

# Kysyntälähtöiset, hiiltä sitovat ja monimuotoisuutta edistävät viljelykierrot

## Loppuraportti

### 1. Hankkeen esittely

#### 1.1. Perustiedot hankkeesta

Kysyntälähtöiset, hiiltä sitovat ja monimuotoisuutta edistävät viljelykierrot -hanketta johti Luonnonvarakeskus ja partnereina olivat Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskus, Turun yliopiston Brahea- keskus ja ProAgria Keskusten Liitto. Elokuusta 2023 lähtien Brahea-keskuksen tehtävät siirtyivät Pyhäjärvi-instituutille.

#### 1.2. Hankkeen tavoitteet

Hankkeen päätavoitteena oli parantaa uusiin viljelykasveihin liittyvää sadontuotto-, hiilensidonta-, monimuotoisuus- sekä raaka-aineen käyttöosaamista yhdessä viljelijä- ja neuvojaverkoston, tutkimuksen, testausten ja erilaisten selvityksen avulla. Tarkoituksena oli, että hiilen sidontapotentiaalin lisäksi uudet viljelykasvit voidaan nähdä ruokajärjestelmän monipuolistamisen, uusien tulonlähteiden ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen voimavarana. Hankkeen toiminnan tuloksena tarkoituksena oli luoda Suomeen uusiin ja erikoiskasveihin liittyvä FutureCrops2.0 osaamisverkko.

**Hankkeen työpaketit** ja niiden tavoitteet olivat:

**TP1 Monihyötyiset viljelykiertoverkostot** Esikasvivalintojen lisäksi kaivattiin tietoa myös siitä, miten vaikutetaan hiilen sidontaan ja monimuotoisuuteen. Erityisesti palkokasveja sisältävien viljelykiertojen osaamista oli tarkoitus syventää: mitkä ruokakasvit ovat järkeviä ja mitkä hyötyvät eniten palkokasveista. Lisäksi aktivoitiin monihyötyisten kasvien viljelykiertoverkostoja, joissa viljelijäyhteistyöllä tuodaan esille viljelykiertojen monipuolistamisen biologisia ja taloudellisia hyötyjä ja siirretään hyviä käytäntöjä. Lisäksi oli tarkoitus luoda menetelmiä, joiden avulla peltoluonnon monimuotoisuuden merkitystä voidaan todentaa.

**TP2 Hiilisyötepotentiaalin laskeminen valikoiduille uusille viljelykasveille.**

Kaukokartoitusaineistoina oli tarkoitus käyttää ilmaisia Sentinel 1 ja 2 satelliittikuvia sekä dronemittauksia (värikuvat, hyper- tai multispektrikamerakuvaa, 3D-pistepilvet). Kaukokartoitusaineistoja tarvittiin kokonaishiilisyötteen laskemisessa referenssiaineiston avulla, joita ovat lohkoilta otettujen näytteiden biomassa- ja satoarvot, lohko-kohtaiset satotiedot, sekä juuri:varsi -tiedon hyödyntäminen osin olemassa olevaa tietoa käyttäen, osin hankkeessa selvittäen. Pysyvän hiilen arvioimiseksi tarkoitus oli analysoida myös näytteiden hehkutusjäännöstä.

**TP3 Lajike- ja seosviljelytestauksia** oli tarkoitus tehdä maanpäällisen hiilisyötteen, siemensadon ja laatutekijöiden selvittämiseksi. Uusien viljelykasvien laajasta joukosta oli tarkoitus valita sidosryhmien kanssa pidettävässä webinaareissa lajiketestaukseen muutamia kiinnostavia vaihtoehtoja. Joidenkin kohdalla tavoitteena oli tehdä kylvöaika- ja seosviljelykokeita hiilisyötteen määrän ja satovasteiden arvioimiseksi.

**TP4 Ruokapalveluiden tietotarpeiden kartoittamisen** lisäksi tavoitteena oli edistää uusia viljelykasveja viljelevien alkutuottajien ja ruokaa tekevien ammattikeittiöiden välistä vuoropuhelua. Tavoitteena oli tarjota reseptejä ja proteiinipitoisten raaka-aineiden tuotepaketteja sekä kartoittaa uusien viljelykasvien makuun liittyviä haasteita. Lisäksi tavoitteena oli laatia kotimaisista raaka-aineista koostuva kestävä, ilmastoystävällisen sekä ravitsemuksellisesti rikkaan raaka-aineiden listaus ja reseptiikka sekä tuoda esille kotimaisten raaka-aineiden vahvuuksia.

**TP5 Aikaisempien tutkimustulosten hyödyntäminen** Tavoitteena oli jatkojalostaa aikaisempia mutta julkaisemattomia tutkimustuloksia hiilen sidonnan näkökulmasta, silloin kun proteiinipitoisia kasveja viljellään yksin, niitä on integroitu viljelykiertoihin tai seoksiin. Synnytetään yhteiskunnallista keskustelua suomalaisen kasvintuotannon suunnasta ja kasvilajiston uudistumisen tarpeesta. Kehitetään FutureCrops 2.0 osaamisverkkoa ja selvitetään, minkälaista verkostotoimintaa uusien proteiinikasvien kehittämiseksi jatkossa tarvitaan.

Tavoitteet liittyivät **maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteiden** hakukuulutuksen teemoihin 2 (Ilmastokestävään maatalouteen liittyvät kehittämistoimet), 4 (Maa- ja metsätalouden sopeutuminen ilmastonmuutokseen) ja 5 (Maankäyttösektorin tieto-ohjelman toteuttamiseen), siten että hankkeen pääpaino oli teeman 2 mukaisesti 'viljelyn monipuolistaminen ja viljelykierron lisääminen'.

Tärkeimmät **teeman 2** aihealueet liittyivät mm. yksipuolisen viljelyn perimmäisten syiden selvittämiseen sekä ratkaisujen luominen monipuolisen viljelyn havaintojen luomiseen. Kaukokartoitusta ja biomassatietoa referenssinä hyödyntäen tavoitteena oli laskea kokonaishiilisyötteitä ja luoda ymmärrystä myös satovaihteluihin. Tieto proteiinikasvien hiilensidontakyvystä auttaa viljelysuositusten antamista. Ruokapalvelujen ja viljelijöiden kanssa pidettävien tapahtumien järjestäminen nähtiin lisäävän yhteisymmärrystä. Tietoa tarvittiin myös maan orgaanisen aineksen merkityksestä raaka-aineen makuun ja tekijöiden mukaan ottaminen lajiketestauksiin pidettiin tärkeänä.

**Teemaan 4** liittyivät mm. tavoitteet kaukokartoituksen hyödyntämisestä viljelykasvien sato- ja hiilisyötetiedon luomiseksi valikoiduista erikoiskasveista. Myös kasvilajien kehitysvaiheista kuten kukinnan ajoittumisesta saadaan lisätietoa. Vähemmän viljeltyjen kasvien lajikkeiden satovarmuudesta oli tarkoitus tuottaa tietoa.

**Teemaan 5** liittyivät mm. tavoitteet parempien hiilisyötetietojen luominen, jossa voidaan hyödyntää pellolta otettavia referenssinäytteitä, selvittämällä muutaman kasvilajin juuri:verso-suhteita sekä analysoimalla näytteiden hehkutusjäännöstä pysyvän hiilen arvioimiseksi. Myös pellon dronekuvia oli tarkoitus käyttää.

Tavoitteena oli tehdä myös mittavaa **viestintää ja vuorovaikutusta**, jossa kohderyhminä olivat a) kasvintuotannon parissa toimivat kuten viljelijät, opiskelijat, neuvojat, sopimusviljelyttäjät sekä ensi vaiheen jatkojalostajat; b) ruoka-alan toimijat kuten suurkeittiöt, ammattikeittiöt, ruokapalveluista vastaavat; sekä c) hallinnonala ja kuluttajat.

### 1.3. Yhteenveto hankkeesta

Vuosina 2021–2023 toteutettiin Kysyntälähtöiset, hiiltä sitovat ja monimuotoisuutta edistävät viljelykierron (FutureCrops 2.0) -hanke osana MMM:n Hiilestä kiinni kokonaisuutta. Hanketta johti Luonnonvarakeskus ja partnereina olivat ProAgria Keskusten Liitto, Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskus sekä Turun yliopiston Brahea-keskus. Elokuusta 2023 lähtien Brahea-keskuksen tehtävät siirtyivät Pyhäjärvi-instituutille.

Vastuullisena johtajana toimi erikoistutkija Marjo Keskitalo. Luonnonvarakeskuksesta, muina asiantuntijoina olivat tutkimusinsinööri Kirsi Raiskio, tutkija Pirjo Yli-Hemminki ja erikoistutkija Lauri Jauhiainen. Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksen ryhmää johti tutkimusprofessori Eija Honkavaara ja tutkimukseen osallistuivat tutkimusryhmäpäällikkö Eetu Puttonen, vanhemmat tutkijat Roope Näsi ja Raquel Oliveira sekä tutkijat Joel Pitkänen ja Maiju Karhu. ProAgria Keskusten liitossa työstä vastasi kasvintuotannon kehityspäällikkö Sari Peltonen. Turun yliopiston Brahea keskuksen osuutta veti projektipäällikkö Sanna Vähämiko ja hänen siirtyessä muihin tehtäviin vuoden 2023 alussa, tehtävää jatkoi projektipäällikkö Mervi Louhivaara, aluksi Brahea-keskuksessa ja elokuusta 2023 lähtien hanke siirtyi Pyhäjärvi-instituuttiin.

Hankkeen kokonaiskustannukset olivat 513 595,2 €, josta MMM:n osuus oli 352 177,1 €. Hankeosuuden oma rahoitusosuus oli yhteensä 161 418,0 €.

Päätavoitteena oli parantaa uusiin viljelykasveihin liittyvää hiilensidontaa osana sadontuottoa, monimuotoisuusvaikutusta sekä raaka-aineen käyttöä elintarvikkeina asiantuntijaorganisaatioiden tekemien tutkimusten ja selvitysten avulla. Tarkoituksena oli, että hiilen sidontapotentiaalin lisäksi uudet viljelykasvit voidaan nähdä ruokajärjestelmän monipuolistamisen, uusien tulonlähteiden ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen voimavarana. Hankkeen toiminnan tuloksena tarkoituksena oli luoda Suomeen uusiin ja erikoiskasveihin liittyvä FutureCrops 2.0 osaamisverkko. Hankkeessa oli viisi työpakettia, jotka olivat TP1 monihyötyiset viljelykiertoverkostot, TP2 hiilisyötepotentiaalin laskeminen valikoiduille uusille viljelykasveille, TP3 lajike- ja seosviljelytestauksia, TP4 ruokapalveluiden tietotarpeiden kartoittaminen ja TP5 aikaisempien tutkimustulosten hyödyntäminen. Näiden lisäksi tavoitteet liittyivät maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteiden hakukuulutuksen teemoihin 2 (Ilmastokestävään maatalouteen liittyvät kehittämistoimet), 4 (Maa- ja metsätalouden sopeutuminen ilmastonmuutokseen) ja 5 (Maankäyttösektorin tieto-ohjelman toteuttaminen), siten että hankkeen pääpaino oli teeman 2 mukaisesti 'viljelyn monipuolistaminen ja viljelykierron lisääminen'. Tavoitteena oli tehdä myös mittavaa viestintää ja vuorovaikutusta, jossa kohderyhminä olivat a) kasvintuotannon parissa toimivat tahot kuten viljelijät, opiskelijat, neuvojat, sopimusviljelyttäjät, ensi vaiheen jatkojalostajat; b) ruoka-alan toimijat kuten suurkeittiöt, ammattikeittiöt, ruokapalveluista vastaavat; sekä c) hallinnonala ja kuluttajat.

(TP1) Erikoiskasvien viljelijäverkostoon saatiin mukaan 70 viljelijää, ja heille järjestettiin webinaareja ja lisäksi verkostoa hyödynnettiin orgaanisen aineksen ja mikrobiaktiivisuuden havaintokokeessa sekä viljelykiertojen syvähaastattelussa. Erikoiskasvien viljelykokemuksista selvisi, että niillä ei ole tyypillistä tai vakiomuotoista viljelykiertoa, sillä esimerkiksi lohkoista vain 20-30 % saattoi olla sopivia erikoiskasville ja toisaalta pellon rikkakasvitilanne vaikuttaa erikoiskasvien paikkaan kierrossa. Tyypillistä oli kuitenkin, että vilja ja/tai nurmi olivat erikoiskasvien välissä katkaisemassa kiertoa. Viljelijät arvioivat ruokaerikoiskasvien

viljelykiertohyödyistä suurimmaksi edulliset vaikutukset maamikrobistoon ja lieroihin, luonnon monimuotoisuuteen ja pölyttäjiin sekä viljelyn parempaan kannattavuuteen. Myös tautien torjuntatarpeen nähtiin vähentyneen. Haitoista merkittävin oli lisääntynyt rikkakasvien torjuntatarve. Vaikutusta seuraavan kasvien satotasoihin ei nähty kovin selkeänä. Viljelijöillä on kiinnostusta uusien kasvien kokeiluun, jos vain niitä saadaan, mutta aika rajoittaa usein kokeiluja.

Työpaketissa kehitettiin kestävän viljelyn todentamisen menetelmiä, jotka liittyivät pellon hajoitustoimintaan, juurien biomassan määrittämisen sekä juurinystyröiden esiintymiseen. Monipuoliseen ja yksipuoliseen peltomaahan kaivettiin nk. muhituspusseja, joiden sisältämää olkien kuivapainoa sekä hiilen ja typen pitoisuutta tarkasteltiin sen jälkeen, kun pussit olivat olleet maassa puolisen vuotta. Kuiva-painosta hävisi noin 10 % silloin, kun olkia pidettiin yksipuolisen viljelykierron pelloissa ja noin 11 %, kun oljet olivat monipuolisen viljelykierron pelloissa. Typestä hävisi keskimäärin noin 33 %, siten että monipuolisen viljelyn pelloissa olleen kauran oljesta hävisi noin 4 prosenttiyksikköä enemmän kuin yksipuolisessa kierrossa. Hiiltä oli oljesta lähtenyt noin 6 % alkutilanteeseen verrattuna, siten että vähennys oli prosenttiyksikön verran suurempi yksipuolisessa viljelyssä. Menetelmää voidaan soveltaa myös käytännön oloissa, joskin hienojakoisen maan kulkeutumisen estäminen muhituspusseihin kaipaa lisäkokeiluja.

Juuritarkasteluissa selvisi, että runsastuottoisten satokasvien maanalaisesta biomassasta saadaan hyvä arvio, kun näytteenoton tilavuus oli 40 litraa. Tutkimuksessa verrattiin kolmenlaisia tapoja ottaa näytteitä: kasveja kasvatettiin astioissa, juurikankaalla vuoratuissa maakuopissa sekä kaivettiin suoraan maasta. Kasveissa kiinni olevaa juuren osaa voi hyödyntää kokonaisjuurimassan arvioinnissa. Maasta nostettaessa juurta jää kasviin kiinni noin 50 – 70 % koko juuren kuivapainosta, joskin kasvissa kiinni olevan juuren osuus vähenee kasvuston ikääntyessä. Juuri:verso –suhde kuvaa maanpäällisen massan ja juurten osuutta ja suhdeluvun avulla voi arvioida karkeasti myös juurten osuutta, kun maanpäällinen massa tunnetaan. Suhde kuitenkin vaihtelee muun muassa kasvuston kunnan mukaan. Toisilla, heikkokuntoisuus näytti kasvattavan juurten osuutta, toisilla juurten osuus oli hyväkuntoisissa kasvustoissa parempi.

Palkokasvien kuten lupiinin ja härkäpavun juurista on mahdollista erottaa kohtia, joissa nystyröitä esiintyi erityisen runsaasti. Esimerkiksi härkäpavulla kylvösiemenen ylä- tai alapuolella olevassa juurenosassa tai pelkästään sivujuurissa löydettiin runsaasti nystyröitä. Lupiinilajikkeilla havaittiin enemmän nystyrällisiä kasveja niissä koeruuduissa, joiden kylvösiemen oli ympätty ennen kylvöä. Nystyröillä havaittiin yhteys kasveihin, joilla oli enemmän palkoja kasvia kohti kuin niillä kasveilla, joilla nystyröitä ei esiinny. Nystyröitä visuaalisesti havainnoimalla voitiin siten tuottaa tietoa yksittäisten yksilöiden yhteydestä satomääriin vaikka ympäjärimisen hyötyjä pinta-alaa kohti ei olekaan kunnolla pystytty todentamaan.

(TP2) Hankkeessa kehitettiin ja tutkittiin drone- ja satelliittikaukokartoitusta erikoiskasvien sadon ja kasvien hiilensidonnin arvioinnissa. Dronekuvaus multispektrikameralla antoi tarkimmat tulokset. Hyvä selitysaste ( $R^2 > 0.5$ ) saavutettiin kuminan versoille, härkäpavun versoille ja juurille sekä öljyhampun siemensadolle, juurille, versoille ja juuri:verso-suhteelle. Sentinel-2 sadonestimointimallit koulutettiin käyttäen opetusaineistoina Proagrian

lohkopankista saatuja lohkokohtaisia satotietoja sekä korjuukoneen keräämiä lohkojen satokarttoja. Molemmat menetelmät tuottivat hyviä tuloksia ja erityisesti korjuukoneen satokartta mahdollisti tarkan estimointimallien opetuksen. Parhaimmillaan satoarvioinnin normalisoidut keskivirheet olivat noin 10 % luokkaa. Huomattava kuitenkin on, että luotettavien menetelmien kehitystyö edellyttää laajojen referenssiaineistojen käyttämistä, ja tässä aiheessa onkin paljon kehitystarvetta. Tulosten perusteella voitiin päätellä, että kaukokartoitus tarjoaa tehokkaan menetelmän viljakasvien sadon ennustamiseen ja hiilensidonnan arvioimiseen. Siten kaukokartoitus voi tukea viranomaisten ja ministeriöiden työtä. Työssä myös todettiin, että kaukokartoitus voi tuottaa tietoa viljelymenetelmien ja viljelykiertojen suorituskyvyn arvioimiseksi. Tämän tiedon keskeisiä hyödyntäjiä viljelijät ja neuvontaorganisaatiot, Tämä tutkimus oli yksi ensimmäisistä, joka tutki erityiskasvien hiilipotentialia käyttäen kaukokartoitusta.

(TP3) Kvinoa, tähkä- ja viljahirssi sekä sinilupiini ovat esimerkkejä Etelä-Suomeen soveltuvista uusista valkuaisruokakasveista, jotka voivat tuoda viljelyyn myös muita hyötyjä. Hirssi on heinäkasveihin kuuluva C4-yhteyttämismekanismiin omaava kasvi. Tulosten mukaan kasvi voi rehevästi kasvaessaan tuottaa merkittävän hiilisyötteen. Kokeissa hiiltä jäi peltoon vertailuna ollutta kauraa enemmän. Itämisen jälkeen kasvi hyötyi erityisesti kuumista oloista. Valkuaista viljahirssissä todettiin viljojen tapaan 10 –11 %. Tutkimus todensi sen, että hirssi on varteenotettava kuivien ja kuumien kasvukausien monipuolinen viljelykasvi. Parhaimmillaan hirssi sitoo kuivissakin olosuhteissa siemensadon lisäksi runsaasti hiiltä ja on sen takia varteenotettava vaihtoehto ilmastonmuutokseen sopeutumisessa.

Kvinoa on kaksisirkkainen ja revonhantakasveihin kuuluva kasvi, joka voi tuottaa sopivan lämpimissä ja kosteissa kasvuoloissa merkittävän maanpäällisen biomassan. Sadontuotto voi kuitenkin häiriintyä jo alkukasvukaudella ja sen takia tarvitaan parempaa siemenainesta. Ulkomailta saatavat lajikkeet eivät ehdi meillä tuleentua. Hankkeessa analysoitiin useampana vuonna kerättyjen eri väristen kvinoayksilöiden siementen valkuaispitoisuuksia. Tulokset antoivat viitteitä, että puna- ja oranssisävyiset kasviyksilöt tuottavat siementä, joiden valkuaispitoisuus voi olla muita korkeampi. Parhaimmillaan valkuaista oli noin 15 – 16 % siemenen kuiva-aineesta. Suomessa viljellyn kvinoakannan siemenaineksen parantamismahdollisuuksiin saatiin siis vahvistusta. Jatkossa tulisikin panostaa nykyisen kvinoakannan väriominaisuuksien yhdenmukaistamiseen esimerkiksi valintajalostuksella. Samalla saataisiin mahdollisesti kasvien kokoeroa ja tuleentumisen vaihtelua vähäisemmäksi.

Sinilupiini on kaksisirkkainen ja palkokasvien heimoon kuuluva ruokaproteiinikasvi, jonka siemenissä alun perin esiintyneet alkaloidit on kasvinjalostuksella saatu vähenemään. Kokeissa olleista sinilupiineista korkein valkuaispitoisuus todettiin myöhäisellä lajikkeella, jolla se oli 39 % siemenen kuiva-aineesta. Sadon tuleentumisen kannalta varmemmalla 'Sonet' lajikkeella valkuaispitoisuus oli hieman alhaisempi eli parhaimmillaan 35 % kuiva-aineesta. Saman lajikkeen valkuaispitoisuudet vaihtelivat paljon vuosien välillä. Siemenen ympäristelyyn havaittiin tuovan hyötyä ainakin yhtenä kasvukautena kolmesta tutkimusvuodesta. Parhaimmillaan valkuaispitoisuus olikin 11 prosenttiyksikköä korkeampi ympäristelyllä koejäsenellä verrattuna käsittelemättömään. Myös härkävavun kohdalla saatiin samansuuntaisia tuloksia. Jatkossa tulisi tuottaa tietoa, miksi palkokasvien nystyröiden

esiintymisessä on niin paljon vaihtelua ja miten ympäristöolosuhteet saataisiin todennettua myös parempina hehtaarisatoina.

Uusista ruokapalkokasveista kuten linssin, kikherneen ja soijan viljelyn potentiaalista saatiin uutta tietoa yhdessä sinilupiinista, herneestä ja härkäpavusta koostuvan kenttäkokeen avulla. Tuleentunutta satoa pystyttiin tuottamaan kaikista lajeista, mutta vaihtelevasti. Kaikista lajeista siementä ei saatu jokaisena kolmena tutkimusvuotena. Linssin, lupiinin ja kikherneen etuina ovat niiden kuivuuden kesto ja menestyminen kuumissa kasvuoloissa. Linssi itti muita paremmin kuivan alkukasvukauden oloissa ja siitä saatiin kahtena tutkimusvuotena kolmesta satoa 700 – 1600 kiloa hehtaaria kohti laskettuna. Kikherne kasvatti tukevan varren ja paksun juuren, vaikka siemensato oli vaatimatonta yhtenä tutkimusvuotena kahdesta. Soija voi tuottaa noin tuhannen kilon hehtaarisadon, joskin kokeessa sadonmuodostusta häikäisi heikko taimettuminen ja häikäiseläinten vioitukset. Soijan valkuaispitoisuus oli härkäpavun ohella tutkimuskasveista korkein. Lupiinin sato ja valkuaispitoisuus ei yltänyt rinnakkaishankkeen lajikekokeen satoihin eikä valkuaispitoisuuksiin. Uusilla palkokasveilla on Suomessa edellytyksiä ja myös tarvetta kasvintuotannon sopeuttamiseksi tulevaisuuden tarpeisiin. Tutkimusta kuitenkin tarvitaan satovarmuuden parantamiseksi ja parempien lajikkeiden kehittämiseksi. Joissakin tapauksissa pelkästään siementen saaminen on ongelmallista ja se vaikeuttaa tilakohtaisten kokeilujen toteuttamista.

Seosviljelyllä haetaan apua hiilen sidontaan ja satovaihteluiden tasoittamiseen, mikä on toivottavaa monien erikoiskasvien kohdalla. Tuloksia tuotettiin kahdesta eri seosviljelyn kenttäkoesarjasta. Toisen kokeen pääkasviksi valikoitui tattari sen takia, että kasvin tiedetään aiempien tutkimuksien perusteella vaativan vähän typpeä. Tutkimuskysymyksenä olikin, voiko tattarin typen tarpeen tyydyttää seoksessa kumppanina viljeltävä palkokasvi ja eroavatko palkokasvit siitä, miten ne soveltuvat tattarin kanssa viljeltäväksi. Palkokasveista linssi ja lupiini hyötyivät eniten tattarin seoksesta, joilla valkuaispitoisuus nousi yksinviljelyyn verrattuna. Soijan kohdalla vaikutus oli päinvastainen. Keskiarvojen perusteella tattarin valkuaispitoisuus oli pienin silloin, kun kasvia viljeltiin seoksessa härkäpavun kanssa. Vaikka tämän hankkeen seoskokeissa palkokasvisadot olivat huonoja, on sisarhankkeessa onnistuttu tattarin ja herneen seosviljelyssä. Vaihtelu osoittaa sen, että myös seosviljelyn onnistuminen on monista tekijöistä kiinni ja sekään ei välttämättä ole vastaus kaikkiin kasvinviljelyn ongelmiin. Yhteenvetona, huomioiden myös sisarhankkeiden tulokset, tattarin ja palkokasvien seosviljely on osoittautunut erittäin kiinnostavaksi menetelmäksi tehostaa kestäväällä tavalla ruokakasvien viljelyä.

Toinen seosviljelysarja liittyi seitsemän proteiinikasvin viljelyyn yksin ja yhdessä härkäpavun kanssa. Sadon lisäksi tutkittiin härkäpavun merkitystä tutkimusvuonna viljeltyjen satokasvien korjuun jälkeiseen hiili- ja typpisyötteeseen. Härkäpavun merkitys seoksessa riippuu siitä, miten kasvit kilpailevat toistensa kanssa. Seoksessa viljat kilpailevat voimakkaasti härkäpavun kanssa ja härkäpavun osuus kokonaissadosta ja kokonaisbiomassasta jäi pieneksi. Silloin härkäpavua sisältävän seoksen hiilisyöte oli myös puhdasviljelyä pienempi. Kilpailu öljykasvien ja viljan tapaan käytettävien vaviljojen kanssa on tasapuolisempaa. Härkäpavun rehevä kasvu paransi peltoon jääneen biomassan ja myös hiilisyötteen määrää verrattuna siihen, kun kasveja viljeltiin yksin. Myös tässä koesarjassa tuli esille se, että seosviljely ei välttämättä ole apukeino tasoittaa erikoiskasvien sadonmuodostusta ja hiilensidontaa silloin, jos pelto kärsii jo ennestään tiivistymisestä tai jos kasvuolosuhteet ovat kuivuuden tai rikkakasvipaineen takia

haasteelliset. Sen sijaan hyvissä kasvuoloissa seosviljely voi aikaansaada sadonlisän ohella myös ympäristöhyötyjä.

(TP4) Hankkeessa tehdyn ammattikeittiökyselyn tulosten mukaan kotimaisilla kasviproteiineilla on käyttöä ja kysyntää ammattikeittiöissä nyt ja myös jatkossa. Kyselyyn saatiin vastaukset 40 yksiköstä, mikä oli hyvä tulos. Kyselyssä selvitettiin ammattikeittiöiden toiveita tuotteiden ravitsemuksellisesta sekä muusta laadullisesta luonteesta niin että tuottajat ja jalostajat pystyisivät vastaamaan tuotteillaan tarpeisiin. Ammattikeittiökyselyn tuloksia on jalkautettu useassa yhteydessä viljelijöille sekä jalostavalle portaalle tietoa. Lisäksi viljelijöitä ja ammattikeittiöitä on pyritty yhdistämään niin että vuoropuhelu olisi mahdollisimman luontevaa hyvän ruoan ympärillä. Reseptiikkaa ja käyttövinkkejä on jaettu sekä tapahtumissa (mm. Vegejoulu 2022 ja OKRA 2023) että reseptisivuston <https://kookkireseptit.fi/> avulla.

(TP5) Ruokaproteiinikasvien hiilisyötteen laskentaan tarvitaan erilaisia menetelmiä. Erityisen haasteellista on juuribiomassojen arvioiminen. Sen takia kiinnostava, ehkä helpompikin tapa, voisi olla juuritutkimusten tekeminen astiakokeen avulla. Sen takia tarkasteltiin jo aiemmin julkaistun astiakokeen tuloksia uudessa näkövinkkelissä. Hankkeessa laskettiin kasvien biomassat hehtaaria kohti käyttäen tiedossa olevien astioiden pinta-aloja. Maanpäällisiä tuloksia verrattiin aiemmin tehdyn kenttäkokeen maanpäällisiin biomassoihin ja juurten osalta TP 1:ssä tehtyihin juuritutkimuksiin. Astiakokeen perusteella juuriin voisi sitoutua hiiltä parhaimmillaan 500 kg C/ha ja maanpäälliseen kasvustoon 2500 – 3500 kg C/ha. Tulokset ovatkin lähellä hankkeessa toisaalla tehtyihin laskelmiin verrattuna. Huomioitavaa on se, että ruokaproteiinikasvien sadot ja siten myös maanpäällisen biomassan määrät vaihtelevat pelto-oloissakin varsin paljon ja yhtä lukuarvoa kasville on vaikea antaa. Juuri:varsi – suhteet olivat astiakokeessa jonkin verran pienempiä kuin vastaavien kasvien laskelmat härkävavun, kuminan ja öljyhampun osalta TP1:ssä. Tarkastelun perusteella astiakokeen käyttöä ei voi poissulkea kasvien hiilensidontatietojen tuottamisessa. Astian koko tulisi kuitenkin olla riittävä suhteessa kasvien lukumäärään, jolla vähennettäisiin sitä riskiä, että astioissa kasvaen juurien osuus olisi todellisuutta jonkin verran pienempi ja maanpäällisen kasvuston osuus todellisuutta jonkin verran suurempi.

Viljelykierron suunnittelulla voidaan tehostaa fossiilisten ravinteiden kuten typen käyttöä. Tutkimuksessa selvitettiin aiemmin tehdyn kenttäkokeen tuloksia laskemalla muun muassa eri typenportaita vastaavat typpitaseet. Laskelmien perusteella ravinteita jäi peltoon merkittäviä määriä, todennäköisesti puintijätteeseen ja juuriin sitoutuneena. Huuhtoutumisen ja haihtumisen mahdollisuutta ei voi poissulkea, mutta näissä laskelmissa niitä ei ole huomioitu. Taseiden ja seuraavan vuoden kaurasatojen välillä oli yhteys. Valkuaiskasvien vähäisillä typpitaseilla ( $\pm 0$ ) oli vaikutusta seuraavan vuoden kaurasatoihin. Kun laskennallisesti typpeä jäi enemmän ja pellon typpitase oli suurempi, eivät seuraavan vuoden kaurasadot enää kasvaneet. Joissakin tapauksissa suuria typpitaseita seurasi seuraavana vuonna kaurasato, mikä oli pieniä typpitaseita seuraavia kaurasatoja huonompi. Tarvitaankin lisätutkimusta siitä, miksi suuret typpitaseet eivät enempää kasvattaneet seuraavan vuoden kaurasatoja. Poikkeuksena oli rypsi, jolla keskimääräinen typpitaseen kasvu kohotti keskimääräistä seuraavan vuoden kaurasatoa. Tutkimus toi lisätietoa erikoiskasvien esikasvivaikutukseen, mikä ainakin osittain perustuu sadonkorjuun jälkeen peltoon jäävään typpeen. Tuloksia voidaan hyödyntää erikoiskasveja sisältävien kestävien viljelykiertojen suunnittelussa

### **English Summary of the project**

The FutureCrops 2.0 (Demand-driven crop rotations to sequester carbon and promote diversity) project was carried out in 2021–2023 as part of the Ministry of Agriculture and Forestry's Catch the Carbon programme. The project was led by the Natural Resources Institute Finland (Luke), and its partners were the Association of ProAgria Centres, the Finnish Geospatial Research Institute (FGI) of the National Land Survey of Finland (NLS), and the Brahea Centre of the University of Turku. In August 2023, the Brahea Centre's tasks were transferred to the Pyhäjärvi Institute.

Senior Scientist Marjo Keskitalo was the project's principal director. The other Luke specialists participating in the project were Research Engineer Kirsi Raiskio, Research Scientist Pirjo Yli-Hemminki and Senior Scientist Lauri Jauhiainen. The FGI team was led by Research Professor Eija Honkavaara, and its members were Research Manager Eetu Puttonen, Senior Research Scientists Roope Näsi and Raquel Oliveira, and Research Scientists Joel Pitkänen and Maija Karhu. Senior Development Manager Sari Peltonen was in charge of the project in the Association of ProAgria Centres. At the Brahea Centre of the University of Turku, the project was led by Project Manager Sanna Vähämiko. When she was reassigned at the beginning of 2023, her work was continued by Project Manager Mervi Louhivaara, first at the Brahea Centre and later at the Pyhäjärvi Institute when the project was transferred there in August 2023.

The total project costs were EUR 515,595, of which the Ministry of Agriculture and Forestry covered EUR 352,177, and the project parties EUR 161,418.

The main goal was to improve carbon sequestration in new crops as part of crop production, their impact on biodiversity, and the use of raw materials in food products based on studies and reports prepared by expert organisations. Another goal was that, in addition to their carbon sequestration potential, new crops could be seen as an asset in diversifying the food system, providing new sources of income and adapting to climate change. The purpose of the project results was to build the FutureCrops 2.0 competence network in Finland for new and special crops. The project consisted of five work packages: WP1 – crop rotation networks with multiple benefits; WP2 – calculation of the carbon input potential for selected new crops; WP3 – testing crop variety production and multiple cropping; WP4 – identifying the data needs of food services; and WP5 – using previous research results. Other goals were related to the following themes of the call for participation in climate measures in the land use sector: 2 (Development measures related to climate-resilient agriculture), 4 (Adaptation of agriculture and forestry to climate change), and 5 (Implementation of the data programme of the land use sector). The project's main focus was on "diversifying crop production and increasing crop rotation" in accordance with theme 2. The project's aim was also to engage in significant communication and interaction targeted at a) parties involved in crop production, including farmers, students, advisors, contractual clients and primary further processors; b) food sector operators, including institutional and professional kitchens and food service providers; and c) administration and consumers.

(WP1) The farmer network for special crops was joined by 70 farmers, for whom webinars were held, and the network was used in the trial to identify organic matter and microbial activity and in in-depth interviews about crop rotation. Farmers' experiences of special crops showed there was no typical or standard crop rotation for them, given that, on one hand, only 20–30% of



parcels may be suitable for special crops, and on the other, the weed situation in the field affects the position of special crops in crop rotation. However, it was typical for there to be cereals and/or grasslands between special crops to diversify crop rotation. Farmers considered the rotation of special food crops to produce the most significant benefits for soil microbes and earthworms, biodiversity, pollinators and better crop production profitability. They also saw a decrease in the need for disease control. The increased need for weed control was the most significant disadvantage. No considerable impact on the following crop's harvest levels was seen. Farmers are interested in testing new crops if they are available, but trials are often limited by time.

The purpose of the work package was to develop methods to verify sustainable crop production related to soil decomposition, the determination of root biomass, and the occurrence of root nodules. Incubation bags were dug in farmland for multiple cropping and monoculture, and the dry weight and carbon and nitrogen content of the straw they contained were examined after the bags had been in the ground for six months. Roughly 10% of the dry weight disappeared when straw was kept in monoculture fields, and some 11% disappeared when the straw was in multiple cropping fields. An average of 33% of nitrogen disappeared, meaning some four percentage points more of the oat straw used decreased in multiple cropping fields than in monoculture fields. Some 6% of carbon disappeared from the straw from the initial situation so that the decrease was one percentage point higher in monoculture. The method can also be applied in practice, although preventing the access of fine-grained soil to the incubation bags calls for more trials.

The root examinations showed that a good estimate of the underground biomass of highly productive crops can be obtained when the sampling volume is 40 litres. Three types of sampling methods were compared in the study: crops were grown in vessels and in soil lined with a root protector, and dug directly from ground. The root section attached to crops can be used in assessing total root mass. When dug from the ground, some 50–70% of the dry weight of the root remains attached to crops, even though the percentage of the root adhering to crops decreases when the crop age increases. The root-to-shoot ratio represents the ratio between aboveground mass and roots, and it also serves to roughly estimate the percentage of roots when the amount of aboveground mass is known. However, the ratio varies depending on the condition of crops, among other factors. In some crops, a poor condition seemed to increase the percentage of roots, whereas the percentage of roots was better in crops in good condition.

In legumes such as lupin and broad bean, parts in which nodules appear in abundance can be identified in roots. In broad bean, for example, several nodules were found in the root section above or below the sowed seed or merely in the lateral roots. Lupin varieties showed an increase in individuals with root nodules in those test grids in which seeds had been inoculated before sowing. Root nodules were found to be connected to crops that had more seeds per crop than crops that had no nodules. Therefore, information about the link between individuals and harvest volumes could be generated by observing root nodules visually, although the benefits of inoculation per crop area could not be verified.

(WP2) The project developed and studied the use of remote sensing based on drones and satellites in assessing the yield of special crops and crops' carbon sequestration capacity. Drone imaging using a multispectral camera produced the most accurate results. A good coefficient of determination ( $R^2 > 0.5$ ) was achieved for caraway shoots, broad bean shoots and roots, and hemp seeds, roots, shoots and root-to-shoot ratio. Sentinel-2 harvest estimation models were taught using parcel-specific harvest data obtained from ProAgria's parcel database and parcel harvest maps generated by a harvester. Both methods produced good results, with the harvester's harvest maps in particular allowing the estimation models to be taught accurately. At best, normalised average errors in harvest estimates were around 10%. It should be noted, however, that the development of reliable methods requires the use of extensive reference datasets, which is a significant area for development. The results indicated that remote sensing offered an effective method to estimate the harvest levels of crops and their carbon sequestration capacity. Remote sensing can therefore support the activities of the authorities and ministries. The work package also stated that remote sensing could produce information for assessing the effectiveness of crop production and rotation methods. This information can especially be used by farmers and advisory organisations. This study was one of the first to examine the carbon sequestration potential of special crops using remote sensing.

(WP3) Quinoa, foxtail and proso millet, and narrowleaf lupin are examples of new protein crops that have adapted to Southern Finland and can also produce other crop production benefits. Millet is a C4 photosynthetic crop and part of the grass crop family. According to the results, it can generate significant carbon inputs when growing in fertile soil. In the trials, more carbon remained in the soil than in the control group in which oats were used. After germination, the crop thrived especially in hot conditions. Proso millet was found to contain 10–11% of proteins like cereal crops. The study confirmed that millet was a noteworthy and versatile crop during hot and dry growing seasons. In addition to producing abundant seeds, millet can at its best sequester large volumes of carbon, even in dry conditions, which makes it a significant alternative in adapting to climate change.

