisäksi myös tärkeitä kasviraavinteita. Puhdistamolietteestä valmistettujen lannoitteiden ei ole havaittu vaikuttavan lannoitetun maan pH arvoon, lukuun ottamatta kalkkistabiloitua lannoitetta, joka saattaa hieman nostaa maan pH arvoa. (ProAgria 2020, 7.)

Lietepohjaisten lannoitteiden orgaanisen aineen pitoisuus on korkea. Tämä vaikuttaa positiivisesti lannoitettavan maan ominaisuuksiin. Maan mururakenne ja vedenpidätyskyky paranevat ja orgaanisen aineen lisäyksen myötä myös pieneliöt ja lierot viihtyvät maassa paremmin. Nämä vaikutukset saadaan aikaan kuitenkin vasta pitkäaikaisella käytöllä. Orgaanisen aineen suuren pitoisuuden takia lietepohjaiset lannoitteet soveltuvat erinomaisesti juuri peltoalueille, joissa esimerkiksi nurmenviljely on vähäistä. (ProAgria 2020, 8.)

4.2 Puhdistamolietteen sallitut käyttökohteet

Puhdistamolietteestä valmistettua orgaanista maanparannusainetta saa käyttää kuten mitä tahansa vastaavaa lannoitetta, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Puhdistamolietettä, jota käytetään sellaisenaan maanparannusaineena, voidaan käyttää vain sellaisilla viljelysmailla, joilla kasvatetaan viljaa, öljykasveja, sokerijuurikasta, eläinten rehua tai sellaisia kasveja, joita ei käytetä ihmisravintona tuoreena. Tämä sääntö ei päde maanparannusaineeseen, jonka raaka-aineesta puhdistamolietettä on alle 10 %. Puhdistamolietteestä valmistettuja tai puhdistamolietettä sisältäviä lannoitteita ei voida käyttää luomuviljelyssä. (Ruokavirasto 2018.) Useat elintarvikkeita tuottavat yritykset ovat asettaneet rajoitteita puhdistamolietteestä valmistettujen kierrätyslannoitteiden käytöstä. Näitä yrityksiä ovat esimerkiksi Hankkija Oy, Fazer Mills Finland ja Viking Malt Oy. (Pöyry Finland Oy 2017).

4.3 Lietteen tuotteistaminen maanparannusaineeksi

Puhdistamolietteen tuotteistaminen vaatii laitoshyväksynnän, joka haetaan Ruokavirastolta. Tyyppinimi ryhmiä mahdollisille tuotteille ovat: 3A2 orgaaniset maanparannusaineet, 3A5 maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet ja lietettä kompostoitaessa, syntyvästä kompostista valmistetun mullan tyyppinimi ryhmä olisi 5A2 seosmullat. Ryhmän 3A5 lannoitevalmisteita valmistavan jätevedenpuhdistuslaitoksen ei tarvitse hakea laitoshyväksyntää, jos laitos tekee vaadittavan käsittelyn itse. Laitoshyväksyntä haetaan ruokaviraston lomakkeella, jossa on kuvattava raaka-aineet, valmistusprosessi, tiedot itse tuotteesta sekä tiedot varastoinnista. (Ruokavirasto 2020a.)

Jos valmistettu tuote ei sovi mihinkään olemassa olevaan tyyppiin, sille voidaan hakea uutta tyyppinimeä. Tässä tapauksessa hakemukseen on laitettava tiedot tuotteen lannoitusvaikutuksista, valmistusprosessista, raaka-aineista, koostumuksesta, varastointivaatimuksista sekä käyttöohjeet. Tämä prosessi maksaa noin tuhat euroa ja vie lyhyimmillään 6 kuukautta. (Ruokavirasto 2020a.)

4.4 Viherrakentaminen ja maisemointi

Viherrakentaminen on istutettujen viheralueiden rakentamista ja hoitoa. Suurin osa Suomessa tuotetusta lietteestä käytetään viherrakentamiseen. Jätevesiliete on lähtökohtaisesti hyvä raaka-aine viherrakentamisen kasvualustoihin. Hyvin toteutetun kompostin ominaisuudet ovat verrattavissa täysin maatuneen turpeen ominaisuuksiin. Erilaisissa infrarakentamisen kohteissa lietettä voidaan käyttää pintakerroksen materiaalina. Myös esimerkiksi meluvallit, ja muut ihmisten vähän käyttämät kohteet ovat soveltuvia kohteita. Ruokaviraston hyväksynnän saaneet, esimerkiksi kompostoidut maanparannusaineet sopivat hyvin

tähän tarkoitukseen. Lietteestä valmistetut lannoitteet sisältävät paljon ravinneaineita, joten niitä täytyy usein laimentaa ennen viherrakentamiskäyttöä. (Pöyry Finland Oy 2017.)

Jätevesilietteestä valmistettua kompostia voidaan käyttää turpeen korvaamiseen kasvu-alustoissa. Hyvin maatunut komposti ei enää tiivisty kasvualustaseoksessa ja sillä on hyvä vedenpidätyskyky. Kompostin lisäämisellä maahan voi olla kasvitauteja torjuvia vaikutuksia ja sitä voidaan käyttää myös eroosion estoon.

Ympäristövaikutukset

Epäorgaanisten lannoitteiden valmistaminen esimerkiksi sitomalla typpeä ilmasta tai fosforin louhiminen tuottaa huomattavia määriä kasvihuonepäästöjä. Lannoitteiden valmistus vastaa 35–46 % maan- ja kasvienviljelystä aiheutuvista kasvihuonepäästöistä. Kasviravinteiden louhiminen ei ole pitkällä aikavälillä kestävä. Yksi vastaus tähän ongelmaan on ravinteiden kierrätys. (Lehtomäki ym. 2007.) Jätevesilietteen käyttäminen maanparannusaineena ei ole täysin riskitöntä. Orgaanisten haitta-aineiden, raskasmetallien ja lääkeainejäämien päätyminen lannoitettavaan maaperään ja sitä kautta esimerkiksi ravintoon on mahdollista. Viherrakentamisessa kompostilla korvataan turvetta kasvualustoissa. Turpeen korvaaminen aiheuttaa mittavan päästövähennyksen, sillä turpeen nosto tuottaa paljon kasvihuonepäästöjä ja negatiivisia vesistövaikutuksia. Kompostimullan käytössä lannoituksessa tai viherrakentamisessa on jonkin verran riskejä ravinteiden huuhtoutumisesta ja vesistöjen rehevöittämisestä. (LUKE 2014.)

