

Lannoittamisen vaihtoehtoiset keinot Satakunnassa

Taru Kuusisto
Petri Linna
Minna Haapakoski

Tampereen yliopisto

Sisällys

1.	LANNOITUSTARPEEN TAUSTOITUS JA TARVE RAAKA-AINEVIRTOJEN HYÖTYKÄYTTÖÖN .	1
1.1	Johdanto	1
1.2	Kohti kiertotaloutta ja vihreää siirtymää	2
1.2.1	EU:n vihreän kehityksen ohjelma	2
1.2.2	Kiertotalousmalli.....	4
1.2.3	Kiertotalouden ja vihreän siirtymän edistäminen kansallisesti	6
1.3	Omavaraisuudesta ja huoltovarmuudesta huolehtiminen.....	8
1.3.1	Omavaraisuus	8
1.3.2	Huoltovarmuus	10
1.4	Katsaus aihealueen tutkimukseen.....	13
1.4.1	Satakunnan alueen bio- ja kiertotalous	13
1.4.2	Ravinteiden kierrätyksen ohjelmat.....	20
2.	SATAKUNNAN TEOLLISUUDEN MATERIAALIEN SIVUVIRTOJEN SISÄLLÖT JA MÄÄRÄT ...	26
2.1	Valmistava teollisuus ja elintarviketuotanto.....	27
2.2	Biokaasulaitokset	28
2.3	Muut teollisuuden sivuvirrat	30
3.	SATAKUNNAN MALLI LANNOITTAMISEN VAIHTOEHTOISILLE KEINOILLE.....	34
3.1	Uudet lannoitteet	35
3.2	Sivuvirtojen hyödyntämisen tekniikat	36
3.3	Koemaatila ja Living Lab	36
3.4	Riskienhallinta.....	37
3.5	Maatalouden data-avaruudet	38
3.6	Maanparannus.....	38
3.6.1	Biohiili.....	39
3.6.2	Kipsi.....	42
3.6.3	Hiilen sitominen maaperään	43
3.7	Veden hallinta.....	43
3.8	Täsmämaatalous.....	44
4.	PILOTIT TEOLLISUUDEN MATERIAALIVIRTOJEN KÄYTÖSTÄ	46
4.1	Ammoniumsulfaatti	46
4.2	Lentotuhka.....	46

4.3	Pilottien mittausmenetelmät	47
4.4	Pilottilohkojen kuvaukset	49
5.	PILOTTIEN TULOKSET JA JATKOEHDOTUKSET	50
5.1	Haastattelut hankkeen teemoista	50
5.1.1	Kysymykset ja vastaukset	50
5.1.2	Haastattelujen yhteenveto.....	52
5.2	Viljelijöiden kokemukset ammoniumsulfaatin piloteista	53
5.2.1	Vastaukset	53
5.2.2	Yhteenveto kokemuksista	54
5.2.3	Yhteenveto mittaustuloksista.....	54
5.3	Loppuyhteenveto ja jatkoehdotukset	54
	LÄHTEET	57

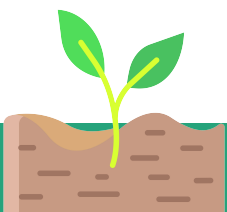
1. LANNOITUSTARPEEN TAUSTOITUS JA TARVE RAAKA-AINEVIRTOJEN HYÖTYKÄYTTÖÖN

1.1 Johdanto

Lannoitemarkkinat ja suomalainen ruoantuotanto ovat murroksessa. Koko maailmaa Suomi mukaan luettuna ravisuttanut koronaviruspandemia (COVID-19) toi esiin yhteiskuntien haavoittuvuuden ja globaalin keskinäisriippuvuuden. Koronan vielä jyllätessä eteen tuli toinen kriisi, kun Venäjä helmikuussa 2022 hyökkäsi Ukrainaan. Suomalainen ruoantuotanto on pitkään ollut riippuvainen Venäjällä tuotetuista lannoitteista ja niiden raaka-aineista. Kriisitilanteet ovat tuoneet ilmi sen, miten olennaista Suomen on huolehtia omasta huoltovarmuudestaan ja omavaraisuudestaan. (Lindell ym. 2022) Tämä koskee erityisesti strategisesti tärkeitä resursseja, kuten ruoantuotantoa ja energiaa.

Ruoantuotannon näkökulmasta lannoittamisen tarkoituksena on parantaa kasvien kasvua lisäämällä ja/tai tasapainottamalla kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määrää. Tärkeimpiä ravinteita kasveille ovat typpi, kalium ja fosfori. Näiden pääravinteiden lisäksi kasvit tarvitsevat 13 eri ravinnetta eli yhteensä 16 eri ravinnetta. Näitä ravinteita ei voida korvata millään muulla aineella eli ne ovat välttämättömiä kasvin kasvuun. Tällä hetkellä suurin osa Suomessa käytettävistä lannoitteista on väkilannoitteita. Erityisesti typpeä sisältävien väkilannoitteiden tuotantoprosessi vaatii paljon energiaa. Suurin osa Suomeen tulevista lannoitteista ja niiden raaka-aineista on tähän asti tuotu Venäjältä, jossa ne valmistetaan fossiilisella energialla. Energian hinnannousu ja raaka-aineiden saatavuuden vaikeudet heijastuvat lannoitteiden hintoihin ja kauppaan, joka tyrehtyi Suomessa Ukrainan sodan alkamisen jälkeen. Lannoitteiden saatavuuden heikentyessä on peltoviljelyyn löydettävä uusia ravinteiden lähteitä. Hyödyntämällä nykyistä enemmän kierrätysravinnevirtoja voidaan samalla tehostaa myös kiertotalouden kehittymistä ja vihreää siirtymää. (Lindell ym. 2022.) Ilmastonmuutoksen torjunta ja EU:n päämäärä olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä kaventaa joka tapauksessa fossiilisten polttoaineiden käyttömahdollisuuksia tulevaisuudessa. Käsillä oleva tilanne on samalla myös mahdollisuus vauhdittaa vihreää siirtymää, joka ennen pitkää joka tapauksessa on sekä ihmisten että ympäristön kannalta välttämätöntä.

Tämän hankkeen tavoitteena on selvittää ja tarkastella Satakunnan vaihtoehtoisia keinoja lannoittamiseen. Hankkeessa kartoitetaan yhteistyökumppanien kanssa potentiaalisia



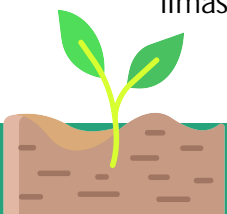
teollisuuden sivuvirtoja; niiden laatua ja soveltuvuutta lannoitteiden raaka-aineiksi. Sivuvirralla tarkoitetaan erilaisia sivutuotteita, joita prosesseissa syntyy lopputuotteen lisäksi, kuten esimerkiksi kuituliete metsäteollisuuden sivuvirtana. Satakunnassa on monipuolista alku- ja elintarviketuotantoa, joiden sivuvirtojen hyödyntämistä on paljon tutkittu ja tuloksia sovellettu käytännössä. Lannoittamisen vaihtoehtoiset keinot Satakunnassa -hankkeen tarkoituksena onkin kartoittaa elintarviketeollisuuden sivuvirtojen ohella myös muita potentiaalisia, niin valmistavan teollisuuden kuin energiateollisuuden materiaalisivuvirtoja. Kartoituksen pohjalta hankkeessa laaditaan Satakunnan lannoittamisen malli.

1.2 Kohti kiertotaloutta ja vihreää siirtymää

1.2.1 EU:n vihreän kehityksen ohjelma

Kansainvälistä ilmastopolitiikkaa ohjaavat monet kansainväliset sopimukset, kuten Pariisin ilmastopöytäkirja ja Yhdistyneiden kansakuntien ilmastopuitesopimus. Kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa Suomi neuvottelee ja toimii osana Euroopan unionia. EU ja kaikki sen maat ovat sitoutuneet vuoden 2015 Pariisin ilmastopöytäkirjaan ja sen tavoitteeseen rajoittaa maapallon keskilämpötilan nousu selvästi alle 2 celsiusasteeseen. Sitoumuksen mukaisesti EU:n tavoitteena on olla ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä. Termiä ilmastoneutraalius käytetään lähes synonyyminä hiilineutraaliuden kanssa, ja sillä tarkoitetaan sitä, että hiilidioksidipäästöjä tuotetaan vain sen verran, kun niitä pystytään sitomaan. Esimerkiksi hiilineutraalin tuotteen hiilijalanjälki on koko elinkaaren ajalta mitattuna nolla. Hiilinielulla taas tarkoitetaan kykyä sitoa enemmän hiilidioksidia kuin mitä ilmakehään päästetään. Luonnon tärkeimpiä hiilinielujä ovat metsät, maaperä ja valtameret. Luonnon hiilinieluihin varastoituneena oleva hiilidioksidi vapautuu uudestaan ilmakehään esimerkiksi hakkuiden, maankäytön muutosten tai metsäpalojen myötä. Päästöjen vähentäminen onkin ilmastoneutraaliuden saavuttamiseksi ensiarvoisen tärkeää. (Euroopan parlamentti 2022A.)

Euroopan komissio julkisti vuoden 2019 lopussa Euroopan vihreän kehityksen ohjelman (European Green Deal). Se on etenemissuunnitelma toimille, joiden avulla Eurooppa pyrkii ensimmäiseksi ilmastoneutraaliksi maanosaksi vuosisadan puoleenväliin mennessä. (Euroopan unionin neuvosto ja Eurooppa-neuvosto 2022A.) Vihreän kehityksen ohjelma tukee kymmenen vuoden aikana 1000 miljardin ns. vihreällä rahoituksella ohjelman tavoitteiden toteuttamiseen liittyviä hankkeita ja tutkimus- ja innovaatiotoimintaa, kuten vihreän siirtymän tukemista, ilmastomuutoksen hillitsemistä ja ilmastoon liittyvien taloudellisten riskien vähentämistä.



(Euroopan parlamentti 2022B.) Olennainen osa vihreän kehityksen ohjelmaa on EU:n uusi ilmastolaki. Ilmastolain mukaan EU:n on vähennettävä kasvihuonekaasujen päästöjä 55 % vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteiden saavuttamiseksi on laadittu 55-valmiuspaketti (eng. Fit for 55), joka sisältää lainsäädäntöehdotuksia usealta eri alalta (kuva 1). (Euroopan unionin neuvosto ja Eurooppa-neuvosto 2022B.)



Kuva 1. 55-valmiuspaketin sisältöä (Euroopan unionin neuvosto ja Eurooppa-neuvosto 2022B).

Yksi 55-valmiuspaketin työkaluista on hiilirajamekanismi. Hiilirajamekanismin tavoitteena on välttää hiilivuoto. Mekanismi keskittyy hiili-intensiivisten tuotteiden, kuten sementin, alumiinin ja lannoitteiden, tuontiin. Tarkoituksena on estää se, että EU:n kasvihuonekaasupäästöjen vähennystoimet kumoutuisivat, kun EU:n alueelle tuodaan tuotteita tai fossiilisella energialla tuotettua sähköä maista, joiden ilmastopolitiikat eivät ole yhtä kunnianhimoisia kuin EU:ssa. Hiilirajamekanismin avulla estetään myös hiili-intensiivisten tuotteiden tuotannon siirtyminen EU:n ulkopuolelle.

Taakanjakoasetus koskee jäsenmaiden päästövähennystavoitteita, ja muutosehdotus koskee kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteiden nostoa 29 prosentista 40 prosenttiin vuoteen 2005 verrattuna. Kansalliset tavoitteet päivitetään taakanjakoasetuksen mukaisesti vastaamaan vähennystavoitteiden kiristymistä aloilla, jotka jäävät EU:n päästökauppajärjestelmän ulkopuolelle. Näitä aloja ovat mm. maatalous, liikenne, jätehuolto ja rakennukset. Alat tuottavat suurimman osan, n. 60 %, EU:n kokonaispäästöistä. Eri



jäsenvaltioiden valmiudet vähentää päästöjä vaihtelevat. Vähennystavoitteet onkin määritelty maan asukaskohtaisen bruttokansantuotteen perusteella. Suomen maakohtainen vähennystavoite on EU:n keskimääräistä vähennystavoitetta tiukempi, 50 % (ent. 39 %.) Yleisesti ottaen 55-valmiuspaketin toimilla pyritään vähentämään kasvihuonekaasujen päästöjä entistä nopeammin tiukentamalla nykyisiä säännöksiä ja laajentamalla soveltamisaloja. (Euroopan parlamentti 2022C.)

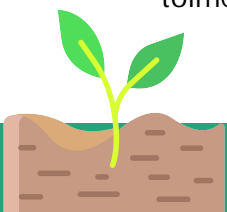
1.2.2 Kiertotalousmalli

Kiertotalous tarkoittaa tuotanto- ja kulutusmallia, jossa olemassa olevia tuotteita ja materiaaleja käytetään mahdollisimman pitkään korjaamalla, kunnostamalla, kierrättämällä, lainaamalla tai vuokraamalla (kuva 2). Kiertotaloudessa luonnonvaroja käytetään kestävästi ja ne pysyvät kierrossa pidempään, mikä tarkoittaa jätteen määrän vähenemistä minimiin. Kun tuote on tulossa elinkaarensa päähän, pyritään sen eri materiaalit hyödyntämään, jolloin ne luovat lisäarvoa uudelleen. Kiertotalouden avulla voidaan hillitä ilmastonmuutosta ja luonnon monimuotoisuuden köyhtymistä. Perinteinen, lineaarinen talousmalli on kiertotalouden vastakohta. Linearisessa talousmallissa tuotteet valmistetaan (usein neitseellisistä raaka-aineista), kulutetaan ja heitetään pois jätteenä. Lineaarinen talouden malli vaatii suuria määriä helposti saatavilla olevaa ja halpaa energiaa sekä raaka-aineita. (Euroopan parlamentti 2022D.)



Kuva 2. Kiertotalousmalli (Euroopan parlamentti 2022D).

EU:n ensimmäinen kiertotalouden toimintasuunnitelma julkaistiin vuonna 2015. Sen toimenpiteet kohdistuivat erityisesti jätepolitiikkaan ja kierrätyksen lisäämiseen.



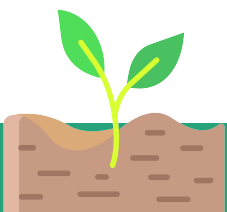
Toimintasuunnitelman toimenpideohjelmaan kuului jätesäädöspaketti, jonka täytäntöönpano edellytti Suomen kansallisessa lainsäädännössä muutoksia mm. jätealan asetuksiin ja jätelakiin (646/2011). (EU:n jätesäädöspaketin täytäntöönpano 2019.) Jätelain 1 §:ssä on määritelty jätelain keskeiseksi tarkoitukseksi edistää kiertotaloutta sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta. Lisäksi jätelain 8 §:n mukaan kaikenlaisessa toiminnassa on noudatettava kuvan kolme mukaista etusijajärjestystä eli jätehierarkiaa.

Etusijajärjestyksen mukaisesti ensisijainen toimi on vähentää syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä siitä huolimatta syntyy, jäte on ensisijaisesti valmistettava uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti pyrittävä kierrättämään. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jäte on hyödynnettävä esimerkiksi energian tuotannossa. Siinä tapauksessa, että jätteen hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte voidaan sijoittaa kaatopaikalle tai loppukäsitellä muulla tavoin. (Jätelaki 646/2011, 8 §.) Etusijajärjestys tarkoittaa esimerkiksi puun käytön kohdalla, että puun hyödyntäminen teollisesti ja puun kierrättäminen menevät puun energiakäytön edelle. Raaka-aineiden käyttäminen ensisijaisesti korkean jalostusasteen tuotteisiin lisää kustannussäästöjä, parantaa kilpailukykyä ja vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia (ns. kaskadiperiaate). (Sitra 2018.)



Kuva 3. Jätelain etusijajärjestys (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2022).

EU:n uusin kiertotalouden toimintasuunnitelma on nimeltään "Puhtaamman ja kilpailukykyisemmän Euroopan puolesta" ja se julkaistiin keväällä 2020. Sen tavoitteena on muuttaa tuotanto- ja kulutustapoja kiertotalouteen perustuviksi ja nykyistä kestävämmiksi.

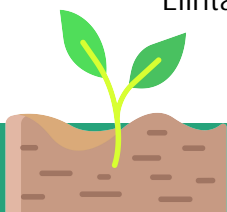


Toimintasuunnitelmaan kuuluu 35 lainsäädäntö- tai muuta aloitetta. Toimet kohdistuvat erityisesti paljon resursseja käyttäviin toimialoihin, kuten rakentamiseen ja rakennuksiin, muoveihin, elektroniikkaan sekä elintarvikkeisiin ja ravinteisiin. Komission maaliskuussa 2020 antama tiedonanto Euroopan uudesta teollisuusstrategiasta liittyy läheisesti kiertotalouden toimintasuunnitelmaan. Molemmat tukevat siirtymää digitaaliseen ja vihreään Eurooppaan, jossa kilpailukykyinen ja resurssitehokas talous toimii ilmastoneutraalisti ja jossa luonnonvaroja käytetään kestävästi, ekologisesti ja sosiaalisesti oikeudenmukaisesti. Komissio julkaisi marraskuussa 2022 uuden kiertotalouspaketin, jonka tarkoituksena on entisestään vauhdittaa siirtymää kohti kiertotaloutta. Kiertotalouspaketti sisältää muun muassa aloitteet koskien biopohjaisia, biohajoavia muoveja sekä pakkaus- ja pakkausjätedirektiivin uudistamista. (Ympäristöministeriö 2022A.)

1.2.3 Kiertotalouden ja vihreän siirtymän edistäminen kansallisesti

Kansallisella tasolla valtioneuvosto teki osana Marinin hallituksen ohjelman toimeenpanoa vuonna 2021 periaatepäätöksen kiertotalouden strategisesta ohjelmasta. Ohjelmassa tavoitellaan muutosta, jolla kiertotaloudesta tulee uusi perusta taloudelle vuoteen 2035 mennessä. Ohjelmalla hallitus pyrkii vahvistamaan Suomen roolia kiertotalouden edelläkävijänä. Ohjelmassa todetaan, että luonnon luonnonvarojen ylikulutus ja monimuotoisuuden väheneminen ovat tämän ajan suurimpia globaaleja haasteita, joihin ei ole yksinkertaista ratkaisua. Näiden haasteiden ratkaiseminen vaatii järjestelmällistä muutosta koko yhteiskunnassa ja erilaisia ohjauskeinoja. Kiertotalouden avulla voidaan samaan aikaan sekä tehostaa materiaalien uudelleenkäyttö ja hyödyntämistä että samanaikaisesti maapallon kantokyvyn rajoissa tuottaa taloudellista hyvinvointia. Ohjelman visio on, että vuonna 2035 Suomi on hiilineutraali ja sen talouden perusta on toimiva kiertotalousyhteiskunta. Käytännössä tällä tarkoitetaan mm., että tuotteet ja palvelut ovat kestäviä, materiaalit pysyvät kierrossa pidempään ja turvallisesti sekä luonnonvarojen käyttö on kestävä. (Valtioneuvoston periaatepäätös 2021.)

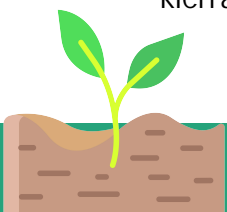
Suomessa on aloitettu keväällä 2022 myös kiertotalouden Green dealin valmistelu. Green deal -sopimukset ovat sopimuksia valtion ja muiden toimijoiden välillä. Vapaaehtoisilla Green deal -sopimuksilla pyritään edistämään kiertotaloutta ja ilmastonmuutoksen hillintää. Kiertotalouden Green dealia ovat mukana valmistelemassa yli 80 eri toimijaa, kuten Energiateollisuus ry, Elintarviketeollisuusliitto ry, Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto MTK ry, UPM-Kymmene



Oyj, Stora Enso Oyj, kiinteistö- ja rakennusalan järjestöjä, Satakuntaliitto, Porin kaupunki sekä Tampereen ja Oulun yliopistot. Kiertotalouden Green dealin tarkoituksena on kiihdyttää kiertotalouden mukaista toimintaa yhteiskunnassa. Sopimukset koostuvat yhteisistä kriteereistä ja raameista sekä mukaan lähtevien toimijoiden itse määrittelemistä, kiertotaloutta edistävästä sitoumuksista. Tutkimuslaitokset toteuttavat Green dealin pohjaksi tilannekuvan luonnonvarojen kulutuksen vaikutuksista ympäristöön ja talouteen. (Ympäristöministeriö 2022B.)

Hallitusohjelman mukaisessa, EU:n jätedirektiivin edellyttämässä valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa on esitelty kiertotaloustavoitteita ja kierrätystä tukeva visio, joka ulottuu 2030-luvulle. Suomen päämääränä on kierrätysasteen nostaminen vähintään EU:n kierrätystavoitteiden tasolle. Suunnitelmassa esitetään yksityiskohtaiset tavoitteet mm. rakentamisen jätteiden, muovin ja biohajoavien jätteiden vähentämiseksi ja kierrätyksen lisäämiseksi sekä toimet näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Suurin osa toimista on valtionhallinnon vastuulla, mutta tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan koko yhteiskunnan, eri toimialojen ja yritysten osallistumista. Suunnitelmalla rakennetaan tietä kertakäyttökulutuksesta kohti kiertotaloutta. (Uusiouutiset 2022.)

Valtakunnallisen jätesuunnitelman yhtenä painopisteenä on hallitusohjelman mukaisesti vahvistaa kiertotaloutta myös ravinteiden kierron osalta. Kierrätyslannoitevalmisteiden eli erilaisista kierrätettävistä sivuvirroista valmistettujen lannoitteiden käyttöä on suunnitelman mukaan lisättävä ja korvattava niillä neitseellisistä raaka-aineista valmistettujen mineraalilannoitteiden tarvetta maataloudessa. Suunnitelman mukaan erityisesti alueille, joilla on runsaasti elintarviketeollisuutta ja maataloutta, tarvitaan lisää biokaasulaitoksia. Tarvetta on yhden tai useamman tilan yhteisille biokaasulaitoksille lannan ja muiden biomassojen käsittelyyn. Lisäkapasiteettia saatetaan tarvita myös yhdyskuntajätevesilietteiden käsittelyyn. Ravinteiden erottelua lietteestä tulee kehittää, jotta löydettäisiin jätelain etusijajärjestyksen mukaisia, energiahyödyntämistä parempia ratkaisuja. (Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:13, 18–19, 49.) Toimia kierrätyslannoitteiden käytön lisäämiseksi peltoviljelyssä tulee kehittää esim. panostamalla tukiin ja muihin ohjauskeinoihin, sekä parantamalla kierrätysravinteiden kilpailukykyä (esim. tuotteiden käytettävyys sekä jalostus- ja levitystekniikat). Kierrätyslannoitteiden houkuttelevuutta voidaan lisätä myös kierrätyslannoitteiden vapaaehtoisen *Laatulannoite*-järjestelmän kehittämisellä ja



markkinoimisella, sekä tarkentamalla lannoitevalmisteina käytettävien sivutuotteiden/lannoitevalmisteiden hyödyntämismahdollisuuksia. (Ympäristöministeriön julkaisuja 2022–13, 49–51.) *Laatulannoite*-järjestelmä on kansallinen laatujärjestelmä ja työkalu kierrätysravinteista tuotetuille lannoitejärjestelmille ja sitä voivat hyödyntää niin lannoitevalmisteiden käyttäjät, tuottajat kuin viranomaisetkin (Laatulannoite 2022).

