



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2021

# Innovatiivinen ruokajärjestelmä

Tutkimusohjelman loppuraportti

Titta Kotilainen, Katri Kärkkäinen, Sari Mäkinen, Jyrki Niemi, Matti Pastell  
ja Johanna Vilkki (toim.)

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2021

# Innovatiivinen ruokajärjestelmä

Tutkimusohjelman loppuraportti

Titta Kotilainen, Katri Kärkkäinen, Sari Mäkinen, Jyrki Niemi, Matti Pastell  
ja Johanna Vilkki (toim.)

## **Viittausohje:**

Kotilainen, T., Kärkkäinen, K., Mäkinen, S., Niemi, J., Pastell, M. & Vilkki, J. (toim.). 2021. Innovatiivinen ruokajärjestelmä : Tutkimusohjelman loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 60 s.

## **Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:**

Niemi, J. 2021. Ruokajärjestelmä on merkittävä osa kansantaloutta. Julkaisussa: Kotilainen, T., Kärkkäinen, K., Mäkinen, S., Niemi, J., Pastell, M. & Vilkki, J. (toim.). Innovatiivinen ruokajärjestelmä : Loppuraportti 2016–2020. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 6–7.

Johanna Vilkki, ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-7480-842X>



ISBN 978-952-380-186-8 (Painettu)

ISBN 978-952-380-187-5 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-187-5>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Titta Kotilainen, Katri Kärkkäinen, Sari Mäkinen, Jyrki Niemi, Matti Pastell ja Johanna Vilkki (toim.)

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2021

Julkaisuvuosi: 2021

Kannen kuva: Katja Tähjä / Luken kuva-arkisto

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

## Tiivistelmä

Titta Kotilainen, Katri Kärkkäinen, Sari Mäkinen, Jyrki Niemi, Matti Pastell ja Johanna Vilkki

Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki  
etunimi.sukunimi@luke.fi

Innovatiivinen ruokajärjestelmä- tutkimusohjelman (InnoFood), 2016–2020, visiona on ollut tuottaa ratkaisuja kestävään ruokajärjestelmään, jossa tuotettu ruoka on terveellistä ja sen tuotanto ja kulutus tapahtuvat kestävästi luonnonvaroja säästäen sekä niitä optimaalisesti käyttäen ja kierrättäen. Ohjelmassa toimittiin neljällä fokusalueella, joiden tavoitteina oli: 1) Arvioida ja edistää uusia tuotantomenetelmiä (genomiikka ja jalostus, teknologiat) 2) Parantaa eläintuotantoketjun kestävyttä ja kilpailukykyä, 3) Lisätä kasvintuotannon kilpailukykyä ja viljelyjärjestelmien monimuotoisuutta sekä 4) Kehittää terveellisiä ja kestäviä korkean lisäarvon ruoka- ja rehukonsepteja. Ohjelmakauden aikana Luke uudisti voimakkaasti tutkimusprofiiliaan, toimipaikkarakennettaan ja tutkimusalustojaan. InnoFood -ohjelma osallistui aktiivisesti tutkimuksen strategisesta suuntaamisesta ja tutkimusalustoista käytyyn keskusteluun, suunnitteluun ja toteutukseen. Ohjelman pitkäjänteinen toiminta tulee jatkumaan Luken uuden ohjelmarakenteen kaikkiin ohjelmiin integroituneena.

InnoFood -ohjelma toimi tiiviissä yhteistyössä BioSociety -ohjelman (Kestävä luonnonvaratalous yhteiskunnassa) kanssa, ja onkin vaikea erottaa näiden kahden ohjelman rooleja ruokajärjestelmän kehittämisessä. Erityisesti kestävyteen ja kiertotalouteen liittyvät aiheet ovat olleet yhteistä tekemistä. Osa tämän loppuraportin teksteistä on BioSocietyn asiantuntijoiden tuottamia. InnoFood onnistui hienosti ulkopuolisen rahoitusosuuden kasvattamisessa: mm. EU:n H2020 ohjelmasta saatiin neljä koordinoitavaa hanketta, ja lisäksi oltiin partnerina 16 H2020-hankkeessa. Suomen Akatemian rahoitusosuus kasvoi erityisesti ohjelmakauden loppua kohden. Asiakasrahoituksen kasvattamisessa ohjelma on ollut Lukessa edelläkävijä, vuonna 2019 saavutettiin jo yli 3 miljoonan euron asiakasrahoitus. Lisäksi Luken strategisella rahoituksella pyrittiin vahvistamaan osaamista tärkeiksi arvioiduilla tulevaisuuden aloilla, kuten mikrobien ja mikrobiyhteisöjen tutkimus, hyönteisten hyödyntäminen kiertotaloudessa, luomututkimus ja genomien editointi.

Viestinnällä on ollut keskeinen rooli tutkimustulosten ja tutkimuksen tarjoamien ratkaisujen esiintuomisessa. Viestiä ratkaisusta kestävään ruokajärjestelmään on välitetty niin mediatiedotteissa, podcasteissa, blogeissa kuin suuremmissa tapahtumissa, webinaareissa ja yksittäisten hankkeiden pellonpiennartapatumissa. Merkittävää on ollut tutkijoiden osallistuminen yhteiskunnalliseen keskusteluun niin lehtien sivuilla, sosiaalisessa mediassa kuin useissa tapahtumissa. Keskustelut ja tutkimustiedon jalkauttaminen suoraan maatilayrittäjille jatkuu muun muassa Luken vetämässä, alkuvuodesta käynnistyneessä AgriHubi-verkostossa, joka kokoaa yhteen alan maatilayritysten neuvonnan, tutkimuksen ja koulutuksen. Verkoston tavoitteena on edistää maatilayritysten kilpailukykyä ja uudistumista.

**Asiasanat:** Ruokajärjestelmä, kiertotalous, kestävyys, ruoantuotanto, teknologia

# Sisällys

<b>1. Ruokajärjestelmä on merkittävä osa kansantaloutta .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Innovatiivinen ruokajärjestelmä -ohjelma.....</b>	<b>8</b>
2.1. Ohjelman tavoitteet .....	8
2.2. Ohjelman toiminta.....	9
2.3. Ohjelmalla on tärkeä rooli tiedon välittäjänä.....	10
<b>3. Kotieläintuotanto.....</b>	<b>12</b>
3.1. Tutkimuksella kestävämpää eläintuotantoa .....	12
3.2. Kotieläintuotannon ympäristövaikutusten vähentäminen.....	12
3.2.1. Eläinjalostus kehittää eläinainesta .....	13
3.2.2. Ruokintatutkimus tehostaa ravinteiden hyväksikäyttöä ja alentaa metaanipäästöjä14	
3.3. Pienemmät ympäristövaikutukset tehokkaalla nurmentuotannolla.....	15
3.3.1. Nurmiviljelyn kasvihuonekaasutaseet .....	16
3.3.2. Nurmen viljely.....	16
3.3.3. Huuhtoumat ja ravinnekierto.....	17
3.4. Ratkaisuja hyvinvoinnin arviointiin ja parantamiseen.....	17
3.5. Tavoitteena eläintuotannon kokonaiskestävyys .....	17
3.6. Tuotantotapa vaikuttaa maidon ja maitotuotteiden laatuun .....	18
<b>4. Kasvintuotanto.....</b>	<b>20</b>
4.1. Maaperä, peltomaan tila ja kestävä käyttö .....	20
4.1.1. Viljelykiertojen monipuolistamiseen kannustava vuorovaikutteinen suunnittelutyökalu VILKAS.....	21
4.1.2. Kansainvälistä yhteistyötä maaperätutkimuksessa .....	21
4.2. Viljelymenetelmät ja -järjestelmät maataloudessa .....	22
4.2.1. Maatalouden päästöt vähenevät muuttamalla toimintatapoja ja maankäyttöä .....	22
4.2.2. Erikoiskasvien viljely kiinnostaa – avainasemassa ratkaisut satotasojen nostamiseen ja viljelyvarmuuden parantamiseen.....	23
4.3. Kasvitaudit ja tuholaiset .....	25
4.3.1. Terve viljelykasvusto pienentää ravinteiden huuhtoutumisriskiä ja parantaa kannattavuutta.....	25
4.3.2. Hometoksiinit kuriin taudinkestävyysjalostuksen työkaluja kehittämällä .....	26
4.3.3. Viljelykierto ja nostoaika vaikuttavat porkkanan varastotauteihin – Mikrobitutkimuksesta etsitään uusia keinoja taudinhallintaan.....	27
4.4. Puutarhakasvien tuotantomenetelmien kehittäminen .....	28
4.4.1. Luomuvihannesten kasvihuonetuotannon ja arvoketjun edistäminen .....	28

<b>5. Geneettinen monimuotoisuus maatalouden alkutuotannossa .....</b>	<b>30</b>
5.1. Eläingenivarat.....	30
5.2. Kasvigenivarat.....	31
5.3. Mikrobit .....	32
<b>6. Kiertotalous ruokajärjestelmässä .....</b>	<b>34</b>
6.1. Lisäarvoa ja uusia tuotteita sivujakeista ja ylijäämistä.....	34
6.1.1. Sivutuotteiden laadunhallintaan uusia keinoja tutkimuksella .....	35
6.1.2. Tähtäimessä raaka-aineiden kokonaisvaltainen hyödyntäminen.....	35
6.1.3. Luontaisia säilyvyyden parantajia, väri- ja aktiivaineita ylijäämistä ja sivutuotteista.....	35
6.1.4. Kalasivuvirrat arvotuotteiksi .....	36
6.2. Ravinteiden kierrätys ja biokaasu .....	37
6.3. Uudet kasvualustat kiertotaloudessa .....	38
6.4. Ruokahävikin vähentäminen ja käyttömahdollisuudet .....	39
6.4.1. Kohti systemaattista ruokahävikin seuranta ja vähentämistä ruokaketjussa.....	39
6.4.2. Seurantajärjestelmä elintarvikejätteelle ja ruokahävikille .....	39
6.5. Luke Circles- kiertue tutustutti kiertotalousosaamiseen.....	41
6.6. Tulevaisuuden näkymät.....	42
<b>7. Uudet teknologiat ja työkalut .....</b>	<b>43</b>
7.1. Genomiikan ja jalostuksen uusia työkaluja .....	43
7.2. Mikrobiomien tutkimus .....	45
7.3. Digitalisaatio .....	46
7.4. Robotiikka ja dronit.....	46
7.5. Täsmäkoti-eläintuotanto.....	47
7.6. Teknologiakehitystä kasvintuotannossa .....	48
<b>8. Tulevaisuuden ruokajärjestelmä .....</b>	<b>50</b>
8.1. Ruokajärjestelmän toimivuus, tehokkuus ja vastuullisuus .....	50
8.2. Ruokavalio vaikuttaa ympäristöön.....	51
8.3. Kasviproteiini on ruokamaailman megatrendi .....	53
8.4. Ruokamurroksella kohti kestäväää ruokajärjestelmää.....	54
<b>9. Kansainvälisyys.....</b>	<b>56</b>
9.1. EU-hankkeet.....	56
9.2. Afrikka-hankkeet .....	57
9.3. Asiantuntijatehtävät .....	59
<b>10. Asiakastyö.....</b>	<b>60</b>

# 1. Ruokajärjestelmä on merkittävä osa kansantaloutta

Jyrki Niemi

Ruoka-alan, eli maatalouden, elintarviketeollisuuden, elintarvikkeiden tukku- ja vähittäiskaupan sekä ravitsemispalveluiden vaikutus Suomen kansantaloudelle on merkittävä. Ruoka-ala tuottaa kansantaloudelle arvonlisäystä runsaalla 15 miljardilla eurolla (Kuva 1). Tämä on yli seitsemän prosenttia koko maan arvonlisäyksestä. Eniten arvonlisäystä, runsaat 3 miljardia euroa, muodostuu alan toimialoista elintarvikekaupassa tukku- ja vähittäiskauppa yhteen laskien. Vuonna 2019 ravitsemispalveluiden 2,9 miljardin euron arvonlisäys ylitti hieman elintarviketeollisuuden 2,8 miljardin euron arvonlisäyksen. Maatalouden perushintainen arvonlisäys oli puolestaan 1,2 mrd. euroa vuonna 2019.

Maatalouden, elintarviketeollisuuden, elintarvikekaupan ja ravitsemistoiminnan lisäksi muut alat kotimaassa osallistuvat välillisesti ruoka-alan tuotantoon tuottaessaan näille tavaroita ja palveluita. Ruoka-alan välituotekesyntä saa aikaan arvonlisäystä muilla aloilla yli 5 mrd. euron arvosta. Käytännössä elintarvikeketjun tuotantovaikutukset yltyvät kaikille aloille teollisuutta, kuljetusta, kauppaa, energiantuotantoa sekä vesi- ja jätehuoltoa myöten. Osa tavara- ja palveluhankinnoista on myös tuontia ulkomailta.

Ruoka-alan omat investoinnit ovat kotimaassa yli 2 mrd. euroa vuodessa, ja ne puolestaan laajentavat tuotantovaikutukset investointihyödykkeitä tuottaviin aloihin. Maatalous koneineen, rakennuksineen ja peltoineen on erityisen pääomavaltainen elinkeino. Vuonna 2018 maatalouden kokonaisinvestointien arvo oli 1,2 mrd. euroa, joka on 2,7 % kansantalouden investoinneista. Sekä elintarviketeollisuuden että elintarvikekaupan investoinnit olivat puolestaan molemmat noin 0,6 mrd. euroa. Ravitsemistoiminnan investoinnit ovat olleet vuositasolla noin 0,1 mrd. euroa.

Ruoka-ala työllistää yli 320 000 henkeä, mikä on 12 prosenttia Suomen kaikista työllisistä. Kokonaisuuteen on tällöin laskettu alan tuotannossa työskentelevien (240 000) lisäksi kotimaan hankintojen kautta välillisesti työllistyvät (80 000). Välillisesti ruoka-ala työllistää eniten palvelualojen erilaisissa tuotannon ja liikkeenjohdon tukitoimissa, liikenteessä, kaupassa sekä rakentamisessa.



**Kuva 1.** Ruoka-alan toimijoiden tuottama arvonlisäys Suomen kansantaloudessa 2019.

Maataloudessa työllisiä oli kansantalouden tilinpidon mukaan 64 300 henkilöä vuonna 2019 eli 2,4 % kaikkien alojen työllisistä. Maatalouden työllisistä yrittäjiä oli 51 900 ja palkansaajia 12 400 henkilöä. Elintarviketeollisuuden työllisiä oli 38 200 henkilöä vuonna 2019 eli 1,4 % kaikkien alojen työllisistä. Ravitsemistoiminnassa työllisiä oli 77 200 henkilöä eli 2,9 % työllisistä vuonna 2019.

Maataloustuotteiden ja elintarvikkeiden osuus koko tavaraviennin arvosta on 2,4 % ja tavaratuonnin arvosta 7,9 %. Vuonna 2020 maataloustuotteita ja elintarvikkeita vietiin Suomesta yhteensä 1,7 mrd. euron arvosta, mikä on kaikkien aikojen ennätys. Viennin kasvu hidastui kuitenkin edellisestä vuodesta. Vuonna 2019 vienti kasvoi peräti 13 prosenttia edellisvuodesta, mutta viime vuonna kasvu jäi runsaaseen kahteen prosenttiin. Venäjän vuonna 2014 asettamat pakotteet ovat ravistelleet Suomen elintarvikevientiä ja saaneet yritykset kohdistamaan myyntiään muille markkinoille. Prosessi on kestänyt vuosia ja runsaat julkiset ja yksityiset panostukset elintarvikevientiin näyttävät vihdoinkin vuosien 2019 ja 2020 ennätystuloksissa.

Vienninedistämisessä on silti tehtävää, sillä vuonna 2020 maataloustuotteita ja elintarvikkeita tuotiin Suomeen 5,3 miljardin euron arvosta, joten elintarvikekaupan alijäämä on edelleen lähes 3,6 miljardia euroa. Maataloustuotteiden ja elintarvikkeiden tuonnin kasvu on kuitenkin hidastunut merkittävästi vuodesta 2013 lähtien ja kasvanut viime vuosina hyvin maltillisesti.

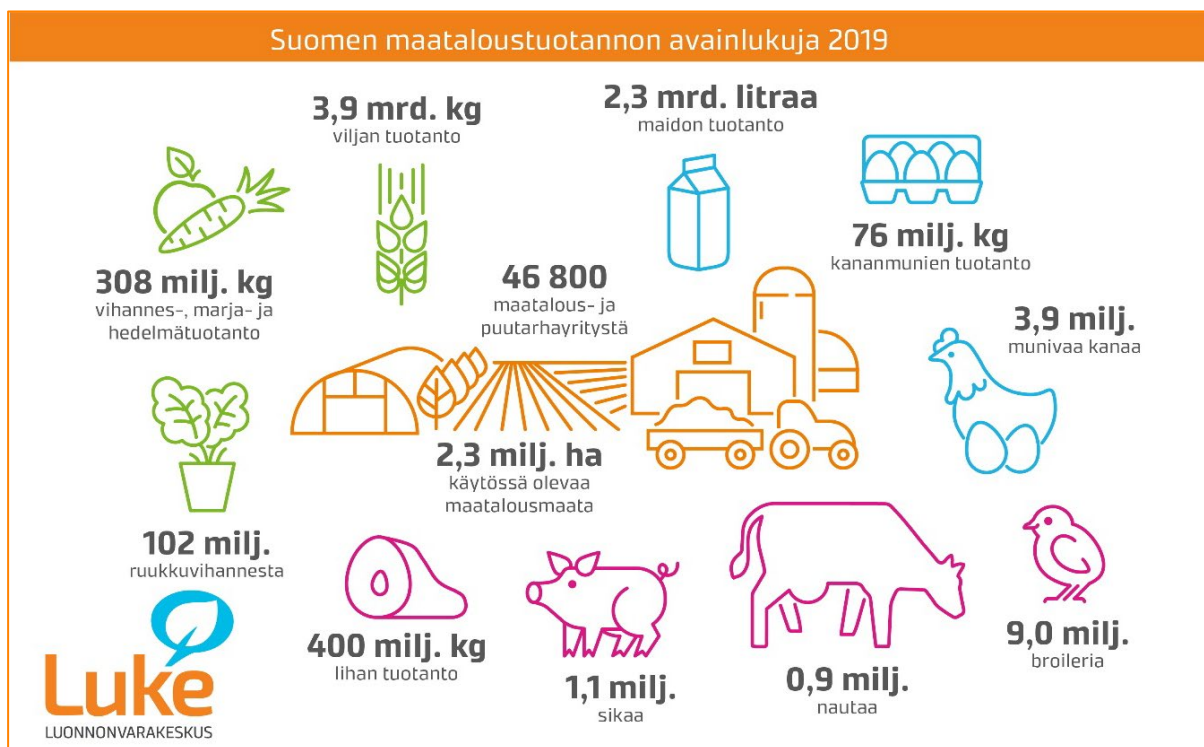
Ruoka-ala tuo muutakin kuin elintarvikkeita, sillä toimialat käyttävät tuotannossaan tuontituotteita. Maatalous esimerkiksi tuo kasvinsuojeluaineita, ja kaikki alat tarvitsevat tuontienergiaa. Myös ruoka-alalle välituotteita valmistavat kotimaiset alat tuovat tavaroita ja palveluja tuotantoon varten. Ruoka-alan kotimaisuusaste on kuitenkin edelleen korkea, lähes 80 %, kun alaa tarkastellaan euromääräisin tuotanto- ja tuontiluvuin. Ruoantuotannossa on paljon kotimaista työtä.



## 2. Innovatiivinen ruokajärjestelmä -ohjelma

Johanna Leppänen, Titta Tapiola, Johanna Vilkki

Innovatiivinen ruokajärjestelmä- tutkimusohjelman (InnoFood, 2016–2020) keskeisenä visiona on ollut kestävä ruokajärjestelmä, jossa tuotettu ruoka on terveellistä ja sen tuotanto ja kulutus tapahtuvat kestävästi luonnonvaroja säästäen sekä niitä optimaalisesti käyttäen ja kierrättäen. Tämä edistää kiertotaloutta sekä luo lisäarvoa ja kannattavuutta koko ruokajärjestelmään.



**Kuva 2.** Suomen maataloustuotannon avainlukuja 2019. Maatalouden markkinahintaisesta tuotosta vuonna 2017 kotieläintuotannon osuus oli lähes puolet, peltokasvituotannon osuus vajaa 30 % ja kasvihuone- ja avomaatuotannon osuus noin 20 %.

### 2.1. Ohjelman tavoitteet

InnoFood-ohjelman sisältöön ovat vaikuttaneet niin kansalliset (MMM Ruoka2030: Suomi-ruokaa meille ja maailmalle: "Vuonna 2030 suomalaiset kuluttajat syövät kestävästi ja eettisesti tuotettua kotimaista, maukasta, terveellistä ja turvallista ruokaa") kuin kansainväliset strategiat (EU FOOD2030, "4 per 1000") ja maataloutta koskevat sopimukset ja säädökset (CAP), sekä YK:n kestävä kehityksen tavoitteet (sustainable development goals, SDG).

Ohjelman fokusalueiden tavoitteina oli

- Arvioida ja edistää uusia tuotantomenetelmiä (genomiikka ja jalostus, teknologiat)
- Parantaa eläintuotantoketjun kestävyttä ja kilpailukykyä
- Lisätä kasvintuotannon kilpailukykyä ja viljelyjärjestelmien monimuotoisuutta
- Kehittää terveellisiä, kestäviä, korkean lisäarvon ruoka- ja rehukonsepteja

Kaikki osa-alueet kattavia tavoitteita olivat resurssitehokkuus, ilmastoviisaat ratkaisut, kiertotalouden edistäminen, teknologian ja digitaalisuuden hyödyntäminen ja kokonaisvaltainen näkökulma kestävyteen, vastuullisuuteen ja kilpailukykyyn.

Ohjelman rakennetta uudistettiin vuonna 2017 ja strategiatyössä 2018, jolloin osallistettiin tutkijoita yhdessä ohjelman neuvottelukunnan kanssa (Stakeholder Advisory Board) määrittämään ohjelman tavoitteita ja luomaan fokusalueiden tiekarttoja niiden saavuttamiseksi. Tavoitteeksi kaudelle 2018–2020 valittiin tieteeseen perustuvien ratkaisujen tuottaminen kolmeen pääteemaan:

1. Resurssiviisas ja hiilineutraali kotieläintuotanto
2. Boreaalisen alueen resilientti kasvintuotanto
3. Lisäarvotuotteita maatalouden ja vesiviljelyn sivuvirroista

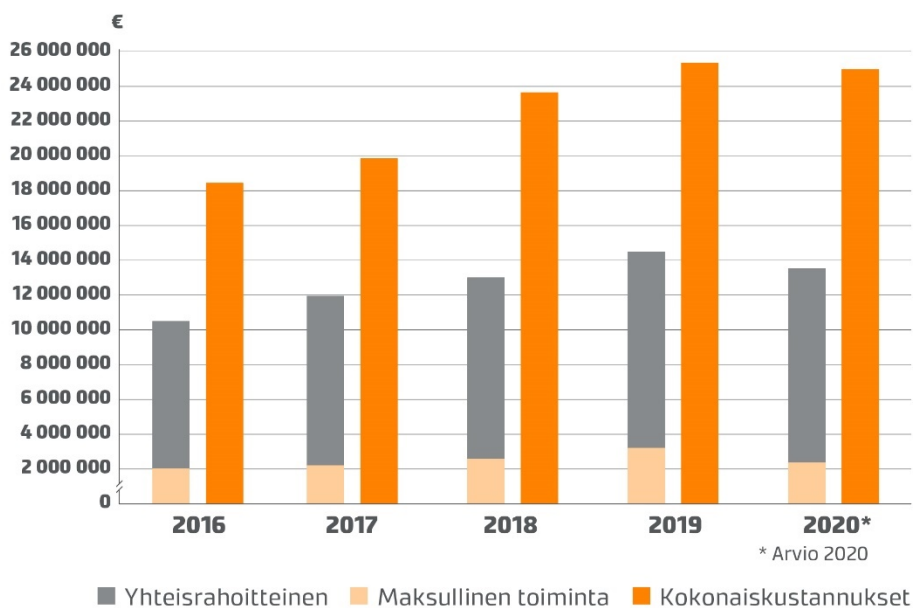
## 2.2. Ohjelman toiminta

Luken sisäinen strateginen rahoitus on ollut ohjelman keskeinen työkalu tutkimuksen suuntaamisessa. Ohjelman tavoitteita noudattaen valittiin strategisen rahoituksen teemat vuosille 2018 ja 2019. Lisäksi strategisella rahoituksella pyrittiin vahvistamaan teknologista osaamista tärkeiksi arvioiduilla tulevaisuuden aloilla, kuten mikrobien ja mikrobiyhteisöjen tutkimus, hyönteisten hyödyntäminen kiertotaloudessa, luomututkimus ja genomien editointi. Vuoden 2020 strategisen rahoituksen teemat määritettiin jo Luken uuden strategian (2020–2025) mukaisesti.

Ohjelma onnistui hienosti ulkopuolisen rahoitusosuuden kasvattamisessa: mm. EU:n H2020 ohjelmasta saatiin neljä koordinoitavaa hanketta, joista kaksi kohdistuu ruokajärjestelmän kehitystyöhön Afrikassa. Luke on lisäksi partnerina 16 ohjelman aihepiiriin kuuluvassa H2020-hankkeessa. Suomen Akatemian rahoitusosuus kasvoi erityisesti ohjelmakauden loppua kohden, osittain Covid-19 pandemian kriisirahoituksen ansiosta. Business Finland-rahoitus on pysynyt valitettavan matalalla tasolla. Asiakasrahoituksen kasvattamisessa ohjelma on ollut Lukessa edelläkävijä, vuonna 2019 saavutettiin jo yli 3 miljoonan euron asiakasrahoitus.

InnoFood -ohjelma toimi tiiviissä yhteistyössä BioSociety -ohjelman (Kestävä luonnonvaratalous yhteiskunnassa) kanssa, ja osittain on vaikea erottaa näiden kahden ohjelman rooleja ruokajärjestelmän kehittämisessä. Järjestimme useita yhteisiä työpajoja hankevalmisteluista esimerkiksi Horizon 2020-hakuihin liittyen, ja monet rahoitusta saaneet hankkeet sisälsivät teki-joita molemmista ohjelmista. Erityisesti kestävyteen ja kiertotalouteen liittyvät aiheet ovat olleet yhteistä tekemistä. Covid-19 pandemian johdosta ohjelmien yhteistyönä analysoitiin, millaisia lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutuksia pandemialla on maatalous- ja elintarviketuotantoon ja ruokajärjestelmään.

Ohjelma osallistui myös kansallisten strategioiden valmisteluun: vuonna 2018 valmistui Luken johdolla [kansallinen lypsykarjatutkimuksen strategia](#), ja maaliskuussa 2021 Suomelle VTT:n vetämänä [kansallinen ruokatutkimuksen strategia](#), jonka valmistelussa Lukella oli merkittävä rooli.



**Kuva 3.** Innovatiivinen ruokajärjestelmä -tutkimusohjelman ulkopuolinen rahoitusosuus (yhteisrahoitteinen ja asiakastoimeksiannot) sekä hankkeiden kokonaiskustannukset vuosilta 2016–2020. Ulkopuolisen rahoituksen osuus on ollut n. 60 % kokonaiskustannuksista.

