

Kuivatun karjanlannan mädätejäännöksen soveltuvuus kasvualustaksi - esikoe

**Pohjois-Savon liiton ja Luonnonvarakeskuksen
rahoittaman tutkimushankkeen loppuraportti
15.4.2021**

Luonnonvarakeskuksen projekti 41007-00200601

Juha Heiskanen
juha.heiskanen@luke.fi

Luonnonvarakeskus
Juntintie 154, 77600 Suonenjoki
Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

Johdanto

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi pyritään maailmanlaajuisesti minimoimaan hiilipäästöjä. EU:n tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalisuus vuoteen 2050 mennessä ja vastaavasti Suomen tavoite on vuoteen 2035 mennessä (ym.fi/en/carbon-neutral-finland-2035). Hiilineutraalisuus edellyttää fossiilisten polttoaineiden käytön ja myös turpeennoston vähentämistä, sillä turvemaat ovat maailmanlaajuisesti merkittäviä hiilinieluja ja ne uusiutuvat hitaasti. Vaatimukset turpeennoston vähentämisestä ovat johtaneet myös siihen, että uusien turpeettomien kasvualustojen kysyntä on kasvanut.

Kasvuturve on nykyään maailman käytetyin kasvualusta (n. 40 milj. m³/v) (Blok ym. 2020). Suomessa tuotetaan kasvuturvetta noin 2 milj. m³/v, josta puolet käytetään kotimaassa ja 15–20 000 m³/v metsätaimitarhoilla. Suomessa ja muuallakin Euroopassa kasvihuoneviljelyn, taimistotuotannon ja viherrakentamisen sekä pienemmissä määrin harrasteviljelyn kasvualustat sisältävät noin 80% kasvuturvetta (Tahvonen 2020). Suomen koko puutarhakasvien kasvihuonetuotantoala on vajaa 3900 ha, josta koristekasvituotannon osuus on vajaa 30% (http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__20%20Puutarhatilastot/03_Kasvihuonetuotannon_jakautuminen.px/).

Metsäpuiden taimia kasvatetaan Suomessa pienissä paakuissa yksinomaan puhtaassa vaaleassa rahkaturpeessa (*Sphagnum* sp.). Metsien uudistamisala on 100-120 000 ha/v, josta istutetaan noin 75 % ja kylvetään 25 %. Metsämaa kattaa 86 % Suomen maapinta-alasta (Forsman ym. 2020). Istutettavaksi tuotetaan metsätaimitarhoilla vuosittain yli 150 miljoonaa metsäpuun tainta. Turpeen valta-asema kasvualustana perustuu sen hyviin kasvuominaisuuksiin käytännön taimituotannossa sekä tieteelliseen tutkimukseen (Rikala 2012). Rahkaturve tarjoaa kasvualustana korkean ja tasaisen laadun tehokkaassa paakkutaimituotannossa. Paakkutaimet myös kasvavat ja juurtuvat hyvin maanmuokkauksen ja istutuksen jälkeen uudistusaloilla (Laine ym. 2019).

Metsäpuiden paakkutaimituotannossa on omat erityispiirteensä, jotka poikkeavat koristekasvien ja syötävien kasvien kasvihuonetuotannosta. Pohjoismainen puuntaimien tuotanto on intensiivistä ja sen sietokyky tuotantoketjun poikkeamille ja kustannuksille on rajallinen. Männyn, kuusen ja koivun taimien kasvatus tapahtuu pienissä paakuissa, joissa kasvualustan pH:n tulee olla alhainen ja vapaa taudinaiheuttajista kuten vaaleassa rahkaturpeessa (Tahvonen 1982, Rikala ja Josefek 1990). Kasvualustojen tuottaminen teollisuuden tai kotitalouksien sivuvirroista ja jätteistä esikäsittelemällä, kuten kompostoimalla tai hydrotermisellä käsittelyllä, voi tuottaa vaihtelevaa laatua ja tulla liian kalliiksi. Avotarhoilla, maisemoinnissa tai suurissa viljelyruukuissa käytettävät kasvualustat eivät yleensä sovellu metsäpuiden paakkutaimille. Turpeettoman kasvualustojen tulisi näin täyttää vastaavat vaatimukset, joita kasvuturvekin tarjoaa: helppo saatavuus, kustannustehokkuus, keveys, homogeenisuus, hyvä veden ja ravinteiden saatavuus sekä alhainen patogeenisuus.

Biokaasulaitoksien kaasunvalmistusprosessissa syntyvän mädätejäännöksen määrä kasvaa Suomessa biokaasua tuottavien laitosten yleistyessä (Virkajärvi ym. 2016, Seppänen ym. 2018, Pyykkönen ja Ervasti 2019, Horn ym. 2020). Mädätys on hapeton prosessi, jossa mikrobit hajottavat orgaanista ainesta. Separoinnissa erotellaan kuiva- ja nestejää. Mädätys sekä mahdollinen jatkokompostointi tuhoaa rikkakasvien siemeniä sekä lietelannan sisältämiä patogeenejä. Suomessa orgaanista jätettä (orgaanisen aineksen pitoisuus yli 10%), ei saa sijoittaa kaatopaikalle, vaan sille on oltava jokin muu sijoituspaikka (VNa 331/2013). Mädätejäännöstä on käytetty pääsääntöisesti peltojen lannoitukseen ja maanparannukseen. Mädätysjäännöksen jatkojalostusta tehdään Suomessa kuitenkin toistaiseksi vain vähän.

Maaningan 120 lehmän navetta biokaasuttaa ja separoi lietettä noin 3 000 t/v (Pyykkönen 2019). Lietteen tuoreiheys on noin 1 000 kg/m³ ja ruuvipuristetun mädätteen kuivajäännöksen 500 kg/m³ (Pyykkönen 2021 suullinen). Ruuvipuristetun mädätteen kuivajäännöstä syntyy noin 10 % lietesyötteestä tuoremassasta mitattuna (Pyykkönen ja Ervasti 2019, Pyykkönen 2021 suullinen), joten kuivajakeen tuoremassaa muodostuu

Maaningalla noin 300 t/v (noin 600 m³/v). Maatilatason biokaasulaitoksia oli v. 2018 Suomessa 20 kpl, joiden keskimääräinen syötekapasiteetti on noin 4 200 t/v (<https://biokierto.fi/biokaasu/tuotanto>). Siten voidaan karkeasti arvioida, että Suomessa maatilojen biokaasulaitosten mädätettä voisi muodostua 84 000 t/v ja mädätteen kuivajaeetta noin 8 400 t/v (noin 16 800 m³/v).