Osana EU:n vihreän kehityksen ohjelmaa on laadittu Suomen kestävän kasvun ohjelma. Ohjelman rahoitus on 695 miljoonaa euroa ja se on peräisin EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä (Next Generation EU). Kestävän kasvun ohjelma on rakentunut neljälle pilarille, joista yhtenä pilarina on vihreän siirtymän tukeminen. Vihreä siirtymä tukee hiilineutraalin hyvinvointiyhteiskunnan rakentamista ja talouden rakennemuutosta. Vihreässä siirtymässä on kyse luonnonvarojen ja materiaalien kestävästä ja resurssitehokkaasta käytöstä, ja kestävyuden edistämisestä materiaaleja ja raaka-aineita kierrättämällä ja uudelleenkäyttämällä. Osana vihreää siirtymää on siirtyminen fossiilisilla polttoaineilla tuotetusta energiasta kohti uusiutuvan ja päästöttömän energian käyttöä. Kiertotalouteen siirtyminen on olennainen osa vihreää siirtymää. (Valtiovarainministeriö 2022.)

Jo vuonna 2016 laaditussa Suomen ensimmäisessä kiertotalouden tiekartassa yhtenä tavoitteena on ravinteiden kierron tehostaminen, osana kestävästä ruokajärjestelmästä. Tiekartassa nostetaan esille mm. lannoitteiden saatavuuden turvaamisen tärkeys. Nykyisessä maailmanpoliittisessa tilanteessa lannoitteiden ja niiden raaka-aineiden saatavuuden varmistaminen on entistä merkittävämpi osa omavaraisuudesta ja huoltovarmuudesta huolehtimista. Ravinne- ja energiaomavaraisuuden vahvistaminen tukee myös aluetalouden kehittymistä ja luo mahdollisuuksia uudenlaiseen yritystoimintaan (Sitra 2022A.)

1.3 Omavaraisuudesta ja huoltovarmuudesta huolehtiminen

1.3.1 Omavaraisuus

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran (2022B) tuoreen selvityksen mukaan ruoka- ja maataloussektorilla on paljon potentiaalia vaikuttaa ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja monimuotoisuuden vähenemiseen kiertotalouden keinoin. Ruoantuotannon tehokkailla kiertotaloustoimilla pystytään säästämään ja kierrättämään arvokkaita luonnonvaroja. Paikallisesti alueen omista raaka-aineista tuotettu ja siellä pääasiassa kulutettu lähiruoka on kestävä kiertotaloutta, edistäen myös paikallistaloutta ja työllisyyttä. Siirtyminen



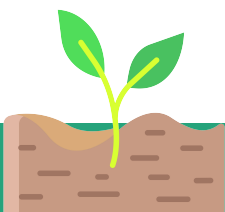
kiertotalouteen vahvistaa myös kykyä sietää kriisejä. Taloudellisen tehokkuuden synnyttämät pitkät toimitusketjut ovat erityisen ongelmallisia kriisitilanteissa. Toimivalla, kansallisella maatalous- ja elintarviketuotannolla ja tuotekehityksellä vahvistetaan omavaraisuutta niin kriisi- kuin normaaliaikanakin.

Omavaraisuus määritellään kyvyksi tai mahdollisuudeksi "tuottaa omin voimavaroin hyödykkeitä, joita omassa taloudessaan tarvitsee". Omavaraisuus siis kuvaa sitä, miten hyvin esimerkiksi yhteiskunnassa kyetään itse tuottamaan tarvittava määrä ruokaa omalle väestölle. Käytännössä hyvin harva yhteiskunta on nykyisin täysin riippumaton ja omavarainen. Riippuvuutta on yleisimmin korkean teknologian tuotteista, energiatuotteista sekä pitkälle jalostetuista raaka- ja apuaineista. (Huoltovarmuuskeskus 2022.)



Kuva Pixabay

Suomessa elintarviketeollisuuden käyttämistä raaka-aineista on kotimaista alkuperää n. 80 %. Naudanlihan omavaraisuusaste on ollut pitkään suunnilleen 80 prosenttia ja sianlihan 95–110 prosenttia. Maitotuotteiden omavaraisuus on 100 prosentin tuntumassa. Viljan omavaraisuusaste vaihtelee satokauden olosuhteitten mukaan vuosittain. Vuonna 2021 leipäviljan omavaraisuus oli 100 % ja rukiin 73 %. Rehuviljan, ohran ja kauran omavaraisuus taas on pysynyt vuosittain yli 100 prosentissa. Vaikka maataloudessa on kyky tuottaa ravintoa keskimäärin oman väestön kulutuksen verran, maatalous ja toimiva

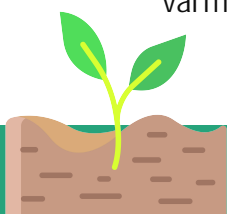


ravinnontuotantojärjestelmä on riippuvainen useiden olennaisten hyödykkeiden, kuten polttoaineiden, lannoitteiden ja rehuvalkuaisen tuonnista ulkomailta. (Luonnonvarakeskus 2022A.) Huoltovarmuus on jonkun verran heikentynyt eri tuotantojen tai toimintojen (esim. lääketuotanto, joidenkin varaosien varastointi, kutomoteollisuus) vähentyessä tai päättyessä kokonaan. Omavaraisuutemme onkin viime vuosikymmenien aikana laskenut lähes kaikilla tuotannonaloilla. (Huoltovarmuuskeskus 2022.) Suomalaisen ruoantuotannon omavaraisuutta, ja tätä kautta huoltovarmuutta voitaisiin lisätä hyödyntämällä tehokkaammin jo yhteiskunnassa kiertäviä, lannoitukseen soveltuvia ravinteita sekä parantamalla peltojen maaperän kasvukuntoa. Tämä vauhdittaisi myös kiertotalouden ja vihreän siirtymän tavoitteiden toteutumista, kun neitseellisiä lannoitteiden raaka-aineita korvattaisiin kierrätetyillä raaka-aineilla. (Jokinen 2022.)

1.3.2 Huoltovarmuus

Läheisesti omavaraisuuteen liittyvä käsite *huoltovarmuus* kertoo siitä, millainen kyky yhteiskunnalla on varmistaa välttämättömät toiminnot kuten esimerkiksi ruokahuolto, sairaanhoito ja sähkönjakelu vakavissa häiriö- ja poikkeustilassa, mahdollisimman vähin häiriöin. Poikkeusolot voivat johtua esimerkiksi epidemiatilanteesta, sodasta tai luonnonkatastrofista. Huoltovarmuuden turvaamiseksi on varmistettava kaikissa oloissa riittävä valmius tuottaa hyödykkeitä, sekä ohjata tuotantoa, jakelua ja kulutusta. Työ- ja elinkeinoministeriön alaisen Huoltovarmuuskeskuksen tehtävänä on kehittää ja ylläpitää huoltovarmuutta Suomessa sekä hoitaa valtion varmuus- ja turvavarastointia. Suomen huoltovarmuustoimenpiteiden lähtökohtana on EU:n sisämarkkinoiden toimivuus. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022A; Yhteiskunnan turvallisuusstrategia 2017.)

Yhteiskunnan turvallisuusstrategia on valtioneuvoston periaatepäätös, joka määrittelee yhteiskunnan elintärkeät toiminnot. Tällaisia elintärkeitä toimintoja yhteiskunnassa ovat esimerkiksi puolustuskyky, talous, infrastruktuuri ja huoltovarmuus. Strategiassa painotetaan viranomaisten, elinkeinoelämän, järjestöjen ja kansalaisten yhteistyön merkitystä turvallisen toimintaympäristön takaajana. (Yhteiskunnan turvallisuusstrategia 2017.) Huoltovarmuus koskee mm. elintarvike-, energia- ja polttoainehuollon turvaamista. Elintarvikehuollon turvaamisella tarkoitetaan väestön ravinnon saannista, laadusta ja turvallisuudesta huolehtimista. Yhteiskunnan turvallisuusstrategian mukaan elintarvikehuollon turvaaminen varmistetaan riittävällä kotimaisella maataloustuotannolla, kehittämällä tuotantojärjestelmää



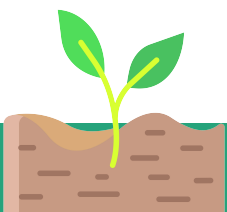
uusiutuvia ja kierrätettäviä tuotantopanoksia painottavaksi, varmuusvarastoinnilla sekä varmistamalla tuotannossa tarvittavien ulkomaisten tuotantopanosten saanti. Elintarvikehuollon turvaamisen ehdoton perusedellytys on kannattava ja toimiva alkutuotanto, josta saadaan raaka-aineet elintarviketeollisuudelle. (Yhteiskunnan turvallisuusstrategia 2017.)

Polttoainehuollon turvaaminen edellyttää useiden eri polttoaineiden ja hankintalähteiden hyödyntämistä, mukaan lukien tuontipolttoaineiden varastointi. Polttoainehuollon parantamiseksi kotimaisten polttoaineiden tuotantoa ja käyttöä tulee edistää. Erityisesti uusiutuvien energialähteiden, kuten biopolttoaineiden, käyttöä on entisestään lisättävä ja kehitettävä polttoaineiden huoltovarmuuden varmistamiseksi. Energiahuollon turvaaminen edellyttää mm. riittävää sähkön ja lämmön tuotantoa, siirto- ja jakelukapasiteettia sekä hajautettua ja monipuolista energian tuotantojärjestelmää. (Pöyry 2019.) Satakunnalla on merkittävänä sähkön- ja elintarvikkeiden tuottajana tärkeä asema huoltovarmuuden takaamisessa.

Käytännössä omavaraisuus ja huoltovarmuus kytkeytyvät usein läheisesti toisiinsa. Kuten yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa todetaan, maatalouden rooli kriisitilanteessa on keskeinen. Jos polttoainetta on tarpeeksi, pellot voidaan pitää tuotannossa kriisitilanteissakin. Haasteita nykytilanteessa aiheuttaisi mm. maataloudessa käytettävien kasvinsuojeluaineiden ja typpilannoitteiden riittävyys, sillä suuri osa niistä tuodaan ulkomailta. Suomessa nautatiloilla viljellään käytännössä lähes kaikki rehu itse, mutta sika- ja kanatiloilla rehuvalkuaisesta saattaisi tulla pulaa. Valkuaisrehun omavaraisuus on Suomessa paranemassa, sillä esimerkiksi härkävun viljelyala on nykyisin n. 30 000 hehtaaria, kun vuonna 2008 härkävun viljeltiin vain hieman yli 700 hehtaarilla. (Ruokatieto Yhdistys ry 2023.)

Yllättävät kriisitilanteet voivat vaikuttaa siihen, millaisille elintarvikkeille on kysyntää. Kevään 2020 koronakriisi aiheutti ruokamarkkinoilla myllerrystä, kun peruselintarvikkeita hamstrattiin ja joidenkin tuotteiden saatavuus heikkeni tilapäisesti. Käsillä olevat kriisit ovat omalta osaltaan nostaneet esiin sen, että kotimaista ravinnontuotantoa ja ruokajärjestelmää on kehitettävä entistä muutosjoustavammaksi. (Ruokatieto Yhdistys ry 2023.)

Ukrainan sota pitkittää ja voimistaa lannoitteiden ja niiden raaka-aineiden, sekä energian hinnannousua sekä aiheuttaa epävarmuutta niiden saatavuuteen. Tämä taas heikentää huoltovarmuutta. Venäjän hyökättyä Ukraina helmikuussa 2022 on puuhakkeen,



putkimaakaasun, kivihiilen ja sähkön tuonti Venäjältä Suomeen loppunut. Raakaöljyn tuonti Venäjältä on korvattu muun muassa Pohjanmeren raakaöljyllä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022B.)

Vaikka Suomen riippuvuus venäläisestä energiasta on vähentynyt viime 15 vuoden aikana, kattoi Venäjältä tuodun energian osuus yhä 34 prosenttia eli kolmanneksen Suomen energian kokonaiskulutuksesta vuonna 2021. Suomessa energiakauppa Venäjän kanssa on ollut suuremmassa roolissa verrattuna muihin EU-maihin keskimäärin. Fossiilisten polttoaineiden osalta Suomi on täysin riippuvainen tuonnista. Venäjä on fossiilisten polttoaineiden suurimpia tuottajia ja viejiä, ja vuoden 2021 ennakkotietojen mukaan Suomen energian kokonaiskulutuksesta 92 % maakaasusta, 67 % fossiilisesta öljystä ja 52 % kivihilestä oli venäläistä alkuperää. (Tilastokeskus 2021.)

Ukrainan sodan myötä Suomi haluaa vauhdittaa irtautumista Venäjä-riippuvuudesta edistämällä vihreää siirtymää ja energiayritysten investointeja. Energia-alalla investoidaan yli 3 miljardia euroa vuonna 2022 puhtaaseen energiaan sekä vahvoihin verkkoihin. Investoinneilla on tarkoitus vastata hintojen nousuun, irtautua venäläisestä fossiilienergiasta ja mahdollistaa ilmastotavoitteiden saavuttaminen. Suomen energiantuotannon riippuvuus fossiilisesta energiasta on vähentynyt huomattavasti viime 10–15 vuoden aikana. Tähän on olennaisesti vaikuttanut erilaiset ilmasto- ja energiapoliittiset toimet ja investoinnit. Nyt tätä vihreää siirtymää halutaan entisestään nopeuttaa. (Energiateollisuus ry 2022.)

Suomen riippuvuus tuonnista typpilannoitteiden ja typpilannoitteiden valmistuksessa tarvittavan ammoniakkin suhteen aiheuttaa merkittävän haasteen typen huoltovarmuudelle. Typpilannoitteita ja ammoniakkia on tuotu Suomeen tähän asti pääosin Venäjältä, jossa niiden tuotantoprosessi perustuu maakaasun käyttöön vedyn lähteenä. Prosessi on erittäin energiaintensiivinen ja aiheuttaa huomattavia hiilidioksidipäästöjä. Euroopan unionin viidennessä pakotepakettissa (asetus 2022/576, EUVL L 111/8.4.2022) on lannoitteiden tuontia Venäjältä rajoitettu. Kalium- ja NPK-lannoitteita saa tuoda Venäjältä vain kahdessa vuosittaisessa kiintiössä 10.7.2022 alkaen. (Tulli 2022.)

Lyhyelle aikavälillä Suomi pyrkii korvaamaan pääosin Venäjältä tulleen ammoniakkin ja lannoitteiden tuonin tuonnilla muilta markkinoilta. Pidemmällä tähtäimellä omavaraisuutta lannoitteiden suhteen tulisi lisätä ja mineraalilannoitteiden käytölle löytää vaihtoehtoisia



ravinteiden lähteitä. Omavaraisuuden ja huoltovarmuuden paranemisen lisäksi näin nopeutetaan myös vihreän siirtymän ja kiertotalouden tavoitteiden toteutumista. (Luonnonvarakeskus 2022B.)

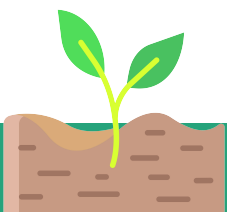
1.4 Katsaus aihealueen tutkimukseen

Kierrätyslannoitteisiin ja niiden kehittämiseen liittyvää tutkimusta on lähivuosina tehty paljon. Tässä luvussa luodaan katsaus aihealueeseen liittyviin olennaisimpiin tutkimuksiin ja kehitysohjelmiin keskittyen Satakunnan näkökulmaan. Alan lainsäädäntöä ollaan parhaillaan päivittämässä. Ajankohtaan liittyy myös esimerkiksi Ukrainan sodan vuoksi paljon epävarmuuksia, mikä vaikeuttaa niin nykytilan kuin tulevan arviointia.

1.4.1 Satakunnan alueen bio- ja kiertotalous

Bio- ja kiertotalous on nostettu yhdeksi kehittämisteemaksi Satakunnan maakuntaohjelmassa. Biokierrätystalouden kasvuohjelman tavoitteeksi on määritelty biopohjaisten sivuvirtamateriaalien mahdollisimman kattava, kannattava ja optimoitu hyödyntäminen sekä kierrätysravinteiden käytön lisääminen. Biopohjaisten sivuvirtojen tutkimuksia on Satakunnan alueella tehty viime vuosina useampia, mikä kytkeytyy Satakunnan vahvaan asemaan ruoantuottajana ja -jalostajana. Kasvuohjelman laadintaa varten on valmisteltu kolme taustaselvitystä: *Sivuvirrasta raaka-aineeksi: Elintarviketeollisuuden biosivuvirrat Satakunnassa* (2019), *Puhdistamolietepohjaisten kierrätyslannoitteiden käytön esteet ja keinoja esteiden poistamiseksi* (2018) sekä *Kiertotalouden symbioosien mallin luominen biokaasulaitosten ympärille* (2019). (Satakuntaliitto 2019.)

Sivuvirrasta raaka-aineeksi: Elintarviketeollisuuden biosivuvirrat Satakunnassa -selvitykseen on koottu tietoja Satakunnan alueella syntyvistä merkittävistä elintarviketeollisuuden biosivuvirtamassoista. Selvityksen mukaan satakuntalaisessa elintarviketeollisuudessa syntyy vuosittain arviolta 800 000 tonnia erilaisia orgaanisia sivutuotteita. Suuri osa biosivuvirroista syntyy eteläisen Satakunnan alueella. Bioenergiahyödyntämisen näkökulmasta varsinkin rasvakaivo- ja flotaatiolietteet sekä teurasjätteet ovat potentiaalisia jakeita. Sivuvirtamateriaalien kuljetuskustannukset ovat monelle elintarviketeollisuuden toimijalle

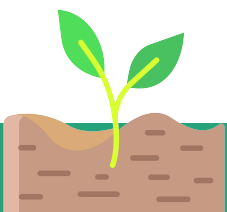


merkittävä kuluerä, ja varsinkin nestemäisten jakeiden kuljetuksessa mahdollisimman lyhyet kuljetusmatkat ovat toiminnan kannattavuuden näkökulmasta avainasemassa¹. (Tiiri 2019.)

Selvityksessä on myös eritelty mm. biokaasutuotantoon soveltuvien peltobiomassojen (peltoviljelystä syntyvät sivutuotteet, kuten olki ja kesantonurmi) määriä ja eläintuotannosta syntyvien lantabiomassojen määriä Porin lähialueilla. Peltobiomassojen hyödyntämistä vähentää usein korjuun kannattamattomuus, minkä vuoksi suuri osa olki- ja kesantonurmisivuvirroista jää nykyisellään hyödyntämättä. Lantasivuvirrat hyödynnetään tällä hetkellä pääosin maatalouskäytössä. Selvityksessä todetaan, että yritysten suhtautuminen sivuvirtojen käsittelyyn on muuttunut yhä myönteisemmäksi, yritykselle lisäarvoa tuovina jakeina. Selvityksessä peräänkuulutetaan konkreettisia kehittämisspalveluja yrityksille sekä yritysten keskinäisen yhteistyön lisäämistä kiertotalouden toteuttamiseksi käytännössä. (Tiiri 2019.)

Puhdistamolietepohjaisten kierrätyslannoitteiden käytön esteet ja keinoja esteiden poistamiseksi -selvityksessä tarkastellaan jätevesilietteistä valmistettujen lannoitevalmisteiden käytön esteitä ja keinoja esteiden poistamiseksi niin valtakunnallisesti kuin Satakunnankin tasolla. Puhdistamolietteellä tarkoitetaan yhdyskuntien jätevedenpuhdistamojen jätevesilietettä, joka muodostuu kiintoaineesta ja puhdistusprosessissa kiintoainemuotoon saatetusta aineesta. Lietteen lisäksi prosessissa syntyy vettä, joka ohjataan puhdistuksen jälkeen vesistöön. Puhdistamolietteet ovat lannan jälkeen suurin kierrätetyn fosforin lähde. Selvityksen mukaan satakuntalaisten puhdistamojen kautta kulkee vuodessa noin 173 tonnia fosforia (v. 2016). On arvioitu, että satakuntalaisten puhdistamolietteiden fosfori riittäisi lannoittamaan n. 20 % maakunnan viljanviljelypinta-alasta. Puhdistamolietteet sisältävät ravinteiden lisäksi orgaanista ainesta, jolla voidaan parantaa maan kasvukuntoa. Tämän lisäksi selvityksessä tuodaan esille, että mineraalityppilannoitteiden valmistaminen kuluttaa runsaasti energiaa, joten myös typpi pitäisi saada nykyistä tehokkaammin kiertoon ja hyötykäyttöön. (Haavisto 2018.)

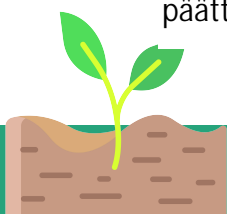
¹ Selvityksen valmistumisen jälkeen VSS Biopower Oy:n biokaasulaitos on aloittanut toimintansa Säkylässä ja käyttää syötteinä mm. alueen elintarviketeollisuuden sivutuotteita.



Haasteena puhdistamolietteiden käytössä ovat lietteiden sisältämät erilaiset haitta-aineet. Selvityksen mukaan puhdistamolietteiden ravinnekierrätys vaikeutui vuosien 2017–2018 aikana, kun viljanostajat alkoivat evätä niiden käyttöä ostamansa viljan viljelyssä. Puhdistamolietteiden sisältämiä haitta-aineita ovat muun muassa raskasmetallit, taudinaiheuttajabakteerit, lääkejäämät ja muut orgaaniset haitta-aineet sekä mikromuovit. Teollisuuden toimenpiteillä raskasmetallien pitoisuuksia lietteissä on saatu laskettua raja-arvojen alle. Lietteiden hygienisoinnilla saadaan tuhottua taudinaiheuttajabakteereja. Mikromuovien poistaminen lietteestä on haastavaa, eikä niiden vaikutuksista ole vielä kovin paljon tietoa. Myöskään antibioottiresistenssistä, jota puhdistamolietteiden sisältämät antibioottijäämät mahdollisesti aiheuttavat, ei juurikaan ole tutkimustietoa. Oma, erityinen ryhmänsä orgaanisia yhdisteitä ovat POP-yhdisteet (Persistent Organic Pollutants), jotka hajoavat erittäin hitaasti ympäristössä. Ne kertyvät eliöihin, rikastuvat ravintoketjussa ja ovat useimmille eliöille myrkyllisiä. Ihmisten ja eläinten ohella suurimmat riskit haitta-aineista aiheutuvatkin maaperän pieneliöille. Tiivistetysti voidaan todeta, että puhdistamolietepohjaisen kierrätyslannoitteiden haitta-aineista ja niiden vaikutuksista maaperään ei vielä tiedetä tarpeeksi, jotta voitaisiin olla varmoja, ettei niistä aiheudu haittaa pitkäaikaisessa käytössä. (Haavisto 2018.)