Ohjelmakauden aikana Luke uudisti voimakkaasti tutkimusprofiiliaan, toimipaikkarakennettaan ja tutkimusalustojaan. Vaikutukset kohdistuivat erityisesti maa- ja metsätalouden alkutuotantoon. Ohjelman asiantuntijat osallistuivat aktiivisesti tutkimuksen strategisesta suuntaamisesta ja tutkimusalustoista käytyyn keskusteluun ja suunnitteluun. Ohjelmakauden aikana tehtiin päätökset Agrifood 2.0 -kokonaisuudesta, johon sisältyy sekä peltokasvi-, puutarha- että kotieläintutkimusalustojen uudistus. Eniten työtä tuotti NewBarn- suunnittelu, jonka tuloksena Jokioisille rakentuu vuonna 2022 moderni kotieläintutkimusalusta, joka käsittää sekä lypsykarjanavetan että yksimahaisten ja pienien märehitijöiden tutkimustilat. Myös kasvihuonetutkimusalustojen uudistaminen on aloitettu. Fokusalueet järjestivät Luken sisäisiä tutkimusseminaareja ajankohtaisista aiheista, sekä avoimia työpajoja ja webinaareja. Suuriin tutkimushakuihin valmistautumiseksi järjestettiin suunnittelutyöpajoja yhdessä muiden ohjelmien kanssa.

### 2.3. Ohjelmalla on tärkeä rooli tiedon välittäjänä

Viestinnällä on ollut keskeinen rooli tutkimustulosten ja tutkimuksen tarjoamien ratkaisujen esiintuomisessa. InnoFoodin viestiä kestävästä ruokajärjestelmästä on välitetty niin mediatiedotteissa, podcasteissa, blogeissa kuin suuremmissa tapahtumissa, webinaareissa ja yksittäisten hankkeiden pellonpiennartapatumissa. Suuri ohjelman tutkimusta kokoava tapahtuma osana [Luke Circles](#) -kiertuetta (2019) oli Ruoka-areena, jossa tarkasteltiin keinoja, joilla Suomi voi olla vastuullisen ruokaketjun ja kestävä biotalouden kilpailukykyinen edelläkävijä. Tilaisuuteen osallistui paikan päällä ja etäyhteyksillä noin 300 henkilöä. Vuoden 2020 aikana järjestettiin yhdeksän markkinoinnillista webinaaria, joiden tavoitteena oli tuoda Luken osaamista kiinnostavasti yrityspintaan. Webinaareihin osallistui lähes 550 henkilöä.

Ohjelmakauden aikana Luke on nostanut profiiliaan julkisuudessa erityisesti alkutuotannon asiantuntijana. Alkutuotanto, erityisesti eläintuotanto, on noussut voimakkaasti otsikoihin ja osaksi somekeskusteluja. Näihin keskusteluihin Luke on osallistunut muun muassa järjestämällä

[Naudat, ilmasto ja ympäristö -seminaarin](#) tammikuussa 2020. Seminaarissa avattiin maidon- ja naudanlihantuotannon haasteita ilmaston ja ympäristön kannalta sekä tuotiin esiin kestäviä ratkaisuja. Aiheen käsittelyä jatkettiin [Nurmi ja nauta -etätutkimuspäivässä](#) elokuussa 2020 sekä [artikkelissa](#), jossa avattiin nurmen roolia hiilensidonnassa näkökulmasta.

Ilmasto- ja ympäristöaiheista viestittiin muun muassa RuokaMinimi-hankkeessa, jonka loppuseminaarissa esitettiin hallittu muutos kohti ravitsemuksellisesti täysipainoista ja ilmastoystävällistä ruokavaliota sekä sen vaatimia ruokajärjestelmän läpi vaikuttavia toimenpiteitä. Hankkeen aikaista viestintää kohdistettiin erityisesti päättäjille. Nykyistä monipuolisempaa, omavaraisempaa, terveellisempää sekä ympäristöystävällisempää proteiinijärjestelmää tavoittelevan [ScenoProt-hankkeen](#) viestintää ja vuorovaikutusta toteutettiin verkkosivustolla, sosiaalisessa mediassa sekä lukuisissa seminaareissa, mediatilaisuuksissa ja työpajoissa suomeksi ja englanniksi. Hanke julkaisi kaksi politiikkasuositusta. Viimeisin suositteli maltillista ruokavaliomuutosta, joka hankkeessa todettiin kuluttajille helpoksi ja ympäristöä vähemmän kuormittavaksi. Luke on näkynyt myös ohjelmakauden aikana puheenaiheeksi nousseessa ruokahävikkipöytäkeskustelussa. InnoFood-ohjelman loppupuolella muun muassa julkistettiin [Ruokahävikki-tiekartta](#), joka auttaa ruokaketjun toimijoita vähentämään hävikkiä ketjun kaikissa vaiheissa.

Edellä olevat nostot kuvaavat vain pientä osaa ohjelmaan liittyvän tutkimuksen viestinnästä. Ohjelmakauden aikana erilaisia viestintätoimia oli satoja, ja aiheet vaihtelivat esimerkiksi puutarhatuotannosta uusiin teknologioihin, geenitutkimuksesta maaperän mikrobeihin ja hyönteisruoasta kiertotalouden ratkaisuihin. Merkittävää on ollut tutkijoiden osallistuminen yhteiskunnalliseen keskusteluun niin lehtien sivuilla, sosiaalisessa mediassa kuin useissa tapahtumissa. Keskustelut ja tutkimustiedon jalkauttaminen suoraan maatilayrittäjille jatkuu muun muassa Luken vetämässä, alkuvuodesta käynnistyneessä [AgriHubi-verkostossa](#), joka kokoaa yhteen alan maatilayritysten neuvonnan, tutkimuksen ja koulutuksen. Verkoston tavoitteena on edistää maatilayritysten kilpailukykyä ja uudistumista.



**Kuva 4.** Ohjelman asiantuntijoiden avustuksella koostettiin maa- ja metsätalousministeriölle tulevaisuuden ruokajärjestelmää koskevaa tiedotuskampanjaa.

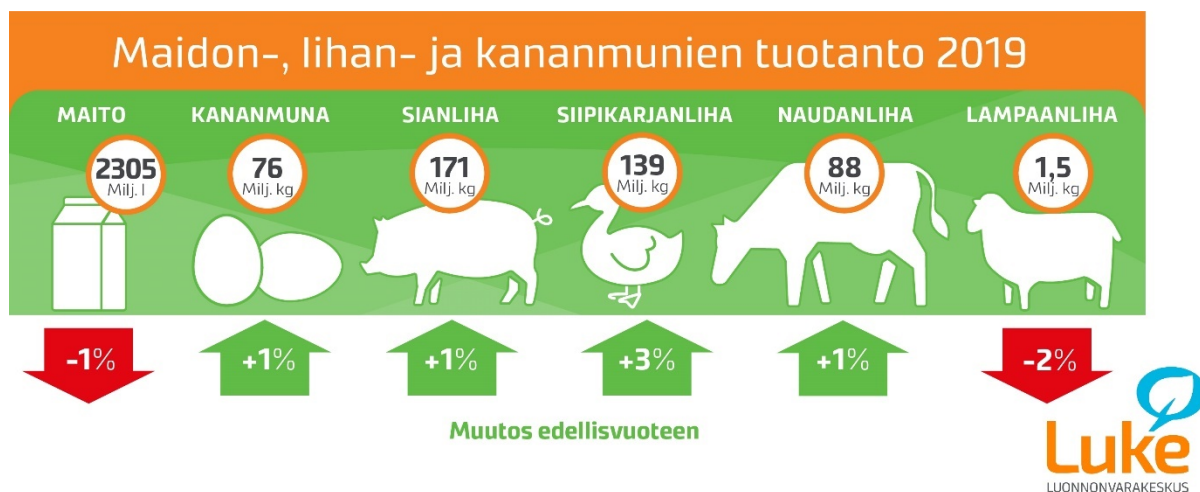
### 3. Kotieläintuotanto

Mikko Järvinen, Liisa Keto, Esa Mäntysaari, Jarkko Niemi, Marketta Rinne, Tuomo Tupasela, Sirja Viitala, Perttu Virkajärvi, Matti Pastell

#### 3.1. Tutkimuksella kestävämpää eläintuotantoa

InnoFood-tutkimusohjelma kattaa kotieläintuotannon koko ketjun alkutuotannosta tuotteisiin. Tutkimuksessa erityisenä tavoitteena on ollut tuotannon kestävyuden parantaminen: kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämiseen on kehitetty ratkaisuja ruokinnassa, eläinjalostuksessa ja nurmentuotannossa. Ravinnepäästöjä on saatu vähennettyä ruokinnassa ja rehuntuotannossa ja eläinten hyvinvoinnin parantamiseen on löydetty uusia ratkaisuja. Näkökulmana on ollut kokonaiskestävyuden parantaminen ja koko tuotantojärjestelmän kehittäminen myös tuotannon kannattavuus huomioiden. Käytännössä tämä on tarkoittanut yhteistyötä eri tutkimusalojen välillä, eri näkökohtien yhteensovittamista ja yhteisten tavoitteiden muodostamista.

Nautakarjatalouden ohella myös sika- ja siipikarjatutkimuksen edellytyksiä, tuottavuutta ja kilpailukykyä on parannettu ohjelman aikana.



Kuva 5. Maidon- ja lihan- kananmunien kotimainen tuotanto 2019.

#### 3.2. Kotieläintuotannon ympäristövaikutusten vähentäminen

Tuotantoeläinten, lähinnä märehitijöiden, ruoansulatus on hiilidioksidiekvivalentteina mitattuna eloperäisten maiden maaperän päästöjen jälkeen maatalouden suurin päästölähde. Eläinten ruoansulatus tuotti vuonna 2018 päästöjä 2,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia, 13 prosenttia kaikista maatalouden päästöistä. Nautojen osuus tästä oli 1,9 miljoonaa tonnia.

Ruoansulatuksen metaanipäästöjä voidaan vähentää jalostamalla tehokkaampia, terveempiä ja pitkäikäisempiä nautoja sekä optimoimalla ruokintaa. Ruokinnan muutokset, kuten rasvan ja väkirehun osuuden kasvattaminen, saattavat vähentää nautojen ruoansulatuksen metaanipäästöjä, mutta samalla lisätä rehunkasvatuksesta aiheutuvia maaperän päästöjä tai lannan varastoinnin päästöjä. Lannan dityppioksidipäästöt vähenevät välttämällä typen ylikuokintaa niin nautoilla kuin muillakin tuotantoeläimillä. Lannankäsittelyketjussa päästöt vähenevät, kun metaanin ja typen haihtumista vähennetään koko ketjussa eläinsuojasta pellolle. Keinoja tähän

ovat muun muassa lannan jäähdytys ja nopea poisto eläinsuojasta sekä lietesäiliöiden kattaminen. Biokaasun tuotanto lannasta ja muu lannan prosessointi auttavat vähentämään ongelmia, jotka ovat syntyneet lannan ravinteiden ja hiilen keskittymisestä. Biokaasun tuotanto korvaa myös fossiilisia polttoaineita maatilojen energiankäytössä ja liikenteessä. Myös tuottaja hyötyy useimmista tuotantoeläinten ruoansulatuksen ja lannan päästöjen vähentämistoimista: tuottavuus lisääntyy, lannasta saadaan energiaa ja lannan ravinteet löytävät oikean paikkansa.

### 3.2.1. Eläinjalostus kehittää eläinainesta

Kotieläingenetiikan tutkimuksessa tutkimushankkeiden painotus on ollut tuotannon kokonaiskestävyydessä, tuotantoeläinten terveydessä ja hyvinvoinnissa. Tutkimusohjelman 14 lypsykarjanjalostukseen ja genetiikkaan kohdistunutta hankkeesta viisi liittyi jalostusarvostelujen, erityisesti genomista tietoa hyödyntävien terveys- ja hedelmällisyysarvostelujen kehittämiseen, neljä uusien geeniteknologisen menetelmien soveltamiseen (utare)terveyden, lisääntymis- ja hyvinvointiominaisuuksien parantamisessa, kaksi alkionsiirtoteknologioihin ja alkioiden genotyyppitykseen ja kaksi lypsylehmien resurssitehokkuuden ja maidontuotannon ekologisen kestävyyden parantamiseen. Tutkimusohjelman aikana lypsykarjan jalostustutkimuksen kaksi suurinta teknologiamurrosta ovat olleet genomisen tiedon hyödyntäminen jalostusohjelman keskeisenä informaatiolähteenä sekä tuotanto-ominaisuuksien kohdalla selkeä siirtyminen tuotannon määrästä tuotannon biologiseen hyötysuhteeseen.

Genomisissa arvosteluissa määritellään eläinten ilmiänsä ja DNA-merkkien yhteydet, minkä jälkeen vasikoista tai jopa alkioista voidaan määrittää samat DNA-merkit ja näiden perusteella laskea vasikan jalostusarvonennuste. Nykystandardin mukainen genomisen arvostelu tehdään noin 50 tuhannen genomiin tasavälein sijoittuneen SNP-merkin avulla. Luken genomiarvostelututkimuksen strateginen tavoite on ns. genomisen eläinmallin (single-step evaluation) kehittäminen ja hienosäätö. Tässä genomisen informaatio voidaan yhdistää nyt käytössä oleviin jalostusarvosteluihin joko eläinten välisinä genomisina sukulaisuussuhteina, tai sitten lisäämällä genotyyppitettyjen eläinten malliin suoraan niistä mitatut DNA-merkit. Arvostelujen laskennallista työtä helpottamaan olemme kehittäneet ns. single-step GTBLUP -menetelmän, jota on testattu sekä pohjoismaisissa arvosteluissa että tämän hetken maailman suurimmassa genomisessa arvostelussa eli Irlannin lihakarja-arvosteluissa. Menetelmä on osoittautunut parhaaksi laskentamenetelmäksi, kun arvosteluissa on 10 miljoonaa eläintä, joista lähes 2 miljoonaa on genotyyppitettyjä.

Maidontuotannon ekologisen kestävyyden tutkimushankkeet käynnistyivät Lukessa (MTT) jo 15 vuotta sitten. Tutkimustemme ja kehittämiemme arvostelumallien seurauksena lypsylehmien rehunkäyttökyky otettiin pohjoismaisen jalostusohjelman kokonaisjalostusarvoindeksiin vuonna 2019. Nyt ensimmäisessä vaiheessa käyttöön otettu ”rehunsäästö”-indeksi sisältää vain ns. lehmien ylläpitoenergiankäytön, mutta lähes valmiina on myös genomiseen informaatioon perustuva metabolista tehokkuutta mittaava osa maidontuotannossa toteutuvasta energiahyötysuhteesta. Työnjaossa yhteistyökumppanien (University of Aarhus ja Nordic Cattle Genetic Evaluation NAV) kesken Luken tehtävänä on ollut pohjoismaisen punaisen rodun (Suomen ayrshire, Ruotsin- ja Tanskan punaiset rodut) genomiarvostelujen kehittäminen. Rehunkäyttökyky mittaukset on tehty Luken Jokioisten ja Kuopion navetoissa sekä Helsingin Yliopiston Viikin karjassa ja genotyyppitystulokset ovat NAVn ja VikingGeneticsin tietokannoista.

Pohjoismaisissa tuotettavasta naudanlihasta saadaan yli 80 % maidontuotannon sivutuotteena: lypsylehmille syntyneistä sonnivasikoista ja poistetusta lehmistä. Mikäli naudanlihan omavaraisuutta halutaan nostaa nykyisestä 80 %:sta, ovat ainoa lisätuotannon mahdollisuus lihantuotantoon erikoistuneet pihvirodut. Emolehmien ja lihakarjan avulla voidaan hyödyntää myös

viljanviljelykseen kelpaamattomia huonokasvuisia peltoja ja luonnonnurmia. Emolehmätuotannon ympäristövaikutuksiin voidaan suuresti vaikuttaa oikealla eläinaineksella ja jalostusvalinnalla. Vuonna 2019 ohjelmassa käynnistyi hanke Naudanlihantuotannon omavaraisuuden ja tehokkuuden parantaminen genomivalinnalla. Tässä tavoitteena on rakentaa luotettavat genomiset jalostusarvostelut hyödyntäen sekä pohjoismaisia liharajan tarkkailueläimiä että myös tavallisilla tuotantotiloilla kasvatettuja eläimiä. Tarkkailun ulkopuolella kasvatettujen eläinten määrä on viisinkertainen, ja kattavan nautaeläinrekisterin ja Ruokaviraston teurastietokannan avulla myös näiden eläinten syntymätiedot, teurastiedot ja polveutuminen tunnetaan. Lihanjalostusteollisuuden alkutuotantoyksiköiden kanssa yhteistyössä olemme pystyneet genotyypittämään jo lähes 10 000 liharotuista sonnia ja emolehmää.

Mäntysaari, P., Mäntysaari, E.A., Kokkonen, T., Mehtiö, T., Kajava, S., Grelet, C., Lidauer, P. & Lidauer, M.H. 2019. Body and milk traits as indicators of dairy cow energy status in early lactation. *Journal of Dairy Science* 102: 7904–7916. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15792>

Negussie, E., Lehtinen, J., Mäntysaari, P., Bayat, A.R., Liinamo, A.-E., Mäntysaari, E.A. & Lidauer, M.H. 2017. Non-invasive individual methane measurement in dairy cows. *Animal* 11: 890–899. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002718>

Negussie, E., Mehtiö, T., Mäntysaari, P., Løvendahl, P., Mäntysaari, E.A. & Lidauer, M.H. 2019. Reliability of breeding values for feed intake and feed efficiency traits in dairy cattle: When dry matter intake recordings are sparse under different scenarios. *Journal of Dairy Science* 102: 7248–7262. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16020>

### **3.2.2. Ruokintatutkimus tehostaa ravinteiden hyväksikäyttöä ja alentaa metaanipäästöjä**

Ruokinnan ympäristövaikutukset ovat yhä enemmän esillä. Ravinteiden, erityisesti typen ja fosforin, hyväksikäytön lisäksi märehtijöiden pötsikäymisen tuottama metaani on ollut aktiivisen tutkimuksen kohteena. Metaanintuotantoon on pyritty vaikuttamaan perusruokinnan keinoin mm. väkirehun osuutta muuttamalla sekä käyttämällä pötsikäymiseen vaikuttavia rasvoja ja lisäaineita. Metaanintuotantoa selvästi vähentäviä taloudellisia ja turvallisia keinoja on kuitenkin ollut vaikea löytää.

Rehut ovat kotieläintuotannon suurin yksittäinen panos. Erityisesti valkuaisrehujen omavaraisuus on ollut paljon esillä, ja Covid19-pandemia on entisestään korostanut huoltovarmuuden merkitystä. Suomen nautaketju on soijavapaa, mutta käytetystä rypsivaluaisestakin valtaosa on tuontia. Palkoviljojen viljelyä ja rehukäyttöä on edistetty hankkeissa, mutta valkuaisrehujen omavaraisuuden lisääntyminen on ollut hidasta.

Lukessa on käynnistetty fermentoitujen rehujen mikrobiomitutkimus aluksi Luken strategisen projektin Silage Metagenomics turvin. Tutkimus jatkuu nyt Suomen Akatemian rahoittamassa hankkeessa ”Maitoketjun turvallisuuden ja kestävyysparantaminen uusien mikrobiomi- ja metabolomiikkamenetelmien avulla”. Työn tavoitteena on parantaa rehujen laatua ja selvittää rehujen laadun vaikutusta eläinten mikrobiomiin ja sitä kautta tuottavuuteen, terveyteen ja jopa tuotteiden laatuun.

Lukessa tehtävässä naudanhantuotannon tutkimuksessa kokonaisuus on pitänyt sisällään rehukasvien viljely-, korjuu-, säilöntä- ja varastointitutkimuksen ja niiden jatkona kasvavien lihanautojen ruokintakokeita. Ruokintakokeissa on tutkittu koerehujen vaikutusta eläinten kasvuun, teurasruhon koostumuksen ja naudanhunan laatuun. Tuotannon talous- ja

ympäristövaikutukset sekä eläinten hyvinvointi-, käyttäytymis- ja tuotantoympäristötutkimus ovat olleet keskeinen osa tutkimustoimintaa. Eri rehukasvien vertailussa mitatun rehusadon määrän (kg kuiva-ainetta/ha) sijasta usein parempi mittari on saavutettu eläintuotos rehun viljelyalaa kohti (kg lihaa/ha). Myös tuotannon ympäristövaikutusten arvioinnissa on keskeistä tarkastella koko tuotantoketjua pellolta tuotetuksi lihaksi saakka.

Sika- ja siipikarjatutkimuksessa neljässä hankkeessa on tehty yhteensä 10 erillistä tilaseurantaa, joihin on liittynyt tutkimuksellinen koasetelma. Lisäksi erikoisempia rehuosakomponentteja on testattu kontrolloiduissa pienimuotoisissa broilerikokeissa (Jokioinen/Koe-eläintalli) ja tämä on saamassa jatkoa vuonna 2021. Sikojen tilaseurantojen tuloksena todennettiin mahdollisuus ruokkia lihasikoja kotovaraisilla rehuilla ilman soijaa ja verrattiin sikojen tuotannollisia ominaisuuksia koko tuotantoketjussa elinkeinon päätöksenteon tueksi Suomen olosuhteisiin sopivimman sikaroturisteytyksen löytämiseksi. Lisäksi alustavien tulosten perusteella sikojen (tiineet emakot, lihasiat) rehufosforitasoa on mahdollista madaltaa ja siten vähentää fosforin erittymistä sian lantaan ja ympäristön raskasteeksi.

Huhtanen, P. & Huuskonen, A. 2020. Modelling effects of carcass weight, dietary concentrate and protein levels on the CH<sub>4</sub> emission, N and P excretion of dairy bulls. *Livestock Science* 232, 103896. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103896>

Perttilä, S. 2020. Ileal digestibility of amino acids for poultry: Doctoral Dissertation. Natural Resources Institute Finland (Luke). <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/546211>

Stefański, T., Ahvenjärvi, S., Vanhatalo, A. & Huhtanen, P. 2020. Ruminant metabolism of ammonia N and rapeseed meal soluble N fraction. *Journal of Dairy Science* 103(8): 7081–7093.

Seppälä, A., Rinne, M. & Huuskonen, A. 2019. Efficacy of different additives in ensiling faba bean and field pea based whole crop silages. *Agricultural and Food Science* 28(4): 165–175. <https://doi.org/10.23986/afsci.84737>

van Lingen, H.J., Niu, M., Kebreab, E., Valadares Filho, S.C., Rooke, J.A., Duthie, C.-A., Schwarm, A., Kreuzer, M., Hynd, P.I., Caetano, M., Eugène, M., Martin, C., McGee, M., O’Kiely, P., Hünerberg, M., McAllister, T.A., Berchielli, T.T., Messana, J.D., Peiren, N., Chaves, A.V., Charmley, E., Cole, N.A., Hales, K.E., Lee, S.-S., Berndt, A., Reynolds, C.K., Crompton, L.A., Bayat, A.-R., Yáñez-Ruiz, D.R., Yu, Z., Bannink, A., Dijkstra, J., Casper, D.P. & Hristov, A.N. 2019. Prediction of enteric methane production, yield and intensity of beef cattle using an intercontinental database. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 283, 106575. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106575>

### 3.3. Pienemmät ympäristövaikutukset tehokkaalla nurmentuotannolla

Pohjoismaiden ilmastossa nurmi voi sekä sitoa että vapauttaa merkittäviä määriä hiiltä. Jos peltoa on viljelty pitkään, satoja vuosia, hiilitaso on alhainen. Turvemailla viljellään monivuotisia nurmia noin 108 000 hehtaarilla ja viljoja noin 100 000 hehtaarilla, ja nurmi kattaa noin 45 prosenttia viljelyssä olevista turvemaista. Turvemaita on Suomen viljelyalasta vain noin 10 prosenttia, mutta niiltä tulevat päästöt vastaavat yli 50 prosenttia maatalouden kokonaispäästöistä.



Luke on lisännyt tutkimusta ja investointeja, jossa saadaan tieteellisiin mittauksiin perustuvaa tietoa, jonka pohjalta voidaan kehittää hiilineutraaliuteen tähtäävää tuotantoa kivennäismailla ja hillitä tuotannon päästöjä turvemaidella sekä pienentää näin nautakarjatuotannon ilmastokuormaa. Työn tavoite on tuottaa optimaalisia kokonaisratkaisuja, jotka ottavat huomioon tuotannon, talouden ja ympäristötehokkuuden.

Tutkimuksen tehostamiseksi Luke on rakentamassa Kuopion Maaningan toimipaikalle kolmen pyörrekovarianssilaitteiston verkostoa turve- ja kivennäismaalle samalle säätyypillä, automatisoi Kirmanjärven valuma-alueen mittausverkoston sekä rakennuttaa täysin uuden 16 paikkaisen automatisoidun peltomittakaavan lysimetrikentän. Myös 2009 rakennettu tutkimuspihatto uudistetaan ja muutetaan robottilypsyyn.

### 3.3.1. Nurmiviljelyn kasvihuonekaasutaseet

Nurmenviljelyn kasvihuonekaasujen tutkimuksessa Suomeen on syntynyt monipuolinen ja korkeatasoinen tutkimusverkosto, joka koostuu sekä tutkimuslaitoksista että yrityksistä (mm. Luke, Ilmatieteen laitos, Helsingin ja Itä-Suomen yliopisto, Valio, Atria, Biocode, HAMK). Nurmien kasvihuonekaasutaseista on saatu ensimmäisiä koko nurmikierron kestäviä tuloksia ja näistä ensimmäinen tieteellinen käsikirjoitus on tarjottu julkaistavaksi. Viljelytekniisten tekijöiden vaikutuksesta kasvihuonekaasutaseisiin ja hiilen kiertoon on saatu hyvätasoisia aineistoja. Mittaustulosten mukaan nurmi voi olla sekä huomattava hiilen nielu että lähde, jossa merkittävin taustatekijä on maaperän orgaanisen aineksen pitoisuus. Viljelytekniisillä keinoilla voitaneen vaikuttaa oleellisesti nurmen hiilensidontaan kivennäismailla. Aihe-alueen merkittävimmät hankkeet ovat olleet CarboNurmi, JuuriHiili, TehoToimi, Vesiviesti, Orminurmi & ENSINK.

Lind, S.E., Maljanen, M., Hyvönen, N.P., Kutvonen, J., Jokinen, S., Rätty, M., Virkajärvi, P., Martikainen, P.J. & Shurpali, N.J. 2019. Nitrous oxide emissions from perennial grass cropping systems on a boreal mineral soil. *Boreal Environment Research* 24: 215–232.

Lind, S.E., Virkajärvi, P., Hyvönen, N.P., Maljanen, M., Kivimäenpää, M., Jokinen, S., Antikainen, S., Latva, M., Rätty, M., Martikainen, P.J. & Shurpali, N.J. 2020. Carbon dioxide and methane exchange of a perennial grassland on a boreal mineral soil. *Boreal Environment Research* 25: 1–17.

### 3.3.2. Nurmen viljely

Luke tutkii myös karkearehujen tuotantoa ja tuotannon kokonaisuutta mm. Varmanurmi, Div-CSA ja BoostIA hankkeissa. Tutkimukset perustuvat sekä kokeellisiin tutkimuksiin että prosessipohjaisten mallien kehittämiseen. Tulosten perusteella voidaan tarkastella tuotantoa samanaikaisesti sekä yrittäjien että ympäristön kannalta. Intensiivisen nurmiviljelyn biodiversiteetti-vaikutuksista ja -mahdollisuuksista julkaistiin tieteellinen katsausartikkeli.