Quinoa is a dicotyledon and a member of the amaranth family, which can produce significant volumes of aboveground biomass in optimally warm and humid growth conditions. However, yield production may already be disturbed during the first stages of the growing season, which is why better seeds are required. Varieties obtained from abroad do not have time to ripen in Finnish conditions. The protein content of quinoa seeds of different colours collected over several years was analysed in the project. The results indicated that red and orange plants produced seeds whose protein content could be higher than in other plants. At best, proteins accounted for 15–16% of the dry seed matter. The opportunities to improve the quinoa seeds produced in Finland were therefore confirmed. In future, investments should be made in harmonising the colour traits of current quinoa population through selective breeding, for example. At the same time, the differences in crop sizes and any variation in ripening could be reduced.

Narrowleaf lupin is a dicotyledon and food protein crop of the legume family. The alkaloids originally contained by its seeds have been reduced through plant breeding. Of the narrowleaf lupins used in the trials, the highest protein content was measured in the late variety, in which proteins accounted for 39% of the dry seed matter. In the Sonet variety, which ripens more

reliably, the protein content was slightly lower, 35% of the dry matter at most. The variety showed significant variation in the protein content between different years. The inoculation treatment of seeds was found to improve the protein content at least in a single growing season during the three study years. At most, the protein content was 11 percentage points higher in treated seeds than in untreated seeds. Similar results were also seen in broad bean. In future, why there is such significant variation in the occurrence of nodules in legumes, and how it can be verified that inoculation treatments produce higher yields per hectare, should be studied.

New information about new edible legumes, including the production potential of lentil, chickpea and soy, was obtained in conjunction with the field trial focusing on narrowleaf lupin, pea and broad bean. All crops produced ripened yields, although they showed variation. Not all crops produced seeds during each of the three study years. The advantages of lentil, lupin and chickpea include their resistance to dry conditions and success in hot growth conditions. Lentil germinated better than the other crops in dry initial conditions and produced yields of 700–1,600 kilos per hectare during two of the three study years. Chickpea grew strong stems and thick roots, even though seed production was modest in every other study year. Soy can produce yields of roughly 1,000 kilos per hectare, although a low seedling capacity and pest damage reduced the production of yields in the trial. Of the studied crops, soy had the highest protein content alongside broad bean. The yields and protein content of lupin did not reach the harvest and protein content levels measured in the parallel project's crop trial. In Finland, new legumes have the potential and need to adapt crop production to future needs. However, more research is required to improve the reliability of yields and develop better varieties. Merely the availability of seeds can be problematic in some cases which makes it difficult to conduct farm-specific trials.

The aim of multiple cropping is to offer help in carbon sequestration and even out any variation between harvest levels which is required of many special crops. The results were produced in two sets of multiple cropping trials. Buckwheat was selected as the main crop in one trial because previous studies have shown that it only requires a small amount of nitrogen. The research questions were: can another legume produced in multiple cropping satisfy the need of buckwheat for nitrogen, and are there any differences in the suitability of legumes for production with buckwheat? Of different legumes, lentil and lupin gained the most benefits from multiple cropping with buckwheat, as their protein content increased compared with monoculture. The situation was the opposite for soy. Based on averages, the protein content of buckwheat was lowest when it was produced with broad bean. Although legume yields were small in the multiple cropping trials of this project, the parallel project succeeded in multiple cropping using buckwheat and pea. The variation shows that the success of multiple cropping depends on several factors, and it may not be the answer to all crop production problems. In summary, when the results of the parallel projects are also considered, multiple cropping using buckwheat and legumes has proved to be a highly attractive method to sustainably improve the efficiency of food crop production.

The second set of multiple cropping involved the production of seven protein crops in monoculture and with broad bean. In addition to yields, the significance of broad bean considering carbon and nitrogen inputs after the harvesting of crops produced during the study year was studied. The significance of broad bean in multiple cropping depends on how

crops compete with each other. In multiple cropping, cereals are in significant competition with broad bean, and the role of broad bean in the total yield and biomass remained small. As a result, the carbon input in multiple cropping using broad bean was also smaller than in monoculture. Competition between faba bean and pseudo-cereals and faba bean and oil seed crops were more equal. The rich growth of broad bean improved the volume of biomass remaining in fields and the carbon input compared with monoculture. This trial also showed that multiple cropping may not help balance the yields and carbon sequestration capacity of special crops if the soil is already compacted, or if the growth conditions are challenging due to drought or weeds. In contrast, multiple cropping in good growth conditions can produce not only higher yields but also environmental benefits.

(WP4) According to the results of the survey conducted for professional kitchens in the project, domestic plant proteins will have uses and demand in professional kitchens now and in the future. Responses were received from 40 units, which was a good result. The survey aimed to identify the wishes of professional kitchens regarding the nutritional and other quality of products so that producers and further processors can respond to needs through their products. The results of the survey have been shared with farmers, and information has been provided for further processors on several occasions. In addition, the aim has been to bring farmers and professional kitchens together so that the dialogue around food is as natural as possible. Recipes and useful hints have been shared at events (e.g. Vegejoulu 2022 (Vegetarian Christmas 2022) and OKRA farm fair 2023) and on the <https://kookkireseptit.fi/> recipe website.

(WP5) Various methods are required to calculate the carbon input of food protein crops. Assessing root biomass is particularly challenging. This is why conducting root studies using vessel tests might be an attractive and perhaps even easier method. The results of a previously published vessel test were therefore examined from a new perspective. Crop biomass per hectare was calculated in the project using the surface areas of known vessels. Aboveground results were compared with information about aboveground biomass obtained in a previous field trial and with the root studies conducted in WP1. The vessel tests indicated that roots could sequester 500 kg of carbon per hectare at maximum and aboveground plant parts can sequester 2,500–3,500 kg of carbon per hectare. These results are close to the other results calculated in the project. It should be noted that yields of special food protein crops and therefore volumes of aboveground biomass show significant variation, even in field conditions, and it is difficult to provide a single numerical value for a crop. The root-to-stem ratio was slightly smaller in the vessel test than the results calculated for broad bean, caraway and hemp in WP1. Based on the comparison, the use of vessel tests in producing information about the carbon sequestration capacity of crops cannot be excluded. However, the vessel used should be sufficiently large relative to the number of crops to reduce the risk that the proportion of roots growing in vessels would be smaller, and that of aboveground plant parts would be slightly higher, than in reality.

Crop rotation planning can improve the efficiency of the use of fossil nutrients, including nitrogen. The study identified the results of a previous field trial by calculating nitrogen balances that represented different nitrogen steps. Based on the calculations, significant volumes of nutrients remain in the field, probably by harvesting residues and roots. While the possibility of discharge and evaporation cannot be excluded, they were not included in these calculations. There was a link between balances and the following year's oat yields. Low

nitrogen balances ( $\pm 0$ ) in protein crops had an impact on oat yields in the following year. When the calculations showed that more nitrogen remained in the field, and the nitrogen balance was higher, the following year's oat yields no longer increased. In some cases, high nitrogen balances were followed by an oat yield which was smaller than oat yields following low nitrogen balances. Further research is required to identify why high nitrogen balances did not increase the following year's oat yields any more than they did. Turnip rape was an exception, and the average increase in its nitrogen balance increased the following year's average oat yield. The study provided more information about the initial impact of special crops, which is at least partly based on the nitrogen remaining in the field after harvesting. The results can be used in planning sustainable crop rotations for special crops.

### **Projektresumé**

Projektet för efterfrågebaserad odlingsföljd som tar upp kol och stärker den biologiska mångfalden (FutureCrops 2.0) genomfördes 2021–2023 inom JSM:s klimatpaket Fånga kolet. Projektet leddes av Naturresursinstitutet och dess partner i projektet var ProAgria Keskusten Liitto, Lantmäteriverkets Geodatacentral och Brahea-centret vid Åbo universitet. Brahea-centrets uppgifter flyttades över till Pyhäjärvi-institutet i augusti 2023.

Projektledare var specialforskare Marjo Keskitalo från Naturresursinstitutet. De övriga experterna från institutet var forskningsingenjör Kirsi Raiskio, forskare Pirjo Yli-Hemminki och specialforskare Lauri Jauhiainen. Teamet från Lantmäteriverkets Geodatacentral leddes av forskningsprofessor Eija Honkavaara och i arbetet deltog forskningsteamchef Eetu Puttonen, seniorforskarna Roope Näsi och Raquel Oliveira och forskarna Joel Pitkänen och Maiju Karhu. Från ProAgria Keskusten Liitto medverkade Sari Peltonen som är utvecklingschef inom växtodling. Arbetet vid Brahea-centret vid Åbo universitet leddes av projektchef Sanna Vähämiko och efter att hon övergick till andra uppgifter i början av 2023, övertogs uppdraget av projektchef Mervi Louhivaara, först vid Brahea-centret och från och med augusti 2023 vid Pyhäjärvi-institutet.

Projektets totala kostnader uppgick till 513 595 euro, av vilket 352 177 euro finansierades av medel från JSM. Projektparternas medfinansiering uppgick till totalt 161 418 euro.

Projektets främsta mål var att genom expertorganisationernas studier och utredningar öka kolupptaget i nya grödor med avseende på skördeavkastning, biologisk mångfalden och användning som livsmedelsråvara. Syftet var att nya grödor utöver sin potential för kolinbindning också kan ses som en resurs för ett mångsidigare livsmedelssystem, nya inkomstkällor och klimatanpassning. Avsikten var att genom projektet bygga upp ett FutureCrops 2.0-kompetensnätverk i Finland för nya grödor och specialgrödor. Projektet omfattade följande fem moduler: Modul 1 mångfunktionella växtföljdsnätverk, Modul 2 beräkning av potentialen för koltillförsel hos valda nya grödor, Modul 3 försök med växtsorter och samodling, Modul 4 kartläggning av måltidstjänsters informationsbehov och Modul 5 användning av tidigare vetenskapliga rön. Målen var dessutom kopplade till utlysningen av klimatåtgärderna för markanvändningssektorn genom dess teman 2 (utvecklingsinsatser för ett klimathållbart jordbruk), 4 (klimatanpassning inom jord- och skogsbruket) och 5 (inrättande av ett informationsprogram för markanvändningssektorn), så att projektets främsta fokus låg i enlighet med tema 2 på att diversifiera odlingen och öka andelen växtföljder. Projektet skulle dessutom bedriva omfattande kommunikation och interaktion med a) verksamma parter inom

växtodling, såsom odlare, studerande, rådgivare, kontraktsgivare vid kontraktsodling, vidareförädlare i första ledet, b) aktörer inom livsmedelssektorn, såsom storkök, centralkök, livsmedelstjänster och c) förvaltningsområdet och konsumenterna.

(Modul 1) I nätverket för odlare av specialgrödor deltog 70 odlare. För dem arrangerades webinarier och nätverket utnyttjades också i observationsförsöket med organiskt material och mikrobiell aktivitet samt för djupintervjuerna om växtföljder. Det framgick av erfarenheterna från odling av specialgrödor att det inte finns någon typisk eller standardiserad växtföljd, eftersom till exempel endast 20–30 procent av skiftena lämpade sig för grödan eller ogräsväxtligheten på åkern inverkade på grödans plats i växtföljden. I allmänhet odlades spannmål och/eller vall som avbrottsgrödor i växtföljden. De största fördelarna med växtföljder med specialgrödor för mat var enligt odlarna de positiva effekterna på markmikrober och daggmaskar, biologisk mångfald och pollinatörer samt odlingens lönsamhet. Även behovet av bekämpning av växtsjukdomar ansågs ha minskat. Den största negativa effekten var att det behövdes mer ogräsbekämpning. Någon tydlig effekt på skördenivåerna för följande gröda kunde inte ses. Odlarna var intresserade av försök med nya grödor, om sådana finns, men ofta räcker inte tiden till för försök.

I modulen togs fram metoder för verifiering av hållbar odling genom nedbrytningen i åkern, bestämning av rotbiomassan och förekomsten av rotknölsbildning. I åkermark på såväl monokulturer och polykulturer grävdes ner fiberdukssäckar innehållande halm vars torrsvikt och halter av kol och kväve mättes efter sex månader i marken. Av torrsvikten försvann cirka 10 procent när halmen var nedgrävd i en monokultur och cirka 11 procent i en polykultur. Förlusten av kväve var i genomsnitt cirka 33 procent, så att förlusten från havrehalm som legat i en åker som odlats som polykultur var cirka 4 procentenheter större än i en monokultur. Halmen hade förlorat cirka 6 procent av kolet jämfört med utgångsläget, så att förlusten var en procentenhet större i monokulturer. Metoden kan också tillämpas i praktiken, även om det behövs mer tester för att förhindra finare partiklar att tränga sig in i säckarna.

Vid studien av rötterna kunde man konstatera att den bästa uppskattningen av den underjordiska biomassan för högavkastande grödor erhålls då volymen för jordprovet är 40 liter. I studien jämfördes tre olika provtagningsmetoder, med växter som odlats i fat eller i gropar beklädda med rotspärr eller grävts direkt upp ur jorden. Den del av rötterna som sitter fast i växterna kan användas för beräkning av den totala rotmassan. Vid upptagning av växten sitter 50–70 procent av hela rotens torrsvikt kvar på växten; visserligen minskar den andelen ju äldre växterna är. Rot/skott-kvoten beskriver förhållandet mellan ovanjordisk massa och rotmassa. Utifrån den går det också att göra en grov uppskattning av andelen rötter, när den ovanjordiska massan är känd. Visserligen varierar kvoten bland annat beroende på växtlighetens skick. Hos en del växter verkar rötternas andel öka om växterna mår dåligt, medan välmående växter hade mer rötter hos andra.

Hos baljväxter som lupin och åkerböna kan man urskilja ställen på rötterna med särskilt omfattande rotknölsbildning. Till exempel hos åkerböna sågs gott om rotknölar på roten ovanför eller nedanför det sådda fröet eller enbart i sidorötterna. Hos lupinsorter observerades fler växter med rotknölsbildning i de försöksrutorna som såtts med inokulerat utsäde. Det konstaterades också ett samband mellan fler baljor hos växter med många rotknölar än hos växter med inga rotknölar. Genom visuella observationer av rotknölsbildningen kunde man

därmed få fram information om enskilda växters samband med skördemängderna, trots att det inte gick att exakt verifiera hur stor fördel inokulation gav per hektar.

(Modul 2) i projektet utvecklades och studerades fjärranalys med drönare och satelliter vid bedömning av specialgrödors skördemängder och kolinbindning. De mest exakta resultaten erhöles med drönare utrustade med multispektralkamera. En hög determinationskoefficient ( $R^2 > 0.5$ ) erhöles för kumminskott, skott och rötter av åkerböna samt fröskörd, rötter, skott och rot/skott-kvoten av oljehampa. Modellerna för skördeprognoser med Sentinel-2 tränades om med skördedata per åkerskifte från ProAgrias databas samt skördekartor som insamlats av skördarna. Bägge metoderna gav goda resultat, och i synnerhet skördekartorna från skördarna möjliggjorde exakt träning av estimeringsmodellerna. I bästa fall var den normaliserade standardavvikelsen cirka 10 procent. Det bör ändå noteras att för framtagning av tillförlitliga metoder behövs stora mängder referensdata och detta kräver ännu en hel del utveckling. Utifrån resultaten kunde man slå fast att fjärranalys är en effektiv metod för skördeprognoser och beräkningar av kolinbindningen för spannmål. På så sätt kan fjärranalys stödja myndigheternas och ministeriernas arbete. Det konstaterades också att fjärranalys kan ge data för bedömning av olika odlingsmetoders och växtföljders avkastning. Dessa data används framför allt av odlarna och rådgivningsorganisationerna. Denna studie var en av de första utredningarna av specialgrödors kolpotential med hjälp av fjärranalys.

(Modul 3) Quinoa, kolvhirs och äkta hirs samt blålupin är exempel på nya proteingrödor som lämpar sig för odling i södra Finland och som kan ge fler fördelar för odlingen. Hirs är ett gräs som hör till så kallade C4-växter. Enligt resultaten kan frodig hirsvegetation tillföra stora mängder kol till marken. I försöken var mängden tillförd kol i marken större än hos referensgrödan havre. Efter grodden gynnades växten särskilt av värme. Äkta hirs innehåller i likhet med spannmålen 10–11 procent protein. Studien verifierade att hirs är en mångsidig gröda som är värd att beakta med tanke på torra och varma vegetationsperioder. I bästa fall ger hirs fröskörd och binder stora mängder kol även under torra förhållanden, vilket gör den till ett beaktansvärt alternativ med tanke på klimatanpassning.

Quinoa (mjölmålla) är en tvåhjärtbladig växt i släktet amarantväxter. Under lämpligt varma och fuktiga förhållanden kan den ge en betydande överjordisk biomassa. Skördeavkastningen kan dessvärre påverkas redan under början av vegetationsperioden och därför behövs bättre utsäde. De sorter som köps in från utlandet hinner inte mogna hos oss. I projektet analyserades proteinhalterna i fröna som samlats in från quinoa i olika färger under flera olika år. Resultaten tyder på att röda och orange växtindivider ger frö vars proteinhalt kan vara högre än hos de övriga. I de bästa fallen var proteinhalten 15–16 procent av torrsubstansen i fröna. Detta gav bekräftelse för möjligheterna att förbättra utsädesmaterialet för odling av quinoa i Finland. Med andra ord bör det framöver satsas på att förenhetliga färegenskaperna hos de nuvarande quinoasorterna, till exempel genom urvalsförädling. Samtidigt kan man eventuellt också minska variationen i växternas storlek och frömognad.

Blålupin (sötlupin) är en tvåhjärtbladig växt som hör till familjen ärtväxter. Den är en ätlig proteingröda, då man kunnat reducera mängden alkaloider i fröna genom förädling. Bland de blålupiner som ingick i försöken uppmättes den högsta proteinhalten, 39 procent av torrsubstansen, hos en sen sort. Sorten 'Sonet', som har säkrare frömognad, hade en något lägre proteinhalt på som högst 35 procent av torrsubstansen. Proteinhalterna hos en och

samma sort varierade mycket från år till år. Inokulation konstaterades förbättra proteinhalten åtminstone för en vegetationsperiod av de tre försöksåren. I bästa fall var proteinhalten 11 procentenheter högre hos en inokulerad försöksplanta än en obehandlad planta. Liknande resultat erhöles också för åkerböna. I framtiden bör det gärna tas fram data om orsakerna till den stora variationen i rotnölsbildningen hos baljväxter och om hur större hektarskördar genom inokulation ska kunna verifieras.

Ny information om odlingspotentialen hos nya livsmedelsbaljväxter, som lins, kikärta och soja, erhöles tillsammans med ett fältförsök med blålupin, ärtä och åkerböna. Alla sorter gav mognad skörd, visserligen med varierande framgång. Alla sorter gav inte frön under varje år under det treåriga försöket. Fördelar med lins, lupin och kikärta är att de tål torka och trivs i mycket varma växtförhållanden. Lins grodde bättre än de andra då början av vegetationsperioden var torr; den gav också en skörd på 700–1 600 kilo per hektar under två av de tre försöksåren. Kikärtan hade stadig stjälk och bastant rot, även om skörden förblev liten under ett av de två försöksåren. Soja kan ge en skörd på cirka 1 000 kilo per hektar; visserligen försämrades skörden i försöket av dåligt plantuppslag och skadedjur. Soja har tillsammans med åkerböna den högsta proteinhalten bland de undersökta grödorna. Hos lupinen nådde inte skörden och proteinhalten upp till de sorter som testades parallellt i ett annat försök. Nya baljväxter kan och bör odlas i Finland med tanke på anpassning av växtodlingen för framtida behov. Visserligen behövs det mer forskning för säkrare skördar och bättre sorter. I vissa fall är det svårt att få lämpligt utsäde, vilket försvårar genomförandet av försök på gårdar.

Samodling är en metod som används för att öka koluttaget och jämna ut variationerna i skörden, vilket är önskvärt för många specialgrödor. Resultat togs fram från två serier av fältförsök med samodling. Huvudgrödan i det ena försöket var bovete, eftersom det utifrån tidigare forskning är känt att bovete inte kräver mycket väte. Forskningsfrågan var därmed om bovetets kvävebehov kan tillgodoses genom samodling med en baljväxt och om det finns skillnader i vilka baljväxter som lämpar sig som kompanjongröda. Av baljväxterna gynnades lins och lupin mest av samodling med bovete; hos dem ökade proteinhalten jämfört med monokultur. Hos soja var effekten den motsatta. Enligt medelvärden var proteinhalten i bovete lägst vid samodling med åkerböna. Trots att baljväxterna gav dåliga skördar i detta projekt, har man i ett systerprojekt lyckats bra med samodling av bovete och ärtä. Variationen visar att samodling också är beroende av många olika faktorer och inte nödvändigtvis kan avhjälpa alla svårigheter inom växtodlingen. Sammanfattningsvis kan man med beaktande av resultaten från systerprojekten säga att samodling av bovete och baljväxter har visat sig vara en mycket intressant metod för hållbar effektivisering av odlingen av livsmedelsgrödor.

En annan försöksserie omfattade odling av sju olika proteingrödor var för sig och tillsammans med åkerböna. Utöver skördemängderna studerades åkerböns inverkan på kol- och kvävetillförseln efter skörden från de grödor som odlades under försöksåret. Åkerböns roll vid samodling beror på i vilken mån växterna konkurrerar med varandra. Vid samodling konkurrerar spannmålen mycket med åkerböna, så att åkerböns andel av den totala skörden och totala biomassen blev liten. Då var också koltillförseln från samodling med åkerböna mindre än vid monokultur. Konkurrensen är jämnare med oljeväxter och pseudospannmål, som används på samma sätt som spannmål. Frodig växtlighet av åkerböna gav mer biomassarester och större koltillförsel till åkern jämfört med monokultur. Även denna försöksserie visade att samodling inte nödvändigtvis kan hjälpa att jämna ut skördemängderna



och kolinbindningen hos specialgrödor, om åkern redan är kompakt eller som växtförhållandena är svåra på grund av torka eller ogräs. Däremot kan samodling under gynnsamma förhållanden ge både bättre skördar och miljöfördelar.

(Modul 4) I projektet genomfördes en enkät till yrkeskök enligt vilken inhemskt växtbaserat protein används och är efterfrågat i storkök, både nu och i framtiden. Fyrtio enheter svarade på enkäten, vilket var ett gott resultat. I enkäten frågades efter yrkeskökens önskemål gällande produkternas näringsmässiga egenskaper och kvalitet i övrigt så att producenterna och förädlarna ska kunna tillgodose dessa behov. Resultaten från enkäten har förmedlats till odlarna och förädlarna i flera omgångar. Man har också fört samman odlare och yrkeskök för att skapa en så naturlig dialog kring god mat som möjligt. Recept och tips har spridits på olika evenemang (bl.a. Vegejoulu 2022 och OKRA 2023) och via en webbplats för recept <https://kookkireseptit.fi/> (på finska).

(Modul 5) Det behövs olika metoder för beräkning av koltillförseln från proteingrödor. Särskilt svårt är att beräkna mängden rotbiomassa. Därför kan en intressant och eventuellt enklare metod vara att studera rötterna i försök med fatodling. Därför gjordes en analys av resultaten från ett tidigare försök med fatodling ur ett nytt perspektiv. I projektet beräknades växternas biomassa per hektar utifrån de kända arealen av faten. Resultaten för biomassa ovan jord jämfördes med de ovanjordiska biomassorna från ett tidigare fältförsök och rotmassan jämfördes med rotanalyserna i modul 1. Utifrån fatodlingen kan kolinbindningen uppgå till 500 kilo C/ha i rötterna och 2 500–3 500 kilo C/ha i de ovanjordiska växtdelarna. Dessa resultat ligger nära de beräkningar som gjordes i en annan modul i projektet. Det bör noteras att skördarna för proteingrödor och därmed också mängden av ovanjordisk biomassa också varierar väldigt mycket ute på åkrarna och det är svårt att ange ett enda siffervärde för en gröda. Rot/skott-kvoterna var något lägre vid fatodling än för motsvarande beräkningar för åkerböna, kummin och oljehampa i modul 1. Utifrån analyserna går det inte att utesluta försök med fatodling som en metod för framtagning av data om kolinbindning. Faten bör visserligen vara tillräckligt stora i förhållande till antalet plantor, vilket minskar risken för att andelen rötter blir något mindre och andelen ovanjordiska delar större vid fatodling än vad som i verkligheten är fallet.

Planering av växtföljderna kan användas för att effektivare tillvarata fossila näringsämnen som kväve. I studien analyserades data från tidigare fältförsök genom att bland annat räkna ut kvävebalanserna för olika tröskelvärden för kväve. Enligt beräkningarna stannar stora mängder näringsämnen kvar i åkern, sannolikt i skörderester och rötter. Det går inte att utesluta inverkan från läckage och avdunstning, men dessa har inte tagits med i beräkningarna. Det finns ett samband mellan balansvärdena och havreskördarna följande år. Låga balansvärden ( $\pm 0$ ) för kväve hos proteingrödor inverkade på havreskördarna året därpå. Havreskördarna följande år ökade inte mer, när den beräknade mängden restkväve och kvävebalansen var större. I vissa fall blev havreskörden efter ett år med hög kvävebalans sämre än efter ett år med låg kvävebalans. Det behövs mer forskning i varför en hög kvävebalans inte gav en större ökning i havreskörden följande år. Undantaget var rybs, där en höjning av den genomsnittliga kvävebalansen gav en ökning av den genomsnittliga havreskörden året därpå. Forskningen gav mer data om specialgrödornas förfruktseffekt, som åtminstone delvis baserar sig på mängden restkväve i åkern efter skörden. Resultaten kan användas vid planeringen av växtföljder som inkluderar specialgrödor.

## 2. Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi

### 2.1. Menetelmät ja aineisto

#### 2.1.1 Monihyötyisten viljelykiertoverkostojen luominen (TP1)

Työpaketin tavoitteena oli viljelijäverkoston synnyttäminen, pellon kuntoa ja monimuotoisuutta kuvaavien havaintomenetelmien luominen, sekä viljelijöiden kokemukseen ja havaintoihin perustuvan tiedon keruu monipuolisten viljelykiertojen onnistumisista ja hyödyistä.

Viljelijäverkosto kutsuttiin nettisivuilmoituksella, ja osallistujille järjestettiin hankkeen aikana webinaareja sekä erikoiskasvipäivät Jokioisilla yhteistyössä muiden hankkeiden kanssa. Tiedon keruu erikoiskasveista viljelykiertossa toteutettiin syvähaastattelemalla otantana viljelijäverkoston 10 viljelijää ja tiedot kerättiin webropol-työkaluun. Haastatteluista työstettiin tietokortti, jonka keskeisenä teemana oli, miten ruokaproteiinikasvit parhaiten sopivat viljelykiertoihin. Lisäksi Tietokortin aineistona käytettiin kaikille viljelijöille jo aikaisemmin (2020 FutureCrops) lähetetyn erikoiskasvien viljelyyn ja viljelykiertoihin liittyvää verkkokyselyä, johon vastasi yli 1900 viljelijää. Kyselyn vastauksista poimittiin ja analysoitiin erityisesti viljelijöiden kokemukset eri kasvilajien vaikutuksista peltomaahan sekä kierron seuraaviin kasveihin. Kasvin vaikutus kysytyyn ilmiöön tulkittiin positiiviseksi, jos selvästi suurin osa vastaajista oli kokenut samoin. Vastaukset toimivat taustana syvähaastatteluille.

Orgaanisen aineksen hajoamista selvitettiin Luonnonvarakeskuksessa nk. muhituspussikokeen avulla. Työhön valittiin verkostosta kymmenen viljelijää, joiden pyydettiin nimeämään tilaltaan yksi monipuolisesti (a) ja yksi yksipuolisesti (b) viljelty lohko. Tavoitteena oli löytää sellaisia peltoja, joissa on viljelty palkokasvia joko vuonna 2020 tai 2021. Syksyllä 2021 kuivaa olkea sisältäneet muhituspussit kaivettiin viljelijän valitsemille kahdelle lohkoille, siten että kaksi pussia laitettiin 15 cm syvyyteen ja kaksi pussia 30 cm syvyyteen. Kohta merkattiin GPS:llä ja siihen asennettiin myös keppi merkiksi, jotta pussit oli mahdollista löytää seuraavan vuoden keväällä (2022). Muhituspussit olivat pienisilmäisiä, ruokamarkettien käyttämiä muovisia hedelmäpusseja, johon punnittiin 20 g kuivaa ja viiden senttimetrin mittaisiksi pätkiksi silputtua kauran olkea. Läheltä kuoppaa otettiin maanäytteet, joista tehtiin NIR maa-analyysi ([https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2858012/soilnir\\_yleistae-070421.pdf](https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2858012/soilnir_yleistae-070421.pdf)) pellon kasvukunnon määrittämiseksi. Analyysi on varsin kattava ja siihen kuuluu muun muassa selvitys pellon maan orgaanisesta aineksesta. Analyysitulokset lähetettiin myös viljelijöille palkkioksi yhteistyöstä ja mahdollisesta muhituspussien tuomasta haitasta muokkauksien yhteydessä.

Pussien sisältö punnittiin ennen ja jälkeen 60 asteen kuivauksen ja sen jälkeen näytteistä puhdistettiin irtonainen maa-aines pois. Kiinnittynyttä maata ei voitu pestä koko olkimäärästä pois, vaan tarkempaan pesuun punnittiin 2 x 2 g osanäyte. Toisesta kahden gramman osanäytteestä pestiin maa pois vedellä huuhtelemalla ja sen jälkeen molemmat kahden gramman näytteet kuivattiin 60 asteen lämmössä. Vertaamalla hyvin puhdistettua näytettä kahden gramman epäpuhtaaseen näytteeseen, saatiin suhdeluku, jonka avulla arvioitiin puhtaan oljen määrä koko näytteessä. Puhtaista näytteistä määritettiin hiili ja typpi.

Myöhemmin viljelijöiltä pyydettiin myös lohkotunnukset, joiden avulla biometrikko pystyy poimimaan Ruokaviraston aineistoista kyseiset lohkot ja selvittämään mitä viljelykasveja niillä on viljelty viimeisen kymmenen vuoden aikana.

Juurimassan määrittäminen osana hiilisyötepotentiaalın arviointia Luonnonvarakeskuksen osahankkeessa haluttiin selvittää, onko juurien biomassoja mahdollista arvioida yksinkertaisella tavalla, mikä toisi lisätietoa tutkimukseen ja jota myös viljelijät voisivat käyttää. Tutkimukseen valittiin nk. suurituottoisia viljelykasveja, kuten härkäpapu, kumina ja öljyhamppu, joilla pääjuurien tiedetään parhaimmillaan kasvavan runsaana. Juurien ja erityisesti juuri/verso – suhteiden määrittämistä tehtiin eri tavoin:

Vertailussa oli kolme eri menetelmää. A) kasvien kasvattaminen 40 litran suuruudessa astiassa, jonka pohjaan oli tehty reikiä veden pääsemiseksi pois. B) kasvien kasvattaminen 40 litran suuruudessa maakuopassa, joka oli vuorattu veden läpi päästävällä juurikankaalla; C) kasvit kaivettiin suoraan maasta, 27 x 50 cm suuruiselta alalta niin että ottopaikan tilavuus oli myös noin 40 litraa. Kaikkien kasvatusalustojen syvyys oli 30 cm. Käytännössä kasvit otettiin irti maasta hellävaroen, niin että mahdollisimman paljon juurta jäi kasviin kiinni. Kasvit nostettiin siementen muodostumisen – tuleentumisen aikaan maasta yksitellen juurineen, jonka jälkeen ympäröivä maa lapioitiin astioihin, joista juuret eroteltiin myöhemmin. Kasvit käsiteltiin yksitellen, juurien, varsien ja siementen kuivapainojen määrittämiseksi. Kasvit pestiin, fraktioitiin eri kasvinosiin ja kuivattiin kuivapainon määrittämiseksi. Sen lisäksi kasvatusalustassa olleet hiusjuuret eroteltiin maasta, mikä oli selvästi työläin vaihe. Härkäpavusta, kuminasta ja öljyhampusta näytteitä kaivettiin suoraan maasta kolmesta hyvän kasvuston kohdasta ja kolmesta heikon kasvuston kohdasta. Näitä tuloksia hyödynnettiin myös työpaketissa 2 (TP2) referenssinä, jossa MML selvitti dronekuvien yhteyttä pellostä otettuihin näytteisiin.

Palkokasvien juurinyströiden havainnointi Palkokasvien juurinyströiden kyky sitoa ilmakehän kaasumaista typpeä on erityisen hyödyllinen, kun tavoitellaan fossiilisen typpilannoitustarpeen vähentämistä. Tietoa juurinyströiden esiintymisestä käytännössä on kuitenkin vähän ja myös viljelijöiden piirissä tietoa kaivataan. Nystyröitä tarkasteltiin vuoden 2021 sinilupiinin lajikekokeesta, samasta kokeesta TP3:ssä esitetään valkuaispitoisuuksia. Lupiini oli haastava kasvi tehdä nystyrähavainnoja, koska meillä ei ollut aiempaa tietoa, miltä lupiinin nystyrät näyttävät. Kävi myös ilmi, että lupiinin juurinysträt irtoavat helposti. Sinilupiini kasvaa suoran, paalumaisen juuren, johon nystyrät muodostuvat. Havainnot tehtiin siten, että nystyröiden lukumäärä arvioitiin 0 – 2, jossa 0 tarkoitti, ettei juuressa ole lainkaan nystyröitä. '1' tarkoitti sitä, että nystyröitä oli vähän ja '2' puolestaan sitä, että nystyröitä oli runsaasti. Neljän lajikkeen kohdalla oli mahdollista laskea myös ympäjämissen merkitystä juurinyströiden esiintymiseen. Ympäjämisellä tarkoitetaan sitä, että siemen oli käsitelty kaupallisella turve - *rhizobium* bakteereja sisältävällä seoksella ennen kylvöä (ympä\_1).

Vuonna 2023 aloitettiin härkäpavun juurinysträhavainnointi. Lisäksi tuotettiin visuaalista havaintomateriaalia eri ruokapalkokasvien juurista. Juurien kuvaukseen hyödynnettiin työpaketissa 4 tehtyä palkokasvien seosviljelykoetta, jossa viljeltiin kuutta eri syötävää palkokasvia (herne, härkäpapu, makealupiini, soija, linssi ja kikherne). Palkokasvien tarkkailuun kannustettiin myös viljelijöitä vuonna 2021 ja 2022 lähettämällä tietoa aiheesta mm. Twitterissä sekä sähköpostilla.

### 2.1.2 Hiilisyötepotentiaalın laskeminen valikoiduille uusiille viljelykasveille (TP2)

Maanmittauslaitoksen paikkatietokeskus suoritti tutkimustyön kolmessa vaiheessa: 1) Sentinel satelliittiaikasarjojen keruu ja peltolohkokohtaisten statistiikkojen laskeminen, 2) Dronepohjaisen biomassan estimoinnin kehittäminen erikoiskasvilajeille ja 3) Sadon ennustaminen hyödyntäen satelliitti- ja korjuukoneen aineistoja

Sentinel satelliittiaikasarjojen keruu ja peltolohkokohtaisten statistiikkojen laskeminen  
Materiaaleina käytettiin ProAgrian lohkopankista saatuja satotietoja sekä Sentinel-2 satelliittikuvia.

ProAgrian lohkopankista saatiin lohko-kohtaiset satoaineistot vuosilta 2016-2019 seuraavilta Ely-Keskusalueilta: Satakunta, Pirkanmaa, Häme, Varsinais-Suomi, Uusimaa. Erikoiskasveista eniten tietoja oli käytettävissä härkäpavusta ja kuminasta, minkä vuoksi analyysit keskitettiin niihin. Näytteiden lukumäärät esitetään Taulukossa 2.1 ja satotietojen sijainnit ja esimerkit NDVI arvoista esitetään Kuvassa 2.1.

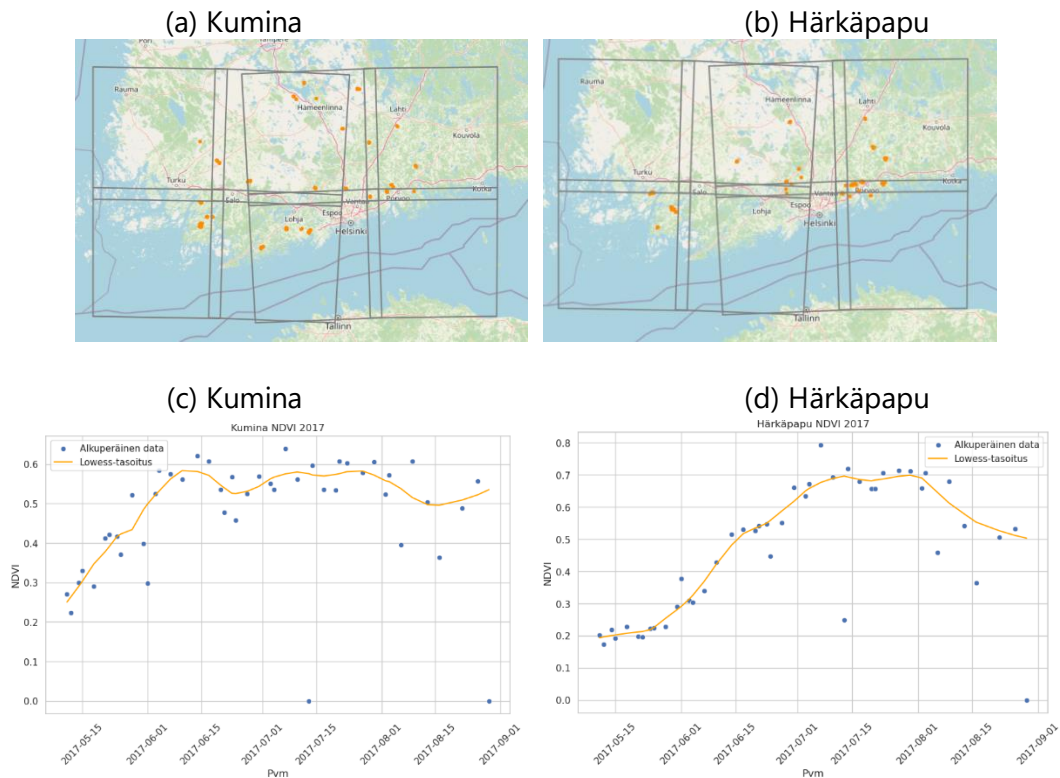
**Taulukko 2.1** ProAgrian lohkopankista saadut satojen referenssiaineistot (lohkojen lukumäärä) vuosilta 2016-2019.

