

Teolliset symbioosit Pohjois-Pohjanmaalla-hanke

Teollisuuden sivuvirtojen rakeistuskokeiluja

Matti Kuokkanen, Tapio Patrikainen
2018

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



1. Rakeistuksen taustaa

Rakeistaminen on prosessi, jossa hienojakoinen materiaali, kuten tässä hankkeessa hyödynnettävä pölyävä lentotuhkajäte muutetaan tehokkaaksi ja helposti käsiteltäväksi rakeistetuksi tuotteeksi, esim. metsälannoitteeksi (Kuva 1). Prosessin aikana voidaan lannoite myös lisäaineistaa kullekin metsätyypille sopivaksi. Rakeistetulla tuhalla on huomattavasti pitempi lannoitteen vaikutusaika verrattuna pölyävään tuhkallevitykseen.



Kuva 1. Rakeistusprosessin toiminta.

Lentotuhka energiateollisuuden sivutuotteena on erinomainen lannoitteen raaka-aine. Se sisältää tärkeitä metsän kasvun tehostajia kuten fosforia, booria ja kalsiumia. Raetuhkalannoite voidaan myös lisäaineistaa kullekin metsätyypille sopivaksi. Tällöin erityisen mielenkiinnon

alla ovat erilaiset teollisuuden sivutuotteet. Erilaisia lisäaineita voivat olla mm. tässä hankkeessa tutkitut bioteknisesti modifioitu kuituliete, kuitusavi, ekovilla, poltettu kalkki tai vaikkapa turkislanta. Rakeistusprosessi voidaan suorittaa joko käyttäen lautasrakeistinta ja rumpurakeistinta. Tässä hankkeessa käytetyt rakeistimet olivat tyyppiä lautasrakeistin Oulun yliopistolla (Kuva 2) ja rumpurakeistin Rakeistus Oy:llä. On huomioitavaa, että rakeistimet ovat tarvittaessa sovitettavissa myös muiden pölymäisten materiaalien kuin lentotuhkan rakeistamiseen (esim. kipsisakka). Tällä hetkellä kun lainsäädäntö ja yleinen mielipide ovat muuttumassa jätteiden hyödyntämistä, kiertotaloutta ja vihreitä arvoja suosivaan suuntaan, pois fossiilisista, uusiutumattomista polttoaineista, tämä tekee uusiutuvasta biomassasta houkuttelevamman vaihtoehdon puhtaamman energian tuotannossa. Kestävän kehityksen ja kiertotalouden mukaisesti rakeistuksen avulla palautetaan biotuhka osana hajautettua tuotantoa takaisin luonnon kiertokulkuun.



Kuva 2. Oulun yliopiston lautasrakeistin.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