Tämä raportin tavoitteena on selvittää karjanlannan mädätejäännöksen soveltuvuutta metsäpuiden taimien ja koristekasvien tuotannossa käytettäväksi kasvualustaksi siltään tai seoksena perustuen laboratorio- ja taimikasvatuksen esikokeeseen. Esikokeessa testattiin kasvihuoneessa metsäpuiden taimien (kuusi *Picea abies* (L.) Karst., mänty *Pinus sylvestris* L., koivu *Betula pendula* Roth.) sekä yhden puutarhakasvin (petunia x hybrida F1 Grandiflora) kasvua kuivatussa karjanlannan mädätejäännöksessä (tuottaja Luke Maaninka) käyttäen vertailuna myös kasvuturvetta sekä rahkasammalkasvualustaa.

Aineisto ja menetelmät

Tutkitut kasvualustat: Mädätysjäännös

Tutkittu karjanlannan mädätysjäännös on pihaton (Luke, Maaninka) lypsylehmien tuottama liete (sona, virtsa, vesi, kuivitusurve sekä kuivajakeen ja turpeen seos) on kerätty kokoomakuilun kautta maan alla olevaan 100 m³ lietesäiliöön. Liete pumpataan päivittäin biokaasulaitokseen niin, että kokonaiskertymä on 9-10 m³/vrk. Biokaasureaktorissa, joka on hapeton lietesäiliö (lietetilavuus 260 m³), lämpötila on noin 37 °C. Reaktorissa syötteen hydraulinen viipymä on syötemäärästä riippuen noin 24-28 vrk. Reaktorista liete siirtyy jälkikaasualtaaseen (samanlainen säiliö, mutta ilman erillistä lämmitystä, lämpötila 30-35 °C), jossa viipymäaika on sama kuin reaktorissa (24-28 vrk). Reaktoria ja jälkikaasuallasta sekoitetaan upposekoittimilla. Jälkikaasualtaan jälkeen lietteen kuiva-ainepitoisuus on noin 5%. Raakalannassa ilman käsittelyä se on noin 7 % (Virkajärvi ym. 2016, Pyykkönen ja Ervasti 2019).

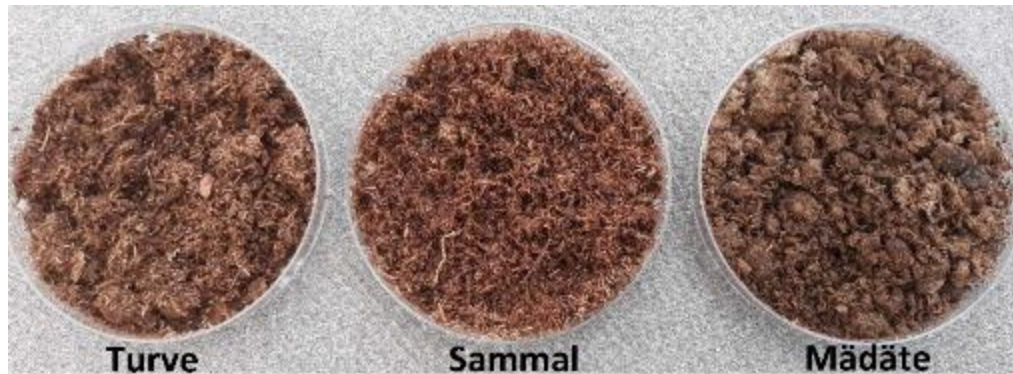
Jälkikaasualtaan jälkeen liete pumpataan varastokaivoon, josta se voidaan separoida kuivajakeeksi (peltolevitykseen tai kuivikkeeksi) ja nestejakeeksi (peltolevitykseen). Separaattorin pumppu nostaa lietteen kaivosta ja ruuvi puristaa lietteestä painojen avustamana nesteet seulan läpi irti. Nestejake ohjataan erilliseen varastokaivoon. Kuivajakeen koostumukseen voidaan vaikuttaa jonkin verran seulan ja puristuspainojen valinnalla. Kuiva-ainepitoisuus on korkeimmillaan 24-29%, mikä sopii navetan kuivikekäyttöön. Raakalanta ilman biokaasulaitoskäsittelyä on paksumpaa ja mädätysjäännös ohuempaa. Mädätysjäännöksen kuivajakeen kokonaistyyppi (N), -fosfori (P) ja -kalium (K) on järjestyksessä noin 18; 2,2 ja 6,2 g/kg ka (tuoremassassa järjestyksessä NPK 4,5; 0,55 ja 1,55 g/kg) (Virkajärvi ym. 2016, Pyykkönen ja Ervasti 2019).

Tutkitut kasvualustat: Turve, sammal ja seokset

Kasvualustat (5 erilaista) sekoitettiin tilavuuspohjaisesti käsin loppuvuonna 2020 Luken Suonenjoen laboratoriossa (Taulukko 1, Kuva 1). Käytetty kasvuturve on Kekkilän metsätaimiturvetta (FPM 420 W F6), jota käytettiin kontrollikasvualustana. Sammalkasvualustana käytettiin Kekkilän toimittamaa, 0-30 cm rahkasuon pinnalta kerättyä, seulottua, karkeahkoa vaaleaa rahkasammalta, jonka hiukkaskoko on 0-20 mm. Sammal lannoitettiin erikseen suurin piirtein turpeen tyyppitasoon, mutta mädätejäännöstä ei lannoitettu eikä kalkittu koska se sisältää tyypeä enemmän kuin turve ja sen pH on turvetta korkeampi.

Taulukko 1. Tutkitut kasvualustat ja niistä tässä raportissa käytetyt lyhenteet.