Laji	2017	2018	2019
Härkäpapu	110	112	103
Kumina	90	157	106
Öljyhamppu	9	1	1

Sentinel 2-satelliittikuvia ladattiin CSC:n Allas-pilvipalvelun ämpäristä kasvukausilta 2017–2019. Maantieteellinen lue, joilta kuvia ladattiin, sisälsi Sentinel-2 tiilet "34VEN", "34VEM", "34VFM", "34VFN", "35VLH", "35VLG", "35VMH" ja "35VMG". Kuvat syötettiin EODIE-työkaluun, joka laski jokaiselle pellolle kasvillisuusindeksiaikasarjoja taulukkomuodossa tietokantaan. Kasvillisuusindeksejä on tietokannassa yhteensä 15 ('cvi','dvi','evi','evi2','kndvi','mcarl','mndwi','nbr','ndi45','ndmi','ndvi','ndwi','rvi','savi','tctw'], sisältäen indeksien keskiarvon, mediaanin ja keskihajonnan niiltä päiviltä, kun lähes pilvettömiä satelliittikuvia on ollut saatavilla. EODIE-työkalulla laskettiin myös eri S2-kanavien ('B02','B03','B04','B05','B06','B07','B08','B11','B12','B8A') statistiikkoja.

Peltojen aikasarjoista poistettiin sellaiset havainnot, jolloin pellon pinta-alasta yli 20 % oli pilvien peitossa. S2-kuvia ei välttämättä ole kaikilta päiviltä, useimmiten yhdeltä pellolta on dataa 2–3 päivän välein. Tämän vuoksi statistiikat interpoloitiin ensin päivittäisiksi ja sen jälkeen viikoittaisiksi piirteiksi, jotta eri pelloilla olisi yhteneväiset ja vertailukelpoiset aikasarjat. Esimerkkinä Kuvassa 2.1 esitetään härkäpavun ja kuminan NDVI arvoja kasvukauden 2017 aikana.

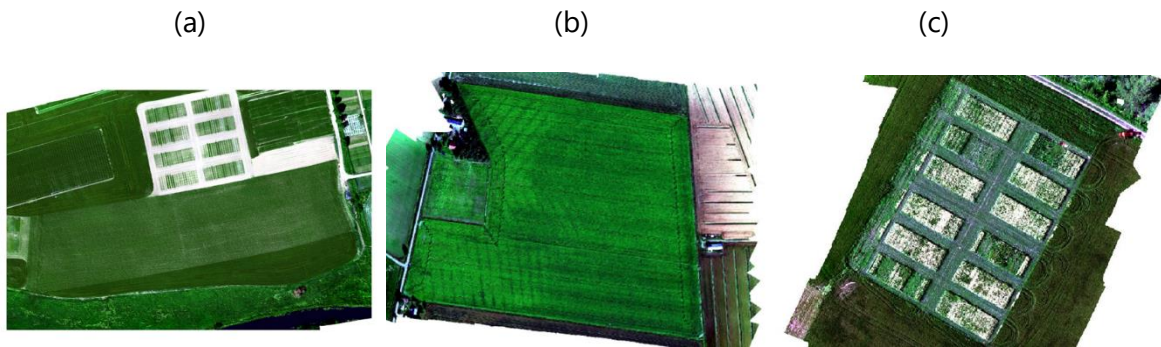
Random Forest (RF) feature importance –funktiolla arvioitiin, mitkä piirteet olisivat parhaita ennustamaan eri erityiskasvien satoa, käyttämällä Pro Agrian lohkopankin dataa referenssinä. Lopulta parhaita featureita käytettiin eksponenttimalleissa ennustamaan satoa. Mallin suorituskykyä arvioitiin jätä-yksi-pois (leave-one-out) –ristiinvalidoinnilla.



**Kuva 2.1** Proagrian lohkopankin (a) kuminan ja (b) härkämpavun satotietojen jakautuminen Sentinel-2 tiilille vuonna 2019. Esimerkkejä (c) kuminan ja (d) härkämpavun Sentinel-2 NDVI aikasarjoista vuodelta 2017. Sinisellä alkuperäinen data ja keltaisella tasoitettu aikasarja (Lowess-menetelmä).

Dronepohjaisen biomassan estimoinnin kehittäminen erikoiskasvilajeille Aineisto koostui kahdesta kokonaisesta peltolohkosta ja yhdestä testialueesta Jokioisten kunnassa Kaakkois-Suomessa (Kuvat 2.24a – c). Kokonaisilla peltolohkoilla viljeltiin härkämpäpua ja öljyhamppua. Testialuetta käytettiin kuminan viljelyyn. Dronekuvaukset tehtiin Micasense Altum multispektri-sensorilla. Aineiston keruu pyrittiin ajoittamaan mahdollisimman lähelle vertailuaineiston keräyspäivää (Taulukko 2.2). Droneaineistojen esiprosessointi tehtiin Agisoft Metashape ohjelmistolla. Kuvat ladattiin Metashapeen, jonka jälkeen suoritettiin orientointilaskenta. Orientoitujen kuvien georeferointiin käytettiin signaaleja, joiden paikat mitattiin erikseen GPS-vastaanottimella. Reflektanssiarvot kalibroidiin Micasensen valkopaneelin avulla. Tämän jälkeen kuvista muodostettiin ortomosaikit, joita käytettiin tilastollisissa analysissa.

Vertailuaineisto kerättiin mekaanisesti jokaiselta alueelta. Jokaiselta alueelta otettiin kuusi kasvinäytettä 50 cm x 25 cm alalta juurineen, joista punnittiin juuret, siemenet sekä versot. Analysissa vertailuaineistona käytettiin myös punnittujen juurten ja versojen painojen suhdetta. Vertailuaineistojen painojen jakauma suhteutettiin koko pellon painojen jakaumaan valiten näytteidenottoalueet silmämääräisesti hitaamman ja nopeamman kasvun alueilta. Vertailuaineiston keruusta huolehti Luke.



**Kuvat 2.24.** a) Härkäpapu- ja b) Öljyhamppulohko sekä © Kumina-testialue

**Taulukko 2.2.** Dronekuvauspäivät, vertailuaineiston keruupäivä sekä näiden kahden päivän välinen erotus

Aineisto	Dronekuvauspäivä	Vertailuaineiston keruupäivä	Erotus
Kumina	29.6.22	7.7.22	8
Härkäpapu	30.6.22	9.7.22	9
Öljyhamppu	9.8.22	12.8.22	3

Ortomosaiikkien heijastusarvoista laskettiin heijastusominaisuuksia ja 35 kasvillisuusindeksiä kohdealueiden pinta-alalle käyttäen shapefile-tiedostoa 1 m<sup>2</sup> pikselikoolla. Ensin tämä tehtiin vertailuaineistojen keruusijantien ympärillä lineaaristen regressiomallien muodostusta varten. Heijastusominaisuuksia ja kasvillisuusindeksejä verrattiin vertailuaineistojen jokaiseen mitattuun attribuuttiin korrelaatioiden löytämiseksi. Suurimman Pearsonin korrelaatiokertoimen (PCC) arvon saanutta kasvillisuusindeksiä käytettiin lineaarisen regressiomallin muodostamisessa. Mallin muodostamisen jälkeen, mallia käytettiin vertailuaineistojen mukaisten attribuuttien laskennassa koko kohdealueelle.

Mallien validointi tehtiin jätä-yksi-pois (leave-one-out) ristiinvalidointi -menetelmää käyttäen. Menetelmää hyödynnettiin jättämällä yksi vertailuarvo kerrallaan pois mallin muodostuksessa. Jätä-yksi-pois-ennusteita verrattiin mitattuihin vertailuarvoihin ja laskettiin normalisoitu keskimääräinen neliövirhe ja R<sup>2</sup>-luku.

Sadon ennustaminen hyödyntäen satelliitti- ja korjuukoneen aineistoja Sentinel-2 satelliittikuva-aineistot ladattiin Copernicus Browserista, joka on Euroopan Avaruusjärjestön (ESA) avoimien satelliittidata-aineistojen latauspalvelu. Sentinel-2 –satelliitin Multispektri-instrumentti ottaa kuvia kahdellatoista eri aallonpituusalueella. Sentinel-2 –kuvat tarkistettiin mahdollisten pilvien tai pilvien varjojen varalta ennen lataamista. Satelliittikuvat 24.6., 26.6., 4.7., 21.7. ja 31.7.2022 (Kuva 2.3) valikoitui käyttöön pilvettömien valotusolosuhteiden ansiosta (tiili 34VFN). Sentinel-2 –kuvat esikäsiteltiin ESan SNAP-ohjelmistolla. Multispektri-kuvat leikattiin haluttuun kokoon siten että jokainen kuva sisälsi kaikki lohkot. Sentinel-2 kuvien eri kanavien resoluutiot muutettiin SNAP-ohjelmiston Resampling-työkalulla 10 m x 10 m. Leikkaaminen ja resoluution muutokset tehtiin kuvien myöhemmän käsittelyn ja laskennan nopeuttamiseksi.

Tarkastelussa oli 11 peltolohkoa, joista kahdeksalla viljeltiin vehnää, kahdella kauraa ja yhdellä härkäpapua. Lohkot sijaitsevat Etelä-Suomessa lähellä Humppilan taajamaa. Näiden lohkojen

puinnissa käytettiin puimuria, joka laskee sadon tilavuusvirran aikayksikössä, joka muunnettiin satomääräksi analyysiä varten (Kuva 2.4). Tämä mahdollisti runsaan opetusaineiston luonnin, mikä on edellytys hyvien koneoppimismallien kehitykselle.



**Kuva 2.3.** Sentinel-2 –kuva tutkimuksessa käytetystä Härkäpapulohkosta



**Kuva 2.4.** Esimerkki puimurin tuottamasta satokartasta.

Sentinel-2 –kuvien eri aallonpituuksien heijastusarvojen avulla laskettiin kanavakohtaisia heijastusominaisuuksia sekä kasvillisuusindeksejä. Tämä tehtiin käyttämällä Sentinel-2 –kuvien 10 m x 10 m pikseleiden avulla kohdistettua shapefile-tiedostoa. Näitä heijastusominaisuus- ja kasvillisuusindeksitietoja käytettiin RF-koneoppimisalgoritimin opetusmateriaalina.

Härkäpapulohkon sadon arviointiin koulutettiin omia RF-algoritmeja. Kullekin Sentinel-2 –kuvalle luotiin oma mallinsa, joiden tarkkuutta suhteessa puimurilla kerättyyn vertailuaineistoon tutkittiin normalisoidun keskimääräisen neliövirheen (NRMSE) ja  $R^2$ -luvun avulla. Kaikkien päivien NRMSE- ja  $R^2$ -arvoja vertailtiin keskenään, jotta eroista eri kuvauspäivien välillä saataisiin tietoa. Lopuksi luotiin kaksi mallia, joiden opettamisessa

käytettiin 85 % koko aineistosta. Loppua 15 %:a käytettiin testiaineistona, jonka avulla voitiin tutkia miten malli ennustaa satomääriä sille aiemmin tuntemattomasta aineistosta (Kuva 2.5).

Vehnälohkojen suuren lukumäärän takia, pilvettämiä kuvia halutuilta alueilta oli vähemmän. Vehnälohkojen sadon arviointiin luotiin malleja 26.6., 4.7. ja 21.7. otettujen Sentinel-2-kuvien pohjalta. Kaikkien päivien kuville luotiin ensin omat mallinsa käyttäen koko aineistoa mallien kouluttamiseen. Näitä vertailtiin samoin kuin Härkäpapulohkojen malleja. Lopuksi luotiin kahdeksan mallia 21.7. otetun Sentinel-2-kuvan pohjalta. Näissä kahdeksassa mallissa jokainen vehnälohko toimi erikseen mallille tuntemattomana testiaineistona.



**Kuva 2.5.** Vihreällä testiaineiston 1 ja punaisella testiaineiston 2 sijainnit

### 2.1.3 Lajike- ja seosviljelytestauksia (TP3)

Lajiketutkimusten tarkoituksena oli tuottaa tietoa elintarvikkeeksi soveltuvien uusien ruokaproteiinikasvien laadusta, eroista lajikkeiden välillä ja ylipäätään valkuaispitoisuuksista Suomessa viljeltyinä. Tutkimuksiin valikoitui viljelijäkeskustelujen perusteella hirssi, kvinoa ja makealupiini.

Hirssin lajiketestaukset Hirssin viljely on Suomessa vasta aluillaan. Muutaman koeviljelyn perusteella kasvulla olisi kuitenkin mahdollisuuksia tuottaa kohtuullisia satoja Etelä-Suomessa. Hirssiä käytetään viljakasvien tavoin elintarvikkeena, maailmalla myös rehuksi. Hirssin lajikekokeet tehtiin Jokioisilla kasvukaudella 2023, lisäksi vuonna 2021 kartoitettiin yhden täkähirssin (Red Foxtide) korjuuaikaa. Vuoden 2023 lajikekokeen kasvustojen kehittymistä haittasi alkukasvukauden kuivuus ja vain osa kylvetyistä siemenistä iti. Heinäkuun alussa itäneet taimet siirrettiin verson muodostuksen aikaan kahteen-kolmeen riviin ja noin 30 cm etäisyydelle toisistaan, jolloin ruudun alkupäähän saatiin noin 20 – 40 kasvin kasvusto. Testattavista lajikkeista neljä (Krupskovskaja, Omsk, Orell, Unicum) oli viljahirssiä (*Panicum miliaceum*) ja kaksi (Red Foxtide, Yellow Foxtide) oli täkähirssiä (*Setaria italica*, synonyymi *Panicum italicum* L.).



Hankesuunnitelman TP 2:ssa oli kirjattu tavoitteeksi määrittää proteiinikasvien pitkäaikaista hiiltä, mikä raportoidaan nyt tässä yhteydessä, koska keskeisenä kasvina siinä oli hirssi. Analyysit tehtiin Yasso-menetelmässä kuvatulla nk. AWEN analyysillä, eikä hankesuunnitelmassa kerrotulla hehkutusjäännös-menetelmällä, mikä kuvaisi enemmänkin jäljelle jäänyttä tuhkaa ja sinä olevia kivennäisaineita. Yasso AWEN-menetelmässä kuivattua biomassaa käsitellään neljällä eri liuottimella ja liuenneiden hiilien määrät mitataan ja lasketaan yhteen. Summa indikoi maahan päätyneen pitkäaikaisen hiilen määrää, jossa 'A' - kuvaa yhdisteen hajoamista hapon vaikutuksesta, 'W' – veteen liukenevia hiilyhdisteitä, 'E' – yhdisteen liukenemista ei-polaarisiin liuottimiin (mm. etanoli, dichlorometaani), 'N' – hajoamattomia tai veteen liukenemattomia yhdisteitä. Määritystä varten otettiin juuri- ja maanpäällisen kasvuston näytteitä vuonna 2020 Luken rahoituksella aloitetusta ja proteiinikasveja tarkastelevasta Diveraction – kenttäkokeesta. Maanpäällisen kasvuston AWEN määrittämisistä osa tehtiin FutureCrops 2.0 -hankkeessa.

Sinilupiinilajikkeiden valkuaispitoisuudet Sinilupiinin (*Lupinus angustifolius* L) viljely on vähäistä, noin 50 – 100 hehtaaria vuosittain. Sinilupiini eroaa herneestä ja härkäpavusta mm. kasvupaikkavaatimusten suhteen ja siksi sen viljely parantaisi herneelle ja härkäpavulle epäsojien peltojen hyödyntämisen palkokasviviljelyyn. Sinilupiinin siemenessä ei ole varsinaisia haitta-aineita, mutta pähkinäallergisten henkilöiden tulee välttää sen syömistä. Typen pitoisuudet analysoitiin hyödyntäen aiemmasta hankkeesta saatavaa aineistoa ja valkuaispitoisuuden arvioimiseksi kerrottiin 6,25:llä. Vuosina 2019-2021 tehdyissä kokeissa oli vuosittain testattavana neljä-viisi lajiketta, jotka saatiin Suomeen sinilupiinia viljelevän viljelijän yhteistyöllä. Lajikkeiden saamisessa oli vaikeuksia ja sen takia vain osa niistä oli samoja eri vuosina. Lajikkeista osa oli ympätty kaupallisella turve - *Rhizobium* bakteereja sisältävällä seoksella ennen kylvöä (ymppi\_1). Mukana oli myös toinen ympikkäsittely (ymppi\_2). Vuonna 2019 se oli nestemäinen ymppiliuos (tuotemerkki Radicin), jota ruiskutettiin juuri taimettuvalle kasvustolle. Vuonna 2020 turvemaista ympppiä (tuotemerkki HiStick) levitettiin maan pinnalle. Molemmissa kylvön jälkeen ruiskutettavissa/levitettävissä valmisteissa oli eläviä *Bradyrhizobium* -bakteerikannan soluja. Ympikkäsittelyjen tarkoituksena oli parantaa juurinyströiden ja sitä kautta myös kasvien sadon muodostusta.

Kvinoan eri väristen kantojen valkuaispitoisuusvertailut Kvinoaa (*Chenopodium quinoa*) viljellään Suomessa vajaalla sadan hehtaarin alalla ja viljely voisi laajentua, mikäli lajikekysymykseen saataisiin apua. Nykyistä siementä on viljelty yli kahden kymmenen vuoden ajan ja se on peräisin Luken 1997-2001 tutkimuksista. Ongelmana on mm. käytännössä havaittujen tuholaisaltistuksen lisääntyminen, taimettumisongelmat ja myös valkuaispitoisuudessa on epäselvää. Suomessa viljelty kvinoa sisältää tuleentuaan erivärisiä yksilöitä, joiden merkitystä erityisesti valkuaispitoisuuden suhteen haluttiin selvittää. Ulkomailla viljelyksessä on lajikkeita, joissa värien vaihtelu on hyvin pientä. Viitteitä on myös siitä, että punertavan sävyisissä saattaisi olla enemmän antioksidanttisia yhdisteitä. Kvinoan kohdalla ongelmana on se, että ulkomailta, mm. Tanskasta saatavissa olevat lajikkeet vaativat pidemmän kasvukauden, ja eivät siten sovellu aiemman Luken tutkimushankkeen kokeilujen perusteella meillä viljeltäväksi. Vartenotettava vaihtoehto on silloin tarkastella nykyistä Suomessa tuleentuvaa siemenkantaa materiaalin parantamisen näkökulmasta. Siemenet analyysihin saatiin tähkän värisävyn perusteella kerätyistä näytteistä vuosilta 2009, 2017, 2018 ja 2020, joista erotellut siemenet analysoitiin. Erityisesti kiinnostaa se, löytyykö olemassa

olevasta siemenaineistosta sellaisia värejä, joita kannattaisi jatkossa ryhtyä lisäämään yhtenäisen värisävyn tai korkeamman valkuaispitoisuuden aikaansaamiseksi.

Kuutta syötävää palkokasvia tutkittiin erikseen ja seoksessa tattarin kanssa. Tavoitteena oli selvittää, löydetäänkö uusia elintarvikkeeksi soveltuvia palkokasveja jo olemassa olevien herneen ja härkäpavun rinnalle. Toisena tavoitteena oli selvittää, voiko palkokasvien ja tattarin sekaviljelystä muodostua yhdistelmä, mikä menestyisi hyvin vähäisellä lannoituksen mukana lisättävillä ravinteilla. Myös palkokasvien erot tattarin kumppanikasvina kiinnostivat.

Tattari (*Fagopyrum esculentum*) valikoitui kokeeseen sen takia, että kasvi tarvitsee muita vähemmän typpeä, jonka se voisi parhaimmillaan saada palkokasveista. Tattari voisi puolestaan irrottaa maasta muita ravinteita palkokasville. Seosviljelyn mahdollisuudet kaventaa fossiililannoiteriippuvuutta voisi olla yksi keino vähentää kasvintuotannon ilmastovaikutuksia. Seoskokeet tehtiin vuosina 2021, 2022 ja 2023. Vuonna 2021 mukana oli viisi (herne *Pisum sativum*, härkäpapu *Vicia faba*, sinilupiini *Lupinus angustifolius*, soija *Glycine max*, linssi *Lens culinaris*) ja vuosina 2022 ja 2023 edellisten lisäksi myös kikherne (*Cicer arietinum*) eli kuusi palkokasvia. Vuoden 2023 satoja ja näytteitä ei ehditty käsittelemään hankeaikana ja tarkoitus on sisällyttää näytteiden käsittelyt tuleviin hankkeisiin. Koe haluttiin kuitenkin tehdä kahden aiemman vuoden tulosten vaihdellessa suhteellisen paljon. Lisäksi nyt oli saatavilla itävää siementä eri lajikkeista, joiden saaminen ei ole aina niin varmaa. Vuonna 2021 kylvöille päästiin myöhään, vasta kesäkuun toisella viikolla kylmän toukokuun takia ja kesäkuuta vaivasi puolestaan kuivuus. Syksyn korjuut siirtyivät lokakuulle, jolloin syysateet vaikeuttivat puinteja. Myös kasvustojen ränsistyminen ennen korjuuta aiheuttivat satotappioita. Vuonna 2022 kenttäkoe kärsi kasvustoja syövästä rusakoista ja peuroista. Vuoden 2023 koe kärsi Jokioisten seudun poikkeuksellisen vakavasta kesäkuun kuivuudesta ja taimettuminen pääsi alkuun vasta heinäkuussa.

Seitsemää proteiinipitoista elintarvikekasvia viljeltiin yksin ja yhdessä härkäpavun kanssa seoksessa. Tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa tietoa ylipäätään proteiinipitoisten kasvilajien sadosta sekä maahan jäävästä hiilisyötteestä. Seosviljelykokeiden tarkoituksena oli tuottaa tietoa, miten härkäpapu vaikuttaa siemensatoon, siementen valkuaispitoisuuteen sekä maahan jäävään hiilisyötteeseen.

Aiheeseen liittyy kaksi koesarjaa, joissa hanke on ollut mukana. Vuonna 2020 aloitettiin ensimmäinen koesarja. Seoskasvivuoden jälkeen koealalle kylvettiin kahtena vuotena kauraa, jonka avulla haluttiin tuottaa tietoa seosviljelyn esikasvivaikutuksista. Kokeen tuloksia on esitetty mm. 2022 ja 2024 Maataloustieteen päivillä. Lisäksi aihetta on tuotu esille useissa esitelmissä. Toinen koesarja aloitettiin 2022, jonka suunnitelma on pääpiirteiltään sama mutta lisäyksenä edelliseen on se, että typen portaita oli kaksi. Yksin viljelyssä typpeä annettiin normaalisti eli suositusten mukaisesti sekä puolitetuna. Härkäpavun ja toisen ruokaproteiinikasvin seosviljelyssä typpilannoitus oli puolet siitä, mitä tavanomaisesti kasvia lannoitetaan (koska myös seoksessa olevien kasvilajien siemenmäärät oli puolitettu) ja sen lisäksi oli täysin ilman typpilannoitusta oleva koejäsen. Tällä haluttiin selvittää, pystyykö seoksessa oleva härkäpapu tyydyttämään toisen satokasvin typpentarvetta. Tässä raportissa esitetään tuloksia vuonna 2022 aloitetusta kokeesta.

Kenttäkoe kärsi vuoden 2022 alkukasvukauden kuivuudesta (ei sadetusmahdollisuutta), tiivistyneestä maasta (huolimatta paikan huolellisesta valinnasta) sekä huomattavasta

yksivuotisten rikkakasvien paineesta (ongelmasta ei ollut tietoa saatavissa etukäteen). Koe kuitenkin vietiin suunnitellulla tavalla läpi, sillä seosviljelyllä haetaan toisaalla juuri hyötyjä tämän tyyppisiin haasteisiin.

Seosviljelyn potentiaali palkokasvien kanssa liittyy niiden kykyyn sitoa juurinystyröidensä avulla tyyppiä. Kun palkokasvien juuret ja juurinystyrät saadaan sekoittumaan kumppanikasvin juurien kanssa, on mahdollista, että kumppanikasvi hyötyisi tästä. Seosviljelyä pidetään myös sadon tuottoa tasapainotavana tekijänä, jota haluttiin myös tässä selvittää. Kolmas kiinnostus liittyy palkokasviseoksen käyttöön esikasvina. Yhtenä pitkäaikaisena tavoitteena olikin selvittää, kummassa, seoksessa vai esikasvina, palkokasvi tuo viljelyjärjestelmään enemmän hyötyä.

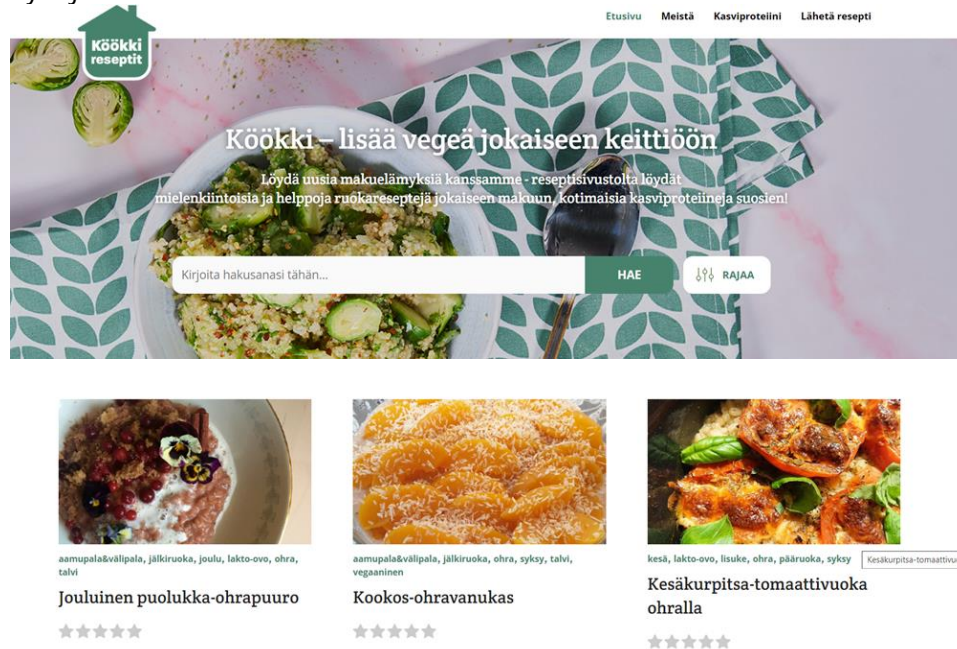
#### **2.1.4 Ruokapalveluiden tietotarpeiden kartoittamisen (TP4)**

Ruokapalveluille suunnattu kysely kotimaisiin kasviproteiineihin liittyen Brahea-keskus toteutti webropol-pohjaisen kyselyn 25.11.2021 – 31.1.2022 ja siihen vastasi 40 ruokapalveluyksikköä, jotka valmistavat päivittäin yhteensä reilut 92 000 ateriaa. Vastaajista noin 50% edusti julkista sektoria. Kyselyn tulokset on toimitettu rahoittajalle aiemman maksuhakemuksen yhteydessä ja niitä on esitelty hankkeen ohjausryhmän kokouksessa. Lisäksi tuloksista on kirjoitettu kooste Kehittyvä elintarvike lehteen (Vähämiko 4/2022, Ruokapalvelut kaipaavat uusia kotimaisia kasviproteiinituotteita <https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/uutisia/ruokapalvelut-kaipaavat-uusia-kotimaisia-kasviproteiinituotteita/>). Kyselyn tulokset on koottu myös LUKEn tietokorttiin "Kasvisvoittoisen ruokavalion edistäminen tarvitsee sekä tuotteita että työkaluja" <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/554115>

Vuoropuhelun edistäminen ruokapalveluiden ja viljelijöiden välillä Vege-joulu-teemainen verkostoitumistilaisuus järjestettiin hankeyhteistyössä Turun yliopiston Flavoria-tutkimusravintolan Aistikattilassa 1.11.2022. Tilaisuudessa alkutuotannon edustajilla, alan jalostavilla yrityksillä ja ruokapalvelujen henkilökunnalla sekä ammatillisten oppilaitosten opettajilla oli mahdollisuus tutustua paikallisiin kasviproteiinituotteisiin ja käydä keskustelua teeman parista. Tilaisuutta varten perinteisestä joulureseptiikasta muokattiin kotimaisiin kasviproteiineihin perustuvia muunnelmia ja osallistujilla oli mahdollisuus maistella näitä vege-jouluruokia. Tilaisuudesta tiedotettiin sekä ennen että jälkeen tilaisuutta mm VS lähiruoka-sivuston ja uutiskirjeen kautta sekä Turun Sanomien ja Yle Turun uutispätkän avulla. Osallistujia oli hankehenkilökunta pois lukien 35 henkilöä, joista pääosa edusti ammattikeittäjiä sekä viljelijöitä. <https://www.utu.fi/fi/ajankohtaista/uutinen/joulun-herkulliset-vegaanireseptit-esilla-aistikattilassa>

Kotimaiseen kasviproteiiniin perustuvan reseptiikan löydettävyyden helpottaminen Kotimaisiin kasviproteiineihin perustuvan reseptiikan löydettävyyden helpottamiseksi hankkeessa tuotettiin <https://kookkireseptit.fi/-reseptisivusto>. Sivusto luotiin Turun yliopiston Brahea-keskuksessa ennen yksikön lakkauttamista. Sivuston kehitystyötä jatkettiin Pyhäjärvi-instituutissa syksyllä 2023 teettämällä puuttuvia ammattilaistason kuvia 16 kuvattomalle reseptille. Kuvat toteutti tarjouskilpailun voittanut Liemi & Linssi. Lisäksi raportointikaudella muokattiin olemassa olevia reseptejä tarpeen mukaan ja panostettiin viestintään. Reseptisivustoa tehtiin tutuksi nostamalla sesonginmukaisia reseptejä sekä vs-lähiruokan että Pyhäjärvi-instituutin omissa sosiaalisen median kanavissa.

Sivustolta on mahdollista hakea olemassa olevaa reseptiikkaa esim raaka-aineen tai ruokavalion mukaan. Sivusto toimii avoimesti eli sitä voi käyttää kuka tahansa ja sinne voi myös lähettää omia kasviproteiineihin perustuvia reseptejään. Sivustoa ylläpitää ja kehittää jatkossa Pyhäjärvi-instituutti. Alla kuvia sivustosta.



Etusivu Meistä Kasviproteiini Lähetä resepti

**Köökki reseptit**

**Köökki – lisää vegeä jokaiseen keittiöön**

Löydä uusia makuelämyksiä kanssamme - reseptisivustolta löydät mielenkiintoisia ja helppoja ruokareseptejä jokaiseen makuun. Kotimaisia kasviproteiineja suosien!

Kirjoita hakusanasasi tähän... **HAE** **RAJAA**

**Jouluinen puolukka-ohrapuuro**  
aamupala&välipala, jälkiruoka, joulu, lakto-ovo, ohra, tahvi  
★★★★★

**Kookos-ohranukas**  
aamupala&välipala, jälkiruoka, ohra, syksy, tahvi, vegaaninen  
★★★★★

**Kesäkurpitsa-tomaattivuoka ohralla**  
kesä, lakto-ovo, lisuke, ohra, pääruoka, syksy  
Kesäkurpitsa-tomaattivuoka  
★★★★★

Luonnonvarakeskuksessa oli tavoitteena selvittää saatavissa olevien sinilupiinilajikkeiden aistittavuutta mallielintarvikkeessa. Kotimaisia sinilupiinilajikkeita olisi ollut saatavissa mahdollisesti kahdesta – kolmesta lajikkeesta ja sen lisäksi suunnitelmissa oli verrata makua Suomeen tuotavaan valkolupiiniin. Suunnitelmissa oli tehdä kartoitus loppukesällä 2023, mutta siitä jouduttiin kuitenkin luopumaan, koska siinä vaiheessa resursseja oli jäljellä liian vähän. Tarkoituksena on liittää suunnitelma tuleviin hankesuunnitelmiin.

### 2.1.5. Aikaisempien tutkimustulosten hyödyntäminen (TP5)

Astiakoe tehtiin vuonna 2003, jossa tutkittiin kuuden yksivuotisen ja viiden kaksi-monivuotisen kasvin ravinteiden ottoa ja tulokset on julkaistu (Hakala et al. 2009). Kokeessa juurifraktiot pestiin, kuivattiin ja punnittiin. Tässä hankkeessa tuloksia haluttiin tarkastella uudella näkökulmalla. Erytisesti halusimme tuottaa tietoa siitä, minkälaisiksi astiakokeista saadut juuri- ja maanpäälliset biomassat muodostuvat, kun massat lasketaan hehtaaria kohti. Sen lisäksi laskettiin peltoon jäävien hiilisyötteiden määrät. Skaalattujen astiakoetulosten hyödyntämisessä voi toki olla rajoitteita, mutta tarkoituksena oli peilata tuloksia myös tässä hankkeessa (TP1) tehtyihin juuritutkimuksiin sekä aiemmin vuonna 2018 tehdyn kenttäkokeen tuloksiin (TP5). Juuritutkimus on resursseja vievää ja sen takia vanhempaakin aineistoa on perustelua tarkastella uudella tavalla.

Toinen aikaisempi ja vielä julkaisemista odottava aihekokonaisuus liittyi vuonna 2018 aloitettuun esikasvi – jälkikasvien koesarjaan, jossa esikasvina oli viljelty kuutta viljelykasvia, ja esikasvivuoden jälkeen selvitettiin kauran sadonmuodostusta. Koe liittyi ScenoProt (Novel protein sources for food security, rahoitus STN) ja PeltoLuksus (Pelloilta arvotuotteita ja luksusta, rahoitus SITRA) -hankkeiden julkaisemattomiin tukoksiin. Esikasvivuonna viljeltiin viljan tavoin käytettävää kvinoa ja tattaria sekä verranteena kauraa. Vähemmän viljellyistä öljykasveista viljeltiin puolestaan öljyhamppua ja sekä öljypellavaa sekä näiden verranteena kevättrypsiä.

Kaikkia kasveja viljeltiin neljässä typen portaassa (0, 30, 60, ja 90 kg N/ha). Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa eri kasvien typen vaatimuksista, biomassojen muodostuksesta ja niiden hiilisyötteen määrästä sekä siitä, miten esikasvit ja niiden typenportaat vaikuttavat seuraavana vuonna viljelyn kauran satoon. Hiilen sidonnan kannalta tietoa esikasvien merkityksestä seuraaville on oleellinen kestävä viljelyn menetelmä, jolla voidaan parhaimmillaan vähentää väkilannoitetyypen tarvetta tai vaihtoehtoisesti tuottaa käytössä olevia panoksia kohtia enemmän satoa. Nyt esitettäviä materiaalia ei ole aiemmin koottu excel-taulukkoon eikä niistä ole laskettu tuloksia eikä julkaistu.

## **2.2. Aikataulu ja resurssit (sis. toteutuksen organisaatio ja yhteistyökumppanit)**

**TP1:** Viljelijäverkoston koonti ajoittui hankkeen alkuun. Viljelijäkysely toteutettiin hankkeen toisena vuonna. Webinaarit järjestettiin kahtena vuonna yhteistyössä ProAgrian ja Luken kanssa. Tietokorttiaineisto työstettiin hankkeen viimeisenä vuonna. Toimenpiteet toteutettiin hankkeen omien resurssien avulla (1-3 hlö/ProAgria).

Luonnonvarakeskuksessa maan orgaanisen aineksen ja mikrobiaktiivisuuteen liittyvät toimet aloitettiin syksyllä 2021 ja näytteet haettiin pois viljelijöiden pelloilta keväällä 2022. Yhteistyö viljelijöiden kanssa toimi hyvin. Näytteiden puhdistukset ja kemialliset analyysit aloitettiin 2022 ja ne jatkuivat vuoteen 2023. Maanäytteet lähetettiin NIR maa-analyyseihin syksyllä 2022. Juuriston biomassojen selvittämiskeinoja kartoitettiin 2021. Kasvukaudella 2022 tutkimuskasveja kylvettiin erilaisiin alustoihin, näytteet otettiin heinä-syyskuussa 2022 ja niiden käsittelyt jatkuivat loppuvuoteen 2022. Vuonna 2023 tarkasteltiin myös kuminaa ja näytteiden käsittely tehtiin loppuvuonna 2023. Palkokasvien juurinystyröintihavaintoja, joihin kannustettiin myös viljelijöitä lähettämään kuvia, tehtiin 2021 ja 2022. Visuaaliset havaintokuvat otettiin vuosien 2022 ja 2022 kasvustoista. Härkäpavun juurinystyröintitarkastelut aloitettiin vuonna 2023 ja jatkettiin toisessa hankkeessa. Luke järjesti Jokioisten erikoiskasvipäivät jokaisena kolmena vuotena (2021, 2022, 2023), jossa hanke oli päävastuullisena järjestäjänä. Lukesta toimenpiteet työllistivät tutkijoiden lisäksi laajan joukon Luken INFRA:ssa työskenteleviä, mm. botaanisen ja kemian laboratorion väkeä.

**TP2:** Maanmittauslaitos vastasi kaukokartoitustutkimuksesta, sisältäen kaukokartoitusaineistojen keräämisen sekä mallien koulutuksen käyttäen opetusaineistoja. Sentinel-2 aineistot kerättiin käyttäen Maanmittauslaitoksen EODIE-ohjelmistoa, joka laskee peltolohkokannan lohkoille kaukokartoituspiirteet automaattisesti. Maanmittauslaitos vastasi droneaineistojen keruusta ja prosessoinnista kaukokartoitusohjelmistoilla. Luonnonvarakeskus tuotti verso, juuri, juuri:verso ja siemensato referenssiaineistot dronedatoille, ProAgria antoi opetusaineistoja lohkopankista ja satokartta-aineistot saatiin viljelijöiltä. Droneaineistot kerättiin vuonna 2022 ja analyysit tehtiin vuonna 2023 kaikkien referenssien valmistuttua.

**TP3** Luke analysoi sinilupiinin lajikekokeesta korjattujen siemensatojen typpipitoisuudet vuosina 2021 ja 2022, sen jälkeen, kun kenttäkokeet ja sadot oli saatu tehdyksi Hukka (Herneen, härkäpavun ja makealupiinin tuotanto ja uudet korjuumenetelmät) – hankkeen demonstraatiokokeissa vuosina 2019, 2020 ja 2021. Kvinoan eriväristen kasviyksilöiden typpipitoisuudet analysoitiin vuonna 2023. Varsinaiset näytteet oli kerätty Luken aiemmissa hankkeissa vuodesta 2007 lähtien. Typpipitoisuuksien avulla laskettiin siementen valkuaispitoisuudet. Hirssin lajikekoe tehtiin kasvukaudella 2023. Erittäin kuivan kesäkuun

ansioista taimettuminen tapahtui vasta heinäkuussa ja se pitkitti sadon tuleentumista. Myöhään tuleentuneen kasvustosta pystyttiin ottamaan vain kasvustonäytteitä.