2. Lainsäädäntö teollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisessä

Globaalin ajattelutavan muututtua jätteiden hyödyntämistä suosivaksi ja jopa edellyttäväksi, on jätealan kehitys myös maassamme ollut viimeisen vuosikymmenen aikana erittäin nopeaa. Nykyisen EU:n ja vastaavan Suomen kansallisen jätestrategian mukaisesti kaikenlaiset jätteet (kemialliset, teolliset ja biologiset jätteet, yhdyskuntajätteet, jne) on ensisijaisesti hyödynnettävä materiaalina (uudelleenkäyttö, kierrätys), toissijaisesti energiana, ja mikäli hyödyntäminen ei kummassakaan muodossa ole mahdollista, jäte on hävitettävä ekologisesti kestäväällä tavalla. Valtioneuvoston vuonna 2008 hyväksymä nykyinen valtakunnallinen jätesuunnitelma täydentää v. 2002 annettuja jätteiden hyödyntämistavoitteita. Sen mukaisesti on mm. jätteiden materiaalikierrätystä ja biologista hyödyntämistä lisättävä tavoiteohjelman mukaisesti, mikä puolestaan noudattaa EU:n kiristyvää jätestrategiaa. Sekä EU:n että Suomen jätestrategiat painottavat materiaalitehokkuuden tärkeyttä, minkä mittana usein käytetään käsitettä MIPS (material input per service). Kiertotalousajattelu on tällä hetkellä niin maassamme kuin globaalisestikin kuuma aihe ja Suomen tavoite on olla tulevaisuudessa kiertotalouden kärkimaa/mallimaa. Nykyisen v. 2011 voimaan tulleen jäteverolain mukaan jätevero koskettaa nyt myös teollisuuden kaatopaikkoja sekä voimalaitostuhkia, kuitulietettä ja –savea sekä kipsijätettä, jäteveron ollessa vuoden 2016 alkaen 70 €/t. Jätevero on ollut omiaan aktivoimaan näiden jakeiden/sivutuotteiden hyödyntämishankkeita, mikä on ollutkin kiristyvän ja laajenevan jäteverolain perimmäinen tarkoitus. Vastaavasti v. 2012 voimaan tulleessa uudessa jätelaissa määritellään, millä ehdoilla materiaali pääsee ”vähemmän houkuttelevasta” jäte-statuksesta ja siitä tulee teollisuuden sivutuotetta, jonka hyödyntäminen puolestaan edellyttää Reach-asetuksen mukaista rekisteröintiä. Tässä yhteisössä on ollut alunperin mukana peräti yli 70 tuhantuottajaa ympäri Eurooppaa, joka osoittaa, miten voimakkaassa nosteessa tuhkien hyödyntäminen globaalisti ja erityisesti EU:ssa tällä hetkellä on.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



3. Rakeistetut materiaalit

Tässä hankkeessa tutkittiin eri teollisten sivutuotteiden rakeistuvuutta ja määritettiin niiden kemialliset perusominaisuudet. Seuraavissa kappaleissa on esitelty kukin hankkeen aikana tutkittu lisäainemateriaali sekä perusraaka-aineena käytetty lentotuhka.

3.1 Lento- ja biotuhka

Suomen lämpö- ja voimalaitoksissa arvioidaan syntyvän vuosittain yhteensä noin 600 000 tonnia puu-, turve- ja sekatuhkaa. Eri voimalaitoksissa syntyvät tuhkat vaihtelevat alkuainekoostumukseltaan mm. käytetystä polttoaineesta, vuodenaikasta, polttoprosessista ja sen lämpötilasta, kasvupaikasta sekä savukaasujen puhdistustekniikasta riippuen. Nykyisen lainsäädännön mukaan tuhkan käyttö peltolannoitteina on toistaiseksi hyvin rajoitettua, mutta sen hyödyntäminen metsälannoitteina hyvin yleistä ja voimakkaasti lisääntyvää, erityisesti rakeistettuina tuotteina. Puutuhkassa on puulajista ja poltettavasta puunosasta riippuen keskimäärin 0,2–3 % fosforia (P), 0,5–10 % kaliumia (K), 5–40 % kalsiumia (Ca) ja alle 0,1 % booria (B). Turvetuhkassa erityisesti kalsiumin, kaliumin ja boorin pitoisuudet ovat matalampia kuin puutuhkassa. Turvetuhkista on mitattu keskimäärin seuraavia ravinnepitoisuuksia: 0,5–2 % fosforia, 0,2–0,4 % kaliumia, 5–10 % kalsiumia ja alle 0,01 % booria, joten ne soveltuvat ravinteiden osalta sellaisenaan perunan lannoittamiseen. Puhdasta puutuhkaa muodostuu kuitenkin Suomen energia- ja lämpölaitoksissa nykyisin suhteellisen vähän, sillä valtaosa syntyvästä tuhkasta on puu- ja turvetuhkan seosta. Kuitenkin turpeen käyttöä ollaan koko ajan vähentämässä ja vastaavasti puuperäisen määrää kasvattamassa, näin myös Oulun alueella. Ravinteiden lisäksi tuhkaan rikastuu jonkin verran myös puun ja turpeen sekä muiden poltettavien biomassojen sisältämiä raskasmetalleja, kuten esimerkiksi kadmiumia (Cd), arseenia (As), kromia (Cr), nikkeliä (Ni) ja sinkkiä (Zn). Turvetuhkan raskasmetallipitoisuudet ovat tavallisesti pienemmät kuin puutuhkan. Arseenia on kuitenkin turvetuhkassa usein

