SIEMENLASKURIN JA KUVANTAMISLAITTEEN VERTAILU TUHANNEN SIEMENEN PAINON MITTAUKSESSA

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU
HÄME UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Maaseutuelinkeinot, Mustiala

Kevät 2023

Jenny Rautiainen

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU
HÄME UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, Mustiala | Tiivistelmä

Tekijä Jenny Rautiainen | Vuosi 2023

Työn nimi Siemenlaskurin ja kuvantamislaitteen vertailu tuhannen siemenen painon mittauksessa

Ohjaaja Heikki Pietilä

Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Boreal Kasvinjalostus Oy:n kanssa. Työn tavoitteena oli vertailla Contador -E-siemenlaskurilla ja Marvitech seed analyzer-kuvantamislaitteella mitattuja tuhannen siemenen painoja. Osana tavoitetta oli selvittää tulosten luotettavuus siemenlaskurin ja kuvantamislaitteen välillä. Työ toteutettiin mittaamalla tuhannen siemenen paino molemmilla laitteilla, eri kasvilajeja käyttäen. Mittaamisessa käytettiin kasvilajeina kauraa, ohraa, hernettä ja rypsiä.

Työn kirjallisuusosassa käsitellään kasvinjalostusta yleisesti, satokomponentteja, siemenen rakennetta ja tuhannen siemenen painon merkitystä eri tahoilla. Avataan työssä käytettyjen kasvilajien käyttötarkoitusta ja jalostusta sekä esitellään työssä käytetyt laitteet. Työn tutkimusosiossa kerrotaan, miten tutkimus on toteutettu ja esitetään eri kasvilajien väliset tulokset.

Vertailun tulokset eivät eroa merkittävästi toisistaan, joten voidaan päätellä, että Marvitech seed analyzer- kuvantamislaite vastaa luotettavuudeltaan Contador-E- siemenlaskuria. Tulevaisuudessa voidaan kuvantamislaitteen muitakin ominaisuuksia verrata aiemmin käytössä olleisiin menetelmiin. Muun muassa siementen fraktiointituloksia voidaan vertailla seulontalaitteen fraktiointituloksiin. Tutkimuksen voisi toteuttaa samalla tapaa kuin tämä TSP- määritysvertailu toteutettiin.

Avainsanat Tuhannen siemenen paino, siemenlaskuri, siemen, kuvantamislaite
Sivut 43 sivua

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU
HÄME UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Agricultural and Rural industries, Mustiala Abstract

Author Jenny Rautiainen Year 2023

Subject Seed counter and seed analyzer comparison on measurement of thousand seed weight

Supervisors Heikki Pietilä

This thesis was made in collaboration with Boreal Plant Breeding Ltd. The aim of this thesis was a comparison of Contador-E-seed counter with Marvitech seed analyzer in the measurement of thousand seed weight. A part of the goal was to find similar the measurement results of the seed counter and seed analyzer are. The thesis was made measuring thousand seed weights using both of machines with different plant species. The plant species measured were oat, barley, pea, and turnip rape.

The theoretical part of this thesis explains the basics of plant breeding, yield components, the texture of the seed and the meaning of thousand seed weight at different stages of the crop plant system. The thesis introduces the different plant species and their breeding, and the equipment used in this study. The research part of this thesis is telling how the research was made and showed measurement of different plant species.

The results of this comparison do not show any significant between the two machines. So we can decide that Marvitech seed analyzer is just as reliable as Contador- E- seed counter. In the future other features of the seed analyzer can be compared to the previous method. Among other things seed fractionation results can be compared to seed screening results.