Persson, T., Höglind, M., Van Oijen, M., Korhonen, P., Palosuo, T., Jégo, G., Virkajärvi, P., Bélanger, G. & Gustavsson, A.-M. 2019. Simulation of timothy nutritive value: A comparison of three process-based models. *Field Crops Research* 231: 81–92.  
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.11.008>

Tiainen, J., Hyvönen, T., Hagner, M., Huusela-Veistola, E., Louhi, P., Miettinen, A., Nieminen, T., Palojarvi, A., Seimola, T., Taimisto, P. & Virkajärvi, P. 2020. Biodiversity in intensive and extensive grasslands in Finland: the impacts of spatial and temporal changes of agricultural land use. *Agricultural and Food Science* 29: 68-97.  
<https://doi.org/10.23986/afsci.86811>

### 3.3.3. Huuhtoumat ja ravinnekierto

Mari Rädyn väitöskirja osoittaa uuden huomion, että nurmivaltaisilta alueilta peräisin oleva fosforihuuhtouma kytkeytyy osin orgaanisen aineksen huuhtoumaan. Luke on ollut päävastuussa [Vesiviestihankkeen](#) nettisivujen maatalouden toimialan osalta. Maatalousinfo-sivustolle tulee NURMAP-mallin nettiversio, jolla voidaan arvioida nurmen fosforikuormitusta sekä maaperän fosforitilan muutosta 20 vuoden aikajänteellä. Malli on tarkoitettu maatalousyrittäjien ja neuvonnan käyttöön. Ruokinnan ja maan fosforivarannon lannan kautta yhdistävän dynaamisen optimointimallin kehittäminen onnistuneesti avaa tieteellisesti mielenkiintoisia sovellusmahdollisuuksia ainakin investointien ja maatalouden ilmastopolitiikan tutkimukseen.

Räty, M. 2020. Phosphorus losses from grasslands in short-term ley rotations under boreal conditions. Doctoral Dissertation. Natural Resources Institute Finland.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-099-1>

### 3.4. Ratkaisuja hyvinvoinnin arviointiin ja parantamiseen

Tutkimushankkeissa on arvioitu antibioottien yleisimpiä käyttösyitä sikatuotannossa. Lihaskojen kasvatustiheyden, virikkeiden käytön sekä juoma- ja ruokintalaitteiden kunnon ja antibioottien käytön välillä todettiin yhteyksiä. Esimerkiksi vähäinen virikkeiden käyttö oli yhteydessä lihasikojen kohonneeseen lääkitsemistarpeeseen ja eläinten hyvinvointia heikentävään hännänpurentaan. Hankkeessa käytetty aineisto oli poikkeuksellisen kattava. Ohjelman hankkeissa on myös tehty mallikehitystä, jotta eläntautien ja niiden hallinnan taloudellista merkitystä voidaan arvioida.

PROHEALTH-hankkeessa on arvioitu tuotantosairauksien riskitekijöitä ja kehitetty tilojen tautisuojausarviointimenetelmiä. Tulosten mukaan sika- ja siipikarjatilojen tautisuojauksessa on parannettavaa, ja tuotantotavat vaikuttavat eläntautiriskiä ja eläinten hyvinvointiin.

Lypsykarjan hyvinvoinnin tilatason arviointia Welfare Quality -protokollan ja Naseva-aineiston avulla tutkittiin LETKA-hankkeessa ja hyvinvoinnin yhteyttä kannattavuuteen LETKA Plus -hankkeessa. Lisäksi useassa hankkeessa tutkittiin teknologian hyödyntämistä lypsykarjan hyvinvoinnin arvioinnissa hyödyntämällä mm. sykevälivaihtelua, sisätilapaikannusta, lämpökuvausta ja makuu-aikamittauksia. Hyvinvointitutkimuksessa tehtiin kiinteää yhteistyötä täsmäkotieläintuotannon, eläinravitsemuksen ja eläinjalostuksen tutkijoiden kanssa.

Frondehus, L., Jauhiainen, L., Niskanen, O., Mughal, M. & Sairanen, A. 2020. Can on-farm animal welfare explain relative production differences between dairy herds? *Animal Welfare* 29: 449–461. <https://doi.org/10.7120/09627286.29.4.449>

Stygar, A. H., Chantziaras, I., Toppari, I., Maes, D. & Niemi, J.K. 2020. High biosecurity and welfare standards in fattening pig farms are associated with reduced antimicrobial use. *Animal* 14: 2178–2186. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000828>

### 3.5. Tavoitteena eläintuotannon kokonaiskestävyys

Eläintuotannon kestävyys on moniulotteinen asia, johon liittyy taloudellinen, sosiaalinen ja ympäristökestävyys. Eläintuotannon kestävydessä korostuvat eläinten hyvinvointi ja tuotannon ympäristökuormitus. InnoFood-ohjelmassa on tutkittu näitä tekijöitä useasta eri näkökulmasta ja eri hankkeissa (mm. PROHEALTH, KILPA2020 ja HOSU-hankkeet).

KILPA2020- ja HOSU-hankkeiden vertailutulokset kertovat, että suomalainen eläintuotanto on joillain osa-alueilla kestävä ja kilpailukykyistä. Esimerkiksi antibioottien käyttö on Suomessa vähäistä, tuotteiden turvallisuus korkealla tasolla ja nurmen hyödyntäminen nautojen ruokinnassa tuo kestävyys etua. Vaikka eläinten terveys ja tuottavuus ovat korkealla tasolla, tuotantokustannustaso on kuitenkin kilpailijamaihin verrattuna korkeahko. Kilpailuetua saadaan lähinnä edullisissa ostorehuissa. Sen sijaan tilarakenteen kehittäminen ja kustannusten kurissa pitäminen näyttävät olevan suomalaisen tuotannon kehityskohteita. SBYM-hankkeessa on määritetty kotimaisen sian- ja broilerinlihan hiili- ja vesijalanjälkeä.

Eläinten hyvinvoinnin kohentaminen voi vaikuttaa ympäristökestävyyteen ja taloudelliseen tuottoon positiivisesti tai negatiivisesti. Hyvä tuotantoeläinten terveys on monilta osin positiivisessa yhteydessä parempaan taloudelliseen tulokseen ja pienempiin ympäristövaikutuksiin. Tästä on selvää tutkimusnäyttöä. Pienet ravinnepestot ja hyvä taloudellinen tulos näyttäisivät myös olevan yhteydessä toisiinsa, ja tällöin ympäristövaikutusten pienentäminen voi kohdentaa myös tilan taloutta. Myös eläinten normaalin käyttäytymisen, joka on hyvinvoinnin osa-alue, ja talouden välillä voi olla positiivinen yhteys.

Eläinten hyvinvoinnin kohentaminen pito-olosuhteita kehittämällä voi nostaa kotieläintilojen kiinteitä kustannuksia ja investointeja, mutta myös antaa tuottavuusparannuksia. Tuottavuutta heikentävät eläinten hyvinvointipanostukset, kuten hidaskasvuisten rotujen tai alemman kasvatusiheyden käyttö useimmiten heikentävät taloudellista tuottoa ja voivat myös lisätä ympäristökuormitusta tuotetun lihan määrään suhteutettuna.

Hankkeissa on tutkittu kuluttajien suhtautumista eläintuotannon kestävyysominaisuuksiin. Pääpaino on ollut eläinten hyvinvointikysymyksissä. Kuluttajat arvostavat ennaltaehkäisevää ja ”luonnollista” toimintatapaa, johon liittyy mm. antibioottien käytön välttäminen, ympäristö vastuun kantaminen ja luomun omainen tuotantotapa. Kuluttajaviestinnän keskeisenä haasteena on, että kuluttajien tietotaso on vaihteleva ja valtaosa kuluttajista perustaa käsityksensä eläintuotannosta mielikuviin, jotka eivät useinkaan pidä paikkansa. Kuluttajat ovat heterogeeninen ryhmä, jossa on erilaisia ”asennekuplia”. Osa väestöstä on asemoitunut jyrkästi kotieläintuotantoa vastaan, mutta tämä osa väestöstä näyttäisi olevan pääosin kasvissyöjiä. Esimerkiksi eläintuotannon laatumerkintään on suhtauduttu kuluttajien keskuudessa positiivisesti mutta kasvissyöjien keskuudessa melko kielteisesti.

Clark, B., Panzone, L.A., Stewart, G.B. Kyriazakis, I., Niemi, J.K. Latvala, T., Tranter, R., Jones, P. & Frewer, L.J. 2019. Consumer attitudes towards production diseases in intensive production systems. PLoS ONE 14(1). 24 p.

Niemi, J., Bennett, R., Clark, B., Frewer, L., Jones, P., Rimmler, T. & Tranter, R. 2020. A value chain analysis of interventions to control production diseases in the intensive pig production sector. PLOS ONE 15(4). 25 p.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231338>

### 3.6. Tuotantotapa vaikuttaa maidon ja maitotuotteiden laatuun

Sekä eläinten genomi että ruokinta vaikuttavat raakamaidon koostumukseen ja laatuun. Luksessa on tutkittu erityisesti eri ruokintastrategioiden vaikutusta maidon rasvahappokoostumukseen ja aistinvaraiseen laatuun. Lisäksi on selvitetty maidon prosessoinnin ja terveysvaikutusten välisiä vuorovaikutuksia. Uusimpana tutkimuskohteena ovat maidossa esiintyvät nanovesikkelit ja niiden sisältämät biomolekyylit.

Osalla ihmisistä, jotka kokevat saavansa ruuansulatuskanavan oireita lehmän maidosta, ei pystytä diagnosoimaan laktoosi-intoleranssia tai maitoallergiaa. Syyksi on epäilty maidon teknologista prosessointia ja erityisesti homogenisointia. Homogenisoinnin, pastöroinnin ja UHT-käsittelyn vaikutusten selvittämiseksi Luke teki yhdessä Turun yliopiston tutkimusryhmän kanssa Maito-INNO-hankkeessa kaksi kliinistä koetta tällaisilla henkilöillä. Tutkimustulosten perusteella homogenisointi, pastörointi ja UHT-käsittely eivät aiheuta maha-suolikanavan oireita maitoherkillä, mutta laktoosia sietävillä henkilöillä. Sen sijaan tilastollisesti merkitseviä eroja havaittiin aterian jälkeisessä plasman rasvahappojen koostumuksessa.

Luonnosta on vastikään löytynyt uusi kasvien ja eläinten solujen välinen viestintäsystemi, jossa tärkeässä roolissa ovat solun ulkoiset nanovesikkelit, eksosomit. Eksosomit välittävät biomolekyylejä elimistön sisällä solujen välillä ja kudoksesta toiseen. Lukessa on kehitetty nanovesikkelien eristysmenetelmiä sekä tutkittu niiden ominaisuuksia useissa hankkeissa, mm. Suomen akatemian rahoittama NanoBioFun-hanke. Tutkimukset ovat tuottaneet tietoja maidon nanovesikkelien perusominaisuuksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä sekä niiden säilyvyydestä meijeriprosessissa. Lehmän maidon vesikkeleillä on arvioitu olevan biolääketieteellistä sovellettaavuutta mm. kohdennettujen lääkekuljettimien perustana, koska niiden oletetaan kuljettavan biomolekyylejä kohdekudoksiin, jopa veriaivoesteen ohi aivoihin. Niissä voi olla myös potentiaalia eläinten hyvinvointimittareita kehitettäessä.

Jaakamo M.J., Luukkonen T.J., Kairenius P.K., Bayat A.R., Ahvenjärvi S.A., Tupasela T.M., Vilkki J.H., Shingfield K.J. & Leskinen H.M. 2019. The effect of dietary forage to concentrate ratio and forage type on milk fatty acid composition and milk fat globule size of lactating cows. *J Dairy Sci.* 2019 Oct;102(10): 8825–8838.

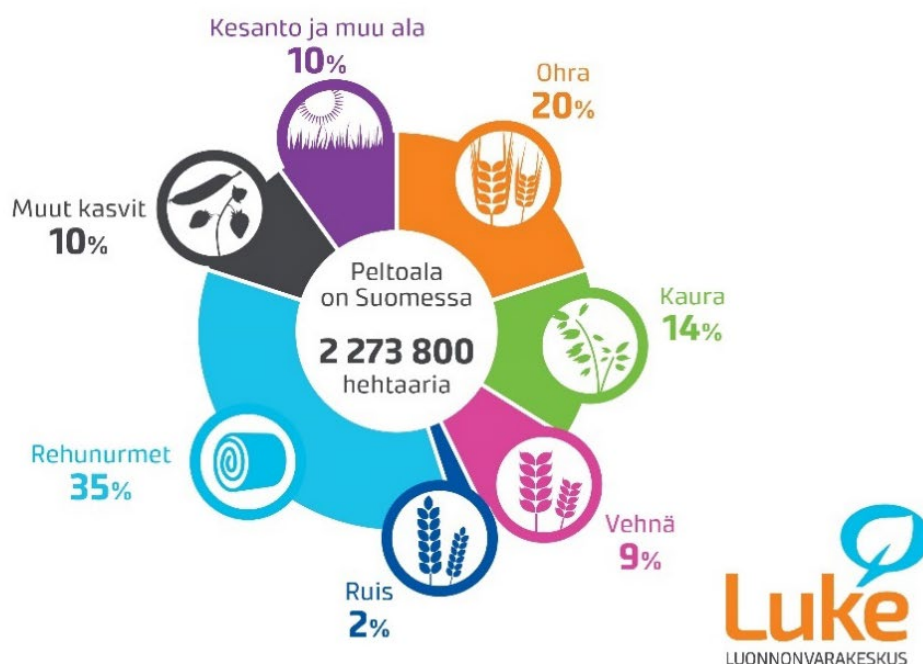
Nuora, A., Tupasela, T., Tahvonen, R., Rokka, S., Marnila, P., Viitanen, M., Mäkelä, P., Pohjankukka, J., Pahikkala, T., Yang, B., Kallio, H. & Linderborg, K. 2018a. Effect of homogenised and pasteurised versus native cows' milk on gastrointestinal symptoms, intestinal pressure and postprandial lipid metabolism. *International Dairy Journal* 79: 15–23.

Nuora, A., Tupasela, T., Jokioja, J., Tahvonen, R., Kallio, H., Yang, B., Viitanen, M. & Linderborg, K.M. 2018b. The effect of heat treatments and homogenisation of cows' milk on gastrointestinal symptoms, inflammation markers and postprandial lipid metabolism. *International Dairy Journal* 85: 184–190.

## 4. Kasvituotanto

*Nils Borchard, Juho Hautsalo, Marja Jalli, Marjo Keskitalo, Pirjo Peltonen-Sainio, Kristiina Regina, Terhi Suojala-Ahlfors, Titta Kotilainen*

Luken kasvituotannon tutkimus tuottaa tietoa ja menetelmiä peltokasvien, puutarhakasvien ja kasvihuonekasvien viljelyn kehittämiseen. Luke keskittyy parantamaan kasvien kasvua ja satoja sekä tuotantoteknologiaa ja tuotantotaloutta. Tavoitteemme on tuottaa turvallisia raaka-aineita ja kestäviä tuotantojärjestelmiä, jotka kuormittavat ympäristöä mahdollisimman vähän.



**Kuva 6.** Peltoalan käyttö eri tarkoituksiin Suomessa 2019.

Tärkeimpiä tutkimusaluekokonaisuuksia ovat:

1. Maaperän ja kasvien ravinteet; peltomaan tila ja kestävä käyttö
2. Viljelymenetelmät ja -järjestelmät; viljat, nurmikasvit, öljykasvit, palkokasvit, perunat ja useat erikoiskasvit, viljelyfysiologian ja tuotannon ekologisen kestävyuden asiantuntemus sekä tuloksien soveltaminen ruoan ja rehun tuotantoon sekä bioenergian ja muiden ei-syötävien tuotteiden tuotantoon.
3. Integroitu kasvinsuojelu (IPM); kasvinsuojelu rajoittaa tautien, tuholaisten ja rikkakasvien vaikutusta viljelykasveihin kasvukauden ja varastoinnin aikana.
4. Puutarhatalous; tutkimus keskittyy puutarhakasvien tarjonnan laajentamiseen ja hyvien tuotantomenetelmien kehittämiseen kasvihuoneviljelyn, avomaaviljelyn ja viherrakentamisen aloilla.

### 4.1. Maaperä, peltomaan tila ja kestävä käyttö

Maaperä on keskeinen osa luonnonpääomaa, välttämätöntä elintarvikkeiden, rehujen, kuitujen ja polttoaineiden saamiseksi kasvavalle maailman väestölle. Maaperällä on lisäksi keskeinen rooli hiili-, vesi- ja energiakierrossa, korostaen sen merkitystä biomassan saannille ja

kiertotaloudelle. Näiden monimutkaisten haasteiden ratkaiseminen edellyttää tieteellistä tutkimusta, tieteidenvälistä yhteistyötä ja verkostoitumista räätälöityjen ratkaisujen löytämiseksi ja helpottamaan näiden ratkaisujen käyttöönottoa.

#### **4.1.1. Viljelykiertojen monipuolistamiseen kannustava vuorovaikutteinen suunnittelutyökalu VILKAS**

Viimeaikaiset tutkimukset osana tuotannon kestävästä tehostamisesta ovat paljastaneet viljelykiertojemme yksipuolisuuden, vilja- ja jopa viljalajimonokulttuurien hallitsevuuden, sekä antaneet merkkejä suuntauksen osittaisesta vahvistumisesta. Monipuolisilla viljelykiertoilla on kuitenkin suuri merkitys tuotannon pitkäjänteiselle kehitykselle sekä viljelyn kestävyydelle – ei vain ympäristölliselle, vaan myös taloudelliselle ja sosiaalisellekin kestävyydelle. Ongelmana on kuitenkin pitkän aikavälin hyötyjen vaikea tunnistaminen ja arvottaminen verrattaessa niitä viljelytoimien välittömästi tuottamiin sato- ja laatuvaasteisiin. Monipuoliset viljelykierrat tuottavat merkittäviä ekosysteemipalveluita sekä satohyötyjä. Maan rakennetta ja viljavuutta parantavien ominaisuuksien lisäksi monimuotoisella viljelyllä on suuri merkitys esimerkiksi ilmastokestävyydelle. Tutkimusryhmämme viimeaikaiset tutkimukset vahvistavat osaltaan käsitystä siitä, että vain aidolla lajikirjon lisäämisellä on merkitystä säävaihtelun aiheuttamien haittojen vähentämisessä. Viljelykiertojen monipuolistamisen tunnistetut esteet ja haasteet korostavat tarvetta löytää konkreettisia keinoja tukea viljelijöiden päätöksentekoa.

[VILKAS-hanke](#) oli jo lähtökohdiltaan erittäin käytännönläheinen päätavoitteenaan tuottaa monimuotoistamiseen kannustava vuorovaikutteinen Viljelykierto-työkalu ja tarjota se ilmaisipalveluna kaikille viljelijöille. Hanke perustui olemassa oleviin aineistoihin ja niiden laajaan hyödyntämiseen: aineistot kuvastavat viljelijän valintoja ja niihin vaikuttavia reunaehtoja viljelijän todellisessa tuotantotilanteessa, mikä entisestään vahvistaa niiden käytäntöön vietyä.

Viljelykierto-työkalu antaa viljelijälle tiedon kannattavuudessa tapahtuvista muutoksista, kun viljelijä tekee valintoja ja poisvalintoja kolmivaiheisena prosessina, jonka kuluessa rakentuu viisivuotinen viljelykiertosuunnitelma. Jotta monien epävarmuuksien kanssa harkintaa tekevät viljelijät tulevat kannustetuksi ottamaan tavanomaisesta viljelykasvipaletistaan poikkeavia lajeja viljelyyn, tarvitaan myös politiikkatukea ja kannustinjärjestelmiä eli erilaisia tukielementtejä, joiden kehittämiseen VILKAS-hankkeen tuottamat tulosaineistot antavat taustatukea.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Latukka, A. 2020. Interactive tool for farmers to diversify high-latitude cereal-dominated crop rotations. *International Journal of Agricultural Sustainability* 18: 319–333. <https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1775931>

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Latukka, A. & Peltonen, S. 2020. Viljelykiertojen monipuolistamiseen kannustava vuorovaikutteinen suunnittelutyökalu VILKAS. Kansainvälistä yhteistyötä maaperätutkimuksessa

EJP SOIL -hanke (European Joint Programme Cofund on Agricultural Soil Management) on eurooppalainen maaperätutkimuksen ja maatalouden maankäytön tutkimuslaitosten verkosto, joka tarjoaa tieteellistä neuvontaa ammattilaisille ja päättäjille paikallisella, kansallisella ja Euroopan tasolla. EJP SOIL keskittyy ilmastonmuutokseen sopeutumiseen ja sen hillitsemiseen, kestävästä maataloustuotannon ja ekosysteemipalveluiden edistämiseen sekä maaperän laadun heikkenemisen estämiseen ja sen palauttamiseen. Hankkeen odotettuja tuloksia ovat muun muassa uusien, ilmastoystävällisten ja maaperän hoitoon suunniteltujen teknologioiden käyttöönottamiseen liittyvien haasteiden tunnistaminen ja tutkiminen sekä keinojen kehittäminen näiden haasteiden voittamiseksi; paranneltujen ja yhtenäisten menetelmien kehittäminen maaperän tilan ja sen hiilivarastojen seurantaan; ennuste ilmastonmuutoksen vaikutuksesta

Euroopan maanviljelymaaperän tilaan tulevaisuudessa sekä muutoshallinnan keinoista; sekä tietoon perustuvat suositukset EU-tason politiikoille. Luken vastuulla on yksi hankkeen työpaketeista. Vuonna 2020 kansallisten sidosryhmien kanssa on kehitetty toimintasuunnitelma, joka perustui nykyisen tutkimuksen, tutkimustarpeiden ja aukkojen yhteenvetoon. Tietojen yhdenmukaistamisen, organisoinnin ja varastoinnin helpottamiseksi analysoitiin kansalliset maaperätietojen omistussäännökset kaikissa kumppanimaissa, jotta voidaan kehittää politiikkaa, jossa kunnioitetaan sekä tietojen haltijoiden laillisia oikeuksia että samalla tuetaan tietojen jakamista.

Saskia, V., Saskia, K., Órlaith, N.C., Titia, M., Edoardo, C., Francois, S.J., Claire, C., Peter, K., Jennie, B., Niels, H. & Borchard, N. 2020. Roadmap for the European Joint Program SOIL: Towards Climate-Smart Sustainable Management of Agricultural Soils.  
<https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545979>

## 4.2. Viljelymenetelmät ja -järjestelmät maataloudessa

### 4.2.1. Maatalouden päästöt vähenevät muuttamalla toimintatapoja ja maankäyttöä

PeltoOptimi-hankkeen tavoitteena oli tuottaa Suomen peltojen tuotantokykykartoitus ja laatia peltojen tuotantokykyyn ja perusominaisuuksiin perustuva luokittelukriteeristö. Kehitetyn työkalun tarkoitus on ohjata pellonkäyttömuutoksiin auttamalla viljelijää tunnistamaan parhaimmat ja heikoimmat peltolohkot lukuisten eri lohko-ominaisuuksien perusteella. Kunkin lohkon tuotantokyky arvioidaan perusominaisuuksien mukaan sekä satelliittikuviin perustuen. Satelliittikuvista tuotetaan kasvillisuusindeksi-arvot (NDVI), joita tarkastellaan kasvilajeittain. Näin saadaan tieto kunkin lohkon tuotantokyvystä. Lisäksi tehdään pisteytys perustuen peruslohkon vallitsevaan maalajiin. PeltoOptimi-työkalu jakaa peltolohkot niiden tuotantokyvyn ja muiden ominaisuuksien perusteella eri käyttötarkoituksiin: kestävään tehostamiseen, laajaperäistämiseen (viherryttämistoimien piiriin eli pois varsinaisesta ruoantuotannosta) ja metsitykseen. PeltoOptimi-työkalu tulee Luken Taloustohtori-portaaliin kaikkien viljelijöiden käyttöön.

Maataloudesta lähtöisin olevista kasvihuonekaasupäästöistä suurin osa on peräisin maaperästä. Vuonna 2018 maaperän päästöt olivat nykyisiltä ja entisiltä pelloilta yhteensä 12,2 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Suurin päästö syntyy turpeen hajoamisesta turvemaidella: eloperäisten maiden viljelyn päästö vuonna 2018 oli 8,7 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia eli 53 prosenttia kaikista maataloudesta lähtöisin olevista päästöistä, maatilojen energiankulutus mukaan lukien. Turvepelloissa onkin maatalouden suurin päästövähennyspotentialiaali ja turvemaiden pellonraivauksen lopettamisella olisi suuri merkitys päästöjen vähentämiselle.

Turvepeltojen ala kasvoi lisääntyneen peltojen raivauksen vuoksi 46 000 hehtaaria vuosina 2000–2018, minkä tuloksena eloperäisten maiden päästöt kasvoivat 1,2 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Jos turvemaiden raivaus pelloiksi lopetettaisiin, tulisivat varsinaisten päästövähennystoimien vaikutukset näkyviin. Viljelyalan tarpeeseen vastattaisiin tällöin tilusjärjestelyillä, pellonvaihoilla ja lannankäsittelyn kehittämällä siten, että lannan ravinteita voidaan kannattavasti kuljettaa kauemmas eläintuotannon keskittymistä. Erytisen suuri vaikutus olisi kannustimilla, joilla heikkotuottoiset turvepellot poistuisivat viljelystä esimerkiksi vettämällä tai metsittämällä. Viljelyyn jäävillä turvepelloilla pohjaveden pinnan ajoittainenkin nosto säilyttäisi turpeen hiilivarastoa. Näillä pelloilla voidaan siirtyä kosteikkoviljelyyn, jolloin ei tarvitse investoida huonosti toimivan ojituksen kunnostukseen. Kosteikkoviljelyssä märkäkin pelto voi tuottaa myytäviä tuotteita, esimerkiksi biomassoja kasvualustan tai rakennusmateriaalien raaka-aineiksi.

Maan eloperäisestä aineksesta huolehtiminen ja lannoituksen tarkentaminen vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä, parantavat maan kasvukuntoa ja hillitsevät ravinteiden huuhtoutumista. Käytännön toimia ovat esimerkiksi vihreän talviaikaisen kasvipeitteisyyden lisääminen, maanparannustoimet ja lannoituksen määrällinen, paikallinen ja ajallinen optimointi esimerkiksi täsmälannoituksen menetelmin. Eloperäistä aineksesta ja lannoituksen tarkoituksenmukaisuudesta huolehtiessaan viljelijä itsekin hyötyy maaperän kasvukunnon ja resurssitehokkuuden parantamisessa.