Kasvualusta	Lyhenne	Lannoitus
Metsätaimiturve (kontrolli)	T	Kekkilä Starter6 NPK 16-4-17 kg/m ³ +dolomiitti 1,8 kg/m ³
Esiseulottu sammalalusta (Kekkilä)	S	Kekkilä Puutarhal. (9-4-13) 1,33 kg/m ³ +dolomiitti 1,8 kg/m ³
Mädätysjäännös (Luke, Maaninka)	M	Ei peruslannoitetta eikä dolomiittia
Seos1 (75%+25% tilavuudesta)	S75M25	Seos M+S
Seos2 (50%+50% tilavuudesta)	S50M50	Seos M+S



Kuva 1. Tutkimuksessa käytetyt kasvualustakomponentit. Petriمالجان halkaisija on ulkoreunasta ulkoreunaan 90 mm (Kuva Luke/Hanna Ruhanen).

Kasvualustojen fysikaaliset ja kemialliset laboratoriomääritykset

Kasvualustojen kemialliset ominaisuudet määritettiin Luken kemiallisissa laboratorioissa. Kokonaistyyppi ja -hiili analysoitiin seulotuista ja ilmakehävistä näytteistä käyttäen Leco CN-analysaattoria (Leco TruMac CN Carbon/Nitrogen Determinator, Leco Corp., St. Joseph, MI, USA) ja talon sisäistä akkreditoitua menetelmää (in-house method JOK 3016, akkredointi <https://www.finans.fi/sites/en/operators/Pages/default.aspx#k=t024>). Muut totaaliravinteet uutettiin käyttäen HNO₃-HCl-happoseoksella mikroaaltouunissa (CEM MDS 2000). Uutoksesta määritettiin ravinteet ICP-emissiospektrometrilla (iCAP 6500 Duo ICP-emission spectrometer, Thermo Scientific Ltd., Cambridge, UK) standardin ISO 11466 mukaan. pH ja sähkönjohtokyky mitattiin maa-vesisuspensiosta (1:5 yön yli) laboratoriomittarilla Suonenjoella standardien ISO 11265 ja ISO 10390 mukaan sekä suoraan taimipaakkujen puristenesteistä.

Kasvualustojen liukoiset ravinteet määritettiin käyttäen ammoniumasetattiuttoa (Ac-pH 4.65, sisäinen menetelmä). Metallikationit mitattiin ICP-emissiospektrometrillä (iCAP 6500 Duo ICP-emission spectrometer, Thermo Scientific Ltd., Cambridge, UK) ja typpiyhdisteet FIA-analysaattorilla (Quikchem 8000 FIA, A83200, Lachat Instruments, Loveland, CO, USA). Kationinvaihtokapasiteetti (KVK) ja emäskyllästysaste (EKA) laskettiin seuraavasti. $KVK (cmol/kg) = Na(cmol/kg) + K(cmol/kg) + Ca(cmol/kg) + Mg(cmol/kg) + ACI_E(cmol/kg)$, jossa ACI_E on vaihtuva happamuus BaCl₂ uutoksesta. $EKA = [Na(cmol/kg) + K(cmol/kg) + Ca(cmol/kg) + Mg(cmol/kg)] / KVK$.

Puristenesteet puristettiin kasvualustoista kokeen päätyttyä 16 viikon kasvatuksen jälkeen. Näytteet esikäsiteltiin ja analysoitiin ICP-emissiospektrometrilla (iCAP 6500 Duo ICP-emission spectrometer), FIA-analysaattorilla (Quikchem 8000 FIA, A83200) sekä pH- ja johtokykymittarilla standardien ISO 5667-3, SFS 3021, SFS-EN 27888, SFS-EN ISO 11732, SFS-EN ISO 13395, SFS-EN ISO 11905, SFS-EN ISO 11885 mukaan.

Kasvualustojen vedenpidätyskyky ja muut fysikaaliset ominaisuudet määritettiin aiemmin kuvattujen vakiintuneiden menetelmien mukaan (Heiskanen 1993, 1995, 2013, Veijalainen ym. 2008).

Koejärjestely

Kasvualustat täytettiin käsin 5,2 dl ruukkuihin (Pöppelmann MQC 9 x 9 x 9,5 cm³ kevyt taimistoruukku). Kutakin kasvualustaa (5 kpl) täytettiin 7 ruukkua yhtä kasvilajia kohti (kuusi, mänty, koivu ja petunia). Kaikkiaan ruukkuja tuli siis 5 kasvualustaa x 4 kasvilajia x 7 toistoa = 140 kpl. Siemenet (Taulukko 2) kylvettiin ruukkuihin 16.11.2020 ja itävyys-% mitattiin 7, 4 ja 21 vrk kylvöstä (kussakin alusta x kasvilajikäsittelyssä siis 7 ruukkua x 5 siementä per ruukku). Siemeniä ja sirkkataimia kasteltiin aluksi sumuttamalla päältäpäin.

Taulukko 2. Puuntaimien ja petunian siementen alkuperät.

Siemen	Kantatodistuksen koodi (puut)	Siemenviljelys (puut)
Kuusi	EY / FIN / M29-19-0025	Sv 175 alustavasti testattu
Mänty	EY / FIN / T03-13-0205	Sv 434 testattu
Koivu	EY / FIN / M29-18-0002	Sv 460 testattu
Petunia	Grandiflora, EZ Rider Deep Pink	Erä FI 1058 - 1912

Kasveja kasvatettiin kasvihuoneessa. Ilman päivälämpötilaksi lasikasvihuoneessa säädettiin 20 °C (+suora valolämpö), yö 18 °C ja jaksotukseksi 20/4 h. Keinovaloja pidettiin päivällä klo 9-15 jos luonnon valo oli alle 200 µmol/m² s (PAR); niiden säteilyteho oli 20 cm kasvuturpeen pinnasta välillä 280-400 µmol/m² s. Ruukkujen paikkaa vaihdettiin viikoittain. Kasveja kasteltiin silmä- ja käsivaraisen arvion perusteella pelkällä vedellä 1-2 x viikossa. Koivun sammalalustat kuitenkin lannoitettiin ilmeisen typpivajauksen vuoksi 26.1.2021 0,48 % urealiuoksella (Tehokomposti, ST Simotuote, 46% N) kastelumäärällä vajaa 100 ml/ruukku.