Tattarin ja elintarvikkeeksi viljeltävien palkokasvien seoskokeet Luke teki vuosina 2021, 2022 ja 2023. Vuonna 2021 kasvukausi oli äärimmäisen kylmä ja sateinen ja kokeet pystyttiin perustamaan vasta kesäkuun toisella viikolla. Vuonna 2023 alkukasvukausi oli puolestaan erittäin kuiva ja se myöhästytti taimettumista ja aikaansai epätasaista kasvustoa. Vuonna 2021 koe kulki nimellä 'viisi palkokasvia' ja vuosina 2022 ja 2023 'kuusi palkokasvia', jossa oli aiempien vuosien herneen, härkäpavun, sinilupiinin, soijan, linssin lisäksi myös kikherne. Vuoden 2023 kokeen satoja ei ehditty lajittelemaan ennen hankkeen päättymistä.

Luken härkäpavun seosviljelykoesarjaan kuuluu kaksi koetta, joista ensimmäinen aloitettiin vuonna 2020 ja toinen vuonna 2022. Vuoden 2020 seosviljelyn jälkeen viljeltiin kolmena seuraavana vuotena kauraa. Vuoden 2022 seosviljelyvuoden jälkeen vuonna 2023 loholla kasvoi niin ikään kauraa jälkivaikutuksen selvittämiseksi. Koesarjat olivat mittavia ja niiden toteuttamiseen saatiin rahoitusta useammasta hankkeesta alla olevan taulukon 2.3 mukaisesti. Kokeet aloitettiin keväisin varmistamalla kylvösiementen saanti ja tekemällä tarvittavat esivalmistelut. Kylvötyöt aloitettiin toukokuun puolenvälin ja toukokuun lopun välillä riippuen kasvukaudesta. Seoskokeiden tekeminen edellyttää tavallisuudesta poikkeavia kylvöjärjestelyitä ja ovat siten tutkimuksellisesti puhdaskasvustoja työläämpiä. Työtä on tuplasti enemmän myös havaintojen tekemisessä, näytteiden ottamisessa ja analysoinnissa puhdaskasvustoihin verrattuna. Korjuutyöt on tehty yleensä syys-lokakuussa, jonka jälkeen on ryhdytty käsittelemään näytteitä ja puhdistamaan satoja. Kemialliset maa- ja kasvianalyysit on saatu tehdyksi yleensä noin vuosi kokeen kylvöstä. Toimenpiteet työllistivät laajan joukon Luken Jokioisten INFRA ja Luva-yksikköjen väkeä.

**Taulukko 2.3** Härkäpavun vuosina 2020 ja 2022 alkaneiden seosviljelykokeiden ja niiden jälkeen kylvettyjen kaurakokeiden rahoittajahankkeet sulkeissa. Diveraction – Diversifying production systems for resilience, rahoitus Luke. Bio-Osake – Bioraaka-aineen osaamisen keskus, Euroopan aluekehitysrahaston REACT-EU-rahoituksen myönsi Uudenmaan liitto.

	2020	2021	2022	2023
Koe1	Seosviljely (Diveraction)	Kaura (Diveraction)	Kaura (Bio-Osake/ FutureCrops2)	Kaura (Bio-osake/ FutureCrops2)
Koe2			Seosviljely (FutureCrops2)	Kaura (Bio-osake/ FutureCrops2)

**TP4:** Brahea/Pyhäjärvi-instituutti toteutti ammattikeittiökyselyn vuoden vaihteessa 2021-2022. Ennen kyselyä, kysymysten asetteluun osallistuivat myös ProAgria ja Luonnonvarakeskus. Sen tuloksia käsiteltiin ja julkaistiin keväällä 2022. Joulutapahtuma eli verkostoitumistilaisuus viljelijöille ja ammattikeittiöille toteutettiin syksyllä 2022 ja Köökkireseptit-sivusto lanseerattiin alkuvuonna 2023. Köökkireseptit-sivuston muokkaus sekä tietokorttiaineisto tehtiin syksyllä 2023, jälkimmäisessä oli mukana myös Luonnonvarakeskus. Hankkeessa työskenteli Brahea-keskuksessa 1-3 henkilöä osa-aikaisesti 31.7.2023 asti, samoin Pyhäjärvi-instituutissa 1.8.-31.10.2023.

**TP5:** Luke hyödynsi aikaisempaa, vuonna 2003 tehdyn astiakokeen tutkimusaineistoihin, joiden uudelleen tarkasteluun päästiin loppuvuonna 2022. Toinen aiemmin tehty koesarja, liittyi vuonna 2018 tehtyyn erikoiskasvien typenporraskokeeseen kentällä. Se toteutettiin aikoinaan ScenoProt (Novel protein sources for food security, rahoittajana STN) ja PeltoLuksum (Arvotuotteita pellolta, rahoittajan SITRA) -hankkeiden avulla. Tulosten keruu excel taulukoksi ja alustavien analyysien tekemiseen päästiin vuonna 2023. Työpaketin työhön osallistui 2-3 henkilöä Lukessa.

### 2.3. Kustannukset ja rahoitus

Hankkeen hyväksytyt kokonaiskustannukset sekä rahoituksen jakaantuminen MMM:n ja toteuttajien kesken.

	Luke	%	MML	%	ProAgria	%	UTU Brahe	%	PJI	%	Yhteensä	%
Kokonaiskustannukset,	297265,6		104276,8		34229,6		64370,3		13452,8		513595,2	
Oma budjetti	293179,7		94283,8		33360,0		90000,0		23660,0		534483,4	
josta												
MMM rahoitus	204000,0	68,6	63000,0	60,4	30000,0	87,6	45059,2	70,0	10117,9	75,2	352177,1	68,6
Oma rahoitus	93265,6	31,4	41276,8	39,6	4229,6	12,4	19311,1	30,0	3334,9	24,8	161418,0	31,4
Tulos ± oma budjetti	-4085,9	100,0	-9993,1	100,0	-869,6	100,0	25629,7	100,0	10207,2	100,0		100,0
							josta MMM rahaa		josta MMM rahaa			
							17 940,80		7822,86			

Turun yliopiston Brahea keskukselta jäänyt 17 941 € siirtyi kokonaisuudessaan Pyhäjärvi-instituutille ('oma budjetti' 23 660, josta 17 941 € MMM rahoitusta).

### 2.4. Raportointi, julkaisut ja seuranta

Raportoinnit rahoittajalle tehtiin vuosittain loka-marraskuussa. Vuoden 2021 ja 2022 osalta Luonnonvarakeskus kokosi jokaiselta partnerilta tulokset samaan raporttiin ja vuonna 2023 jokainen partneri raportoi erikseen omat tuloksensa rahoittajalle. Yhteinen loppuraportti valmistui tammikuussa 2024. Valmistuneet julkaisut ovat:

Keskitalo, M., Peltonen, S., Linden S., Anttila S. (eds.) 2021. Uudistuva kasvintuotanto. Tieto Tuottamaan 147. ProAgria Keskusten Liiton julkaisu nro 1169. ISSN-L 1798-5307, ISSN 1798-5307 (Painettu), ISBN 978-951-808-289-0 ISSN 1798-5315 (Verkkajulkaisu), ISBN 978-951-808-290-6. 104 p.

Hankeväen kirjoitukset oppaassa:

- Peltonen, S., Keskitalo, M. Viljelyn vastuullisuus, s5
- Peltonen, S., Keskitalo, M Kulutuksen muutos, s7
- Peltonen, S., Keskitalo, M Viljelystrategia ja riskien hallinta, s8
- Peltonen, S., Keskitalo, M Teknologian kehitys, s9
- Jalli, H., Keskitalo, M., Kuoppala, K. Palkokasveista uusia vaihtoehtoja s11
- Keskitalo, M. Uudet ruokaproteiinikasvit, s24
- Keskitalo, M., Hakala, K. Esikasvien ja viljelykierron merkitys, s44
- Peltonen, S. Kemikaaliton viljely, s55
- Yli-Hemminki, P. Sekaviljelyn vaikutukset maan alla, s69
- Yli-Hemminki, P. Kasvien kasvua edistävät sienijuuret ja bakteerit, s70
- Himanen, S., Keskitalo, M. Sekaviljelyllä enemmän satoa pinta-alaa kohden, s71

Keskitalo, M. 2024. Uusien valkuaiskasvien typpisato, hiilisyöte ja esikasvivaikutus kauralle yksin ja härkäpavun seoksessa viljeltynä (abstrakti). Maataloustieteen päivät, Viikki 10.1.2024. [https://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/SuullistenOhjelma\\_181123.pdf](https://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/SuullistenOhjelma_181123.pdf)

Keskitalo, M., Yli-Hemminki, P., Peltonen, S. 2023. Tietokortti: Ruokaproteiinikasvit Viljelykierrossa. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20231108143569>

Keskitalo, M., Nysand, M., Pihlanto, A., Valtiala, J. & Yli-Hemminki, P. 2022. Sekaviljely – lisää kestävyyttä vai uusia harmejä? Käytännön Maamies 17.11.2022 (10/2022). s 40-43.

Keskitalo, M., Känkänen, H., Palojärvi, A., Pennanen, T., Schulman, A., Tanhuanpää, P., Viitala, S. 2022. Biologiset prosessit kasvin typensaannin turvaajana. Julkaisussa: Vainio, E. (toim.). 2022. Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 34-45.

Louhivaara, M., Keskitalo M. 2023. Tietokortti: Kasvisvoittoisen ruokavalion edistäminen tarvitsee sekä tuotteita että työkaluja. Tietokortti. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20231114146526>

Palosuo, T., Palojärvi, A., Keskitalo, M. 2023. Poliittikasuositus: Monimuotoinen viljely vahvistaa maatalouden muutoskestävyyttä ja huoltovarmuutta. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-640-5>

Pitkänen, J., Näsi, R., Honkavaara, E., Keskitalo, M. 2024. Tietokortti. Kuminan, härkäpavun ja öljyhampun sadon ja hiilensidonnan estimointi droonikuvauksella. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202401183220>

Vähämiko, S. 2022. Ruokapalvelut kaipaavat uusia kotimaisia kasviproteiinituotteita. Kehittyvä elintarvike. <https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/teemajutut/valmistus-ja-lisaaineet-tuotekehitys/ruokapalvelut-kaipaavat-uusia-kotimaisia-kasviproteiinituotteita/>

## 2.5. Toteutusvaiheen arviointi

Yhteistyö hankekumppaneiden välillä sujui hyvin, keskustelu oli vilkasta ja innostavaa. Lisäksi sovittiin yhteisistä haasteellista.

Luken toteutusta häiritsi se, että hankeaika oli erittäin lyhyt. Asia oli tiedossa alusta lähtien mutta siitä huolimatta kaikkien toimien loppuun saattaminen tässä ajassa Asiantuntijaorganisaatiot ovat sitoutuneet lukuisten hankkeiden edistämiseen ja kaikkien tavoitteeksi asetettujen toimien eteenpäinvieminen lyhytkestoisessa projektissa on vaikeaa. Mikäli aikaa olisi enemmän, on eri töiden ja tavoitteiden lomittaminen muiden hankkeiden kanssa helpompaa, kun suunnitteluun ja toteutukseen olisi enemmän aikaa. Yllättävät kasvukauden sääolot kuormittavat kenttäväkeä, kun eri hankkeiden toimet tulisi saada tehdyksi yleensä hyvin lyhyessä aikaikkunassa. Kastelut, uudelleenkylvöt ja tuhoeläimiltä (mm riista) suojaamiset teettävät ylimääräistä työtä, joiden resurssien tarvetta on ennakkoon vaikea arvioida. Syksyllä, sadonkorjuun jälkeiset toimet ottavat aikansa eikä kaikkia analyysejä ole aina toivotussa ajassa mahdollista tehdä. Peltokokeiden satoanalyysien saattaminen valmiiksi voi kestää seuraavan vuoden kasvukautteen laboratorion ruuhkautumisen takia. Hankkeessa Luke hyödynsikin useissa työpaketeissa jo tehtyjen kenttäkokeiden valmiiksi otettuja näytteitä (TP3,



proteiinikasvien valkuaismääritykset) tai hankkeella saatettiin laajentaa jo alkanutta koesarjaa, jolloin resursseilla saatiin laajempia kokonaisuuksia (TP3, härkäpavun seosviljelykokeet). Loppuajan resurssien vähäisyyden takia työpaketissa 4 suunniteltu sinilupiinin aistinvarainen tarkastelu jouduttiin perumaan.

Maanmittauslaitos TP2. Kaukokartoitustutkimuksen tyypillinen haaste on saada riittävän kattavat opetusaineistot koneoppimismallien koulutukseen. Usein opetusaineistoja kerätään hankkeen aikana ja ne valmistuvat vasta hankkeen loppuvaiheessa, mikä oli tilanne myös tässä hankkeessa. Hyvät opetusaineistot kuitenkin kerättiin kesällä 2022 jolloin aineistojen analyysit voitiin keskittää vuoteen 2023. Hankkeen suunnitteluvaiheessa ajateltiin käytettäväksi Luken aikaisemmissa maatilakokeissa keräämiä referenssiaineistoja, mutta niiden käyttö ei onnistunut johtuen sopimuskysymyksistä. Aineistoja onnistuttiin kuitenkin saamaan ProAgrian sekä viljelijäryhmien kautta ja hankkeen tutkimus pystyttiin toteuttamaan näiden avulla suunnitelmien mukaisesti. On kuitenkin huomattava, että opetusaineistoja tarvittaisiin huomattavasti enemmän ja niiden tulisi kattaa useita vuosia ja erilaisia maantieteellisiä alueita, jotta tulokset olisivat edustavia ja laajasti yleistettävissä. Erityisesti todettiin, että viljelijän korjuukoneen tuottamat paikkatietoaineistot olivat kattavia ja tarkkoja, ja näiden hyödyntämistä olisi tärkeä kehittää tulevaisuuden tutkimus- ja kehityshankkeissa.

Brahea-keskus/Pyhäjärvi-instituutti TP4. Hankkeessa tehtyyn ammattikeittiökyselyyn saatiin vastauksia 40 yksiköstä, mikä oli hyvä tulos. Tulokset olivat saman suuntaisia kuin muissa hankkeissa tehdyissä ammattikeittiöiden tuotetoivehaastatteluissa. Tässä kyselyssä saatiin syvällistä tietoa erityisesti ravitsemuksellisista laatuosista, joita noudattamalla tuottaja voisi saada tuotteensa ravintoloihin ja julkisiin ruokapalveluihin. Lisäksi ammattikeittiöillä oli toiveita reseptikasta, jota luotiin ja julkaistiin Köökkireseptit-sivustolla <https://kookkireseptit.fi/>. Sivusto elää ja muokkautuu nyt Pyhäjärvi-instituutin ylläpitämänä. Ammattikeittiöiden ja tuottajien välistä vuoropuhelua tuettiin järjestämällä Vegejoulu-tilaisuus joulun alla 2022. Tilaisuus sai paljon huomiota paikallismediassa ja sen sisältö sai runsaasti hyvää palautetta mukana olleilta toimijoilta, joista suurin osa oli ammattikeittiöiden edustajia ja kasviproteiinituottajia. Tilaisuuksille toivottiin jatkoa, jota jo oltiin ideoimassa, kun tieto Turun yliopiston Brahea-keskuksen lakkauttamisesta tuli. Hanketta alusta lähtien Brahea-keskuksessa toteuttanut projektipäällikkö siirtyi myöhemmin keväällä toiseen organisaatioon töihin. Tällöin osatoteuttajan puikkoihin astui osa-aikaisesti toinen projektipäällikkö, joka saattoi hankkeen mukanaan uuteen toteuttajaorganisaatioon, Pyhäjärvi-instituuttiin. Hyvän hankeyhteistyön vuoksi hanketta saatiin toteutettua kutakuinkin hankesuunnitelman mukaisesti, vaikka organisaation vaihdos oli haastava. Hankkeen lopussa muokattiin Köökkireseptit-sivustoa, koottiin tietokortti ammattikeittiökyselyn tuloksista ja panostettiin viestintään.

### **3. Tulokset ja niiden arviointi**

#### **3.1. Tulosten esittely**

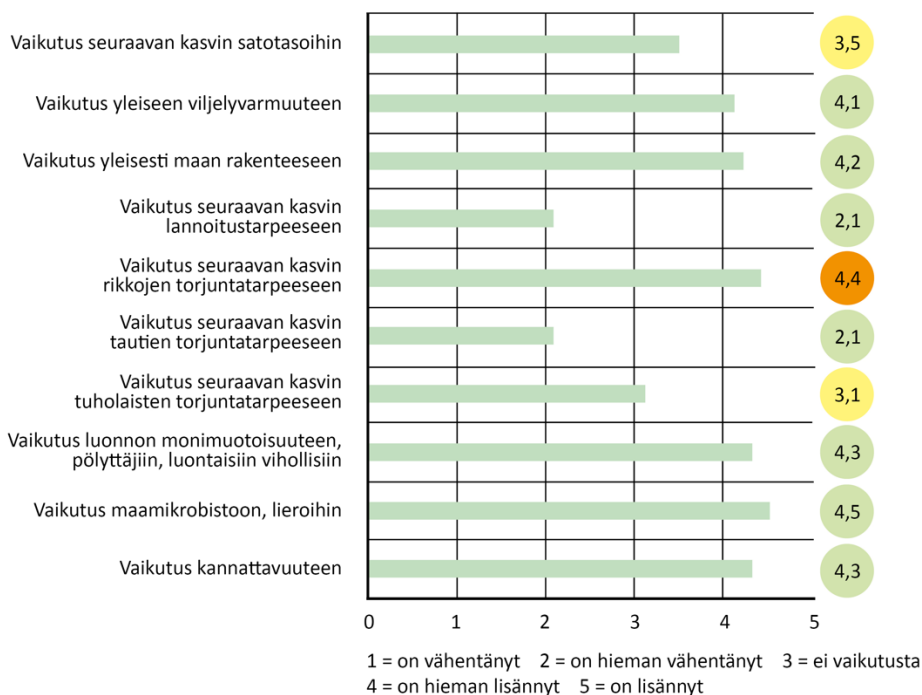
##### **3.1.1 Monihyötyisten viljelykiertoverkostojen luominen (TP1)**

Viljelijäverkosto kutsuttiin kesäkuussa 2021 ja hankkeen lopussa verkostossa oli mukana 70 viljelijää. Verkostolle järjestettiin oma webinaari 26.4.2022, ja yleisenä kutsuna myös webinaarit 15.2.2022 ja 30.3.2023. Lisäksi verkostoa on hyödynnetty orgaanisen aineksen ja mikrobiaktiivisuuden havaintokokeessa sekä viljelykiertojen syvähaastattelussa. Muina

viljelijätapahtumina järjestettiin erikoiskasvien tutkimuspäivät Jokioisilla 24.8.2021, 18.8.2022 ja 22.8.2023.

Erikoiskasvien viljelijäverkostosta valittiin otantana 10 viljelijää, joita haastateltiin erikoiskasvien viljelykokemuksista. Haastattelut toteutettiin puhelin/Teams-haastatteluina 27.6.-6.7.2022 välisenä aikana ja haastattelun toteutti Sari Peltonen ProAgriasta. Haastatteluissa kartoitettiin erityisesti viljelijöiden omakohtaisia kokemuksia sellaisista viljelykiertoista, joissa oli mukana ruoaksi viljeltävä erikoiskasvi. Erikoisruokakasvit haastattelussa olivat herne, öljyhamppu, härkäpapu, lupiini, tattari, kvinoa ja kumina. Viljelykokemusta em. kasveista viljelijöillä oli vähintään viisi vuotta ja pisimmillään jopa kymmeniä vuosia. Viljelyalueina olivat Varsinais-Suomi, Uusimaa, Satakunta, Keski-Suomi, EteläPohjanmaa, Keski-Pohjanmaa ja Pohjois-Pohjanmaa. Haastatteluissa selvitettiin millaisia vaikutuksia, hyötyjä tai haittoja, viljelijät olivat havainneet, kun olivat monipuolistaneet viljelykiertoja ruokaerikoiskasveilla, millainen oli ollut toimiva viljelykierto erikoiskasveilla, aikooko jatkaa, lisätä tai vähentää näiden erikoiskasvien viljelyä jatkossa ja aikooko ottaa jotain muita, uusia erikoiskasveja viljelyyn lähivuosina.

Vastausten mukaan ruokaerikoiskasveilla ei ole tyypillistä tai vakiomuotoista viljelykiertoa, sillä esimerkiksi lohkoista vain 20-30 % voi olla sopivia erikoiskasville ja toisaalta pellon rikkatilanne vaikuttaa erikoiskasvien paikkaan kierrossa. Tyypillistä oli kuitenkin, että vilja ja/tai nurmi olivat erikoiskasvien välissä katkaisemassa kiertoa. Vastaajien arviot ruokaerikoiskasvien viljelykierron hyödyistä ja haitoista on esitetty kuvassa 3.1.



**Kuva 3.1** Viljelijät arvioivat ruokaerikoiskasvien viljelykiertohyödyistä suurimmaksi vaikutuksen maamikrobistoon ja lieroihin, luonnon monimuotoisuuteen ja pölyttäjiin sekä vaikutuksen parempaan viljelyn kannattavuuteen. Myös tautien torjuntatarpeen nähtiin vähentyneen. Haitoista merkittävin oli lisääntynyt rikkakasvien torjuntatarve. Vaikutusta seuraavan kasvien satotasoihin ei nähty kovin selkeänä.

Kaikki haastatellut viljelijät aikovat jatkaa ruokaerikoiskasvien viljelyä ja viljelyalat pysyvät lähes samoina. Peltoala rajoittaa jonkin verran kasvivalikoimaa ja viljelykierron takia ala voi pienentyä, esimerkiksi kun nurmea lisätään kiertoon. Viljelijät odottivat parempia lajikkeita, erityisesti pohjosiin oloihin. Viljelijät tiedostivat, että erikoiskasvien viljely on epävarmempaa, ja siten tuet tulisi olla korkeampia ja hintaero viljaan isompi. Yksittäisistä kasveista todettiin, että härkäpapu voi jäädä pois viljelystä. Kiinnostusta on myös uusien kasvien kokeiluun, jos vain niitä saadaan, mutta aika rajoittaa usein kokeiluja.

Työpaketissa koostettiin edellä mainittuihin syvähaastatteluihin pohjautuen ja aikaisemmin tehdyn suuren verkkokyselyn aineistoilla täydentäen ”Ruokaproteiinikasvit viljelykierrossa” - tietokortti, jossa esitellään seitsemän vakiintunutta ja kuusi uutta, tulossa olevaa ruokaproteiinikasvia ja niiden viljelykierrollisia vaikutuksia <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/554010>

Syvähaastattelujen vastaukset olivat linjassa verkkokyselyssä esiin tulleiden viljelykiertovaikutusten kanssa. Suurimmaksi haasteeksi nousi rikkakasvien torjunta, jota vähensi vain nurmien rooli viljelykierrossa. Viljelijöiden kokemusten perusteella muun muassa syyskylvöiset viljat ja öljykasvit, kumina ja palkokasvit vaikuttavat myönteisesti peltomaan rakenteeseen. Erityisesti öljy- ja palkokasvien on havaittu vaikuttavan positiivisesti niitä seuraavien kasvien sadon määrään ja laatuun sekä vähentävän kasvitautien torjuntatarvetta. Erikoiskasvien vaikutuksista mainittakoon camelina, joka vähentää tuholaisten torjuntatarvetta, kvinoa, joka parantaa maan mururakennetta sekä hamppu, josta jää paljon korjuutähteitä maahan.

Kasvin vaikutus	nurmet	ruis	vehnä	ohra	kaura	kumina	rypsi	rapsi	camelina	herne	härkäpapu	tattari	kvinoa	hamppu	pellava
<b>vaikutus maahan</b>			syys				syys	syys							
erosio			syys				syys	syys							
mururakenne			syys												
tiivistyminen			syys												
kuolettuminen															
korjuutähteitä	juuri		syys			juuri		juuri							
<b>vaikutus seuraavaan kasviin</b>															
N-lannoitus															
taimettuminen															
sadon määrä															
sadon laatu															
rikkujen torjuntatarve															
tautien torjuntatarve															
tuholaisten torjuntatarve															

■ vaikuttaa vahvasti positiivisesti, vähentää selvästi torjuntatarvetta    
■ vaikuttaa positiivisesti, vähentää torjuntatarvetta    
■ lisää torjuntatarvetta

**Kuva 3.1** Kasvien vaikutuksia maahan ja kierron seuraavaan kasviin – perustuen satojen viljelijöiden havaintoihin

Peltoon kaivettujen muhituspussikokeiden tarkoituksena oli selvittää, miten pellon viljelyhistoria (monipuolinen, yksipuolinen) vaikuttaa oljen hajottamiseen. Lisäksi haluttiin kehittää menetelmää, jolla viljelijä voisi itse tehdä havaintoja pellon hajoitustoiminnasta.

*Keskeiset tulokset: Maahan kaivetuista kauran olkea sisältävistä muhituspusseista hävisi kuivapainosta laskettuna noin 10 % yksipuolisen viljelykierron pelloista ja noin 11 % monipuolisen viljelykierron pellosta. Oljen sisältämästä tyypestä hävisi keskimäärin noin 33 % lähtötilanteeseen verrattuna, siten että monipuolisen viljelyn kierrossa hävisi noin 4 prosenttiyksikköä enemmän kuin yksipuolisessa kierrossa. Hiiltä oli oljesta lähtenyt noin 6 % alkutilanteeseen verrattuna, siten että vähennys oli noin prosenttiyksikön veran suurempi yksipuolisessa viljelyssä.*

Kymmenen tilan ja kahden rinnakkaisen muhituspussin tulosten keskiarvot on esitetty taulukossa 3.1. Erot 15 ja 30 cm syvyydessä olevien pussien välillä eivät ole täysin selkeitä. Olkien tyyppipitoisuudessa on havaittavissa se, että lähempänä maanpintaa 15 cm syvyydessä upotetuissa oljissa olisi vähemmän tyypeä jäljellä puolen vuoden muhitusajan jälkeen, kuin syvemmillä oljissa. Hiilen kokonaismäärä näyttäisi puolestaan olevan hieman pienempi syvemmillä oljen pussin oljissa.

**Taulukko 3.1** Olkipussien kemiallinen koostumus puolen vuoden muhitusjakson jälkeen. Pussit sijoitettiin 15 ja 30 cm syvyyteen, molempiin laitettiin kaksi rinnakkaista pussia, joihin oli punnittu 20 g kuivaa ja pätkittyä kauran olkea. Taulukossa on esitetty keskiarvot kymmenen tilan ja kahden rinnakkaisen pussin tulokset. Monipuolinen kierto = oljet olleet monipuolisen viljelykierron peltomaassa noin puoli vuotta, yksipuolinen kierto = oljet olleet yksipuolisen viljelykierron peltomaassa noin puoli vuotta.

	Monipuolinen kierto		Yksipuolinen kierto	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
Olki g (kp)	15,82	16,03	16,26	15,93
N%	0,86	0,90	0,87	1,01
C%	42,87	40,99	41,51	41,63
N g/pussi	0,14	0,14	0,14	0,15
C g/pussi	6,77	6,54	6,70	6,60

Tarkastelua jatkettiin ja eri syvyyksissä olleiden muhituspussien tulokset yhdistettiin niin, että laskettiin keskiarvot monipuoliselle ja yksipuoliselle kierrolle (Taulukko 3.2).

**Taulukko 3.2** Muhituspussien tulokset, kun kauran oljet oli pidetty talven yli eli noin puoli vuotta monipuolisen ja yksipuolisen viljelykierron peltomaassa. Tuloksissa yhdistetty eri syvyyksiin laitettujen pussien tulokset kymmeneltä tilalta. Kontrolli = 20 g kuivaa kauran pätkittyä olkea ennen maahan kaivuuta, Monipuolinen kierto = oljet olleet monipuolisen viljelykierron peltomaassa noin puoli vuotta, yksipuolinen kierto = oljet olleet yksipuolisen viljelykierron peltomaassa noin puoli vuotta.

	Kontrolli	A, Monipuolinen kierto	B, Yksipuolinen kierto
Olkien kuivapaino g	17,90	15,93	16,10
Olkien N %	1,34	0,88	0,93
Olkien C %	44,22	41,93	41,57
N g/pussi	0,24	0,14	0,15
C g/pussi	7,92	6,66	6,65

Yhteenvedossa nähdään, että kontrolliin nähden monipuolisen viljelykierron oljista oli hävinnyt noin 2 g ja yksipuolisen kierron olkipussista hieman vähemmän Olkien tyyppipitoisuus oli laskenut niin, että keväällä tyyppiä oli jäljellä noin 65 % - 69 % (monipuolinen – yksipuolinen viljelykierto) käsittelemättömään olkeen verrattuna. Hiilipitoisuus oli vähentynyt suhteellisesti vähemmän, ollen noin 94,8 – 94 % (monipuolinen – yksipuolinen viljelykierto) lähtötilanteen kontrollista. Olkipussia kohden typen määräst (g/pussi) oli keväällä jäljellä 57,9 % - 60,8 % (monipuolinen – yksipuolinen viljelykierto) ja hiilen määräst noin 84 % verrattuna alkutilanteeseen, kontrolliin.

Tulosten tarkastelu jatkuu, kun viljelijöiltä saadaan lohkotunnukset. Selvitämme, miten todellisia ovat viljelijöiden itsensä määrittelemät 'monipuoliset' ja 'yksipuoliset kierrot' ja miten eri viljelijöiden peltojen käyttö suhteutuu toisiinsa. Kaupasta ostetut muoviset kestohedelmäpussit soveltuvat hyvin tähän tarkoitukseen. Jatkossa pusseja voisi laittaa kaksi päällekkäin, jolla vähennettäisiin maahiukkasten kulkeutumista pussin sisälle ja kiinnittymästä olkiin.

Juurimassan määrittäminen osana hiilisyötepotentiaalin arviointia Tarkoitus oli selvittää, miten koekasvien juurimassoja ja niiden hiilien määrä voisi arvioida, siten että menetelmä sopisi myös viljelijöiden apukeinoksi.

*Keskeiset tulokset Runsastuottoisten satokasvien juurien määrää voi arvioida 40 litran näytteenoton avulla, joko niin että kasveja kasvatetaan astioissa, juurikankaalla vuoratuissa maakuopissa tai kasvit kaivetaan suoraan maasta. Kasveissa kiinni olevan juuren määrää voi hyödyntää juurimassan arvioinnissa, mutta niiden paino vähenee kasvuston ikääntyessä. Juuri:verso -suhde kuvaa karkeasti maanpäällisen massan avulla juurten osuutta. Suhde kuitenkin vaihtelee mm. kasvuston kunnon mukaan. Toisilla, heikkokuntoisuus näytti kasvattavan juurten osuutta, toisilla juurten osuus oli hyväkuntoisissa kasvustoissa parempi.*

Juurien, varsien ja siementen massat laskettiin ensin kiloina hehtaaria kohti, josta hiilisyötteen määrä arvioitiin kertomalla biomassa kasvin sisältämällä hiilen osuudella (Taulukko 3.3). Saadut juurimassojen määriin vaikutti erityisesti kasvuston kunto. Silmämääräisesti heikoksi arvioidusta kohdasta saatiin juurta kuminan kohdalla vain puolet, härkäpavun kohdalla noin kolmannes ja öljyhampun kohdalla vain noin neljännes sitä, mitä hyväkasvuisessa kasvustossa juurta esiintyi. Varsien kohdalla erot olivat pienempiä, paitsi öljyhampulla hyvin rehevässä kasvustossa oli kymmenkertainen määrä vartta heikkoon kasvustoon verrattuna. Juuri/versosuhteissa oli myös eroja heikon ja hyvä kasvuston välillä. Keskimäärin suhde oli suurempi eli juurta oli versoon nähden enemmän silloin, kun maanpäällinen kasvusto näytti heikolta.

**Taulukko 3.3** Kuminan, härkäpavun ja öljyhampun juurien, varsien ja siementen sisältämä hiili sekä arvioitu maahan päätyvä hiilisyöte (kg C/ha).

Kasvi	Juuret kg C/ha	Varret kg C/ha	Siemenet kg C/ha	Yhteensä hiilisyöte (juuri C + varsi C kg) C/ha
Kumina	1071	1333	189	2404
Härkäpapu	370	1265	330	1634
Öljyhamppu	470	3066	944	3537

Juurimassan arviointi on aina työlästä. Hankkeessa testatuista menetelmistä viljelijälle soveltuvia ovat ne, jossa kasvit kasvavat pellossa. Kuopan vuoraaminen juurikankaalla varmistaa sen, etteivät juuret pääse tunkeutumaan syvemmälle. Haittapuolena voi olla maan kuivuminen, kun kuoppa kaivetaan keväällä kankaan asettamiseksi. Kylvön jälkeen kuoppaa kannattaakin kastella, jotta maa ja kosteus asettuvat. Kaivettu maa kannattaa lisätä kuoppaan samassa järjestyksessä (pohjamaa ensin, päälimaa viimeksi), jotta olosuhteet kasville olisivat mahdollisimman samat kuin käsittelemättömässä maassa. Juurien kaivuu suoraan peltomaasta halutussa ajankohdassa (kukkiminen, ennen korjuuta) ovat yksinkertaisia ja soveltuvat yksivuotisille kasveille, joilla pääosa juuristosta on muokkauskerroksessa. Näytteiden ottovaiheessa tulee pyrkiä saamaan yksittäisten kasvien juuret mahdollisimman kokonaisina, jolloin kasvissa kiinni oleva puhdistettu juuriosa kuvasi kasvussa olevan öljyhampun ja härkämpavun kohdalla noin 70 – 90 % koko juuribiomassasta. Kasvien tuleentumisen edetessä katkenneiden ja maahan jäävien juurien osuus kasvaa ja voi olla silloin 50 % koko juuribiomassasta.

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli löytää yhteys maan päällä olevan kasvuston ja juurien välille. Tätä varten juurinäytteiden yhteydessä otettiin myös näytteet maanpäällisestä kasvustosta, joista siemenet erotettiin pois. Juuri/varsu -suhteissa on odotetusti jonkin verran vaihtelua. Heikon ja hyvän kasvuston välillä oli vaihtelua. Öljyhampulla heikkokuntoisessa kasvustossa on suhteellisesti enemmän juurta kuin varsiosaa, jolloin suhde on suurempi. Härkämpavun ja kuminan kohdalla puolestaan heikkokuntoisessa kasvustossa oli juurta suhteessa versoon vähemmän, jolloin suhde oli pienempi. Juuri/verso – suhteiden keskiarvoiksi kuitenkin saatiin 0,25 – 0,31, mikä on todennäköisesti hyvä estimaatti myös viljelijän pellolla käytettäväksi (Taulukko 3.4).

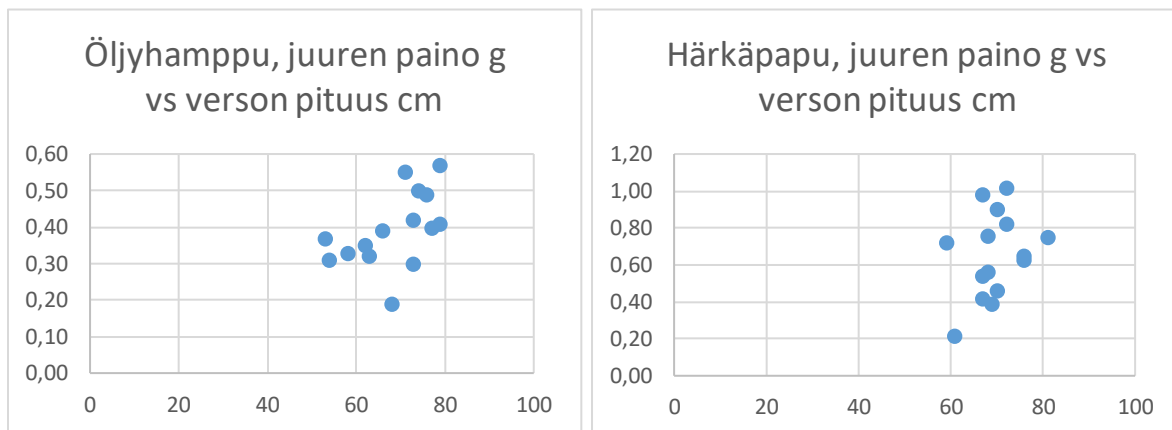
**Taulukko 3.4** Öljyhampun, härkämpavun ja kuminan juuri/verso -suhteet eri tavoin otetuissa kasvustonäytteissä.

	Kasvuston kunto	Näyte	Toistoja	Juuri/varsu
Öljyhamppu	heikko	astia, 40 l	3	0,25
	heikko	juurikangaskuoppa (40 l)	4	0,40
	heikko	kaivettu maasta (40 l)	3	0,36
	hyvä	kaivettu maasta (40 l)	3	0,13
	erityisen hyvä	kaivettu maasta (40 l)	3	0,12
	Keskiarvo			0,25
Härkämpäpu	heikko	astia, 40 l	4	0,12
	heikko	juurikangaskuoppa (40 l)	4	0,36
	heikko	kaivettu maasta (40 l)	3	0,47
	hyvä	kaivettu maasta (40 l)	3	0,30
		Keskiarvo		0,31
Kumina	heikko	kaivettu maasta (40 l)	3	0,18
	hyvä	kaivettu maasta (40 l)	3	0,32
		Keskiarvo		0,25

Myös yksittäisten kasvien maanpäällisen osan ja juurien suhdetta tarkasteltiin eri kasvustoista. Kuvissa 3.1 esimerkkinä öljyhampun ja härkämpavun verson pituuden (cm) ja juurimassan (g) yhteys kasveista, joita oli kasvatettu 40 litran astioissa tuleentumiseen saakka. Todennäköisesti

havainnoilla on riippuvuus, vaikka tilastollista tarkastelua ei aineistosta ole vielä tehty. Aineistossa öljyhampun keskipituus oli 68 cm ja juuren kruunuosan paino 0,38 g. Peltoviljelyssä öljyhampun tavoiteteheydessä (250 kpl/m<sup>2</sup>) juuribiomassan osuudeksi saadaan 975 kg/ha, jonka mukana hiiltä (kokonaishiili) jäisi maahan noin 440 kg C/ha. Härkäpavun keskipituus oli aineistossa 69 cm ja yksittäisen kasvin juurimassa 0,65 g. Tavoiteteheydessä (80 kpl/m<sup>2</sup>) juuribiomassaa olisi 520 kg/ha, jossa hiilen (kokonaishiili) osuus on 235 kg. Koska kasvit nostettiin tuleentumisvaiheessa, on kasvukauden aikana tapahtunut hiilivuotoa, jota ei ole laskuissa huomioitu.