Ruoantuotannon turvallisuutta säädellään muun muassa lannoitelainsäädännöllä. Kuten selvityksessä tuodaan esille, lannoitelainsäädäntöä on Euroopan unionissa ja sen myötä myös kansallisesti uudistettu. Uudistusten tarkoituksena on yhtenäistää EU:n alueella markkinoitavien lannoitevalmisteiden lainsäädäntöä. EU:n lannoitevalmisteasetus (2019/1009) tuli voimaan Euroopan unionissa vuonna 2022. Lannoitevalmisteet on asetuksessa jaettu seitsemään toimintaperustaiseen tuoteluokkaan (PFC), kuten esimerkiksi lannoitteet, kalkitusaineet, maanparannusaineet ja kasvualustat. Tuoteluokkien sallitut raaka-aineet on määritelty ainesosaluokissa (CMC), joita on yhteensä 14. EU:n lannoitetuotteisiin sovelletaan erilaisia turvallisuus- ja laatuvaatimuksia riippuen siitä, mitä toimintoja tuotteella kerrotaan olevan. (Ruokavirasto 2023A.)

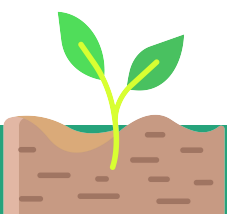
Suomessa markkinoille tulevia lannoitteita on mahdollista myös jatkossa valmistaa kansallisen lannoitelainsäädännön mukaisesti, sillä EU:n lannoitevalmisteasetus ei tavallisesta poiketen korvaa kansallista lainsäädäntöä. Toimija (valmistaja, jakelija tai maahantuojaja) päättää, valmistaako lannoitteita kansallisen lainsäädännön mukaisesti vai EU:n vaatimuksia



noudattaen. CE-merkintää voi käyttää vain EU-asetuksen vaatimukset täyttävissä tuotteissa. Yhtenä keinona tuoda lannoitteita markkinoille on vastavuoroisen tunnustamisen periaate: Jos tuote on lain mukaisesti markkinoilla yhdessä Euroopan unionin jäsenmaassa, se voidaan päästää kaikkien muidenkin jäsenvaltioiden markkinoille. (Ruokavirasto 2023A.)

Kansalliseen lainsäädäntöön kuuluva uusi lannoitelaki (711/2022) tuli voimaan heinäkuussa 2022 eli samalla, kun uuden EU-lannoitevalmisteasetuksen soveltaminen alkoi. Lannoitealalla toimijan kannalta oleellisimpia muutoksia ovat siirtyminen EU-lannoitevalmisteasetuksen kanssa yhteneväiseen tuoteluokitteluun. Tyyppinimistä luopuminen mahdollistaa entistä paremmin uusien lannoitevalmisteiden kehittämisen ja markkinoille tuomisen. Lakiuudistuksessa korostuu myös entistä enemmän toimijoiden oma vastuu tuotteen ja tuotannon lainmukaisuudesta. Toiminnalta edellytetään lisäksi laatujärjestelmää. (Ruokavirasto 2023B.)

Voimassa olevan lainsäädännön mukaan pelloilla saa käyttää lannoitevalmisteena vain esimerkiksi kompostoimalla tai mädättämällä käsiteltyä jätevesilietettä (Ruokavirasto 2022). Selkeä lainsäädäntö on selvityksen mukaan yksi keinoista lisätä puhdistamolietepohjaisten kierrätyslannoitteiden hyödynnettävyyttä ja luotettavuutta. Ennakkoluuloja puhdistamolietepohjaisia kierrätysravinteita kohtaan voidaan vähentää myös kierrätyslannoitetietoa jakamalla ja ekologista kiertotalousmielikuvaa vahvistamalla. Lietteiden jatkoprosessointimenetelmiä ja haitta-ainepitoisuuksien analysointia kehittämällä voidaan saada vähennettyä materiaalin orgaanisia haitta-aineita ja niiden haittavaikutuksia. Maatalouspolitiikkaa ja tukijärjestelmää tulisi lisäksi uudistaa niin, että ne kannustaisivat kierrätysravinteiden käyttämiseen. (Haavisto 2018.) Suomen ympäristökeskuksen raportin (2021) mukaan kehitteillä on parhaillaan useita ravinteiden talteenottomenetelmiä jätevesilietteistä, joiden avulla tai eri menetelmiä yhdistelemällä voidaan saada jopa 90 % fosforista talteen (nyk. n. 70 %) ja kolminkertainen määrä typpeä verrattuna nykyiseen. Uudet menetelmät voivat myös parantaa ravinteiden käytettävyyttä kasveille ja vähentää haitta-aineiden kulkeutumista ympäristöön. Typen talteenottoa voitaisiin raportin mukaan kehittää hyödyntämällä enemmän lietteen kuivauksen yhteydessä muodostuvaa rejektivettä, johon keskimäärin neljännes jätevedenpuhdistamolle saapuvasta typpeä päätyy. Ylipäänsä



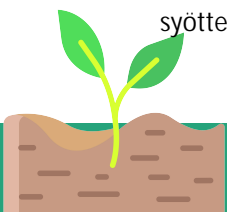
jätevedenpuhdistamoilla tulisi ravinteiden talteenottoa suunnitella kokonaisuutena, huomioiden koko prosessi sivuvirtoineen. (Lehtoranta ym. 2021.)

Kiertotalouden symbioosien mallin luominen biokaasulaitosten ympärille -selvityksessä tarkasteltiin eri biomassajakeiden kustannustehokasta talteenottoa Satakunnassa keskeisillä elintarvikealan tuotantoaloilla. Selvityksen mukaan Satakunnassa tulisi tehostaa erityisesti nurmibiomassan hyödyntämistä. Nurmibiomassaa syntyy Satakunnassa keskimäärin 35 000 tonnia vuosittain (2017). Selvityksessä esitellään kaksi tapauskohdetta, joista toiseksi on valittu eteläisen Satakunnan Säskylän bioteollisuusalue. Alueen yrityksillä, kuten Sucros Oy, Apetit Ruoka Oy ja Hankkija Oy, on paljon keskinäistä yhteistoimintaa. Bioteollisuusalueella syntyy runsaasti bioperäistä sivuvirtaa.² Selvityksessä ideoidaan, että laitoksen ympärille voisi olla mahdollista suunnitella toimintoja, jotka entistä paremmin hyödyntäisivät eri toimintayksiköiden sivuvirtoja, kuten levien tai vesikasvien kasvatus jäteveden välivarastointialtaissa. (Jori ym. 2019.)

Kiertotalouden symbioosit biokaasulaitosten ympärillä ovat merkittävä taloudellinen mahdollisuus Satakunnalle mahdollistaen samalla alueen ravinteiden ekologisen ja tehokkaan kierrätyksen. Selvityksessä nostetaan myös esille, että ravinteiden kierron toimimisen ja ympäristövaikutusten seuraamiseksi tulisi hyödyntää (digitaalista) mallintamista, jolloin seurantaa ja kehittämistä voidaan tehdä maatalo- ja jopa peltolohkokohteisesti. Jotta eri teollisuudenalojen symbioosimainen yhteistyö ja sivuvirtojen hyödyntäminen toimisi parhaalla mahdollisella tavalla, tarvitaan siihen eri alojen toiminnan koordinoitua ja osaamista. (Jori ym. 2019.)

Prizztech Oy:n ja Pyhäjärvi-instituutin yhdessä laatiman *Biokaasulaitosten ravinnekierron optimointi ja tehokas logistiikka Satakunnassa* -hankkeen raportin mukaan Satakunnassa tuotantoeläimet tuottavat lähes 650 000 tonnia lantaa vuodessa (2017). Lannassa on fosforia hieman alle 800 tonnia ja liukoista typpeä vajaa 1 300 tonnia. Ravinnemäärät ovat noin kaksinkertaisia Satakunnan isoimpien biokaasulaitosten tuottamaan mädätteen ravinnemäärään nähden. Lanta sijoitetaan suurelta osin suoraan pelloille. Satakunnan alueella, kuten muuallakin Suomessa, suuntaus on kotieläintaloudessa yhä suurempiin

² Alueella syntyvää bioperäistä materiaalivirtaa käytetään nykyisin VSS Biopower Oy:n biokaasulaitoksella syötteenä.



tuotantoyksiköihin. Kotieläintalous on Satakunnan alueella keskittynyt erityisesti Kaakkois-Satakuntaan. Lannan keskittyminen aiheuttaa alueellisesti ylituotanto-ongelmaa, ja pitkien kuljetusmatkojen välttämiseksi lanta tulisikin käsitellä syntysijoillaan, esimerkiksi biokaasun tuotannossa tai kuivaamalla tai rakeistamalla. (Prizztech Oy & Pyhäjärvi-instituutti 2020.)

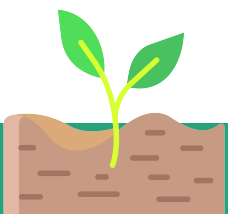
1.4.1.1 Case Kirkkokallion ekopuisto

Pohjois-Satakunnassa, Kankaanpään Honkajoella sijaitseva Kirkkokallion ekopuisto on loistava näyte siitä, miten voidaan paikallisesti yhdistää ilmastotavoitteiden toteutuminen, kestävän kehityksen tavoitteet, teolliset symbioosit ja taloudellinen kannattavuus. Vaikka varsinaisesta hankkeesta ei olekaan kysymys, on Kirkkokallion kiertotalouskeskittymä hieno esimerkki kiertotalousajattelun ja vihreän siirtymän soveltamisesta käytännössä.

Kansainvälistäkin huomiota herättänyt Kirkkokallion ekopuisto koostuu eri toimijoiden saumattomasta yhteistyöstä. Ekopuistossa operoiva Gasum Oy:n biokaasulaitos käyttää prosessissaan lähialueen biojätteitä ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja biokaasun valmistukseen. Tuottamansa kaasun se syöttää Vatajankosken voimalaan, missä kaasusta tuotetaan sähköä, höyryä ja lämpöä. Vatajankosken voimalasta energiaa jaetaan alueen muiden yritysten käyttöön, kuten Honkajoki Oy:lle ja ja Landeli Group Oy:n Honkajoen tehtaalle. Honkajoki Oy:n tehdas prosessoi lihateollisuuden sivutuotteita eli teurasjätteitä mm. eläinvalkuaiseksi, luomulannoitteiksi ja rehuksi. Sen tuotannon lauhdelämmöllä lämmitetään ekopuiston kasvihuoneita. Landeli Group Oy puolestaan valmistaa lihatuotteita kuluttajille. Kiertotalouden ympyrä sulkeutuu, kun Landelin ja alueen muun elintarviketeollisuuden biojättesivuvirrat toimitetaan biokaasun raaka-aineeksi Gasum Oy:lle. (Riihentupa 2022.) Toimivan yhteistyön avulla ekopuistossa pystytään hyödyntämään tuotantoprosessien sivuvirtojen materiaalit ja syntyvä energia niin, että hukkaan menevää jätettä syntyy mahdollisimman vähän.

1.4.1.2 Tuhkalannoitus

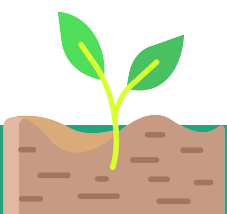
Satakunnan metsätalouden kasvuohjelmassa *Elinvoimaa ja lisäarvoa metsien sivuvirroista Satakunnassa* (2020) on selvitetty metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtoja Satakunnan alueella. Hankkeen toteuttaja on Satakuntaliitto. Kasvuohjelman raportin mukaan metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtamateriaalit ovat tärkeä osa Satakunnan bio- ja kiertotaloutta sekä energiantuotantoa. Metsäteollisuuden sivutuotteita (kuten sahanpuru,



puunkuori, kutterinlastu) syntyi vuonna 2019 energiamääräksi muutettuna yhteensä 1900 GWh. Sivutuotteista 65 % (1200 GWh) käytettiin Satakunnassa, ja loput sen ulkopuolella. Satakunnassa tuotetusta sahanpurusta ja puunkuoresta yli 90 % ohjautuu energiakäyttöön.

Raportin mukaan Satakunnassa syntyy tuhkaa 89 000 tonnia vuosittain. Suurin osa tuhkasta on polttolaitosten pohjatuhkaa ja rinnakkaispolton lentotuhkaa. Valtaosa tuhkasta käytetään Satakunnassa infrastruktuurin, kuten teiden ja muiden pohjamateriaalien rakentamisen raaka-aineena sekä kaatopaikkojen peitemateriaalina. Suomen ensimmäisessä tuhkankäsittelylaitoksessa Fortumin Porin laitoksella käsitellään vuosittain 30 000–40 000 tonnia jätteidenpoltossa syntyvää APC-tuhkaa (Air Pollution Control), josta kolmasosa on suolaa. Tuhkankäsittelylaitoksella tuhkasta poistetaan suola, ja tuhkan sisältämät raskasmetallit sidotaan tuhkaan, minkä jälkeen tuhka sijoitetaan kaatopaikalle. Metsien lannoittamiseen käytettävän tuhkan osuus on Satakunnassa edelleen vähäinen, ja suuri määrä metsänlannoitukseen soveltuvaa tuhkaa jääkin käyttämättä. (Satakuntaliitto 2020.)

Metsänlannoitukseen soveltuu parhaiten puutuhka, joka sisältää eniten ravinteita. Puutuhkassa on paljon fosforia ja kaliumia, mutta ei typpeä. Tuhkan ravinnesisältöä voidaan parantaa tarpeen mukaan lisäämällä rakeistuksen yhteydessä tarvittavia ravinteita, kuten typpeä tai booria. Tuhkalannoitusta suositellaan erityisesti ojitettujen turvemaiden lannoitukseen. Tuhka soveltuu hyvin myös vanhojen, turvetuotannosta poistettujen alueiden metsityslannoitukseen. Lannoittamalla saadaan vähennettyä maaperän happamuutta, mikä parantaa ravinteiden saatavuutta. Tuhkalannoitus lisää puuston kasvua 2–6 kuutiometriä per hehtaari vuodessa. Tarvittava lannoitemäärä vaihtelee tuhkan laadusta ja kohteesta riippuen 3–8 t/ha. Tuhkalannoite voidaan levittää helikopterin avulla tai metsätraktorilla maalevityksenä. Raportin mukaan on arvioitu, että Satakunnassa olisi tuhkalannoitukseen sopivia soita 33 000 hehtaaria. Jos lannoitusväli oli 30 vuotta, pitäisi vuosittain lannoittaa 1100 hehtaaria. Laskelmien mukaan lannoituksella olisi saatavissa yli 100 000 kuutiometrin kasvunlisäyspotentiaali vuosittain, mikä on 4 % Satakunnan metsien nykykasvusta. Satakunnassa on tehty metsien terveyslannoituksia tuhkalla, mutta määrät ovat olleet korkeintaan muutama sata hehtaaria per vuosi. Lisäämällä tuhkaan typpeä lannoitesekoitus soveltuu myös niukkatyppisempien turvemaiden ja kivennäismaiden lannoitukseen. (Satakuntaliitto 2020.)



Tuhkalannoittamisella voidaan pitkäaikaisen kasvunlisäyksen ohella parantaa metsien hiilensidontaa. Hyvin hoidetut ja elinvoimaiset metsät toimivat tehokkaina hiilinieluinä. Yksityisiä metsänomistajia on kannustettu myös valtion tuen avulla käyttämään tuhkalannoitusta. Kestävän metsätalouden rahoituslain mukaan metsien terveyslannoitukseen voidaan myöntää tukea. Tuen osuus on tällä hetkellä 30 prosenttia kokonaiskustannuksista. (Satakuntaliitto 2020.) Terveyslannoituksella tarkoitetaan sellaisten metsien lannoittamista, joiden puuston kehitys on maaperän ravinteiden epätasapainon vuoksi heikkoa (Kestävän metsätalouden määräaikainen rahoituslaki, 13 §).

Raportissa mainitaan myös mahdollisuus lisätä peltojen hiilipitoisuutta sekoittamalla peltomaihin metsäteollisuuden sivutuotteita, kuten biohiiltä. Hiilipitoisuutta lisäämällä parannetaan peltomaiden viljelyominaisuuksia, ja maaperän kykyä sitoa ravinteita ja vettä. Ympäristön ja kiertotalouden kannalta biohiilen avulla voidaan vähentää arvokkaiden ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin ja vähentää maaperän kasvihuonekaasupäästöjä. (Satakuntaliitto 2020.)

1.4.2 Ravinteiden kierrätyksen ohjelmat

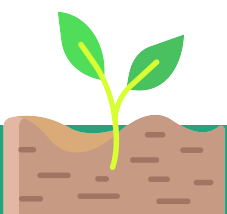
Ravinteiden kierrätyksen tehostaminen on ollut useammankin valtioneuvoston toimialan tavoitellistalla. Ympäristöministeriön koordinoima *Ravinteiden kierrätysohjelma (Raki)* on saanut alkunsa Suomen Itämerisitoumuksesta. Vuonna 2012 laaditussa ensimmäisessä Raki-ohjelmassa tavoitteena oli vähentää Saaristomeren ravinnekuormitusta ja edistää ravinteiden kierrättämistä. Ohjelmassa on rahoitettu hankkeita, joissa hyödynnetään ravinteikkaita biomassoja sekä tuotetaan kierrätysravinteita ja uusiutuvaa energiaa. Samalla tarkoituksena on vahvistaa kotimaista ravinne- ja energiaomavaraisuutta sekä ruoan tuotantoa. Vuonna 2019 hyväksytyn toimenpideohjelman (2019–2030) mukaisesti ympäristöministeriö on vuodesta 2020 lähtien kohdentanut rahoitusta erityisesti hankkeille, joissa hyödynnetään yhdyskuntien jätevesien ja lietteiden ravinteita ja/tai luodaan eri toimijoiden välisiä ravinteiden kierrätyksen yhteistyöverkostoja eli symbiooseja. Ohjelma sai vuonna 2021 lisärahoitusta (5 milj. euroa) Suomen kestävän kasvun ohjelmasta yhdyskuntien jätevesien ravinteiden kierrätystä ja ravinteiden kierrätyksen symbiooseja edistäville hankkeille. Lisäksi keväällä 2022 julkaistuun maatalouden huoltovarmuuspakettiin sisältyi lisärahoitusta



ohjelmalle. (Ympäristöministeriö 2022C.) Ohjelmasta on myönnetty tukea noin 130 hankkeelle yhteensä 30 miljoonaa vuodesta 2012 alkaen (Valtioneuvosto 2023).

Maa- ja metsätalousministeriön koordinoimassa *Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelmassa* tarkoituksena on kiertotalouden ja vihreän siirtymän tavoitteiden edistäminen biomassojen ravinteiden kierrätystä kehittäviä hankkeita tukemalla. Valtakunnallista kokeiluohjelmaa hallinnoi Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus. Kokeiluohjelmasta myönnettiin rahoitusta ensimmäistä kertaa ravinteiden kierrätystä edistäviin hankkeisiin vuosina 2016–2018, ja se sai jatkorahoitusta hallituksen kärkihankkeena ajanjaksolle 2020–2022. Kokeiluohjelman tavoitteena on muun muassa edistää kierrätyslannoitevalmisteiden tuotantoa ja tuotekehitystä sekä parantaa ravinteiden kierrätyksen logistiikkaa TKI-toimintaa ja yritysten investointeja tukemalla. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2022.) Kokeiluohjelmasta on myönnetty tukea 73 hankkeelle yhteensä n. 16,5 miljoonaa vuodesta 2016 alkaen. Vuosille 2022–2025 on Ravinteiden kierrätysohjelmasta ja Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelmasta haettavissa yhteensä 70 miljoonaa euroa tukirahoitusta TKI-hankkeisiin ja investointeihin. (Valtioneuvosto 2023.)

Ravinteiden kierrätyksen ohjelmista on tuettu useita satakuntalaisia kehittämishankkeita. Yksi keskeinen toimija on elinkeino- ja kehitysyritys Prizztech Oy. Prizztech Oy:llä on useita kehittämishankkeita, joiden tarkoituksena on tukea alueen yrityksiä kohti materiaali- ja resurssitehokasta toimintaa sekä bio- ja kiertotalousmallin mukaista liiketoimintaa. Päämääränä on edistää yritysten liiketoiminnan kestävä kasvua ja siirtymistä vähähiiliseen talouteen. (Prizztech Oy 2023.) Prizztechin kaksivuotisessa SATA-Ravinne-hankkeessa ovat toimineet yhteistyössä paikalliset yritykset (Berner Chemicals, Envor Pori Oy, Gasum Oy, Huittisten puhdistamo Oy, UPM/ UPM Biovoima Oy), kunnat ja Satakunnan alueen viljelijät. Hankkeen tavoitteena on edistää ravinteiden kierrätystä, kiertotaloutta ja hillitä ilmastonmuutosta, sekä tukea ravinteiden kierrätyksen symbioosien syntymistä. Hankkeessa suunniteltiin ja toteutettiin puhdistamopohjaisesta lietteestä ja mädätteestä lannoitetuotteen rikastus lisäämällä siihen teollisuuden sivuvirtoja tai lisäaineita. Hankkeessa myös syntyi yritysverkostoja, jotka edistävät lannoitetuotteiden jalostuksen liiketoimintamahdollisuuksia. SATA-Ravinne-hankkeen kokonaiskustannukset ovat 315 540 €, josta Ravinteiden kierrätyksen (Raki) ohjelman osuus on 190 000 €. (Prizztech Oy 2021.)

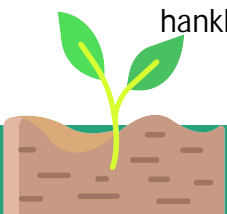


Prizztechin hankkeessa nousi esiin useita kehittämismahdollisuuksia ja -ideoita. Näitä ovat esimerkiksi teollisuuden ja yhteispuhdistamon jätevesilietteen sivuvirtojen hyödyntäminen maanparannusaineeksi/rikastaminen lannoitetuotteeksi käyttämällä jätevesilietteen mikrotermistä käsittelyä ja kalkkistabilointia, fosforin talteenotto saostamalla rejektiveden fosfori struviitiksi tai struviitin saostus jätevesilietteen mädätyksen jälkeen, mädätteestä erotetun rejektiveden rikastaminen lannoitekäyttöön sekä magnesiumlisäykset, kuten MgSO₄ sivuvirran hyödyntäminen lisäaineena lannoitetuotteissa ja MgOH hyödyntäminen struviitin saostuksessa. Haasteita hankkeessa ovat tuottaneet puhdistamopohjaisten orgaanisten kierrätyslannoitteiden markkinoiden epävarmuus, lannoitelainsäädännön uudistuminen sekä puhdistamopohjaisten kierrätyslannoitteiden mahdolliset haitta-aineet, joiden pitkän aikavälin vaikutuksista ei ole vielä tietoa. (Prizztech Oy 2021.)