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



enemmän kuin puutuhkassa. On kuitenkin huomioitava, että useat raskasmetalleiksi luokiteltavista alkuaineista kuten mangaani (Mn), kupari (Cu) ja sinkki (Zn), ovat kasveille välttämättömiä hivenaineita.

Biotuhkaksi voidaan kutsua biomassan eli metsä- ja peltobiomassan, turpeen sekä niiden poltossa sekä joskus myös biokaasutuksessa syntyviä tuhkia. Biotuhka voidaan jakaa pohja- ja lentotuhkaan, joista edellinen on karkeampaa, mutta lentotuhka erittäin hienojakoista. Ecolan Oy, aikaisemmin FA Forest Oy, uranuurtajana valmistaa Ecolan-tuotteina erilaisia rakeistettuja biotuhkapohjaisia tuhkalannoitteita. Uusien biotuhkapohjaisten rakeistettujen tuotteiden eli symbioosipellettien valmistamiseksi on Oulun yliopiston Kemian laitos tehnyt ensin yhteistyötä FA Forestin, ja sitten laajasti toista kymmenkunta vuotta tähän päivään asti Rovaniemen Energian (nyk. NEVE) ja viime vuosina myös Rakeistus Oy:n kanssa. Tämä kehitystyö laajentuvine raaka-ainepohjineen jatkuu edelleen ja kehittyvät lannoite-, jäte- ja ympäristölainsäädännöt kaikilta osin antavat tähän kehitystyöhön entistä paremmat edellytykset ja haasteet.

3.2 Bioteknisesti modifioitu kuituliete

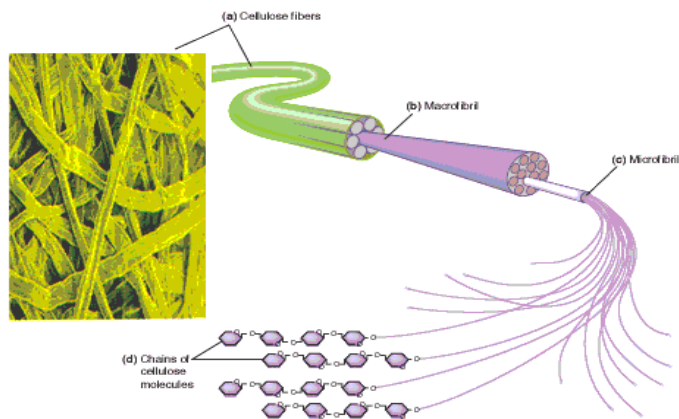
Puukuitulietettä syntyy sellu- ja paperiteollisuuden sivutuotteena Suomessa noin 750 000 tonnia vuodessa. Aiemmin puukuitulietteet on joko poltettu tai viety kaatopaikalle, joista jälkimmäinen toiminta on vähentynyt, koska myös puukuitulietteestä peritään nykyisin jätevero (nyt 70 €/kosteaa jätetonnin kohti), joka koskee myös teollisuuden kaatopaikkoja. Energiantuotannon kannalta kuitulietteet eivät ole kuitenkaan kovin tehokkaita polttoaineita korkean kosteuspitoisuuden takia (tyypillisesti 80 - 90 %). Puukuitu sisältää vähän ravinteita, mutta runsaasti hitaasti hajoavaa orgaanista ainesta. Levittämällä kuitua pelloille saadaan peltoon lisää orgaanista ainesta ja parannettua näin vähämultaisten savimaiden rakennetta. Peltomaassa kuitu parantaa pieneliöstön olosuhteita, pidättää kosteutta ja lisää biologista