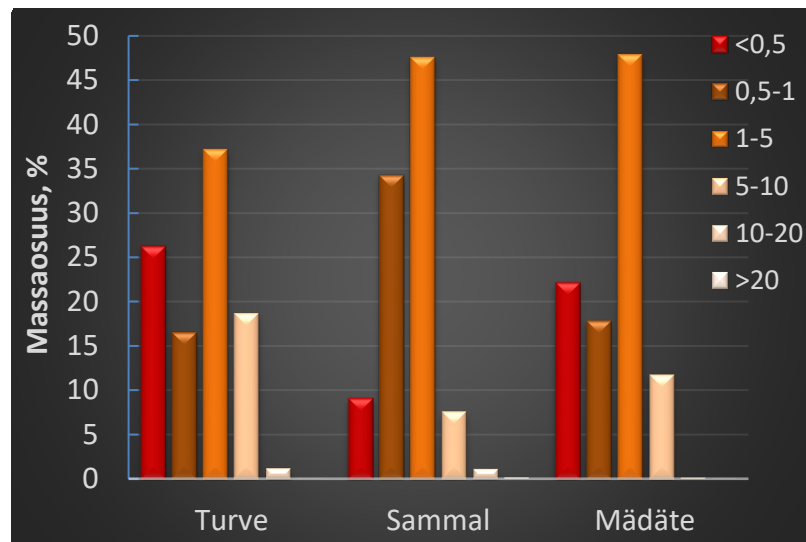
Kasvun loputtua koe purettiin 1.3.2021, jolloin kasveista arvioitiin kuntoluokka (5 elinvoimainen, 4 elinvoimainen, mutta oireita, 3 elossa, mutta heikentynyt, 2 kituva, 1 kuollut) sekä mitattiin pituus, rangan haaroittuneisuus, tyven läpimitta ja verson ja juurten (vesipesun jälkeen) biomassa kuivamassana (KM). Petuniasta mitattiin myös kukkien lukumäärät (kuihtuneet ja elinvoimaiset).

Tulokset

Kasvualustojen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet

Kasvuturve sisälsi eniten alle 0,5 mm hiukkasia, mutta kaikki alustat sisälsivät alle 1 mm hiukkasia lähes yhtä paljon (40-43%) (Kuva 2). Kasvuturve sisälsi toisaalta eniten myös karkeita yli 5 mm hiukkasia (20%). Sammalalustassa oli eniten 0,5-5 mm hiukkasia (82%).

Orgaanisen aineksen pitoisuus aleni järjestyksessä turve, sammal ja mädäte; tiheys kohosi samassa järjestyksessä, mutta sammal oli keveintä (Taulukko 3). Huokostila oli hieman suurempi sammaleessa kuin turpeessa ja mädätteessä. Tuoreista näytteistä mitattu (1+5 liotusmenetelmä) pH ja sähkönjohtokyky oli turpeella alhaisin ja mädätteellä korkein. Kasvatuskauden jälkeen puristenesteestä mitattuna sammaleen pH oli alhaisin. Mädätteen johtokyky oli selvästi korkein.



Kuva 2. Puhtaiden kasvualustojen keskimääräinen partikkelikokojakauma (kuivaseulonnasta, kokoluokat mm, n=3 satunnaista näytettä).

Taulukko 3. Kasvualustojen keskimääräinen orgaanisen aineksen määrä, ainestiheys (Ta), tiheys (T, kosteudessa -0.3 kPa), huokostila (HT), sekä pH ja johtokyky (JK) 1+5 yön yli menetelmällä sekä taimipaakuista puristetusta nesteestä taimikasvatuskokeen jälkeen (n=3).

Kasvualusta	% KM	g/cm ³	g/cm ³	til.%	(1+5)	mS/cm	(puriste)	
	Org.	Ta	T	HT	pH	JK	pH	JK
Turve	95,4	0,096	1,553	93,8	5,6	0,19	5,1	0,64
Sammal	90,4	0,066	1,610	95,9	6,0	0,28	5,0	3,1
S75M25	89,7	0,073	1,618	95,5	5,6	0,29	5,3	1,2
S50M50	89,0	0,082	1,626	95,0	6,5	0,55	6,2	1,7
Määdäte	87,6	0,104	1,643	93,6	7,5	1,07	7,1	5,7

Tuoreen puhtaan materiaalin (ei seoksien) alkuaineiden totaalipitoisuudet olivat turpeella ja sammalella suhteellisen samanlaiset (Taulukko 4). Booria oli sammaleessa vähiten. Määdäte sisälsi selvästi eniten N, P, K, Na ja S ja sen C/N-suhde oli alhaisin. Määdäte sisälsi eniten myös liukoisia ravinteita P, K ja Na sekä ammonium-tyyppiä (NH₄) (Taulukko 5). Myös kationivaihtokyky oli mädätteessä suurin, sen sijaan liukoista rikkiä, mangaania, rautaa ja alumiinia mädätteessä oli vähiten. Puristenesteessä määdäte sisälsi eniten tyyppiä ja erityisesti nitraatteja (NO₂+NO₃) (Taulukko 6). Sammaleen kasvatuskokeen aikana saama lisälannoitus lienee vaikuttanut kohonneeseen ammonium-pitoisuuteen.

Kasvutulos eri kasvualustoissa

Siementen itävyys oli alhaisin ja viivästy eniten mädätteessä, mutta oli 21 vrk:n kuluttua vähintään 71% (Kuva 3). Muissa alustoissa itävyys oli 86-100%. Kasvien kasvutunnukset ja kuntoluokitus olivat kasvatuskauden lopulla heikoimpia puhtaassa mädätteessä (Kuva 4). Koivun ja petunian kuolleisuus oli puhtaassa mädätteessä 100%. Kuusella ja männyllä oli mädätteessä 1/7 taimesta kuollut tai kituva. Männyllä 1/7 taimesta kuoli sammalkasvualustassa. Muissa kasvualustoissa kasvu oli vähintään kohtuullista, mutta kuusi ja mänty kasvoivat parhaiten turpeessa (Kuva 5 ja 6). Petunia sekä koivu kasvoivat parhaiten sammalalustassa, mutta varsin hyvin kaikissa alustoissa puhdasta mädätettä lukuun ottamatta (Kuva 5). Juuri/verso-suhde (KM) oli kaikilla kasveilla alhaisin puhtaassa sammalkasvualustassa eli juurten määrä suhteessa verson massaan oli alhaisin. Petunian

kukkahaaroja oli kasvatuskokeen lopussa keskimäärin eniten sammalalustassa (5,3) ja vähinten turpeessa (4,3). Kukkien lukumäärä (kukat, nuput ja kuihtuneet) vaihteli varsin paljon, mutta oli koko kasvatuksena aikana yhteensä keskimäärin 28-36 kpl/kasvi eri kasvualustoissa.