Maanavilja, L. & Regina, K. 2020. Maatalouden päästöt vähenevät muuttamalla toimintatapoja ja maankäyttöä. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/546658>

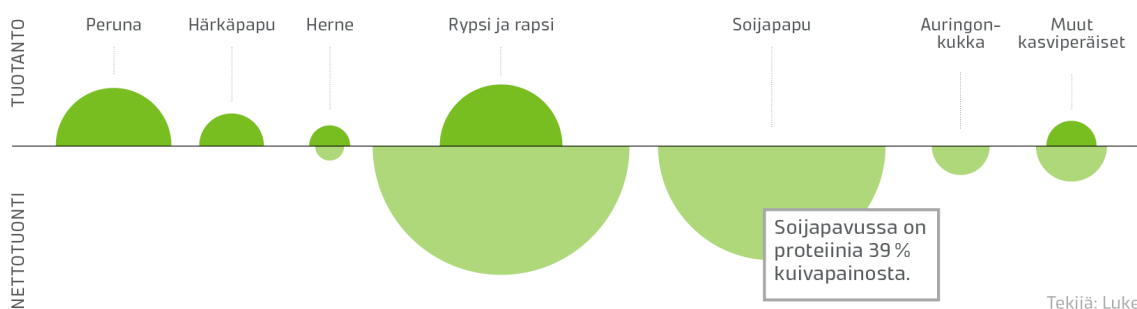
Peltonen-Sainio, P, Lehtonen, H., Regina, K. & Tiainen, J. 2018. Pellon käytön optimointi tuotannon kestäväksi tehostamiseksi PeltoOptimi. <https://www.opal.fi/wp-content/uploads/sites/3/2018/09/PeltoOptimi-loppuraportti-FINAL.pdf>

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Laurila, H., Sorvali, J., Honkavaara, E., Wittke, S., Karjalainen, M. & Puttonen, E. 2019. Land use optimization tool for sustainable intensification of high-latitude agricultural systems. Land Use Policy 88: 104104. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104104>

#### 4.2.2. Erikoiskasvien viljely kiinnostaa – avainasemassa ratkaisut satotasojen nostamiseen ja viljelyvarmuuden parantamiseen

Proteiinikasvien viljely lisää viljelyjärjestelmän monipuolisuutta mikä auttaa varautumaan sääntäiri-ilmiöihin ja vähentää kasvitautien riskiä. Samalla se pitää kurissa ruoantuotannon ympäristövaikutuksia.

Suomen kasviperäisen proteiinin omavaraisuusaste on alin rypsin, rapsin ja soijapavun osalta. Kasviperäisten tuotteiden (pois lukien vilja ja nurmi) raakaproteiinin tuotanto ja nettotuonti (tuonti-vienti).



**Kuva 7.** Tavoitteena on lisätä kasviperäisen proteiinin omavaraisuusastetta Suomessa.

ScenoProt-hankkeessa alkutuottajille v. 2018 alussa tehdyn kyselyn tuloksista selvisi, että erikoiskasvit (ml. valkuaiskasvit) nähtiin kiinnostavina vaihtoehtoina. Vastaajat jaettiin nykyviljelyn perusteella kahteen ryhmään: erikoiskasviviljelijät ja viljanviljelijät. Erikoiskasvien viljelyhalukkuus ja usko tulevaisuuteen näyttäisi olevan vahvempaa jo nyt erikoiskasveja viljelevillä Etelä-Suomen maataloilla kuin muualla. Perinteisimmillä kotieläintuotannon alueilla erikoiskasveja ei nähty niin kiinnostavina vaihtoehtoina viljan viljelyyn verrattuna. Viljelyhalukkuuteen vaikuttavat oleellisesti kannattavuus, ilmastonmuutos, markkinat ja tukipolitiikka. Jatkossa onkin tärkeää ymmärtää alueellisia eroja ja kehittää valkuaisuotantoa alueelliset voimavarat



huomioiden. Uusia lajikkeita sekä tietoja keinoista, joilla satotasoa voidaan nostaa ja viljelyvarmuutta parantaa, kaivataan.

Lisäksi hankkeessa tuotettiin uutta tietoa valkuaiskasvien sadoista kenttäkokeiden ja tiloilta kerätyn tiedon avulla. Tulosten perusteella satomäärät vaihtelivat varsin paljon sekä tilojen välillä että eri vuosien välillä. Kenttäkokeissa peltoviljelyä verrattiin muovihuoneen kasvuoloihin, jossa lämpösummaa kertyi vuorokaudessa noin asteen enemmän kuin ulkona. Öljyhamppu ja kvinoa tuottivat muovihuoneessa satoa moninkertaisesti ulkokokeisiin verrattuna, mutta härkäpapu tuotti satoa muovihuoneessa vähemmän.

ScenoProt-hankkeessa tutkittiin myös valkuaiskasvien typen tarvetta niin sanotussa porraskokeessa, minkä jälkeen koealalle kylvettiin kahtena vuotena peräkkäin kauraa valkuaiskasvien esikasvimerkityksen selvittämiseksi. Kokeet osoittivat, että muu kasvi kuin kaura kauran esikasvina tuotti satoa enemmän verrattuna kauran peräkkäiseen viljelyyn. Kvinoa kauran esikasvina lisäsi kaurasatoja eri kasvivalintoista eniten. PeltoLuksus-hankkeen avulla esikasvikokeesta selvitettiin peltoon jäävän puintijätteen määrää sekä aluskasvin käyttöä eri valkuaiskasvien viljelyssä. Valkuaiskasveista erityisesti öljyhamppu, kvinoa ja härkäpapu voivat jättää peltoon mitattavat määrät puintijätettä, mikä toimii hiilisyötteenä maan mikrobeille. Hiilisyötteen muuttamista pitkäaikaiseksi hiileksi tutkitaan tarkemmin jatkohankkeissa, mutta ainakin osaltaan valkuaiskasvien lisääntyvällä viljelyllä ja käytöllä luodaan mahdollisuuksia myös maan hiilensidontaan.

Diversifood- EU-hanke käsitteli ruokaketjun yksipuolisuuden tuomia ongelmia ja keinoja sen monipuolistamiseksi. Luke keskittyi pääasiallisesti tattariin, jonka satotason heikkeneminen on ollut erityisen selvää alueella, josta, josta tattarin viljely alkoi 1990-luvun lopulta. Viljely on sen jälkeen levittäytynyt muuallekin. Diversifoodin tutkimuksen oletuksena oli, että alkuperäisellä alueella käytössä oleva siemenmateriaali on muuntautunut epäsovivaksi sitä mukaa kuin viljely on levittäytynyt uudelle alueelle.

Koetuloksissa nähtiinkin viitteitä siemenmateriaalin muutoksesta jo kahden vuoden jälkeen, kun kylvösiemenenä käytettiin edellisvuoden satoa. Asiaa tulisi seuraavaksi selvittää lohkotasolla, jotta suosituksia siementuotannon logistiikasta olisi perusteltua antaa.

Tuloksella on merkitystä ristipölytteisten kasvien kuten tattarin uusien kasvinjalostuskäytäntöjen luomiseen. Onkin mahdollista, että tattarin siemenmateriaalia voitaisiin parantaa koordinoitulla tutkimus-viljelijäyhteistyöllä, jossa viljelijät otettaisiin mukaan massajalostukseen. Jokainen osallistuja/viljelijä sitoutuisi tuottamaan osan jalostustyössä ja myös lajikkeen omistus voisi olla viljelijäyhteisöillä. Menetelmä poikkeaa perinteisestä, keskitetystä kasvinjalostuksesta, jossa lajikkeen omistus kuuluu yhdelle jalostajalle. Tämän tyyppinen toiminta voisi olla perusteltua vähemmän viljeltyjen satokasvien kohdalla, joilla kipeästi kaivataan menetelmiä satotason ja satovarmuuden kohottamiseen. Onnistuakseen menetelmä tarvitsee tuekseen hyvää koordinaatiota ja tutkimusta.

Ilmastonmuutos tuo sekä mahdollisuuksia että epävarmuutta. Kasvukauden vähäinenkin pidentyminen yhdessä lämpösumman kasvun kanssa mahdollistaa soijan viljelyn aivan eteläisimmässä Suomessa ja vahvistaa jo viljelyksessä olevien uusien viljelykasvien satovarmuutta, jolla parannettaisiin myös kylvösiemenen laatua. Kasvukauden lämpenemisellä on todennäköisesti vaikutusta myös sadon elintarvikelaatuun kuten valkuais- ja öljypitoisuuksiin. Sopivien kasvilajien valitsemiseksi tarvitaan entistä tarkempaa tietoa niiden kyvystä tuottaa satoa eri maalajeilla ja sääoloissa. Tavoitteena on, että tilat pystyvät valitsemaan toisiaan täydentäviä satokasveja, joilla parannetaan kasvien ravinteiden saantia sekä ehkäistään kasvinsuojelun ongelmia. Kaksisirkkaisten kasvien viljelyn lisääntyminen voi joissakin tapauksissa myös lisätä kasveille

yhteisten kasvitautien kuten esimerkiksi pahkahomeen esiintymistä. Epävarmuus, joka osittain johtunee viljelytekniikoiden kehittymättömyydestä sekä lajikkeiden ja lajikejalostuksen vähyydestä, leimaa kuitenkin alaa ja jatkuvuuden kannalta näihin kuten myös kasvinsuojelun haasteisiin tulee saada lisätietoa.

Lammi, A. 2020. Ilmaston lämpenemisen vaikutus öljyhampun (*Cannabis sativa* L.) satoon, öljy- ja proteiinipitoisuuteen ja kasvuun. Maisterintutkielma, Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Kasvinviljelytiede. 84 s.

Chable, V., Nuijten, E., Costanzo, A., Goldringer, I., Bocci, R., Oehen, B., Rey, F., Fasoula, D., Feher, J., Keskitalo, M., Koller, B., Omirou, M., Mendes-Moreira, P., van Frank, G., Jika, A.K.N., Thomas, M. & Rossi, A. 2020. Embedding Cultivated Diversity in Society for Agro-Ecological Transition. *Sustainability* 2020, 12(3): 784.  
<https://doi.org/10.3390/su12030784>.

Multari, S., Marsol-Valla, A., Keskitalo, M., Yang, B. & Suomela, J.P. 2018. Effects of different drying temperatures on the content of phenolic compounds and carotenoids in quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) from Finland. *Journal of Food Composition and Analysis* 72: 75–82.

Raiskio, K. 2020. Erikoiskasvituotanto nyt ja tulevaisuudessa: Viljelijöiden ja kuluttajien näkemyksiä. Ammattikorkeakoulututkimuksen opinnäytetyö. HAMK. 65 s.  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020121628557>.

## 4.3. Kasvitaudit ja tuholaiset

### 4.3.1. Terve viljelykasvusto pienentää ravinteiden huuhtoutumisriskiä ja parantaa kannattavuutta

Suomessa yleisesti esiintyvät peltokasvien kasvintuhoojat (rikkakasvit, kasvitaudit, tuhohyönteiset) voivat aiheuttaa merkittäviä satotappioita. Torjumatta jääneet rikkakasvit vähentävät suomalaisen ohran ja kevätvehnän satoa keskimäärin 200 ja kasvitaudit 500 kiloa hehtaarilta. Jos ohran ja vehnän tuotannossa ei tehtäisi mitään kasvinsuojelutoimenpiteitä, nykyisillä viljelyaloilla voisi lannoitteista jopa 14 miljoonaa kiloa typpeä ja 2,8 miljoonaa kiloa fosforia jäädä kasvien hyödyntämättä.

Viljelykasvit, joiden kasvua rikkakasvit, kasvitaudit tai tuhoeläimet eivät rajoita, hyödyntävät tehokkaasti niille annetut ravinteet ja tuottavat suuremman ja laadukkaamman sadon. Tarpeenmukainen, onnistunut kasvinsuojelu varmistaa viljelykasvuston kunnon ja ravinteiden käytön ja vähentää siten ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Kasvinterveyden ympäristövaikutus on merkittävä viljoilla ja nurmikasveilla suuren viljelypinta-alan vuoksi.

Kevennetyn muokkauksen ja monipuolisen viljelykierron kerryttämä pintamaan runsas mikrobisto voi luontaisesti edistää kasvinterveyttä tukahduttamalla maalevintäisiä taudinaiheuttajia. Kasvin käytettävissä olevat pää- ja hivenravinteet voivat vaikuttaa kasvin ja rehua käyttävän eläimen terveyteen. Kasvinravinteiden tasapainoinen saanti on osa kokonaisvaltaista kasvinsuojelua, jolla kasvintuhoojien aiheuttamia riskejä voidaan vähentää, mutta tämä ei korvaa muita kasvinsuojelun osa-alueita. Tilanteissa, joissa ennakoivia tai viljelytekniisiä torjuntakeinoja ei ole käytettävissä tai niiden teho ei ole riittävä, kasvinsuojeluaineiden käyttö on perusteltua.

Ennakoivien kasvinsuojelumenetelmien (esimerkiksi viljelykierto tai maaperämikrobiston luonnontaisen tautientukahduttamiskyvyn tehostaminen) käytössä IPM-tuotannossa on edelleen kehittämistä. Voimakkaasti satoa heikentävien ja ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvien kasvintuhoojien ennakoinnista ja monipuolisesta hallinnasta (esimerkiksi öljykasvien tuhohyönteiset, härmä- ja ruostesienet) on oloistamme vain vähän tietoa. Tarvitaan kannustavia toimia kasvukaudenaikaista torjuntatarvetta ennustavien työkalujen (kynnysarvot, ennustemallit) käyttöön ja kasvintuhoojatiedon välittämiseen viljelijöiden keskuudessa sekä tiedon tallentamiseen omaan ja kansalliseen tuhoajatietokantaan. Viljelijän tavoite satotasolle ja ravinteidenkäytölle olisi kytkettävä tulokselliseen kasvinsuojeluun.

Jalli, M., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Järvenranta, K., Kaseva, J., Laine, A., Niemeläinen, O., Palojärvi, A., Palosuo, T., Rajala, A., Ruuttunen, P. & Virkajärvi, P. 2019. Terve viljelykasvusto pienentää ravinteiden huuhtoutumisriskiä ja parantaa kannattavuutta. Luke Policy Brief 1/2019. 4 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544873>

#### 4.3.2. Hometoksiinit kuriin taudinkestävyysjalostuksen työkaluja kehittämällä

Laadukas kaura on pohjoismaiden vientivaltti. Valitettavasti punahometoksiineista aiheutuneet haitat ovat yleistyneet 2010-luvulla etenkin kauran viljelyssä voimakkaasti. Useina vuosina jopa viidennes elintarvikekäyttöön suunnatuista kaureristä hylätään niiden ylittäessä EU:n asettaman raja-arvon deoksinivalenoli-toksiinille (DON-toksiini). Hylkäyksistä kärsivät myös ne viljelijät, jotka ovat tehneet kaikki tarjolla olevat toimenpiteet ongelman hallitsemiseksi. Punahomeita aiheuttavat *Fusarium*-sienet ovat hankalasti hallittava kasvintuhooja-ryhmä, sillä ne ovat hyvin yleisiä viljelemillämme peltokasveilla, leviävät tehokkaasti ja niiden monimuotoisuus tekee niistä sopeutuvaisia hyvin erilaisiin olosuhteisiin. Esimerkiksi DON-toksiinia tuottavista kahdesta sienilajista toinen viihtyy lämpimässä ja kosteassa ja toinen puolestaan aiheuttaa ongelmia viileän ja kostean sään olosuhteissa. Taudinkestävyys toisi kaivatun lisän olemassa oleviin hallintakeinoihin. Viime vuosina Luken ja Boreal kasvinjalostus Oy:n määrätietoinen yhteistyö tällä saralla on alkanut kantaa hedelmää.

Tutkimusaineistoina hyödynnettiin jo vuodesta 2012 alkaen tehtyjä kenttä- ja kasvihuonekokeita, joissa oli kehitetty menetelmiä sekä punahomeiden tartuttamiseksi että taudin arvioimiseksi jalostusaineistosta. Työn tuloksena löydettiin menetelmät, joilla jalostusaineiston taudinkestävyyttä pystytään arvioimaan jalostuslinjakohtaisesti. Parhaiten taudinkestävyyttä mitattiin toksiinipitoisuus yhdessä itävyyden tai saastuneiden jyvien määrän kanssa tartutetuilta kenttäkokeilta. Punahomeen taudinkestävyys on useiden pienivaikutteisten geenien säätelemää eikä anna täyttä suojaa taudilta, mutta taudinkestävyyttä voidaan selvästi parantaa valitsemalla jalostusaineistosta kaikista altteimmat linjat pois.

Genomisesta valinnasta on tulossa uusi standardi kasvinjalostajien keskuudessa. Syynä tähän on, että se mahdollistaa monimutkaisten ominaisuuksien, kuten lukuisien pienivaikutteisten geenien säätelemän sadon, jalostamisen yksittäisen jalostuslinjan perimän kartoittamiseen perustuvalla lähestymistavalla. Genominen valinta edellyttää, että jalostusaineiston yksilöt tutkitaan koko perimän kattavilla DNA-merkeillä ja niiden ominaisuudet mitataan. Näiden tietojen perusteella luodaan malli, joka ennustaa jokaisen jalostuslinjan perimän perusteella sen suorituskykyä esimerkiksi taudinkestävyudessa. GenoKaura-projektissa luodaan nyt työkalua punahomekestävyyden genomisen jalostuksen aloittamiseksi yhteistyössä Boreal Kasvinjalostus Oy:n ja Helsingin yliopiston NaPPI-tutkimusinfrastruktuurin kanssa.

Haikka, H., Manninen, O., Hautsalo, J., Pietilä, L., Jalli, M. & Veteläinen, M. 2020. Genome-wide Association Study and Genomic Prediction for *Fusarium* gramine-arum Resistance Traits in Nordic Oat (*Avena sativa* L.). *Agronomy* 10(2). 23 p.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy10020174>

Hautsalo, J., Latvala, S., Manninen, O., Haapalainen, M., Hannukkala, A. & Jalli, M. 2020. Two oat genotypes with different field resistance to *Fusarium* head blight respond similarly to the infection at spikelet level. *Journal of plant pathology*. 6 p.  
<https://doi.org/10.1007/s42161-020-00670-8>

Herrmann, M.H., Hautsalo, J., Georgieva, P., Bund, A., Winter, M. & Beuch, S. 2020. Relationship between genetic variability of flowering traits and *Fusarium* mycotoxin contamination in oats. *Crop Science*. 11 p. <https://doi.org/10.1002/csc2.20125>

Kaukoranta, T., Hietaniemi, V., Rämö, S., Koivisto, T. & Parikka, P. 2019. Contrasting responses of T-2, HT-2 and DON mycotoxins and *Fusarium* species in oat to climate, weather, tillage and cereal intensity. *European Journal of Plant Pathology* 155: 93–110.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-019-01752-9>

#### **4.3.3. Viljelykierto ja nostoaika vaikuttavat porkkanan varastotauteihin – Mikrobitutkimuksesta etsitään uusia keinoja taudinhallintaan**

Porkkana on suomalaisten suosikkivihannes – sitä tuotettiin Suomessa vuonna 2019 noin 14 kiloa jokaista suomalaista kohti. Jotta kotimaista porkkanaa riittää tarjolle ympäri vuoden, satoa joudutaan varastoimaan talven yli kylmävarastoissa. Pitkän varastointikauden aikana sadon säilymistä uhkaavat porkkanoiden mukana tulevat kasvitaudit. Ilmaston muuttuessa on todennäköistä, että myös varastotauteja aiheuttavien sienitautien lajisto muuttuu ja tautien hallintakeinoja on tarkennettava.

Resurssitehokas vihannestuotanto -hankkeessa selvitettiin, mitkä sienitaudit ovat nykyisin porkkanasadon tärkeimpiä pilaajia ja mitkä tekijät vaikuttavat tautien esiintymiseen. Keskimääräinen tautien aiheuttama varastohävikki oli maaliskuussa tyypillisesti 15–25 % varastoon viedyistä sadosta. Yleisin vioitus porkkanoissa oli juuren kärkiosasta alkava pehmeneminen tai mätäneminen. Vioittuneista porkkanoista löytyi yleisimmin mustamätää aiheuttavia *Mycocentrospora*- ja *Fusarium*-lajeja sekä harmaahometta. Vuodenvaihteen yli varastoitaessa harmaahome ja *Mycocentrospora*-lajit runsastuivat. Tulokset osoittivat, että aiempiin tutkimuksiin verrattuna harmaahometta ja etenkin pahkahometta esiintyi aineistossa vähemmän ja *Fusarium*-sieniä aiempaa enemmän. Hankkeessa otettiin käyttöön myös sienten perimän spesifiseen tunnistamiseen perustuvia uusia PCR-menetelmiä, joilla etenkin *Mycocentrospora*- ja *Fusarium*-lajit saatiin esiin varmemmin kuin maljausmenetelmällä.

Varastotautien runsauteen voidaan vaikuttaa huolehtimalla riittävästä viljelykierrosta. Toinen varastohävikkiin selvästi vaikuttanut seikka on noston ajoittuminen: varhain nostetuissa erissä varastotappiot olivat lähes kaksinkertaiset verrattuna myöhään nostettuihin eriin. Maalajin, maan happamuuden tai pellon ravinnetilan ei havaittu vaikuttaneen selvästi säilyvyyteen tässä aineistossa.

Hyvän varastokestävyyden syihin pureudutaan syvemmin vuonna 2020 alkaneessa Bioporkkana-hankkeessa. Luken ja Helsingin yliopiston yhteistutkimuksessa selvitetään, onko peltoimaan mikrobisynteesin koostumuksella ja monimuotoisuudella yhteyttä varastotautien esiintymiseen porkkanasadossa. Erityisen kiinnostavaa on selvittää, löytyykö maasta mikrobiryhmiä, joiden esiintyminen on toistuvasti yhteydessä vähäisiin varastotappioihin. Viljelymaan

mikrobien merkitystä kasvitautien hallinnan kannalta ei ole vielä tutkittu paljon. Aiempien ulkomaisten tutkimusten valossa vaikuttaa kuitenkin siltä, että taudit pysyvät parhaiten kurissa, kun maaperässä on useita taudeilta suojaavia mikrobiryhmiä – esimerkiksi silloin, kun maan mikrobien monimuotoisuus on korkea.

Tutkimus tuottaa ensimmäisiä tietoja suomalaisten vihannesmaiden mikrobiyhteisöistä. Jatkossa selvitetään lisäksi, miten maan mikrobiyhteisöjä voidaan monipuolistaa ja hyödyllisten mikrobiryhmien menestymistä edistää. Toisaalta hyödyllisiksi tunnistettuja mikrobiryhmiä voidaan lisätä maahan pitämään kurissa haitallisia taudinaiheuttajia. Ensi vaiheessa testataan kaupallisesti saatavilla olevia hyötymikrobeja.

Hannukkala, A., Jaakkola, S., Latvala, S., Kivijärvi, P., Suojala-Ahlfors, T., Inkeroinen, H., Kallela, M. & Tuononen, M. 2020. Porkkanan varastotautien aiheuttajat Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 15/2020. 32 s.  
<https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545618>

## 4.4. Puutarhakasvien tuotantomenetelmien kehittäminen

### 4.4.1. Luomuvihannesten kasvihuonetuotannon ja arvoketjun edistäminen

Luomuelintarvikkeiden kysyntä on Suomessa jatkuvasti kasvanut ja kotimaisen tuotannon toivotaan pystyvän vastaamaan kysyntään. Luken hankkeessa tuotettiin uutta tietoa luomutomaa-tin viljelyn tehostamisesta kasvihuonetuotannossa ja nostettiin esille uusia liiketoiminnallisia näkemyksiä alan kehittämiseksi koko arvoketjussa tuottajalta kuluttajalle.

Luomulannoitteella saatiin sekä määrällisesti että laadullisesti vähintään yhtä hyvä sato kuin kivennäislannoitteella. Viljelykokeiden lisäksi hankkeessa selvitettiin tapoja lisätä kotimaisen luomukirsikkatomaatin kysyntää markkinoinnin keinoin.

Kauppa piti luomutuotteita valikoimassaan mielekkäinä ja haluttuina, jos tuotteet ja toimitusprosessi olivat asianmukaiset. Pakkaukset ja tuotteen säilyvyys ovat kaupalle erityisen tärkeitä. Luomutuotteiden lisäarvo kytkeytyy vastuullisuuden, turvallisuuden ja terveellisyyden trendeihin. Koko arvoketjussa tuotteiden erityispiirteet tulee esittää monipuolisesti. Yksityiskohtaiset viljelymenetelmät eivät kiinnosta, vaan oleellista on tuotteen erottuminen hyvällä laadullaan. Viljelijät pitivät luomusertifiointia tärkeänä, mutta kuluttajille tai kaupalle tärkeämpänä näyt-täytyi maku ja laatu. Sosiaalisen median aktiivinen käyttö lisäsi myyntiä kaupassa. Yrittäjät ko-kivat yhteistyön kaupan kanssa sujuvan yleensä hyvin ja palautteen saamisen tärkeänä. Kirsik-katomaatin laatuominaisuuksien mittaamista ei koettu tarpeelliseksi, koska ”jos huonoa tuo-tetta myy, niin asiakkaat eivät toista kertaa osta”.

Särkkä, L., Halla, H., Koponen, A., Turpeinen, L., Piha, S., Tuomola, P. & Jokinen, K. 2019. Luomuvihannesten ammattimaisen kasvihuonetuotannon ja arvoketjun edistäminen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 81/2019. 53 s.  
<https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544992>



**Kuva 8.** Näkymä tomaattikasvihuoneeseen. Kuva: Titta Kotilainen.

## 5. Geneettinen monimuotoisuus maatalouden alkutuotannossa

*Juha Kantanen, Elina Kiviharju, Krista Peltoniemi, Sannakajsa Velmala*

Suomen maa-, metsä- ja kalatalouden [kansallisen geenivaraohjelman](#) toimenpiteiden tavoitteena on turvata eläin- ja kasvigeenivarat ja lisätä osaamista niiden kestäväen kehityksen hyödyistä ja arvosta eläin- ja kasvinjalostukselle, elintarviketaloudelle ja yhteiskunnalle yleisesti. Ohjelman toimenpiteitä ovat geenivarojen tutkimus, säilytys, kestäväen kehityksen mukainen hyödyntäminen ja instituutioiden (esimerkiksi hallinto- ja opetussektorit) osaamisen kehittäminen. Keskeistä on, että säilytettävät eläin- ja kasvigeenivarat on karakterisoitu ja että niiden arvot tunnetaan. Luonnonvarakeskuksessa geenivaroja on tutkittu erityisesti geneettisten DNA-merkkien avulla (diversiteettianalyysit, fingerprinting), sekvensoimalla eli avaamalla eläinten ja kasvien koko genomi ja analysoimalla geenien ekspressiota eli ilmentymistä ja sen säätelyä (niin sanottua transkriptomiikkaa). Lisäksi on tutkittu geenivarojen laadullisia, agronomisia ja yhteiskunnallisia käyttöominaisuuksia geneettisen monimuotoisuuden kestäväen käytön edistämiseksi.

### 5.1. Eläingeenivarat

Luonnonvarakeskuksen eläingeenivaratutkimuksessa selvitetään eri nautarotujen, alkuperäisten lammasarotujen, suomenhevosen, poron ja suomalaisen maatiaiskan genomin eli perimän erityispiirteet, arkkitehtuuri ja monimuotoisuus hyödyntäen uuden sukupolven genomin sekvensointi- ja bioinformatiikkamenetelmiä. Esimerkiksi eläingeenivararyhmä on jo julkaissut *de novo*-referenssigenomin suomalaiselle porolle ja *de novo*-genomi on valmistunut suomenlampaalle. *De novo*-genomia tarvitaan laajojen genomitutkimusaineistojen vertailugenomiksi. Se on ikään kuin kirjasto geeneistä ja geenien funktioista ja sen antamaan tietoon verrataan muiden tutkittavien eläinten sekvensoituja genomeja.