Laskelman tarkoitus oli esittää näytteenotosta saatavan tiedon konkreettista merkitystä. Menetelmä kaipaa kuitenkin jatkotyötä. Estimaattien parantamiseksi tarvittaisiin suurempi määrä eri kasvustoista ja maalajeista otettavia näytteitä, jotta kasvien pääjuuren/juuren kruunun ja kasvuston pituuden välistä yhteyttä voisi tarkentaa. Viljelijälle olisi hyvä apu, jos kasvuston pituutta mittaamalla voisi arvioida pääjuuren biomassan suuruutta. Koko pellon biomassan arvioimiseksi tarvitaan kuitenkin muita menetelmiä, kuten dronikuvien hyödyntämistä, joista kerrotaan työpaketissa TP2.



**Kuvat 3.1a ja b.** Yksittäisten öljyhamppu- (a) ja härkäpapukasvien (b) kuivan juurifraktion massan (g) ja kasvien pituuden (cm) välinen yhteys. Kasveja kasvatettiin 40 litran astioissa tuleentumiseen saakka.

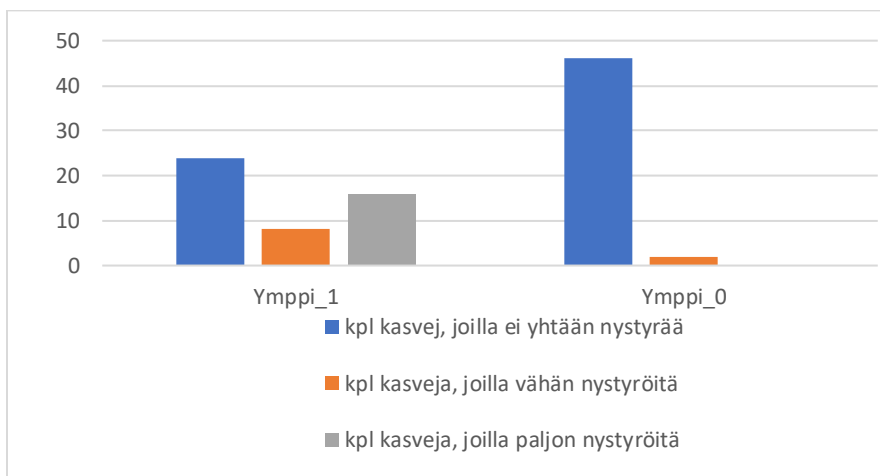
Palkokasvien juurinyströiden havainnointi Tavoitteena oli selvittää, voidaanko juurinyströiden lukumäärän ja kasvin kasvun tai sadon muodostuksen välille löytää yhteyttä. Kiinnostii myös tietää, voidaanko ylipäätään nystyröitä silmämääräisesti havainnoimalla löytää kasvin kasvuun liittyvää yhteyttä.

*Keskeiset tulokset: Palkokasvien kuten lupiinin ja härkäpavun juurista on mahdollista havainnoida kohtia, joissa nystyröitä esiintyy. Härkäpavulla esimerkiksi kylvösiemenen ylä- tai alapuolella olevassa juurenosassa tai pelkästään sivujuurissa löydettiin nystyröitä. Lupiinilajikkeilla havaittiin enemmän nystyrällisiä kasveja niissä koeruuduissa, joiden kylvösiemen oli ympähty ennen kylvöä. Nystyröillä havaittiin yhteys kasveihin, joilla oli enemmän palkoja kasvia kohti kuin niillä kasveilla, joilla nystyröitä ei esiinny.*

Neljän sinilupiinilajikkeen keskiarvosta nähdään, että ympäähämällä oli vaikutusta nystyröiden esiintymiseen. Yhteensä 48 kasvia tarkastettiin (a 12 kpl kasveja/lajike). Ympä\_1:n kohdalla puolet tarkastetuista kasveista oli sellaisia, että niiden juuressa oli vähän tai paljon

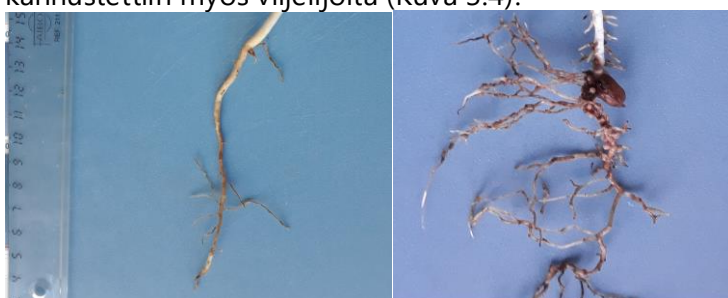
juurinystyröitä ja sama määrä oli sellaisia kasveja, joiden juurissa ei havaittu lainkaan nystyröitä. Ympäämättömissä kasveissa lähes kaikki eli 46 kpl tarkastetusta 48 kasvista oli sellaisia, ettei niiden juurissa havaittu lainkaan nystyröitä (Kuva 3.2)

Tarkastelua jatkettiin siten, että laskettiin palkojen määrä kpl/kasvi niissä yksilöissä, joissa oli vähän tai paljon nystyröitä ja verrattiin täysin nystyrättömiin yksilöihin, riippumatta siitä, oliko siemeniä ympätty tai ei. Nystyrällisissä kasveissa palkoja oli 4,3 kpl/kasvi ja ei nystyröitä omaavissa kasveissa määrä oli 1,9 palkoa/kasvi. Nystyrällisten kasvien palkomäärä oli siten yli kaksinkertainen ei-nystyröitä omaaviin verrattuna. Siementen määrää eli selvitetty, mutta on todennäköistä, että palkojen määrä indikoi myös suurempaa siemensadon määrää nystyröitä juurissaan kantavissa kasviyksilöissä.



**Kuva 3.2** Juurinystyröitä omaavien kasvien yleisyys, kun lupiinilajikkeita oli ympätty ennen kylvää kaupallisella turve-bakteeriseoksella. Yhteensä eri tavoin ympättyjä kasveja tarkasteltiin 96, joista puolet (48 kpl) oli ympättyjä lajikkeita ja toinen puoli ei-ympättyjä lajikkeita (48 kpl).

Härkäpavun juurinystyröiden tarkastelu aloitettiin kesällä 2023. Tavoitteena oli selvittää, löydetäänkö yhteys nystyröiden runsauden ja kasvin kasvuun ja satoon liittyvien tekijöiden välille. Härkäpavun juurinystyrät ovat ulkomuodoltaan vaaleita palluroita, jotka erosivat sinilupiineista (Kuva 3.3). Havaittiin, että osa kasvien juurista on sellaisia, joissa nystyröitä sijaitsee kylvetyn siemenen yläpuolella, osassa alapuolella, tai joissakin tapauksissa vain pienemmissä juurissa. Monissa kasveissa nystyröitä esiintyi kaikissa mainituissa osissa. Hankkeen resurssien vähäisyyden takia tarkastelua jatkettiin Luke-rahoitteisessa FinFaba (Faba bean for sustainable crop production, food and feed) -hankkeessa, josta tarkemmat tulokset raportoidaan aikanaan. Tulokset näyttäisivät kuitenkin tukevan lupiineilla tehtyjä havaintoja siitä, että nystyröitä juurissaan omaavien härkäpapyksilöiden sadon muodostus on parempi kuin vähemmän nystyröitä juurissaan omaavissa kasviyksilöissä. Juurinystyröiden tarkasteluun kannustettiin myös viljelijöitä (Kuva 3.4).



**Kuva 3.3a ja b.** Lupiinin (a) ja härkäpavun (b) juuria ja juurinystyröitä runsaan kuukauden päästä kylvöstä. Myös muiden palkokasvien (herne, soija, linssi, kikherne) juuria kuvattiin.



### Toimintaa viljelijäverkostolle

#### 1) Juurinyströiden tarkkailu:

-Tavoitteena on, että viljelijät tarkkailevat palkokasvien nystyröiden muodostumista (onko/ei) ja lähettävät kuvia.

#### 2) Monipuolinen viljelykierto ja oljen hajotus:

-Monipuolisesti viljeltyihin peltoihin sijoitettiin olkipusseja. Oljen hajotusta seurataan max 1 vuosi (kevät 2022 ja syksy 2022). Vertailu yksipuolisen kiertoon.  
- Yhteensä 10 viljelijää mukana.  
- Palkkiona maanäytteiden NIR –analyysi <https://www.eurofins.fi/media/2856504/maa-n-nir-analyysi-ravinnepitoisuudet-12102020.pdf>



**Tuloksista/havainnoista: Lisätietoa juurinyströiden esiintymiseen. Löytyykö aina vai onko vajavaista? Alustavien tarkastelujen pohjalta näin voisi olla.**



**Tuloksista: tarkastellaan, miten orgaaninen aines on hajonnut, nähdäänkö trendiä vai hajontaa?**

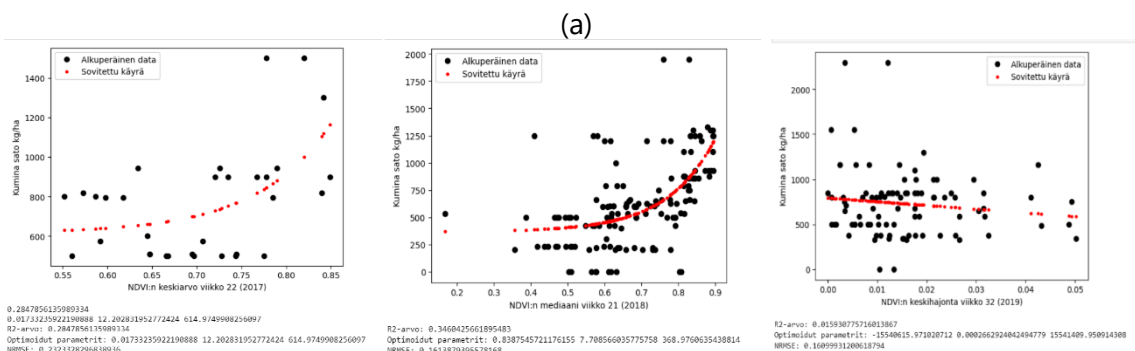
**Kuva 3.4** Viljelijöille esiteltiin hankkeessa kehitettyjä menetelmiä havainnoida palkokasvien juurinyströitä sekä oljen hajotustoiminnan kautta mikrobiaktiivisuutta

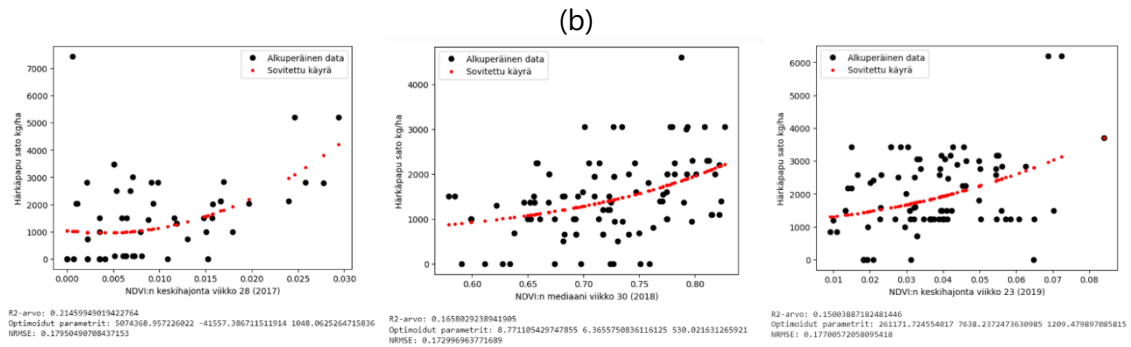
### 3.1.2 Hiilisyötepotentiaalin laskeminen valikoiduille uusiille viljelykasveille (TP2)

#### Sentinel satelliittiaikasarjojen keruu ja peltolohkokohtaisten statistikkojen laskeminen

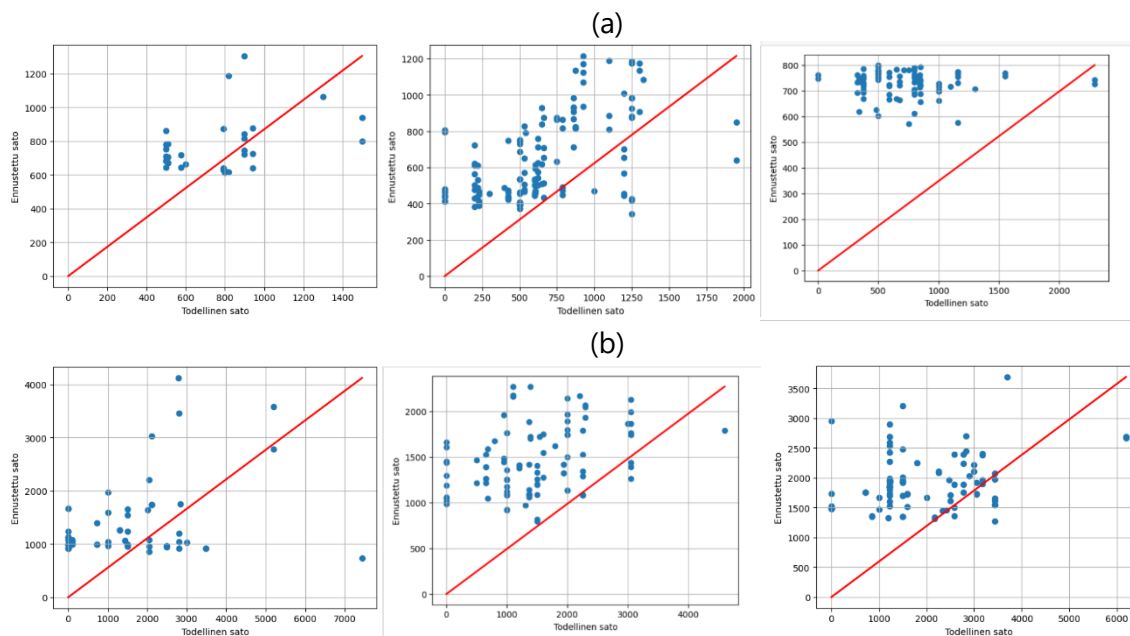
**Tulokset:** Härkäpavun ja kuminan lohkokohtaisia satoja mallinnettiin eksponentti ja paraabeli funktioilla (Kuva 3.5). Näitä malleja käytettiin RF-mallin sijaan, koska niiden todettiin sopivan RF-mallia paremmin aineistoon, joka sisälsi huomattavasti kohinaa, jota RF ylisovitti. Paras mallinnustulos saavutettiin kuminalle vuonna 2018, jolloin selitysaste oli 0,322 (Taulukko 3.7), muilla malleilla selitysasteet olivat alle 0,2. Vastaavasti ennustettujen ja todellisten satojen välinen hajonta oli suuri (Kuva 3.6). Huolimatta mallinnuksen epävarmuudesta, satoennusteiden keskivirheet pysyivät varsin alhaisina, välillä 0,16-0,26 (Taulukko 3.7).

Mahdollisia syitä suuriin hajontoihin ovat toisaalta Sentinel-2 aineistojen epätarkkuudet ja toisaalta satotietojen hajonta, mihin todennäköisesti vaikuttaa mm. satotietojen jakautuminen maantieteellisesti laajalle alueelle. Molempia pystytään tulevaisuudessa tarkentaa parantamalla mm. piirteiden irroitusta, mallinnusmenetelmiä ja kasvattamalla satoreferenssiaineiston laajuutta.





**Kuva 3.5** Sadon mallinnus (a) kumina ja (b) härkäpapu. Vasemmalta 2017, 2018 ja 2018.

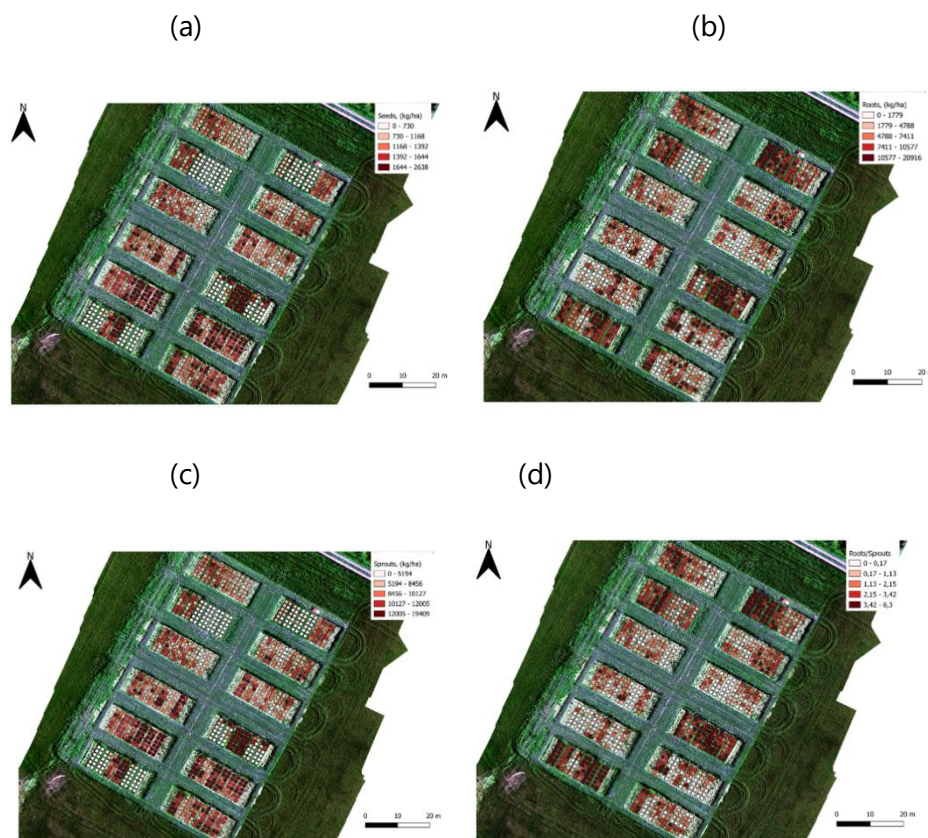


**Kuva 3.6** Ennustetun ja todellisen sadon hajontakaaviot (a) kumina ja (b) härkäpapu. Vasemmalta 2017, 2018 ja 2019.

**Taulukko 3.7.** Kooste kuminan ja härkäpavun sadon mallinnustuloksista vuosina 2017-2019. R2: selitysaste; NRMSE: normalisoitu keskivirhe; Mallin tyyppi: Eksp. (eksponenttifunktio), Paraab. (Paraabeli); Piirre: ka (keskiarvo), med (mediaani), sd (keskihajonta), v (viikko).

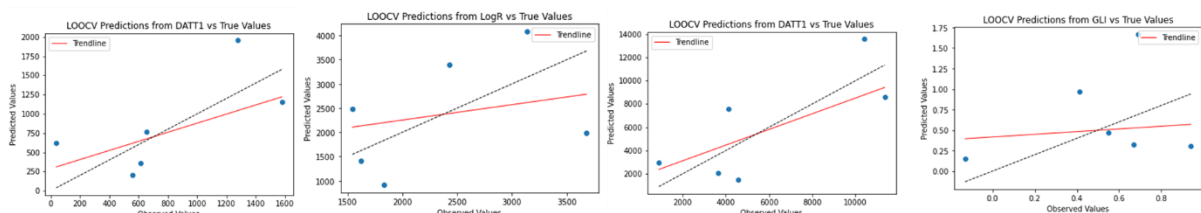
Laji	Vuosi	Sato ka. (kg/ha)	Satoennuste ka. (kg / ha)	R2	NRMSE	Mallin tyyppi Piirre	Peltojen lukumäärä
Kumina	2017	766,4	768,7	0,116	0,258	Eksp. NDVI ka v22	32
	2018	633,4	633,6	0,322	0,165	Eksp. NDVI med v21	144
	2019	729,23	728,9	-0,024	0,164	Eksp. NDVI sd v32	92
Härkäpapu	2017	1344,2	1336,6	0,138	0,188	Paraab. NDVI sd v28	64
	2018	1462,2	1463,0	0,117	0,178	Eksp. NDVI med v30	99
	2019	1914,0	1911,7	0,067	0,185	Paraab. NDVI sd v23	92

Dronepohjaisen biomassan estimoinnin kehittäminen erikoiskasvilajeille *Tulokset*: Kuvissa 3.7a – d esitetään muodostettujen lineaaristen regressiomallien ennustekartat kuminan eri attribuuteille ja Kuvissa 3.8a – d esitetään ristiin validoinnin tulokset. Kuminan attribuuttien mallinnuksessa käytettiin kolmea eri kasvillisuusindeksiä (Taulukko 3.6). Kuminan estimointimalleissa suurimpana haasteena oli kukinta kuvausajankohtana. Kun vertaillaan kuvia 2.24c ja 3.7c huomataan, että kuminan kukat aiheuttavat virhettä versojen painon ennustusmalliin. Toisaalta versojen painon ennustusmallin NRMSE- ja  $R^2$ -arvot olivat parhaat verrattuna muihin attribuutteihin (Taulukko 3.6). Tämä johtuu oletettavasti siitä, että kaukokartoituksen menetelmin versoja pystytään havainnoimaan suoraan toisin kuin siemeniä tai juuria.



**Kuva 3.7.** Koneoppimismallilla kuminan koelaeuella estimoidut a) siemensato, b) juuri/versobiomassa, c) versobiomassa; d) juuri/verso -suhde

(a) (b) (c) (d)

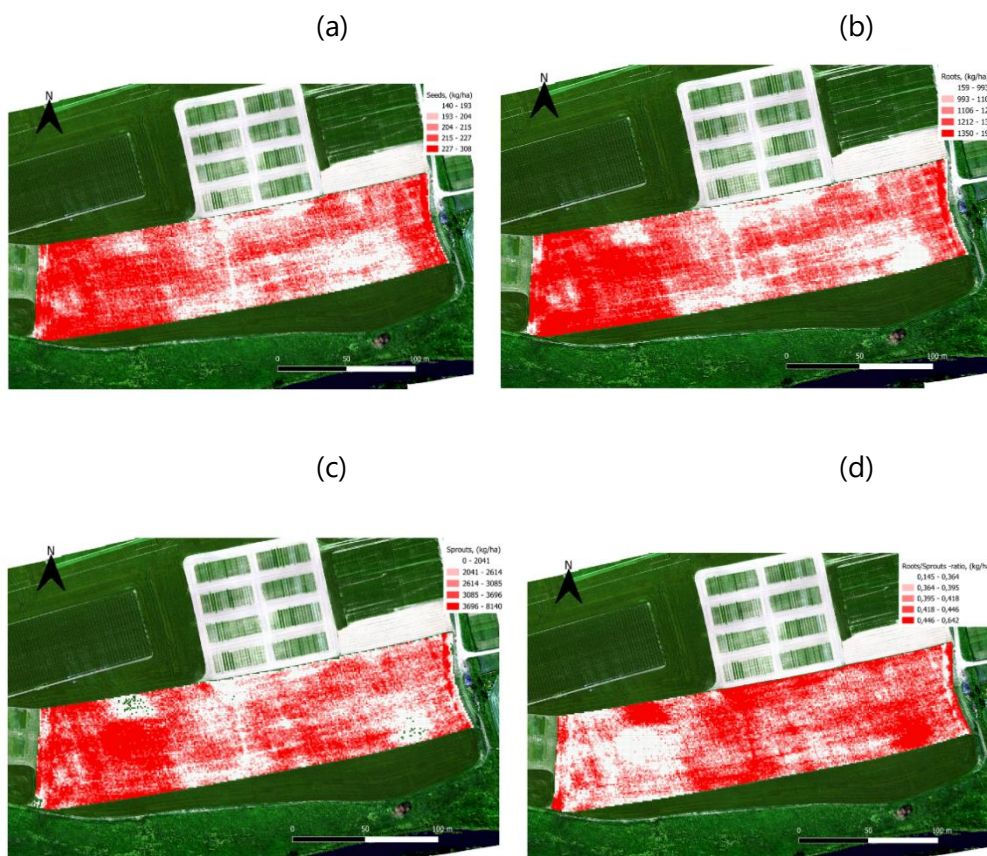


**Kuva 3.8.** Kuvaaja Jätä-yksi-pois-ristiinvalidoinnin estimointivirhekuvaajat a) siemenille, b) juurille, c) versoille ja d) juuri/verso -suhteelle.

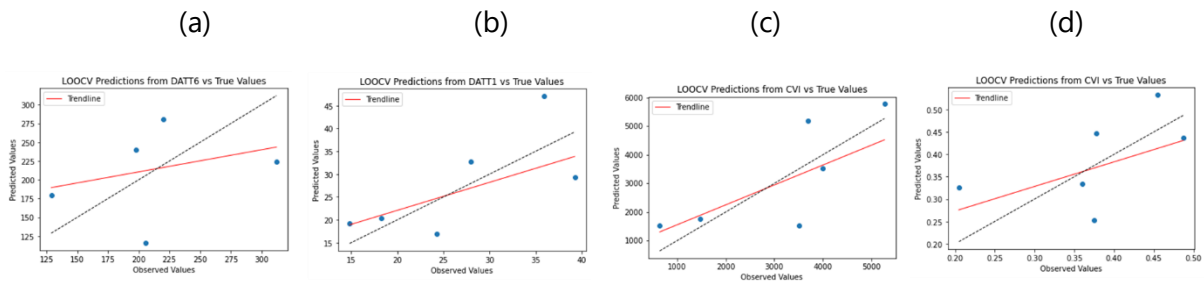
**Taulukko 3.6.** Kuminan attribuuttien ennustamisessa käytetyt kasvillisuusindeksit ja mallien tilastot

Estimoitava suure	Kasvillisuusindeksi (VI)	NRMSE (%)	R2
Siemenet	DATT1	25.31	0.4191
Juuret	$\text{LogR} = \log(\text{NIR} / \text{Red})$	32.75	0.0982
Versot	$\text{DATT1} = (\text{NIR} - \text{RE}) / (\text{NIR} - \text{Red})$	22.85	0.5907
Juuri/Verso - suhde	$\text{GLI} = (2 * \text{Green} - \text{Red} - \text{Blue}) / (2 * \text{Green} + \text{Red} + \text{Blue})$	36.67	~0

Kuvissa 3.9a – d esitetään muodostettujen lineaaristen regressiomallien antamat ennustekartat härkäpavun eri attribuuteille ja Kuvissa 3.10a – d esitetään regressiomallien ristiin validoinnin tulokset. Härkäpavun attribuuttien mallinnuksessa käytettiin kolmea eri kasvillisuusindeksiä (Taulukko 3.7). Härkäpavun estimointimalleista parhaat suorituskykyjen arvot saavuttivat versojen ja juurten estimointimallit. Juurten estimointimallin suhteellisen hyvän suorituskyky johtuu todennäköisesti versojen ja juurten painojen mahdollisesta lineaarisesta suhteesta.



**Kuva 3.9.** Koneoppimismallilla härkäpavun koelaeelle estimoidut a) siemensato, b) juuribiomassa, c) versobiomassa; d) juuri/verso -suhde.

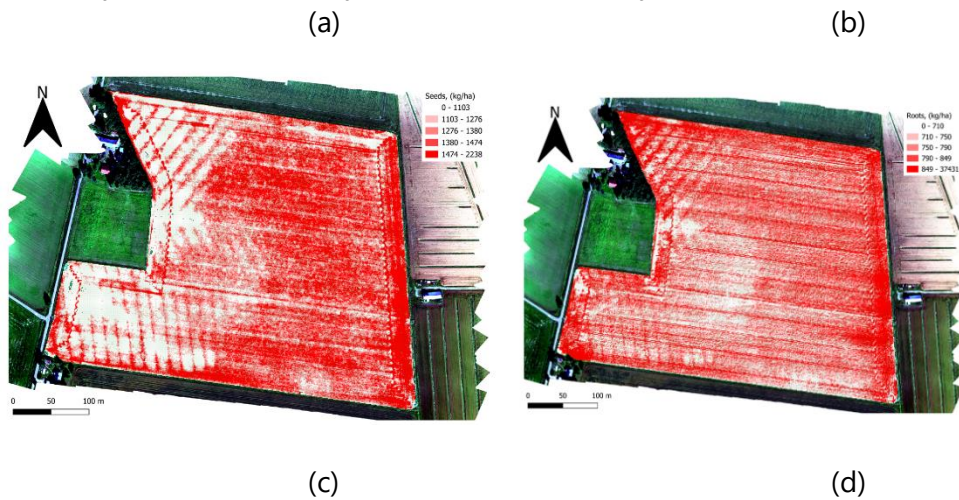


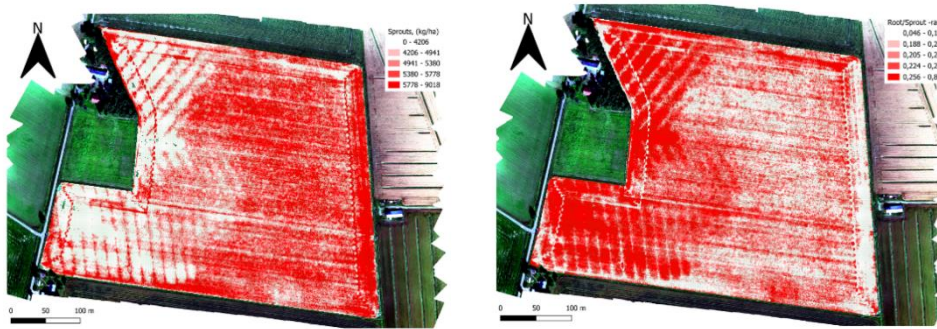
**Kuva 3.10.** Härkäpavun Jätä-yksi-pois-ristiinvalidoinnin sirontakuvaajat (a) siemenille, (b) juurille, (c) versoille ja (d) juuri/verso -suhteelle

**Taulukko 3.7.** Härkäpavun attribuuttien ennustamisessa käytetyt kasvillisuusindeksit ja mallien tilastiat

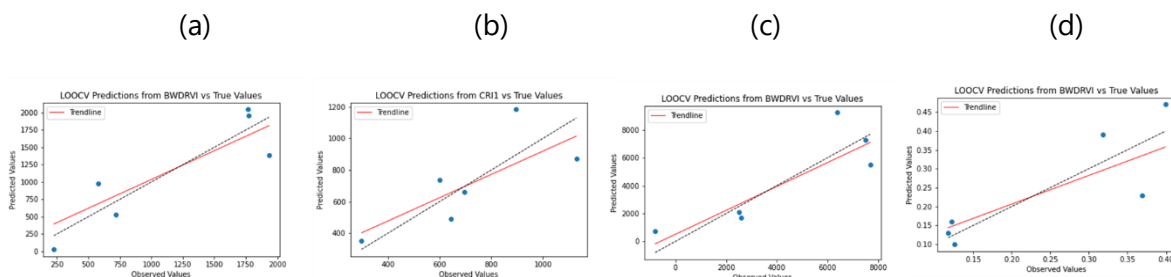
Estimoitava suure	Kasvillisuusindeksi (VI)	NRMSE (%)	R2
Siemenet	DATT6 = NIR / (Green – Red)	41.91	~0
Juuret	DATT1	24.35	0.5013
Versot	CVI = NIR * (Red / Green <sup>2</sup> )	26.47	0.587
Juuri/Verso -suhde	CVI	30.45	0.1599

Kuvissa 3.11a – d esitetään muodostettujen lineaaristen regressiomallien ennustekartat öljyhampun eri attribuuteille ja Kuvissa 3.12a – d esitetään regressiomallien ristiin validoinnin tulokset. Öljyhampun attribuuttien mallinnuksessa käytettiin kahta eri kasvillisuusindeksiä (Taulukko 3.8). BWDRVI-kasvillisuusindeksi korreloi selkeästi paremmin kuin muut lasketut indekset annettujen vertailuaineistojen kanssa, pois lukien juurten vertailuaineistot.





**Kuva 3.11.** Koneoppimismallilla öljyhampun testialueelle estimoidut a) siemensato, b) juuribiomassa, c) versobiomassa; d) juuri/verso -suhde



**Kuva 3.12.** Öljyhampun Jätä-yksi-pois-ristiinvalidoinnin sirontakuvaajat (a) siemenille, (b) juurille, (c) versoille ja (d) juuri/verso -suhteelle

**Taulukko 3.8.** Öljyhampun attribuuttien ennustamisessa käytetyt kasvillisuusindeksit ja mallien tilastot

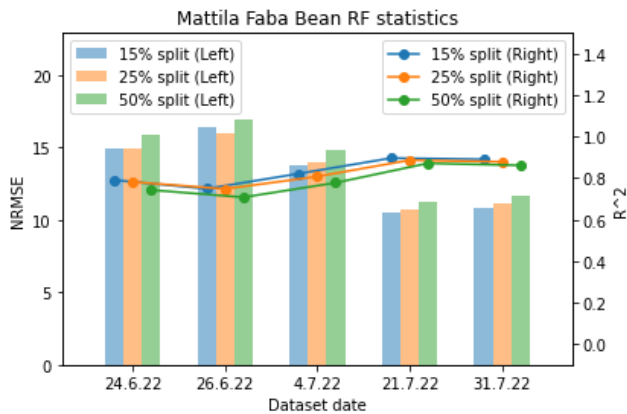
Estimoitava suure	Kasvillisuusindeksi (VI)	NRMSE (%)	R <sup>2</sup>
Siemenet	$BWDRVI = (0.1 * NIR - BLUE) / (0.1 * NIR + BLUE)$	16.21	0.798
Juuret	$CRI1 = Blue^{(-1)} - Red^{(-1)}$	21.68	0.546
Versot	BWDRVI	19.40	0.723
Juuri/Verso -suhde	BWDRVI	19.64	0.721

Kolmesta eri kasvista öljyhampun lineaariset regressiomallit tuottivat selkeästi parhaat tulokset. Kasvillisuusindeksi BWDRVI korreloi öljyhampulle annettujen vertailuaineistojen kanssa selkeästi paremmin kuin muut tutkimuksessa käytetyt kasvillisuusindeksit. Muiden kasvien vertailuaineistojen ja laskettujen kasvillisuusindeksien välille ei löytynyt yhtä hyvin korreloivaa indeksiä.

#### Sadon ennustaminen hyödyntäen satelliitti- ja korjuukoneen aineistoja

*Tulokset:* Härkäpapu: Härkäpapulohkoja tutkittaessa, viiden eri päivän RF-mallien tarkkuuksien väliltä löytyi selkeitä eroja (Kuva 3.13, Taulukko 3.9). Tuloksista nähdään, että tässä tutkimuksessa käytetyistä Sentinel-2 -kuvista tarkimmat satoestimaatit saatiin 21.7. otetun kuvan avulla. Kuvassa esiintyvät prosenttiosuudet tarkoittavat satunnaisesti valittujen testiaineistojen osuutta koko aineistosta. Kuvassa 3.13 nähdään, että 21.7. otetun kuvan avulla

tehdyn mallin normalisoitu neliökeskivirhe (NRMSE) oli matalin ja  $R^2$ -arvo korkein. Sama informaatio löytyy Taulukosta 3.9 lukuarvoin esitettynä.

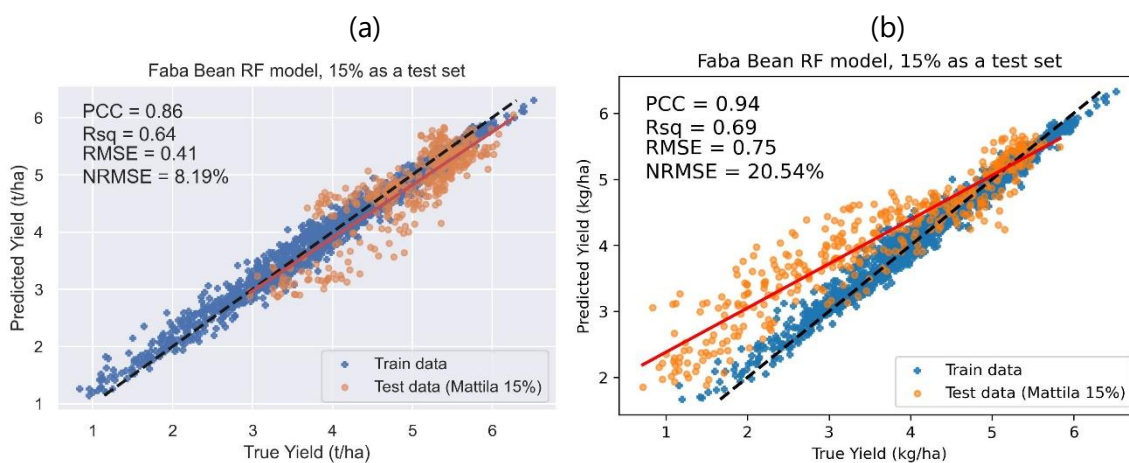


**Kuva 3.13.** Eri päivien Sentinel-2 -kuvista tehtyjen RF-satomallien statistiikka härkävavulle.

**Taulukko 3.9** Eri päivien Sentinel-2 -kuvista tehtyjen RF-satomallien statistiikka lukuarvoin esitettynä härkävavulle

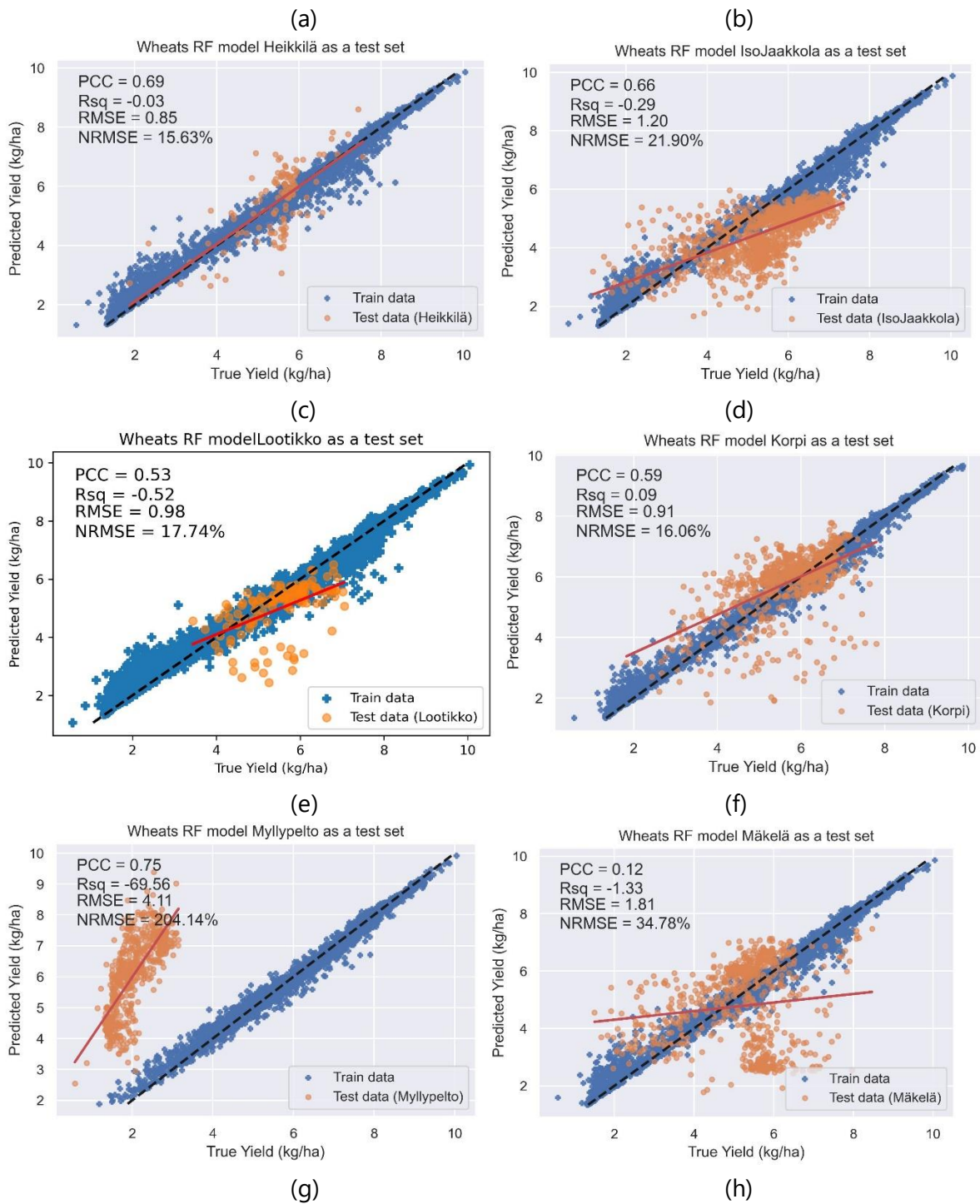
Dataset date	15% split	25% split	50% split
24.6.22	NRMSE: 14.947 $R^2$ : 0.791	NRMSE: 14.887 $R^2$ : 0.782	NRMSE: 15.923 $R^2$ : 0.743
26.6.22	NRMSE: 16.372 $R^2$ : 0.749	NRMSE: 16.023 $R^2$ : 0.748	NRMSE: 16.967 $R^2$ : 0.708
4.7.22	NRMSE: 13.789 $R^2$ : 0.822	NRMSE: 13.977 $R^2$ : 0.808	NRMSE: 14.805 $R^2$ : 0.778
21.7.22	NRMSE: 10.516 $R^2$ : 0.897	NRMSE: 10.74 $R^2$ : 0.887	NRMSE: 11.247 $R^2$ : 0.872
31.7.22	NRMSE: 10.792 $R^2$ : 0.891	NRMSE: 11.11 $R^2$ : 0.879	NRMSE: 11.663 $R^2$ : 0.862

Parhaasta mallista tehtiin alkuperäisen analysoinnin jälkeen testi, jolla pyrittiin tutkimaan härkävavun sadon ennustamista erillisen testiaineiston avulla. Kaksi eri aluetta valittiin testiaineistoksi. Testiaineisto 1 sisälsi enemmän lohkon keskiosia ja testiaineistoon 2 valittiin enemmän reuna-alueita. Malli, joka käytti testiaineisto 1:tä, ennusti testiaineiston satoa paremmin kuin malli, jonka suorituskykyä arvioitiin testiaineisto 2:n avulla. Tämä johtuu keskiosien suuremmasta määrästä koulutusaineistossa.