5 Lainsäädäntö, luvat ja tuet

5.1 Lainsäädäntö

Jätevesilietteiden käsittelyä, hyödyntämistä ja varastointia ohjataan Suomessa lainsäädännöllä. Lietteiden käsittelyn ja kierrätyksen osalta olennaisia lakeja ja setuksia ovat: jätelaki, lannoitevalmistelaki, maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista, valtioneuvoston asetus kaatopaikoista sekä valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta.

Jätelaki

Jätelain (646/2011) tavoitteena on edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja ehkäistä jätteistä aiheutuvaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Jätelaissa jäte on aine tai esine, joka on poistettu tai poistunut käytöstä. Jätteen tuottaja on se, jonka toiminta aiheuttaa jätettä. Jätelaki on tärkeä puhdistamolietteen hyötykäytön ja käsittelyn kannalta, koska puhdistamoliete kuuluu lain piiriin. Puhdistamoliete on jätelain mukaan ainetta, joka on poistettu käytöstä. Lain mukaan jäte, mukaan lukien puhdistamoliete, voidaan hyödyntää raaka-aineena, energiana ja viime kädessä se voidaan loppusijoittaa. (Jätelaki L 646/2011.)

Lannoitevalmistelaki

Suomessa puhdistamolietteiden käyttöä maataloudessa maanparannusaineina ohjataan lainsäädännöllä. Kansallisessa lainsäädännössä puhdistamolietteen maatalouskäyttöä ohjaavat lannoitevalmistelaki (539/2006), maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista (MMMa 24/11) sekä valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta (ns. nitraattiasetus, 1250/2014). Lisäksi puhdistamolietteen maatalouskäyttöä rajoittavat useiden viljelijätukien ehtona olevat täydentävät ehdot ja ympäristökorvauksen ehdot, jotka koskevat ympäristösitoumuksen tehneitä viljelijöitä. (Lannoitevalmistelaki 539/2006.)

Lannoitevalmistelain (539/2006) mukaan lannoitevalmisteiden täytyy olla tasalaatuisia, turvallisia ja tarkoitukseensa sopivia, eikä niiden ohjeiden mukaisesta käytöstä saa aiheutua vaaraa ympäristölle, ihmisten, eläinten tai kasvien terveydelle tai turvallisuudelle. Jotta lannoitevalmisteita voidaan saattaa markkinoille tai valmistaa markkinoille saattamista varten, lannoitevalmisteella tulee saada tyyppinimi. Tyyppinimen on kuuluttava Ruokaviraston ylläpitämään kansalliseen tyyppinimiluetteloon tai EY-asetuksen mukaiseen lannoitetyypinimien luetteloon. Tyyppinimellä pyritään kuvaamaan lannoitteen ominaisuuksia, valmistusmenetelmiä ja käyttötarkoitusta. Puhdistamolietteistä valmistetut lannoitevalmisteet luokitellaan tyyppinimiluettelossa maanparannusaineiksi. Puhdistamolietepohjaisia orgaanisia

maanparannusaineita (3A2) voidaan käyttää myös kasvualustojen raaka-aineena. (Lannoitevalmistelaki 539/2006.)

Lietteen tai lieteseoksen laatu tulee tutkia akreditoidussa laboratoriossa. Lietteestä määritetään ainakin seuraavat muuttujat: kuiva-aine ja hehkutusjäännös, pH, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, sekä raskasmetallit kuten, kromi, kupari, nikkeli, kadmium, lyijy ja sinkki sekä elohopea. (Lannoitevalmistelaki 539/2006.)

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista

Valtioneuvoston asetuksella kaatopaikoista (331/2013) on tarkoituksena ehkäistä pohja- ja pintaveden, maaperän ja ilman pilaantuminen kaatopaikkojen takia. Asetuksen pykälässä 28§ säädetään puhdistamolietteitä koskien, että jätettä, jonka biohajoavan ja muun orgaanisen aineksen määrä, määritettynä orgaanisen hiilen kokonaismääränä, on yli 10 %, ei saa vuodesta 2016 alkaen sijoittaa kaatopaikalle. (Valtioneuvoston asetuksella kaatopaikoista 331/2013.)

Uusi EU:n lannoitevalmiste asetus

Tällä hetkellä voimassa oleva Euroopan parlamentin asetus 2003/2003 koskee epäorgaanisia lannoitteita ja uusi asetus tuo orgaaniset lannoitteet, mukaan lukien kierrätys raaka-aineista valmistetut, saman asetuksen alle. Uudella lannoitevalmiste asetuksella (2019/1009) halutaan yhdenmukaistaa lannoitevalmisteiden vaatimuksia esimerkiksi haitta-aineiden raja-arvojen osalta. Asetuksen soveltaminen alkaa 2022. Asetuksen noudattaminen on vapaaehtoista, joten markkinoilla voi olla myös kansallisia säädöksiä noudattavia tuotteita. (Ruokavirasto 2019.)

Uuden asetuksen myötä myös kierrätyslannoitteet on mahdollista saada CE merkityksi. CE on merkintä, jolla tuotteen valmistaja vakuuttaa sen täyttävän EU direktiivien ja asiaan kuuluvien asetusten vaatimukset. Puhdistamolietteestä valmistettu lannoite voidaan CE merkitä uuden EU direktiivin voimaan tulon ansiosta. CE-merkintä vaaditaan, jos tuotetta halutaan myydä Euroopassa. CE-merkintä kierrätyslannoitevalmisteessa on tällä hetkellä vapaaehtoinen (Ruokavirasto 2019.)

Nitraattiasetus

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta (1250/2014) koskee kaikkia viljelijöitä, jotka käyttävät puhdistamolietteistä valmistettuja lannoitteita. Asetuksessa säädetään orgaanisten lannoitevalmisteiden varastoinnista ja käytöstä lannoitteena. Asetuksen tavoitteena on vähentää lannoitteista aiheutuvia

päästöjä. (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014.)

5.2 Lietteenkäsittelyyn liittyvät lupakäytänteet

Biokaasun tuotanto

Ympäristölupa täytyy hakea laitokselle, jossa käsitellään yli 5000 tonnia jätettä vuodessa. Ympäristölupaa haetaan ympäristölupahakemuksella, joka toimitetaan toimivaltaiselle viranomaiselle. Hakemukseen tulee liittää selvitys laitoksen toiminnasta, vaikutuksista ja asianosaisista. Hakemuksen voi tehdä vain henkilö, jolla on riittävä asiantuntemus. (Mutikainen Mirja, Sormunen Kai, Paavola Heli, Haikonen Turo & Väisänen Mirva 2016, 22–23.)

Jätteiden käsittelyä tekeväälle biokaasulaitokselle täytyy hakea rakennuslupa kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta. (Mutikainen Mirja ym 2016, 22–23.)