Taulukko 4. Tuoreiden kasvualustojen (turve ja sammal sis. peruslannoitteen) alkuaineiden totaalipitoisuudet kuiva-ainetta kohti (koostenäyte, uuttoaaine kuningasvesi: $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$).

Alkuaine	Yksikkö	Turve	Sammal	Mädäte
As	mg/kg	<2,24	<2,19	<2,17
Al	mg/kg	2040	1730	337
B	mg/kg	7,0	2,1	33,1
Ca	mg/kg	8800	12400	14500
Cd	mg/kg	<0,2	0,394	0,152
Cr	mg/kg	3,3	3,7	3,0
Cu	mg/kg	5,6	6,7	37,3
Fe	mg/kg	2510	2800	1560
K	mg/kg	2390	3370	14400
Mg	mg/kg	2680	4360	7100
Mn	mg/kg	75	166	203
Na	mg/kg	353	183	2010
Ni	mg/kg	3,4	3,7	3,3
P	mg/kg	1050	1290	7510
Pb	mg/kg	5,03	13,8	<2,17
S	mg/kg	1750	2590	6770
Zn	mg/kg	18	45	160
C	% KM	52	47	46
N	% KM	1,2	1,1	2,1
C/N	-	42	42	22

Taulukko 5. Tuoreiden kasvualustojen (turve ja sammal sis. peruslannoitteen) liukoiset ravinnetunnukset kuiva-ainetta kohti (koostenäyte, uuttoaaine BaCl_2 ; EKVK efektiivinen kationinvaihtokyky, EKA emäskyllästysaste).

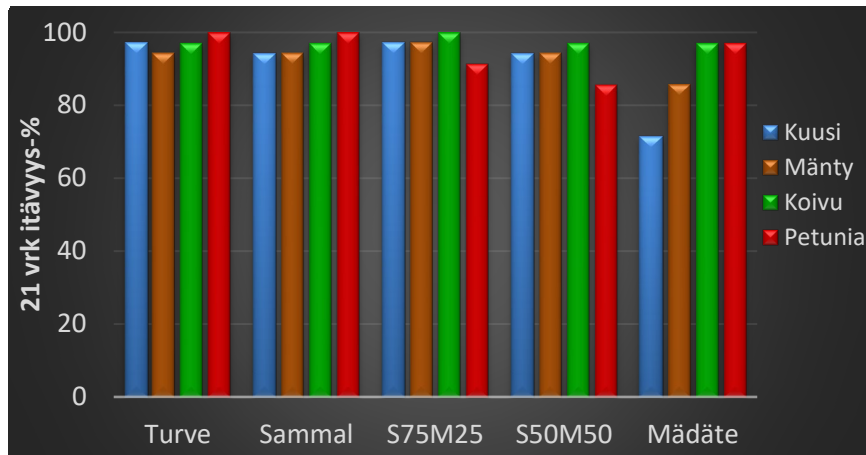
Tunnus	Yksikkö	Turve	Sammal	Mädäte
Al	mg/kg	34	48	<2,6
Ca	mg/kg	7950	9450	6950
Fe	mg/kg	44,4	17,0	2,6
K	mg/kg	1730	2900	13200
Mg	mg/kg	2180	2290	5530
Mn	mg/kg	67	152	29
Na	mg/kg	237	95	1840
P	mg/kg	354	336	1660
S *)	mg/kg	276	1140	712
Ntot **)	mg/kg	1480	2370	3310
NO_3 **)	mg/kg	808	1740	540
NH_4 **)	mg/kg	473	517	2050
EKVK	cmol/kg	67	77	123
EKA	%	94	96	99