Eryteisesti pyrimme tuottamaan aivan uudenlaista tietoa säilytettävien rotujen geneettisestä monimuotoisuudesta, geneettisistä erityisominaisuuksista ja sopeutumisesta erilaisiin ympäristöolosuhteisiin. Esimerkiksi suomenlampaan geeniekspressiotutkimuksia on hyödynnetty taloudellisesti tärkeiden hedelmällisyysominaisuuksien selvittämiseen. Näitä tietoja tarvitaan geenivarojen pitkäaikaiseen säilytystyöhön ja kestäväen kehityksen mukaiseen hyödyntämiseen. Genomitutkimus on perusedellytys nykyaikaisen jalostusmenetelmän, genomivalinnan, toteuttamiseen. Menetelmiä voidaan niin ikään soveltaa eläinten ruokintatutkimukseen ja esimerkiksi pyrkiä minimoimaan haitallisten kasviuonepäästöjä, erityisesti märehitjoiden tuottamia metaanipäästöjä. Genomin karakterisoinnilla voidaan tunnistaa haitallisia mutaatioita, jotka voidaan eliminoida jalostusvalinnalla pois eläinpopulaatioista. Lisäksi genomitutkimusta voidaan soveltaa eläinlääkintätutkimukseen ja eläinten lääkitätyöhön. Alkuperäisrotujen genomin tutkimus voidaan nähdä myös kulttuuriperinnön vaalimistyönä. Rodut perustuvat niihin eläinkantoihin, joihin mahamme levisi kivikauden loppuvaiheesta lähtien ja ovat tuhansien vuosien saatossa mukautuneet ympäristö- ja kulttuuriolosuhteisiimme.

- Henderson, G., Cox, F., Ganesh, S. et al. 2015. Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific Reports* 5, 14567. <https://doi.org/10.1038/srep14567>
- Li, X., Yang, J., Shen, M... Kantanen, J. et al. 2020. Whole-genome resequencing of wild and domestic sheep identifies genes associated with morphological and agronomic traits. *Nature Communications* 11, 2815. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16485-1>
- Pokharel, K., Peippo, J., Honkatukia, M. et al. 2018. Integrated ovarian mRNA and miRNA transcriptome profiling characterizes the genetic basis of prolificacy traits in sheep (*Ovis aries*). *BMC Genomics* 19, 104. <https://doi.org/10.1186/s12864-017-4400-4>
- Pokharel, K., Peippo, J., Weldenegodguad, M., Honkatukia, M., Li, M.-H. & Kantanen, J. 2020. Gene Expression Profiling of Corpus luteum Reveals Important Insights about Early Pregnancy in Domestic Sheep. *Genes*, 11, 415. <https://doi.org/10.3390/genes11040415>
- Weldenegodguad, M., Pokharel, K., Ming, Y., Honkatukia, M., Peippo, J., Reilas, T., Roed, K.H. & Kantanen, J. 2020. Genome sequence and comparative analysis of reindeer (*Rangifer tarandus*) in northern Eurasia. *Scientific Reports* 10, 8980 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65487-y>

## 5.2. Kasvigeenivarat

Viljelykasvien geenivarojen suojelussa tavoitteena on varmistaa geneettisen monimuotoisuuden säilyminen nykyisiä ja tulevia käyttötarpeita varten. Pohjoismainen geenivarakeskus Nord-Gen säilyttää viljelykasvien siemenet. Luonnonvarakeskus ylläpitää Suomen kansallista, kasvillisesti lisättävien viljelykasvien geenipankkia, ja vastaa lajiryhminä hedelmä- ja marjakasvien; vihannesten, yrttien ja rohdosten, sekä viherrakentamisen kasvien Suomen olosuhteisiin sopeutuneiden monimuotoisuuden keräämisestä ja turvallisesta ylläpidosta. Kansallinen kasvigeenivaraohjelma vastaa kokoemien ylläpidon organisoinnista. Siksi tutkimuksessa korostuu erityisesti geneettisen monimuotoisuuden arviointi, jotta keskeinen viljelykasvien geenivara-aines osataan valita säilytykseen. Myös luotettavan ja kustannustehokkaan DNA-sormenjälkitunnistuksen kehittäminen on tärkeää, jotta osataan tunnistaa kasvikanat ja hylätä kaksoiskappaleet. Tavoitteena on maksimoida kokoelmien monimuotoisuus ja minimoida säilytyskustannukset. Aiheeseen liittyen on tehty opasjulkaisu, johon on koottu hoito-ohjeita viljelykasvien geenivarojen laadukasta ja turvallista säilytystä varten. Se on kirjoitettu erityisesti tukemaan viljelykasvien geenivarojen keskuskokoelmien ympärille rakennetun varmuussäilyttäjäverkon toimijoita, mutta sitä voivat hyödyntää muutkin kasvien hoidosta ja kasvikantojen ylläpidosta kiinnostuneet tahot.

Kasvigeenivarojen kestävä käytön edistämiseksi on olennaisen tärkeää arvioida niiden käyttöarvoa viljelykokein ja laadullisin analyysin. Erityisen tärkeää on lisätä tutkimusta ilmastonmuutokseen sopeutumisessa tarvittavien ominaisuuksien geneettisestä taustasta, löytää: kestäviä kasvikantoja, ymmärtää sopeutumismekanismeja ja organisoida luonnonvaraisten viljelykasvien lähilajien säilyttäminen. Näin mahdollistetaan varautuminen ilmastonmuutoksen etenemiseen kasvintuotantoa sopeuttamalla (adaptaatio). Tärkeitä biottisia ja abioottisia ominaisuuksia ovat mm. taudin- ja tuholaisien kestävyys, sekä kuivuuden-, tulvan- ja talvenkestävyys. Hyödyntäjinä toimivat kasvinjalostajat, laaja puutarhasektori, tuotteistajat, viljelijät ja kansalaiset. Geenivarojen turvallinen säilytys tarvitsee tuekseen säilytysmenetelmien *in vitro*- ja kryosäilytyksen menetelmäkehitystä ja ongelmakohtien geneettisen tason ymmärtämistä.

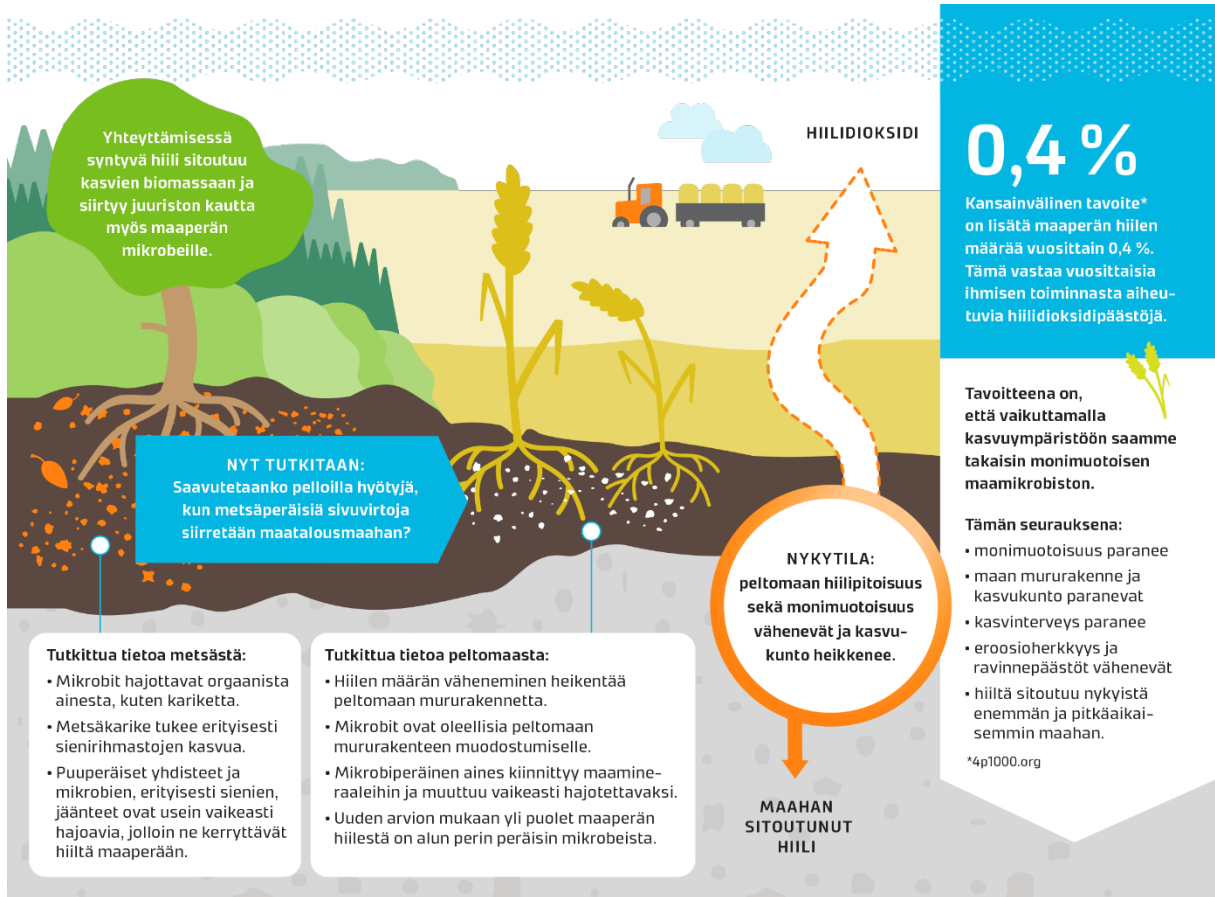


- Fitzgerald, H., Palmé, A., Asdal, Å, Endresen, D., Kiviharju, E., Lund, B., . . . Weibull, J. 2019. A regional approach to Nordic crop wild relative in situ conservation planning. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 17(2): 196–207. doi:10.1017/S147926211800059X
- Juhanoja, S., Alhainen, V., Haikonen, T., Hartikainen, M., Heinonen, M., Hellstén, J., Kiviharju, E., Laamanen, J., Rosvall, T., Rätty, A., Suojala-Ahlfors, T. & Tuhkanen, E.-M. 2020. Kasvigeenivarakoelmien hoito-ohjeet: Ohjeita varmuuskoelmien perustamiseen ja hoitoon. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 39/2020. 83 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545958>
- Rantala, S., Kaseva, J., Karhu, S., Veteläinen, M., Uosukainen, M. & Häggman, H. 2019. Cryopreservation of *Ribes nigrum* (L.) dormant buds: recovery via in vitro culture to the field. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 138(1): 109–119. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11240-019-01607-5>
- Tanhuanpää, P., Heinonen, M., Bitz, L. & Rokka, V.-M. 2019. Genetic diversity and structure in the northern populations of European hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Genome* 62(8): 537–548.
- Tanhuanpää, P., Suojala-Ahlfors, T. & Hartikainen, M. 2019. Genetic diversity of Finnish home garden rhubarbs (*Rheum* spp.) assessed by simple sequence repeat markers *Genetic Resources and Crop Evolution* 66: 17–25. <https://doi:10.1007/s10722-018-0692-8>
- Tuohimetsä, S. & Nukari, A. 2019. Modified droplet-vitrification cryopreservation of arctic bramble (*Rubus arcticus*) and hybrid arctic bramble. *Acta Horticulturae* 1234: 225–232.

### 5.3. Mikrobit

Mikrobit (bakteerit, arkeonit, sienet, levät, pieneliöt) osallistuvat maaperän ainekiertoihin ja muodostavat merkittävän hiilivaraston. Maanviljelytoimenpiteet ja niistä johtuva peltomaan köyhtyminen, vaikuttavat peltomaan rakenteeseen ja kasvukuntoon, vapauttavat maasta hiiltä veteen ja ilmakehään, ja yksipuolistavat mikrobien monimuotoisuutta (Kuva 9). Peltomaiden mikrobien lajistollista ja toiminnallista monimuotoisuutta ja sen vaikutusta pellon ekosysteemi-palveluun ei vielä tunneta riittävästi. Luonnonvarakeskus tuottaa tietoa peltomaan käyttöön vaikuttavista tekijöistä, joilla turvata maan toiminnalle elintärkeiden mikrobien monimuotoisuus. Kansainvälinen tavoite lisätä vuosittaista maaperän hiilen määrää 0,4 % osaltaan lisää painetta tutkia kasvihuonekaasupäästöistä (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) vastuussa olevien mikrobien toimintaa.

- Graham, EB... Peltoniemi, K. et al. 2016. Microbes as engines of ecosystem function: when does community structure enhance predictions of ecosystem processes? *Frontiers in microbiology* 7, 214. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00214>
- Henderson, G., Cox, F., Ganesh, S. et al. 2015. Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific Reports* 5, 14567. <https://doi.org/10.1038/srep14567>
- Peltoniemi, K., Velmala, S., Fritze, H., Lemola R. & Pennanen, T. Long-term impacts of organic and conventional farming on soil microbiomes in a boreal arable soil. Resubmitted to *European Journal of Soil Biology* (conditionally accepted).

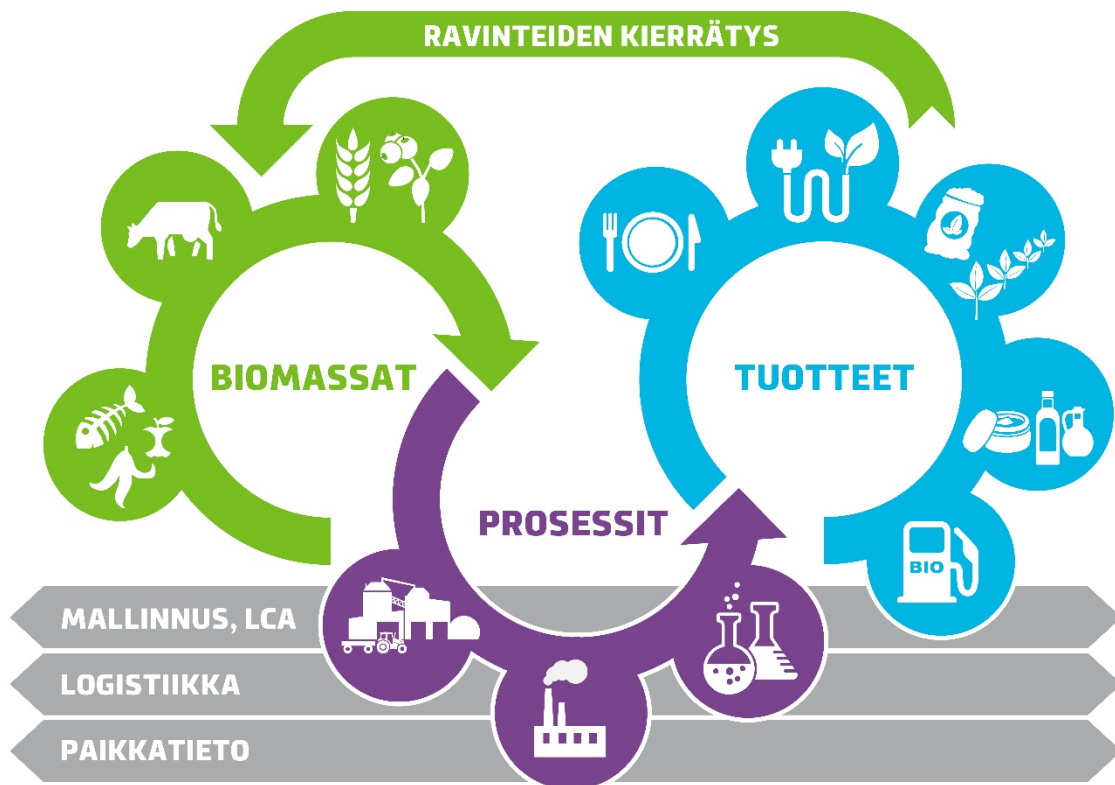


Kuva 9. Mikrobit peltomaan hiilensitojina.

## 6. Kiertotalous ruokajärjestelmässä

*Jaakko Hiidenhovi, Eila Järvenpää, Minna Kahala, Juha-Matti Katajajuuri, Titta Kotilainen, Johanna Leppänen, Sari Luostarinen, Pirjo Mattila, Anne Pihlanto, Sari Mäkinen*

Kestävässä ruokajärjestelmässä tuotettu ruoka edistää terveyttä ja sen tuotanto ja kulutus tahtuvat luonnonvaroja säästämällä sekä niitä optimaalisesti käyttäen ja kierrättämällä (Sitra). Luonnonvarakeskuksen Innovatiivinen ruokajärjestelmä -tutkimusohjelman yksi päätavoitteista on ollut tuottaa ratkaisuja, joilla voidaan parantaa ruokajärjestelmän resurssitehokkuutta, lisätä kannattavuutta ja vauhdittaa siirtymistä kiertotalouteen. Tutkimuksissa on selvitetty keinoja ruokahävikin, ruokajärjestelmän sivutuotteiden ja ylijäämien vähentämiseen, kehitetty ratkaisuja raaka-aineiden kokonaisvaltaiseen hyödyntämiseen ja testattu sivutuotteiden soveltuvuutta uusiin käyttökohteisiin yhteistyössä yritysten, muiden tutkimuslaitosten ja kehittämisorganisaatioiden kanssa (Kuva 10). Tutkimuksen tuottamalla kiertotalouden ratkaisulla voidaan luoda lisäarvoa ja kannattavuutta koko ruokajärjestelmään.



**Kuva 10.** Kiertotalous ruokajärjestelmässä.

### 6.1. Lisäarvoa ja uusia tuotteita sivujakeista ja ylijäämistä

Kiinnostus luonnollisten ainesosien hyödyntämiseen elintarvike-, kosmetiikka- ja terveystuotteissa on ollut maailmanlaajuinen trendi jo pitkään. Erilaisten sivuvirtojen hyödyntäminen näiden arvokkaiden ainesosien raaka-aineina on sekä ympäristön kannalta että kokonaistaloudellisesti järkevää. Luken tutkimus on vastannut kysyntään tuottamalla uusia ratkaisuja ruokajärjestelmän sivutuotteiden laadunhallintaa, arvovhdisteiden talteenottoon ja rikastamiseen, sekä tuottamalla tietoa yhdisteiden bioaktiivisuuksista ja testaamalla niiden soveltuvuutta erilaisissa

mallituotteissa. Luken tutkimus on keskittynyt sivujakeiden hyödyntämiseen mahdollisen vähäisellä prosessoinnilla ja raaka-aineiden kokonaisvaltaiseen käyttöön, mikä mahdollistaa kustannusten ja ympäristövaikutusten pitämisen matalina.

### **6.1.1. Sivutuotteiden laadunhallintaan uusia keinoja tutkimuksella**

Kasvisperäisiä sivutuotteita muodostuu elintarvikejärjestelmän eri vaiheissa alkutuotannosta kuorimoihin, pakkaamoihin ja elintarviketuotteita jalostavissa yrityksissä. Sivutuotteiden muodostuminen on kausittaista ja määrät vaihtelevia. Luken tutkimusten mukaan laatuun ja muodostumismääriin vaikuttavat erityisesti lähtömateriaali ja sen laatu, sekä prosessointitapa ja lopputuotesovellus. Esimerkiksi juuresten ja perunoiden kuorinnassa ja käsittelyssä lähes puolet raaka-aineesta päättyy sivutuotteeksi. Monet kasvissivutuotteista ovat helposti pilaantuvia ja sisältävät runsaasti vettä. Märän materiaalin kuljettaminen hyödyntämispaikkaan on haastavaa ja kallista, ja jatkokäsittely tai kuljetus tulee tehdä nopeasti. Määrältään pieniä eriä on vaikea hyödyntää. Säilöntämenetelmiä hyödyntäen saadaan sivutuotteille lisää aikaa ja kerättyä suurempia sivutuotemääriä jatko-prosessointia tai kuljetusta varten.

Moderneilla kuivausmenetelmillä ja fermentoinnilla on Luken laboratorio- ja pilottikokeissa saatu lisättyä materiaalin käyttöaikaa ilman pakastusta. Kuivaus soveltuu parhaiten lehtimäisille, melko kuiville jakeille ja fermentointi esimerkiksi juuresten ja kaalien sivutuotteille. Maitohappobakteerien käyttö vähentää haitallisten pilaajamikrobien määrää. Prosessi tuo ajallista etua sekä arvojakeiden erotukseen että loppujakeen käyttömahdollisuuksien valintaan. Yksinkertaisin märkien jakeiden käytettävyyden parantaminen saadaan aikaan erottamalla neste- ja kiintoainekset, jotka erilaisine hyötykomponentteineen voidaan jatkojalostaa erilaisiin tuotesovelluksiin.

### **6.1.2. Tähtäimessä raaka-aineiden kokonaisvaltainen hyödyntäminen**

Raaka-aineet täytyy saada hyödynnettyä kokonaisuudessaan erilaisiksi tuotteiksi, jotta ruokajärjestelmän materiaalihokkuutta saadaan parannettua. Tämä vaatii käsittelyprosessien suunnittelua ja tehostamista, jotta sivuvirtojen eri jakeet voidaan ottaa talteen ja tuotteistaa ns. kaskadiperiaatteen mukaisesti. Luken tutkimuksissa on kehitetty ratkaisuja erityisesti proteiinien, rasvahappojen, hiilihydraattien ja kuitujen hyödyntämiseen. Sivutuotteista on valmistettu uutteita ja jakeita prosessimenetelmin, jotka parantavat niiden hyödyntämistä ja mahdollistavat soveltamisen erilaisissa tuotteissa. Soveltuvuutta ja toimivuutta on testattu mm. elintarvikkeissa ja niiden valmistus/lisäaineissa, sekä tuotanto- ja lemmikkieläinten rehuissa. Kierrätysraaka-aineiden käyttäminen elintarvikkeiden ja rehujen valmistuksessa vähentää primääristen raaka-aineiden tuotantotarvetta, jolloin ruoantuotannon tuotantopanosten kustannuksia, ympäristökuormitusta ja raaka-aineiden tuotantoon tarvittavaa pinta-alaa voidaan vähentää tai käyttää tehokkaammin. Lisäksi ratkaisut tukevat biokierrätöksen kaskadiperiaatetta, kun elintarviketuotannon sivutuotteet jalostetaan korkeamman lisäarvon tuotteiksi ennen biomateriaalikierrätystä esimerkiksi biokaasun- ja maanparannusaineiden tuottamisen kautta.

### **6.1.3. Luontaisia säilyvyyden parantajia, väri- ja aktiiviaineita ylijäämistä ja sivutuotteista**

Luke on kehittänyt ratkaisuja arvoyhdisteiden talteenottoon ja rikastamiseen kasvisivutuotteista ja ylijäämistä erilaisilla uutto- ja suodatustekniikoilla. Tutkimuksen perusteella esimerkiksi marja- ja kasviketjujen ylijäämistä ja sivutuotteista valmistettuja ainesosia voidaan käyttää paitsi terveyttä edistävinä aktiiviaineina myös hidastamaan hapettumista ja mikrobiologista

pilaantumista elintarvikkeissa. Ruokasovellusten kohdalla on tärkeää huomioida elintarvikelain-säädäntö jo kehitystyön alussa. Luken tutkimusten mukaan porkkana- ja punajuurisivutuotteista pystytään rikastamaan varsin vähäisellä prosessoinnilla väriaineita ja kuituja, joilla on monipuolisia käyttömahdollisuuksia elintarvikkeissa. Porkkanan karotenoideja ja punajuuren betaniinia käytetään väriaineena monissa markkinoilla olevissa tuotteissa. Kuituja puolestaan käytetään ravitsemuksellisten ja toiminnallisten ominaisuuksiensa takia valmistus- tai lisäaineena elintarvikkeissa. Luken kehittämät väriaineiden ja kuidun rikastusprosessit perustuvat neste- ja kiintoaineksen erotukseen, sekä mikrobitekniikoihin. Elintarvikekäytön lisäksi potentiaalisia hyödyntämistapoja tulevaisuudessa ovat myös esimerkiksi kosmetiikka ja pakkaukset, kun fosfiilisten raaka-aineiden käyttöä korvataan uusiutuvilla lähteillä.

#### 6.1.4. Kalasivuvirrat arvotuotteiksi

Suomalainen kalateollisuus käyttää lähes 80 miljoonaa kiloa raaka-ainetta, jonka jalostuksesta syntyy merkittävä määrä sivuvirtoja. Pelkästään lohikalojen jalostuksessa syntyy yli 10 miljoonaa kiloa fileointijäännöksiä. Maa- ja metsätalousministeriön valmisteleman [Kotimaisen kalan edistämishojelman](#) tavoitteena on kotimaisen kalan käytön moninkertaistaminen. Tämä osaltaan lisää myös prosessoinnissa muodostuvien sivutuotteiden määriä. Kalasaaliiden ja kalan sivuvirtojen arvo voidaan moninkertaistaa, jos ne voitaisiin hyödyntää korkean lisäarvon tuotteina. Vähäarvoisista kaloista ja kalasivuvirroista voidaan eristää muun muassa proteiineja ja peptidejä, öljyä ja mineraaleja. Lukessa on sovellettu ja kehitetty Suomen olosuhteisiin ja raaka-ainemääriin sopivia teknologioita arvojakeiden tuottamisen. Esimerkiksi perkuujätteistä voidaan kehittyillä prosesseilla melko helposti erottaa ainesosia elintarvikkeisiin, kosmetiikka- ja pakkausteollisuuden tarpeisiin. Kehitetyt prosessit ovat yksinkertaisia, ympäristöystävällisiä ja helposti skaalattavissa suurempaan mittakaavaan. Prosesseille on laadittu alustavat kannattavuuslaskelmat ja tulokset ovat lupaavia. Kalaraaka-aineen paremmalla hyödyntämisellä voidaan saavuttaa merkittäviä positiivisia vaikutuksia ympäristöön, terveyteen ja talouteen.

Kahala, M., Järvenpää, E. & Lehto, M. 2020. Kasvissivutuotteiden hyödyntämisen monet mahdollisuudet. Kehittyvä elintarvike 27.8.2020.

<https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/teemajutut/vastuullisuus-kiertotalous/kasvissivutuotteiden-hyodyntamisen-monet-mahdollisuudet/>

Mäkinen, S., Hellström, J., Mäki, M., Korpinen, R. & Mattila, P. H. 2020. Bilberry and Sea Buckthorn Leaves and Their Subcritical Water Extracts Prevent Lipid Oxidation in Meat Products. *Foods* 9(3), 265.

Välimaa, A.L., Mäkinen, S., Mattila, P., Marnila, P., Pihlanto, A., Mäki, M. & Hiidenhovi, J. 2019. Fish and fish side streams are valuable sources of high-value components. *Food Quality and Safety* 3(4): 209–226.

Raitanen, J.E., Järvenpää, E., Korpinen, R., Mäkinen, S., Hellström, J., Kilpeläinen, P., ... & Jyske, T. 2020. Tannins of Conifer Bark as Nordic Piquancy–Sustainable Preservative and Aroma? *Molecules* 25(3), 567.

Santos, J. S., Leal, A. S., Escher, G. B., Cruz, A. G., Cruz, T. M., Hellström, J., ... & Granato, D. 2020. Effects of an herbal extract composed of white tea, roasted yerba mate and fermented rooibos on the antioxidant activity and sensory properties of popsicles manufactured with different protein sources. *Journal of Food Bioactives* 11: 84–94.

Fidelis, M., de Moura, C., Kabbas Junior, T., Pap, N., Mattila, P., Mäkinen, S., ... & Granato, D. 2019. Fruit seeds as sources of bioactive compounds: sustainable production of high

value-added ingredients from by-products within circular economy. *Molecules* 24(21), 3854.