Kokemäkeläinen Finnamyl Oy on ollut mukana sekä Ravinteiden kierrätyksen (Raki) ohjelmassa että Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelmassa. Kolmivuotisessa *Tärkkelysperunan solunesteen ravinteiden kierrätys lannoitevalmisteiksi* -hankkeessa (2017) tavoitteena oli pilotoida Finnamyl Oy:n ja samaan konserniin kuuluvan Lapuan Peruna Oy:n perunatärkkelyksen (perunajauho) valmistusprosessin sivutuotteena syntyvän perunan solunesteen ravinteiden (typpi, fosfori, kalium) tehokasta kierrätystä. Lisäksi tavoitteena oli, että kehitystyön tulokset mahdollistaisivat sekä viljelyn että ympäristön kannalta paremmat levitystekniikat ja ajankohdat. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 0,5 miljoonaa euroa, josta Raki-ohjelma kattoi 49 prosenttia.

Uusien jatkojalostusprosessien ansiosta nestejakeen levitysjankohta pystyttiin siirtämään syksystä kevääseen, jolloin nestejakeen sisältämät ravinteet saadaan kokonaan kierrätettyä. Satakunnassa solunestelannoituksen avulla saatiin tavanomaiseen lannoitukseen verrattuna parempi satotaso, Pohjanmaalla soluneste oli tavanomaisen lannoituksen veroinen lannoite. Hankkeen tuloksena kehitettiin kolme lannoitevalmistetta: Finnamyl Perunaproteiini rehuteollisuuteen sekä viljelijöille myytävät lannoitevalmisteet Finnamyl Bio-Kali ja Lapuan Peruna Bio-NPK. Lannoitevalmisteet soveltuvat myös luomutuotantoon. Hanke lisäsi ravinneomavaraisuutta ja tehosti ravinteiden kierrätystä Satakunnassa, ja myös Etelä-Pohjanmaalla. (Finnamyl Oy 2017.)

Lapuan Peruna Oy:n *Tärkkelysperunan sivutuotteesta lannoitetta ja valkuaisrehua* -hankkeessa (2018) jatkettiin edellisen hankkeen tulosten pohjalta. Lapualla solunesteestä

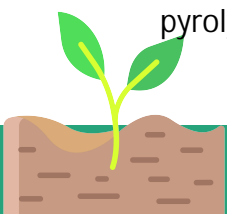


haihdutusväkevöinnillä valmistettua solunestetiivistettä kokeiltiin edellisessä hankkeessa myös yksimahaisten eläinten rehuna. Rehukäytössä haasteeksi nousi valmisteen korkea kaliumpitoisuus, joka vaikutti tuotteen maittavuuteen ja saattoi aiheuttaa eläimille ripulia. Tässä hankkeessa etsittiinkin keinoja vähentää kaliumin määrää rehussa sekä pilotoitiin mahdollisuutta valmistaa tärkkelystä ja väkevöityä solunestettä ruokateollisuusperunan kuorimassasta. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 84 000 euroa, josta kokeiluohjelman rahoitus kattoi 56,16 %.

Hanke toteutettiin käsittelemällä Lapuan tuotantolaitoksen väkevöityä solunestettä Kokemäen tuotantolaitoksella perunaproteiinin erotuslaitteistolla yhdessä Finnamyyl Oy:n laimean solunesteen kanssa. Pilotointi onnistui hyvin, ja lopputuloksena väkevöitettyä solunestettä päätettiin kuljettaa Kokemäelle käsiteltäväksi koko käyntikäyden ajan. Paluukuormina Lapuulle tuodaan erotusprosessin lopputuotteesta valmistettua Bio-Kali lannoitetta. Kaliumin osuutta rehussa saatiin alemmas Finnamyyl Oy:n tuotantolaitoksen perunaproteiinin erotusprosessin avulla, erottamalla solunesteestä perunaproteiinosaa ja lisäämällä se kuivattuna rehun komponentiksi. (Lapuan Peruna Oy 2018.)

Ruokaperunakuorimoiden kuorimassaa käsiteltiin Lapuan tuotantolaitoksen tärkkelyksen erotusprosessissa ja solunesteen haihduttimilla. Tärkkelyksen valmistuksessa tulos oli, että jauhesaanto jäi matalaksi, eikä tärkkelyksen laatu ollut riittävän hyvä. Väkevöidyn solunesteen todettiin toimivan vastaavan kemiallisen lannoitteen veroisesti tärkkelysperunapelloilla ja soveltuvan myös kaliumia tarvitseville nurmikasvustoille. (Lapuan Peruna Oy 2018.)

Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelmasta on edellisen hankkeen lisäksi jaettu tukea viidelle satakuntalaiselle hankkeelle tai investoinnille vuodesta 2017 alkaen. Biolan Oy:llä on ollut kaksi hanketta. Biolan Oy:n vuosina 2017–2019 toteutetussa hankkeessa *Maatalouden orgaanisilla sivuvirroilla kasvua – MOSKU* (2019) tavoitteena oli entistä tehokkaampi sivuvirtojen hyödyntäminen ja tuotteistaminen. Hankkeen yhteistyökumppanina toimi Luonnonvarakeskus ja se sisälsi neljä työpakettia: 1. Erilaisia kuivikkeita käyttävien tallien hevoselannan laaja hyödyntäminen 2. Broilerinlannan hyödyntäminen maataloudelle tuottavissa orgaanis-mineraalisissa lannoitteissa 3. Meri- ja järviruokomateriaalin hyödyntäminen osana Biolan Oy:n raaka-ainevalikoimaa 4. Orgaanisten materiaalien pyrolyysi ja pyrolysoitujen jakeiden (biohiilen) hyödyntäminen Biolan Oy:n lannoitteissa ja

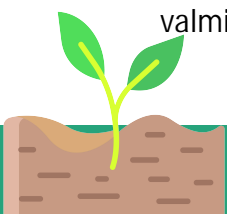


kasvualustoissa. Työpakettien 1–3 jakeita seurattiin Biolan Oy:n prosessiparametreilla ja kasvatuskokeilla käsittelyn jälkeen. Näistä jakeista tai tuoteaihoista valittiin toimivimmat tuotantoon. Työpaketissa 4 käsiteltiin pyrolysoimalla työpakettien 1–3 jakeita. Päämääränä oli löytää uusia biohiilen lähteitä Biolan Oy:n tuotteiden raaka-aineiksi. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 1 284 718 €, josta tukea myönnettiin 50 %.

Huittisissa sijaitsevan Emomylly Oy:n hankkeessa *Mädätysjäännöksen ravinteiden jatkojalostus ja tuotteistus Emomyllyn biokaasulaitokselle (RavinneEmo) (2020)* päämääränä oli laatia kattava suunnitelma lantaa prosessoivan Emomylly Oy:n biokaasulaitoksen ravinteiden kierrättämiseksi. Hankkeen budjetti oli 116 000 euroa, josta kokeiluohjelman tuen osuus on 65,9 % (76 400 €). Hankkeessa pilotoitiin luomukelpoinen, käyttäjien tarpeet huomioiva kierrätyslannoitevalmiste.

Satafood Kehittämisyhdistys ry:n hankkeessa *Sivuvirroista luomulannoite kasvihuonetuotantoon - LUOMUKAS (2019)* kokeiltiin kahta perunatärkkelyksen tuotannossa syntyvää sivumateriaalivirtaa uudenlaisen nestemäisen luomulannoitteen raaka-aineena. Piloteissa käytettiin perunan haihdutusväkevöityä solunestettä sekä proteiinin erotuksen jälkeen syntyvää väkevöityä nestefraktiota. Sivuvirtoja käsiteltiin hankkeessa märkähiiltoprosessilla (HTC, hydrothermal carbonisation). Satafoodin yhteistyöyrityksenä hankkeessa toimii Finnmylly Oy. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 40 000 euroa, johon myönnettiin tukea 70 %.

Biolan Oy:n toisessa kokeiluohjelman tukemassa hankkeessa *Turpeettomien kasvualusta- ja kuivikemateriaalien tuotantolaitos (2022)* investoitiin uudenlaiseen biomateriaalien käsittelylaitokseen, joka toimi samalla tuotantomittakaavan pilottilaitoksena. Laitoksen tavoitteena on tuottaa mm. puupohjaisista jakeista, kuivikelannasta ja mädätysjäännöksistä raaka-aineita ja lopputuotteita, joilla voidaan käytännössä korvata turvetta. Tuotevalikoimaan kuuluvat uudenlaiset kasvualusta-, maanparannus-, lannoite- ja kuiviket tuotteet. Tavoitteena oli uusien tuotteiden valmistuksen lisäksi testata samalla laitoksen skaalautuvuutta. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 5,8 miljoonaa euroa, johon ohjelmasta myönnettiin tukea 45 % (2,6 milj. euroa). Uuden Biolan Oy:n Euran biokuitulaitoksen avajaisia päästiin viettämään vuoden 2023 helmikuussa. Uudessa laitoksessa käytetään raaka-aineena metsäteollisuuden sivuvirtoja ja suobiomassaa, joista valmistetaan kasvualustoja ja kuiviketta. (STT Info 2023.)



BioJonne Oy:n hankkeessa *Biojätteen sisältämien ravinteiden kierrätys orgaaniseksi lannoitteeksi siirrettävän laitteiston avulla* (2022) kehitettiin keräyslaite, jonka avulla tehostetaan biojätteen talteenottoa ja hyötykäyttöä. Siirrettävällä keräyslaitteella biojäte murskataan ja erotellaan. Tämä biojätteen esikäsittelyprosessi mahdollistaa epäpuhtaan biojätteen prosessoinnin esimerkiksi bioreaktorissa tai kaasuntuotannossa. Esikäsittelyprosessin jälkeen biojäte on mahdollista jalostaa ravinnepitoiseksi orgaaniseksi lannoitteeksi. Hanke sisälsi pilottilaitoksen rakentamisen ja testauksen, sekä koeajot biojätteellä. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 155 000 euroa, johon kokeiluohjelmasta myönnettiin tukea 45 %. (Elinkeino-, ympäristö- ja liikennekeskus 2021.)

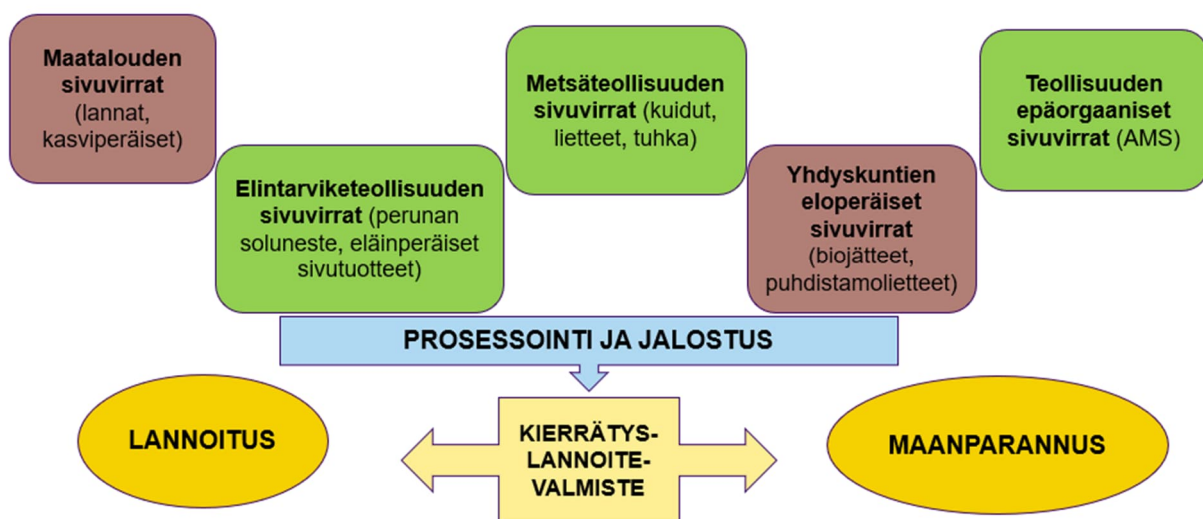
Prizztech Oy:llä on edellä mainittujen, jo päättyneiden hankkeiden lisäksi alkamassa uusi, kaksivuotinen (2022–2024) Raki-hanke, jossa kehitetään edelleen jätevesien fosforin talteenottoa ja hyödynnettävyyttä. Hankkeen tarkoituksena on kehittää kokeellisesti uusi menetelmä biologisen fosforin talteenottoon jätevesistä (BioP) ja kehittää liukoisen fosforin saostamista kasveille käyttökelpoiseksi struviitti-lannoitevalmisteeksi. Hankkeen saama tuki on 223 269 euroa ja tukiprosentti 70. (Prizztech Oy 2021.)



2. SATAKUNNAN TEOLLISUUDEN MATERIAALIEN SIVUVIRTOJEN SISÄLLÖT JA MÄÄRÄT

Tässä luvussa kartoitetaan Satakunnan alueen teollisuuden materiaalien sivuvirtoja. Mahdollisia lannoitteiden raaka-aineena ja valmistamisessa hyödynnettäviä materiaalisivuvirtoja on pohdittu ja selvitetty hanke- ja ohjausryhmän palaverissa, sekä suorien yhteydenottojen ja tiedonhaun avulla. Satakunnassa on runsaasti teollista valmistustoimintaa, joka tuottaa hyödyntämiskelpoisia sivuvirtoja. Kiertotalouden avulla sivuvirroille saadaan uutta arvoa raaka-aineina, mikä vähentää neitseellisten luonnonvarojen ja fossiilisen energian käyttöä, ja parannetaan samalla alueellista ja kansallista omavaraisuutta. Luvussa on keskitytty hyödyntämättömiin sivuvirtoihin, tai sivuvirtoihin, joissa arvioidaan olevan eniten potentiaalia lannoitevalmisteiden raaka-aineeksi.

Kuvio 1 on laadittu Luonnonvarakeskuksen (Seppänen ym. 2019) tietoja hyödyntäen. Kuten kuvioista voidaan havaita, erilaisia potentiaalisia kierrätyslannoitevalmisteiden raaka-aineiksi soveltuvia sivuvirtoja on monenlaisia. Kokonaisuuden hahmottamiseksi kuvioon on sisällytetty myös maatalouden ja yhdyskuntien eloperäiset sivuvirrat, vaikka ne eivät varsinaisia teollisuuden sivuvirtoja olekaan. Kunkin pääsivuvirran kohdalla on sulkeissa mainittu esimerkkejä kyseisistä sivuvirroista. Vaikka osa sivuvirroista on käyttökelpoisia sellaisenaan (kuten lanta), prosessoimalla ja jalostamalla sivuvirtoja niistä saadaan entistä käyttökelpoisempia ja monipuolisempia lannoitteita sekä maanparannusaineita.



Kuvio 1. Sivuvirtamateriaaleista lannoitteita ja maanparannusaineita (Seppänen ym. 2019, muok.).



2.1 Valmistava teollisuus ja elintarviketuotanto

Satakunnan vahvuus on monipuolinen elinkeinorakenne. Vahvoja toimialoja ovat muun muassa alku- ja elintarviketuotanto, metallinjalostus ja metallituotteiden valmistus, kemianteollisuus sekä metsäteollisuus. Satakunnan liikevaihto vuonna 2021 oli 15,5 miljardia euroa, josta teollisuuden osuus oli 7 miljardia euroa. Koko maahan verrattuna, Satakunnassa teollisuuden osuus liikevaihdosta oli siis hieman alle puolet, kun taas valtakunnallisesti teollisuus kattaa vain noin kolmanneksen koko liikevaihdosta. Teknologiateollisuuden liikevaihdon osuus oli Satakunnassa 4,7 miljardia euroa eli 67 prosenttia kaikesta teollisuudesta. Valmistavan teollisuuden merkittävä rooli onkin yksi Satakunnan vahvuuksista. Teknologiateollisuuden isoimpia toimialoja ovat metallien jalostus, metallituotteiden valmistus sekä koneiden ja laitteiden valmistus. Muita merkittäviä valmistavan teollisuuden aloja Satakunnassa ovat metsäteollisuus (1242 milj. euroa), elintarviketeollisuus (825 milj. euroa), ja kemianteollisuus (600 milj. euroa). (Satakuntaliitto 2022.) Alat ovat myös merkittäviä työllistäjiä Satakunnassa.

Satakunta on myös yksi Suomen merkittävimpiä ruokamaakuntia. Satakunnassa on vahvaa elintarviketuotantoa ja -jalostusta, joka on keskittynyt erityisesti maakunnan etelä- ja pohjoisosiin (taulukko 1). Vuonna 2021 elintarviketeollisuus tuotti Satakunnassa liikevaihtoa yhteensä 825 miljoonaa euroa (Vähäsantanen 2022).

Taulukko 1. Satakuntalaisia elintarviketeollisuuden yrityksiä.

Yritys	Paikkakunta	Toimiala
Apetit Ruoka Oy	Säkylä	Kasvipohjaiset elintarvikkeet
Finnamyl Oy	Kokemäki	Perunatärkkelystuotteet
HK Scan	Rauma	Siipikarjatuotteet
Honkajoki Oy	Kankaanpää	Eläinperäisten sivutuotteiden käsittely
Kivikylän Kotipalvaamo Oy	Rauma	Lihanjalostus
Landeli Group Oy Honkajoki	Kankaanpää	Lihat tuotteet
Landeli Group Oy Huittinen	Huittinen	Lihat tuotteet
Länsi-Kalkkuna Oy	Säkylä	Kalkkunatuotteet
Mykora	Eura	Herkkusienet
Saarioinen Oy	Huittinen	Elintarvikkeet
Satamaito Osk	Ulvila	Maitotuotteet
Sucros Oy	Säkylä	Sokerituotteet

Satakunta on edelläkävijämaakunta erityisesti sokerin, kasvien, viljeltyjen sienien sekä siipikarjan ja lihan tuotannossa. Maakunnan elintarvikeyrityksissä syntyy vuosittain arviolta 800 000 tonnia biosivuvirtamateriaalia. (Satakuntaliitto 2019.) Satakunnan



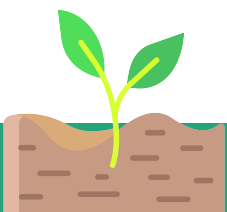
elintarviketeollisuuden sivuvirtoja on selvitetty esimerkiksi *Sivuvirrasta raaka-aineeksi: Elintarviketeollisuuden biosivuvirrat* – raportissa (Tiiri 2019). Raportissa on kartoitettu erityisesti elintarvikkeiden jalostusvaiheessa eli prosesseissa syntyviä sivuvirtoja, joita voidaan hyödyntää biokaasun tuotannon raaka-aineena.

2.2 Biokaasulaitokset



Kuva 4. Honkajoen biokaasulaitos (Gasum Oy 2023).

Biokaasulaitoksessa tuotettu biokaasu on uusiutuvaa biopolttoainetta ja sitä muodostuu erilaisten mikro-organismien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa eli anaerobisissa olosuhteissa. Biokaasuprosessi on suljettu, eli syötemateriaalien sisältämät ravinteet säilyvät prosessissa. Tyypillisiä biokaasulaitoksen syötteitä ovat esimerkiksi yhdyskuntien biojätteet, maatalouden lanta, elintarviketeollisuuden sivuvirrat ja jätevedenpuhdistamolietteet. Prosessissa syntyvä biokaasu on pääosin metaania (40–70 %). Lisäksi sivutuotteena syntyy lannoitekäyttöön soveltuvaa, ravinteita ja orgaanista ainesta sisältävää mädätysjäännöstä. Biokaasuprosessin etuna on, että se parantaa typen käyttökelpoisuutta kasveille sekä muokkaa orgaanista ainesta pysyvämpään muotoon. Mädätysjäännöstä voidaan käyttää lannoitukseen sellaisenaan tai jatkokäsitellä. Yleisimpiä tapoja jatkokäsitellä mädätysjäännös ovat separointi ja kompostointi. Separoinnissa mädätysjäännöksestä erotetaan erikseen kuivajae ja nestejae eli rejektivesi. Molemmat jakeet sopivat lannoitteiksi ja lisäksi kuivajaetta voidaan käyttää eläinten kuivikkeena. Rejektivesi on yleensä hyvin typpi- ja kaliumpitoista, minkä vuoksi se soveltuu hyvin niin maanparannusaineeksi kuin lannoitteeksi. (Ravinne- ja energiatehokas maatalo.)



Satakunnassa toimii tällä hetkellä neljä teollisen mittakaavan biokaasulaitosta (taulukko 2). Gasum Oy:llä on Satakunnassa kaksi biokaasulaitosta, kuvassa neljä näkyvä laitos Honkajoella ja toinen Huittisissa. Kirkkokallion ekopuiston alueella sijaitseva Honkajoen biokaasulaitos käsittelee elintarviketeollisuuden sivuvirtoja ja biojätettä. Huittisten biokaasulaitoksella käsitellään useamman kunnan puhdistamolietteitä, paikallisten sikaloiden lietteitä sekä elintarviketeollisuuden lietemäisiä sivuvirtoja. Molempien biokaasulaitosten jätteenkäsittelykapasiteetti on 60 000 tonnia vuodessa ja kaasuntuottokapasiteetti 35 GWh per vuosi. (Gasum Oy 2023.) Mädätysjäännöstä syntyy molemmissa laitoksissa 60 000 tonnia vuodessa. Honkajoen biokaasu myydään sen lähellä sijaitsevalle energiayhtiölle ja siitä valmistetaan sähköä, lämpöä ja prosessihöyryä tuotantoon. Huittisten laitoksen biokaasua käytetään esimerkiksi lähellä sijaitsevan teollisuuslaitoksen prosesseissa sekä liikennepolttoaineen jalostamiseen. Laitoksilla syntyvä mädätysjäännös käytetään lannoitteena maataloudessa. (Gasum Oy 2023.)

Taulukko 2. Biokaasulaitoksia Satakunnassa.

Laitos	Paikkakunta	Kapasiteetti (t/a)	Tuotto (GWh)	Mädätysjäännös (t/a)	Typpi (t/a)	Fosfori (t/a)
Gasum	Honkajoki	60 000	35	60 000	300	120
Gasum	Huittinen	60 000	35	60 000	300	120
Envor	Pori	24 000	12	12 000	43	16
VSS Biopower	Säkylä	20 000	20	17 000	123	24

Envor Pori Oy:n biokaasulaitos on otettu käyttöön syksyllä 2021. Syötteenä laitos käyttää Porin Veden Luotsinmäen jätevedenpuhdistamon lietettä, jota se pystyy ottamaan vastaan 24 000 tonnia vuosittain. Laitos tuottaa energiaa vuosittain noin 12 000 MWh. Kun Envor Pori Oy:n ja Osuuskunta Satamaidon yhteistyö saadaan konkreettisesti käyntiin, energiamäärästä toimitetaan jatkossa noin puolet Satamaidon käyttöön nestekaasua korvaamaan ja puolet liikennepolttoaineeksi. Satamaidon jätevedet vastaavasti toimitetaan käsiteltäväksi Envorille. Biokaasun valmistusprosessin sivutuotteena syntyy linkokuivattua mädätysjäännöstä 12 000 tonnia vuosittain. Mädätysjäännöstä voidaan käyttää kierrätyslannoitteiden raaka-aineina, korvaamaan mineraalilannoitteiden fosforia sekä osa tpestä ja kaliumista. Envor Pori Oy:n kierrätyslannoitteita on käytetty lähimaatiloilla, ja jatkossa todennäköisesti myös Satamaidon sopimustiloilla. Envorilla on biokaasulaitos myös Forssassa ja kolmas suunnitteilla Paimioon. Forssan biokaasulaitoksen ravinnetuotteita on käytetty Forssan seudulla maanviljelyssä jo



vuosia. Näitä kokemuksia hyödynnetään Porin biokaasulaitoksella ja paikallisia viljelijöitä on informoitu peltoravinteiden hyödyistä ja saatavuudesta. (Envor Group 2022.)