*Uuttoaaine AAc pH 4.65

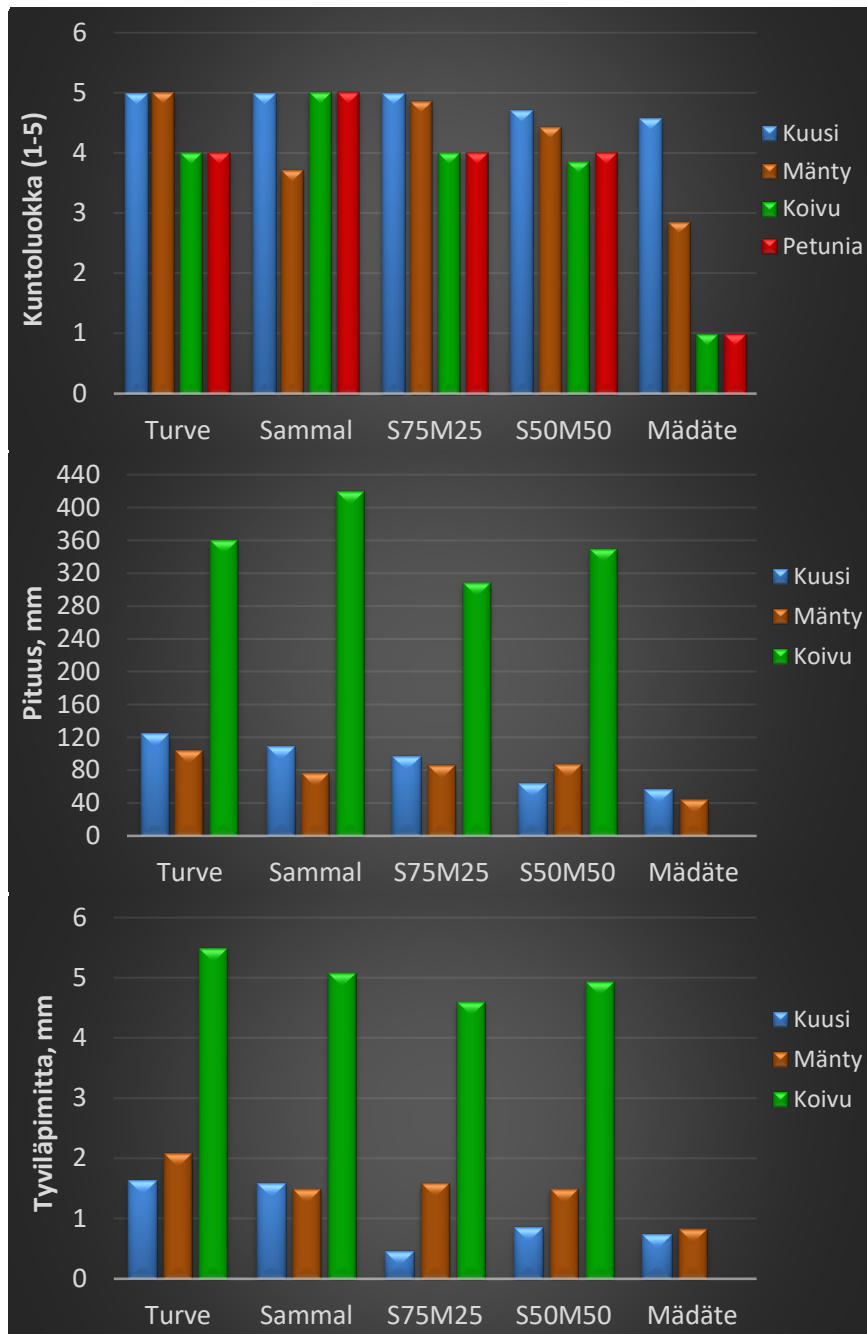
**Uuttoaaine KCl

Taulukko 6. Kasvatuskauden jälkeen otetun puristenesteen ravinnepitoisuudet (mg/L).

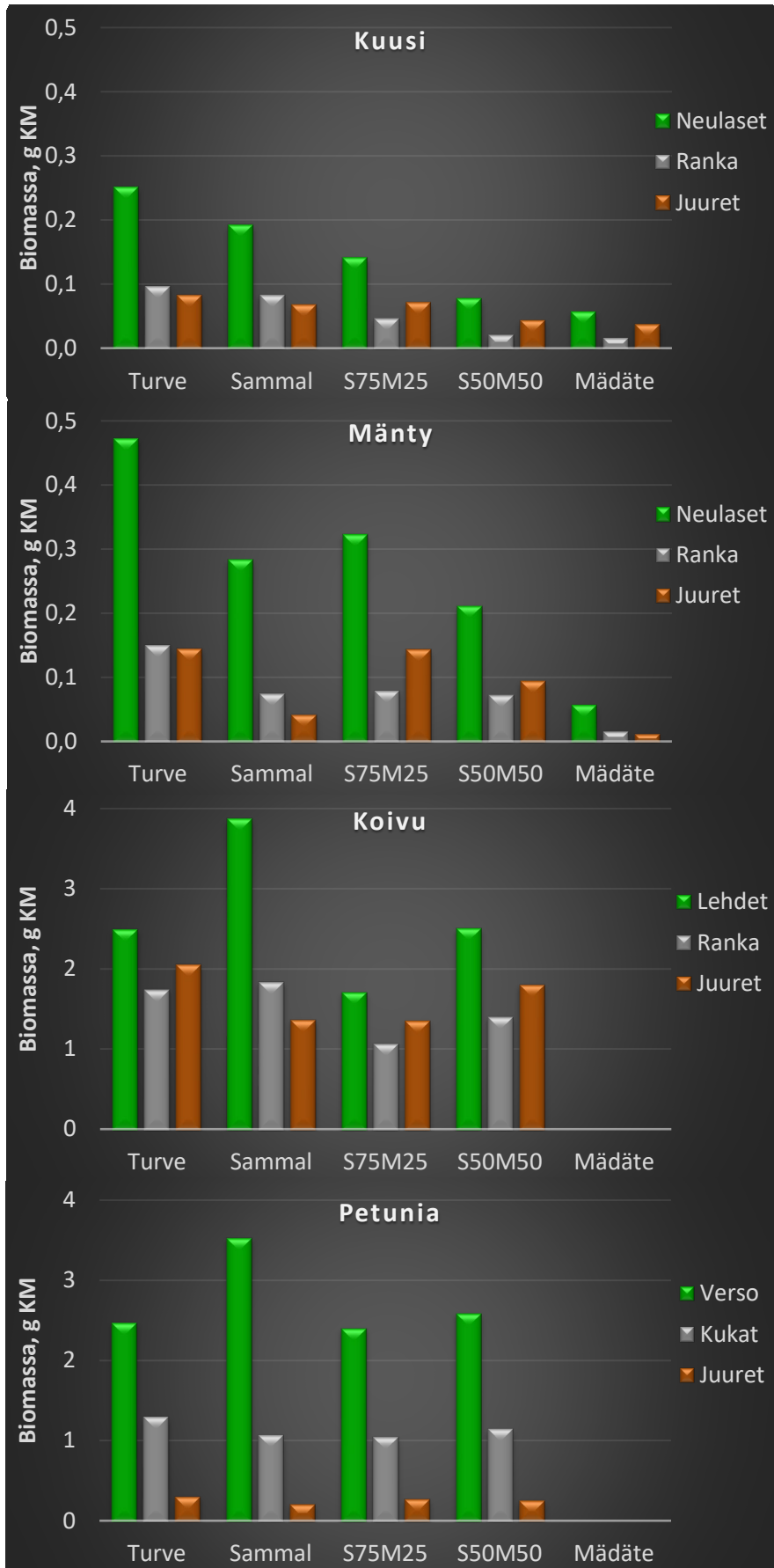
Tunnus	Turve	Sammal	S75M25	S50M50	Mädäte
Al	0,31	0,49	0,42	0,18	<0,005
B	0,16	0,05	0,35	0,36	0,39
Ca	38	222	29	34	65
Cd	<0,0007	0,00	0,00	<0,0007	<0,0007
Cr	0,002	0,002	0,005	0,004	0,003
Cu	0,011	0,008	0,024	0,053	0,085
Fe	2,2	0,21	0,63	0,68	0,37
K	52	179	206	353	1250
Mg	22	128	30	38	120
Mn	0,20	2,00	0,41	0,11	0,11
Na	25	24	61	89	220
Ni	0,027	0,005	0,005	0,010	0,011
P	31	30	140	113	89
Pb	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
S	39	60	41	66	152
Si	19	18	13	18	30
Zn	0,06	0,25	0,15	0,14	0,11
NH ₄	0,68	37,5	0,54	0,49	2,27
NO ₂ +NO ₃	14	325	0,19	4,2	306