Biokaasun tuotannosta syntyy lannoitteeksi kelpaavaa ainesta. Orgaanisten maanparannusaineiden (3A2) ja maanparannusaineena sellaisenaan käytettävien sivutuotteiden (3A5) valmistajalla täytyy olla laitoshyväksyntä, joka haetaan Ruokavirastolta. (Mutikainen Mirja ym 2016, 22–23.)

Biokaasu luokitellaan erittäin helposti syttyväksi aineeksi, joten laitokselle täytyy laatia räjähdyssuojasiasiakirja. Biokaasun varastoinnille täytyy hakea kemikaalilain mukainen lupa, jos varastoidaan yli tonni biokaasua. Räjähdyssuojasiasiakirjan laatimiseen kuuluu myös ilmoitus pelastusviranomaiselle. (Mutikainen Mirja ym 2016, 22–23.)

Kuljetus

Lietteen kuljettamiseen tarvitaan siirtoasiakirja, josta löytyy tiedot lietteen tuottajasta, siirrosta, koostumuksesta ja määrästä katso valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012). Näiden lisäksi tarvitaan jätteen nimike ja vahvistus tietojen oikeellisuudesta. (Laitinen, ym 2014, 23.)

5.3 Tukimahdollisuudet

Jätevesilietteen käsittelyyn ja siitä valmistettujen tuotteiden hyödyntämiseen on mahdollista hakea erilaisia valtion tukia.

Biokaasu

Energiatuki on valtioneuvoston asetuksessa (VNA 1098/2017) säädetty investointituki. Tukea myönnetään uusiutuvan energian hankkeille ja energiatehokkuussopimusjärjestelmän piirissä oleville yritysten vapaaehtoisille energiatehokkuusinvestoinneille. Jokainen

tukipäätös on tapauskohtainen. Tukea myönnetään yrityksille, kunnille ja erilaisille yhteisöille. Biokaasuhankkeille annettu tuki edellisinä vuosina oli keskimäärin 27 %. (TEM 2020.)

Sähköisen liikenteen ja biokaasun liikennekäytön infrastruktuurituki on investointituki, joka on säädetty valtioneuvoston asetuksessa (VNA 498/2018). Tukea voivat hakea yritykset, kunnat ja muut yhteisöt. Tuki on tarkoitettu kaasuverkoston ulkopuolelle rakennettavien tankkausasemien investointeihin. (TEM 2020.)

Kierrätyslannoitteen valmistus ja käyttö

Viljelijä voi hakea ympäristökorvausta kierrätyslannoitteiden käytöstä pelto- ja puutarhakasvien viljelyyn, per hehtaari lannoitettua alaa. Korvausta maksetaan enintään 60 % lannoitesta alasta. Ympäristökorvausta voidaan hakea molemmille eri kierrätyslannoitteiden tyyppinimillä oleville lannoitteille (3A2 ja 3A5). Ympäristökorvaus ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrätykselle on 40 €/ha. Korvausta saadakseen viljelijän on täytynyt tehdä ympäristösitoumus. Ympäristösitoumus tarkoittaa useita eri tila- ja lohko kohtaisia toimenpiteitä, joilla edistetään ravinteiden tasapainoista käyttöä ja joista maksetaan korvausta. Siihen kuuluu erinäisiä vähimmäisvaatimuksia, jotka ovat korvauksen saamisen ehtoina (Ruokavirasto 2020b.)

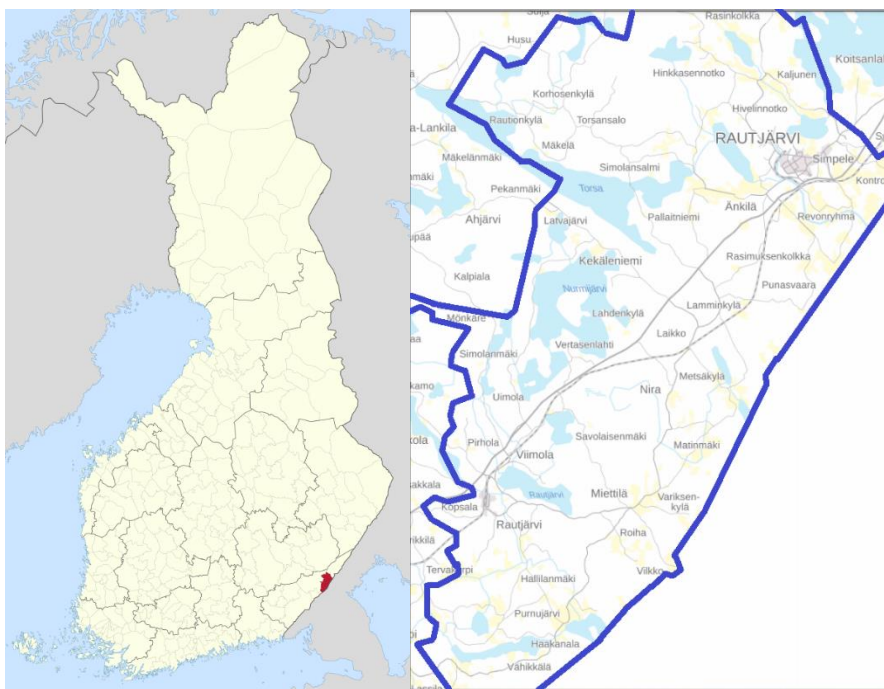
Laatulannoite-sertifikaatti

Laatulannoite-laaturjärjestelmä on palvelu ja työkalu kierrätyslannoitteiden käyttäjille ja tuottajille sekä viranomaisille. Laatulannoite sertifikaatti on perustettu tukemaan ravinteiden kierrätystä ja kierrätyslannoitteiden tunnettavuutta, käyttöä ja turvallisuutta. Järjestelmän mukaisille lannoitteille voidaan myöntää laatulannoitesertifikaatti, joka on tae lannoitetuotteen korkeasta laadusta. Laatulannoitesertifikaatti on tähän mennessä myönnetty useille kierrätyslannoitteille ja esimerkiksi puhdistamolietteestä valmistetulle lannoitteelle on mahdollista hakea sertifikaattia. Sertifikaatin hakemusmaksu on 700 €. Vuosimaksu perustuu valmistusmäärään ja on 0,20 €/t. Muita kustannuksia ovat näytteenotto, analyysi ja ulkoisen auditoinnin maksut. (Laatulannoite 2021.)

6 Rautjärvi ja jätevedenpuhdistamo

6.1 Alueen yleiskuvaus

Rautjärvi on kunta kaakkois-Suomessa (kuva 3), Etelä-Karjalan maakunnassa (kuva 2). Asukkaita kunnassa on 3405, joista noin puolet asuu Simpeleen taajamassa ja pinta-alaa 401,90 km². Naapuri kuntia ovat Parikkala (4678 asukasta) ja Ruokolahti (5000 asukasta). (Rautjärven kunta 2021.)