VSS Biopower Oy on vuonna 2016 perustettu Säkylässä sijaitseva monituotebiojalostamo. Jalostamon syötteinä käytetään maatalouden ja teollisuuden biojakeita 20 000 tonnia vuosittain, ja sen kaasuntuotantokapasiteetti on n. 20 000 MWh per vuosi. Syötteinä käytetään muuan muassa alueen elintarviketeollisuuden sivutuotteita. Yhtiön päätuote on biokaasu. Kaasun lisäksi tuotantoprosessissa erotellaan myös biodieselin raaka-aineeksi soveltuvat rasvat, joista voidaan valmistaa liikennekäyttöön soveltuvaa biodieseliä. Biokaasuprosessin sivutuotteena syntyy kuiva-ainetta ja nestemäistä lietettä, joita käytetään lannoitustuotteiden ja maanparannusaineiden raaka-aineina. Jalostamon tuottama biokaasu on tähän asti jalostettu liikennepolttoaineeksi, mutta jatkossa kaasua tarjotaan myös lähialueen teollisuudelle ja kotitalouksille lämmityskäyttöön. Apetit on yksi VSS Biopowerin asiakkaista, joka käyttää biokaasua jatkossa tuotannossa tarvittavan höyryn valmistamiseen. Biopower taas hyödyntää tuotannossaan Apetitin satokausituotannon sivuvirtoja. Biojalostamon tuotantomenetelmänä käytetään jatkuvatoimista kuivamädätystä, mikä on märkämädätystä energiatehokkaampaa. (VSS Biopower Oy 2023.)

Satakunnassa on lisäksi suunnitteilla eri mittakaavan biokaasulaitoksia esimerkiksi Harjavaltaan ja Euran Paneliaan. Harjavaltaisena SATbioGAS Oy:n tarkoituksena on rakentaa kuivamädätyksellä toimiva biokaasulaitoksen ja pellettitehtaan yhdistelmä. Laitoksesta saatavat lopputuotteet ovat biokaasu, ydinpuupelletit sekä orgaaninen kierrätyslannoitevalmiste. (SATbioGAS Oy 2018.) Panelian laitoksessa on tarkoituksena käyttää syötteinä lähialueiden sikojen liete- ja kuivalantaa, siipikarjan lantaa sekä vihermassaa, kuten nurmirehua. Laitoksen jätteenkäsittelykapasiteetti on 19 500 tonnia vuodessa ja (laskennallinen) kaasuntuotantokapasiteetti n. 10 000 MWh/vuosi. Syntyvä mädätysjännös käytetään peltolevitykseen. (Ympäristölupa 2019.)

2.3 Muut teollisuuden sivuvirrat

Muita lannoitevalmisteiden raaka-aineiksi soveltuvia teollisuuden materiaalisivuvirtoja sekä niiden sisältöjä ja määriä on koottu taulukkoon kolme.



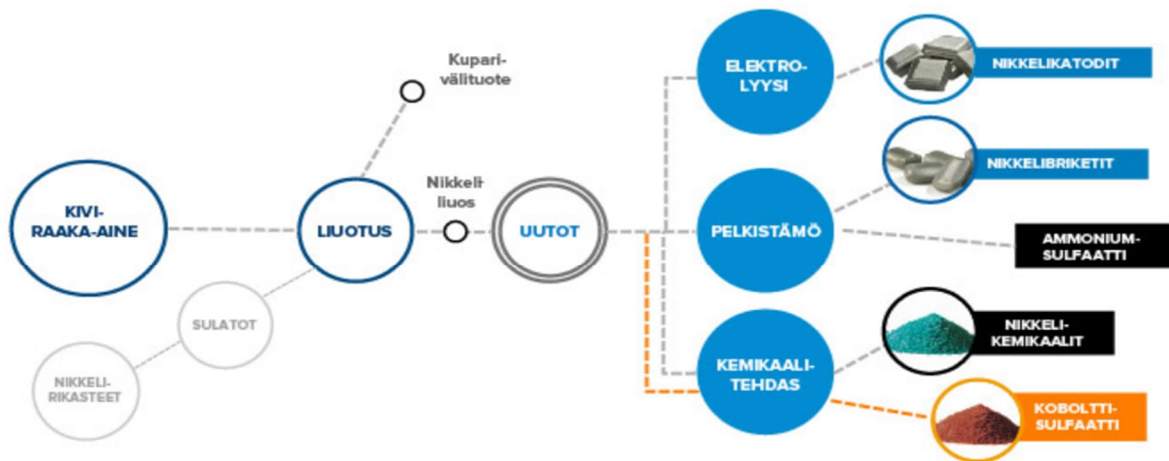
Taulukko 3. Potentiaalisia teollisuuden sivuvirtoja Satakunnassa.

Yritys	Päätuotteet	Sivuvirta	Määrä (t/a)	Ravinteet
Boliden Harjavalta	Kupari, nikkeli, kulta ja hopea	Rikkihappo (H ₂ SO ₄)	715 000	Fosforin valmistus
Norilsk Nickel Harjavalta Oy	Nikkelijalosteet	Ammoniumsulfaatti (NH ₄) ₂ SO ₄	100 000	Typpi (N), rikki (S)
Pori Energia Oy, Aittaluodon voimalaitos	Kaukolämpö, sähkö, prosessihöyry	Tuhka	4 000	Mm. Kalium (K), fosfori (P)
Rauman Biovoimalaitos	Kaukolämpö, sähkö, prosessihöyry	Tuhka	10 200	Mm. Kalium (K), fosfori (P)
Vanadium Recovery Project Oy, Tahkoluoto, Pori (v. 2024)	Vanadiinipentoksidi (metalliseosten valmistus, akkuteollisuus, kemikaalien tuotanto)	Natriumsulfaatti Na ₂ SO ₄	30 000	Rikki (S)

Boliden Harjavaltaan kuuluvat kupari- ja nikkelisulatto, kuonarikastamo ja bolidetehtaat Harjavallassa sekä Porissa sijaitseva kuparielektrolyysi. Tuotannossa käytettävät raaka-aineet ovat kierrätysmetalleja ja rikasteita, jotka ovat peräisin Bolidenin omilta kaivoksilta sekä ulkopuolisilta kaivoksilta. Tuotantolaitoksen päätuotteita ovat kupari, nikkeli, hopea ja kulta. Tuotantoprosessissa syntyy lisäksi rikkiä sisältäviä kaasuja, joista valmistetaan sivutuotteina rikkihappoa ja nestemäistä rikkidioksidia. (Boliden Group 2023.) Rikkihappo myydään tällä hetkellä pääasiassa suomalaiselle kemianteollisuudelle, jossa sitä käytetään muun muassa sellun valkaisuun ja lannoitteiden valmistukseen (Turun Sanomat 2019).

Norilsk Nickel Harjavalta (lyhenne NNH, myös Norinickel) on osa globaalia Norilsk Nickel -konsernia. Tehtaan tuotanto on Harjavallassa alkanut vuonna 1960. NNH valmistaa erilaisia nikkelijalosteita eri prosessin vaiheissa (kuva 5). Tehdas koostuu neljästä osastosta, jotka ovat liuottamo, uutto-pelkistäjä, elektrolyysi ja kemikaalitehdas. Nikkelin vetypelkistysprosessissa tuotetaan nikkelipulveria ja -brikettiä. Prosessin sivutuotteena syntyy ammoniumsulfaattia. Ammoniumsulfaattia käytetään kiteytettynä vetypelkistyksessä tarvittavan syöttöliuoksen valmistukseen ja sitä voidaan käyttää kuivattuna lannoitteiden raaka-aineena. (Norilsk Nickel Harjavalta Oy 2023.)

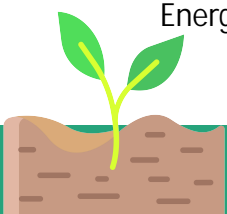




Kuva 5. Prosessikuvaus Norilsk Nickel Harjavalta (Norilsk Nickel Harjavalta Oy 2023).

Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitos sijaitsee Porissa Aittaluodon teollisuusalueella ja tuottaa Pori Energia Oy:n asiakkaille kaukolämpöä, prosessihöyryä ja -lämpöä sekä sähköä (Pori Energia Oy 2023). Aittaluodon voimalaitoksella lähes kaikki käytettävästä polttoaineesta on puupohjaista (puupuru ja -kuori, hakkuutähde). Puupolttoainetta käytetään vuodessa 265 000 tonnia. Poltosta syntyy tuhkaa noin 4000 tonnia vuosittain ja sitä on käytetty muun muassa kaatopaikkarakentamisessa. Pori Energialta saatujen tietojen mukaan Aittaluodon tuhkien laajempaa hyödyntämistä on pohdittu ja tuhkatestaus on parhaillaan meneillä. Porin Prosessivoima Oy:n Kaanaan voimalaitos on Pori Energian operoima yhteistuotantolaitos. Voimalaitoksen polttoaineena käytetään puun lisäksi teollisuuden jätteistä jalostettua kierrätyspolttoainetta (Solid Recovered Fuel, SRF), eikä sen tuhka ole Pori Energialta saatujen tietojen mukaan käytettävissä lannoitteena tai sen raaka-aineena. (Sähköposti 9.12.2022.)

Rauman Biovoima on yhteistuotantovoimalaitos, joka toimittaa lämpöä ja sähköä UPM:n Rauman paperitehtaalle ja Rauman Energialle. Rauman Biovoiman omistavat Pohjolan Voima Oy (72 %) ja Rauman Energia (28 %). Rauman Biovoimassa käytettävistä polttoaineista 76 prosenttia on biopolttoaineita (puun kuori, metsätähde ja teollisuuden puutähde). Lisäksi voimalaitoksella käytetään kierrätyspolttoaineita sekä vähäisissä määrin öljyä ja hiiltä tuki- ja huoltovarmuuspolttoaineina. Voimalaitoksella syntyi vuonna 2021 tuhkaa yhteensä n. 11 700 tonnia, josta lentotuhkaa on 10 666 tonnia ja pohjatuhkaa 1140 tonnia. Tuhka käytetään nykyisin voimalaitoksen läheisyydessä sijaitsevan varastokentän rakentamisessa. (Rauman Energian vuosikertomus ja yhteiskuntavastuu 2022.) Kuten tuhkalannoitusta käsittelevässä



luvussa 1.4.1.2 todettiin, puutuhka sisältää paljon mm. fosforia ja kaliumia, ja soveltuu tämän vuoksi erityisesti ojitettujen turvemaiden lannoittamiseen.

Poriin Tahkoluodon satama-alueelle rakentuu Vanadium Recovery Project Oy:n vanadiinin talteenottolaitos. Laitoksen tarkoituksena on vanadiinipentoksidin valmistaminen Euroopan teollisuuden tarpeisiin hyödyntämällä terästeollisuuden kuonaa. Terästeollisuuden kuonaa käyttämällä pystytään välttämään neitseellisen vanadiinipitoisen malmin louhiminen. Terästeollisuuden sivutuotekuonaa käytetään laitoksella maksimissaan 300 000 kuivatonna vuodessa. Prosessin päätuote on erittäin korkean puhtausasteen vanadiinipentoksidikemikaalit tai -hiutaleet, joita tuotetaan korkeintaan 9000 tonnia vuodessa. Vanadiinia käytetään muun muassa akuissa. Prosessin sivutuotteina syntyy kalsiumkarbonaattipitoista kuonaa (SSM) 415 000 tonnia vuodessa ja natriumsulfaattia 30 000 tonnia vuodessa. SSM-materiaali (SSM=stabilized slag material) on tarkoitus rekisteröidä sivutuotteeksi REACH-asetuksen mukaisesti. Laitos hyödyntää toiminnassaan myös teollisuudesta talteen otettua hiilidioksidia (CO₂). Tavoitteena on, että laitoksen tuotanto voidaan aloittaa Porissa vuoden 2024 loppupuolella. (Aluehallintovirasto 2022; Ympäristölupa 2022.)

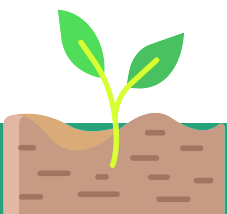
Fortumin Meri-Porin kivihillivoimalaitos (565 MW) sijaitsee Porin Tahkoluodossa. Voimalaitos on otettu käyttöön vuonna 1994 ja se on toiminut viime vuosina sähköntuotannon tehoreservinä. Laitos otettiin tehoreservistä käyttöön talvella 2022–2023. Syynä tähän oli sähkön voimakas hinnannousu ja sähköpulaan varautuminen. Kivihiilen poltto on loppumassa Suomessa viimeistään v. 2029. (Fortum 2023.) Tämä tarkoittaa, että vaikka kivihillivoimalaitoksen tuhka olisikin käyttökelpoista lannoitteeksi, sivuvirtamateriaalia ei vuosikymmenen vaihteen jälkeen ole enää saatavissa. Satakunnassa on lisäksi useita pienemmän mittakaavan lämpölaitoksia, kuten Luvialla, Eurajoella ja Harjavallassa toimivat Sataenergian hakelämpölaitokset, jotka myös rajautuvat tämän hankkeen ulkopuolelle.

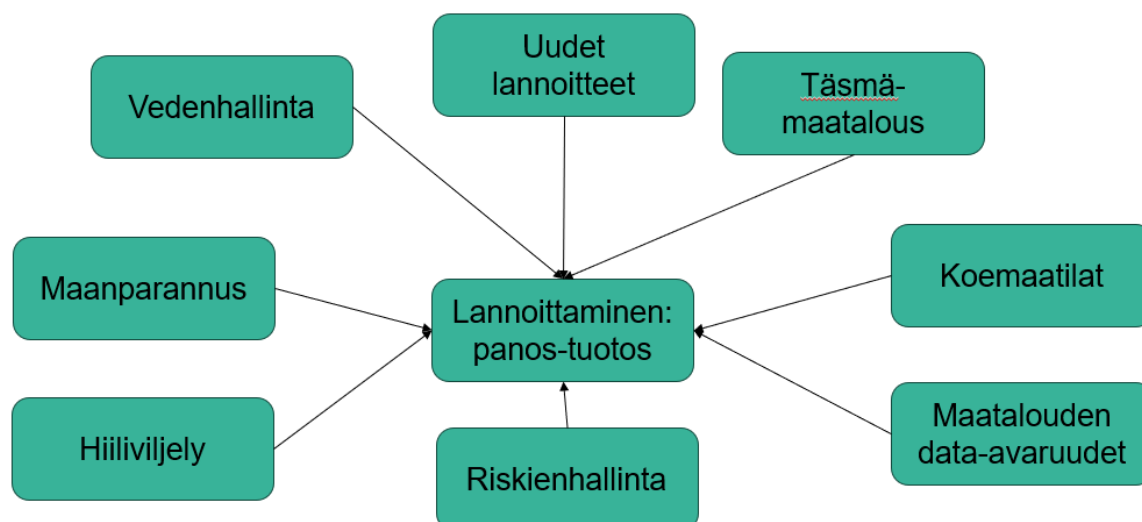


3. SATAKUNNAN MALLI LANNOITTAMISEN VAIHTOEHTOISILLE KEINOILLE

Riittäväällä ja tasapainoisella lannoituksella varmistetaan viljelykasvien hyvä sato ja laatu. Viljelykasvien ravinteiden tarve on erilainen eri kasveilla, samoin kun kasvien muiden kasvutekijöiden kuten valon, lämmön, veden, hiilidioksidin ja kasvutilan tarve. Kasvien kykyyn hyödyntää ja käyttää ravinteita vaikuttavat lisäksi ravinteiden lannoittamisen ajoitus, maaperän koostumus ja kunto sekä millaisessa muodossa ravinteet ovat. Tässä luvussa kuvataan Satakuntaan soveltuva lannoittamisen malli ja siihen vaikuttavat tekijät. Mallin kehittämisessä on keskitytty eritoten teknologian ja datan mahdollistamiin asioihin. Historiallisesti katsottuna lannoittamisen malli on parhaillaan muuttumassa hyvin voimakkaasti. Kemiallisilla lannoitteilla on Suomessa noin sadan vuoden historia. Erityisesti viime vuosikymmenten aikana Suomen maatalouden kehitys on hyvin pitkälti nojautunut niihin. Toinen merkittävä satoa lisännyt tekijä on ollut panostus peltojen kuivattamiseen salaajitusten avulla. Nyt olemme taas uudenaikaisessa murroksessa, sillä muun muassa maailman tapahtumat ja kriisit vaikuttavat monella eri tapaa maatalojen arkeen ja liiketoimintaan sekä kiertotalouteen. Lisäksi eri toimijoilta saataviin sivuvirtoihin pohjautuvat lannoitteet lisääntyvät.

Satakunnan lannoittamisen malli (kuvio 2) sisältää useita eri komponentteja, joita avataan tarkemmin kussakin alaluvussa ja perustellaan niiden esiin tuomista. Mallin tarkoitus on tuoda esiin teknologiaan ja dataan pohjautuvia uudenaikaisia näkymiä lannoittamisen toteuttamiseen. Mallissa painottuu teknologianäkökulma, joten mallista voi puuttua komponentteja esimerkiksi kasvi- ja maaperätieteen näkökulmasta katsottuna.





Kuvio 2. Satakunnan lannoittamisen malli

Satakunnan lannoittamisen mallissa korostuu viljelijän tarvitsema tietotarve lannoittamisen suunnittelemiseen ja toteuttamiseen. Komponenttien suuren määrän takia tarvitaan jatkossa yhä edistysellisempiä mallinnustyökaluja, joilla hallitaan ja suodatetaan viljelijälle olennainen päätöksentekoon tarvitsema data.

3.1 Uudet lannoitteet

Edellisessä luvussa esiteltiin Satakunnan teollisuuden eri toimijoiden sivuvirtamateriaaleja ja niiden määriä. Satakunnassa on edelleen paljon potentiaalisia sivuvirtoja, joita voitaisiin jalostaa eteenpäin lannoitevalmisteiksi. Tuhka on erittäin vähän hyödynnetty raaka-aine, vaikka sitä syntyy määrällisesti paljon. Yhdyskuntalietteet sisältävät paljon ravinteita, mutta niiden osalta tarvitaan vielä lisää tutkimusta ja testausta, jotta lietteessä olevat haitta-aineet saadaan todennettua ja poistettua turvallisesti. Ammoniumsulfaattia syntyy isoja määriä, mutta myös sen osalta tarvitaan vielä tutkimustyötä, jotta ammoniumsulfaatin joukossa olevat haitalliset ainesosat saadaan eroteltua ja poistettua. Kipsiä on käytetty yleisesti myös Satakunnan pelloilla. Haasteena on jatkossa hyödyntää eritoten lähialueilla syntyvää kipsijätettä, kuten rakennusteollisuuden purkukipsiä, tuotteistamalla sitä maanparannusaineeksi. Satakunnan monipuolisen toimialakentän avulla maakuntaa pystytään kehittämään entistä omavaraisemmaksi, jotta maailman myllerrykset vaikuttaisivat yhä vähemmän satakuntalaisiin ja paikallisten maatalojen taloudellisiin riskeihin.



3.2 Sivuvirtojen hyödyntämisen tekniikat

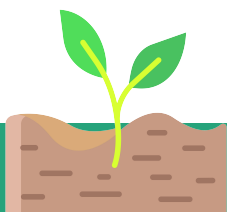
Teollisuuden sivuvirrat voivat olla monenlaisia, kuten orgaanista ainesta, kivennäisaineita tai muita teollisuusprosesseista syntyviä materiaaleja. Sivuvirrat vaativat usein erilaisia toimenpiteitä, jotta ne olisivat maatalouden käytettävissä. Alle on listattu erilaisia tapoja, joilla teollisuuden sivuvirtoja voidaan hyödyntää maataloudessa:

1. Suora hyödyntäminen: Joitakin sivuvirtoja voidaan käyttää sellaisenaan ilman suuria muutoksia. Esimerkiksi sellu- ja paperiteollisuuden liete voi toimia lannoitteena tai maanparannusaineena joillekin maalajeille.
2. Imeyttäminen toiseen aineeseen: Tietyt sivuvirrat voivat toimia imeytysaineina, jotka parantavat maaperän vedenpidätyskykyä. Tämä voi olla erityisen hyödyllistä kuivilla alueilla.
3. Sekoittaminen toiseen aineeseen: Sekoittamalla sivuvirtoja toisiin aineisiin, kuten kompostiin, voidaan luoda tasapainoisia ja rikastettuja lannoitteita.
4. Rakeistaminen: Rakeistamalla sivuvirtoja ne voidaan muuttaa helpommin levitettävään muotoon. Rakeinen muoto helpottaa usein tuotteen varastointia, kuljetusta ja levitystä.
5. Erottelu: Joissakin tapauksissa sivuvirtojen erottelu voi olla tarpeen, jotta saadaan esiin hyödyllisiä aineosia. Esimerkiksi monista prosessivesistä voidaan erottaa mineraaleja tai muita ravinteita, jotka ovat hyödyllisiä maataloudelle.

Hyödyntämällä teollisuuden sivuvirtoja maataloudessa voidaan saavuttaa useita etuja. Sivuvirtoja hyödyntämällä voidaan esimerkiksi saada kustannussäästöjä, parantaa resurssitehokkuutta ja vähentää ympäristön pilaantumista.

3.3 Koemaatila ja Living Lab

Satakunnan lannoitusmallin toteuttaminen edellyttäisi useampia koemaatiloja, joissa voitaisiin keskittyä lannoitteiden pitkäjänteiseen kehittämiseen. Tällä hetkellä Satakunnassa on tiedossa vain yksi koemaatila, eikä alueelle ole luokiteltu muita 'Living Lab' -tyyppisiä maatiloja. Tämä on selkeä kehityskohta Satakunnan kannalta. Koemaatilat tarjoaisivat



mahdollisuuden uusien teknologioiden kehittämiseen ja testaukseen, ja voisivat houkuttaa innovaatioita myös kansainvälisesti. Järjestelyt vaativat kuitenkin selkeän, maatalouden reiluun datatalouteen liittyvän toteutuksen. Reilua maatalouden datataloutta on kehitetty muun muassa IFDEA-hankkeessa. Meneillään oleva LivingLab Data -hanke kehittää Living Lab -maatilaverkostojen vahvistumista Suomessa korostaen tiedon ja datanvälitystä. Valtakunnallisen datan saaminen eri puolilta Suomea vahvistaisi eri tutkimusten validointia määrällisesti ja laadullisesti.