Kuva 3. Siementen keskimääräinen itävyys 21 vrk kylvöstä (kylvö 16.11.2020, n=7 ruukkua per alusta).



Kuva 4. Keskimääräiset kasvitunnukset kasvatuskokeen lopussa (n=7 ruukkua per alusta).



Kuva 5. Keskimääräiset biomassat kasvatuskokeen lopussa (n=7 ruukkua per alusta).



Kuva 6. Otos taimien kehityksestä kylvön (16.11.2020) jälkeen ajankohtina 7.12. ja 21.12.2020 (ylärivi) ja 4.1. ja 21.1.2021 (alarivi) (Kuvat Luke/Hanna Ruhanen).

Tarkastelua

Tuoreen puhtaan materiaalin (ei seoksien) alkuaineiden totaalipitoisuudet olivat turpeella ja sammalella suhteellisen samanlaiset. Booria oli sammaleessa vähiten. Mädate sisälsi kuitenkin selvästi eniten N, P, K, Na ja S ja sen C/N-suhde oli alhaisin. Mädate sisälsi eniten myös liukoisia ravinteita P, K ja Na sekä ammonium-typpeä (NH_4). Sen sijaan liukoista rikkiä mädätteessä oli vähiten. Kasvuturpeen ja sammalkasvualustan rakenne- ja ravinnetunnukset ovat verrattavissa aikaisempiin tutkimustuloksiin (esim. Heiskanen 2014, 2015, Tahvonnen 1982, 2014, 2020).

Pyykkönen ja Ervastin (2019; Taulukko 1: ”ruuvin kuiva”) raportoiman mädätteen kuivajakeen tiheys oli jonkin verran suurempi kuin tässä tutkimuksessa käytetyn mädätejäännöksen (tuoremassapohjaiset arvot muunnettu kuiva-ainemäärällä kuivamassapohjaisiksi). Kokonaistyyppi (Ntot) oli hieman alempi, mutta liukoinen typpi suurempi. P oli alempi ja K lähes sama kuin tässä tutkimuksessa. Erot johtuvat todennäköisesti lietereaktorin syötteen ja prosessin eroista.

Mädätteen puristenesteen johtokyky oli kasvatuskauden jälkeen korkea (5,7 mS/cm). Sammaleen ja sen seosten johtokyky oli korkeampi kuin turpeen. Ennen kaikkea koivulla oli kasvatuksen aikana sammaleessa typen vajausta (lehtiväri vaalennut) peruslannoituksesta huolimatta, joten sammalalustaa lannoitettiin kerran typpilisällä, mikä lienee vaikuttanut kasvatuskauden lopun kohonneeseen ammonium-pitoisuuteen ja johtokykyyn. Typpi on mahdollisesti kuitenkin osin immobilisoitunut tuoreen sammaleen maatuessa. Sammal voi olla myös hyvä ioninvaihdin, mikä voi pidättää ravinnesuoloja itseensä. Keveyttä ja karkeahkoa sammalta jouduttiin myös kastelemaan paljon, jolloin on voinut tapahtua ravinteiden huuhtoutumista (vrt. Heiskanen 2014, 2015, Tahvonen 2014, 2020). Mädätettä sisältävien sammalalustojen kastelutarve oli kuitenkin kokeen aikana alempi kuin sammal- tai turvealustoilla.

Todennäköisesti korkeasta ravinteiden määrästä ja osmoottisen potentiaalın tasosta johtuen siementen itävyys ja kasvien kasvu oli heikointa puhtaassa mädätteessä. Erityisesti koivu ja petunia kärsivät mädätteessä ja niiden kuolleisuus oli 100%. Muissa kasvualustoissa kasvien kasvu oli vähintään kohtuullista, mutta kuusi ja mänty kasvoivat parhaiten turpeessa. Petunia sekä koivu kasvoivat parhaiten sammalalustassa, jossa verson biomassa suhteessa juurten massaan oli suurinta. Juuri/verso-suhde (KM:sta) oli kaikilla kasveilla alhaisin puhtaassa sammaleessa, mikä osoitti kasvun allokoitumista enemmän versoon kuin juuriin. Männyllä 1/7 taimesta kuoli sammalkasvualustassa, mikä voi indikoida taimipoltetta (vrt. Heiskanen 2014, Tahvonen 2020). Muutoin kasvualustoissa ei havaittu merkkejä kasvitaudeista tai leväkasvustoista.

Päätelmiä

Tämän tutkimuksen perusteella puhdas mädätteen kuivajae ei sellaisenaan sovi kasvualustaksi, vaikka se on tuotantoprosessinsa vuoksi hygienisoitunut tuote ja sen fysikaaliset ominaisuudet ovat melkein kasvuturpeeseen verrattavia. Mädätteen pH on korkea metsäpuiden taimia ajatellen. Mädätteen sähkönjohtokyky (suolojen määrä) on liian korkea ja mädäte sisältää paljon liukoisia ravinteita, lähinnä P, K ja Na sekä ammonium-typpeä (NH₄).