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



aktiivisuutta maassa. Syksyllä levitettyä hiilipitoista puukuitua sitoo typpeä hajotukseen ja näin mahdollisesti vähentää typen huuhtoutumista. Oulun yliopiston ja Mfibrils Oy:n yhteistyönä on ollut kehitteillä innovaatio, jossa Mfibrilsin bioteknisesti modifioitua kuitulietetuotetta (AllFix) käytettäisiin ns. tuhaseospelletin (ts. symbiosispelletti) seassa ja saataisiin täten selluteollisuuden kuitulietesivutuote hyödynnettyä uudenaikaisena perunantuotannon maanparannusaineena, jolla olisi sekä lannoittava, kalkitseva että maata kuohkeuttava vaikutus. Bioteknisesti modifioitujen kuitulietteen teho perustuu natiivien puukuitulietteen kustannustehokkaaseen entsymaattiseen käsittelyyn, jossa kuitukimppu avataan kemiallisesti ja saadaan täten sille suurempi reaktiopinta-ala eri applikaatioita varten sidostuotoksen kautta (Kuva 3).



Kuva 3. Entsymaattisen käsittelyn aikaansaama fibrilloituminen selluloosakuidussa.

Eri kuitulietteen sovelluksia ovat energiateollisuudessa polttopelletin sideainekäyttö, hevostaloudessa kuivikepellettikäyttö, pelto- ja metsänviljelyssä rakeistettujen maanparannusaineiden sitovana komponenttina ja sellaisenaan maanparannusaineena sekä tehokkaana ja ekologisena pölynsidonta-aineena eri kohteissa, esim. tierakentamisessa ja hevoshäkkäissä. Uusien ekotehokkaiden materiaalien soveltuvuutta näiden rakeistettujen

symbioosituotteiden raaka-aineiksi non-food-perunanviljelyssä turvesoilla on tutkittu myös meneillään olevassa ns. TURVESUO-hankkeessa. Tätä tutkimusta tullaan myöhemmin jatkamaan myös tulevissa metsätuotantoon tähtäävissä hankkeissa.

3.3 Kuitusavi eli OPA-sakka

Kuitusavi on paperitehtaan jätevedenpuhdistuksen mekaanisessa esiselkeytyksessä syntyvää primäärilietettä, joka koostuu sekä orgaanisesta että epäorgaanisesta aineksestä. Kuitusavea syntyy tyypillisesti yhdellä paperitehtaalla 20 000 - 30 000 t/v. Orgaaniset aineet ovat pääosin puu- ja ligniinkuitua sekä paperin valmistuksessa ja täyteaineina käytettyjä lisäaineita, kuten lateksia ja erilaisia liimoja. Kuitusavella on selkeä kalkitusvaikutus, ja sen avulla voidaan turvemaahan tuoda kivennäismaa-ainetta parantamaan turpeen viljelymoinaisuuksia ja lämpötaloutta. Kuitusavi sisältää vain vähän ravinteita, mutta runsaasti hitaasti hajoavaa orgaanista ainesta. Kuitusaven odotetaan pellossa parantavan maan rakennetta seuraavilla tavoilla: Se parantaa maan vedenjohtokykyä ja vedensidontakykyä, lisää maan pieneliöstön olosuhteita, parantaa kivennäismaan humuspitoisuutta (ligniini) ja turvemaan kivennäispitoisuutta, vähentää ravinteiden huuhtoutumista (erityisesti kaliumin ja typen), vähentää maan tiivistymistä, parantaa maan mururakennetta ja muokkautuvuutta, vähentää eroosiota, toimii hiilen sitojana sekä sitoo liiallista typpeä sulfaattimailla ja turvemailla. Materiaalin toimittajana tässä hankkeessa oli Stora Enson Oulun tehdas.