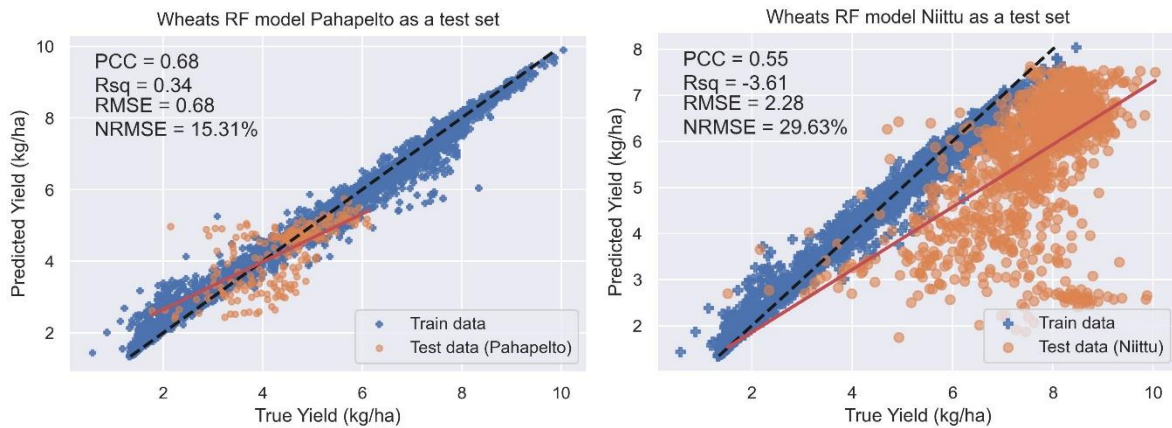


**Kuva 3.14.** Sirontakaaviot kahden eri testiaineiston avulla luoduista RF-malleista: (a) testiaineisto 1 ja (b) testiaineisto 2 (yksikkönä virhe: pitäisi olla (t/ha))

Vehnä: Vehnälohkojen sadon arviointiin tehtyä mallia arvioitiin käyttämällä jokaista lohkoa erikseen testiaineistona muiden lohkojen muodostaessa koulutusaineiston (Kuva 3.15). Kuvan 3.15 sirontakaavioista huomataan selkeitä eroja eri lohkojen satojen ennustettavuudessa muiden lohkojen avulla koulutetuilla malleilla. Kun kaikkia lohkoja käytettiin mallin koulutukseen ja 15 % kaikista ominaisuuksista otettiin satunnaisesti testiaineistoksi, saatiin testiaineistolle 12,5 % normalisoitu neliökeskivirhe ja 0.87  $R^2$ -arvo 21.7.2022 kuvatulla Sentinel-2 kuvalla.







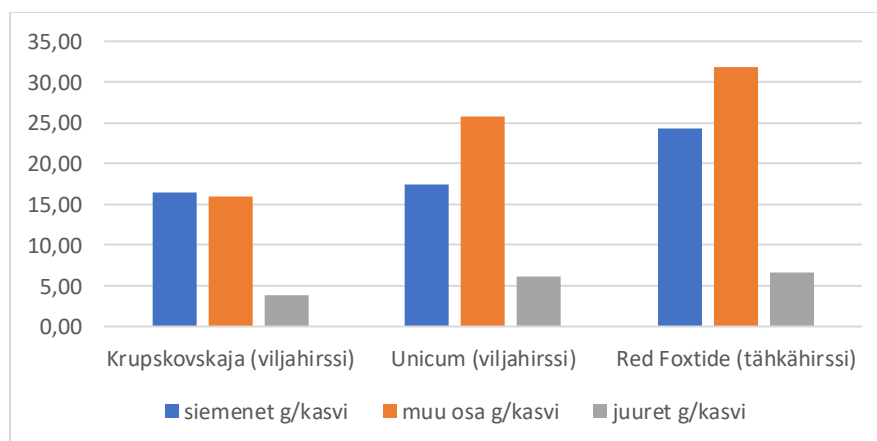
**Kuva 3.15:** Vehnän ennustemallit, jokaisessa käytetty eri lohkoa testiaineistona (yksiköissä virhe: pitäisi olla (t/ha))

### 3.1.3 Lajike- ja seosviljelytestauksia (TP3)

Hirssin, kvinoan ja sinilupiinin lajikekokeet. Hirssi on C4-heinäkasvi, jossa kiinnostavaa on sen tehokas veden käyttö, kuivuuden kesto sekä mahdollisesti C3-kasveja tehokkaampi hiilen sidonta. Ulkonäöltään tähkä- ja viljahirssit eroavat kukinnan muodossa toisistaan: viljahirssillä on röyhy ja tähkähirssillä tähkä. Sekavuutta aiheuttaa se, että tähkähirssin jotkin muodot muistuttavat durraa, jonka tähkät ovat suurempia ja siemenet muodostavat ulkonevia rykelmiä. Jokioisten kenttäkokeessa osa tähkähirssin tähkistä olikin juuri tämäntyyppisiä ja kirjallisuuden mukaan silloin voisi olla kysymyksessä lajike, jolla on molempia (hirssi/durra) ominaisuuksia.

*Keskeiset tulokset: Tähkä ja viljahirssilajikkeita tutkittiin tuleentuneen siemenen tuottamiseksi. Hirssi kiinnostaa C4-yhteyttämismekanisminsa takia. Tulokset tukivat ulkomaisia tuloksia siitä, että kasvi voi rehevästi kasvaessaan tuottaa merkittävän hiilisyötteen, mikä voi silloin olla kauraa suurempi. Kasvi hyötyy erityisesti kuumista kasvukausista, jolloin kehittyminen on itämisen jälkeen nopeaa.*

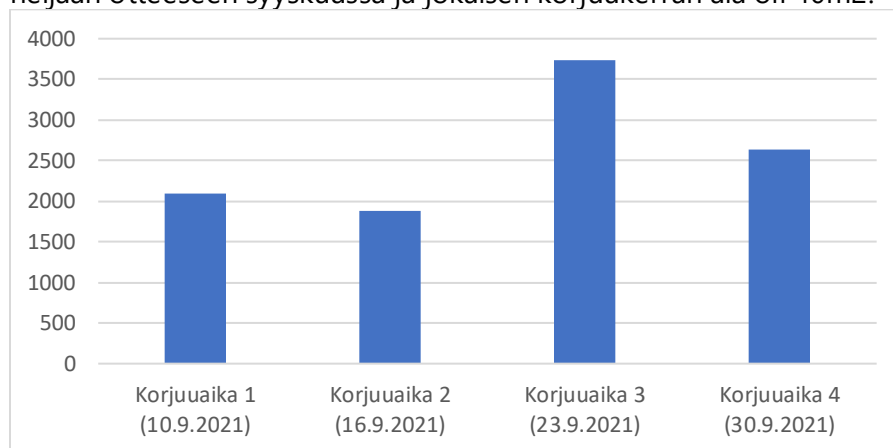
Koejäsenistä otettiin kolmen kasvin kasvustonäytteet ruuduittain syyskuussa, joista fraktioitiin satokomponentit (Kuva 3.16). Myöhäisen alkukehityksen takia siemenet olivat taikinatuleentumisvaiheessa tuolloin eivätkä täysin kypsiä, mihin yleensä pyritään näytteitä otettaessa.



**Kuva 3.16.** Vuoden 2023 Jokioissa tehdyn hirssin lajikekokeen satokomponentteja.

Huomioitavaa on se, että siemenfraktiot kuvaavat tähkien/röyhyjen painoja, sillä siemeniä ei ole vielä eroteltu kukinnoista. Kasvustonäytteiden perusteella hirssit muodostavat runsaasti versoja, mikä on huomattu myös aiemmissa kokeissa. Runsaan ja nopean versoamisen ansiosta hirssi peittää hyvin kasvaessaan pellon suhteellisen nopeasti. Keskimäärin versoja kasveissa oli 4-6 kappaletta. Havainnointia häiritsi se, että hirssin kasvutapa on muista viljoista poikkeava. Versostosta ei pystytty aina erottamaan, ovatko ne peräisin useammasta vai vain yhdestä siemenestä. Pisimmän verso pituus oli 94-107 cm. Satokomponenteista laskettu satoindeksi oli 0,40-0,51, joka laskee, kun siemenet saadaan erotelluksi kukinnoista.

Vuonna 2021 lisättiin Red Foxtide -täkähirssiä 160 m<sup>2</sup>:n suuruisella alalla. Satoa korjattiin neljään otteeseen syyskuussa ja jokaisen korjuukerran ala oli 40m<sup>2</sup>.

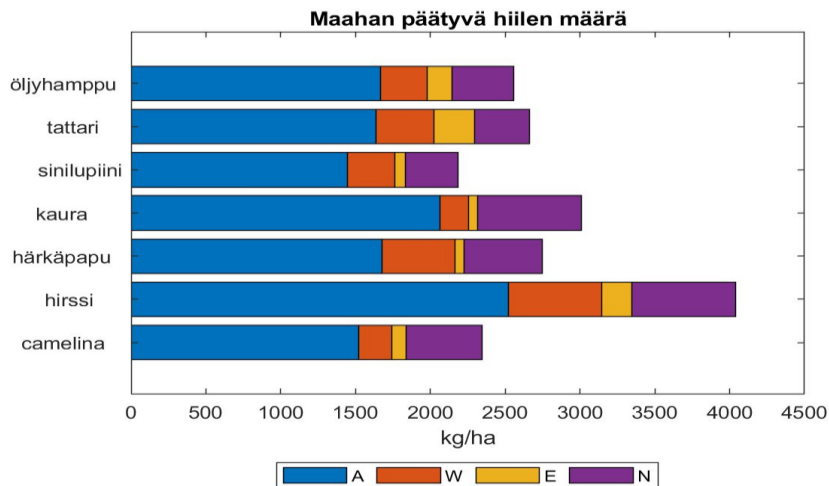


**Kuva 3.17.** Täkähirssin (Red Foxtide) siementä lisättiin vuonna 2021. Korjuu tehtiin neljänä ajankohtana ja kaistojen (40 m<sup>2</sup>) sadoista laskettiin hehtaarisadot. Pylväät edustavat vain yhtä korjuuta, jolloin tuloksia ei voi tilastollisesti tarkastella. On kuitenkin todennäköistä, että myös hirssillä korjuuaika vaikuttaa satoon.

Hirssillä (Red Foxtide, täkähirssi) eri korjuuajoille sadoksi saatiin v 2021 lisäysaineistossa noin 1870 – 3730 kg/ha ja vuoden 2023 lajikekokeessa noin 1400 – 2200 kg/ha, jossa paras sato saatiin niin ikään Red Foxtide -täkähirssistä. Lajikekokeessa hehtaarisato saatiin siten että kasvikohtaiset sadot (Kuva 3.16) kerrottiin neliöllä arviolta olevilla taimimäärällä (9 kpl/m<sup>2</sup>), mikä on huomattavasti vähemmän kuin keväinen kylvömäärä (250 kpl/m<sup>2</sup>). Kyseiset kasvit kuitenkin siirtoistutettiin heinäkuussa uudelleen ja silloin etäisyydeksi asetettiin noin 30 cm, jota voidaan sen takia pitää perusteltuna taimimääränä.

Hirssin lajikekokeen valkuaispitoisuudet valmistuvat myöhemmin. Aiemmissä kokeilussa (mm Elonkierto 2018: Härkäpavun ja seitsemän proteiinikasvin seoskoe 2020) on ollut testattavana 'Orell' viljahirsilajike, jonka valkuaispitoisuus on ollut 10,5 – 11,5 %. Vuoden 2020 seoskokeessa vaikutuksia saatiin korjuuajan viivästyttämisellä syys-lokakuussa parilla viikolla, jolloin valkuaispitoisuus kohosi noin 0,5 prosenttiyksikköä. Seosviljely härkäpavun kanssa paransi hirssin valkuaispitoisuutta puolestaan 0,8 - 1,0 prosenttiyksikköä.

Hirssi oli keskeisesti mukana myös kokeessa, jossa selvitettiin peltoon jäävän hiilen määrää nk. Yasso -AWEN-menetelmällä. Muut tutkimuskasvit olivat öljykasveista camelina ja öljyhamppu, viljoista myös kaura, palkokasveista härkäpapu ja sinilupiini sekä viljojen tapaan käytettävä tattari (Kuva 3.18).

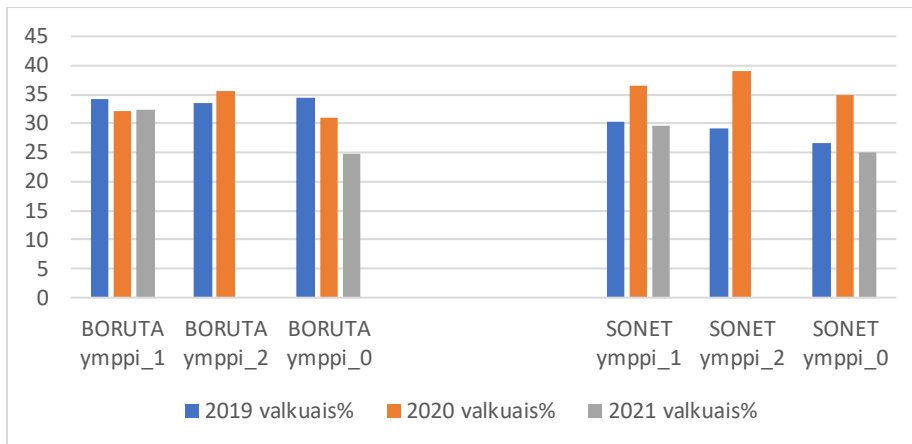


**Kuva 3.18.** AWEN -analyysi kuvaa maahan jäävän pitkäaikaisen hiilen määrää. Kuvassa ruokaproteiinikasvien juurien ja maanpäällisen puintijätteen sisältämä hiili (kg) hehtaaria kohden, kun arvion pohjalla on vuonna 2020 tehty kenttäkoe (Kuva Heikkinen, J., Luke)

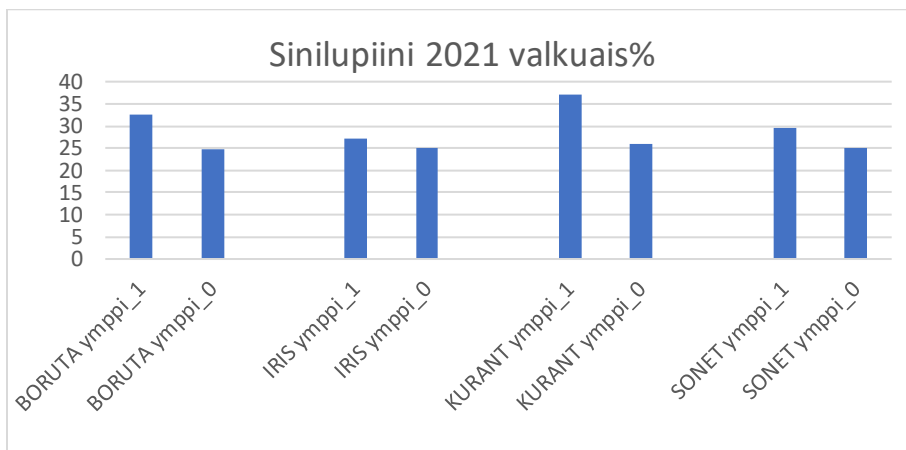
Tulosten mukaan hirssi olisi tutkittavista lajeista eniten hiiltä maahan jättävä viljelykasvivaihtoehto, jonka mukana maahan voi päätyä hiiltä 4000 kg/ha. Muiden kasvien kohdalla yhteenlaskettu hiilen määrä oli 2500 kg/ha ( $\pm 500$  kg C/ha). Vähiten tutkimuskasveista hiiltä maahan jätti sinilupiini (2000 kg C/ha). Kaura jätti hiiltä 3000 kg C/ha, mikä oli hirssin jälkeen toiseksi suurin hiilisyöte. Näytteet otettiin korjuun jälkeen, jolloin hiilivuotoa on tapahtunut kasvukauden aikana. Luvut kertovat sen, mitä ko. kasveista on nimenomaan jäänyt peltomaahan korjuun yhteydessä. Huomioitavaa on myös se, että hiilisyöte riippuu kasvuston runsaudesta ja sadon määrästä, mikä erikoiskasveilla voi vaihdella paljonkin eri kasvukausina ja eri maalajeilla. Esimerkiksi sinilupiini kasvoi suhteellisen vaatimattomasti kyseisessä kokeessa pienentäen kasvin potentiaalia pitkäaikaisen hiilen muodostuksessa.

Sinilupiinin lajiketestausten valkuaispitoisuudet. Keskeiset tulokset: *Sinilupiinista on mahdollista tuottaa tuleentunutta siemensatoa Etelä-Suomessa. Kasvin valkuaispitoisuudet vaihtelevat lajikkeen ja vuosien välillä paljon. Kylvösiemenelle tehtävä ympärikäsittely paransi vuonna 2021 hyvin myöhäisen 'Kurant' lajikkeen valkuaispitoisuutta yli 11 prosenttiyksikköä ja suurimmillaan proteiinia oli siemenissä yli 39 %. Kolmen koevuoden kokemuksella 'Sonet' -lajike on kuitenkin varmempi sadon tuottaja Etelä-Suomen oloissa.*

Sinilupiinin valkuaispitoisuuksissa on vaihtelua. Tutkittavista lajikkeista 'Boruta' ja 'Sonet' testattiin kaikkina kolmena vuotena, niin että mukana oli myös ympärikäsittelyt. Eroja aiheuttaa todennäköisesti maalaji, esimerkiksi vuonna 2020 se oli runsasmultainen ja erosi muista vuosista. Kosteuden suhteen vuosien 2020 ja 2021 alkukausit olivat erityisen kuivia. Tulokset eivät ole yksiselitteisiä ja kaipaavat tilastollista analyysiä (Kuva 3.19).



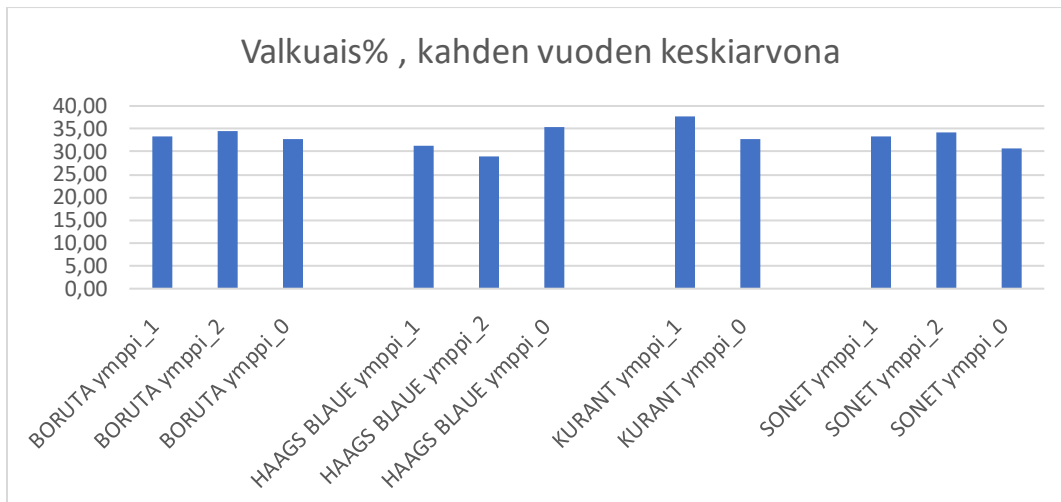
**Kuva 3.19.** 'Boruta' ja 'Sonet' sinilupiinilajiketta viljeltiin kolmena kasvukautena (2019-2021) Luke Jokioisissa. Kylvösiemenet (ympppi\_1) ja kasvusto/pelto (ympppi\_2) käsiteltiin ymppeibakteeria sisältävillä kaupallisilla valmisteilla.



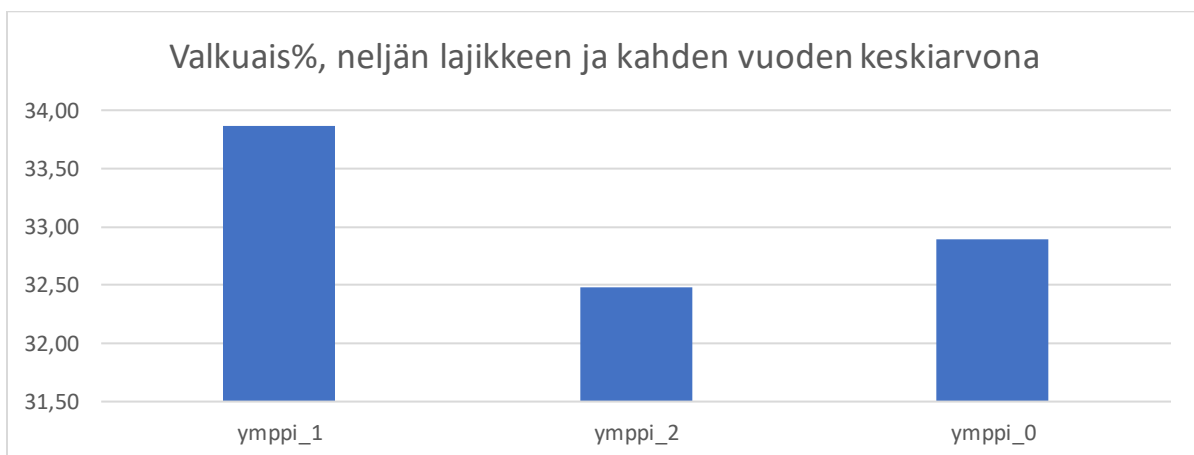
**Kuva 3.20.** Vuonna 2021 tehdyn sinilupiinin lajikekokeen sadon valkuaispitoisuudet (% kuiva-aineesta), jolloin ymppeäyksen edullinen vaikutus tuli selvimmän esille.

Ymppeikäsittelyjen merkitys ei ole selkeää sekään. Ainoastaan vuoden 2021 tuloksista nähdään, että perinteinen turve-bakteeriymppe (ympppi\_1) paransi valkuaispitoisuuksia verrattuna käsittelemättömään (ympppi\_0) (Kuva 3.20). Kyseisen vuoden kasvuolosuhteita tuleekin selvittää vielä tarkemmin, jotta saadaan parempi ymmärrys sille, miksi ymppeikäsittelyt parantavat valkuaispitoisuutta joinakin, mutta ei kaikkina vuosina.

Lajikkeista neljää ('Boruta', 'Haags Blaue', 'Kurant', 'Sonet') pystyttiin tutkimaan kahtena vuotena. Tulokset ovat muutoin vuosilta 2019-2020, mutta 'Kurant' lajikkeella ne ovat vuosilta 2020 – 2021. 'Kurant' ja 'Sonet' lajikkeilla suuntaus on sama kuin pelkästään yhden vuoden tuloksissa (Kuva 3.20), eli valkuaispitoisuus kohoaa ympppi\_1 käsittelyllä (Kuva 3.21). 'Haags Blaue' -lajikkeenkohdalla vaikutus näyttäisi olevan päinvastainen ja vaikeasti selitettävissä. Kun eri lajikkeiden tulokset yhdistetään ja valkuaispitoisuudet lasketaan eri ymppeikäsittelyille, on keskiarvojen perusteella ympppi\_1 käsittelyn satojen tulokset hieman muita korkeampia (Kuva 3.22).



**Kuva 3.21.** Sinilupiinin lajikekokeen sadon valkuaispitoisuuksien kahden vuoden keskiarvoina. Tulokset ovat vuosilta 2019-2020, paitsi 'Kurant'- lajikkeen osalta vuosilta 2020-2021. Ymppekäsittelyjä oli kaksi (ymppi\_1, ymppi\_2) ja lisäksi käsittelemättömän (ymppi\_0).

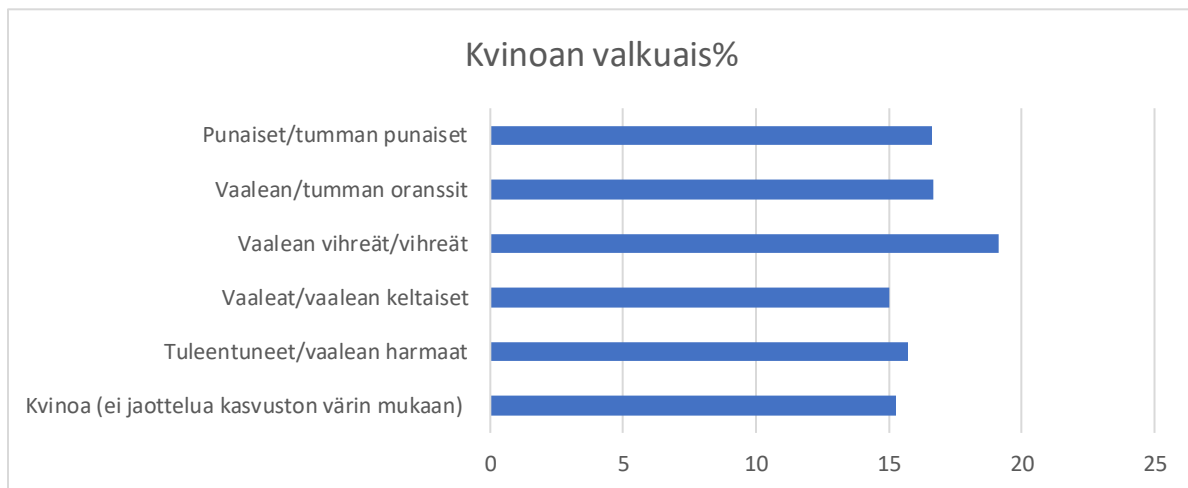


**Kuva 3.22.** Neljän lajikkeen ja kahden vuoden tuloksista lasketut keskiarvot eri ymppekäsittelyille. Perinteinen turve-bakteeriseos (ymppi\_1) tuotti noin prosenttiyksikön korkeamman siementen valkuaispitoisuuden käsittelemättömään (ymppi\_0) verrattuna ja ero toiseen ymppekäsittelyyn (ymppi\_2) oli suurempi.

Ymppekäsittelyillä on saatu huomattavaakin hyötyä ulkomaisissa tutkimuksissa, mutta hankkeen tulosten perusteella hyötyä ei välttämättä pystytä todentamaan meillä. Kuten yksittäisten kasvien juurinysträtarkastelussa kävi ilmi, nystyröiden esiintymisen ja lupiinin palkojen lukumäärän välillä on yhteys. Kun tarkastelua tehdään ruutukohtaisesti korjatun sadon ja ymppekäsittelyn välillä, hyöty ei olekaan enää niin selvä.

*Kvinoan eri väristen kasvustojen valkuaispitoisuuksien vertailu Keskeiset tulokset: Kvinoasta voidaan tuottaa Suomessa tuleentunutta siementä kannasta, mikä on ollut meillä viljelyksessä 25 vuoden ajan. Parempaa siementä kuitenkin tarvittaisiin ja ulkomailta saatavat lajikkeet eivät ehdi meillä tuleentua ja siksi oman siemenmateriaalin parantaminen on varteenotettava vaihtoehto. Yksi keino on käyttää valintaa siten, että kasvin väriominaisuudet voitaisiin yhdenmukaistaa ja kasvien kokoero ja sitä kautta tuleentumisen vaihtelu pienemmäksi. Analysoitujen näytteiden perusteella voi olla, että runsaasti värittyneiden kasvien osuutta populaatiossa tulisi lisätä, jolla myös valkuaispitoisuutta saataisiin parannettua.*

Tuloksissa nähdään, että vaaleista tähkistä olevien siementen valkuaispitoisuus voi olla oranssi- ja punatähkäisten siemeniä alempi. Tulokset ovat suuntaa antavia, sillä keskiarvojen taustalla on eri määrä näytteitä eikä kaikista värisävyistä ollut näytteitä jokaiselta vuodelta. Vihreätähkällisiä olivat keruuvaiheessa tuleentumattomat kasvit (Kuva 3.23). Kasvien koko ja rakenne saattaa erota toisistaan siten että punaiset kasvit ovat muita pienempiä ja oranssit puolestaan kookkaampia. Parhaimmillaan värivalikoiman yhdenmukaistaminen voisi yhtenäistää myös kasvien kasvua ja tuleentumista.



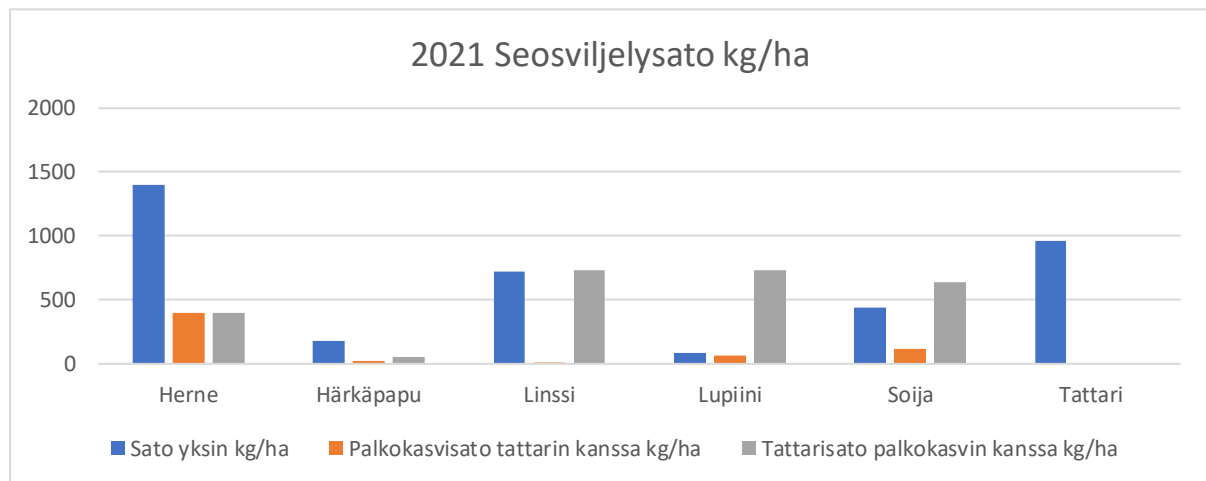
**Kuva 3.23.** Vuosina 2009, 2017, 2018 ja 2020 kerättiin kvinoakasvustoista tuleentumisvaiheessa erivärisiä yksilöitä, joiden siementen valkuaispitoisuudet analysoitiin. Huomioitavaa on se, että kaikkia väri vaihtoehtoja ei ollut kaikkina vuosina saatavilla ja siksi keskiarvot on laskettu eri suuruisista näytemääristä. Pienemmillään näytteitä oli saatavilla 'vaalean vihreät/vihreät' väri vaihtoehtosta, jossa keskiarvot on laskettu viidestä näytteestä. Eniten väri vaihtoehtoja oli saatavilla 'vaalean/tumman oranssit', jossa keskiarvo kuvaa 16 näytteet tulosta.

Toinen kvinoa-aineisto liittyy valintajalostukseen: punertavan ja oranssin sävyisiä yksilöitä on valikoitu Luken lisäyskentillä noin viiden vuoden ajan ja hankkeessa analysoitiin valinnoista saatuja siemeniä. Kokeen valkuaispitoisuusmääritykset valmistuvat 2024 tammikuussa. Kuvan 3.23 antavat viitteitä siitä, että valkuaispitoisuuden kohottaminen voisi olla mahdollista oranssi- ja punatähkäisiä yksilöitä valitsemalla. Näiden väri tyyppien kasvukykyä, tuholais- ja tautikestävyyttä tulisi jatkossa myös tarkastella. Kvinoan on maisemakasvi. Erityisesti syksyllä tuleentumiseen aikaan kvinoapellot hehkuvat auringossa ruskan väreissä ja on pysäyttävä näky.

Tattarin seosviljely eri palkokasvien kanssa Keskeiset tulokset: Uusien palkokasvien kuten lupiinin, linssin, kikherneen ja soijan viljelyn potentiaalista tuleentuneen ruokaproteiinisadon tuottamiseksi saatiin uutta tietoa. Tuleentunutta satoa pystyttiin tuottamaan kaikista lajeista. Keskeisin haaste on satovaihtelut vuosien välillä, mikä koskettaa myös vertailuna viljeltyjä härkäpapua ja hernettä. Linssin, lupiinin ja kikherneen etuina ovat niiden kuivuuden kesto. Linssi iti parhaiten hyvin kuivissa oloissa. Kikherne kasvatti tukevan varren ja paksun juuren ja näille kasvuominaisuuksille voisi löytyä käyttöä viljelyjärjestelmissä. Kikherneen siemensatopotentiali kahden vuoden kokemuksella on kuitenkin vaatimaton. Soija voi tuottaa siemensatoa, mutta tutkimuksellisesti kasvi on haasteellinen taimettumisongelmien ja haittaeläinten vioittaessa

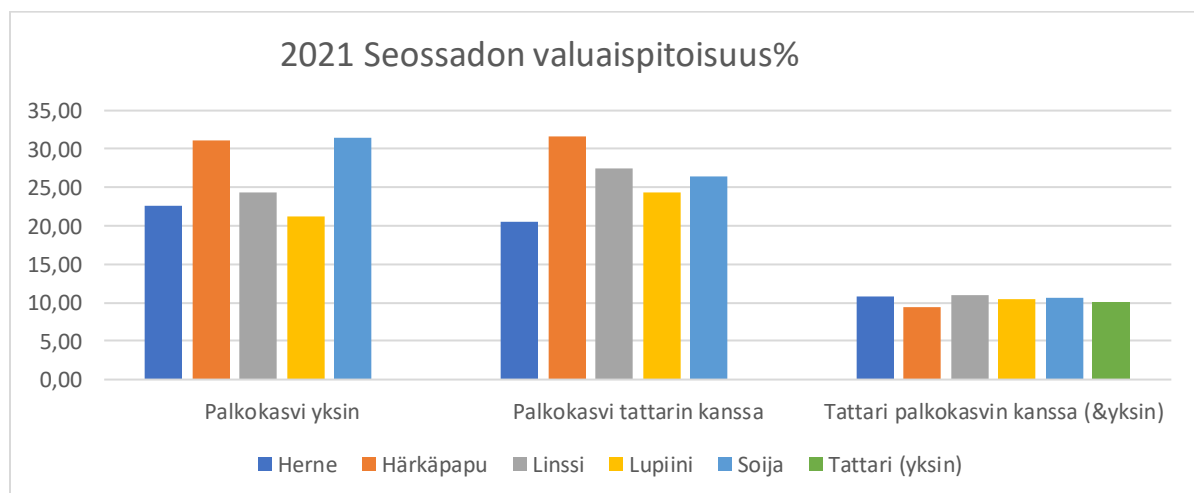
*kasvustoja. Soijan valkuaispitoisuus oli härkähavun ohella tutkimuskasveista korkein. Seosviljely tattarin kanssa voi hyödyttää linsin ja lupiinin valkuaispitoisuutta, kun taas soijan kohdalla vaikutus voi olla päinvastainen.*

Yksin viljeltyinä kokeen yllättäjä oli linssi, mikä tuotti v 2021 noin 720 kilon ja vuonna 2022 lähes 1700 kilon hehtaarisadon. Vuonna 2022 kikherne yllätti tuottamalla noin 300 kilon hehtaarisadon. Epäonnistujina olivat herne ja härkähapu, mitkä tuottivat potentiaalia huomattavasti heikommalla ruutusalalla yksin viljeltyinä sekä 2021 ja 2022 (Kuvat 3.24 ja 3.26).