Kuva 2. (Fenn-O-maniC 2021)
hiniitty 2021)

Kuva 3. Rautjärven kuntarajat (Lou-

6.2 Jätevedenpuhdistamo

Vihvilänsuon jätevedenpuhdistamo sijaitsee Simpeleen taajamassa Rautjärven kunnassa. Puhdistamoon tulevan jäteveden keskiarvoinen määrä on noin 1000 m³/d. Simpeleen jätevedenpuhdistamo on rinnakkaissaostuslaitos ja sen toiminta perustuu aktiiviliete-prosessiin ja fosforin rinnakkaissaostukseen. Puhdistusprosessista syntyy noin 2000 m³ kuivattua lietettä vuodessa. Puhdistettu vesi johdetaan Hiitolanjokeen. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2009.)

Vihvilänsuon jätevedenpuhdistamolla syntyvä liete kuivataan suotonauhapuristimella, jonka jälkeen siihen lisätään tukiainetta, turvetta tai purua, jonka jälkeen se kompostoidaan

rumpukompostorissa. Kuivattu liete viipyy kompostorissa noin 3–7 vuorokautta, jonka jälkeen kompostoitu jae siirretään ulos aumaan, jossa se jälkikypsytetään 2–3 vuotta. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2009.)

7 Työssä käytetyt menetelmät

7.1 Tiedonhankinta

Opinnäytetyö tehtiin pääosin kirjallisuuskatsauksena. Työssä käytettiin myös internet-selain pohjaisia työkaluja, kuten Luonnonvarakeskuksen Biokaasulaskuri ja Biomassa Atlas.

Luonnonvarakeskuksen biokaasulaskuri on työkalu, jolla voi laskea biokaasutuotannon kustannuksia, tuotanto potentiaalia saatavilla olevista syötteistä, kannattavuutta ja investointien suuruutta. Laskuri on tarkoitettu alle 15 000 tonnin vuosittaiseen syötemäärään. Laskuri on internet selain pohjainen ja on vapaasti hyödynnettävissä Luonnonvarakeskuksen sivuilla. Laskurin tarjoamat oletusarvot perustuvat tutkimuksiin eri syötteistä ja prosesseista. Oletusarvoja voi muuttaa, jos käyttäjällä on tarkempaa tietoa esimerkiksi omasta biokaasun tuotantoon tarkoitettusta syötteestä. Laskuri on tarkoitettu vain suuntaa antavaksi biokaasulaitosta suunnittelevalle. (LUKE 2021.)

Biomassa-atlas on Luonnonvarakeskuksen, Suomen ympäristökeskuksen, Tapio oy:n, Vaasan Yliopiston ja Itä-Suomen yliopiston kehittämä biomassojen kestävää käyttöä tukeva paikkatietopalvelu internetissä. Atlaksella voi tutkia Suomessa olevia biomassoja niiden tyyppin ja määrän mukaan. (Biomassa Atlas 2020.)

7.2 Biokaasulaskuri

Biokaasulaskuriin syötetyt tiedot lietteen koostumuksesta saatiin Rautjärven kunnan teetättämästä, Ahma ympäristö Oy:n suorittamasta liete analyysistä vuodelta 2016. Tiedot lietteen vuosittaisesta määrästä on saatu vihvilänsuon vedenpuhdistamon ympäristölupapäätöksestä vuodelta 2009 (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2009). Analyysit on tehty kompostointi kentällä jälkikompostoituvalla kompostille.

Biokaasulaskelmat tehtiin märkämädätystä ja kuivämädätystä käyttävälle laitokselle. Jotta päästiin laitoksissa positiiviseen tulokseen, molemmat laitokset laitettiin tuottamaan liikennepolttoainetta, joka myytäisiin omalta asemalta. Vuosittaiseksi syötteeksi laitettiin 1000 t/a kompostoitua lietettä.

8 Tulokset

Biokaasu

Taulukossa 2 kerrotaan Luonnonvarakeskuksen biokaasulaskurin antamat tulokset märkämädätykselle ja kuivämädätykselle, kun syötteenä käytetään jätevedenpuhdistuslaitoksen vuosittain syntyvää kompostoitua puhdistamolietettä.

Taulukko 2. Biokaasuntuotanto ja kustannukset (LUKE 2021.)

	Märkämädätys	Kuivämädätys
Syöte t/a	1000	1000
Laimennusvesi m ³ /a	884	0
Lämmöntuotanto kWh	88118	85081
Sähköntuotanto kWh	0	0
Biometaani kg/a	21 927	21 171
Tuotto €/a	29 346	28 624
Kustannukset €/a	24 301	26 272
Investoinnit €	388 700	743 800
Investointituki %	30	30
Takaisinmaksuaika a	54	221

Simpleleellä ei ole Gasum Oy:n biokaasuasemaa tai Gasgrid Oy:n kaasun siirtoputkea, joten kaasun tuottaminen muuhun kuin omaan käyttöön tai omalta asemalta myytäväksi on joko mahdotonta tai erittäin kallista (Gasum Oy 2021).

Biokaasuntuotannon kannattavuus paranee huomattavasti, jos laitokselle tuodaan lähialueiden jätevesilietettä esimerkiksi Parikkalasta ja muita biomassoja, joista olisi mahdollista periä porttimaksua.

Luonnonvarakeskuksen Biokaasulaskurin tulokset löytyvät lyhentämättöminä tämän opinnäytetyön liitteinä.

Kierrätyslannoite

Kompostoidun lietteen tuotteistaminen kierrätyslannoitteeksi on kustannustehokas idea ja jos valmistus tapahtuu vihvilänsuolla, voidaan välttää kuljetuskustannukset. Lannoitteen valmistusta varten on hankittava laitoshyväksyntä.

Maanviljelijöiden asenne kierrätyslannoitteita kohtaan on yleisesti positiivinen, mutta moni suhtautuu varsinkin puhdistamolietteistä valmistettuihin lannoitteisiin varauksella. Suomen Ympäristökeskuksen vuonna 2018 teettämän kyselyn mukaan, jopa 70 % vastaajista vierasti jätevesilietteen käyttöä kierrätyslannoitteen raaka-aineena (SYKE 2018). Tähän voisi koittaa vaikuttaa esimerkiksi CE-merkinnällä ja laatulannoitesertifikaatilla.

Kierrätyslannoitteiden markkinat ovat vielä pienet Suomessa ja niistä ei tällä hetkellä makseta kovin hyvää hintaa. Puhdistamolietteistä valmistetuilla lannoitteilla on joitain käyttörajoituksia (esimerkiksi luomuviljely ja eräät viljelijöiden sopimukset), jotka pienentävät niiden myynnin kannattavuutta.