3.4 Riskienhallinta

Koronaepidemia on korostanut paikallisesti tuotettujen lannoitteiden ja alueellisen maataloustuotannon tärkeyttä. Vaikka Satakunnassa lähialueiden raaka-aineista tuotettujen lannoitteiden tuotanto ja niiden korkea jalostusaste ovat merkittävä alueellinen voimavara, on myös satakuntalainen lannoitteiden tuotanto riippuvainen osittain ulkomailta tuoduista raaka-aineista. Koronaepidemian aikana olemme siirtyneet aikakauteen, jossa meidän on tunnistettava uusia tapoja varautua odottamattomiin haasteisiin.

Maatalouden riskit voidaan jakaa neljään eri pääluokkaan: markkina-, finanssi-, instituutio- ja tuotannolliset riskit. Markkinariskit liittyvät hintojen, kysynnän ja tarjonnan heilahteluihin. Lannoittamisen osalta tämä voi tarkoittaa esimerkiksi lannoitteiden hintavaihteluita globaaleilla markkinoilla tai paikallisen kysynnän muutoksia lannoitteille. Tämä voi vaikuttaa maatalouden kannattavuuteen, jos lannoitteiden hinnat nousevat äkillisesti tai jos lannoitteita ei ole saatavilla tarvittavana ajankohtana. Finanssiriskit liittyvät maatalouden rahoituksen saatavuuteen ja ehtoihin. Lannoittamisessa tämä voi liittyä esimerkiksi investoinneissa uusiin lannoitustekniikoihin tai lannoitevarastojen ylläpitoon. Jos tilalla on rahoitusvaikeuksia, lannoitteiden hankkiminen ja käyttäminen voi olla haastavaa. Instituutoriskit liittyvät lainsäädäntöön, politiikkaan ja hallinnollisiin päätöksiin. Lannoitteen käytölle voi olla tiukkoja ympäristöstandardeja tai säädöksiä, jotka rajoittavat tiettyjen lannoitteiden käyttöä tai määrittävät lannoitteen levityksen aikatauluja. Tämä voi vaikuttaa lannoitteen käytön tehokkuuteen ja kustannuksiin. Tuotannolliset riskit liittyvät itse maataloustuotantoon ja sen eri tekijöihin. Lannoittamisen näkökulmasta tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sääolosuhteiden vaikutusta lannoittamisen tehokkuuteen, lannoitteiden



varastointiin liittyviä ongelmia tai tuholaisien ja tautien vaikutusta lannoitettuihin kasveihin. Näitä elintarvikeketjuun liittyviä riskejä on tutkittu muun muassa eKetju-hankkeessa.

3.5 Maatalouden data-avaruudet

Gaia-X ja IDSA (International Data Spaces Association) ovat keskeisiä aloitteita, jotka pyrkivät luomaan eurooppalaisen standardin data-avaruuden hallinnalle ja jakamiselle, mukaan lukien maatalouden datalle. Niiden tavoitteena on edistää luotettavaa ja suvereenia datan jakamista, mikä on kriittisen tärkeää maatalouden kaltaisilla sektoreilla.

Data-avaruudet mahdollistavat sen, että maanviljelijät ja teollisuus voivat luottaa siihen, että heidän dataansa käytetään eettisesti ja vastuullisesti. Data-avaruudet vaikuttavat datan standardointiin, joka tekee uusien sivuvirtapohjaisten lannoitteiden kehittämisestä ja testaamisesta tehokkaampaa, koska tiedon kerääminen ja analysointi eri lähteistä on helpompaa. Data-avaruuksien avulla, maatalouden toimijat, teollisuus ja tutkimuslaitokset voivat yhdessä osallistua datan jakamiseen ja analysointiin, mikä mahdollistaa entistä kattavamman ymmärryksen lannoitustarpeista ja teollisuuden sivuvirtojen potentiaalista.

Data-avaruudet mahdollistavat uusien liiketoimintamallien ja innovaatioiden kehittämisen sivuvirtojen kehittämiselle. Esimerkiksi, kun lannoitteen valmistajat ja maanviljelijät pystyvät jakamaan ja analysoimaan dataa tehokkaammin, se voi johtaa uusien lannoitustuotteiden kehittämiseen tai uudenlaisiin viljelykäytäntöihin, jotka perustuvat reaaliaikaiseen ja tarkkaan tietoon maaperän tilasta. Näin voidaan edistää entisestään teollisuuden sivuvirtojen tehokasta ja kestävä hyödyntämistä lannoitteiden kehittämisessä.

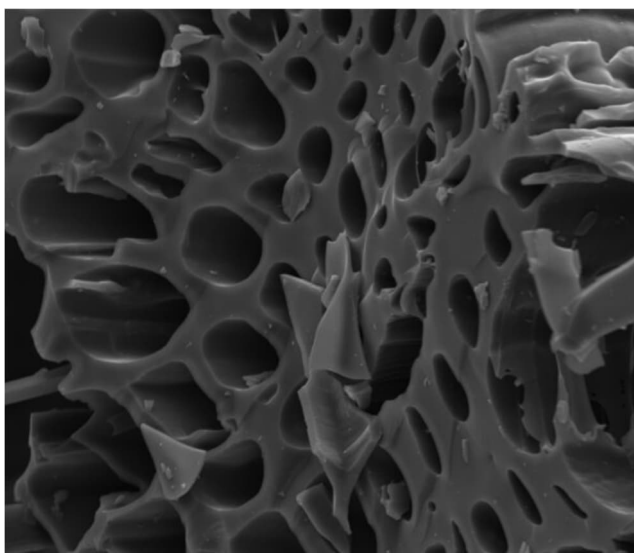
3.6 Maanparannus

Hankesuunnitelman mukaisesti tässä raportissa keskitytään kahteen potentiaaliseen maanparannusaineeseen, biohiileen ja kipsiin. Hyväkuntoinen maaperä pidättää ravinteet pellossa kasvien saatavilla. Samalla se sitoo hiiltä ja parantaa monimuotoisuutta. (Kankaanrinta 2019.)



3.6.1 Biohiili

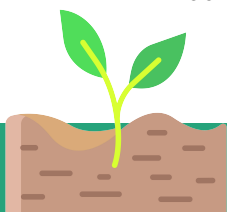
Biohiili (engl. biocarbon, biochar) on kasvibiomassoista pyrolyysissä valmistettua hiilipitoista ja huokoista materiaalia. Pyrolyysi eli kuivatisslaus on kemiallinen reaktio, jossa orgaanisia, kiinteitä aineita hajotetaan korkeassa lämpötilassa ja hapettomissa olosuhteissa. Prosessissa biomassa hiiltyy, mutta ei pala. Lopputuote on 80–90 prosenttisesti puhdasta hiiltä. Biohiilen tuotannossa syntyy sivutuotteina hukkalämpöä sekä pyrolyysiöljyä ja –kaasuja, joita hyödynnetään muun muassa polttoaineena. Biohiilen avulla voidaan kustannustehokkaasti varastoida hiiltä pitkäksi aikaa maaperään. Maaperässä biohiili lisää biomassan tuotantoa erityisesti huonosti tuottavilla pelloilla, jolloin myös maaperän hiilensidonta parantuu. (Bioenergia ry 2022.)



Kuva 6. Preseco Oy:n kuusibiohiilen rakenne mikrometriä tarkkuudella, kuva Ilya Belevich, Helsingin yliopisto, (muok.) (Bioenergia ry 2022).

Biohiili muistuttaa ulkonäöltään tavallista puuhiiltä, jota käytetään esimerkiksi grillihiilenä. Biohiili on rakenteeltaan hyvin huokoinen (kuva 6). Huokoisen rakenteensa ansiosta biohiili pystyy sitomaan itseensä tehokkaasti ravinteita ja vettä. Biohiilen lisääminen maaperään vilkastuttaa myös maan mikrobitoimintaa edesauttaen näin kasvien kasvua. Biohiili säilyy maaperässä lähes pysyvästi, sillä se on rakenteeltaan hyvin kestävä. Biohiilen ominaisuuksiin vaikuttavat käytetty raaka-aine, pyrolyysin lämpötila ja kesto sekä hiilen jälkikäsittely. (Bioenergia ry 2022.)

Biohiilellä on korkea hiilensidontapotentiaali, mikä tekee siitä erinomaisen maanparannusaineen. Sen lisäksi, että biohiili toimii hiilivarastona itsessään, kun sen raaka-

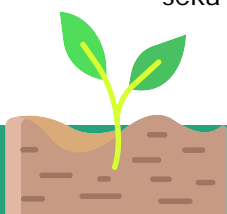


aineena käytetyn biomassan hiiltä on varastoitunut siihen, biohiili myös parantaa maaperän kykyä sitoa tehokkaammin hiiltä. Biohiili on materiaalina hyvin monipuolinen ja sitä voidaan hyödyntää lannoitevalmistekäytön lisäksi muun muassa kasvualustoissa, suodatuskäytössä puhdistamaan esimerkiksi maatalouden ravinnepitoisia vesiä tai hulevesiä, tai sisäilman puhdistamiseen. (Bio)hiiltä käytetään edellä mainittujen kohteiden lisäksi muun muassa maaleissa, lääketieteellisyydessä, kosmetiikassa ja akkujen raaka-aineena. (Bioenergia ry 2022.)

Pyrolyysissä tai kaasutuksessa muodostuvat materiaalit eli biohiili kuuluvat EU:n lannoitevalmisteiden ainesosaluokkaan 14 (CMC 14). Biohiilelle on olemassa vapaaehtoisia sertifiointiohjelmia, kuten Eurooppalainen Biohiilisertifikaatti (EBC) ja kansainvälinen International Biochar Initiativen (IBI) sertifiointiohjelma. EBC-sertifiointiohjelmassa biohiilet on jaettu kuuteen eri luokkaan käyttökohteiden mukaan. Omat luokkansa kriteereineen on muun muassa rehun lisäaineena käytettävälle biohiilelle (EBC-Feed), maanparannukseen käytettävälle biohiilelle (EBC-Agro) ja rakennusmateriaalina käytettävälle biohiilelle (EBC-ConsumerMaterials). IBI-sertifiointiohjelma kattaa ainoastaan maaperäkäyttöön tarkoitettua biohiilen. Sertifiointiohjelmissa on biohiilen valmistukselle ja raaka-aineen tuotannolle tiettyjä kriteerejä kestävyydelle, jotka voivat vaihdella eri sertifikaateissa. Nämä kriteerit koskevat esimerkiksi puubiomassan kasvatusta kestävästi, pyrolyysikaasujen ja -öljyn talteenottoa (EBC 50 %) ja lämmön talteenottoa pyrolyysissä. Eri sertifiointiohjelmat tarjoavat lisäksi menetelmiä biohiilipohjaisten hiilinielujen sertifiointimiseksi. (Bioenergia ry 2022.) Toistaiseksi yksi merkittävimmistä esteistä biohiilituotannon kasvamiselle on se, että biohiilen tuotanto on kallista.

Suomalaisia biohiiliyrityksiä ovat muun muassa Carbofex Oy, Carbons Finland Oy, WoodGrow Oy sekä Oy BioSorbio Ltd. Carbofex Oy on nokialainen biohiiliyritys. Sen biohiili on EBC-sertifioitua ja valmistettu sertifioidusta raaka-aineesta. Carbofexillä on ollut demolaitos toiminnassa vuodesta 2017. Laitoksella pystytään valmistamaan 1000 tonnia biohiiltä ja 600 tonnia pyrolyysiöljyä vuodessa. Samalla syntyy jopa 8000 MWh energiaa kunnalliseen lämpöverkkoon. (Carbofex Oy 2023.)

Carbons Finland Oy (myös Carbons Oy) on perustettu v. 2014 ja se kehittää biohiilestä ekologisia ratkaisuja muun muassa ravinteiden kierrätykseen, kasvualustoihin ja hulevesien sekä suoto- ja valumavesien käsittelyyn. Yritys on osallistunut myös Ravinteiden kierrätyksen



kokeiluohjelmaan. Osana tutkimustoimintaansa Carbons Finland Oy jatkojalostaa biohiiliä funktionaaliseksi hiiliksi: Päämääränä on luoda korkean jalostusasteen GreenTech-biohiilituotteita. Yritys on ollut mukana monissa kansallisissa ja kansainvälisissä pajututkimuksissa. Aikaisemmin yritys tunnettiin nimellä Pajupojat Oy – Willow Partners. (Carbons Finland Oy 2023.)

WoodGrow Oy on suomalainen biohiiliyritys, joka myy puiden taimille tarkoitettua lannoitettua biohiiltä. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Jarmo Pudas. Pudas on itse ollut kehittämässä tekniikkaa, jossa ravinteet ja vesi imeytetään biohiileen, ja ravinteet vapautuvat hiilestä hitaasti, vähintään viiden vuoden ajan. Lataamistekniikalle ollaan hakemassa patenttia. Ravinteilla ja vedellä ladatulla biohiilestä on Pudaksen mukaan hyötyä erityisesti kuivuudesta kärsivälle maaperälle. WoodGrow Oy:n biohiiltä on saatavilla myös luomuravinteilla ladattuna. (WoodGrow Oy 2023; Pilkama 2023.)

Oy BioSorbio Ltd on vuonna 2018 perustettu seinäjokelainen ympäristöalan yritys. Sen päätuotteita ovat imeytysaineet (OilSorbio), kasvualustat sekä levän ja ravinteiden poistoon tarkoitettut BioRaiser Algae Collector -tuotteet. Levän ja ravinteiden poistoon käytettävät Algae Collector -tuotteet ovat hiilipohjaista polymeerirouhetta. Tuote pystyy sitomaan nestettä lähes oman tilavuutensa verran. Se on kehitetty vähentämään maatalouden ympäristölle aiheuttamaa kuormitusta ja rehevöitymistä. Tuote sitoo vesistöön huuhtoutuneet ravinteet ja levät itseensä, minkä jälkeen ne voidaan siirtää takaisin pelloille ravinteiksi, tai uusiokäyttää kasvu- ja ravinnealustoina. (BioRaiser. Algae Collector.)

Biohiilituotteilla voidaan myös tehostaa esimerkiksi lietalannan hyödyntämistä. Sitomalla lietalantaa ja sen ravinteita paikalleen, kasvit saavat lisää aikaa ravinteiden hyödyntämiseen. BioRaiserin kylvöalustat parantavat kasvua myös alueilla, joilla on alhaiset ravinnepitoisuudet ja jotka ovat alttiita eroosiolle. BioSorbio onkin ollut mukana esimerkiksi Lusakassa, Sambiassa, jossa se on tuottanut lannoitteita paikan päällä siirrettävässä tuotantolaitoksessa. (BioSorbio 2022.) Teollisuuskontissa sijaitseva tuotantolaitos mahdollistaa helpon ja nopean liikuteltavuuden, pienentäen samalla tuotteen hiilijalanjälkeä huomattavasti. Tuotantoteho on 240–300 kuutiometriä valmista tuotetta 8 tunnissa. Ilmastonmuutoksen mukanaan tuomat ääriolosuhteet, kuten tukalat helteet lisäävät keinotekoisien kastelun tarvetta.



BioRaiserin pidättämä kosteus ja kyky kerätä sitä kasvukauden aikana voivat merkittävästi parantaa sadon laatua ja määrää. (Finnpartnership 2020.)

BioRaiserin kykyä nopeuttaa maapohjan elpymistä ja hiilensidontakyvyn palautumista on testattu myös metsäpaloalueella. Tuloksena on, että BioRaiserilla käsiteltyjen koalueiden kasvit ovat elpyneet selvästi nopeammin käsittelemättömiin osioihin verrattuna (kuva 7).



Kuva 7. Metsäpaloaluetta. Vasemmalla BioRaiserilla käsitelty alue, oikealla käsittelemätön alue (muok.) (BioRaiser 2022).

Biokaasulaitosten rejektivesikokeiluissa biokaasulaitoksilla sivuvirtana syntyvää ravinteikasta rejektivettä on imeytetty BioRaiseriin. Imeytetyt ravinteet pysyvät hitaan biohajoamisen ansiosta koko kasvukauden ajan kasvin käytettävissä. Samalla ympäristöön päätyvien ravinteiden määrä pienenee huomattavasti. (BioRaiser 2022.)

3.6.2 Kipsi

Kipsin eli kalsiumsulfaatin käyttäminen peltomaassa vähentää eroosiota ja fosforin huuhtoutumista vesistöihin. Kipsi parantaa maan mururakennetta liukenemalla peltomaahan ja edistää samalla fosforin sitoutumista maahiukkasiin. Maaperään sitoutunut fosfori säilyy kuitenkin kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Kipsi on neutraalia, eikä se vaikuta maan pH-arvoon. Hehtaarille levitettävä kipsimäärä on neljä tonnia. Tutkimusten mukaan fosforihuuhtoutumia on saatu kipsikäsitellyillä pelloilla vähennettyä puoleen entisestä. Ylijäämäkipsiä muodostuu muun muassa lannoitetehtaiden sivutuotteena. Kaikkea jätekipsiä ei voida hyödyntää maanparannusaineena esimerkiksi sisältämien raskasmetallien vuoksi.



(Sandell 2018.) Lannoitetuotannon sivutuotekipsi ei sovellu luomupelloille, joille voi levittää vain neitseellistä luonnonkipsiä. Kustannuksiltaan luonnonkipsi on selvästi sivutuotekipsiä kalliimpaa. (John Nurmisen säätiö 2020.)

Haasteita kipsijätteen hyödyntämiseen tuovat huolimaton lajittelu ja epäpuhdas raaka-aine. Kankaanpäässä sijaitseva Knaufin kipsilevytehdas ottaa vastaan rakennustyömailta syntyvää puhdasta kipsilevyjätettä. Kipsilevyjäte kierrätetään ja käytetään uusissa levyissä. (Knauf Oy.) Esimerkiksi purkutyömaiden kipsijätteen kierrättämisen haasteena on kipsin sisältämät epäpuhtaudet ja muut ainesosat. Kipsijätteen kierrättämistä voitaisiin entisestään tehostaa esimerkiksi lajitteluun panostamalla ja käytetyn kipsin käsittelylaitteistoa kehittämällä.

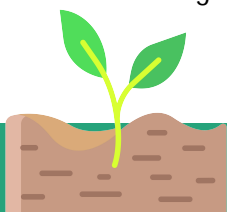
3.6.3 Hiilen sitominen maaperään

Suomessa on aktiivinen Carbon Action -verkosto, joka on käynnistetty vuonna 2017 Sitran rahoituksella. Hiiliviljelyn tarkoituksena on kasvattaa maaperän hiilivarantoja ruoantuotannon ohessa. Toiminnassa on mukana yli 100 hiiliviljelytilaa, 1100 jäsentä, yli 20 hanketta ja 14 yhteistyöyrittystä. Carbon Actionin päämääränä on parantaa maan kasvukuntoa, edistää luonnon monimuotoisuutta ja häiriönsietokykyä, hillitä ilmastonmuutosta ja vähentää päästöjä Itämereen ja muihin vesistöihin. Carbon Actionin tärkeä tutkimustyön tavoite on luoda tieteelliselle pohjalle perustuva maaperän hiilensidonnan todentamismenetelmä. Vaikutuksia havainnollistetaan Pelto-observatorio-verkkosovelluksella, jonka tuloksia voidaan käyttää palvelukehityksen ja päätöksenteon pohjana. (Baltic Sea Action Group 2023.)

Hiilensidonnan kehittämisen suhteen pitää päättää, että keskitytäänkö enemmän biomassan kasvattamiseen niin juuristossa kuin kasvustossakin, vaikka satomäärä saattaa sen takia laskea. Tulevaisuudessa tukimenetelmiä todennäköisesti suunnataan hiilenmäärän lisäämiseen pelloilla, mikä parantaa myös peltojen kasvukuntoa sekä samalla vähentää hiilidioksidin määrää ilmassa.

3.7 Veden hallinta

Kasvusto tarvitsee vettä, jonka määrän ollessa riittämätön menetetään lannoitukseen laitetut panokset. Useita vuosikymmeniä sitten käytettiin sarkaojia peltojen kuivattamiseen. Tämän jälkeen alettiin käyttää erilaisia salaojitustekniikoita. Sekä sarkaojien että salaojien ongelmana on, että molemmissa hukataan ravinteita esimerkiksi sulamisvesien mukana.

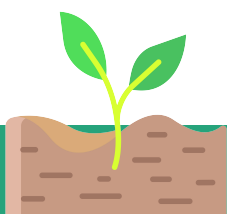


Ilmastonmuutoksen myötä on ollut havaittavissa, että viimeisen kymmenen vuoden aikana keväisin on ollut pitkiä kuivia ja kuumia jaksoja. Tämä aiheuttaa uudenlaisen haasteen, kun jatkuvasti kuivatuksessa olevilta pelloilta loppuu vesi. Ratkaisuna on asennuttaa säätösalaojakaivot vanhojen laskuojien päihin hillitsemään liiallista vedenpoistumista. Astetta parempi ratkaisu on asennuttaa säätösalaojitukseen lisäksi myös salaajakastelulaitteisto, jolla työnnetään salaajaan kevään aikana vettä. Näin saadaan ylläpidettyä pohjaveden korkeutta ja mahdollistetaan veden nousu alhaaltapäin kapillaarisesti. Satakunnan tasaiset pellot, ja Kokemäenjoen sekä muiden vesistöjen läheisyys mahdollistavat suuren kastelupotentiaalin. Toimivien kastelumenetelmien myötä voidaan siirtyä yhä enemmän myös erikoiskasveihin, jotka tarvitsevat enemmän vettä tai ovat herkkiä sen puutteelle. Säätösalaojituksen ja salaajakastelun etuna on myös se, että ravinteet saadaan paremmin pidettyä pellossa, eivätkä ne valu hukkaan ympäristöön ja vesistöjä rehevöittämään. Teknologianäkökulmasta lannoituksen kohdentaminen esimerkiksi pellon kasvuyöhykkeiden perusteella vähentää riskiä ravinteiden huuhtoutumiselle. Lisäksi erilaisilla maaperän kosteussensoreilla voidaan todentaa kastelun tarve tai säätää padotuskorkeutta.

3.8 Täsmämaatalous

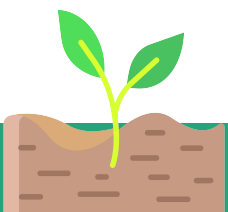
Täsmämaatalouden hyödyntäminen mahdollistaa lannoitteiden käytön merkittävän tehostamisen. Käyttämällä automaattista ohjausta sekä tarkkaa RTK-tekniikkaa, kuten AgOpenGPS, voidaan minimoida päällekkäiset ajoreitit, mikä takaa lannoitteiden tarkan kohdentamisen. Täsmämaatalous sisältää monenlaista teknologiaa, jonka avulla lannoitus voidaan mukauttaa eri menetelmin. Esimerkiksi Veriksen tai SoilOpticsin maaskannerit tarjoavat yksityiskohtaisia maaperäkartoja eri syvyyksiltä, mikä mahdollistaa lannoitteen tarkan kohdistamisen perustuen maaperän ominaisuuksiin. Satelliittitekniologia tuottaa laajasti skannausdataa, joka mahdollistaa esimerkiksi pellon eri kasvuyöhykkeiden analysoinnin eri vuosilta. Lisäksi markkinoilla on saatavilla NIR ja NDVI-laitteita, jotka laativat reaaliaikaisesti lannoitussuunnitelmia perustuen kyseisen alueen kasvillisuuteen.