Keywords Thousand seed weight, seed counter, seed, seed analyzer
Pages 43 pages

Sisällys

1 Johdanto 1

2 Boreal Kasvinjalostus Oy 1

3 Kasvinjalostus 2

3.1 Kasvinjalostuksen menetelmät 3

3.2 Kasvinjalostuksen tavoitteet 4

4 Siemenen rakenne 5

5 Viljan satokomponentit 6

6 Tuhannen siemenen paino 7

6.1 Tuhannen siemenen painot eri lajeilla 8

6.2 Merkitys viljelijöille 11

6.3 Tuhannen siemenen painon mittauksessa käytettävät menetelmät 12

7 Tuhannen siemenen painon määrittämisessä käytettävät laitteet 12

7.1 Pfeuffer Contador-E- siemenlaskuri 13

7.2 Marvitech seed analyzer 14

8 Tuhannen siemenen painon mittauksessa käytettävä aineisto 15

8.1 Kaura (*Avena sativa L.*) 16

8.1.1 Kauran käyttö 16

8.1.2 Kauran jalostus 17

8.2 Ohra (*Hordeum vulgare*) 17

8.2.1 Ohran käyttö 18

8.2.2 Ohran jalostus 19

8.3 Herne (*Pisum sativum*) 20

8.3.1 Herneen käyttö 20

8.3.2 Herneen jalostus 20

8.4 Rypsi (*Brassica rapa subsp. Oleifera*) 21

9 Tutkimus tuhannen siemenen painon määrittämiseen käytettävien laitteiden vertailusta 21

9.1 Siemenlaskurin käyttö 22

9.2 Kuvantaminen Marvitech seed analyzerilla 23

10 Tulokset 31

10.1 Kaura 32
10.2 Ohra 34
10.3 Herne 35
10.4 Rypsi 36
11 Johtopäätökset ja pohdinnat 38
Lähteet 40

1 Johdanto

Kasvinviljelyn tiedetään alkaneen tuhansia vuosia sitten. Silloin viljeltiin kasveja, jotta pystyttiin turvaamaan oma ja perheen ravinnon saanti sekä pitämään elossa mahdolliset kotieläimet. Näin toimittiin, jotta voitiin varmistaa ruoan saanti jatkossakin. Viljasadosta säästettiin myös siemenviljat, jotka voitiin kylvää seuraavana kasvukautena uudestaan peltoon. Sen kummemmin satotasoa tai siemenkokoa miettimättä. Ensimmäisenä Suomeen rantautunut viljakasvi oli ohra, jonka viljely aloitettiin noin 4300 vuotta ennen ajanlaskun alkua. Ohran jälkeen muutkin viljakasvit alkoivat yleistymään (Syötävä kaupunki, 2017).

Monien tärkeiden viljelykasvien sadot ovat nousseet moninkertaisiksi kasvinjalostuksen vuosituhansina. Edelleen kasvinjalostuksessa edistytään koko ajan ja myös teknologiat kasvien eri ominaisuuksien mittaamiseen kehittyvät. Yksi jalostettavista ominaisuuksista sekä yksi satokomponenteista on siemenkoko, jota mitataan tuhannen siemenen painoa apuna käyttäen. Tuhannen siemenen painon avulla määritetään kasvin kylvötiheys ja kylvötiheyden avulla puolestaan lasketaan peltoon kylvettävien siementen määrä.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä Boreal Kasvinjalostus Oy:n kanssa. Työn tavoitteena on verrata Marvitech seed analyzerin tuhannen siemenen painoja Contador-E-siemenlaskurilla saatuihin tuloksiin. Teoriaosuudessa kerrotaan kasvinjalostuksesta yleisesti sekä avataan satokomponenttien merkitystä. Työssä perehdytään myös tarkemmin tuhannen siemenen painoon ja siemenen rakenteeseen. Lisäksi tutustutaan tutkimuksessa käytettäviin laitteisiin sekä tutkimusaineistoksi valittujen kasvilajien siementen tavoiteltuihin ominaisuuksiin. Tutkimusosuus keskittyy tutkimusmenetelmien havainnollistamiseen sekä tuloksien vertailuun ja niistä tehtäviin johtopäätöksiin.

2 Boreal Kasvinjalostus Oy

Boreal on perustettu jatkamaan suomalaisen kasvinjalostustyön perinteitä. Kasvinjalostuksen katsotaan alkaneen Suomessa vuonna 1904, kun perustettiin Suomen Kylvösiemenyhdistys. Suomen kasvinjalostustoimintoja organisoitiin uudestaan ja sen seurauksena vuonna 1994 perustettiin Boreal Kasvinjalostus Oy. Borealin koetoiminta

keskittyy pääasiassa Kanta-Hämeen Jokioisiin, mutta kenttäkokeita on laajasti ympäri Suomea. Kenttäkokeiden sijoittelulla voidaan testata kasvien toimivuutta pohjoisissa kasvuolosuhteissa eri kasvuvyöhykkeillä. Boreal toimii yhteistyössä viljelijöiden, teollisuuden ja siemenkaupan kanssa. Tarkoituksena on helpottaa käytännön viljelyä sekä vakauttaa kasvintuotanto kannattavaksi ja kehittäväksi nyt ja tulevaisuudessa. (Boreal, n.d.-a)