Puhdistamolietteistä valmistettujen lannoitevalmisteiden rajoituksista ja huonosta imagosta johtuen niitä käytetään paljon maanviljelyksen sijaan viherrakentamisen kasvualustoissa.

Laitoshyväksyntäpäätökset käsittelykapasiteetti enintään 2000m³ on 616 €, 2001-8000m³ on 1320 €, laitoshyväksynnän uusiminen, siirtäminen tai peruuttaminen on 88 €/h. Tyyppinimen hyväksyminen ja hakemuksen käsittely on 88 €/h.

Rautjärven kunnan alueella on paljon viljeltävää peltoa, jolla kierrätyslannoitetta voitaisiin käyttää. Alueella kasvatetaan mm. kevät vehnää, ohraa, mallasohraa, kauraa, vihantaviljaa, perunaa, rypsiä, kuminaa, laidunsatoa, säiliörehua, ja eri nurmia. (Biomassa Atlas 2020.)

Kuljetus

Yhtenä vaihtoehtona on kuljettaa liete Lappeenrantaan uudelle Kukkuroinmäen biokaasulaitokselle. Kustannukset: Etelä-Karjalan jätehuollon sivuilta yhdyskuntalietteen vastaanotomaksu on 102,05 €/t, alv 24 %. Käsittely maksu on sama lietteelle ja kuivatetulle lietteelle.

Rautjärven naapurikunta Parikkalan Särkisalmen jätevedenpuhdistamo kuljettaa oman kuivatetun lietteensä (212,72 t) BioKymppi Oy:lle sen biokaasulaitokseen Kiteelle (Saimaan vesi ja ympäristötutkimus 2021). Jos kuljetus BioKymppi Oy:lle nähdään hyvänä vaihtoehtona, voisi tässä olla yhteiskuljetusmahdollisuus.

Jos kuivattua lietettä tai kompostia ei haluta tuotteistaa ja myydä itse, kompostoitu tai muuten käsitelty liete voisi olla mahdollista toimittaa suuremmalle kierrätyslannoitteita valmistavalle toimijalle, kuten Kekkilä Oy:lle Lappeenrantaan.

Ongelmana kaikissa näissä vaihtoehtoissa on pitkä kuljetusmatka. Kuljetuskustannukset riippuvat kuljetus yrityksen kanssa tehtävästä sopimuksesta.

Kuljetuksesta aiheutuu myös päästöjä. Lietteen kuljettaminen Lappeenrantaan Kukkuroinmäen biokaasulaitokselle (n. 80 km) tai Kiteelle Bio10 biokaasulaitokselle (n. 100 km) tuottaa paljon kasvihuonepäästöjä. 2000 m³ lietettä kuljettaminen Kukkuroinmäen biokaasulaitokselle keskiarvoisesti päästelevällä (v.2016) ajoneuvoyhdistelmällä, jossa on täysi kuorma (40 t) päällä tuottaa seuraavat päästöt:

Lietteen tilavuuspaino 500 g/l. Yksi kuorma vie 80m³ lietettä. $2000 \text{ m}^3 / 80 = 25$ kuljetuskertaa/a. Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen Lipasto päästölaskurin mukaan perävaunuyhdistelmä täydellä kuormalla (40 t kuorman paino, kokonaispaino 60 t) aiheuttaa 1197 g/km CO₂ päästöjä maantieajossa. Matkasta suurin osa on maantietä. $1197 * 80 = 95760 \text{ g CO}_2$. Vuosittaiset päästöt yhteen suuntaan ovat: $95760 * 25 = 2394000 \text{ g CO}_2 = 2394 \text{ kg CO}_2$. (VTT 2017.)

Poltto

Jätevesilietteen poltto on kallista kuljetuskustannusten ja vastaanottomaksujen takia. Useilla polttolaitoksilla ei myöskään ole välttämättä jätteenpolttolupaa, joten mahdolliset lietteenpoltoon kykenevät laitokset ovat harvassa.

Materiaalitori

Materiaalitori.fi on Ympäristöministeriön tuottama jätteiden ja sivuvirtojen hyötykäyttöä ja vaihdantaa edistävä yritysten ja organisaatioiden kohtaamispaikka. Sivulla voi myös tarjota tai hakea näihin liittyviä palveluja. Materiaalitorin käyttäminen on maksutonta. Vihvilänsuon jätevedenpuhdistamolta syntyvästä lietteestä ja siitä tehdystä kompostista voisi laittaa sivustolle ilmoituksen, jotta mahdolliset tällä hetkellä tuntemattomat yhteistyökumppanit voisivat löytää syntyvät materiaalit. (Materiaalitori 2021.)

9 Yhteenveto

Suomi ja EU edistävät lainsäädännöllä ravinteiden kierrätystä ja jätevedenpuhdistamojen täytyy pystyä vastaamaan asetettuihin tavoitteisiin.

Jätevesilietteiden ravinteet ovat tärkeä osa ravinteiden kierrätyksen tulevaisuutta, mutta lietteiden mahdollisesti sisältämät haitta-aineet, raskasmetallit, PAH-yhdisteet, lääkeainejäämät ja mikromuovit hankaloittavat lietteiden käyttöä. Mahdolliset haitta-aineet haittaavat jätevesilietteiden imagoa mm. maanviljelyssä, ja esimerkiksi maanviljelijät ovat yleisesti varautuneita lietteiden käytöstä erityisesti ruuan viljelyssä. Lietteiden imagon kohentamiseen on tulossa työkaluja, kuten laatulannoitesertifikaatti ja CE-merkintä. Suomi ohjaa lainsäädännön muutoksilla lietteen hyödyntämiseen sen energiakäytön tai loppusijoittamisen sijaan, mutta kiristyvät haitta-aine raja-arvot vaikeuttavat lietteen hyödyntämistä materiaalina.

Lietteen käsittely kehittyy kovaa vauhtia, mutta uudet tekniikat, kuten fosforin talteenotto tai pyrolyysi ovat vielä liian kalliita varsinkin pienemmille jätevedenpuhdistuslaitoksille. Useimmilla laitoksilla Suomessa lietteet käsitellään tällä hetkellä kompostoimalla tai mädättämällä tai molemmilla. Mädätys tuottaa biokaasua ja molemmat mädätys ja kompostointi tuottavat ravinne rikasta lannoitteeksi ja maanparannusaineksi kelpaavaa materiaalia. Mädätys voidaan tehdä myös suuremmissa keskitetyissä laitoksissa, mutta kuljetuskustannukset ja porttimaksut ovat kalliita.