Yang, W., Kaimainen, M., Järvenpää, E., Sandell, M., Huopalahti, R., Yang, B. & Laaksonen, O. 2021. Red beet (*Beta vulgaris*) betalains and grape (*Vitis vinifera*) anthocyanins as colorants in white currant juice – effect of storage on degradation kinetics, color stability and sensory properties. *Food Chemistry* 348, 128995.

### Luonnonvarakeskuksen kiertotalouden tutkimusalustoja

Luonnonvarakeskuksen [FoodPilot](#)-koehalli Jokioisilla tarjoaa monipuoliset ja innovatiivisesti hyödynnettävät prosessilaitteet sivutuotteiden prosessointiin ja tuotesovellusten kehittämiseen. Koehallin tilat ovat elintarvikeviranomaisen hyväksymät.

Pilotointitila [Bioruukissa](#) tarjoaa helpon ja nopean tavan uusien tuotantomenetelmien testaamiseen sivutuotteiden jalostus- ja hyödyntämistason nostamiseksi.

[InsectLab](#)-tutkimusympäristö perustettiin Jokioisten kampukselle vuonna 2017. Se on ainutlaatuinen voimavara hyönteisiin liittyvien ratkaisujen kehittämisessä. Luke auttaa kehittämään hyönteisten kasvatusta ja rehustusta esimerkiksi testaamalla ja pilotoimalla sivutuotteiden ja biomassojen käyttöä ja jatkojalostusta tuotteiksi.

Vuonna 2019 avatun [Biopajan](#) koetiloissa Jokioisilla tutkitaan ja testataan ratkaisuja erilaisten biomassojen ravinteiden ja orgaanisen aineksen kierrättämiseksi. Luke tekee yhteistyötä ja palvelee yrityksiä kierrätyslannoitevalmisteiden, uusiutuvan energian ja muiden korkean jalostusasteen tuotteiden kehittämisessä ja niiden käyttöönotossa

## 6.2. Ravinteiden kierrätys ja biokaasu

Monista ruokajärjestelmän sivuvirroista, lannasta ja erotusprosessien jäännösbiomassoista voidaan hyvillä ratkaisuilla tuottaa kierrätyslannoitevalmisteita ja bioenergiaa. Luken hankkeissa on tuotettu ratkaisuja kestävämpään ja tehokkaampaan sivutuotteiden ja lannan hyödyntämiseen bioenergiana ja kierrätyslannoitteissa.

InnoFood-ohjelman hankkeissa on osoitettu tarve tehostaa nykyisiä toimia päästöjen vähentämiseksi ja ravinteiden tehokkaammaksi hyödyntämiseksi sekä tila-, yritys- että aluetasolla. Esi-tetyt ratkaisut liittyvät usein lannan ja muiden biomassojen prosessointiin ja sen mahdollistamaan ravinteiden uusjakoon ja päästöjen hallintaan. Lannasta voi muodostua varastoinnin aikana sekä levityksen yhteydessä ja jälkeen kasvihuonekaasuja ja ilman laatua heikentävää ammoniakkaa. Lisäksi lannan ravinteita voi päästyä vesistöihin lannoituskäytössä. Kotieläintuotannon keskittyessä myös lantaravinteet keskittyvät alueellisesti ja niiden tarjonta voi muodostua alueen tarvetta suuremmaksi (etenkin fosfori). Tällöin lannan ympäristövaikutukset voivat olla erityisen merkittävät.

Tarkasteluissa on kiinnitetty erityishuomiota kokonaiskestävyyteen, ts. kaikki toimintaketjun osat on toteutettava kestävimmillä tavoilla parhaan tuloksen saavuttamiseksi. Aihe on nostettu myös poliittisesti keskiöön. Luken strategisen rahoituksen hankkeissa ja yhteistyössä elinkeinon kanssa tuotetuista tiedoista on tehty politiikkaohjausta tukevia työkaluja (mm. Ravinlaskuri

alueellisen ravinteiden kierrätyksen suunnitteluun) ja koontiselvityksiä liittyen kierrätyslannoitevalmisteiden markkinoiden kehittämiseen, tarvittuihin kannustimiin (lantabiokaasutuki, vaikeavuusinvestointi Saaristomeren alueella), uusiutuvan energian direktiivin (RED II) kestävyyskriteereihin maatalouden biomassoilla ja maatalouden ilmastotiekarttaan.

Luken koordinoimassa H2020 LEX4BIO-hankkeessa (Optimising bio-based fertilisers in agriculture – Providing a knowledge basis for new policies) tuotetaan tietoa tarvittavista teknologioista turvallisten kierrätyslannoitteiden tuottamiseen minimoimalla ympäristölle, ruuantuotannolle ja terveydelle aiheutuvat riskit. Hanke tuottaa tietoa EU:n päätöksentekoon turvallisten kierrätyslannoitteiden valmistamiseksi.

Luostarinen S., Tampio, E., Berlin, T., Grönroos, J., Kauppila, J., Koikkalainen, K., Niskanen, O., Rasa, K., Salo, T., Turtola, E., Valve, H. & Ylivainio, K. 2019. Keinoja orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön edistämiseen. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2019:5. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-941-8>

Luostarinen, S., Tampio, E., Niskanen, O., Koikkalainen, K., Kauppila, J., Valve, H., Salo, T. & Ylivainio, K. 2019. Lantabiokaasutuen vaihtoehdot. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2019. 75 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-777-0>

Rasi, S., Timonen, K., Joensuu, K., Regina, K., Virkajärvi, P., Pulkkinen, H., Tampio, E., Pyykkönen, V. & Luostarinen, S. 2019. Nurmi biokaasun raaka-aineena: RED II direktiivin mukainen kasvihuonekaasupäästöjen laskenta. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 46/2019. 29 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-789-3>

Paavola, T., Lehtoranta, S., Luostarinen, S., Akujärvi, A. & Grönroos, J. 2019. Agrisymbiooseilla kohti kestävämpää sianlihantuotantoa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 50/2019. <http://hdl.handle.net/10138/308051>

### 6.3. Uudet kasvualustat kiertotaloudessa

Maailmanlaajuisesti erilaisia kasvualustoja käytetään sekä avomaa- että kasvihuoneviljelyssä vuosittain miljoonia kuutiometrejä. Eniten käytetään turvetta, kivivillaa ja kookoskuitua. On arvioitu, että erilaisten teollisesti valmistettujen kasvualustarakaisujen globaali kysyntä ainakin nelinkertaistuu nykyisestä vuoteen 2050 mennessä. Kaikkiin nykyisiin materiaaleihin liittyy ekologisia, sosiaalisia ja taloudellisia haasteita. Näin ollen tarvitaan uusia ja ennen kaikkea kestävyyskriteerit täyttäviä materiaaleja kasvualustojen teolliseen valmistukseen.

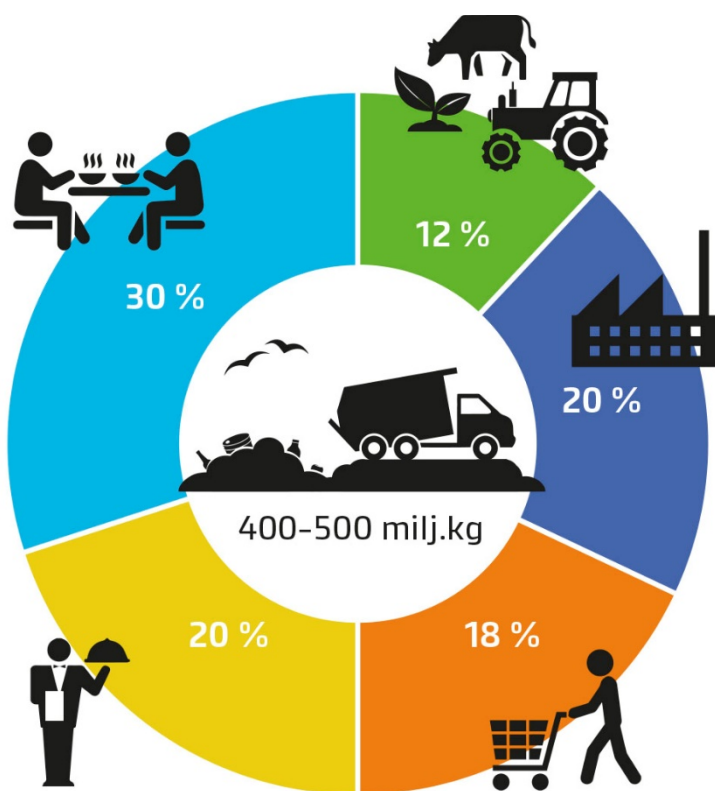
Lukessa on tutkittu, miten erilaisista sivuvirroista saadaan turvallisia ja toimivia kasvualustamateriaaleja. Kasvikuidut, esimerkiksi ruokohelpi, toimivat hyvänä perusainesosana, johon voidaan lisätä muita kasviperäisiä sivutuotteita. Kehitettyjä kasvualustoja voidaan käyttää seoksina turpeen kanssa, vähentäen näin turpeen käyttötarvetta. Kiinnostusta sovellutuksiin on myös viherrakentamisessa, jolloin seosaineena on usein kivennäismaa.

Särkkä, L., Tuomola, P. & Jokinen, K. 2016. Ruokohelpi- ja järviruokopohjaisten materiaalien soveltuvuus tomaatin kasvualustaksi: Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 55/2016. 23 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/537424>

## 6.4. Ruokahävikin vähentäminen ja käyttömahdollisuudet

### 6.4.1. Kohti systemaattista ruokahävikin seuranta ja vähentämistä ruokaketjussa.

Komissiosta ilmestyi toukokuussa 2019 jäsenmaita sitova päätös, joka velvoittaa jäsenmaat raportoimaan elintarvikejätteen määrän komissiolle. YK on asettanut tavoitteeksi ruokajätteen määrän puolittamisen vuoteen 2030 mennessä kuluttajatasolla ja kaupoissa, sekä ruokahävikin vähentämisen ketjun kaikissa osissa. EU ja sen jäsenvaltiot ovat sitoutuneet YK:n tavoitteeseen, kuten hallitusohjelmaankin on kirjattu. Lisäksi valtakunnallinen jättesuunnitelma on kiirehtinyt ruokahävikin vähentämisen edistämistä. Ruokaketjussa Suomessa syntyy Luken tutkimusten mukaan reilut 400 miljoonaa kiloa alun perin syömäkelpoista ruokahävikkiä. Hävikkiä muodostuu ruokaketjun eri vaiheissa alkutuotannosta kotitalouksiin ja ravintoihin (Kuva 11).



**Kuva 11.** Luken tutkimusten mukainen karkea arvio alun perin syömäkelpoisen ruokahävikin synnystä Suomessa ja jakaantumisesta ketjun eri osiin. Infograafi: Juha-Matti Katajajuuri, Jouni Hyvärinen.

### 6.4.2. Seurantajärjestelmä elintarvikejätteelle ja ruokahävikille

Suomessa on Luken johdolla kehitetty ja rakennettu elintarvikejätteen ja ruokahävikin kansallista seurantajärjestelmää vuodesta 2018 alkaen. Tutkimus- ja sidosryhmätyön pohjalta Luken laaja tutkimusryhmä on tunnistanut 6 keskeistä teema-aluetta eli keihäänkärkeä, jotka jatkossa ohjaavat ruokahävikin vähentämistä Suomessa ja ratkaisujen tekemisessä eri näkökulmista. Keihäänkärjet täydentävät toisiaan, jolloin hävikin ja elintarvikejätteen vähentämiseen tähtäävä muutos on mahdollisimman kokonaisvaltainen ja tehokas.



Tutkimuksen perusteella tunnistettuja keinoja ruokahävikin vähentämiseksi ovat esimerkiksi vapaaehtoiset sopimukset, vaikuttavat ohjaukset, hävikkitiedon jakamisen liittäminen osaksi opetussuunnitelmaa, ravintoloiden menekin ennustejärjestelmät sekä hävikkisovellukset, jotka ohjaavat kotitalouksia vähentämään hävikkiään.

Tavoitteena on ruokahävikin vähentäminen puolella vuoteen 2030 mennessä (Kuva 12). Luken johdolla valmisteltu [ruokahävikkitiekartta](#) julkaistiin 19.1.2021 ja se tullaan hyväksymään osana kansallista valtakunnallisen jättesuunnitelman päivitystä keväällä 2021. Tiekartan pohjalta tullaan edistämään innovaatioita, ohjaukset ja vapaaehtoisia toimia ruokahävikin vähentämiseksi yhteistyössä yhteiskunnan eri toimijoiden kanssa.



**Kuva 12.** Tiekartta ruokahävikin vähentämiseksi Suomessa (Luken ruokahävikkiseuranta ja tiekartta -hanke). Graafi: Hanna Hartikainen.

Katajajuuri, J.-M., Silvennoinen, K., Hartikainen, H., Heikkilä, L. & Reinikainen, A. 2014. Food waste in the Finnish food chain. *Journal of Cleaner Production* 73: 322–329.

Hartikainen, H., Kuisma, M., Pinolehto, M., Räikkönen, R. & Kahiluoto, H. 2014. Ruokahävikki alkutuotannossa ja elintarvikejalostuksessa. *Foodspill 2 -hankkeen loppuraportti*. MTT Raportti 170.

Hartikainen, H., Riipi, I., Katajajuuri, J.-M. & Silvennoinen K. 2020. From Measurement to Management: Food Waste in the Finnish Food Chain. In: *Food Waste Management – Solving the wicked problem* (Eds: Närvänen, Mesiranta, Mattila & Heikkinen). pp 415–439. Palgrave Macmillan/Springer Nature Switzerland, 2020. ISBN 978-3-030-20560-7

Ruokapakkaukset muodostavat yhden suurimmista päivittäisen jätteen lähteistä, vaikka elintarvikkeiden ympäristöjalanjäljestä se on vain pieni osa. Pakkaus pitää ruoan turvallisena ja ehkäisee ruokahävikkiä. Kokonaiskestävien ja ruokahävikkiä ehkäisevien pakkausten kehittämisessä tuleekin siis ymmärtää sekä ruoka- että pakkausjärjestelmän toimintaa ja reunaehtoja. Suomen Akatemian Strategisen tutkimusneuvoston rahoittamassa [Package-Heroes](#) -hankkeessa tutkitaan ja kehitetään ratkaisuja, joilla elintarvikepakkausista syntyvää jätekuormaa pyritään vähentämään. Hankkeessa tutkitaan pakkausmateriaalien ja -ratkaisujen ympäristövaikutuksia, keinoja kaupallistaa uusia pakkausinnovaatioita sekä kuluttajien mieltymyksiä ja odotuksia erilaisten pakkausratkaisujen.

## 6.5. Luke Circles- kiertue tutustutti kiertotalousosaamiseen

Luke Circles -kiertotaloustapahtumia järjestettiin vuonna 2019 viidellä paikkakunnalla. Luken biokiertotalouden huippuasiantuntijat avasivat alansa uusimpia ideoita, tutkimustuloksia ja niiden liiketaloudellisia mahdollisuuksia.

Circles-kiertue sai alkunsa tarpeesta esitellä Luken kiertotalousosaamista ja Luken tarjontaa asiakkaille, rahoittajille ja tutkimuskumppaneille. Luke Circles tavoitti lähes 1000 ihmistä. Kiertueella solmittiin kymmeniä uusia kontakteja ja kylvettiin siemeniä niin asiakastoimeksiannoille kuin uusille tutkimushankkeille. Kiertueen päättyessä oli tunnistettu uusia mahdollisia asiakastoimekantoja n 250 000 euron edestä.

”Kiertueelle oli selkeä tilaus, ja sen suosio ylitti odotuksemme. Osallistujat olivat tyytyväisiä tapahtuman antiin, mistä todisteena olivat korkeat palautearvosanat. Kiertue sai myös hienosti näkyvyyttä sosiaalisessa mediassa, ja kiertueen päättäneen Helsingin Ruoka-areena-tilaisuuden yhteydessä #lukecircles ylsi Twitterin twiitattuimpien joukkoon,” Luken johtava asiantuntija Päivi Valo kertoo.

Viidelle paikkakunnalle, Ouluun, Turkuun, Jokioisiin, Tampereelle ja Helsinkiin, jalkautuneen kiertueen tavoitteena oli kehittää ajatuksia siitä, miten kestävä ja kannattavaa biokiertotaloutta rakennetaan yritysten ja tutkimuksen yhteistyöllä. Kiertue huipentui Helsingissä 2.10.2019 pidettyyn Ruoka-areenaan (Kuva 13), jossa pohdittiin ruokajärjestelmän vaatimia muutoksia, jotta siitä tulisi nykyistä kestävämpi ja jotta se voisi kilpailukykyisesti vastata monimuotoisuuden hupenemisen ja ilmastonmuutoksen mukanaan tuomiin haasteisiin.

Kiertue kasvatti tietoisuutta Luken monipuolisesta kiertotalousosaamisesta ja -tarjonnasta kumppaneiden ja mahdollisten asiakkaiden keskuudessa. Luken [verkkosivuilla](#) on koonti Circles-tapahtumista.



**Kuva 13.** Ruoka-areena tilaisuus 2.10.2019 saavutti suuren yleisön. Kuva: Luken kuva-arkisto.

## 6.6. Tulevaisuuden näkymät

Valtioneuvoston julkaisemassa Kiertotalouden edistämishjelmassa ehdotetaan tavoitteita luonnonvarojen käytölle sekä toimenpiteitä, joilla hiilineutraalista kiertotalousyhteiskunnasta tulee taloutemme kestävä perusta vuonna 2035. Hiilineutraaliin kiertotalouteen siirtymisessä ruokajärjestelmällä on olennainen merkitys. Tarvitaan toimintamallit siihen, miten ruokaa tuotetaan, jalostetaan ja kulutetaan kestävästi. Ratkaisuja tarvitaan ruuan ympäristövaikutuksien vähentämiseen muiden muassa kasvihuonekaasupäästöjen osalta, hävikin vähentämiseen ja käyttöön ruokajärjestelmän eri osissa, ravinteiden kiertoon, sekä ravitsemukseen.

Tutkimuksella on kiertotalouden tavoitteiden saavuttamisessa aivan keskeinen merkitys. Ruokahävikkiä, sivutuotteita ja ylijäämiä pitää pystyä vähentämään ja löytää kannattavia tapoja käyttää niitä uusissa tuotteissa. Tähän mennessä tehty tutkimustyö on vasta lähtölaukaus pitkäjänteiselle materiaalikiertojen kehittämiselle. Työ jatkuu Luken uudessa Kierto -tutkimusohjelmassa, jolle InnoFood -ohjelmassa tehty työ loi hyvää pohjaa.

Suuri tulevaisuuden tavoite onkin uusien kiertotalouteen perustuvien tuoteratkaisujen vieminen käytäntöön yhteistyössä elinkeinon kanssa. Tutkimuksella tulee myös tukea kokonaisvaltaista muutosta sekä yhteiskunnan päätöksenteossa ja suunnittelussa että yritysten, kotitalouksien ja kuluttajien asenteissa. Kiertotalous ruokajärjestelmässä rakentuu yhdessä tekemällä!

## 7. Uudet teknologiat ja työkalut

*Juha Backman, Jere Kaivosoja, Antti Kause, Saila Karhu, Titta Kotilainen, Matti Pastell, Liisa Pesonen, Marja Rantanen, Miika Tapio, Sirja Viitala, Johanna Vilkki, Katri Kärkkäinen*

Teknologiakehitys on mahdollistanut uusia lähestymistapoja, ja strategista rahoitusta on suunnattu uusien teknologioiden sisäänajoon kaikilla ohjelman fokusalueilla.

### 7.1. Genomiikan ja jalostuksen uusia työkaluja

Lukessa on kehitetty uusia sekvensointiin perustuvia genotyyppitysmenetelmiä (GBS, genotyping by sequencing) useissa hankkeissa eri lajeille. Näiden menetelmien etu on se, että voidaan tunnistaa kustannustehokkaasti kymmeniä tuhansia DNA-variantteja miltä tahansa lajilta, myös niiltä, joiden perimän sekvenssiä ei tunneta. Tunnistettuja DNA-markkereita hyödynnetään mm genomivalinnassa, tutkittaessa tärkeiden ominaisuuksien perinnöllistä taustaa tai populaation ominaisuuksia.

Esimerkkinä GBS-menetelmän hyödyntämismahdollisuuksista on kalatalous. Viljelylle siialle ei ole jalostuksessa ja tutkimuksessa tarvittavia DNA-markkereita kaupallisesti saatavilla. Luken strategisessa GENOTYPE-hankkeessa ja ArctAqua-EU:n Cross Border Co-operation -hankkeessa kehitettiin RAD-sekvensointi menetelmä, jolla tuotetaan siialle 15 000 DNA-merkkiä genomista valintaa varten. ArctAqua-hankkeessa SLU kehitti vastaavan RAD-sekvensointimenetelmän nieriälle, käyttäen myös Luken ylläpitämän äärimmäisen uhanalaisen saimaannieriän kudoksenäytteitä. Menetelmä perustuu ~2500 DNA-merkin analysointiin yli koko genomin. Tämä on iso edistysaskel, jolla saadaan sukulaisuudet ja geneettinen vaihtelu arvioitua tarkasti. Tähän asti tämä on ollut hankalaa, koska Saimaan nieriän perimä on uhanalaisuuden takia vähemmän vaihtelevaa kuin kaloilla tyypillisesti on. Menetelmää käytettiin vuonna 2020 Saimaan nieriän emokalaston (Luken kalageenivaratyö) uusimman sukupolven tekoon geneettisen vaihtelun hallitsemiseksi. Myös hyönteistaloudessa tarvitaan luotettavia menetelmiä populaatioiden sukulaisuusrakenteiden seurantaan ja valinnan vaikutusten tutkimiseksi. Luken GENOTYPE-hankkeessa kehitettiin RAD-sekvensointimenetelmä myös mustasotilaskärpäselle. Menetelmä tuottaa noin 25 000 DNA-merkkiä.

Kasvien genomit ovat eläingenomeja haastavampia tutkimuskohteita niiden suuren koon, polyploidian ja suuren toistojaksoisuuden vuoksi. Kaura on Suomessa kasvavista viljakasveista ainoa, jolle ei ole saatavilla hyvälaatuista genomista sekvenssiä. Luken strategisessa OATSTANDING-hankkeessa kehitettiin RAD-sekvensointiin perustuva menetelmä, jolla tunnistetaan kauran DNA-variantteja jalostusta ja tutkimusta varten. Samalla kehitettiin vastaavaa menetelmää kahdelle tärkeälle nurmikasville, timoteille ja ruokonadalle. Koko genomin kattava DNA-merkistö kotimaiselle kauralle on suuri edistysaskel kauran genomitiedon hyödyntämiselle. Menetelmä ja sillä tuotetut aineistot tukevat myös Luken kansainvälistä PanOAT-tutkimusyhteistyötä, jossa sekvensoidaan vuoden 2021 aikana 30 eri alkuperää olevan kauran genomi ja geenistö.

**Taulukko 1.** Luke on mukana useissa tärkeiden viljelykasvien ja tuotantoeläinten koko genomien rakennetta ja emäsjärjestystä käsittelevissä yhteistutkimushankkeissa.

Laji	Vaihe	Kansallinen/ Kansainvälinen
Ohra	Referenssigenomi julkaistu. Pan-genomi muualla työn alla	Kansainvälinen
Ruis	Referenssigenomin koonti tehty, julkaistu	Kansainvälinen
Kaura	Referenssigenomi valmis; pan-genomi työn alla	Kansainvälinen
Koivu	Referenssigenomi valmis; pan-genomi työn alla	Kansallinen ja kansainvälinen yhteistyö
Härkäpapu	Referenssigenomi tekeillä; pan-genomi kansallisena suunnitelmana	Kansallinen ja kansainvälinen yhteistyö
Saimaannorppa	Referenssigenomi tekeillä	Kansallinen
Poro ja metsäpeura	Poron referenssigenomi Sekvensoitu suomalainen metsäpeurapopulaatio, 23 koko genomia julkaistu.	Kansallinen
Nauta	Yli 50 pohjoismaisen punaisen lypsyrodun yksilön koko genomia sekvensoitu. Mukana kansainvälisessä 1000 Bulls genomes konsortiossa Koko genomi avattu 2 suomalaisesta alkuperäisrodusta (itä- ja länsisuomenkarja) ja siperialaisesta jakutiankarjasta. Pötsin metagenomi sekvensoitu useista roduista ja näytteistä.	Kansainvälinen
Hevonen	Suomenhevosen genomi avattu kansainvälisessä hankkeessa. Useiden hevosrotujen metagenomiikkaa	Kansainvälinen
Lammas	Suomenlammas sekvensoitu kansainvälisessä hankkeessa. Suomenlampaalle (pohjoiseurooppalaiselle lyhyt-häntälampaalle) <i>de novo</i> referenssigenomi valmis ja annotoitu. Ei vielä julkaistu.	Kansainvälinen  Kansallinen
Kana	Suomalaisen maatiaiskan eri kanakantojen koko genomien sekvenssidata.	Kansallinen

Viime vuosien tutkimusta ja jalostusta mullistavimpia menetelmiä on genomieditointi, joka tarkoittaa genomien osien tarkkaa lisäämistä, poistamista tai muokkaamista. Toisin kuin geeninsiirtomenetelmillä, editoitaessa eliön dna:han ei lisätä mitään vierasta ainesta, vaan genomiin tehtävät muutokset voisivat tapahtua myös luonnollisissa olosuhteissa. Genomieditointi on hyvin täsmällistä, koska se kohdistetaan ennalta määritettyyn kohtaan perimässä. Genomieditointi voi auttaa etsimään nopeita ratkaisuja globaaliin ruokakriisiin ja valmistautumaan ilmastomuutoksen vaikutuksiin. EU:n tuomioistuimen päätös kuitenkin saattaa aiheuttaa sen, että innovaatiot karkaavat kauas eurooppalaisten tuottajien käsistä.

Genomieditoinnin kehitystä on seurattu aktiivisesti ja varauduttu menetelmien haltuun ottamiseen. Luken strategisella rahoituksella käynnistettiin sekä kotieläinten että viljelykasvien genomien editointia koskevat hankkeet. Ensimmäisessä hankkeessa pystytettiin CRISPR-Cas9-geenieditointimenetelmä eläinsoluviljelmille. Menetelmän avulla tutkittiin aikaisemmissa

assosiaatiotutkimuksissa löydettyjen naudan utaretulehdukseen tilastollisesti kytkeytyneiden muutosten vaikutuksia solutasolla. Hankkeessa ei saatu todistettua tutkittujen muutosten yhteyttä utaretulehdukseen, mutta siitä kertynyttä kokemusta geenieditoinnista pystytään hyödyntämään tulevissa hankkeissa. Toisessa hankkeessa tavoitteena on tuottaa ohralle kuivuuden tai stressinkestävyyttä editoimalla geenejä, joiden vaikutukset on tunnistettu mallikasveissa (esim. lituruoho, *Arabidopsis thaliana*). Ensimmäiset editoidut ohralinjat on tuotettu, ja jatkossa suunnitellaan menetelmän soveltamista muihin lajeihin, esim. kauralle, härkäpavulle ja perunalle. Olemme ottaneet myös osaa aihepiiristä käytävään [keskusteluun](#) pyrkien tuomaan esille menetelmän mahdollisuuksia ja eroja geeninsiirtoihin (GMO).