Käytetty sammalkasvualusta ei ollut myöskään valmis myyntituote. Siltään käytettynä sen hiukkas- ja huokoskoko oli karkeahko, minkä vuoksi sen kastelutarve oli suuri. Kasvatuksen aikana ilmennyt ravinteiden, erityisesti typen, puute osoitti tarvetta säätää peruslannoituksen määrä ja laatua. Myös sammalkasvualustan kastelu vaatii sovittamista kasvin ja olosuhteiden mukaan. Puhdas sammalkasvualusta on lähes tautivapaa ja sillä on mahdollista päästä kasvuturpeen verosiin kasvutuloksiin, kunhan sen hiukkaskokojakauma ja peruslannoitus on säädetty käyttötärpeen mukaisiksi.

Sen sijaan rahkasammaleen ja karjanlannan mädätejäännöksen kuivajakeen seoksilla (kun mädäteosuus on alle 50% tilavuudesta) on hyvät edellytykset korvata kasvuturpe metsäpuiden sekä petunian ja muiden koristekasvien kasvatuksessa. Peruslannoituksen sekä kastelun säätämällä on siten mahdollista päästä kasvuturpeen verosiin kasvutuloksiin, minkä selvittämiseksi tarvitaan kuitenkin jatkotutkimusta. Lisäksi kasvualustan sopivan kasvilajikohtaisen mädätysjäännösosuuuden ja mahdollisten muiden tarvittavien seosaineiden määrittäminen edellyttävät lisätutkimusta. Aihetta on myös selvittää eri kasvualustojen vaikutus metsätaimien maastomenestymiseen ja talvenkestoon.

Viitteet

- Blok, C. et al. 2020. Growing media for food and quality of life in the period 2020–2050. *Acta Horticulturae* 2020. In press. peatlands.org/assets/uploads/2020/05/block.rotterdam.2018.pdf
- Forsman, L., Outa-Pulkkinen, P., Salo-Kauppinen, R., Söderkultalahti, P., Torvelainen, J. (toim.) 2020. Ruoka- ja luonnonvaratilastojen e-vuosikirja 2020 : Tilastoja maataloudesta, metsäsektorilta sekä kala- ja riistataloudesta. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 106/2020: 1-111. urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-130-1
- Heiskanen, J. 1993. Variation in water retention characteristics of peat growth media used in tree nurseries. *Silva Fennica* 27, article id 5503. <https://doi.org/10.14214/sf.a15664>
- Heiskanen, J. 1995. Physical properties of two-component growth media based on Sphagnum peat and their implications for plant-available water and aeration. *Plant and Soil* 172: 45-54. <https://doi.org/10.1007/BF00020858>
- Heiskanen, J. 2013. Effects of compost additive in sphagnum peat growing medium on Norway spruce container seedlings. *New Forests* 44: 101-118. <https://doi.org/10.1007/s11056-011-9304-6>
- Heiskanen, J. 2014. Puun ja ruokohelpin kuitumassan soveltuvuus metsäpuiden taimien kasvualustoiksi. Kiteen Mato ja Multa Oy:n ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteisrahoitteisen tutkimuksen (hanke 7592) loppuraportti. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoki. 18 s. urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015071710652
- Heiskanen, J. 201t. Rahkasammaleesta tulevaisuuden kasvualusta? *Taimiuutiset* 1/2015: 14-15. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016051212316>
- Horn, S., Seppänen, A.-M., Winqvist, E., Lehtoranta, S., Luostarinen, S. 2020. Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen hyödyntämisvaihtoehdot - vaihtoehtojen ilmastovaikutukset ja taloudellisuus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 42 /2020: 1-44. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/321266/SYKEra_42_2020_BioRaEE.pdf
- Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.). Maanmuokkaus metsissä: kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävytyteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019: 1-83. urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-813-5
- Pyykkönen, V. 2019. Separoinnin kuivajae biokaasulaitoksen lisäsyötteenä. Teoksessa: Pulkka E., Rantala T., Antikainen S., Eskelinen P., Partanen J. (toim.) 2019. Lanta liikkeelle ja ravinteet kiertoön: Ravinnerenki ja Lantalogistiikka - hankkeiden tulosjulkaisu. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja 3/2019: 9-13. urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019102835181
- Pyykkönen, V., Ervasti, S. 2019. Separoinnin mahdollisuudet ja kannattavuustekijät. Teoksessa: Pulkka E., Rantala T., Antikainen S., Eskelinen P., Partanen J. (toim.) 2019. Lanta liikkeelle ja ravinteet kiertoön: Ravinnerenki ja Lantalogistiikka - hankkeiden tulosjulkaisu. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja 3/2019: 6-8. urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019102835181
- Rikala, R. 2012. Metsäpuiden paakkutaimien kasvatusopas. Metsäntutkimuslaitos. 247 s. urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2359-0
- Rikala R., Jozefek H.J. 1990. Effect of dolomite lime and wood ash on peat substrate and development of tree seedlings. *Silva Fennica* 24, article id 5432. <https://doi.org/10.14214/sf.a15586>
- Seppänen, A.-M., Laakso, J., Luostarinen, S., 2018. Sivuvirrasta väkilannoitteen korvaajaksi: Mädätysjäännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdollisuudet Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 31/2018: 1-49. urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-590-5
- Tahvonen, R. 1982. The suppressiveness of Finnish light coloured Sphagnum peat. *Agricultural and Food Science* 54: 345–356. <https://doi.org/10.23986/afsci.72115>
- Tahvonen, R. 2014. Sammalesta kasvualusta ja kitusuot sammalen tuotantoon. *Suo* 65: 23-25. http://www.suoseura.fi/Alkuperainen/suo/pdf/Suo65_Pessi_sem.pdf
- Tahvonen, R. 2020. Korvaamaton kasvuturve. *Puutarha ja Kauppa* 15/2020: 6-9. <https://kauppapuutarhaliitto.fi/wp-content/uploads/2021/02/Korvaamaton-kasvuturve.pdf>
- Veijalainen, A.-M., Heiskanen, J., Juntunen, M.-L. & Lilja, A. 2008. Tree-seedling compost as a component on Sphagnum peat-based growing media for conifer seedlings: Physical and chemical properties. *Acta Horticulturae* 779: 431-438. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.779.54>
- Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Rätty, M., Pakarinen, T., Pyykkönen, V., Luostarinen, S. 2016. Biokaasuteknologiaa maataloilla II. Biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen hyödyntäminen lannoitteena. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2016: 1-115. urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-266-9