Kompostoidun lietteen tuotteistaminen kierrätyslannoitteeksi maanviljelyyn tai kasvualustaksi viherrakentamiseen on kustannustehokas vaihtoehto, jos se tehdään lietteen synty paikalla, tai sen läheisyydessä. Kierrätyslannoitteiden markkinat ovat vielä pienet Suomessa, joten suuria voittoja kierrätyslannoitteiden valmistuksesta ei vielä saa.

10 Lähteet

Alakangas Eija, 2000. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT tiedotteita 2045, Otamedia Oy [viitattu 24.2.2021]. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/files/685/t2045.pdf>

A L Amminudin, P J Ramadhansyah, S I Doh, S A Mangi, Haziman Mohd, 2020. Effect of Dried Sewage Sludge on Compressive Strength of Concrete [viitattu 18.3.2021]. Saatavissa: <https://core.ac.uk/reader/237500430>

Annimari Lehtomäki, Teija Paavola, Sari Luostarinen ja Jukka Rintala, 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – Raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet, Jyväskylän yliopisto [viitattu 5.2.2021]. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/47694/978-951-39-3075-2.pdf?sequence>

Biomassa atlas, 2020. Luonnonvarakeskus (LUKE) [viitattu 18.2.2021]. Saatavissa: <https://biomassa-atlas.luke.fi/>

Elina Tampio, Markku Vainio, Elina Virkkunen, Mikko Rahtola, Sampsa Heinonen, 2018. Opas kierrätyslannoitevalmisteiden tuottajille, Luonnonvarakeskus (LUKE) [viitattu 10.1.2021]. Saatavissa: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542240/luke-luobio_37_2018_2X.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Gasum, 2021. Kaasutankkausasemat Suomessa [viitattu 6.4.2021]. Saatavissa: <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkausasemat/>

German Environment Agency (GEA), 2016. Technical Guide on the treatment and recycling techniques for sludge from municipal wastewater treatment [viitattu 24.2.2021]. Saatavissa: <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/technical-guide-on-the-treatment-recycling-0>

Jätelaki 646/2011 [viitattu 23.3.2021]. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>

Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, 2009. Ympäristölupapäätös [viitattu 6.4.2021]. Saatavissa: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8pMT-MIUHFNYJ:https://www.ymparisto.fi/download/noname/%257B68A3B805-C272-4E82-BEB7-6344E6ED8FFA%257D/83584+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=fi>

Kati Berninger, Tanja Pihl, Pirkko Kasanen, Anna Mikola, Oras Tynkkynen ja Riku Vahala, 2017. Jätevesien fosfori hyötykäyttöön – teknologioita ja ohjauskeinoja, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 62/2017 [viitattu 23.3.2021]. Saatavissa:

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80670/62_Jatevesienfosforihy-oty kayttoon_30082017.pdf

Kari Ylivainio, Lauri Äystö, Päivi Fjäder, Kimmo Suominen, Alma Lehti, Noora Perkola, Jukka Ranta, Päivi Meriläinen, Ville Välttilä ja Eila Turtola, 2020. Jätevesilietteen pitkäkestoinen fosforilannoitusvaikutus ja yhteys ympäristö- ja ruokaturvallisuuteen, Luonnonvarakeskus (LUKE) [viitattu 30.3.2021] Saatavissa: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/546262/luke_luobio_55_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kuva 1. Tiina Tontti, Ritva Mäkelä-Kurto, 1999. Kompostointiprosessin aikana tapahtuvat lämpötilan ja pH:n muutokset. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/download/none/%7B9AA02249-0BF9-4D7B-AEB9-0A42CEBC3BE5%7D/121954>

Kuva 2, Wikimedia commons, Fenn-O-maniC, 2021, Saatavissa: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=rautj%C3%A4rvi&title=Special:Search&go=Go&ns0=1&ns6=1&ns12=1&ns14=1&ns100=1&ns106=1#/media/File:Rautj%C3%A4rvi_sijainti_Suomi.svg

Kuva 3, Lassi Louhiniitty, 2021. Rautjärven kunnanrajat.

Kymäläinen Maritta, Pakarinen Outi, 2015. Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen [viitattu 18.2.2021]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/104180>

Laatulannoite, 2021 [viitattu 18.2.2021]. Saatavissa: <https://www.laatulannoite.fi/>

Laitinen Jyrki, Nieminen Jenni, Saarinen Risto, Toivikko Saijariina, 2014. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot, Ympäristöministeriö [viitattu 24.2.2021]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/43199>

Lannoitevalmistelaki 539/2006 [viitattu 23.3.2021]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060539>

Latvala Markus, 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä, Suomen ympäristökeskus (SYKE) [viitattu 24.2.2021]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/37998>

Luonnonvarakeskus (LUKE), 2014. Layman's report, LCA in Landscaping [viitattu 28.3.2021]. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/lcainlandscaping/Julkaisut/Annex%20Ac5%2051%20Layman%20Report%20LIFE09%20ENV%20FI%2000570%20LCA%20IN%20LANDSCAPING.pdf>

Luonnonvarakeskus (LUKE), 2021. Biokaasulaskuri [viitattu 1.2.2021]. Saatavissa:

<https://maatalousinfo.luke.fi/fi/laskurit/biogas>

Materiaalitori, 2021 [viitattu 31.3.2021]. Saatavissa: <https://materiaalitori.fi/>

Motiva Oy, 2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. [viitattu 31.3.2021]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf

Mutikainen Mirja, Sormunen Kai, Paavola Heli, Haikonen Turo ja Väisänen Mirva, 2016. Biokaasusta kasvua, Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet, Sitra [viitattu 8.4.2021]. Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/27175150/Selvityksia111-2.pdf>

Natural Resource Defence Council (NRDC), 2021 [viitattu 5.2.2021], Saatavissa:

<https://www.nrdc.org/stories/composting-101>

Proagria, 2020. Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa [viitattu 3.1.2021]. Saatavissa:

https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/puhdistamolieteopas_2020_lin-kit_1.pdf

Päivi Fjäder, 2016. Yhdyskuntajätevesilietteiden maatalouskäytön ja viherrakentamisen riskit, Suomen ympäristökeskus (SYKE) [viitattu 15.1.2021]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/36211357-Yhdyskuntajatevesilietteiden-maatalouskayton-ja-viherrakentamisen.html>

Pöyry Environment Oy, 2007. Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky -selvitys [viitattu 11.3.2021]. Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/27172733/LietteenkC3A4sittely-2.pdf>

Pöyry Finland Oy, 2018. Lietteen hyödyntäminen ilman maatalouskäyttöä – hankkeen loppuraportti [viitattu 5.2.2021]. Saatavissa: https://vvy.etapahtuma.fi/eTaika_Tiedostot/5/Hanke/1546/LOPPURAPORTTI_Lietteen_hy%C3%B6dynt%C3%A4minen_ilman_maatalousk%C3%A4ytt%C3%B6n_loppuraportti_julkinen_RevB.pdf