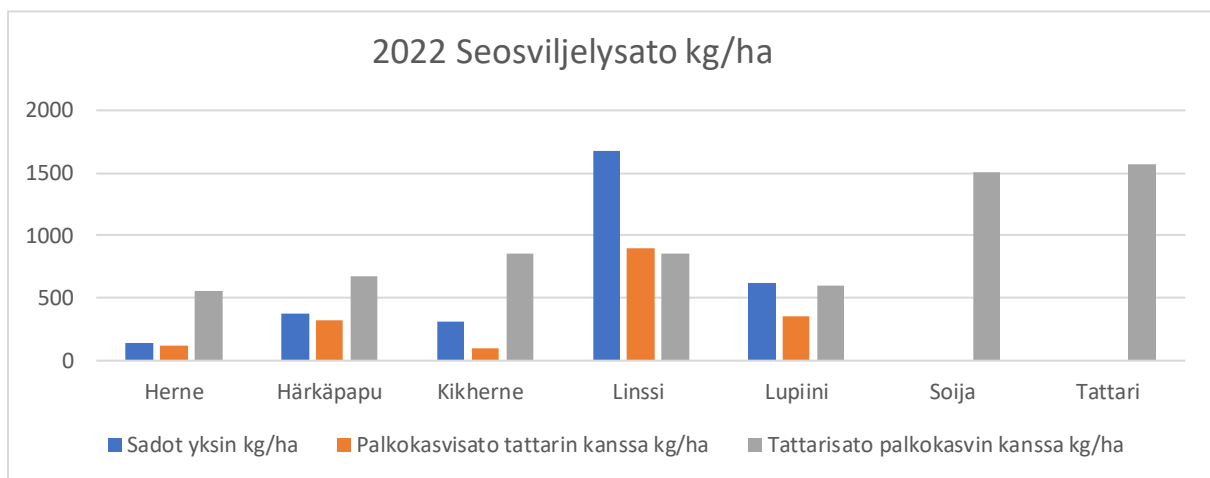
**Kuva 3.24.** Satotulokset (kg/ha) vuonna 2021 tehdystä kokeesta, jossa viittä syötävää palkokasvia viljeltiin yksin ja seoksessa tattarin kanssa. Satotulokset kattavat palkokasvien sadot yksin ja tattarin kanssa seoksessa viljeltyinä sekä tattarin sadot yksin ja seoksessa palkokasvien kanssa.

Vuoden 2021 sadon valkuaispitoisuuksista (Kuva 3.25) nähdä, että yksin viljeltyinä härkähavun (31 %) ja soijan (31,5 %) valkuaispitoisuudet olivat korkeimmat, muilla ne olivat 21 – 24 %.



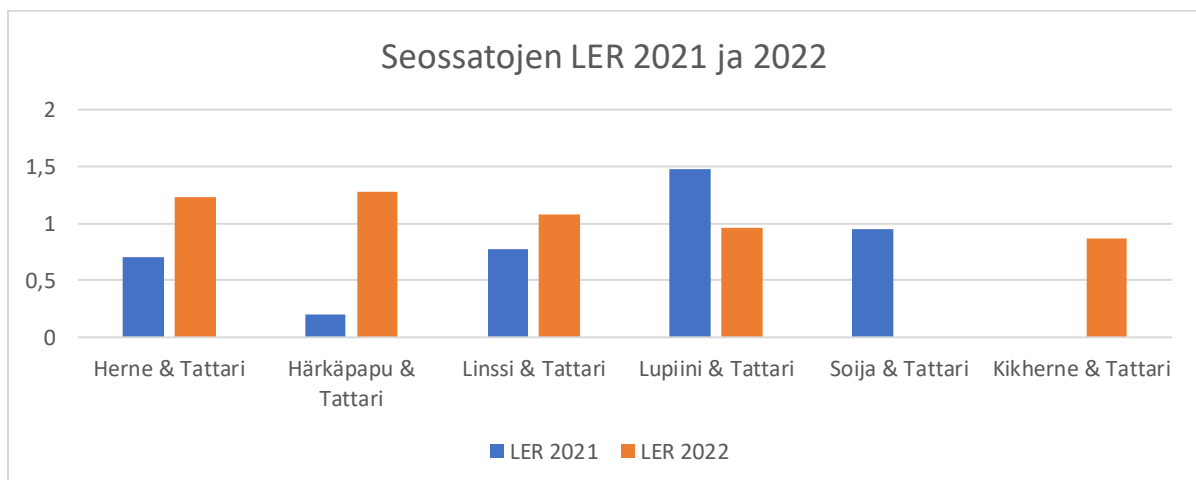
**Kuva 3.25.** Vuonna 2021 viljellyn tattarin ja viiden palkokasvin valkuaispitoisuudet (% kuiva-aineesta). Valkuaispitoisuudet laskettiin palkokasveista, kun niitä viljeltiin yksin ja yhdessä tattarin kanssa. Myös tattarin valkuaispitoisuudet laskettiin yksin ja eri palkokasvien seoksissa viljeltyinä.

Seos tattarin kanssa kohotti valkuaispitoisuuksien keskiarvoja (ei tilastollisesti testattu) härkävavun, linssin ja lupiinin kohdalla ja alensi keskiarvoja herneellä ja soijalla. Linssin ja lupiinin valkuaispitoisuudet nousivat yli kolme prosenttiyksikköä, herneen ja soijalla se aleni kaksi ja viisi prosenttiyksikköä. Soijalla valkuaispitoisuus laski 26,5 %:iin. Tattarin valkuaispitoisuus oli yksin viljeltyinä 10,1 % ja seokset palkokasvien kanssa paransivat valkuaispitoisuutta keskimäärin 0,66 prosenttiyksikköä yksinviljeltyyn nähden. Poikkeuksena oli seosviljely härkävavun kanssa, jolloin tattarin valkuaispitoisuus laski 0,6 prosenttiyksikköä (Kuva 3.25). Seosviljely herneen, härkävavun ja tattarin kanssa ei kaikkien palkokasvien osalta onnistunut 2022 (Kuva 3.26). Lohkolla ei tietojemme mukaan ole viljelty palkokasveja lähivuosina, mutta siitä huolimatta herne kärsi kasvitaudeista ja härkävavun kasvu tyrehtyi kuivuuteen. Tattarin seosviljely linssin ja lupiinin kanssa onnistui suhteellisen hyvin, lisäksi kikherneen kasvu uutena kasvina yllätti, vaikka sato lopulta jäi vaatimattomaksi.



**Kuva 3.26.** Hyvästä itävydestä ja uusintakylvöstä huolimatta soijan kasvusto jäi v. 2022 tehdyssä kokeessa harvaksi ja myös pellolla ruokaileva riista vioitti kasveja

Seossatojen vertailuun on olemassa nk. LER (Land equivalent ratio) laskutapa  $[(\text{kasvin1 sato seoksessa} / \text{kasvin1 sato yksin}) + ((\text{kasvin2 sato seoksessa} / \text{kasvin2 sato yksin})]$ , jossa seossatoja verrataan samojen kasvien yksin viljeltyyn satoon (Kuva 3.27).



**Kuva 3.27.** Seossatojen LER (Land equivalent ratio) vuosina 2021 ja 2022. Kikhernettä ei viljelty lainkaan vuonna 2021 ja soijasta ei saatu satoa vuonna 2022, joten niiden osalta LER puuttuu.

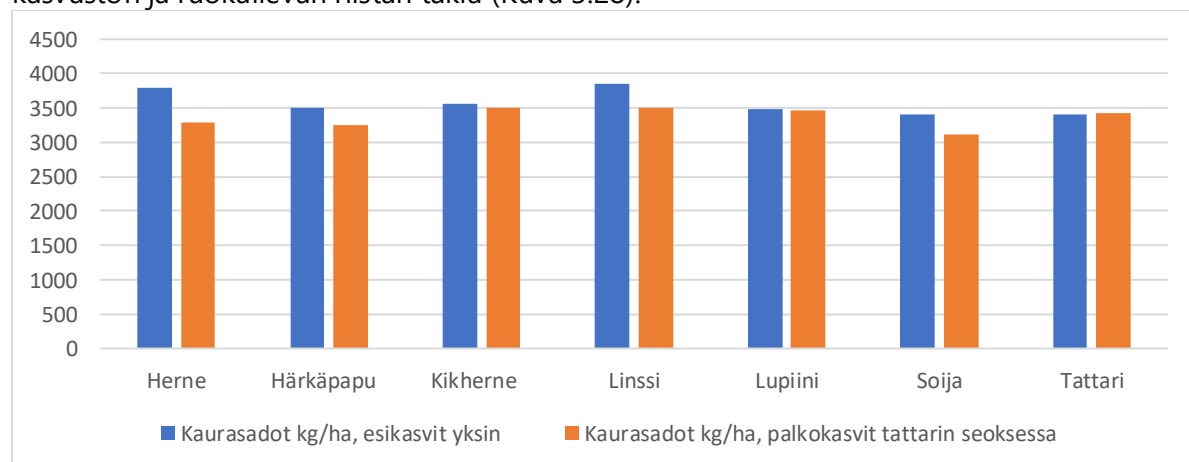


Kun LER >1, katsotaan, että seoksesta on ollut hyötyä. Kuvassa 3.27 on esitetty vuosien 2021 ja 2022 LER arvot. Vuonna 2021 vain lupiini & tattari sato ylsi yli yhden ja silloinkin sen takia, että lupiinin sadot olivat myös yksin viljeltynä hyvin pienet. Vastaava tilanne oli vuonna 2022 herne & tattari sekä härkäpapu & tattari -koejäsenissä. LER ei tällaisissa tapauksissa kuvaa parhaiten kasvukombinaation edullisuutta, jossa toinen seoskasveista ikään kuin näyttäisi hyötyvän seoksesta vain sen takia että myös yksin viljeltynä sen sato on hyvin pieni (mm. 2021 lupiini yksin; v 2022 herne ja härkäpapu yksin).

Tattari – palkokasvien hyödyllisyyden toteaminen tämän kokeen osalta kaipaisi tuloksia vielä vuodelta 2023. Vuonna 2022 koeolosuhteet edustivat kuivaa kasvukautta, mikä jatkui lokakuulle saakka. Kuivissa oloissa herne ja härkäpapu eivät menestyneet, mutta linssi ja lupiini kasvoivat ja tuottivat satoa. Yllättävästi myös kikherne ehti tuottamaan satoa, mutta muiden palkokasvien potentiaaliin nähden sadot jäivät pieniksi. Vuonna 2023 kikherneen sadonmuodostus häiriintyi mahdollisesti elokuussa alkaneiden sateiden takia. Kasvit olivat vanterria ja aluillaan olevia palkoja oli runsaasti vielä elokuun 20 päivän paikkeilla, mutta kaikki paljot olivat hävinneet syksyyn mennessä. Kasvutavaltaan kikherne on kiinnostava, se pystyy pystyssä tuleentumiseen saakka ja sille voisi näiden ominaisuuksiensa takia löytyä paikka viljelyjärjestelmässämme.

Vuoden 2022 seoskokeen jatkoksi ja palkokasvien sekä seosruutujen esikasvivaikutuksen selvittämiseksi, koealalle kylvettiin vuonna 2023 kauraa. Lannoituksena annettiin 60 kg N/ha. Yksin viljeltynä parhaat palkokasvit olivat esikasviominaisuuksien ansiosta linssi ja herne. Vaikka herneen sato jäi koetulosten valossa heikoksi 2022, on kasvusto ollut riittävä juuriston kasvulle ja typen varastoinemiseksi kasvinjätteisiin. Palkokasvien esikasvivaikutus oli keskimäärin 210 kg/ha enemmän kaurasadossa mitattuna kuin seoskasvustojen (Kuva 3.28). Kun palkokasvien esikasviarvoa verrataan tattarin esikasvivaikutukseen, nähdään että palkokasvit paransivat keskimäärin kaurasatoja 190 kilolla hehtaari kohti, vaihteluvälin ollessa 9 kg/ha (soija) ja 445 kg/ha (linssi).

Heikoin esikasvivaikutus oli soija & tattariseoksella, mikä tuotti noin 400 kg vähemmän kaurasadon vuonna 2023 kuin esikasvina ollut linssi yksin viljeltynä. Osasy heikkoon esikasvivaikutukseen saattoi olla se, että soija kasvoi hyvin heikosti vuonna 2022 harvan kasvuston ja ruokailevan riistan takia (Kuva 3.28).



**Kuva 3.28.** Kauran satotulokset (kg/ha) vuodelta 2023, kun, esikasvina vuonna 2022 viljeltiin palkokasveja yksin sekä palkokasveja tattarin seoksessa. Tattarin puhdaskasvuston kylvä

tehtiin vuonna 2022 kahdella tavalla ja sen takia myös ko. kasvin kohdalla on esitetty kaksi kaurasatoa.

Uusien ruokapalkokasvien kokeet yksin ja seoksessa viljeltynä tuovat esille vaikeudet, joita palkokasvien kohdalla esiintyy, olivatpa sitten uusia tai entisiä (herne, härkäpapu). Uusien kohdalla suuri kysymys on sopivien lajikkeiden saaminen. Uusista vaihtoehtoista samaa lajiketta ei saatu edes lupiinista, joista lajikkeita on kuitenkin eniten tarjolla. Soijan kohdalla varteenotettava lajike on virolainen 'Lauelma', josta Luke hankki muutama vuosi sitten siementä omia tutkimustarkoitusta varten. Muut soijalajikkeet, (mm puolalaiset) eivät meillä ehdi tuleentumaan. Linssin ja kikherneen kohdalla on saatavissa mm. Tanskasta lajikkeita. Joskin kaikkein lupaavimman linssin siemenen Luke sai kokeiluunsa satakuntalaiselta viljelijältä, ja siemen oli tilalla lisättyä nk. TOS- siementä.

Tattarin seosviljelyllä voisi olla paikkansa nimenomaan epävarmoja, mutta potentiaalisia palkokasveja viljeltäessä. Tattarin ravinnetarve on vaatimaton ja kokeissa typpilannoitusta ei käytetty lainkaan. Linssin kasvutapa on rento, joten senkin takia tukikasvin käyttö on tärkeää. Kikherneen rotevaa kasvutapaa kannattaisi jatkossa hyödyntää. Seoskokeissa siemensuhteet olivat 50:50 eli molempien seoskasvien siemenmäärät oli puolitettu. Siemensuhteita tarkistamalla myös seoskasvien menestymiseen ja sadon tuottoon voidaan vaikuttaa.

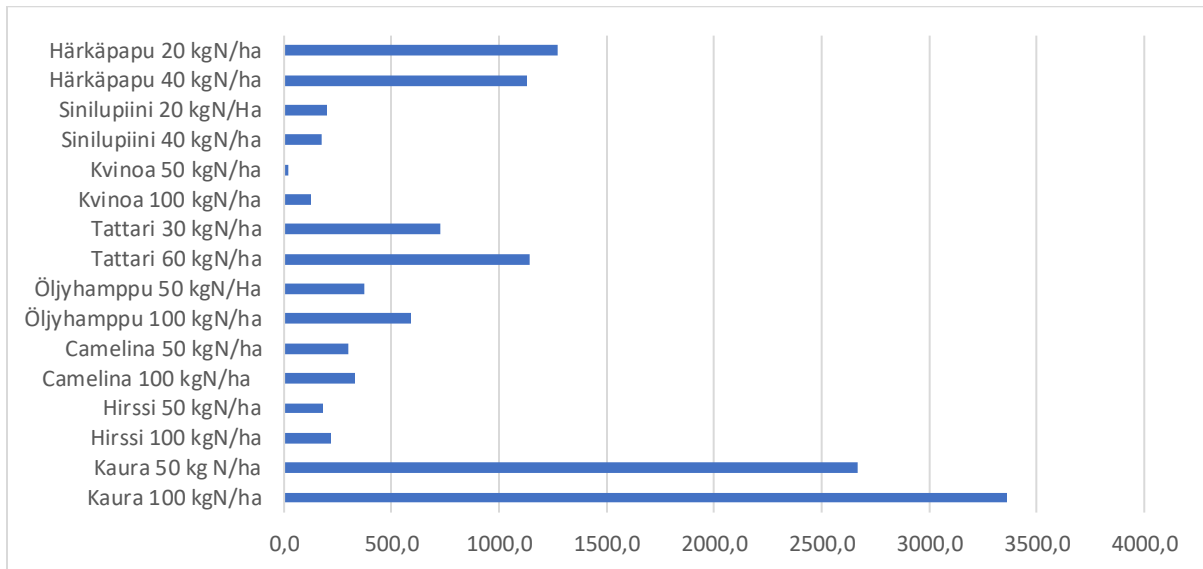
Härkäpavun seosviljelykokeisiin kuuluu kaksi koesarjaa, joissa hanke on ollut mukana. Vuonna 2020 alkaneen kokeen tuloksia on raportoitu jo aiemmin ja sen takia tässä raportissa keskitystään vuonna 2022 alkaneeseen koesarjaan.

*Keskeiset tulokset: Peltoon jäävän hiilisyötteen kannalta oleellista on se, että kasvusto on tiheää ja rehevää. Härkäpapu kilpailee huonosti viljojen kanssa, joilla maanpäällinen biomassa on yleensä yksin viljeltynä suurempi kuin seoksena härkäpavun kanssa. Sen sijaan öljykasvi- ja viljojen tapaan köytettävät vaeviljakasvustot (mm. tattari) hyötyvät hiilen sidonnan kannalta siitä, kun niitä viljellään seoksessa härkäpavun kanssa. Kuivuus, rikkakasvipaine ja maan tiivistyminen heikentävät valittujen kasvilajien seoskasvustojen kasvua härkäpavun kanssa ja menetelmää ei voi tämän tutkimuksen perusteella suositella ratkaisuksi haasteellisiin kasvuoloihin.*

Koeolosuhteet olivat kuivuuden, yksivuotisen rikkakasvipaineen ja maan tiivistymisen takia erityisen haasteelliset. Keskimääräiset satotulokset, kun kasveja viljeltiin yksin todentavat sen, miten erikoiskasvit kasvavat tämän typpisissä kasvuoloissa (Kuva 3.29). Parhaiten selvisi kaura, jonka sato oli yli kaksi kertaa suurempi, kuin seuraavaksi tulleiden härkäpavun ja tattarin. Muista proteiinipitoisista kasveista saatiin hyvin heikosti satoa, pääsääntöisesti alle 500 kg/ha. Kvinoa epäonnistuneen taimettumisen ja kasvun takia sadosta osa korjattiin käsin. Tulokset ovat tarkistamattomia siltä osin, onko kaikki eri tavoin korjatut ruutusadot luvuissa mukana. Myös härkäpavun sadot olivat vaatimattomia.

Typpilannoituksella oli päinvastainen vaikutus palkokasveille ja ei-palkokasveille Yksin viljeltäessä suuremmalla lannoitemäärällä härkäpavun keskimääräinen sato oli vähäisempi, muilla kasveilla taas päinvastoin (Kuva 3.29). Seoskasvustoissa typpilannoitus vaikutti härkäpavun ja toisen seoskasvin sadon suhteisiin. Ilman typpilannoitusta härkäpavun osuus oli suurempi kuin silloin, jos tyyppiä oli enemmän saatavilla. Ei-palkokasville vaikutus oli

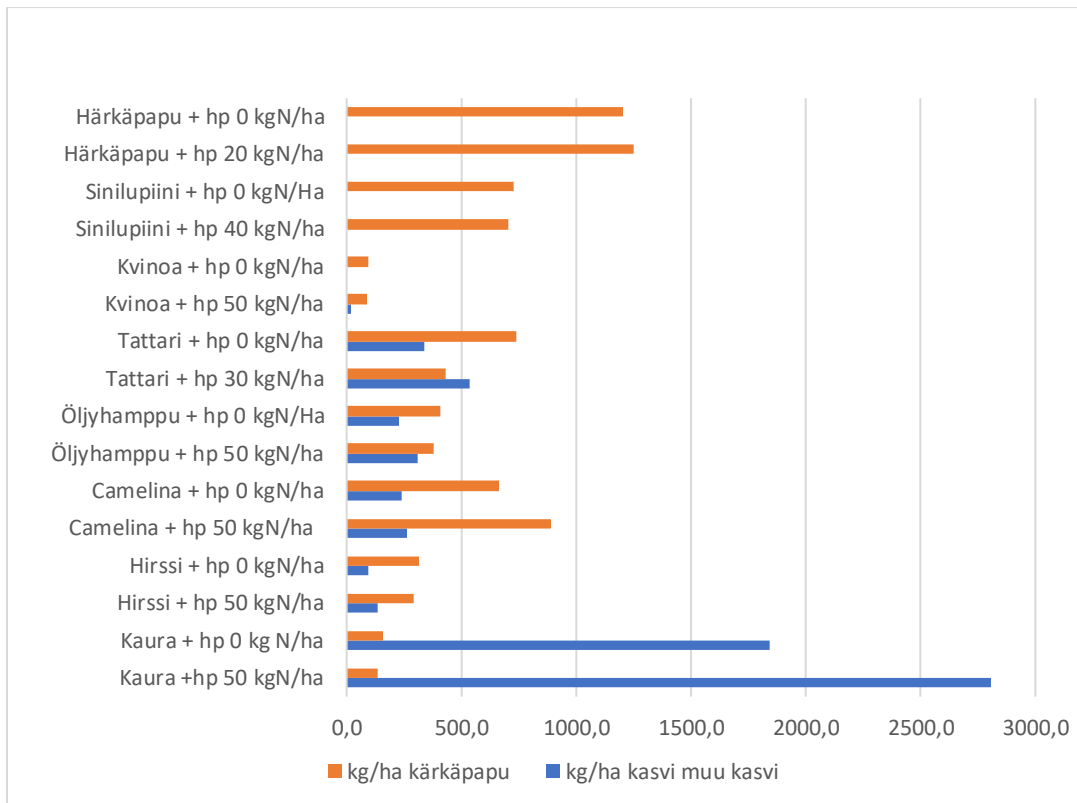
päinvastainen: kun kasvit saivat typpeä enemmän, olivat myös siemensadot suurempia. Poikkeuksena oli camelina, jolla suurempi typpilannoitus paransi myös härkäpavun satoa lannoittamattomaan verrattuna (Kuva 3.30). Härkäpapatuloksia tarkasteltaessa huomioitavaa on se, että seoksessa viljeltynä pavun kylvömäärä oli puolitettu tavanomaisesta eli se oli 35 kpl/m<sup>2</sup>. Kasvien välisen kilpailun takia seoksissa pavun sadot vaihtelevat hyvin paljon ja sen seurauksena myös satotulokset. Vahvimmin härkäpavun kanssa kilpailivat viljat (kaura, hirssi), joiden seoksessa pavun sadot olivat pienimmät.



**Kuva 3.29.** Kahdeksan proteiinikasvin satotulokset, kun typen portaita oli kaksi (N tavanomainen ja puolet siitä). Tulokset ovat osa seitsemän proteiinikasvin seoskoetta, jossa niitä viljeltiin yksin sekä härkäpavun kanssa seoksessa vuonna 2022. Kvinoan satotulokset ovat osin tarkistamattomia.

Seoksen hyötyjä osoitetaan usein nk. LER-arvolla (Land equivalent ratio), jossa yli yhden olevilla arvoilla katsotaan, että seoksesta on ollut hyötyä. Ongelmana on se, mihin verrataan. Erityisesti palkokasvien seoskokeissa on kaksi tekijää, lannoitus ja siemenmäärä, joita molempia joudutaan muuttamaan yksin viljelyyn verrattuna. Yleensä kylvötiheyttä ja lannoitusta lasketaan lukemiin, joita ei ole järkevää käyttää yksin kasvia viljeltäessä.

Härkäpavun seoskokeelle laskettiin sen takia LER-arvot kahdella eri tavoin, jotta nähdään, miten vertailu vaikuttaa tuloksiin (Taulukko 3.10). Seosviljelyn hyötytarkasteluun kaivataankin LER-luvun rinnalle myös muunlaista tarkastelutapaa, jossa huomioidaan esimerkiksi annettu lannoitus. Satonäytteiden fraktiointitulokset ja näytteistä tehdyt valkuaispitoisuusmääritykset antavatkin tähän mahdollisuuden



**Kuva 3.30.** Seitsemän proteiinikasvin satotulokset, kun niitä viljeltiin yhdessä härkäpavun kanssa seoksessa ja kahdessa typen portaassa vuonna 2022. Typen portaista suurempi oli tavanomaisesta typpimäärästä puolet ja se oli sama, jota käytettiin kasvien yksinviljelyssä. Toinen typen portaista oli lannoittamaton koejäsen. Sinilupiini sisältää myös härkäpavun, sillä siemeniä ei oltu raporttia kirjoitettaessa vielä lajiteltu. Kvinoan sadot ovat osaksi tarkistamattomia.

Seosviljelyn mahdollisuudet edistää hiilensidontaa liittyvät olkien ja juurien kasvuun seoksessa. Suureksi osaksi hiilen sidonta on riippuvainen siemensadon muodostuksesta, kun satoa saadaan, tuottavat kasvit myös peltoon jäävää biomassaa.

Härkäpavun merkitystä seossadon peltoon jäävään hiili- ja typpisyötteeseen on selvitetty vuoden 2020 seoskokeesta. Aihetta esitellään maataloustieteen päivillä 2024. Kokeen päätuloksina voidaan todeta, että härkäpapu seoksessa voi parantaa maahan jäävään hiilisyötettä, mutta siihen vaikuttaa kasvien kasvu ja kilpailu seoksessa. Näyttää siltä, että viljat, kuten kaura ja hirssi, kilpailevat tehokkaasti pavun kanssa ja silloin härkäpavulla ei näyttäisi olevan edullista vaikutusta pellon varsiston hiilen määrään. Muilla kasveilla (öljykasvit, tattari) härkäpavun viljely seoksessa voi sen sijaan parantaa myös peltoon jäävän biomassan määrää ja hiilisyötettä. Sen sijaan varsiston typen määrään ja maahan jäävän typpisyötteen suuruuteen härkäpavun seosviljely paransi kaikilla koekasveilla. Seoskasvillisuuden merkitys kaurasatoon todentui positiivisena vasta toisena kauravuotena (2022). Tämä saattoi johtua siitä, että vuosi 2021 oli äärimmäisen kuiva, jolloin kasvuston mukana maahan jääneistä kasvintähteistä hyödyn saaminen siirtyi seuraavalle vuodelle.

**Taulukko 3.10.** LER-luku laskettu kahdella tavalla. LER\_1:ssa seossadon ei-palokasvia on verrattu vastaavan kasvin yksin viljeltyyn satoon, kun lannoitus on puolitetty. Seossadon härkäpapua (hp) verrataan yksin viljeltyyn härkäpapuun, kun N=0. LER\_2:ssa suurimman lannoituksen saanutta seossatoa verrataan suurimman lannoituksen saaneeseen yksin viljelyyn satoon, vastaavat vertailut tehtiin matalammasta lannoitustasosta.

	LER_1: verrattu vastaavan yksin viljeltyyn, kun lannoitus on puolitetty	LER_2: verrattu max N seoslannoitus - max N yksinviljely; min N seoslannoitus - min N yksinviljely
Kaura + hp 50 kg N/ha	1,16	0,95
Kaura + hp 0 kg N/ha		0,82
Hirssi + hp 50 kg N/ha	0,96	0,86
Hirssi + hp 0 kg N/ha		0,77
Camelina + hp 50 kg N/ha	1,58	1,58
Camelina + hp 0 kg N/ha		1,33
Öljyhamppu + hp 50 kg N/ha	1,12	0,85
Öljyhamppu + hp 0 kg N/ha		0,93
Tattari + hp 30 kg N/ha	1,08	0,85
Tattari + hp 0 kg N/ha		1,04
Kvinoa + hp 50 kg N/ha	0,82	0,21
Kvinoa + hp 0 kg N/ha		0,07*
Sinilupiini + hp 40 kg N/ha	0,41	0,97**
Sinilupiini + hp 0 kg N/ha		0,88**
Härkäpapu + hp 20 kg N/ha	0,98	1,11
Härkäpapu + hp 0 kg N/ha		0,95

\*) vain härkäpavusta saatiin satoa, ja sen takia LER luku kuvaa vain tätä kasvia

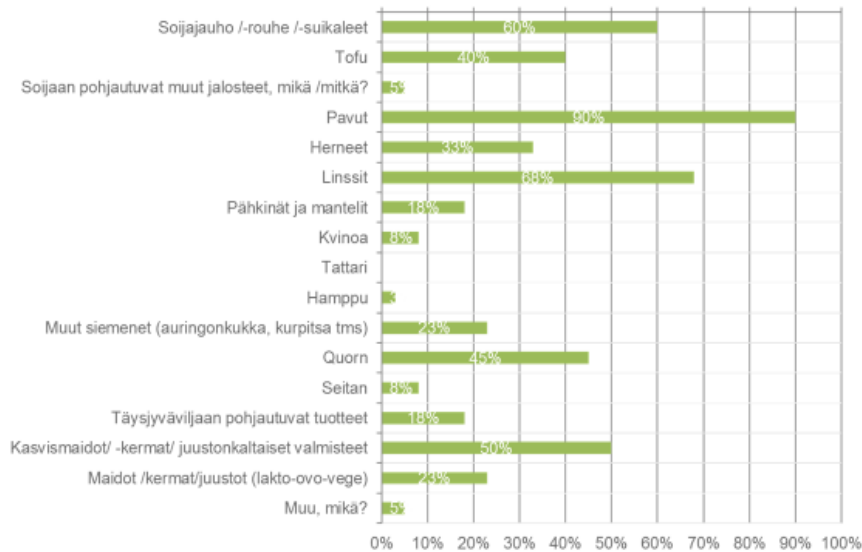
\*\*\*) Sinilupiinin osuus seoksesta arvioitu, LER luku vain suuntaa antava

### 3.1.4 Ruokapalveluiden tietotarpeiden kartoittamisen (TP4)

Brahea/PJI:n amattikeittiökyselyyn osallistui 40 ruokapalveluyksikköä, joista lähes puolet sijaitsi Varsinais-Suomessa. Suuren osan vastaajista muodosti lounasravintolat sekä julkisen ruokapalvelun toimijat. Kysely mukaan lähes kaikki hyödynsivät nykyisin kotimaisia kasviproteiineja. Kyselyn aikana kaikista käytössä olevista kasviproteiini- raaka-aineista arviolta noin kolmannes oli kotimaista alkuperää. Kotimaisen raaka-aineen osuus kuitenkin vaihteli paljon yksiköiden välillä, ja myös kotimaisen alkuperän tunnistamisessa oli epävarmuutta. Vastaajat suhtautuivat kasviproteiinien käytön lisäämiseen positiivisesti.

Kasviproteiineista eniten käytössä olivat pavut, linssit ja soijatuotteet. Pääosin tuotteet tilattiin hiutaleena, jauhona, suikaleena, kuivattuna tai säilykkeenä. Ks kuvat alla (Kuvat 3.31 ja 3.32).

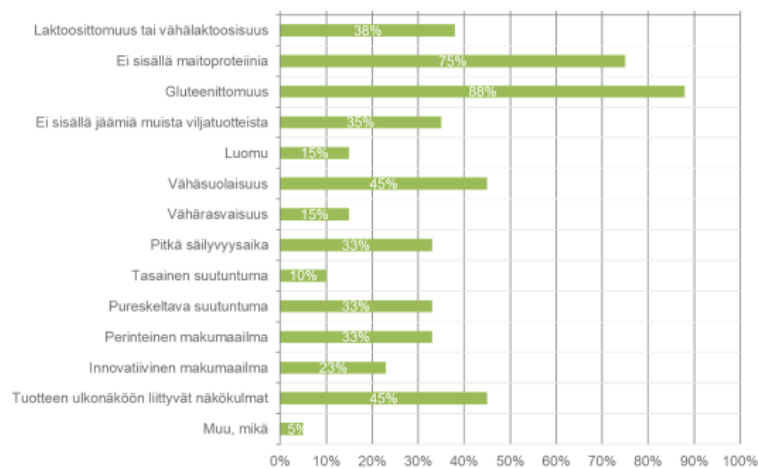
## Mitä kasviproteiinilähteitä tällä hetkellä yleisimmin hyödynnetään ruokapalveluissa kasvis-/vegaaniannoksissa?



Vastaajaa pyydettiin valitsemaan 5 eniten yksikössä käytössä olevaa raaka-ainetta

**Kuva 3.31:** Kasviproteiinien käytön nykytila kyselyyn vastanneissa.

## Mitä laatunäkökulmia pidetään ruokapalveluissa tärkeinä kotimaisten kasviproteiinien kohdalla?



Vastaajia pyydettiin valitsemaan kaikki sopivat vaihtoehdot

**Kuva 3.32:** Laatunäkökulmat.

Toivomukset kasviproteiinituotteille olivat pääasiallisesti ravitsemuksellisia. Käytön lisäämiseksi toivottiin laktoositomuutta, maitoproteiinitomuutta ja gluteenittomuutta sekä vähäsuolaisuutta. Lisäksi tuotteen tulisi näyttää hyvältä ja suutuntuman olla pureskeltava.

Kyselyyn vastanneet toivoivat lisää uutta reseptiikkaa ja vinkkejä kasviproteiinituotteista. Tähän pyrittiin vastaamaan vegejoulutapahtumalla, mikä järjestettiin 1.11.2022 Aistikattilassa. Tilaisuus keräsi erinomaisen osallistujamäärän ja toimi samalla vuorovaikutuksena viljelijöiden

ja ammattikeittiöiden välillä. Tarjolla oli vegaanisista raaka-aineista valmistettua ruokaa, pääosassa loistivat kotimaiset kasviproteiinit.

Vegejoulu-tilaisuuden mainetta niittäneet reseptit ja muu kasviproteiinireseptiikka koottiin ”Köökkiin” eli reseptisivustolle <https://kookkireseptit.fi/>, Sivustoa ylläpitää Pyhäjärvi-instituutti. Sivuston reseptiikkaa on nostettu ylös Pyhäjärvi-instituutin viestintäkanavissa sekä vs-lähihuokasivuston sosiaalisen median kanavissa.

### 3.1.5. Aikaisempien tutkimustulosten hyödyntäminen (TP5)

Tutkimuksia, jotka liittyvät kasvien maanpäällisen biomassan ja juurien sisältämään hiileen on tehty aiemmassa astia- ja kenttäkokeessa. Tavoitteena oli selvittää, paljonko erikoiskasvit jättävät hiilisyötettä peltoon ja miten astia- ja kenttäkokeiden tulokset ovat yhteneviä toistensa kanssa. On myös tärkeää tietää, voidaanko astiakokeen avulla tuottaa luotettavaa juuritietoa.

*Keskeiset tulokset: Astiakokeesta lasketut eri yksivuotisten kasvien hehtaarikohtaiset hiilen määrät ovat monien kasvien kohdalla jonkin verran peltokoetta suuremmat. Poikkeuksena on kvinoa, jolla peltokokeen perusteella hiiltä voisi sitoutua astiakoetta enemmän puintijätteisiin eli 3000 kg/ha. Juurimassoihin hiiltä jäisi astiakoetuloksista laskettuna parhaimmillaan 500 kiloa hehtaaria kohti ja näiden osalta asiakoe voi puolestaan antaa todellisuutta pienempiä lukuja. Astiakokeissa onkin oleellista, ettei purkin koko rajoita juurien kasvua maanpäällisen kasvun kustannuksella.*

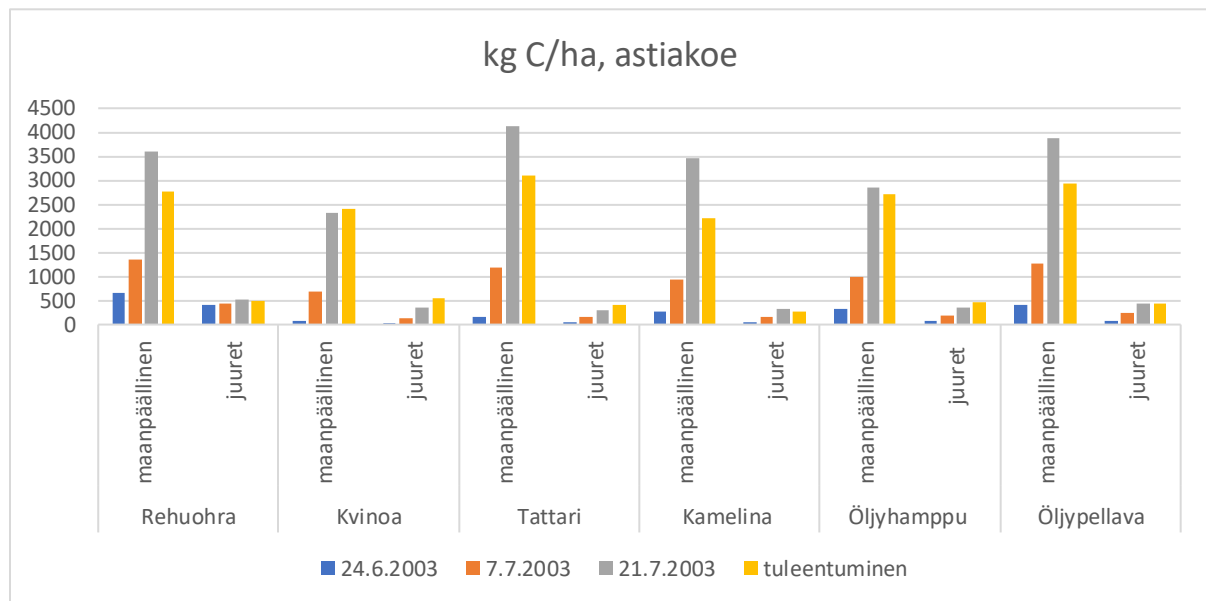
Astiakoetuloksista lasketut hehtaarikohtaiset tulokset osoittavat, että maanpäällinen hiilisyöte on useiden kasvien kohdalla arvioitu olevan jopa 2500 – 3500 kg/ha (Kuva 3.33), mikä on selvästi enemmän kuin v 2018 tehdyn kenttäkokeen tulokset osoittavat, joissa hiilisyöte on suurimmillaan noin 1500 kg/ha (Kuva 3.34). Tosin kenttäkokeissa kvinoa ylsi parhaimmillaan 3000 kg C/ha tasoon, kun vastaava luku astiakokeesta laskettuna ylsi noin 2500 kg C/ha.

Juurien hiilisyöte oli astiakoeaineiston jatkojalostamisen perusteella suurimmillaan noin 500 kg C/ha, mikä oli lähellä työpaketissa 1 esitettyjä tuloksia öljyhampun ja härkäpavun hiilisyötteen kanssa (Taulukko 3.3). Suurin ero lienee kuminan kohdalla. Astiakokeesta laskettuna hiilen määräksi arvioitiin noin 4100 kg C/ha, kun työpaketti 1:ssä syötteenä saatiin kuminalla noin 1000 kg C/ha (Taulukko 3.3). Huomioitavaa on se, että astiakokeissa oli kysymys ensimmäisen vuoden kasveista ja pellolla näytteet otettiin kasvuston olleessa siementä tuottavaa.