## 7.2. Mikrobiomien tutkimus

Mikrobiomien tutkimus otettiin yhdeksi ohjelman strategiseksi kehityskohteeksi vuonna 2017, jolloin alettiin koordinoida Lukessa tehtävää mikrobiomitutkimusta, ja myönnettiin strategista rahoitusta mikrobiomeja käsitteleville tutkimushankkeille. Tämä tuotti hyvää tulosta, sillä jo parin vuoden päästä saatiin rahoitusta kolmelle hankkeelle H2020-tutkimusohjelman ruokajärjestelmän mikrobiomitutkimuksen teemasta: Luken koordinoima [SIMBA-hanke](#) sekä MASTER- ja CIRCLES-hankkeet, joissa Luke on partnerina.

Lukessa on pystytetty metabarcoding-menetelmä peltomaan mikrobiston tutkimusta varten. Tuloksina on havaittu, että maatalousmaan viljelykäytännöt vaikuttavat maaperän sieni- ja bakteeriyhteisöihin, erityisesti savimailla.

Mikrobien hyödyntämistä terveellisten ja turvallisten elintarvikkeiden kehittämiseksi on tutkittu useissa hankkeissa. Tutkimus on tuottanut [mikrobipohjaisia ratkaisuja](#) erityisesti kasvipohjaisten tuotteiden ravintoarvon ja aistittavan laadun muokkaamiseen. Rahoitusta tutkimukseen on saatu Suomen Akatemiasta, EU:n H2020 tutkimusohjelmasta, Business Finlandista ja Luken strategisista tutkimusohjelmista.

Maitohappokäymiseen perustuvan rehunsäilönnän mikrobiomitutkimus on myös aloitettu. Pääpaino on nurmisäilörehuissa, mutta myös kokoviljasäilörehut sekä viljanjyvien murskesäilöntä ovat kohteena. Tutkimusta on tehty ensin Luken strategisessa Silage metagenomics-hankkeessa ja jatkettu Suomen akatemian rahoittamassa MiMi-hankkeessa.

Mikrobiomiosaamista on kehitetty ja hyödynnetty myös biokaasu- ja VFA-prosessien tutkimuksessa. Hankkeissa on selvitetty mikrobiomin ja prosessien tehokkuuden välistä yhteyttä, mikrobiyhteisön muutoksia prosessin aikana ja kykyä sopeutua muuttuviin olosuhteisiin.

Luke on vahvistanut osaamistaan ja tutkimusta myös naudan ruoansulatuselimistön mikrobiomin alalla ottamalla käyttöön uusia sekvensoinnin ja bioinformatiikan työkaluja. Tutkimusta on tehty kolmella eri alueella i) mikrobiomin rooli kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä, ii) mikrobiomin rooli naudan rehutehokkuutta selittävänä tekijänä, iii) mikrobiomin kehittyminen vasikoiden alkukasvatuksen aikana tavoitteena myöhemmät positiiviset vaikutukset eläimen tuottavuuteen. Rahoitusta tutkimukseen on saatu Luken strategisesta Leads-ohjelmasta, EU:n eri tutkimusohjelmista FP7, H2020, ERA-NET, sekä Suomen Akatemiasta.

Blasco, L., Kahala, M., Tampio, E., Vainio, M., Ervasti, S. & Rasi, S. 2020. Effect of Inoculum pretreatment on the composition of microbial communities in anaerobic digesters producing volatile fatty acids. *Microorganisms* 8(4), 581.

Tapio, I., Fischer, D., Blasco, L., Tapio, M., Wallace, R.J., Bayat, A.R., Ventto, L., Kahala, M., Negussie, M., Shingfield, K.J. & Vilkki, J. 2017. Taxon abundance, diversity, co-occurrence and network analysis of the ruminal microbiota in response to dietary changes in dairy cows. PLoS One Jul 13;12(7): e0180260.

Wallace, R.J., Sasson, G., Garnsworthy, P.C., Tapio, I., Gregson, E., Bani, P., Huhtanen, P., Bayat, A.R., Strozzi, F., Biscarini, F., Snelling, T.J., Saunders, N., Potterton, S.L., Craigon, J., Minuti, A., Trevisi, E., Callegari, M.L., Piccioli Cappelli, F., Cabezas Garcia E.H., Vilkki, J., Pinares-Patino, C., Fliegerová, K.O., Mrázek, J., Sechovcová, H., Kopečný, J., Bonin, A., Boyer, F., Taberlet, P., Kokou, F., Halperin, E., Williams, J.L., Shingfield, K.J. & Mizrahi, I. 2019. A Heritable Subset of the Core Rumen Microbiome Dictates Dairy Cow Productivity and Emissions. Sci Adv 5, eaav8391.

### 7.3. Digitalisaatio

Maatalouden digitalisaatio on ohjelmakauden aikana noussut laajaan keskusteluun niin kansallisesti kuin eurooppalaisittain. Eurooppalainen SmartAgriHubs-projekti rakentaa eurooppalaista maatalouden digitaalisten innovaatiokeskittymien (Digital Innovation Hubs, DIH) verkostoa. Yksi hankkeen lippulaivakokeiluista on Valued Grain Chain -kokeilu, jossa kokeillaan digitaalisten työkalujen ja niillä tuotetun datan hyödyntämistä viljatilän kannattavuuden kohentamiseksi. Kokeilun perustana toteutettu digitaalisten järjestelmien verkottunut rakenne on ensimmäisiä askeleita kohti yhteistä eurooppalaista maatalouden data-avaruuden kehittämistä. CropData-projektin tutkimusaiheina olleet maatilan oma data sekä sen jakaminen tutkimuskäyttöön ja edelleen viljelijäyhteisön yhteiseksi hyödyksi sekä ComDataEco-projektin datojen yhteismitallisuuden ja metadatan tutkimus tulevat jatkamaan data-avaruuksien tulevien toiminnallisuuden kehitystyössä.

Villa-Henriksen, A., Edwards, G.T.C., Pesonen, L.A., Green, O. & Sørensen, C.A.G. 2020. Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential. Biosystems Engineering 191: 60–84.  
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.12.013>

Latvala, T. & Pesonen, L. 2017. Ruokaketjulla voitettavaa digitalisaatioissa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja 13/2017.  
<https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=21401>

### 7.4. Robotiikka ja dronit

Robotiikassa on jo aikaisemmin todistettu, että traktorista voidaan muokata itsenäisesti työtä tekevä robotti. Avoimia asioita silti on vielä ratkaistavaksi tutkimusprojekteissa. Ajanjaksolla keskityttiin robotin työtehtävien hallintaan ja robotin liittämiseen muihin järjestelmiin. SIMU-projektissa tutkimuksen tarvitsemaa HIL-simulointiympäristöä kehitettiin ja ROBO-projektissa valmisteltiin traktorista robottitutkimusalustaa. DriveByAI-projektissa selvitettiin robotin vaatimuksia case-tapauksessa yhdessä Valtran ja asiakkaan kanssa. Myös MaTyKo-hankkeen EFDI-tiedonsiirron kehitys tuki robotiikkaa. Kantavana ajatuksena on kuitenkin hyödyntää standardeja ja tehdä roboteista eri valmistajien välillä yhteen toimivia. Tutkimustyötä jatketaan FlexiGroBots-hankkeessa.

Droneihin liittyvän tutkimuksen pääteema ajanjaksolla oli tukea kotimaista kansainvälisesti merkittävää hyperspektrikuvantamisteknologian tutkimusta ja kehitystä sekä tutkia uusia

kehityskelpoisia maataloussovellutuksia. Projekteissa kehitettiin mm. rehunurmen sadon määrän ja laadun mittaaminen perustuen 3D-mallinnukseen ja multispektrimittauksiin dronista. Keskeisinä projekteina toimivat DroneKnowledge, GrassQ ja MORE. Dronitutkimus on saatu linkitettyä kiinteäksi osaksi tiedonhallinnan, peltorobotiikan sekä viljelymenetelmien tutkimusta. Tätä kokonaisuutta tullaan edistämään FlexiGroBots-hankkeessa.

Alves, O.R., Näsi, R., Niemeläinen, O., Nyholm, L., Alhonoja, K., Kaivosoja, J., Jauhiainen, L. et al. 2020. "Machine Learning Estimators for the Quantity and Quality of Grass Swards Used for Silage Production Using Drone-Based Imaging Spectrometry and Photogrammetry." *Remote Sensing of Environment* 246 (September 1, 2020): 111830. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111830>.

Backman, J., Linkolehto, R., Koistinen, M., Nikander, J., Ronkainen, A., Kaivosoja, J., Suomi, P. & Pesonen, L. 2019. "Cropinfra Research Data Collection Platform for ISO 11783 Compatible and Retrofit Farm Equipment." *Computers and Electronics in Agriculture* 166 (November 1, 2019): 105008. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105008>.

Kaivosoja, J. 2019. *Role of Spatial Data Uncertainty in Executions of Precision Farming Operations*. Aalto University, 2019. <https://aaltodoc.aalto.fi:443/handle/123456789/41363>.

## 7.5. Täsmäkotieläintuotanto

Täsmäkotieläintuotannon tutkimuksessa on kehitetty uusia menetelmiä eläinten käyttäytymisen, terveyden ja tuotoksen seurantaan. SILF- ja CowBhave-ICT-Agri -hankkeissa on kehitetty menetelmiä lypsylehmien sisätilapaikannusaineiston analysointiin, kehitetty sulautettua anturitekniikkaa lypsykarjan käyttäytymisen seurantaan ja ennustavia malleja terveysongelmien varhaiseen havaitsemiseen. Uudessa ClearFarm H2020 -hankkeessa tavoitteena on kehittää auto-maattisiin mittauksiin perustuva eurooppalainen hyvinvoinnin arviointijärjestelmä.

Teknologian hyödyntämiseen lypsykarjan ruokinnan tarkentamisessa ja energiataseen seurannassa kehitettiin useita uusia ratkaisuja. SmartFarm-hankkeessa kehitettiin ja testattiin uusi NIR-anturi maidon ja säilörehun pitoisuuksien mittaukseen yhteistyössä VTT:n kanssa. Lisäksi osana lypsylehmien rehutehokkuutta tutkivaa hankekokonaisuutta kehitettiin menetelmä lehmän energiataseen ennustamiseen maidon MIR-spektrin perusteella sekä 3D-kameraan perustuva lehmien kuntoluokitusmalli.

Aernouts, B., Adriaens, I., Diaz-Olivares, J., Saeys, W., Mäntysaari, P., Kokkonen, T., Mehtiö, T., Kajava, S., Lidauer, P., Lidauer, M.H. & Pastell, M. 2020. Mid-infrared spectroscopic analysis of raw milk to predict the blood nonesterified fatty acid concentrations in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 103: 7. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17952>

Bloch, V. & Pastell, M. 2020. Monitoring of Cow Location in a Barn by an Open-Source, Low-Cost, Low-Energy Bluetooth Tag System. *Sensors* 20, 3841. <https://doi.org/10.3390/s20143841>

Halachmi, I., Guarino, M., Bewley, J. & Pastell, M. 2019. Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 7: 403–425. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-020518-114851>



## 7.6. Teknologiakehitystä kasvintuotannossa

Ilmastonmuutos lisää sääolosuhteiden vaihtelua ja satoriskit kaikkialla maailmassa kasvavat. Kasvitehtaat (plant factory) tarjoavat ratkaisuja tähän ongelmaan. Intensiivinen kaupallinen tuotanto tapahtuu suljetussa ympäristössä LED-valojen alla, ja kasveja kasvatetaan toistensa päälle pinotuissa hyllyissä (vertical farming, Kuva 14). Näitä kasvitehtaita voidaan sijoittaa urbaaneille alueille ja niissä voidaan tuottaa suuria määriä paikallista ruokaa tehokkaasti vuorokauden ja vuoden ympäri. Kaupunkiympäristöjen lisäksi tarvetta on myös kehittyvillä alueilla, joissa ruoantuotannolle ei ole optimaalisia olosuhteita (esimerkiksi makeaa vettä on rajatusti saatavilla). Kasvien kasvuun vaikuttavia tekijöitä pystytään hallitsemaan ja esimerkiksi torjunta-aineiden käyttöä ja huonoja sääolosuhteita pystytään merkittävästi vähentämään tai poistamaan. Teknologiaa ja automaatiota täytyy kehittää edelleen, jotta erilaisten kasvien tuotanto voi yleistyä kasvitehtaissa kannattavasti ja kokonaiskestävällä tavalla. Näiden tavoitteiden saavuttamisessa tutkimuksella on keskeinen rooli. Lukessa on vuonna 2020 alkanut neljä erilaista, kasvitehdas-/vertikaaliviljelyyn liittyvää tutkimushanketta yhteistyössä muiden tutkimuslaitosten ja yritysten kanssa.

Marjojen tuotannolla on huomattava merkitys maaseudun elinkeinoihin ja alueiden elinvoimaisuuteen. Marjat muodostavat osan ruokajärjestelmäämme, jossa tuotteiden alkuperä on kuluttajille merkityksellinen. Suomen marjatuotannon kannalta on tärkeää, että kuluttajien luottamus kotimaisen marjan laatuun säilyy. Viime vuosina epäilyt kotimaisina markkinoitavien marjojen alkuperästä ovat lisääntyneet. Marjoja myyvät ja jalostavat yrityksetkin ovat kokeneet suuren ongelmana sen, että marjojen alkuperää ei ole voitu luotettavasti määrittää.



**Kuva 14.** Näkymä salaattien ja yrttien vertikaaliviljelylaitokseen. Kuva: Titta Kotilainen.

Niin sanottua pysyvien eli stabiilien isotooppien suhteiden analyysia (SIRA) on alettu käyttää jo 1970-luvulla elintarvikkeiden alkuperäaitouden määrittämiseen. Euroopan Komissio on hyväksynyt sen viralliseksi analyysimenetelmäksi 30 vuotta sitten.

Puutarhamansikka on Suomessa tärkeä tuotantokasvi: puutarhatiloistamme joka kolmas tuottaa mansikkaa. Alkuperäharhautuksina markkinoille tulevat marjat voivat aiheuttaa huomattavan paineen laskea kotimaisen marjan hintoja ja näin vähentää marjantuotantomme kannattavuutta. Mansikan alkuperän selvittämiseen on kaivattu luotettavaa työkalua. Ruokaviraston kanssa toteutetussa Alkuperältään aidot -hankkeessa määritettiin laajalti Suomen eri osista kerättyjen marjanäytteiden stabiileja isotooppeja. Näistä luotiin kattava viitetietokanta. Tehtyjen analyysien perusteella suomalaiset mansikkanäytteet ryhmittivät selvästi omaksi joukokseen erottuen esimerkiksi lähinaapurimaiden tai Euroopan suurten tuottajamaiden mansikoista. Eriyisesti marjojen sisältämän vedyn isotooppien suhde, joka kuvastaa paikallisia vesiolosuhteita, osoittautui tärkeäksi puutarhamansikkamme alkuperästä kertovaksi ”sormenjäljeksi”.

Luotu mansikan stabiilien isotooppien tietokanta on siirretty viranomaiskäyttöön.



**Kuva 15.** Kotimaisten mansikoiden alkuperätiedot pystytään nyt varmistamaan. Kuva: Saila Karhu.

Karhu, S., Rantanen, M., Hellstén, J., Welling, A., Nieminen, J., Rokka, M., Venäläinen, E-R., Jokinen, S., Järvinen, J., Mykkänen, S. & Villberg, A. 2020. Alkuperältään aidot – koordinoidulla yhteistyöllä uusi työkalu kasvituoitteiden alkuperän määrittämiseen ja alkuperäväärennösten osoittamiseen. Loppuraportti.

<https://jukuri.luke.fi/handle/10024/546777>

## 8. Tulevaisuuden ruokajärjestelmä

*Pirjo Mattila, Anne Pihlanto, Susanna Rokka, Katriina Soini, Jyrki Niemi*

### 8.1. Ruokajärjestelmän toimivuus, tehokkuus ja vastuullisuus

Toimivia ja tehokkaita ruokamarkkinoita pidetään osana hyvinvoinnin perustaa ja osana vastuullista ruokajärjestelmää. Ruokamarkkinoiden toimintaan ja kilpailullisuuteen on kuitenkin niin Suomessa kuin muuallakin EU:ssa kohdistunut viime vuosien aikana varsin suurta kriittisyyttä. Kysymyksiä on herännyt erityisesti ruoan hintavaihteluista ja niiden taustalla olevista tekijöistä sekä hintakehityksen eroista Suomen ja muiden EU-maiden välillä. Tämän lisäksi julkista keskustelua on herättänyt kuluttajan maksaman hinnan jakautuminen elintarvikeketjun sisällä, mikä on antanut aiheen analysoida elintarvikeketjun eri osien keskinäisiä voimasuhteita ja näiden merkitystä kilpailulle, elintarvikeketjussa tapahtuvalle tulojaolle ja elintarvikkeiden hinnanmuodostukselle. Myös elintarvikkeiden kulutusrakenteen muutokset ja kuluttajien arvostusten ja ostokäyttäytymisen muutokset sekä niiden heijastuminen niin vähittäiskaupan kuin elintarvikkeita tuottavien yritysten toimintaan on ollut aktiivisen tutkimuksen kohde Luksessa.

Viime vuosina tehdyt tutkimukset ovat tuottaneet vaikutusanalyysijä esimerkiksi siitä, kuinka nopeasti ja herkästi EU-markkinoilla tapahtuvat hintamuutokset välittyvät Suomen maatalous- ja elintarvikemarkkinoille. Lisäksi Luken tutkimuksissa on selvitetty tuottajahinnoissa ja tuotantopanosten hinnoissa tapahtuvien muutosten välittymistä tuotteiden kuluttajahintoihin sekä analysoitu elintarvikeketjun eri osien ja eri kustannustekijöiden vaikutusta elintarvikkeiden hinnanmuodostukseen. Vuonna 2019 päättynyt RUOMU-hanke (Ruokamarkkinoiden muuttuvat rakenteet ja kilpailun toimivuus) tuotti uutta tietoa erityisesti elintarvikkeiden kulutusrakenteen pitkän aikavälin kehityksestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Tarkastelun kohteina olivat muun muassa lihan ja kasvisproteiinituotteiden kulutusnäkyvät sekä private label -tuotteiden kasvava merkitys kaupan neuvottelu- ja markkina-aseman vahvistajana.

Tehdyllä työllä on vahva yhtymäkohta EU:n epäreiluja kauppatapoja elintarvikeketjussa suitcasevaan lainsäädäntöön, joka nytkähti EU:ssa eteenpäin vuonna 2019. Komission huhtikuussa 2018 julkistaman ehdotuksen keskeinen päämäärä on ”alkutuottajien suojeleminen”, koska heidät nähdään ruokaketjun heikoimpana osapuolena. Myös Suomen elintarvikemarkkinalakia täydennettiin vastaamaan keväällä 2019 annetun EU-direktiivin vaatimuksia. Elintarvikemarkkinalain uudistaminen hyväksyttiin Suomessa lokakuussa 2020, ja se astuu voimaan marraskuun 2021 alusta. Voimaan tullessaan laki antaa kaupankäyntiin uudet pelisäännöt ja tasapainottaa ruokajärjestelmän neuvotteluasemia. Lain avulla voidaan puuttua entistä paremmin ruokajärjestelmässä esiintyviin epäterveisiin kauppatapoihin.

Vuonna 2020 huolta ruokamarkkinoiden toimivuudesta aiheutti erityisesti koronapandemia. Lukessa tehdyissä selvityksissä analysoitiin, millaisia lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutuksia pandemiolla on maatalous- ja elintarvikemarkkinoihin. Lisäksi tarkasteltiin, millaisia mahdollisia vaikutuksia kohdistuu maa- ja elintarviketalouteen 2020-luvulla vaihtoehtoisissa tulevaisuutta kuvaavissa kehityspoluissa.

Ruokaketjun vastuullisuus on hyvin laaja ja monitahoinen kokonaisuus. Luken aikaisemmissa, laajapohjaisissa tutkimuksissa ruokaketjun vastuullisuus on määritelty ympäristön, tuoteturvallisuuden, ravitsemuksen, työhyvinvoinnin, eläinten hyvinvoinnin, paikallisen hyvinvoinnin ja talouden muodostamaksi arviointikokonaisuudeksi. YK:n Kestävän kehityksen tavoitteiden

(Sustainable Development Goals, SDG) saavuttaminen edellyttää ruuantuotannon ja -kulutuksen ekologisen, sosiaalisen ja taloudellisen kestävyuden tarkastelua. Vuonna 2020 alkaneessa Vekka -hankkeessa (Vastuullinen elintarvikeketju) tarkastellaan lihanjalostus-, meijeri- ja leipomotoimialoja niiden erityispiirteet ja keskeisimmät kohteet vastuullisuuden ja kestävyuden näkökulmasta huomioiden tutkimustietoon perustuen sekä valitaan keskeiset vastuullisuuskriteerit yhdessä sidosryhmien (ml. suuret elintarvikeyritykset, etujärjestöt) kanssa. Lisäksi tunnustetaan kriittiset tuotantoketjun kohdat, joissa muutosta eniten tarvitaan. Lopuksi mittarit linkitetään YK:n kestävä kehityksen tavoitteisiin. Hankkeen kunnianhimoisena tavoitteena hankkeessa on muodostaa ehdotus toimialakohtaisista vastuullisuuden indikaattoreista. [SUSFOOD2](#) Era-net hanke rahoittaa kestävä elintarvikkeiden tuotantoa ja kulutusta tukevia hankkeita. Luke päivitti sen strategisen tutkimusagendan toimintaympäristön ja tutkimustarpeiden kuvausta 2018 ja 2020.

Forsman-Hugg, S., Katajajuuri, J\_M., Riipi, I., Mäkelä, J., Järvelä, K. & Timonen, P. 2013. Key CSR dimensions for the food chain. *British Food Journal* 115 (1): 30–47.  
<https://doi.org/10.1108/00070701311289867>

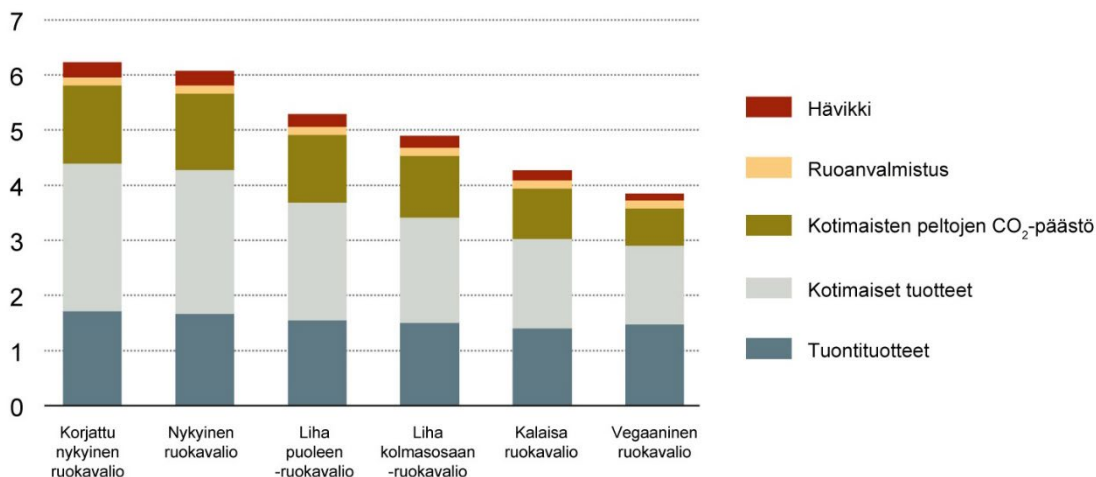
Niemi, J., Jansik, C. 2020. COVID-19 pandemic – impact on the Finnish agri-food sector. *Problems of Agricultural Economics* 264(3): 8–12. <http://www.zer.waw.pl/COVID-19-PANDEMIC-IMPACT-ON-THE-FINNISH-AGRI-FOOD-SECTOR,127992,0,2.html>

Niemi, J. & Liu, X. 2016. Empirical first-filter test for the existence of buyer power in the Finnish food supply chain. *Agricultural and Food Science* 25(3): 177–186.  
<https://journal.fi/afs/article/view/53275>

Rikkonen, P., Aakkula, J., Niemi, J., Setälä, J., Tyrväinen, L., Viitanen, J., Kniivilä, M., Konu, H., Kurttila, M., Mutanen, A., Niemi, J.K., Pihlanto, A., Rinne, M., Routa, J., Saarni, K. & Salmi, P. 2020. Skenaariotarkastelu COVID-19-pandemian vaikutuksista metsäsektoriin, maa-, elintarvike- ja kalatalouteen sekä luontoon perustuvaan matkailu- ja luonnontuotealaan 2020-luvulla. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 83/2020. 68 s.  
<https://jukuri.luke.fi/handle/10024/546424>

## 8.2. Ruokavaliio vaikuttaa ympäristöön

Ruokajärjestelmä vaikuttaa osaltaan ilmastonmuutokseen, luonnon monimuotoisuuden köyhtymiseen, maankäytön epätoivottuihin muutoksiin sekä liiallisen lanta- ja lannoitetyypen ja -fosforin käytön kautta vesi- ja maaekosysteemien saastumiseen. Tutkimusten mukaan ruokavaliomuutos, kuten eläinperäisten tuotteiden kulutuksen vähentäminen ja peltojen hiilivarannosta huolehtiminen olisivat tehokkaita tapoja vähentää ruoan kulutuksesta ja tuotannosta aiheutuvia ilmastovaikutuksia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoimintaan kuuluvassa RuokaMinimi-hankkeessa arvioitiin väestön ravitsemustarpeet huomioonottavan ruokavaliomuutoksen ilmasto- ja ympäristövaikutuksia Suomessa ja tarkasteltiin, miten suomalainen maa- ja elintarviketalous pystyisi vastaamaan ruokavaliomuutoksesta seuraavaan kysynnän muutokseen. Hankkeen tulosten mukaan ruokavaliion ilmastovaikutusta voitaisiin pienentää siirtymällä ruokavaliioon, jossa on lihaa vain noin kolmannes nykyisestä, jossa on runsaasti kalaa tai joka on kokonaan vegaaninen. Myös maaperän hiilivaraston muutoksilla on todettu olevan suuri merkitys ruuantuotannosta aiheutuvien ilmastovaikutuksen pienentämisessä. Maaperän hiilivarastoon, lannan päästöihin, energian käyttöön tuotantoketjuissa ja lehmien metaanipäästöihin voidaan vaikuttaa merkittävästi myös tuotantoteknisillä toimilla. Yhteensä näiden toimien avulla voitaisiin päästä noin 30–40 prosenttia pienempiin ilmastovaikutuksiin (Kuva 16).



**Kuva 16.** Ruokaminimi-hankkeessa arvioidut eri ruokavalioiden vaikutukset päästöihin.

Ruokaminimi-hankkeen mukaan lähtöasetelmat kasviperäisen ruokaproteiinin tuotannon merkittävälle kasvattamiselle ovat Suomessa kuitenkin varsin vaikeat. Suomalaisen maatalouden nykyiset kilpailuedut ovat tehokkaassa kotieläin- ja kasvihuonetuotannossa, eivät niinkään kasvintuotannossa. Heikon kannattavuuden vuoksi toimialan voi olla vaikea mukautua ruokajärjestelmän muutoksen edellyttämiin suuriin investointeihin sekä palkokasvituotannossa että -jalostuksen lisäämisessä. Lisäksi maataloustuottajien mahdollisuudet lisätä kasviperäistä ruokaproteiinin tuotantoa vaihtelevat alueittain. Ruokavaliomuutoksen seurauksena voisi olla voimakkaasti Etelä-Suomeen painottuva maataloustuotanto ja merkittävä Pohjois-Suomen maatalouden väheneminen. Hallittu muutos edellyttää uusien tuotteiden kehittämistä kasveista, joita on totuttu pitämään rehukasveina, ja vaatii näin ollen kattavien arvoketjujen luomista vastaamaan kulutuksen muutokseen. Erityisiä haasteita menestykselliselle siirtymiselle nykyistä kasvipohjaisempaan tuotantoon ovat väljalostukseen tai esikäsittelyyn soveltuvien laitojen puuttuminen, jotta sopivia palkokasvipohjaisia ainesosia saataisiin elintarviketeollisuuden käyttöön.