Rautjärven kunta, 2021. Yleistietoa kunnasta [viitattu 5.2.2021]. Saatavissa: <http://www.rautjarvi.fi/fi/Kunta-ja-hallinto/Yleistietoa-kunnasta>

Ruokavirasto, 2018. Luonnonmukainen tuotanto 1 Yleiset ja kasvintuotannon ehdot [viitattu 16.2.2021]. Saatavissa: https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/luomun-lomakkeet/luomutuotannon-ohjeet/eviran_ohje_18219_7_fi_050718.pdf

Ruokavirasto, 2019. Uusi asetus tuo markkinoille CE-merkityt EU-lannoitevalmisteet [viitattu 20.2.2021]. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/uutiset/eun-lannoitevalmisteasetus-julkaistu/>

Ruokavirasto, 2020a. Tyyppinimi [viitattu 18.2.2021]. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/lannoitelan-toiminta/lainsaadanto/tyyppinimi/>

Ruokavirasto, 2020b. Ympäristökorvauksen sitomusehdot 2020 [viitattu 22.2.2021]. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/oppaat-ja-esitteet/ymparistokorvauksen-sitomusehdot-2020.pdf>

Ruuhela, Sanna, 2017. Puhdistamolietteen käsittelyn hankinnan laatukriteerien kehittäminen, Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus [viitattu 31.3.2021]. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/136226/Raportteja_18_2017.pdf?sequence=10&isAllowed=y

Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy, 2021. Parikkalan Särkisalmen jätevedenpuhdistamon veloitetarkkailun neljännesvuosiyhteenveto loka-joulukuu 2020 ja vuosiyhteenveto 2020 [viitattu 8.3.2021]. Saatavissa: <http://www.parikkala.fi/loader.aspx?id=138d0466-d3f5-4b28-a9d0-8d31f3f15174>

Suomen Biovoima Oy, 2019. Biokaasu [viitattu 2.2.2021]. Saatavissa: <https://biovoima.com/biokaasu>

Suomen Ympäristökeskus (SYKE), 2018. Ruuantuottajien näkemyksiä ja kokemuksia kierrätyslannoitteiden käytöstä ja kehitystarpeista [viitattu 8.3.2021]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/276964/SYKEra_31_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2017. Lipasto yksikköpäästöt tietokanta [viitattu 7.2.2021]. Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kavp60tie.htm>

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM), 2020. Biokaasuohjelmaa valmisteleavan työryhmän loppuraportti [viitattu 5.2.2021]. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162032>

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014 [viitattu 23.3.2021]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141250>

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013 [viitattu 23.3.2021]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130331>

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry, 2021 [viitattu 10.2.2021]. Saatavissa: <http://www.vhvsy.fi/sivut/Yhdyskuntapuhdistamot>

Vesilaitosyhdistys, 2019. Yhdyskuntalietteen käsittelyn ja hyödyntämisen nykytilannekatsaus [viitattu 18.2.2021]. Saatavissa: https://www.vvy.fi/site/assets/files/3078/yhdyskuntalietteen_kasittelyn_ja_hyodyntamisen_nykytilannekatsaus_vvy_nr_57.pdf

Vesilaitosyhdistys, 2021. Ammattiasiaa jätevesistä [viitattu 31.3.2021]. Saatavissa: <https://www.vvy.fi/vesihuolto/jatevesista-eksperteille/>

11 Liitteet

Liite 1. Yhteenveto biokaasulaitossuunnitelmasta kuivamädätystekniikalla (LUKE 2021)

Liite 2. Yhteenveto biokaasulaitossuunnitelmasta märkämädätystekniikalla (LUKE 2021)

Liite 1. Yhteenveto biokaasulaitossuunnitelmasta kuivamädätystekniikalla (LUKE)

Syötteen		
Syötelistä		
Yhdyskuntien jätevesiliete	1 000	t/a
Syötteen yhteensä		
Yhteismäärä	1 000	t/a
Kuiva-aineen määrä	226	t/a
Kuiva-ainepitoisuus	22,60	%
Laimennusveden määrä	0	m ³ /a
Tekniikka		
Laitos		
Reaktorisiilojen lkm	2	
Panosten lkm vuodessa siiloa kohti	3	
Panoksen viipymä	122	d
Yhden reaktorisiilon tilavuus	417	m ³
Varastointi/muut		
Reaktorisiilojen varastointikapasiteetti	833	m ³
Lisävarastointitilan tarve käsittelyjäännökselle	833	m ³
Energia		
Yleistiedot		
Biokaasun energiasisältö	400 381	kWh
Kaasuteho	46	kW
Tuotetun biokaasun/raakakaasun tilavuus	61 597	m ³
Sähköteho (CHP)	0	kW (sähkö)
Lämpöteho (CHP)	0	kW (lämpö)
Lämpöteho (lämpökattila)	10	kW (lämpö)
Lämmön tuotanto		
Tuotettu määrä	85 081	kWh

Laitoksen kulutus	83 646	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiaali	1 435	kWh
Sähkön tuotanto		
Tuotettu määrä	0	kWh
Laitoksen kulutus	7 300	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiaali	-7 300	kWh
© Luke 8.4.2021		Page 1 of 3

Biokaasun käyttö/myynti raakakaasuna		
Raakakaasun energiasisältö	0	kWh
Biometaan		
Puhdistetun kaasun energiasisältö	294 280	kWh
Tuotettu määrä kiloina	21 171	kg
Ravinteet		
Käsittelyjäännös	920	t
Kuiva-aine	15,88	%
Kokonaistyyppi (N)	12,50	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	3,41	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	13,04	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	0,54	kg / t (tuorepaino)
Liukoisien typen lisääntyminen biokaasuprosessissa	3 039	kg
Tuotot		
Energia		
Korvaushyöty sähkön omasta käytöstä	0	€/a
Korvaushyöty lämmön omasta käytöstä	0	€/a

Sähköenergian myynti	0	€/a
Lämpöenergian myynti	0	€/a
Liikennepolttoaineen myynti omalta tankkausasemalta	26 041	€/a
Siirto ja myynti kaasuna	0	€/a
Porttimaksulliset syötteet		
Porttimaksullinen syöte	0	€/a
Käsittelyjäännöksen lannoitusarvo		
Liukoisien typen lisääntyminen	2 583	€/a
Tuotot yhteensä	28 624	€/a
Kustannukset		
Syötteet ja käsittelyjäännös		
Kuivajakeen separointi syötteeksi ja käsittely	0	€/a
Kiinteän raaka-aineen jatkokäsittely, esim. murskaus ja lastaus	0	€/a
Lietemäisen raaka-aineen jatkokäsittely	0	€/a
Raaka-aineen kuljetus	0	€/a
Käsittelyjäännöksen rahti ja levitys	0	€/a
Ostohyödykkeet		
Ostosähkö	803	€/a
© Luke 8.4.2021		
Page 2 of 3		
Ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset		
CHP	0	€/a
Liikennekaasun jalostus	6 734	€/a
Tankkausasema	140	€/a
Laitoksen muu tekniikka ja rakenteet ml. kaasukattila	6 522	€/a
Konetyö (esim. reaktorin täyttö ja purku)	4 000	€/a
Päivittäinen työ (tarkastus + pienet korjaukset)	2 354	€/a
Hallinnollinen työ	2 000	€/a
Vakuutukset ja muut kulut		