Borealilla on jalostusohjelmissaan mukana 13 lajia sekä lähes 20 eri lajiketyyppiä, joiden avulla varmistetaan laaja kasvilajivalikoima viljelijöille eri kasvuvyöhykkeillä. Kattavalla laji- ja lajikevalikoimalla voidaan taata monipuolinen viljelykierto viljelijän kasvuvyöhykkeestä riippumatta. Monipuolisella viljelykierrolla tehdään kasvintuotannosta kannattavampaa, koska sillä parannetaan maan kasvukuntoa sekä vähennetään tautipainetta. Lajikkeiden ja eri tuotteiden kehittämisellä on onnistuttu parantamaan muun muassa viljelyominaisuuksia, satovastetta ja viljelyvarmuutta. Lajikkeiden kehittämisellä sekä niiden ominaisuuksia parantamalla on satotasoa saatu nostettua kuitenkaan peltojen pinta-alaa lisäämättä. Taudinkestävyyden parantuminen on vähentänyt kuluja huomattavasti viljelijöiltä, sekä sen avulla on pystytty säästämään ympäristön kuormitusta vähentämällä kasvinsuojeluaineiden käyttöä. (Boreal, n.d.-b)

3 Kasvinjalostus

Kasvinjalostuksen tavoitteena on parantaa kasvien ominaisuuksia, joita kehittämällä voidaan parantaa satotasoa, joka on kasvinjalostuksen tärkein tavoite. Jalostus pohjautuu perinnöllisten ominaisuuksien muunteluun ja sen tarkoituksena on saada esille lajinsa parhaat yksilöt. Kasvin perimäaineksilla eli geeneillä ja ympäristötekijöillä, joita ovat mm. kasvuympäristö ja maalaji, voidaan vaikuttaa kasvin eri ominaisuuksien muunteluun. (Ruokatieto, n.d.-a)

Uuden yksilön kehittyessä geenit määräävät sille uuden kehittymisperustan eli genotyypin. Ympäristötekijöillä on myös suuri vaikutus kasvin kehitykselle. Ulkoiset tekijät antavat kasville tietynlaisen ilmiasun, jota kutsutaan puolestaan fenotyypiksi. Näitä ulkoisia tekijöitä muuttamalla voidaan samanlaiset genotyypit omaava kasvi saada näyttämään erilaiselta.

Kasvin kehittymisperustaa säätelevät geenit ja niihin voivat vaikuttaa useammat geenit yhtä aikaa, mikä pitää huomioida jalostustyötä tehdessä. (Fagerstedt ym.,2008, s.161)

3.1 Kasvinjalostuksen menetelmät

Aikojen saatossa on kehitetty monia eri menetelmiä kasvinjalostuksen kehittämiseksi. Erilaisia menetelmiä ovat valintajalostus, risteytysjalostus, mutaatiojalostus, polyploidiajalostus, heteroosijalostus, haploidiajalostus, geenitekniikka sekä Crispr-Cas-tekniikka.

Ensimmäisenä kehitetty kasvinjalostustekniikka on valintaan perustuva jalostus. Valintaan perustuvassa jalostuksessa etsitään yksilö, joka edustaa lajinsa parasta, luonnossa itsestään syntynyttä yksilöä. Risteytysjalostus taas on eniten käytetty jalostusmenetelmä, jossa yhdistelemällä kasvien parhaimpia ominaisuuksia pyritään jalostamaan uusi yksilö. Risteytysjalostuksessa perintötekijät jakautuvat sattumanvaraisesti, joten siinä tutkitaan laajasti eri yksilöitä. Mutaatiojalostuksessa pyritään muuttamaan kasvin perintötekijöiden rakennetta. Mutaatioita syntyy luonnossa myös itsekseen, mutta jalostuksella niiden syntymisen tiheyttä voidaan säädellä erilaisin menetelmin. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi säteilyenergia ja kemialliset aineet. Mutaatiojalostuksen merkitys kasvinjalostuksessa on nykyään kuitenkin vähäinen.