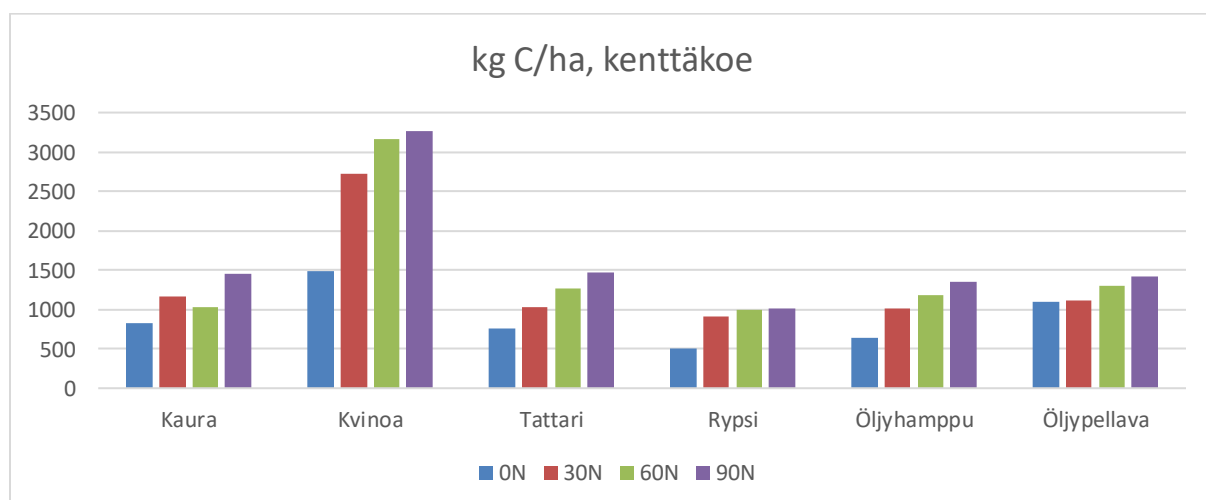
Juuri/verso -suhteiden osalta astiakokeen arvot antavat pienempiä arvoja kuin työpaketin 1 tutkimuksissa (Taulukko 3.4). Astiakokeesta laskettuna yksivuotisille kasveille, keskimääräinen juuri/verso -suhde oli 0,17, kun ulkona pellolla viljellyistä kasvustosta laskettuna luku oli 0,25 – 0,31. Näissäkin havaittiin pienempiä juuri/verso -suhteita, mutta myös suurempia, jolloin keskiarvot asettuivat astiakoetta suuremmiksi.

Kontrolloiduissa olosuhteissa tehdyt astiakokeet ovat houkutteleva vaihtoehto juuritutkimuksen tekemiselle vaihtelevien pelto-olojen sijaan tai rinnalla. Kaikki menetelmät tiedon tuottamiseksi ovat perusteltuja. Astiakokeiden ongelmana saattaa olla se, että juuristolle varattu tila astiassa täyttyy ja kasvi kasvattaa tavanomaista enemmän versoja, mikä vaikuttaa juuri/verso -suhteisiin. Yksi keino on valita suurempia astioita tutkimukseen, kuten

esimerkiksi työpaketissa 1 käytettiin, jolloin juurille jää enemmän tilaa kasvuun. Erikoiskasvien hiilisyötepotentiaali voi olla suuri, kuten eri työpaketeissa on tullut esille. Ainakin hirssi, kvinoa, härkäpapu, öljyhamppu ja kumina voivat jättää tuhansia kiloja hiiltä hehtaaria kohti. Käytännössä viljelykasvien sadon tuotto, niin siementen kuin varsistonkin osalta, vaihtelee monistakin syistä. Parempien lajikkeiden saaminen viljelyyn on yksi tärkeimmistä. Erikoiskasvit ovat suhteellisen vaateliaita ja kasvu saattaa olla heikkoa tiivistyneessä maassa. Sen takia pellon kasvukykyyn tulisi myös uusien proteiinikasvien edistämässä kiinnittää enemmän huomiota.



**Kuva 3.33.** Vuoden 2003 astiakokeen tuloksista laskettiin tässä hankkeessa maanpäällisen kasvuston ja juurien sisältämä hiilen määrä hehtaaria kohti. Kokeessa näytteitä otettiin neljä kertaa, joista ensimmäinen oli versoutumisen tai varren kasvun alussa (24.6.2003), toinen kukinnan alkaessa (7.7.2003), kolmas kukinnan päättyessä/maitotuleentumisvaiheessa (21.7.2003) sekä kolmas kukinnan kasvin tuleentumisvaiheessa.



**Kuva 3.34.** Vuonna 2018 tehtiin eri kasvien tyyppien porraskoe (N0, N 30 kg/ha, N 60 kg/ha ja N 90 kg/ha), josta lasketut maanpäällisen kasvuston hiilen määrät on esitetty kuvassa.

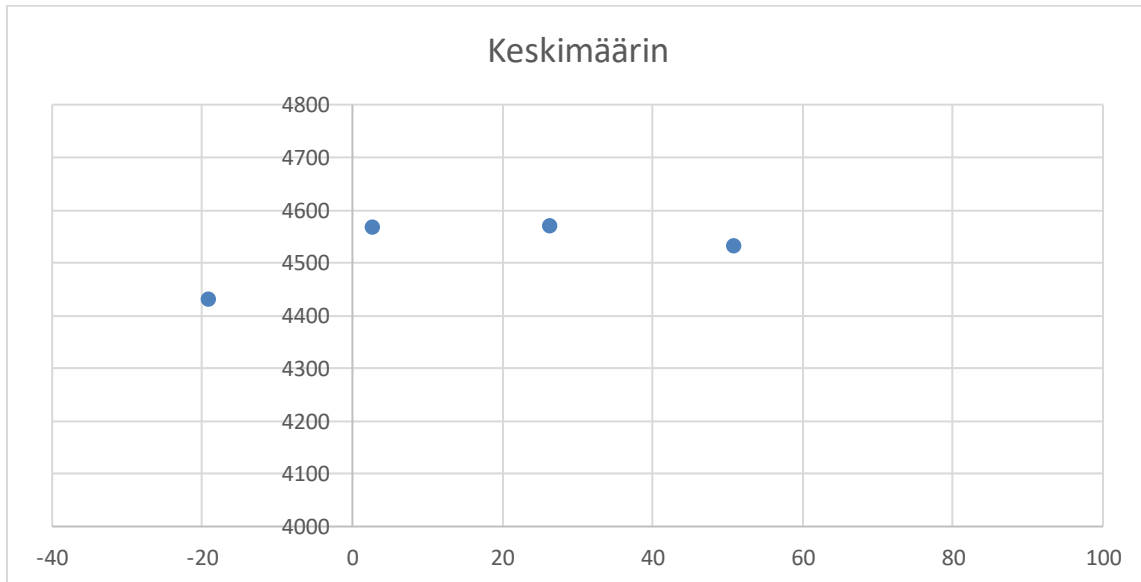


Esikasvien lannoitusvaikutus seuraavalle satokasville on yksi keino vähentää fossiilisten ravinteiden tarvetta ja siten vähentää kasvintuotannon ilmastovaikutusta.

*Keskeiset tulokset: Typpitaselaskelmien perusteella ravinteita jää peltoon puintijätteeseen ja juuriin merkittäviä määriä eri kasvien korjuun jälkeen. Kun laskennallinen peltoon jäävä typpimäärä on pieni, hyödyttää se seuraavan vuoden kaurasatoa. Taseiden kasvaminen ei kuitenkaan parantanut seuraavan vuoden kaurasatoja ja siksi typen hyödyntämiseksi tulee olla muita keinoja, kuten esimerkiksi alus- tai kerääjäkasvien viljely. Poikkeuksena oli rypsi, jolla typpitaseen kasvu paransi myös seuraavan vuoden kaurasatoa.*

Tavoitteena oli selvittää esikasvien typpitaseen ja seuraavan vuoden kaurasadon yhteyttä. Typpitaseella tarkoitetaan laskennallista typen määrää, kun lannoituksen yhteydessä pellon saamasta typpilannoituksesta vähennetään sadon mukana pellostä poistuneen typen määrää. Typen huuhtoutumista vesistöihin tai haihtumista ilmaan ei nyt tehdyissä laskelmissa huomioida.

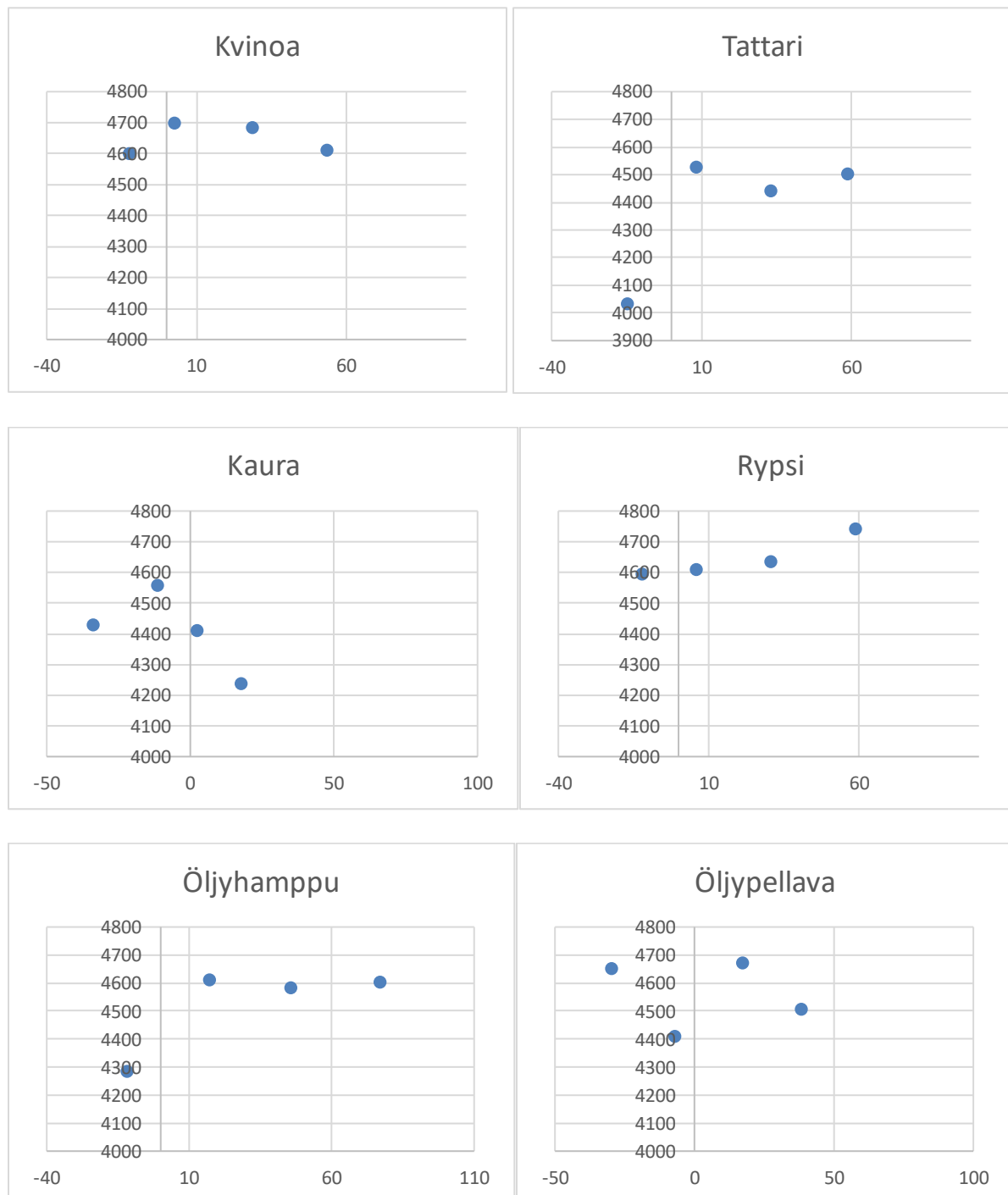
Tuloksista nähdään, että typpitaseet vaihtelevat kasvilajista ja typpilannoituksesta riippuen. Lannoitustasolla N0 typpitase oli keskimäärin -19 kg N/ha, mikä tarkoittaa sitä, että pellosta oli poistunut 19 kiloa enemmän typpeä, mitä sinne oli laitettu. Määrä vastasi keväällä 2018 otettujen maanäytteitä laskettua liukoisen typen määrää. Kun kasveille oli annettu 30 kg typpeä/hehtaari, oli laskennallinen typpitase lähellä nollaa (2,6 kg N/ha). N60 ja N90 lannoituksilla typpitaseet olivat keskimäärin 26 ja 51 kg/ha. Esikasvien (2018) keskimääräisiä taseita vastaavat keskimääräiset kaurasadot vuonna 2019 on esitetty kuvassa 3.35



**Kuva 3.35.** Kuuden esikasvin keskimääräiset typpitaseet vuonna 2018 sekä taseita vastaavat keskimääräiset kaurasadot vuonna 2019: tase (-40 – 100 kg N/ha) on ilmoitettu x-akselilla ja kaurasato (4000 – 4800 kg/ha) y-akselilla.

Pellon typpitaseen kohoaminen paransi keskimäärin seuraavan vuoden kaurasatoja. Eli kun esikasvilta oli jäänyt typpeä käyttämättä, se näkyi seuraavan vuoden kaurasadon kasvuna. Näin oli erityisesti pienien taseiden kohdalla. Keskimäärin N60 ja N90 portailta käyttämättä jäänyt typpi ei enää vaikuttanut seuraavan vuoden kaurasatoon.

Kasvikohtaiset tarkastelut osoittavat (Kuva 3.36 a-e), että kasvien välillä on eroja siinä, paljonko typpeä jää käyttämättä edellisenä vuonna ja miten taseet vaikuttavat kaurasatoihin. Kvinoa, tattarin, kauran ja öljyhampun kohdalla paras vaste kaurasadolle saadaan jo hyvin pienellä typpitaseella, eli silloin kun laskennallisesti typpeä jää käyttämättä suhteellisen vähän ja tase on lähellä nollaa. Poikkeuksen tekee rypsi, jolla typpitaseen kasvaessa paranevat myös seuraavan vuoden kaurasadot. Kauran ja osittain myös öljypellavan kohdalla tilanne on lähes päinvastoin. Mitä suurempi on kyseisten kasvien typpitase edellisenä vuonna, sitä heikompi kaurasato oli seuraavana vuonna odotettavissa.



**Kuvat 3.36 a-e.** Eri kasvien typpitaseet (peltomaassa oleva laskennallinen typen määrä, kg N/ha) satovuoden syksyllä (2018) verrattuna seuraavan vuoden (2019) kaurasatoon (kg/ha).

Todellisuudessa tyypeä ei ehkä jää käyttämättä, vaan se on sitoutuneena varsiin ja juuriin, josta ravinteet vapautuvat eri tahtiin. Kasvien kemiallinen koostumus ja biomassan määrä vaikuttavat siihen, millä nopeudella kasvintähteet pellossa hajoavat ja ravinteet niistä vapautuvat. Tulokset siis tulevat aiempia havaintoja siitä, että rypsi on hyvä esikasvi. Mitä enemmän ravinteita rypsilä allokoituu varsistoon ja juuriin (ja jää siementen osalta käyttämättä), sitä suurempi kaurasato on odotettavissa seuraavana vuonna.

Taseet on laskettu jokaisen tyypin portaalle (0, 30 kg N/ha, 60 kg N/ha, 90 kg N/ha) osalta. Kuvissa vasemmalla oleva ensimmäinen ympyrä kuvaa typpitasetta, kun lannoitus oli 0N, toisena vasemmalla kuvaa typpilannoitusta 30N, jne. Taseet (-50/40 – 100/110 kg N/ha) on ilmoitettu x-akselilla ja kaurasato (4000 – 4800 kg/ha) y-akselilla.

### 3.2. Tulosten vieminen käytäntöön

Ruokaproteiinikasvit sopivat hyvin suomalaisen kasvitilan viljelykiertoon ja niillä on hyödyllisiä vaikutuksia maan rakenteelle, kasvukunnolle ja viljelyvarmuudelle, maan mikrobiston ja lierojen sekä pölyttäjien ja muiden hyötyhyönteisten lisääntymiselle sekä viljelykierron tautien katkaisijana ja puhdistajana. Hyötynä nähdään selvästi myös seuraavan kasvin typpilannoitustarpeen väheneminen. Palkokasvien juurinystryöinnin havainnoiminen ja typensidonnan toimivuuden varmistaminen on kuitenkin tärkeää. Kosteaa ja ilmavaa maata sekä niukka typpilannoitus suosivat biologista typensidontaa. Nystyröinti lisääntyy kierrossa ajan myötä. Myös ympäryys lisää ja kasvattaa nystyröiden kokoa, mutta ei ole välttämätön. Ruokaerikoiskasvit lisäävät kuitenkin selvästi rikkakasvipainetta, mikä tulee ottaa huomioon viljelykiertojen suunnittelussa. Rikkakasvipainetta vähentää rikkojen hyvä ennakkotorjunta, kasvuston perustamisen onnistuminen ja riittävän tiheä kasvusto. Ruokaerikoiskasvien omaa viljelykiertovaatimusta on ehdottomasti noudatettava ja se on usein 5–7 vuotta. Vilja ja nurmet ovat hyviä kierron katkaisijoita ja auttavat jäätikasvien ja rikkojen torjunnassa. Mahdollisuutena ruokaproteiinikasveja viljeltäessä nähdään myös erikoistuminen gluteenittomaan viljelykiertoon. Ruokaproteiinikasvien merkitys maan orgaanisen aineksen eli hiilisyötteen lisääntymisessä riippuu kasvin maanpäällisestä biomassan määrästä ja juuriston vahvuudesta sekä viljelyn onnistumisesta. Hiilisyötepotentiaali yksivuotisilla on juuret maanpäällisen biomassan perusteella huomioiden 2 500–4 000 kg/ha.

Hanke oli ensimmäisiä tutkimuksia, joka selvitti erityiskasvien sadon ja hiilensidontapotentiaalin määrittämistä kaukokartoituksen keinoin. Tulokset olivat lupaavia, mutta edustavien ja kattavien menetelmien kehitystyö edellyttää laajempien kaukokartoitus- ja opetusaineistojen käyttämistä, kuten edellä kappaleessa 2.5 esitettiin. Drooni- ja satelliittipohjaiset menetelmät mahdollistavat tulevaisuudessa erilaisten viljelykasvien hiilisyötepotentiaalin estimointia, mikä osaltaan tuottaa informaatiota Suomen hiilipäästöjen määrittämiseen ja tukee näin erityisesti viranomaisten ja ministeriöiden työtä ja säädösvalmistelua. Hiilensidonnan estimoinnin ohessa kaukokartoitusmenetelmät tuottavat tärkeää tietoa erilaisten viljelymenetelmien ja viljelykiertojen suorituskyvyn arvioimiseksi. Näiden menetelmien keskeisiä hyödyntäjiä ovat viljelijät ja erilaiset neuvontaorganisaatiot. Uusille palveluntuottajille on suuri kysyntä, jotta kaukokartoitusmenetelmät voitaisiin viedä tehokkaasti viljelijöiden käyttöön.

Droonipohjaisesta sadon ominaisuuksien estimoinnista valmisteltiin Tietokortti, joka julkaistaan Luke:n tietokorttisivustolla.

Vuosittaiset pellonpiennarpäivät, viljelijätilaisuudet, lukuisat esitelmät, haastattelut, podcastit sekä muut tiedonsiirtoa edistävät toimet ovat tehneet hanketta ja tuloksia tunnetuksi. Vuorovaikutus verkostoon kuuluvien viljelijöiden, koulujen ja sopimusviljelyttäjäryitysten kanssa on välitöntä ja neuvoja uusien viljelykasvien viljelemiseksi tiedustellaan. Hankeaikana kokeiluja onkin tehnyt useampi viljelijä ja myös heidän käytännön kokemuksensa tuovat lisäarvoa yhteiseen tekemiseen. Seosviljely ja viljelykierot kiinnostavat yhä enemmän pyrittäessä tarkempaan resurssien käyttöön.

Kotimaisilla kasviproteiineilla on käyttöä ja kysyntää ammattikeittiöissä nyt ja myös jatkossa. On todella tärkeää saada ammattikeittiöiden toiveita tuotteiden ravitsemuksellisesta sekä muusta laadullisesta luonteesta niin että vastataan nimenomaan tarpeisiin. Hankkeessa tehdyn ammattikeittiökyselyn tuloksia onkin jalkautettu useassa yhteydessä ja välitetty viljelijöille sekä jalostavalle portaalle tietoa siitä, millaisessa muodossa tuotteita toivotaan ja millaiset niiden ravitsemuksellisen laadun tulisi olla. Viljelijöitä ja ammattikeittiöitä on pyritty yhdistämään niin että vuoropuhelu olisi mahdollisimman luontevaa hyvän ruoan ympärillä. Reseptiikkaa ja käyttövinkkejä on jaettu sekä tapahtumissa että reseptisivuston avulla.

### **3.3. Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet**

Ruoaksi viljeltävien proteiinikasvien kysynnän odotetaan kasvavan, kun tietoa ja menetelmiä niiden onnistuneesta viljelytekniikasta saadaan lisää. Viljelyn näkökulmasta tietoa kaivataan erikoiskasvien satovaihteluiden pienentämiseen ja keskisadon kohottamiseen, mutta myös erikoiskasvien sovittamisesta oikein osaksi viljelykiertoa, jotta saavutetaan parhaat mahdolliset esikasvihyödyt ja toisaalta vältetään kasvinsuojeluriskit. Myös erikoiskasvien viljely seoksina voi tuoda uudenlaisia ratkaisuja. Erikoiskasvit voivat tuottaa ratkaisuja viljelyjärjestelmiin, joissa huomioidaan tarve lisätä kasvien avulla hiilisyötettä, edistää peltoympäristön monimuotoisuutta, parantaa tuotannon kannattavuutta ja tuottaa kuluttajia kiinnostavia raaka-aineita.

Hanke tuotti laajasti tietoa proteiinikasvien havainnoinnista, laatuominaisuuksista, monihyötyisyydestä sekä siitä, miten kasvit hyödyttävät seos- ja viljelykierrossa sadonmuodostusta sekä hiilensidontaa. Proteiinikasveista härkäpapua ja hernettä on ulkomailla tutkittu, mutta muiden kasvien osalta tietoa on edelleen vähän saatavilla. Lisäksi muualla tehdyt tutkimukset esimerkiksi juurinystyröinnin, seosviljelyn tai esikasvien tyypin hyödyntämisestä eivät ole suoraan meillä sovellettavissa, ja sen takia hankkeen tulokset tuovat kotimaiseen tuotantoon runsaasti lisätietoa. Luonnonvarakeskus jatkaa omien tulosten jalkauttamista hankkeen jälkeenkkin muissa jatkohankkeissa.

Hanke oli ensimmäisiä tutkimuksia, joka selvitti erityiskasvien sadon ja hiilensidontapotentiaalin määrittämistä kaukokartoituksen keinoin. Tulokset osoittivat, että kaukokartoitusmenetelmät tuottavat tietoa niin viranomaisten säädösvalmisteluun kuin viljelijöille viljelymenetelmien kehittämistä varten.

Ammattikeittiöselvityksen tuloksia on jalkautettu viljelijöille ja elintarvikejalostajille suunnatuissa tilaisuuksissa ja tapahtumissa (mm. Foodfarm-tuotekehittäjäpäivä ja Vegejoulu-tapahtuma), jotka on toteutettu hankeyhteistyön avulla kuulijakunnan suurentamiseksi. Lisäksi reseptiikkaa on koottu Köökkireseptit-sivuston alle ja sitä sekä yksittäisiä reseptejä on nostettu voimallisesti organisaatioiden viestintäkanavissa. Työtä jatketaan edelleen ammattikeittiöiden

ja viljelijöiden vuoropuhelun lisäämiseksi. Ammattikeittiöiden kautta on mahdollista kokeilla uusia erikoiskasvituotteita, kunhan niiden uuselintarvikestatus on selvitetty ja todettu viranomaisten taholta soveltuviksi elintarvikekäyttöön.

#### **4. Toimintasuositukset ja hankkeen muut tuotokset.**

##### **4.1 Toimintasuositukset**

Erikoiskasvien viljelyn onnistuminen on vakiintuneisiin peltokasveihin nähden epävarmempaa, minkä takia niiden tuet tulisi olla korkeampia ja hintaero esimerkiksi viljaan isompi. Esimerkiksi nyt näyttää, että härkäpapu jää monilta pois viljelystä suuren, lähinnä kuivuudesta johtuvan epäonnistumisen riskin takia.

Erikoiskasvien, kuten ruokaproteiinikasvien viljelyn laajentuminen vaatii pohjosiin olosuhteisiin paremmin soveltuvia lajikkeita ja niihin liittyvä viljelytestausta. Viljelijöillä on kiinnostusta uusien kasvien kokeiluihin, mutta aika ja raha rajoittavat omaehtoisia kokeiluja. Viljelijäverkostot ja neuvonta nähdään tärkeinä väylinä kokemuksen ja tiedon kartuttamisessa mutta verkostolla pitää olla ylläpitäjiä jatkossakin.

Kasvinjalostuksessa tulisi kehittää yritysveltoisia jalostusmenetelmiä kevyempiä menetelmiä, joissa osallistetaan viljelijät, neuvojat ja tutkijat toimimaan paremman kylvösiemenen aikaansaamiseksi. Kaupalliset jalostajat eivät koe useinkaan uusia ruokaproteiinikasveja taloudellisesti kiinnostaviksi, ja siksi uudenlaisia tapoja kylvösiemenen parantamiseksi tarvitaan.

Palkokasvien typensidontakyvyn parantamiseen tähtäävää tutkimusta tarvitaan. Tutkimuksessa kävi ilmi, että nystyrämekanismi on edelleen vajaakäytössä.

Uusien viljelykasvien ja viljelyjärjestelmien rinnalle tarvittaisiin kiperästi myös uutta teknologiatutkimusta, joiden avulla olisi mahdollista parantaa epävarmempien satokasvien menestymistä. Teknologiaa tarvitaan myös siihen, että ruokaproteiinikasveihin liittyvä potentiaali sadon ja hiilensidonnan näkökulmista saataisiin paremmin todennettua.

Kaukokartoitusmenetelmät ovat tehokas työkalu toteuttaa viljelytestausta niin hiilensidonnan tutkimukseen kuin uusien viljelymenetelmien kehittämiseen. Menetelmäkehitystä on suositeltavaa jatkaa.

Erityisesti sadonkorjuun yhteydessä kerätyt satokartat ovat tarkka opetusaineisto erilaisten tekoälymallien koulutukseen. Satokarttojen hyödyntämisen mahdollistaminen saattaa vaatia poliittisia, taloudellisia, sosiaalisia, teknologisia ja lainsäädännöllisiä tarkasteluja.

Kotimaisten ruokaproteiinikasvien viljelyn lisääminen edellyttää koko ketjun - viljelijöistä teollisuuteen ja kauppaan sekä ruokapalvelutoimijoihin - sitoutumista raaka-aineen käyttöön ja jalostuksen kehittämiseen yhteisvoimin.

Kotimaisten ruokaproteiinikasvien mahdollisuuksia viennissä olisi selvitettävä.

Viljelyn monipuolistamisen kannustaminen edellyttää, että viljelijä kokee asian mielekkääksi ja hyödylliseksi. Hankkeessa kehitettyjen havaintomenetelmien jalkauttaminen käytäntöön voisi innostaa viljelijöitä tarkkailemaan peltojaan.

Viljelijäyhteistyötä ja verkoston vahvistamista tulee jatkaa. Hankeaikana on noussut esille tarve ryhtyä kokeilemaan laajemmassa mitassa proteiinikasvien viljelyä viljelijöiden pellolla. Viljelijät kaipaavat yhteistyöhön asiantuntijoita ja toisaalla, viljelijöiden kokemustiedon keruu on myös jatkossa tärkeää. Uusiin proteiinikasveihin liittyy tämänkin hankkeen jälkeen epävarmuuksia, joita ei tutkimuskentillä ole mahdollista selvittää resurssien puuttuessa. Koordinoidusti tehty keruu proteiinikasvien menestymisestä viljelijöiden pellolla toisi jatkossa tutkimuksen kaipaamaa dataa.

## 4.2 Hankkeen muut tuotokset

### Tietoja netissä:

- Nettisivut: Luken ylläpiti hankkeen nettisivuja <https://projects.luke.fi/futurecrops/fi/etusivu/>
- Reseptit: Brahea-keskuksen Vegejoulu-tilaisuuden reseptit on julkaistu <https://www.utu.fi/fi/yliopisto/brahea-keskus/reseptiikkaa> ja lisäksi katkelmia mm Turun Sanomissa.

### Hankkeen järjestämät webinaarit yhteistyönä Luken ja ProAgrian kanssa, toteutuksessa mukana myös MML ja Brahea Keskus:

- 'Vastaako monimuotoinen viljely ilmastotavoitteisiin ja ruokalautasen tarpeisiin?' erikoiskasvien talvipäivä – webinaari 15.2.2022. Hankeväen pitämät esitelmät:
  - Honkavaara, E. 2022.Kaukokartoitus biomassan määrittämisessä
  - Keskitalo, M. 2022.Kasvien funktionaalisuus auttaa monipuolistamisessa
  - Keskitalo, M. 2022.Mitä erikoiskasvien hiilisyötteistä tiedetään?
  - Peltonen, S. 2022.Monipuolisen viljelyn merkitys talouden kannalta.
  - Raiskio, K. 2022.Menetelmiä monipuolisen viljelyn todentamiseksi.
  - Vähämäki, S. 2022.Kotimaisten kasviproteiinien mahdollisuudet ja haasteet ruokapalveluissa.
  - Yli-Hemminki, P. 2022. Mikrobien ja erikoiskasvien yhteispelin hyödyt.
  - Lisäksi sidosryhmien kuten TransFarm Oy, Vihreä Härkä ja Birkkalan tila - puheenvuorot.

- 'Erikoiskasvien aktiivisuus maan alla' – webinaari 30.3.2023, juontajana Sari Peltonen. Hankeväen pitämät esitelmät:

- Keskitalo, M 2023. Erikoiskasvien juurten kasvutapa, biomassan määrä ja palkokasvien juurinystryönti – merkitys maan hiilisyötteeseen,
- Yli-Hemminki, P. 2023. Juurien vaikutus maan mikrobeihin ja siihen liittyvät mittausten menetelmät
- Raiskio, K. 2023. Vaikuttaako viljelyhistoria maan orgaanisen aineksen tuloksiin

### Muiden tilaisuuksissa pidetyt esitelmät ja luennot, joissa tuotu esille tutkimusta eri tavoin:

- Keskitalo, M. Esitelmä. vaeviljoista Hankkijan viljelijöille, 21.3.2022
- Keskitalo, M. Esitelmä. HAMK:n opiskelijoille: mitä erikoiskasvien hiilisyötteestä tiedetään? 7.4.2022

- Keskitalo, M. Esitelmä. Sekaviljelystä kestävyttä ruoantuotantoon. Suomen maataloustieteen päivät 15.6.2022, Viikki.
- Keskitalo, M. Esitelmä. peltoviljelyn monipuolistamisesta MTK:n vierailu Luke, 27.7.2022
- Keskitalo, M. Luento. Valeviljat, erikoisviljat, erikoisöljykasvit, Helsingin yliopisto MAAT-017 3.11.2022. Kasvintuotannon perusteet, 5 op (135 h).
- Keskitalo, M. Esitelmä. Öljyhampun maalajivaatimuksista, Öljyhamppuseminaari, Tyrnävä 1.12.2022
- Keskitalo, M. Esitelmä. Miten sekaviljelyllä voidaan edistää erikoiskasvien hiilisyötettä, MURU-hankkeen järjestämä seminaari 14.12.2022.
- Keskitalo, M. Esitelmä. Ajankohtaista erikoiskasvitutkimuksista ja uutta liiketoimintaa kasviproteiineista. Uutta liiketoimintaa proteiinikasveista, tattarista ja sokerijuurikkaasta, 16.2.2023 Vesilahti.
- Keskitalo, M. Esitelmä. Sekaviljelyllä kohti tehostettua tuotantoa. Pyhäjärvi-instituutin webinaari 29.3.2023
- Keskitalo, M. Esitelmä. Sekaviljelyn mahdollisuudet ja kokemukset Suomessa. Biodiversiteetin tarjoamien ekosysteemipalvelujen käytön tehostaminen Satakunnan maatiloilla 28.4.2023
- Keskitalo, M. Presentation. New protein crops and possibilities of intercropping. JAMK Webinar 25.5.2025
- Keskitalo, M. Esitelmä. Monimuotoinen viljely vahvistaa muutoskestävyyttä. Seminaari 'Viljelyvarmuuden parantaminen kivennäismailla', 15.11.2023 Mustiala, HAMK, Tammela
- Keskitalo, M. Luento. Erikoisöljykasvit ja niiden viljelytekniikka. Luennot, Helsingin yliopisto, MAAT-017 31.10.2023. Kasvintuotannon perusteet, 5 op (135 h)

Osallistuminen viljelijä- ja sidosryhmätilaisuuksiin (mm. maatalousnäyttelyt, ym. tilaisuudet):

- Maatalousnäyttely Farmari Mikkeli 7/2022 (Luke, ProAgria),
- VYR viljelijäseminaari, Hämeenlinna 16.2.2023 (Luke, ProAgria)
- Peltotreffit, Jokioinen, 17.3.2023 (Luke)
- Hiilestä kiinni -seminaarin posterinäyttely, Pikku-Finlandia, Helsinki 16.5.2023 (ProAgria)
- Okra- maatalousnäyttelyt, Oripää, 5-8.7.2023 (Luke, ProAgria, Pyhäjärvi-Instituutti)
  - Luken ja ProAgrian osastoilla proteiinikasveja tuotiin esille eri tavoin
  - keskustelutilaisuus Okran suurella lavalla perjantaina 7.7 klo 12-13 aiheesta: 'Lounais-Suomen merkitys palkokasvien tuotannossa ja käytössä ennen, nyt ja tulevaisuudessa' Marjo Keskitalon haastattelemana olivat Sari Peltonen (ProAgria), Katriina Klinckowströn (Voima Papu), Mervi Louhivaara (Brahea keskus, UTU), Sanna Pitkänen (ProAgria) sekä Kirsi Laine (Turun yliopisto/Sarka museo)
  - Keskustelutilaisuus MMM:n standillä lauantaina 8.7 proteiinikasveista, jossa Marjo Keskitalon haastateltavana olivat Minna Oravuo Raisio Oyj.stä ja Juha Raininko, Rainingon luomutilalta. Aiheena 'Proteiinikasveja monipuolisesti pellon ja ruokavalion hyväksi'
- KoneAgria, ohjelmalavan haastattelu, 'Ruokaproteiinikasvit viljelykierrossa', 13.10.2023 juontajana ja haastattelijana Sari Peltonen ProAgria Keskusten liitosta. Aiheesta keskustelemassa Marjo Keskitalo ja Pirjo Yli-Hemminki Luke, Roope Näsi Maanmittauslaitos <https://www.koneagria.fi/ohjelma/ohjelmavideot>

Hankkeen järjestämät tapahtumat:

-Erikoiskasvien tutkimuspäivä 24.8.2021, teemana 'Palkokasveilla parempaa peltoa ja pataa' (Luke, Jokioinen). Hankeväen pitämät puheenvuorot, mm

Peltonen, S. 2021. Miten viljely muuttuu

Raiskio, K. 2021. Viisi palkokasvia: linssi, soija, lupiini, papu ja herne

Yli-Hemminki, P. 2021. Viljelykasvien kemia ja juuristomikrobit ravinnekierrossa

-Erikoiskasvien tutkimuspäivä 18.8.2022, teemana 'Peltoviljelyn monipuolistaminen on ilmastotyötä' (Luke, Jokioinen). Hankeväen pitämät puheenvuorot, mm

Vähämiko, S. 2022. Suurkeittiöiden viesti tuottajille

Keskitalo, M. 2022. Typpihyöty härkävavun kumppanikasville,

Raiskio, K. 2022. Uusien palkokasvien menestyminen yksin ja tattarin kanssa.

-Vegejoulu, alan yritysten ja ruokapalvelujen verkostoitumistilaisuus 1.11.2022 (Turun yliopisto/ Brahea-keskus, Turku)

-Kasvintuotannon tutkimuspäivät 22.8.2023, teemana 'Kestävyyttä kevät- ja syysmuotoisista erikoiskasveista' (Luke Jokioinen). Hankeväen pitämät puheenvuorot

Keskitalo, M. 2023. Palkokasvien nystyröiden muodostus

Raiskio, K. 2023. Soijan, lupiinin ja muiden palkokasvien menestyminen

Haastattelut:

-Pulkinen Markku. Maatilan Pellervo, Uudet lajit viljelykiertoa monipuolistamaan 2/2022 (haastateltu Marjo Keskitaloa)

-Wanhalinna, Viivi. Kehittyvä Elintarvike, Monihyötyiset kotimaiset kasviöljyt 6/2022 (haastateltu Marjo Keskitaloa)

-Ylen suora aamulähetys öljyhampusta Luke Jokioisten pellolla 13.6.2023. (haastateltu Marjo Keskitaloa)

-Ylen haastattelu 7.7.2023 OKRA-maatalousnäyttelyssä ruokaproteiinikasveista (haastateltu Marjo Keskitaloa), mikä esitettiin Lounais-Suomen uutisissa 9.7.2023

-Ylen haastattelut Jokioisten peltopäivillä 22.8.2023, keskustelemassa hankeväestä Pirjo Yli-Hemminki ja Marjo Keskitalo, lisäksi toimittajat haastattelivat viljelijä Pentti Mattilaa. Ohjelma 'Kotimaista kasvisproteiinia uusista kasveista' lähetettiin elokuun lopun (30.8.2023) uutisten (klo 20.30) yhteydessä.

Podcast:

-Silja Ngobsen (Valonia) haastattelussa Miika Heinonen (Koivonahon luomutila) ja Marjo Keskitalo. Kuunneltavissa ProAgrian Kasvua-sarjassa Jakso 16: Erikoiskasveista monipuolisuutta viljelykiertoihin – hiiltä ja tyypeä maaperään

<https://www.proagria.fi/ajankohtaista/kasvua-podcast#jakso-16-erikoiskasveista-monipuolisuutta-viljelykiertoihin-hiilt-ja-tyype-maaper-n>

SOME:

-Twitter' ja 'X', hastagilla #FutureCrops2

-Facebook, Luke julkaisi ilmoituksia mm peltotapahtumista