Tulevaisuus tuo mukanaan innovatiivisia täsmäruiskutusmenetelmiä. Näiden tai reaaliaikaisen konenäön avulla lannoitteet voidaan kohdistaa tarkasti ennakkoon määritellyille alueille. Esimerkiksi polttomoottorilla toimivat ruiskutusdronit, jotka voivat



kantaa pienen määrän nestemäisiä lannoitteita, ovat yksi esimerkki tulevaisuuden teknologioista, joiden avulla lannoite voidaan kohdistaa tarkasti haluttuun kohteeseen

Maanäytteen kehittäminen on yksi tärkeä osa-alue, jotta maataloudessa pystytään tekemään yhä tarkempia viljelysuunnitelmia. XRF (röntgenfluoresenssispektroskopia) ja LIBS (laserindusoitu purkausspektroskopia) ovat analyttisiä menetelmiä, jotka mittaavat ja analysoivat materiaalien koostumusta. Niiden avulla voidaan mitata lannoitteiden määriä halutussa kohtaa pellossa. Mittalaitteet eivät ole vielä joka viljelijän saatavilla ja lupaprosessikin on haastava röntgenlaitteen osalta. Nämä ovat kuitenkin tekniikoita, joita kaupalliset toimijat pystyvät jo tarjoamaan.



4. PILOTIT TEOLLISUUDEN MATERIAALIVIRTOJEN KÄYTÖSTÄ

Tässä luvussa käydään läpi kahden teollisuuden materiaalisivuvirran hyödyntämismahdollisuuksia ja pilottien toteutuksia.

4.1 Ammoniumsulfaatti

Ammoniumsulfaatti on kemiallinen yhdiste, jonka kaava on $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Se on suola, joka koostuu ammoniumioneista (NH_4^+) ja sulfaatti-ioneista (SO_4^{2-}). Ammoniumsulfaatti on tyypillisesti valkoista ja kidemäistä. Ammoniumsulfaatti toimii kahden keskeisen ravinteen lähteenä kasveille: typen (ammoniummuodossa) ja rikin (sulfaattimuodossa). Typpi on välttämätön kasvien kasvulle ja proteiinisynteetille, kun taas rikki on tärkeä monille kasvien biokemiallisille prosesseille, kuten aminohappojen, vitamiinien ja entsyymien muodostumiselle. Ammoniumsulfaatti hajoaa maaperässä vapauttaen ammoniumioneja, mikä voi laskea maaperän pH-arvoa, joka voi puolestaan olla hyödyllistä emäksisissä maissa. Ammoniumsulfaattia voidaan levittää maahan sellaisenaan rakeisessa muodossa, liuottaa veteen ja levittää nestemäisenä lannoitteena tai sekoittaa muihin lannoitteisiin.

Ammoniumsulfaattia käytettäessä on otettava huomioon sen mahdollinen vaikutus maaperän pH-arvoon. Jatkuvassa ja toistuvassa käytössä se voi laskea maaperän pH-arvoa merkittävästi, mikä voi vaikuttaa maaperän biologiseen aktiivisuuteen ja muiden ravinteiden saatavuuteen. Siksi maaperän pH:n seuranta ja tarvittaessa kalkituksen käyttö on suositeltavaa ammoniumsulfaattia käytettäessä.

Ammoniumsulfaatti otettiin pilottimateriaaliksi, koska sitä syntyy Suomessa paljon sivuainevirtojen tuloksena, ja toisaalta sitä hyödynnetään heikosti. Ammoniumsulfaatti sisältää paljon typpeä, joka on kasvustolle olennaisin ravinne. Typpeä on perinteisesti tuotettu fossiilienergialla, mikä ei ole nykyisten ilmastotavoitteiden mukaista.

4.2 Lentotuhka

Toinen pilottimateriaaleista on lentotuhka. Lentotuhkaa kerätään piippuun lentävästä tuhkasta. Isojen voimalaitosten pohjatuhka on usein haasteellisempaa sisällöltään, varsinkin jos polttoaineena on ollut raskasta polttoöljyä tai kivihiiltä. Tässä pilotissa keskityttiin puupolttoiseen tuhkaan.



Tuhkan pilotointi toteutettiin eri tavoin kuin peltokokeilut. Tähän oli syynä useita seikkoja. Tuhkan levittäminen pelloille ei todettu järkeväksi sen ravinnesisällön takia. Hankkeen aikana selvitettiin myös mahdollisuutta sekoittaa tuhkaa toiseen ravinteeseen, mutta haasteeksi tuli muokata tuhkan rakennetta sopivaksi toisten levitettävien ravinteiden kanssa. Ideana oli esimerkiksi levittää sitä samalla kertaa ammoniumsulfaatin kanssa. Tätä sekoitusta ei kuitenkaan nähty järkeväksi. Yhtenä ajatuksena oli kokeilla tuhkalannoitusta metsissä, mutta tuhkan käytöstä metsälannoitteena löytyi jo paljon tutkimustietoa. Haasteena on materiaalin todentaminen turvalliseksi ja tuhkan käytön yleistäminen metsäsektorilla. Tuhkan hyödyt metsässä ovat tutkimustulosten perusteella kiistattomat. Tuhkan käyttöä metsissä saattaa hidastaa negatiivinen mielikuva tuhkasta ja epäily sen sisältämien raskasmetallien määrästä. Pilotissa keskityttiin enemmän pohtimaan tuhkan käytön edistämistä ja sen testaamista uusin keinoin. Tuhkan käytölle lannoitteena on vielä paljon käyttämätöntä potentiaalia.

4.3 Pilottien mittausmenetelmät

Ammoniumsulfaatin vaikutusten mittaamista varten sekä tuhkan ominaisuuksien mittaamista varten selvitettiin eri menetelmiä ja teknologioita:

GrainSense on innovatiivinen laite, joka on suunniteltu viljan ja muiden maataloustuotteiden laadun mittaamiseen suoraan pellolla. Tämä laite edustaa uuden sukupolven agroteknologiaa, joka antaa viljelijöille, neuvonantajille ja muille maatalousalan toimijoille mahdollisuuden tehdä tietoon perustuvia päätöksiä reaaliajassa. GrainSense pystyy määrittämään useita viljan laatuparametreja, kuten proteiinipitoisuus, vesipitoisuus, öljypitoisuus ja tärkkelyspitoisuus.

Multispektri-kamera, joka on liitetty drooniin. Droonin avulla voidaan kuvata suurella tarkkuudella peltoalueita. Drooniin pystyy kytkemään erilaisia kameroita ja multispektri-kamera on yksi käytetyimmistä kameroista tutkimuspelloilla. Sen avulla pystytään laskemaan tarkkoja NDVI-karttoja.

Sentinel-satelliitti tarjoaa viikoittain kaksi eri kuvausajankohtaa datoineen. Satelliitissa on saatavilla lukuisia eri taajuuksia, joiden avulla on laskettu esimerkiksi NDVI- ja kosteusindeksikartta. Satelliitin etuna on automatisoitu kuvaus ja vapaa pääsy dataan. Puutteena on sen suuri resoluutio ja kuvausten osuminen pilvisiin ajankohtiin.



Käsipuimurilla pystytään koeruuduilta ottamaan pieniä koe-eriä. Puimureiden satokartoitin vaatii isomman pinta-alan koeruudulta.

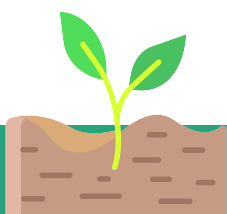
Katselmointi ja havainnointi kentällä antavat hyvän perusnäkömyksen koeruuduista ja sen ympäristöstä. Silmämääräisessä havainnoinnissa on kuitenkin huomioitava, että pieniä esimerkiksi 10 prosentin satoeroja on lähes mahdotonta huomata.

Maanäytteiden laboratorionäytteet kuuluvat kentällä tehtäviin perustoimenpiteisiin. Niiden avulla saadaan tarkkaa tietoa maaperän alkuaineista ja yhdisteistä. Tarvittaessa näytteiden analysointia voidaan laajentaa esim. hiilen määrän mittaamiseen.

XRF (röntgenfluoresenssispektroskopia) on analyttinen tekniikka, jota käytetään määrittämään materiaalin kemiallinen koostumus. Tekniikka perustuu siihen, miten materiaali reagoi, kun sitä altistetaan röntgensäteille. XRF-laitteesta on olemassa käsikäyttöinen kenttälaite, jolla voidaan ottaa näytteitä suoraan kentällä. XRF antaa tuloksena laitevalmistajan omien algoritmien perusteella arvion mitattavan aineen alkuainesisällöstä, sekä alkuainespektrin. Vaikka XRF on erittäin tehokas ja monipuolinen analyysimenetelmä, sen kyky tunnistaa joitakin kevyitä alkuaineita, kuten vety, typpi ja happi, voi olla rajoittunutta. Tämän laitteen antamien tulosten data-analytiikan kehittäminen on parhaillaan käynnissä useammassa Tampereen yliopiston hankkeessa.

LIBS (laserindusoitu purkausspektroskopia) on analyttinen tekniikka, jota käytetään määrittämään materiaalin kemiallinen koostumus. Se perustuu plasmaan liittyvään emissiospektroskopiaan, joka syntyy, kun laserpulssi kohdistuu näytteeseen. Tämän laitteen antamia tuloksia kehitetään mm. Carbon-LIBS-hankkeessa.

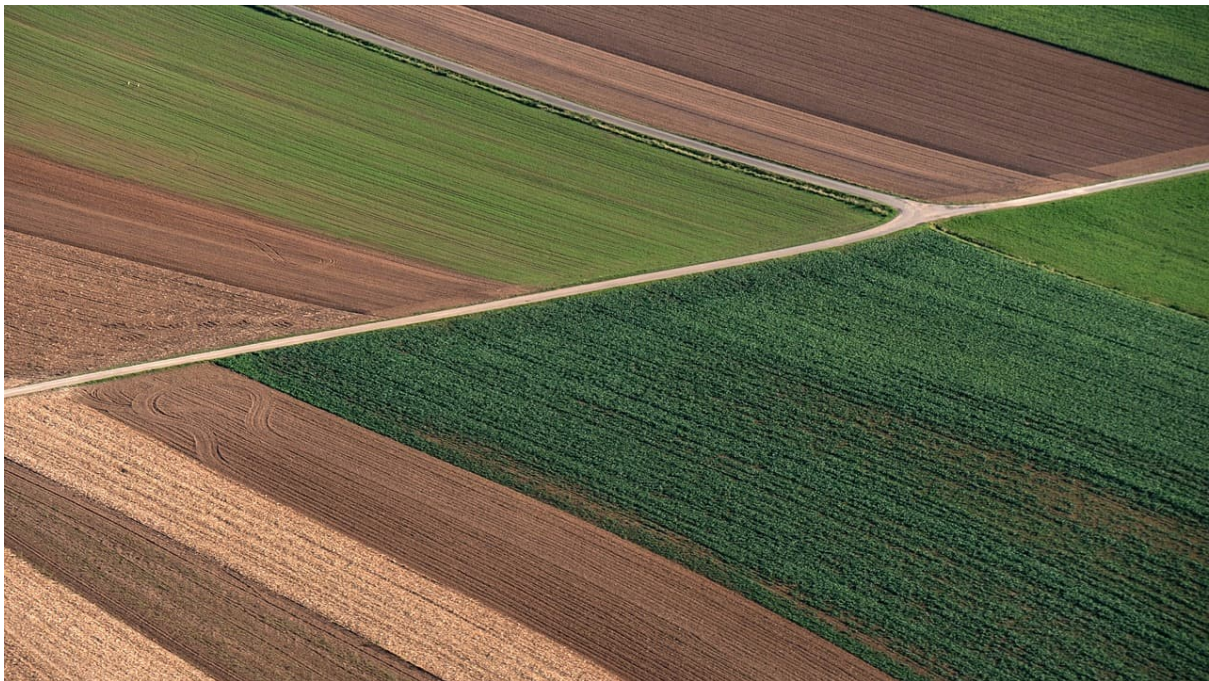
Lehtivihreämittari eli ns. klorofyllimittari, mahdollistaa kasvien klorofyllipitoisuuden nopean mittaamisen. Klorofylli on tärkeä pigmentti fotosynteesissä, ja sen määrä voi kertoa paljon kasvin terveydestä ja ravinnetilasta. Lehtivihreämittarilla saadaan nopeat tulokset mitattavan kasvin lehdestä. Alhainen mittausarvo viittaa lannoitetarpeeseen. On huomioitava, että mittarilla mitataan vain klorofyllin suhteellista määrää, ei absoluuttista määrää.



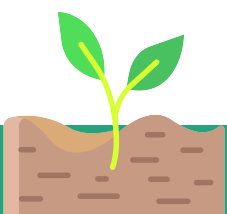
4.4 Pilottilohkojen kuvaukset

Pilottitiloja oli yhteensä viisi. Tiloilta kasvatettiin useita eri kasvilajeja: kevätvehnää, kauraa, ohraa, syysruista, rypsiä, nurmea, rehumaisia ja perunaa. Yleisenä tavoitteena oli päästä kokeilemaan ammoniumsulfaattia tiloilla ja saada tuntumaa sen käytöstä eri kasvilajeilla. Kolme tiloista sijaitsi Satakunnassa, yksi Etelä-Pohjanmaalla ja yksi Varsinais-Suomessa. Tilat olivat kaikki 50 ha tai sitä suurempia, joten maatilat oli kasviviljelyyn suuntautuneita, vaikka niistä oli myös muuta toimintaa.

Lohkojen valinnat suoritettiin yhteistyössä viljelijöiden kanssa. Valintaan vaikutti lohkon ravinnetason tila (esim. fosforin osalta), lohkon sijainti suhteessa muihin lohkoihin, seurannan toteuttamisen mahdollisuus, muokkaustilanne sekä suunniteltu tai jo kylvetty kasvi. Lisäksi viljelijöiden kanssa pohdittiin mittauspisteitä ja testiruutuja sekä seurantakeinoja ja teknologioita, joita heiltä itseltäänkin voisi löytyä.



Kuva Pixabay



5. PILOTTIEN TULOKSET JA JATKOEHDOTUKSET

Projektin aikana toteutettiin haastatteluita koskien hankkeen teemoja sekä pilotteihin osallistuneiden haastattelut koskien viljelijöiden kokemuksia ammoniumsulfaatin käytöstä pelloilla.

5.1 Haastattelut hankkeen teemoista

Projektin tavoitteena oli selvittää haastattelujen avulla näkemyksiä ja ajatuksia lannoitteisiin ja hankkeen teemoihin liittyen. Haastatteluja tehtiin neljä. Vastaajat edustivat maatalouden eri toimijoita. Vastaajien nimiä ei julkaista, koska otanta oli pieni. Haastattelut kestivät keskimäärin tunnin, joten niissä saatiin hyvä katsaus kuhunkin kysymykseen. Vastauksia on tiivistetty ja yhdistelty, kuitenkin niin, että alkuperäinen ajatus on säilynyt.

5.1.1 Kysymykset ja vastaukset

Miten näet alla olevat teemat nyt ja lähitulevaisuudessa?

1. Kiertotalous

Omavaraisuutta tulisi lisätä, ja tämä on tärkeää myös sodasta huolimatta. On välttämätöntä vähentää hukkaan menevien resurssien määrää.

Kiertotalous on sinänsä hyvä idea ja ehdottomasti tulevaisuuden suunta. Se mahdollistaa säästöt esimerkiksi öljyn kulutuksessa. Jos kiertotaloudessa käytettävät materiaalit ovat sopimattomia, niiden haittavaikutuksia, kuten ammoniumsulfaatin sisältämää rikkiä, tulisi pyrkiä vähentämään tai ainakin minimoimaan.

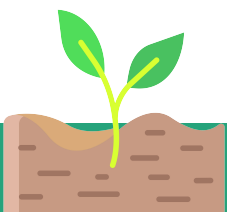
Kiertotalous on nouseva trendi, mutta taloudelliset esteet hidastavat sen toteuttamista tietyissä tapauksissa. Vaikka halua muutokseen on, käytännön toteutus ja yritysten resurssit eivät aina ole riittävät.

2. Sivuvirtojen hyödyntäminen

Sivuvirtojen paikallinen hyödyntäminen auttaisi pienentämään logistiikkakustannuksia.

Erilaisia sivuvirtoja tarjoavia toimijoita on markkinoilla useita ja heidän mainontaansa on näkyvillä. Tämä viittaa siihen, että sivuvirtojen käyttö on yleistymässä.

Kaikille sivuvirroille ei ole löydetty vielä kannattavaa käyttötarkoitusta eikä tarvittavaa teknologiaa niiden hyödyntämiseen. Yritykset ovat kuitenkin tyytyväisiä, kun pääsevät eroon sivuvirroistaan. Toisaalta on halua kehittää parempia tapoja hyödyntää näitä jakeita taloudellisesti kannattavammin.



3. Omavaraisuus

Maakaasun saatavuuden heikentyminen viime aikoina on korostanut tarvetta kehittää omavaraisuutta, erityisesti lannoitteiden osalta, jotta niitä voitaisiin tuottaa enemmän kotimaisin voimin.

On vaikeaa määrittää tarkkaan omavaraisuusastetta, koska ei aina ole selvää, mistä eri valmistajien tuotteet tulevat.

Omavaraisuuden kehittäminen on nouseva ja tärkeä teema. Se liittyy läheisesti vastuullisuuteen, ja sivuvirtojen hyödyntäminen kotimaassa voisi edistää omavaraisuuden parantamista.

Viimeaikaiset maailmanpoliittiset tapahtumat ovat vaikuttaneet tähän teemaan merkittävästi.

4. Huoltovarmuus

Vaikka Suomessa valmistetaan paljon tuotteita, niitä ei aina haluta myydä kotimaan markkinoille. Tarvitaan enemmän kilpailua, jotta markkinat toimisivat paremmin. Tällä hetkellä tarjonta on liian vähäistä.

Satakunnassa on saatavilla vähemmän karjanlantaa, mikä on osasy siihen, että olemme riippuvaisempia teollisuuden tuotteista.

Huoltovarmuuden kannalta olisi tärkeää säilyttää jonkinasteista omaa tuotantoa. Tämä edellyttää asianmukaista tietotaitoa ja teknistä osaamista, koska maailmantilanne on arvaamaton.

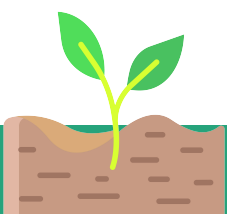
Maatilat ovat olleet aktiivisia huoltovarmuuteen liittyvissä asioissa.

5. Lannoittamisen vaihtoehtoiset keinot

Lannoittaminen on nykypäivänä monipuolisempaa kuin ennen. Maanviljelijät ovat tottuneet pitkälle prosessoituihin lannoitteisiin, mutta esimerkiksi monitorointiteknologian kehityksen ansiosta lannoitusta voidaan soveltaa paremmin eikä lannoitteiden tarvitse olla niin pitkälle prosessoituja.

Lainsäädännöllä ja asenteilla on suuri vaikutus lannoittamisen vaihtoehtoisten keinojen käyttöön. On kysymys siitä, voimmeko hyödyntää esimerkiksi jäteliätteitä, jotka sisältävät haitta-aineita ja joihin voi liittyä asenteellisia ongelmia. Viljelijät ovat usein epäluuloisia tällaisia kokeiluja kohtaan.

Teollisuuden jäteliätteiden hyödyntämisen mahdollisuuksia tutkitaan, ja esimerkiksi Honkajoki Oy:n tutkimukset tällä saralla ovat hyvin merkittäviä.



6. Satakunnan tulevaisuuden näkymät

Satakunnasta löytyy runsaasti sivuvirtoja, ja alueelta löytyy myös satamat Porissa ja Raumalla, jotka tukevat näiden sivuvirtojen hyödyntämistä.

Biokaasulaitosten tilanne Satakunnassa on jo hyvä.

Honkajoki Oy on mukana teknologian kehittämisessä ja sivuvirtojen hyödyntämistapojen parantamisessa.

Satakunnassa on puutetta korkeamman teknologian hyödyntämisestä sivuvirtojen käsittelyssä. Sivuvirroista voitaisiin kehittää enemmän korkeamman asteen tuotteita.

Yritysten välillä on suuria eroja siinä, miten ne hyödyntävät sivuvirtoja. Yritykset kohtaavat haasteita resurssien, kuten kuljetusten, suhteen, mikä vaikeuttaa sivuvirtojen tehokasta hyödyntämistä.

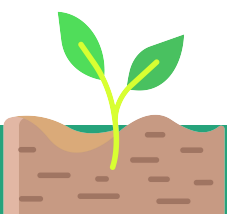
Biokaasulaitosten osalta ongelmana on, että Satakunnassa, erityisesti Porin alueella, on hyvin vähän biokaasun tankkausasemia.

Satakunnassa on käytössä sivuvirtapörssi, joka edistää sivuvirtojen hyödyntämistä.

Yritysten odotetaan tulevaisuudessa mittaavan toimintaansa yhä enemmän, mikä 'pakottaa' ne kääntymään yhä enemmän kohti edellä mainittuja teemoja, kuten sivuvirtojen tehokkaampaa hyödyntämistä.

5.1.2 Haastattelujen yhteenveto

Haastatteluissa kiertotalous nähtiin tulevaisuuden suuntana, mikä edistää omavaraisuutta ja vähentää resurssihukkaa. Sen toteutumista hidastavat kuitenkin taloudelliset esteet ja yritysten resurssipula. Paikallinen sivuvirtojen hyödyntäminen nähtiin järkevänä, koska se vähentää esimerkiksi logistiikkakustannuksia. Omavaraisuuden kehittäminen on korostunut monien kriisien myötä. Huoltovarmuuden parantamiseksi nähtiin tarvetta toimivammalle kilpailulle markkinoilla, omavaraisemmalle tuotannolle ja teknisen osaamisen nostolle. Lannoittamisen monipuolistumisen nähtiin edellyttävän uusia lähestymistapoja ja teknologioita. Satakunnan alueella nähtiin potentiaalia sivuvirtojen hyödyntämiseen, mutta haasteita nähtiin resurssien, teknologian ja infrastruktuurin puolella. Sivuvirtojen tehokkaampi hyödyntäminen edellyttää jatkuvaa mittaus- ja kehitystyötä.



5.2 Viljelijöiden kokemukset ammoniumsulfaatin piloteista

5.2.1 Vastaukset

Viljelijöiltä kysyttiin kokemuksia ammoniumsulfaatin käytöstä. Kokemukset kerättiin neljän otsikon alle, joita on tiivistetty ja muokattu, kuitenkin niin, että ajatus pysyy samana.