3.4 Ekovilla

Ekovilla valmistetaan pääosin kierrätetystä puukuidusta, hyödyntäen sanomalehtiä. Se jauhetaan pieneen partikkelikokoon, mutta musteenpoistoa ei suoriteta. Kyseessä on hyvin ekologinen kierrätystuote, joka voidaan myös käyttää rakeistuksen lisäaineena. Materiaalin toimittajana oli oululainen Ekovilla Oy.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



3.5 Turkislanta

Turkiseläinten lanta sopii hyvin ravinnerikkaiden kasvualustojen valmistamiseen kasvihuoneisiin ja kotitalouskäyttöön. Lannasta voidaan valmistaa jopa yli miljoona kasvualustaa vuodessa, ja tuotteella on merkittävä kaupallinen potentiaali myös vientimarkkinoita ajatellen. Kompostoitu biohiili-turkislantaseos on mahdollista rakeistaa, jolloin sen käsittely helpottuu ja tässä hankkeessa testattiin ainoastaan sen rakeistuvuutta sellaisenaan ja veden kanssa, eikä sitä sekoitettu lainkaan lentotuhkan sekaan. Materiaalin toimittajana oli Luonnonvarakeskus.

4. Tulokset ja johtopäätökset

4.1 Rakeistustulokset Rakeistus Oy:n kokeissa

Seuraavassa taulukossa 1 on esitelty NOISS-hankkeen rakeistuskokeiden näytteiden tulokset selitteineen (NOISS 01-NOISS 10) ja seossuhteineen. Kalkituskyky on laskettu vastaavuutena [t / t] kaupallisen kalkkikiven kokonaisneutralointikykyyn (38 %).

Taulukko 1. Rakeistustulokset NOISS-hankkeen näytteille;

NOISS 01 = Tuhka (3,0 kg)-kuitusavi (3,0 kg)-kuituliete (1,2 kg),
NOISS 02 = Tuhka (4,0 kg)-kuituliete (1,4 kg),
NOISS 03 = Tuhka (1,0 kg)-ekovilla (1,0 kg)-kuituliete (1,9 kg),
NOISS 04 = Tuhka (3,0 kg)-ekovilla (1,0 kg)-kuituliete (2,9 kg),
NOISS 05 = Tuhka (2,5 kg)-poltettu kalkki CaO (0,5 kg)-kuituliete (1,8 kg),
NOISS 06 = Kuitusavi (3,0 kg)-ekovilla (1,0 kg)-kuituliete(1,4kg),
NOISS 07 = Tuhka (3,0 kg)-kuituliete (1,7 kg),
NOISS 08 = Tuhka (3,0 kg)-vesi (1,3 kg),
NOISS 09 = Kivituhka (3,0 kg)-poltettu kalkki CaO (0,3 kg)-kuituliete (1,4 kg),
NOISS 10 = Tuhka (2,0 kg)-kuitusavi (2,0 kg)-vesi (0,5 kg)

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Näyte	Li	Na	NH ₄	K	Ca	Sulfaat ti	Fosfaat ti	Nitraat ti	Kokonais - neutra- lointiky- ky %	Nopeavai- kutteenen neutralointi i kyky %	Kalkitus- kyky t/t
NOISS 01	0,0	0,6	0,0	2,8	1,2	4,7	0,0	0,0	23,5	16,2	1,6
NOISS 02	0,0	0,4	0,0	6,2	3,2	13,7	0,0	0,0	11,9	4,2	3,2
NOISS 03	0,0	0,3	0,0	1,7	7,9	19,3	0,0	0,0	18,1	16,9	2,1
NOISS 04	0,0	0,3	0,0	1,6	4,8	5,9	0,0	0,0	18,1	7,0	2,1
NOISS 05	0,0	0,5	0,0	2,8	5,5	1,2	0,0	0,0	28,2	16,1	1,3
NOISS 06	0,0	0,0	0,0	0,3	6,5	12,9	0,0	0,0	33,9	2,0	1,1
NOISS 07	0,0	0,5	0,0	2,7	4,4	3,3	0,0	0,0	18,9	11,6	2,0
NOISS 08	0,0	1,0	0,0	4,5	2,3	5,1	0,0	0,0	19,8	3,1	1,9
NOISS 09	0,0	0,0	0,0	0,1	3,8	1,3	0,0	0,0	5,6	1,8	6,8
NOISS 10	0,0	0,5	0,0	2,1	3,3	3,3	0,0	0,0	26,0	4,5	1,5