Vakuutus	3 719	€/a
Muu kustannus	0	€/a
Kustannukset yhteensä	26 272	€/a
Investoinnit		
Investointihinta ilman tukea (alv 0 %)		
Biokaasulaitos (sis. lämpökattilan)	575 600	€
CHP	0	€
Biometaanin puhdistus	135 000	€
Tankkausasema	14 000	€
Käsittelyjäänneksen tai separoidun nestejakeen varastointi	19 200	€
Investointi ilman tukea yhteensä	743 800	€
Investointikustannus tuen jälkeen (alv 0 %)		
Tuki	30	%
Tuen määrä	223 140	€
Investointikustannus tuen jälkeen	520 660	€
Kannattavuus		
Annuiteettimenetelmä		
Laskentakorkokanta	4	%
Investoinnin annuiteetti tuki huomioiden	-45 185	€
Kate	2 352,27	€
Tulos	-42 833	€
Takaisinmaksuajan menetelmä		
Takaisinmaksuaika tuki huomioiden	221,34	a

Liite 2. Yhteenveto biokaasulaitossuunnitelmasta märkämädätystekniikalla (LUKE 2021)

Syötteet		
Syötelistä		
Yhdyskuntien jätevesiliete	1 000	t/a
Syötteet yhteensä		
Yhteismäärä	1 884	t/a
Kuiva-aineen määrä	226	t/a
Kuiva-ainepitoisuus	12,00	%
Laimennusveden määrä	884	m ³ /a
Tekniikka		
Reaktori		
Orgaaninen kuormitus	4,55	kg VS / (m ³ d)
Reaktorin viipymä	21	d
Reaktorin koko	125	m ³
Jälkikaasuuntumisallas		
Jälkikaasuuntumisallas käytössä	Kyllä	
Jälkikaasuuntumisaltaan viipymä	21	d
Jälkikaasuuntumisaltaan koko	125	m ³
Varastointi/muut		
Tarvittava mädätteen varastointitilavuus	1 594	m ³
Massan vähenemä prosessin aikana	3,90	%
Energia		
Yleistiedot		
Biokaasun energiasisältö	414 672	kWh
Kaasuteho	47	kW
Tuotetun biokaasun/raakakaasun tilavuus	63 796	m ³
Sähköteho (CHP)	0	kW (sähkö)
Lämpöteho (CHP)	0	kW (lämpö)

Lämpöteho (lämpökattila)	10	kW (lämpö)
Lämmön tuotanto		
Tuotettu määrä	88 118	kWh
Laitoksen kulutus	63 662	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiaali	24 456	kWh
Sähkön tuotanto		
Tuotettu määrä	0	kWh

Laitoksen kulutus	56 897	kWh
Oman yrityksen kulutus	0	kWh
Myyntipotentiaali	-56 897	kWh
Biokaasun käyttö/myynti raakakaasuna		
Raakakaasun energiasisältö	0	kWh
Biometaani		
Puhdistetun kaasun energiasisältö	304 784	kWh
Tuotettu määrä kiloina	21 927	kg
Ravinteet		
Käsittelyjäännös	1 810	t
Kuiva-aine	8,42	%
Kokonaistyyppi (N)	6,35	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen typpi	1,60	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	6,63	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	0,28	kg / t (tuorepaino)
Liukoisen typen lisääntyminen biokaasuprosessissa	2 795	kg
Tuotot		
Energia		
Korvaushyöty sähkön omasta käytöstä	0	€/a

Korvaushyöty lämmön omasta käytöstä	0	€/a
Sähköenergian myynti	0	€/a
Lämpöenergian myynti	0	€/a
Liikennepolttoaineen myynti omalta tankkausasemalta	26 970	€/a
Siirto ja myynti kaasuna	0	€/a
Porttimaksulliset syötteen		
Porttimaksullinen syöte	0	€/a
Käsittelyjäännöksen lannoitusarvo		
Liukoisien typen lisääntyminen	2 376	€/a
Tuotot yhteensä	29 346	€/a
Kustannukset		
Syötteen ja käsittelyjäännöksen		
Kuivajakeen separointi syötteen ja käsittely	0	€/a
Kiinteän raaka-aineen jatkokäsittely, esim. murskaus ja lastaus	0	€/a
Lietemäisen raaka-aineen jatkokäsittely	0	€/a
Raaka-aineen kuljetus	0	€/a

Käsittelyjäännöksen rahti ja levitys	0	€/a
Ostohyödykkeet		
Ostosähkö	6 259	€/a
Kemikaali- ja käyttövesikustannukset	0	€/a
Ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset		
Pumput ja sekoittimet	1 030	€/a
CHP	0	€/a
Liikennekaasun jalostus	6 734	€/a
Tankkausasema	140	€/a
Laitoksen muu tekniikka ja rakenteet ml. kaasukattila	2 169	€/a
Konetyö	0	€/a

Päivittäinen työ (tarkastus + pienet korjaukset)	4 026	€/a
Hallinnollinen työ	2 000	€/a
Vakuutukset ja muut kulut		
Vakuutus	1 944	€/a
Muu kustannus	0	€/a
Kustannukset yhteensä	24 301	€/a
Investoinnit		
Investointihinta ilman tukea (alv 0 %)		
Biokaasulaitos (sis. lämpökattilan)	239 700	€
CHP	0	€
Biometaanin puhdistus	135 000	€
Tankkausasema	14 000	€
Käsittelyjäännöksen separointi	0	€
Käsittelyjäännöksen tai separoidun nestejakeen varastointi	0	€
Investointi ilman tukea yhteensä	388 700	€
Investointikustannus tuen jälkeen (alv 0 %)		
Tuki	30	%
Tuen määrä	116 610	€
Investointikustannus tuen jälkeen	272 090	€
Kannattavuus		
Annuiteettimenetelmä		
Laskentakorkokanta	4	%
Investoinnin annuiteetti tuki huomioiden	-27 630	€
Kate	5 046	€
Tulos	-22 585	€
Takaisinmaksuajan menetelmä		
Takaisinmaksuaika tuki huomioiden	53,93	a