Käsittely maatilalla:

- Pölyää hieman, mutta ei ollut silti ongelma keskipakoislevittimellä
- Käytön jälkeen tarve pestä laitteet
- Imi äkkiä kosteutta, mutta kokkareet hajosivat helposti ja loput jäivät levittimen sihteihin

Levitystapa ja sen kokemukset:

- Täydennyslannoituksena kesäkuun korrenkasvuvaiheessa
- Levitystestien tulokset olivat hyviä
- Hyvä leviäminen myös silmämääräisesti arvioituna
- Ei takkuillut kertaakaan
- Levitys yksilautaisella keskipakoislevittimellä sängelle juuri ennen kultivointia, sen jälkeen äestykset ja kylvö
- Ei ollut vaakaa, mutta oli helppo arvioida tarvittava määrä
- Kylvön jälkeen pintaan, kun oli jo itänyt pintaan

Arvio kasvusta:

- Kuivuus rajoitti kasvua, jolloin täydennyslannoitus jäi pieneksi
- Kuivakausi alkoi heti kylvöjen jälkeen, joten vaikea sanoa vaikutusta
- Todella märkä syksy, joka pilasi satoa todella paljon
- Kasvusto näytti hyvältä kosteammilla alueilla, joissa kuivuus ei haitannut

Jatkokehittäminen:

- Testiruutuun jotain muuta typpilannoitetta vastaava määrä
- Kiinnostus kokeilla jatkossakin
- Kiinnostus ottaa kokeiluun öljykasveja ja testata niihin
- Voi jatkaa "kakkoslaatuisena" lannoitteena, joka hinnoittelussa huomioidaan ja sen käsittely vie vähän enemmän aikaa



- Satakunnassa on vähän sikaloita, jonka takia lietelantaa ei ole paljon käytettävissä nestemäisen ammoniumsulfaatin kanssa sekoitettavaksi
- Levitys ennen kevään muokkauksia
- Jatkossa mietittävä veden riittävyttä: Pitääkö valita lajikkeita, jotka saadaan kasvattamaan juurta paremmin
- Testiruudut paljon isommiksi, jotka saisi satelliitista myös paremmin kiinni
- Kiinnostus testata juurikkaalle

5.2.2 Yhteenveto kokemuksista

Kaikki viljelijät olivat ennakkoluulottomasti kiinnostuneita tuotteesta. Tuotteen käytöstä saatiin hyvät arviot eikä nähty tarpeena muuttaa tuotteen rakennetta. Moni mietti miten siirtyä suunnitelmallisempaan ja tarkempaan kaksivaiheiseen lannoittamiseen. Kaikki viljelijät olivat kiinnostuneita jatkotestaamisesta ja kehittämisestä.

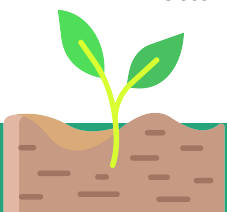
5.2.3 Yhteenveto mittaustuloksista

Piloteissa ei keskitytty tieteellisen tarkkoihin mittaustulosten saamiseen, vaan sen sijaan haluttiin yleisesti kokemuksia ammoniumsulfaatista lannoitteena ja käytännön kokemuksia testilohkoilta niiden viljelijöiltä. Testiruutujen osalta tehtiin maanäytetestejä ja osalla pelloista tehtiin dronikuvauksia. Osalla viljelijöistä oli omia mittalaitteita käytössä. Yliopistolla oli myös käytössä pieni käsipuimuri. Syksyn sateet käytännössä pilasivat mittaustulosten tarkemman analysoinnin järkevyyden. Satomäärät ja laadut romahtivat ympäri Suomen, minkä takia lannoitteen vaikutusten arviointi satomäärän erojen vaikutusten mittaamiseen ei ollut enää relevanttia.

Sen sijaan hankkeesta saatiin arvokasta kokemusta seuraaviin mahdollisiin testauksiin. Materiaali ja sen käsittely on nyt tuttua. Levitystapaa ja ajankohtaa pystytään paremmin arvioimaan ja suunnittelemaan myös lisälannoitus tarkemmin.

5.3 Loppuyhteenveto ja jatkoehdotukset

Hankkeen toimintaan osallistuneet tahot ja henkilöt pitivät hankkeen teemaa ja erityisesti pilotteja olennaisen tärkeinä sekä kiertotalouden että lannoittamisen kehittämisen takia, mutta myös huoltovarmuuden takaamisen vuoksi. Maailman tilanteen jatkuva epävarmuus ja lannoitteiden hintojen kasvu edellyttävät uusien ratkaisujen kehittämistä ja niiden käyttöön ottamista. Tämän hankkeen toimenpiteillä pystyttiin käynnistämään työ uusien ratkaisujen



kehittämiseksi ja samalla nostettiin esille erilaisia mahdollisuuksia tukea sekä kotimaista maanviljelyä, että kiertotalouden kehittämistä.

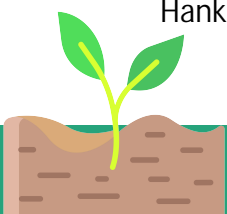
Hankkeessa koottu materiaali Satakunnan teollisuuden sivuvirroista toimii hyvänä pohjaineistona suunniteltaessa edelleen sivuvirtojen hyötykäyttöä. Hankkeen tulosten perusteella voidaan todeta, että sivuvirtojen hyödyntäminen tarjoaa mahdollisuuksia käynnistää uutta liiketoimintaa ja kehittää edelleen olemassa olevaa toimintaa.

Hankkeen pilotteja pidettiin onnistuneina sekä maatalojen että muiden alan toimijoiden osalta. Näiden pilottien kokemuksia hyödynnetään jatkossa tehtävässä kehittämistyössä ja käytännön viljelytyössä. Pilotit herättivät kiinnostusta toimijoissa ja niiden avulla voitiin käynnistää maanviljelijöiden ja yliopiston yhteistä keskustelua lannoittamiseen liittyvistä tulevaisuuden haasteista.

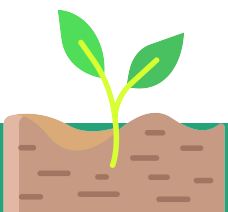
Satakunnan lannoittamisen mallia tulisi jatkokehittää esimerkiksi seuraavilla osa-alueilla:

- Suositellaan jatkuvaa kehitystyötä lannoitusmenetelmissä, keskittyen erityisesti sivuvirtojen hyödyntämiseen, teknologian integrointiin ja maaperän kunnan parantamiseen. Jatkotutkimusten ja pilottien tulisi keskittyä käytännön soveltamiseen ja uusien lannoitteiden tehokkuuden varmistamiseen.
- Jatketaan ammoniumsulfaatin ja muiden sivuvirtojen testausta maataloilla, keskittyen käyttökokemuksiin ja levitystekniikoihin.
- Kehitetään jatkotestejä, kuten laajempia testiruutuja ja tarkempia satelliittianalyyseja, sekä tutkitaan uusien lannoitteiden vaikutuksia eri kasvilajeihin.
- Hyödynnetään GrainSense-laitteita, XRF, Libs, multispektri-kameroita ja muita innovatiivisia mittausvälineitä lannoitteiden vaikutusten ja maaperän ominaisuuksien mittaamiseen.

Kiertotaloudessa pyritään maksimoimaan tuotteiden, komponenttien ja materiaalien sekä niihin sitoutuneen arvon kiertäminen taloudessa mahdollisimman pitkään. Kun käyttöön otetut materiaalit ja tavarat pysyvät käytössä pidempään, tarvitaan vähemmän energiaa ja neitseellisiä materiaaleja uusien materiaalien ja tavaroiden valmistamiseen. Tässä hankkeessa laadittu Satakunnan lannoittamisen malli ja teollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisen selvittäminen ovat oleellisia asioita kiertotalouteen siirtymisen tukemiseksi. Hankkeessa käynnistetty toiminta vaatii edelleen jatkokehittämistä, jotta sen avulla voidaan

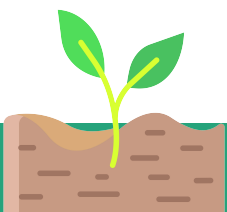


käynnistää uutta liiketoimintaa ja tukea kiertotalouteen siirtymistä. Tämä kaikki edellyttää laajaa yhteistyötä useiden tahojen osalta. Monialaisen yhteistyön kautta pystytään käynnistämään TKI-toimintaa, joka tähtää sekä sivuvirtojen hyödyntämiseen että uuden liiketoiminnan kehittämiseen ja kiertotalouden tukemiseen.



LÄHTEET

- Aluehallintovirasto 2022. Tiedote 8.9.2022. <https://avi.fi/tiedote/-/tiedote/69950369>. Viitattu 12.4.2023.
- Baltic Sea Action Group 2023. <https://www.bsag.fi/>. Viitattu 27.9.2023.
- Bioenergia ry 2022. <https://www.bioenergia.fi/biohiili/>. Viitattu 28.6.2023.
- Biolan Oy 2019. [Maatalouden orgaanisilla sivuvirroilla kasvua | Luonnonvarakeskus \(luke.fi\)](#). Viitattu 6.4.2023.
- BioRaiser. Algae Collector. <https://bioraiser.fi/wp-content/uploads/2018/09/BioR-Alg.pdf>.
- BioRaiser 2022. BioRaiser Facebook-sivusto. <https://www.facebook.com/people/BioRaiser/100051291252916/>. Viitattu 17.7.2023.
- BioSorbio 2022. BioSorbio Facebook-sivusto. <https://www.facebook.com/people/BioSorbio/100057581914196/>. Viitattu 17.7.2023.
- Boliden Group 2023. www.boliden.com. Viitattu 12.4.2023.
- Carbofex Oy 2023. <https://carbofex.fi/>. Viitattu 28.6.2023.
- Carbons Finland Oy 2023. <https://carbons.fi/>. Viitattu 28.6.2023.
- Envor Group 2022. www.envor.fi. Viitattu 9.4.2023.
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2022. <https://www.ely-keskus.fi/ravinteiden-kierratyksen-kokeiluohjelma>. Viitattu 5.4.2023.
- Emomylly 2020. [cb0fd202-cdb8-4857-912b-e9c865d22fce \(ely-keskus.fi\)](https://www.ely-keskus.fi/cb0fd202-cdb8-4857-912b-e9c865d22fce). Viitattu 6.4.2023.
- Energiateollisuus ry 2022. https://energia.fi/energiapolitiikka/ukrainan_sota/vihrealla_siirtymalla_irti_venaja-riippuvuudesta. Viitattu 4.1.2023.
- EU:n jätesäädöspaketin täytäntöönpano 2019. Työryhmän mietintö.
- Euroopan unionin neuvosto ja Eurooppa-neuvosto 2022A. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/>. Viitattu 23.11.2022.
- Euroopan unionin neuvosto ja Eurooppa-neuvosto 2022B. [55-valmiuspaketti – EU:n vihreän siirtymän suunnitelma - Consilium \(europa.eu\)](#). Viitattu 14.12.2022
- Euroopan parlamentti 2022A. [Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä? | Ajankohtaista | Euroopan parlamentti \(europa.eu\)](#). Viitattu 14.12.2022.
- Euroopan parlamentti 2022B. https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/priorities/ilmastonmuutos/20200618S_T081513/euroopan-vihrean-kehityksen-ohjelma. Viitattu 14.12.2022.
- Euroopan parlamentti 2022C. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20180208STO97442/eu-maiden-kansalliset-paastovahennystavoitteet>. Viitattu 14.12.2022.



Euroopan parlamentti 2022D. [Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä? | Ajankohtaista | Euroopan parlamentti \(europa.eu\)](#). Viitattu 14.12.2022.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2021. Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelma 2020–2022. Rahoitetut hankkeet (päivitys 14.9.2021).

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2022. <https://www.ely-keskus.fi/varsinais-suomi-jatekuljetusten-valvonnankehittamishanke>. Viitattu 14.12.2022.

Finnamyl Oy 2017. Tärkkelysperunan solunesteen ravinteiden kierrätys lannoitevalmisteiksi.

Finnpartnership 2020. <https://finnpartnership.fi/fi/stories/suomalainen-innovaatio-parantaa-ruokaturvaa-sambiassa/>. Viitattu 19.7.2023.

Fortum 2023. <https://www.fortum.fi/tieto-meista/energiantuotanto/voimalaitoksemme/meri-porin-lauhdevoimalaitos>. Viitattu 12.4.2023.

Gasum Oy 2023. www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasulaitokset. Viitattu 11.4.2023.

Haavisto, Minna 2018. Puhdistamolietepohjaisten kierrätyslannoitteiden käytön esteet ja keinoja esteiden poistamiseksi. Prizztech Oy.

Huoltovarmuuskeskus 2022. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/usein-kysyttya>. Viitattu 25.7.2023

John Nurmisen säätiö 2020. Luomupeltoja mukaan kipsikäsittelyyn. <https://johnnurmisen-saatio.fi/luomupeltoja-mukaan-kipsikasittelyyn/>. Viitattu 25.7.2023.

Jokinen, Eljas 2022. Ravinteiden kierrätys kasvattaa ruoantuotannon huoltovarmuutta ja kestävyyttä. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/ravinteiden-kierratys-kasvattaa-ruoantuotannon-huoltovarmuutta-ja-kestavytta/11c89001-e4d1-45f7-83b0-49955ea89bc7>. Viitattu 4.1.2023.

Jori, Marko; Kirkkala, Teija; & Maijala, Pekka 2019. Kiertotalouden symbioosien mallin luominen biokaasulaitosten ympärille. Pyhäjärvi-instituutti.

Jätelaki (646/2011). <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>. Viitattu 18.4.2023.

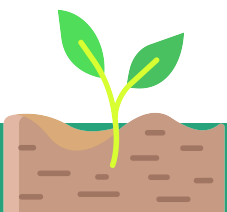
Kankaanrinta, Saara 2019. Maaperään sijoittaminen kasvaa korkoa. BLOGI - Julkaistu 7.3.2019. Viitattu 21.6.2023.

Kestävän metsätalouden määräaikainen rahoituslaki 34/2015. [Kestävän metsätalouden määräaikainen... 34/2015 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX®](#). Viitattu 5.4.2023.

Knauf Oy. <https://knauf.fi/>. Viitattu 26.7.2023.

Laatulannoite 2022. <https://www.laatulannoite.fi/>. Viitattu 30.3.2023.

Lannoitelaki (711/2022). [Lannoitelaki 711/2022 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#). Viitattu 4.4.2023.



Lapuan Peruna Oy 2018. [a9ea10ff-6022-400d-a63d-5570b3852c0f \(ely-keskus.fi\)](https://a9ea10ff-6022-400d-a63d-5570b3852c0f.ely-keskus.fi). Viitattu 6.4.2023.

Lehtoranta, Suvi; Malila, Riikka; Fjäder, Päivi; Laukka, Vuokko; Mustajoki, Jyri & Äystö, Lauri 2021. Jätevesien ravinteet kiertoon turvallisesti ja tehokkaasti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 18.

Lindell, Paula; Luostarinen, Sari; Pantsar, Mari; Pietola, Liisa & Seppälä, Timo 2022. Sitra. Venäjän sodan seuraukset - ratkaisuja maatalouden ravinteiden riittävyyden turvaamiseksi. Taustapaperi.

Luonnonvarakeskus 2022A. <https://www.luke.fi/fi/kotimaisen-tuotannon-suhde-kulutukseen>. Viitattu 4.1.2023.

Luonnonvarakeskus 2022B. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/maatalouden-typpitaloutta-voidaan-tehostaa-monipuolisin-menetelmin-lannoitepulan-selattamiseksi>. Viitattu 4.1.2023.

Norilsk Nickel Harjavalta Oy 2023. <https://www.nornickel.fi/>. Viitattu 12.4.2023.

Pilkama, Aura 2023. Jarmo Pudas kehitti puuntaimille omatekoisen ravintolisän, kun taimet vain kituivat kuivassa maassa. MT Metsä - Maaseudun Tulevaisuus. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/d00e347f-7296-4495-9a6a-ac12aea9ef3c>. Viitattu 28.6.2023.

Prizztech Oy 2021. SATA-Ravinne-puhdistamolietteiden jalostus lannoitekäyttöön. Webinaari 31.8.2021.

Prizztech Oy 2023. <https://www.prizz.fi/kehittamisteemat/bio-ja-kiertotalous.html>. Viitattu 5.4.2023.

Pori Energia Oy 2023. www.porienergia.fi. Viitattu 12.4.2023.

Prizztech Oy & Pyhäjärvi-instituutti 2020. Satakunnan biokaasulaitoksen osana tehokasta ravinteiden kierrätystä.

Pöyry 2019. Huoltovarmuus energiamurroksessa. Raportti Huoltovarmuuskeskukselle.

Rauman Energian vuosikertomus ja yhteiskuntavastuu 2022.

Ravinne- ja energiatehokas maatila.

<http://ravinnejaenergia.fi/materiaali/omalannoitteet/biokaasulaitoksen-madatysjaannos-ja-komposti/>. Viitattu 11.4.2023.

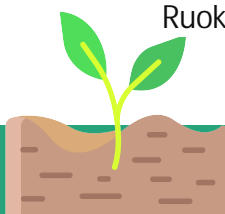
Riihentupa, Timo 2022. <https://xn--linsireitti-q5a.fi/kirkkokallio/>. Satakuntaliitto. Viitattu 21.3.2023.

Ruokatieto Yhdistys ry 2023. <https://www.hyvaasuomesta.fi/>. Viitattu 4.1.2023.

Ruokavirasto 2022. [Jätevesilietteet - Ruokavirasto](#). Viitattu 5.4.2023.

Ruokavirasto 2023A. [EU:n uusi lannoitevalmisteasetus - Ruokavirasto](#). Viitattu 4.4.2023.

Ruokavirasto 2023B. [Uusi lannoitelaki - Ruokavirasto](#). Viitattu 4.4.2023.



Sandell, Markku 2018. Tonnikaupalla kipsiä levitetään nyt Vantaanjoen varren pelloille – Suomenlahtea rehevöittävä fosfori voidaan saada kuriin. <https://yle.fi/a/3-10385901>. Viitattu 20.7.2023.

Satafood Kehittämisyhdistys ry. [Sivuvirroista luomulannoite kasvihuonetuotantoon – LUOMUKAS - Satafood](#). Viitattu 6.4.2023.

Satakuntaliitto 2019. Satakunnan bio- ja kiertotalouden kasvuohjelma: Kohti kestävää biokiertotaloutta.

Satakuntaliitto 2020. Elinvoimaa ja lisäarvoa metsien sivuvirroista Satakunnassa. Satakunnan metsätalouden kasvuohjelma.

Satakuntaliitto 2022. Alue-ennakointi ja aluetieto. Viitattu 11.4.2023.

SATbioGAS Oy 2018. <https://satbiogas.com>. Viitattu 12.4.2023.

Seppänen, Ari-Matti; Luostarinen, Sari & Pesonen, Liisa 2019. Kierrätyslannoitus. Suunnittelu, käytännöt ja mahdollisuudet tulevaisuudessa. Luonnonvarakeskus (Luke).

Sitra 2018. [Mitä nämä käsitteet tarkoittavat? - Sitra](#). Viitattu 30.3.2023.

Sitra 2022A. <https://www.sitra.fi/hankkeet/kierrolla-karkeen-suomen-tiekartta-kiertotalouteen-2016-2025/#mista-on-kyse>. Viitattu 4.1.2023.

Sitra 2022B. Luontokato voidaan pysäyttää kiertotalousratkaisuilla – ruoka ja maatalous avainasemassa - Sitra. Viitattu 23.11.2022.

STT Info 2023. [Kestävä kiertotalous etenee - Biolan Oy:n Euran biokuitutehdas valmis | ELY-keskukset \(sttinfo.fi\)](#). Viitattu 6.4.2023.

Sähköposti 9.12.2022. Ympäristöpäällikkö Savola Ari, Pori Energia Oy.

Tiiri, Maiju 2019. Sivuvirrasta raaka-aineeksi: Elintarviketeollisuuden biosivuvirrat Satakunnassa. Satafood Kehittämisyhdistys ry.

Tilastokeskus 2021. Energian hankinta ja kulutus. [Venäjältä tuodun energian osuus 34 % energian kokonaiskulutuksesta vuonna 2021 - Tilastokeskus \(stat.fi\)](#).

Tulli 2022. Tiedote: [Kiintiöt eräille lannoitteille Venäjältä \(päivitetty 11.7.\) - Tulli](#). Viitattu 4.1.2023.

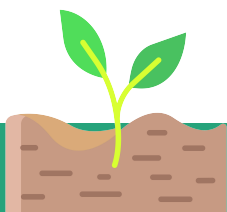
Turun Sanomat 2019. <https://www.ts.fi/uutiset/4727750>. Viitattu 12.4.2023.

Työ- ja elinkeinoministeriö 2022A. <https://tem.fi/elintarkeiden-toimintojen-turvaaminen>. Viitattu 4.1.2023.

Työ- ja elinkeinoministeriö 2022B. <https://tem.fi/venajan-hyokkays-ukrainaan>. Viitattu 4.1.2023.

Uusiouutiset 2022. [Kierrätyksen lisäämiselle uusia tavoitteita ja toimenpiteitä: Uusi jätesuunnitelma pohjaa kiertotalouteen - Uusiouutiset](#). Viitattu 23.11.2022.

Valtioneuvosto 2023. [Ravinteiden kierrätyksen investoinneille ja kokeiluille tarjolla huomattavan paljon tukea](#). Viitattu 5.4.2023.



Valtioneuvoston periaatepäätös 2021. Valtioneuvoston periaatepäätös kiertotalouden strategisesta ohjelmasta. Viitattu 4.1.2023.

Valtiovarainministeriö 2022. <https://vm.fi/kestava-kasvu>. Viitattu 4.1.2023.

VSS Biopower Oy 2023. www.vssbiopower.fi. Viitattu 12.4.2023.

Vähäsantanen, Saku 2022. SATAKUNNAN TALOUS. Nykytila ja lähiajan näkymät 39.

WoodGrow 2023. <https://woodgrow.fi/>. Viitattu 28.6.2023.

Ympäristölupa 2019. Juhani Jaakkolan biokaasulaitoksen ympäristölupa 223/64.641/2019. Etelä-Satakunnan ympäristölautakunta.

Ympäristölupa 2022. Vanadiinin talteenottolaitoksen ympäristölupa ja toiminnan aloittamislupa. Dnro ESAVI/41865/2021.

Ympäristöministeriö 2022A. Kiertotalouden edistäminen EU:ssa.

Ympäristöministeriö 2022B. <https://ym.fi/kiertotalouden-green-deal>. Viitattu 23.11.2022.

Ympäristöministeriö 2022C. [Ravinteiden huoltovarmuuden turvaamiseksi uutta rahoitusta investointeihin sekä tutkimukseen, kehitykseen ja innovaatioihin](#). Viitattu 14.3.2023.

Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:13. Kierrätyksestä kiertotalouteen: Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2027.

Yhteiskunnan turvallisuusstrategia 2017. Valtioneuvoston periaatepäätös.