Taulukon 1 tulosten pohjalta voidaan tehdä päätelmiä eri näytteiden ravinnepitoisuuksista ja kalkituskyvystä. Havaitaan, että kuitulietteen suuri osuus näytteissä nosti niiden sulfaattipitoisuuksia ja tuhkan suuri osuus kaliumpitoisuuksia. Litiumia, ammoniumia, fosfaattia ja nitraattia ei esiintynyt yhdessäkään näytteessä mitattavissa määrin, eikä täten niillä ole kyseisten ravinteiden lannoitevaikutusta. Paras kalkituskyky (1,1 t/t) saavutettiin näytteelle NOISS 06, joka sisälsi kuitusavea, ekovillaa ja kuitulietettä. Kaikkien näytteiden kalkituskyvyt lukuunottamatta kivituhkapohjaista näytettä NOISS 09 olivat kuitenkin kalkituskyvyltään erinomaisia. Taulukon 1 tuloksista voidaan havaita, että näytteet NOISS 01, NOISS 05, NOISS

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



06, NOISS 08 ja NOISS 10 vastaavat tulosten perusteella lähes kaupallisen kalkin kalkituskykyä ja ovat täten erittäin potentiaalisia maanparannusainekäyttöön.

4.2 Eri tuhkarakeiden rakeistuvuus Oulun yliopiston kokeissa

Seuraavissa kuvissa 4-8 on esitelty joitakin hankkeen aikana tutkituilla eri lisäainemateriaaleilla valmistettujen tuhkarakeiden kuvia. Kuvatut näytteet valmistettiin Oulun yliopiston Mining Schoolin pilot-lautasrakeistimella, joka on esitetty kuvassa 2. Näissä esikokeissa optimoitiin kuitusaven ja tuhkan suhdetta [%] rakeissa varsinaisia Rakeistus Oy:llä tehtäviä kokeita varten ja täten näytteet poikkeavat osittain taulukossa 1 esitetyistä analyyseihin menneistä näytteistä.



Kuva 4. Tuhka-kuitusavi 50:50 –näyte.



Kuva 5. Tuhka-kuitusavi 25:75 –näyte.



Kuva 6. Tuhka-kuitusavi 15:85 –näyte.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



Kuva 7. Tuhka-kuitusavi 5:95 –näyte.



Kuva 8. Rakeistettu kuitusavinäyte.

Kuvista 4-8 voidaan päätellä, että suurimmat pitoisuudet kuitusavea antavat liian kostean näyteseoksen, jonka rakeistusprosessi on vaikea toteuttaa. Kuitenkin jo tuhka-kuitusavi 25:75 –näyte antaa hyviä tuloksia rakeistumisen kannalta ja tällä seossuhteella valmistetut rakeet olisivat hyviä levityksen kannalta.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



4.3 Turkislannan rakeistuvuus

Hankkeen aikana testattiin myös turkislannan rakeistuvuutta. Turkislannan todettiin rakeistuvan pieniksi rakeiksi ilman mitään lisäaineita (Kuva 4) ja tällöin tämän volyymäläisen jakeen voidaan todeta olevan erittäin potentiaalinen mm. kasvualustoina.



Kuva 4. Turkislantarakeet