Aakkula, J., Asikainen, A., Kohl, J., Lehtonen, A., Lehtonen, H., Ollila, P., Regina, K., Salminen, O., Sievänen, R. & Tuomainen, T. 2019. Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 20/2019. 70 s. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161408>

Huan-Niemi, E. Niemi, J., Kaljonen, M., Knuuttila, M. & Saarinen, M. 2020. The impacts of dietary change in Finland: food system approach. *Agricultural and food science* 29(4): 372–382. <https://journal.fi/afs/article/view/95282>

Irz, X., Jensen, J.D., Leroy, P., Réquillart, V. & Soler, L-G. 2019. Promoting climate-friendly diets: What should we tell consumers in Denmark, Finland and France? *Environmental Science & Policy* 99: 169–177. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901119302734>

Saarinen, M., Kaljonen, M., Niemi, J., Antikainen, R. Hakala, K., Hartikainen, H., Heikkinen, J., Joensuu, K., Lehtonen, H., Mattila, T., Nisonen, S., Ketoja, E., Knuuttila, M., Regina, K., Rikkinen, P., Seppälä, J. & Varho, V. 2019. Ruokavaliomuutoksen vaikutukset ja muutosta tukevat politiikkayhdistelmät: RuokaMinimi-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019: 47. 157 s. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161742>

### 8.3. Kasviproteiini on ruokamaailman megatrendi

Lihaa korvaavien kasviproteiinituotteiden markkinat kasvavat Euroopassa noin seitsemän prosentin vuosivauhtia – eikä kyse ole ohimenevästä ilmiöstä. Strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamassa ScenoProt-hankkeessa havaittiin, että neljännes kuluttajista on erittäin kiinnostunut uusista tuotteista ja suuri enemmistö nuorisosta uskoo syövänsä tulevaisuudessa enemmän kasviksia ja kasviproteiineja. Kuluttajien kysyntään vastaaminen erikoiskasviviljelyä lisäämällä monipuolistaisi tuotantoympäristön biodiversiteettiä sekä parantaisi alkutuotannon resilienssiä ja kilpailukykyä.

Tutkimuskohteina ovat olleet runsaasti proteiinia sisältävät kasvit: härkäpapu, lupiini, rypsi, öljypellava, tattari, kvinoa ja öljyhamppu sekä sienet, kalat ja hyönteiset. ScenoProt-hanke tuotti politiikkasuosituksia sekä teki yhteistyötä viranomaisten kanssa proteiinilähteiden monipuolistamisen tukemiseksi. ScenoProt pyrki vastaamaan proteiinien arvoverkostossa tunnistettuihin rakenteellisiin haasteisiin, kuten alkutuottajien ja elintarviketeollisuuden tarjonnan kohtaamiseen. Uusimman politiikkasuosituksen (2021) mukaan jo maltillinen muutos ruokavaliossa voi johtaa myönteisiin vaikutuksiin sekä ilmaston että terveyden kannalta.

ScenoProt-hankkeessa tutkittiin kasvien ravintosisältöä ja kehitettiin prosessointimenetelmiä, joiden avulla raaka-aineista saadaan maukkaita ja käyttökelpoisia tuotteita. Esimerkiksi fermentoinnin avulla vatsavaivoja aiheuttavia yhdisteitä sekä haitta-aineita saadaan vähennettyä tai ne saadaan lähes kokonaan poistettua. Hankkeessa luotiin myös proteiinilähteisiin perustuvia elintarvikkeita esim. hampusta ja vaviljoista. Hankkeessa tarkasteltiin tarkemmin Keski-Suomen proteiinijärjestelmää paikallisin pilotoinein.

Hankkeessa toteutettiin 2016–2017 kliininen interventiotutkimus (HY, ravitsemustiede). Sen tulokset osoittavat, että eläinperäisten proteiinien maltillinenkin osittainen korvaaminen kasviperäisillä johtaa ympäristövaikutusten pienenemiseen sekä ruokavalion rasvojen laadun paranemiseen ja kuidun saannin lisääntymiseen. Muutokset vähentävät paksusuolisyövän ja tyypin 2 diabeteksen riskiä sekä edistävät sydän- ja verisuoniterveyttä. Tulokset ovat merkittäviä, kun huomioidaan että tarvittava ruokavalion muutos on suhteellisen helposti toteutettavissa lähes kenelle tahansa.

Kuluttajilla on vahva aikomus lisätä ruokavalioonsa kasviksia sekä vähentää lihan käyttöä. Aikomuksesta huolimatta vain pieni osa kuluttajista on muuttanut ruokavaliotaan viimeisen vuoden aikana. Kallis hinta ja tuotteiden vieraus ovat merkittävimmät esteet kasviproteiinituotteiden käytölle. Käyttövalmiiden ja helppokäyttöisten tuotteiden nykyistä alempi hinta lisäisi varmimmin proteiinipitoisten kasvien käyttöä. Tulokset käyvät ilmi ScenoProt-hankkeessa vuonna 2019 tehdystä kyselytutkimuksesta, jossa selvitettiin kuluttajien asenteita ruokavaliota ja kasviproteiineja kohtaan neljässä maassa: Suomessa, Ruotsissa, Saksassa ja Iso-Britanniassa. Suomen Akatemian rahoittamassa ApoE4<sup>mot</sup>-hankkeessa selvisi, että neuvonnalla voidaan vaikuttaa elintapoihin, mutta tieto riskigeenistä ei lisää tätä vaikutusta.

Pihlanto, A., Mattila, P., Mäkinen, S. & Pajari, A.-M. 2017. Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. *Food & Function* 8(10): 3443–3458.

Mattila, P., Mäkinen, S., Euroola, M., Jalava, T., Pihlava, J. M., Hellström, J. & Pihlanto, A. 2018. Nutritional value of commercial protein-rich plant products. *Plant foods for human nutrition* 73(2): 108–115.

- Mattila, P. H., Pihlava, J. M., Hellström, J., Nurmi, M., Eurola, M., Mäkinen, S. ... & Pihlanto, A. 2018. Contents of phytochemicals and antinutritional factors in commercial protein-rich plant products. *Food Quality and Safety* 2(4): 213–219.
- Pap, N., Hamberg, L., Pihlava, J. M., Hellström, J., Mattila, P., Eurola, M. & Pihlanto, A. 2020. Impact of enzymatic hydrolysis on the nutrients, phytochemicals and sensory properties of oil hemp seed cake (*Cannabis sativa* L. FINOLA variety). *Food chemistry*, 320, 126530.
- Leskinen, HM., Tringham, M., Karjalainen, H., Iso-Touru, TK., Hietaranta-Luoma, HL., Marnila, PJ., Pihlava, JM., Hurme, T., Kankaanpää, SJ., Puolijoki, H., Åkerman, K., Tanner, L., Sandell, M., Vähäkangas, K., Hopia, A., Tahvonen, R. & Rokka, LS. 2021. APOE Genotype Disclosure and Lifestyle Advice in a Randomized Intervention Study with Finnish Participants. *J Nutr.* 2021 Jan 4;151(1): 85–97.

## 8.4. Ruokamurroksella kohti kestävää ruokajärjestelmää

Ruokajärjestelmän muuttaminen nykyistä selvästi kestävämmäksi ja ilmastoystävällisemmäksi tarkoittaa muutoksia järjestelmän eri osissa. Tarvittavien muutosten laajuuden vuoksi on aiheellista puhua koko järjestelmän muuttamisesta eli ruokamurroksesta. Ruokamurroksella puolestaan on merkittäviä taloudellisia ja sosiaalisia vaikutuksia, joista tiedämme kuitenkin vielä varsin vähän. Tähänastinen kestävyysmurroksen tutkimus on keskittynyt pitkälti murroksen edistämiseen, ei sen vaikutuksiin. Vaarana on, että ruokajärjestelmän kestävyysmurros ratkoo joitain ongelmia, mutta vahvistaa samalla olemassa olevia tai luo uusia taloudellisia, sosiaalisia tai ravitsemuksellisia eriarvoisuuksia. Ilmastopäästöjen vähentäminen Suomessa voi myös pahimmillaan lisätä päästöjä, heikentää monimuotoisuutta tai pahentaa vesiongelmaa muualla maailmassa, ellei näitä tarkastella samanaikaisesti. Myös murrokseen liittyvät oikeudenmukaisuuskysymykset ovat saaneet osakseen kasvavaa huomiota kestävyyttä koskevan tutkimuksen parissa.

Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittama Reilu ruokamurros ([Just-Food](#)) -hanke, joka alkoi vuonna 2019, tarkastelee, miten siirtymä ilmasto- ja terveelliseen ruokajärjestelmään voidaan tehdä kestävästi, hyväksyttävästi ja oikeudenmukaisesti. Tämä tehdään a) kehittämällä määritelmiä ja kriteerejä, joiden avulla reilua ruokamurrosta voidaan arvioida, b) tuottamalla uutta empiiristä tietoa ruokamurroksen ekologisista, taloudellisista ja ravitsemuksellisista vaikutuksista, c) lisäämällä ymmärrystä siitä, miten erilaiset haavoittuvat ryhmät voidaan huomioida ruokamurroksessa sekä d) luomalla menettelytapoja ja politiikkasuosituksia reilun ruokamurroksen tukemiseen.

Ruokamurroksen hyötyjen ja haittojen jakautumista on tärkeää tarkastella myös maa- ja elintarviketalouden kilpailukykyyn ja taloudellisten vaikutusten näkökulmasta. Ilmastoystävälliseen ruokavalioon siirtymisen myötä mahdollisesti tapahtuvalla kotieläintuotannon vähenemisellä olisi suuri vaikutus suomalaisen maa- ja elintarviketalouteen. Nykyisellään kotieläintuotanto-keijuun liittyvän toiminnan osuus on lähes puolet suomalaisen maatalouden markkinahintaisesta tuotosta sekä elintarviketeollisuuden liikevaihdosta. Kysymys olisi siis erittäin suuresta tuotantorakenteen muutoksesta. Hallitusohjelmaan mukaisesti MMM:n johdolla laaditaan kansallinen ilmastoruokaohjelma, joka tähtää kulutetun ruoan ilmastojalanjäljen pienentämiseen sekä ymmärryksen lisäämiseen ruoantuotannosta sekä laajasti ruokajärjestelmän kestävyys edistämiseen. Ruokamurrosta tarvitaan tässä onnistumiseen. MMM ja Luke rakentavat yhteistyössä vuonna 2021 tämän ohjelman vaikuttavuustavoitteet ja toimenpideohjelman.

Kaljonen, M., Huttunen, S., Karttunen, K., Kortetmäki, T., Niemi, J., Salminen, J., Saarinen, M. & Valsta, L. 2020. Reilu ruokamurros vaatii eri tavoitteita yhteen sovittavaa politiikkaa ja laajaa osallistumista. Poliitikasuosituksia reiluun ruokamurrokseen. Just Food Policy Brief, lokakuu 2020. [https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/justfood-policybrief\\_fi\\_10-2020\\_screen](https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/justfood-policybrief_fi_10-2020_screen)

Knuuttila, M. & Niemi, J. 2020. Ruokavaliomuutosten vaikutukset kotimaiseen maa- ja elintarviketalouteen. Julkaisussa: Maataloustieteen päivät 2020. Esitelmä- ja posteritiivistelmät. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 37. s. 23.



## 9. Kansainvälisyys

*Matti Pastell, Mila Sell, Johanna Vilkki*

Innofood-ohjelman tutkijat ovat aktiivisesti mukana kansainvälisessä toiminnassa tutkimushankkeiden, tieteellisten seurojen ja asiantuntijatehtävien kautta. Luke on onnistunut kasvattamaan EU-hankerahoituksen määrää ohjelmakaudella ja myös koordinoi useita isoja hankkeita. Euroopassa tärkeimpiä yhteistyökumppaneita olivat: SLU, Aarhusin yliopisto, Teagasc, Wageningenin yliopisto, NMBU ja INRAe. Osana yhteistyötä suoritettiin myös useita kahdenvälisiä vierailuja yhteistyön vahvistamiseksi. Euroopan lisäksi painopisteenä ovat olleet Afrikkaan liittyvät tutkimushankkeet. Kansainvälinen yhteistyö mahdollistaa Luken tutkimuksen suuremman vaikuttavuuden ja parhaiden kansainvälisten innovaatioiden nopean käyttöönoton Suomessa. Lisäksi Luke pyrkii vaikuttamaan EU:n työohjelmien sisältöön Suomelle tärkeiden teemojen mukaan saamiseksi yhteistyössä ministeriöiden kanssa.

### 9.1. EU-hankkeet

Ohjelman aikana Luke koordinoi 4 ruokajärjestelmiin liittyvää EU-puiteohjelmahanketta, ja osallistui partnerina 28 hankkeeseen. Luken koordinoimat hankkeet käsittelivät yhteistyötä Afrikassa (2 kpl), mikrobiomeja ruokajärjestelmässä ja biopohjaisten lannoitteiden käyttöä maataloudessa. Lisäksi Luke koordinoi kahta lannan hyödyntämiseen liittyvää Interreg-hanketta.

Luke koordinaattorina:		
SIMBA	Sustainable Innovation of Microbiome Applications in the Food System	2018–2022
LEX4BIO	Optimizing Bio-based Fertilisers in Agriculture – Knowledge-base for New Policies	2019–2023
HealthyFoodAfrica	Improving nutrition in Africa by strengthening the diversity, sustainability, resilience and connectivity of food systems	2020–
SustInAfrica	Sustainable intensification of food production through resilient farming systems in West & North Africa	2020–
Luke partnerina:		
POnTE	Pest organisms threatening Europe	2015–2019
PROMINENT	Protein products from plant/cereal side-streams	2015–2018
Diversifood	Embedding crop diversity for local high-quality food system	2015–2019
EuroDairy	Sustainable future for European dairy farms	2016–2019
iSAGE	Sustainable sheep and goat production in Europe	2016–2020
Farmer's Pride	Partnerships and tools to enhance in situ conservation of European agrobiodiversity	2017–2021
VALUMICS	Understanding the food value chain	2017–2021
Diverfarming	Crop diversification and low-input farming across Europe	2017–2022
ERA-GAS hankkeet	CEDERS ja RumenPredict	
ERA-Net hankkeet	SusCrop, SUSFOOD2, ja CowBhave	2017–2023
SmartAgriHubs	Connecting the dots to unleash the innovation potential for digital transformation of the European agri-food sector	2018–2022
CIRCLES	Controlling microbiomes Circulations for better food Systems	2018–2023
MASTER	Microbiome Applications for Sustainable food systems through novel Technologies and Enterprise	2019–2023
BovReg	Identification of functionally active genomic features relevant to phenotypic diversity and plasticity in cattle	2019–2023

ClearFarm	Co-designed Welfare Monitoring Platform for Pig and Dairy Cattle	2019–2023
IPM Decisions	Stepping-up IPM decision support for crop protection	2019–2024
SoildiverAgro	Soil biodiversity enhancement in European agroecosystems to promote their stability and resilience by external inputs reduction and crop performance increase	2019–2024
PPILOW	Poultry and Pig Low-input and Organic production systems' Welfare	2019–2024
EJP SOIL	Towards climate-smart sustainable management of agricultural soils	2020–
R4D	Resilience for Dairy	2021–
BreedingValue	Pre-breeding strategies for obtaining new resilient and added value berries	2021–
FLEXIGROBOTS	Flexible robots for intelligent automation of precision agriculture operations	2021–
CoroSect	Cognitive Robotic System for Digitalized and Networked (Automated) Insect Farms	2021–
PAPILLONS	Plastic in Agricultural Production: Impacts, Lifecycles and LONG-term Sustainability	2021–
HoloRuminant	Understanding microbiomes of the ruminant holobiont	2021–
<b>Koordinoidut Interreg- Baltic Sea region hankkeet (2014–2020)</b>		
SUMANU	Sustainable manure and nutrient management for reduction of nutrient loss in the Baltic Sea Region	
Manure Standards	Advanced manure standards for Interreg Baltic Sea Region	2017–2020

## 9.2. Afrikka-hankkeet

FoodAfrica (2012–2018) oli Luken koordinoima, Ulkoministeriön rahoittama ohjelma, jonka tavoitteena oli parantaa ruokaturvaa Itä- ja Länsi-Afrikassa tutkimus- ja opetuskapasiteetin vahvistamisen kautta. Hanke kattoi koko ruokaan liittyvän arvoketun pellolta lautaselle.

Kyseessä oli uudenlaisen rahoitusmallin pilotoinnista, joka kokosi suomalaisia asiantuntijaorganisaatioita ja kansainvälisiä partnereita suunnittelemaan hanketta yhteistyössä. Tarkoitus oli tuoda suomalaista osaamista tukemaan partnerien menossa olevaa toimintaa Afrikassa. Ulkoministeriön lisäksi suomalaiset partnerit olivat Luke, Helsingin Yliopisto ja Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK. Neljä kansainvälistä CGIAR tutkimuslaitosta olivat mukana hankkeen vastuupartnereina, jonka lisäksi jokaisesta partnerimaasta oli useampi yliopisto, tutkimuslaitos tai kansalaisjärjestö. CGIAR laitokset olivat ensisijaisesti samoja, joita Suomi on tukenut kehitysyhteistyövaroilla, joilla on maatoimistoja partnerimaissa ja joiden fokusalueisiin suomalaisilla partnereilla oli annettavaa;

- ICARF – maaperän hivenravinnetutkimus
- ILRI – maitokarjan genetiikkaa ja maitoketjun turvallisuus
- IFPRI – maatalousekonomia ja pienviljelijöiden markkinoille pääsy
- Bioversity – paikallisen agro-biodiversiteetin hyödyntäminen ravitsemuksen parantamiseksi

Ohjelma koostui käytännössä pienemmistä hankkeista (työpaketeista) joiden tavoitteena oli löytää ratkaisuja yllä mainittuihin teemoihin liittyviin haasteisiin. Hankesuunnittelu, vuosikokoukset ja keskustelut tapahtuivat kuitenkin ohjelmatasolla, joka toi huomattavia synergiaetuja partnerien ja teemojen välille ja johti uudensuuniteluihin aktiviteetteihin ja yhteistyöhön.

Yksi ohjelman päätavoitteista oli kapasiteetin vahvistaminen, ja hankkeen aktiviteetteihin kuului sekä paikallisten partnerien institutionaalista tutkimuskapasiteetin tukemista, että merkittävän määrän maisteri- ja tohtoritason opiskelijoiden kouluttamista.

Ohjelma tuotti tutkimustuloksia laajasti eri aihepiireistä ruokaturvaan, -turvallisuuuteen ja -järjestelmään liittyen. Tärkeimpinä tuloksina voidaan mainita maaperän hivenravinnepitoisuuksien luominen Afrikan tasolla, aflatoksiini-myrkkyjen torjuntamenetelmiä maissi – maito ketjussa, paikallisten villikasvien ravintoarvojen mittaukset ja ravitsevien ruokien kehittäminen yhteistyössä paikallisyhteisöjen kanssa. Lisäksi hyödynnettiin mallinnusmenetelmiä ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioimiseen sekä kokeiltiin kohdennettujen tekstiviestien tehokkuutta tiedonvälittäjinä ja vaikuttajina pienviljelijöiden toimintaan ja talouteen. Tuloksena saimme konkreettisia ohjeita ja toimintamalleja sekä tutkimukseen, neuvontajärjestöille, että pienviljelijöille.

FoodAfrica-ohjelman jatkokausi (2016–2018) keskittyi tulosten disseminaatioon, jonka aikana näistä tuloksista luotiin eri toimijoille sopivaa materiaalia, koulutuksia ja kampanjoita, jotta ohjelmalla olisi vaikutusta ja vaikuttavuutta pidemmällä tähtäimellä.

Luken rooli FoodAfrican koordinaattorina toi mukanaan merkittävää näkyvyyttä Luken asiantuntemukselle kansainvälisessä toiminnassa, erityisesti kehittyvissä maissa. Tämä nosti Luken profiilia potentiaalisena partnerina esim. EU hankkeissa. Osaa FoodAfrica:ssa rakennettua verkostoa onkin myöhemmin hyödynnetty hankehakemuksissa. Luken koordinoima uusi Horizon2020 hanke, HealthyFoodAfrica, Improving nutrition in Africa by strengthening the diversity, sustainability, resilience and connectivity of food systems (Kuva 17), on monilta osin suoraa jatkoa FoodAfricalle. Toinen Luken koordinoima uusi H2020-hanke on SustInAfrica, Sustainable intensification of food production through resilient farming systems in West & North Africa.



**Kuva 17.** HealthyFoodAfrica -hankkeen tavoitteet.

Luke on tukenut tutkimuksellaan ruokaturvan parantamista ja kestävämpään ruokajärjestelmään siirtymistä Afrikassa myös osallistumalla [PASUSI](#) (Participatory Pathways to Sustainable Intensification) -hankkeeseen. Siinä pyritään parantamaan maatalouden tuottavuutta, ravitsemuksellisuutta ja asukkaiden hyvinvointia Ghanassa ja Ugandassa sekä vähentämään monokulttuurin aiheuttamaa ympäristön ja maaperän köyhtymistä osallistavin keinoin erityisesti luonnonmukaisia lannoitteiden käyttöönnotolla.

### 9.3. Asiantuntijatehtävät

Ohjelman asiantuntijoita toimi jäseninä monissa kansainvälisissä tiede- ja asiantuntijaorganisaatioissa. Näiden kautta päästiin vaikuttamaan esimerkiksi tulevien EU-ohjelmien sisältöön.

FABRE TP, Farm Animal Breeding & Reproduction Technology Platform: Johanna Vilkki, Antti Kause. <https://www.fabretp.eu/>

EPSO: European Plant Science Organization; Alan Schulman. <https://epsoweb.org/>

ATF, Animal Task Force: Mikko Järvinen. <http://animaltaskforce.eu/>

GRA, Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases; Livestock Research Group: Matti Pastell, Sari Luostarinen. <https://globalresearchalliance.org/research/livestock/>

HELCOM, The Baltic Marine Environment Protection Commission. Sari Luostarinen, Chair of the Agri Group. <https://helcom.fi/helcom-at-work/groups/agri-group/>

SCAR Standing Committee of Agricultural Research. <https://mmm.fi/tutkimus/scar-suomi>

- SWG ARCH. European Agricultural Research towards greater impact on global Challenges. Mila Sell
- SWG FOOD. Food Systems Anne Pihlanto.
- SWG AKIS. Agriculture Knowledge and Innovation Systems. Matti Pastell
- CWG SAP. Sustainable Animal Production. Matti Pastell.

Ohjelman jäseniä osallistui myös kansainvälisten kongressien ja työpajojen valmisteluun sekä kutsuttuina luennoitsijoina että organisoijina. Luke järjesti yhdessä VTT:n ja ruotsalaisen RISE:n kanssa tutkimus- ja yritystyöpajan 'Nordic Protein Challenge'. Työpajan tuloksena tunnistettiin tärkeimmät haasteet, mahdollisuudet ja tutkimustarpeet proteiinijärjestelmän murrokseen pohjoisissa olosuhteissa. Tilaisuus pidettiin 5.11.2019 Göteborgissa.

Koronapandemia vaikutti myös suunniteltujen kokousten järjestelyihin vuonna 2020. Kongressi 28th General [Meeting of the European Grassland Federation](#) "Meeting the future demands for grassland production" pidettiin kesäksi Suomeen suunnitellun tapahtuman sijasta virtuaalisesti 19.–21.10.2020. Kongressin järjestivät Helsingin yliopisto ja Luke.

## 10. Asiakastyö

*Johanna Leppänen, Erkki Vasara, Päivi Valo*

Luonnonvarakeskuksen asiakastyötä on kehitetty järjestelmällisesti Luken perustamisesta lähtien. Asiakkaille on tarjottu Luken tieteellisen työn ja teknologisen kehittämisen tuloksena syntyneitä palveluja. Asiakastyöllä on tuotettu lisäarvoa uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvalla kestäväällä elinkeino- ja yritystoiminnalle koko ruokaketjussa.

Ohjelmakauden aikana asiakastyön merkitys kasvoi ja konkretisoitui sekä suorien asiakastoimeksiantojen että yhteisrahoitteisten hankkeiden kautta. Vuosi 2019 oli erityisen onnistunut ohjelman asiakastyössä, yli kolmeen miljoonaan kivunnut asiakastoimeksiantojen volyyymi ylitti vuodelle asetetut tavoitteet ja odotukset. InnoFood-ohjelman asiakastoimeksiantojen volyyymi oli myös Luken tutkimusohjelmista suurin. Koronavuoden 2020 kevät toi luonnollisesti vaikeuksia asiakastyöhön, koska niin asiakkaat kuin Luke suhtautuivat varovaisesti tulevaan ja uusia kehittämishankkeita lykättiin.

Luken asiakastyön onnistumisen taustalla on jatkuva keskustelu asiakkaiden kanssa. Asiakkailta on kerätty järjestelmällisesti palautetta, joka on ollut jatkuvasti hyvällä tai erinomaisella tasolla (NPS, Net Promotion Score, ns. "suositteluindeksi").

Asiakaspäälliköt ovat rakentaneet asiakassuhteita kasvokkaisissa tapaamisissa ja tapahtumissa, esimerkiksi Luke Circles -kiertotalouskiertueella (ks. Luku 5). Järjestelmällisen asiakastyön tueksi otettiin käyttöön CRM-asiakkuudenhallintaohjelma, joka muun muassa auttaa kohdistamaan markkinointia entistä paremmin.

Osa ohjelmakauden asiakkuustyön tavoitteita oli selkeyttää Luken palvelutarjontaa. Osaaminen on paketoitu selkeiksi palveluiksi Luken asiakkaille, ja palvelut on koottu Luken verkkosivuille asiakassegmenteittäin (<https://www.luke.fi/asiantuntijapalvelut/>). Luken tutkimukseen perustuvat palvelut keskittyvät kestäviin ruokajärjestelmiin, tuotekehitykseen, uusin proteiinilähteisiin, uudenlaisiin ainesosiin ja biomolekyyleihin, elintarviketurvallisuuden diagnostiikkaan sekä tutkimus- ja kehityspalveluihin.

Asiakastyö on tuottanut hienoja tuloksia. Yksi esimerkki on [hiilineutraalia maidontuotantoa](#) tavoittelevan Valion ja tutkimuksen yhteistyössä otetut harppaukset tuotannon ravinnetehokkuuden parantamisessa. Juustoportin kanssa selvitettiin yrityksen eri tuotteiden [toimitusketjujen hiilijalanjälkeä](#), minkä avulla voidaan tunnistaa hiilineutraaliuutta tukevia toimenpiteitä. Eläinlääkkeitä ja eläimille tarkoitettuja vapaan kaupan tuotteita tekevän Vetcaren kanssa Luke kehitti ensimmäisen erityisesti koirille tarkoitetun terveysvaikutteisen, hyvinvointia ja terveyttä edistävän [Canius®-tuotteen](#).



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000