Polyploidiajalostuksessa perinnöllisen materiaalin määrä lisääntyy. Polyploidiasta saadaan suurin hyöty, kun sato korjataan juuresta tai kasvullisesta kasvin osasta, koska polyploidia lisää kasvin kasvua. Polyploidiaa hyväksikäyttämällä voidaan saada esimerkiksi kahden lajin risteytys lisääntymiskykyiseksi. Heteroosijalostus on toiselta nimeltään hybridijalostus, jossa hyödynnetään sadontuottokykyä lisäävää heteroosi-ilmiötä. Perimältään erilaisia ristipölytteisiä kasveja risteyttäessä syntyy heteroosia. Heteroosia voidaan havaita vain ensimmäisissä jälkeläisissä, joten jokaiselle kasvukaudelle on saatava uusi kylvösiemen.

Haploidiajalostuksessa hyödynnetään haploidiakasveja, jotka erottuvat puolikkaalla kromosomimäärällä normaaliin kasviin verraten. Haploidiakasveja voidaan tuottaa lajien välisen risteytyksen avulla hyödyntämällä solukkoviljelyä, jossa siitepölyhiukkasten

esiasteista kasvatetaan haploideja. Haploidiajalostuksen avulla voidaan nopeuttaa kasvinjalostusta huomattavasti. Geenitekniikkaa hyödyntämällä voidaan säädellä ja siirtää geenejä, sekä saada käyttöön hyödyllistä tietoa geenien rakenteesta. Geenitekniikassa käytetään hyväksi yhdistelmä-DNA-tekniikkaa. Kasvien kestävyyttä ja laadullisia ominaisuuksia kuten esimerkiksi kasvitautien taudinkestävyyttä on pystytty muokkaamaan geenin siirron avulla. Geenimuuntelu on kuitenkin luvanvaraista toimintaa ja se edellyttää aina riskien arvioinnin. Kasvinjalostuksessa on vuonna 2014 otettu käyttöön Crispr-Cas eli niin sanottu geenisaksien käyttö, jossa geenejä ei lisätä, vaan kasvin omaa perimää voidaan muokata katkaisemalla sen omasta DNA:sta pätkiä. Crispr-Casin avulla voidaan siis muokata kasvin ominaisuuksia poistamalla tai lisäämällä DNA:sta otettuja pätkiä. Myös geenisaksien käyttö EU-alueella on luvanvaraista, joten sen käyttö kasvinjalostuksessa saattaa jäädä hyvin minimaaliseksi. (Ruokatieto. n.d.-a)

3.2 Kasvinjalostuksen tavoitteet

Suomessa jalostusohjelmien tavoitteena on kehittää satoisia lajikkeita, jotka sopeutuvat hyvin pohjoisiin kasvuolosuhteisiin. Lajikkeiden kehittämisessä huomioidaan viljelijöiden, kaupan, teollisuuden ja kuluttajien tarpeet. (Farmit, 2010) Esimerkiksi Boreal Kasvinjalostus Oy:n jalostusohjelmat kattavat viljat, öljy-, ja palkokasvit sekä nurmikasvit. Jokaisella kasvilajilla on omat jalostukselliset tavoitteet, mutta silti samoja ominaisuuksia halutaan useammilta lajeilta. Kaikkien lajien päätavoite on kuitenkin korkea satotaso, joka korostuu kaikissa jalostusohjelmissa. Tässä työssä korostuva tuhannen siemenen paino on yksi monista kasvinjalostuksessa kehitettävistä ominaisuuksista (Boreal, n.d.-b)

Viljakasvien jalostusohjelmissa jalostuksellisena tavoitteena ovat mm. korrenlujuus sekä taudinkestävyys. (Boreal, n.d.-d) Palkokasvien jalostuksessa korostuu laonkestävyys sekä hyvän valkuaispitoisuuden tavoittelu (Boreal, n.d.-c). Öljykasvien jalostusohjelmissa keskitytään viljelyvarmuuteen, korren lujuuteen ja taudinkestävyyteen. Laadullisesti öljykasveilta toivotaan tietysti hyvää öljypitoisuutta. (Boreal, n.d.-f)

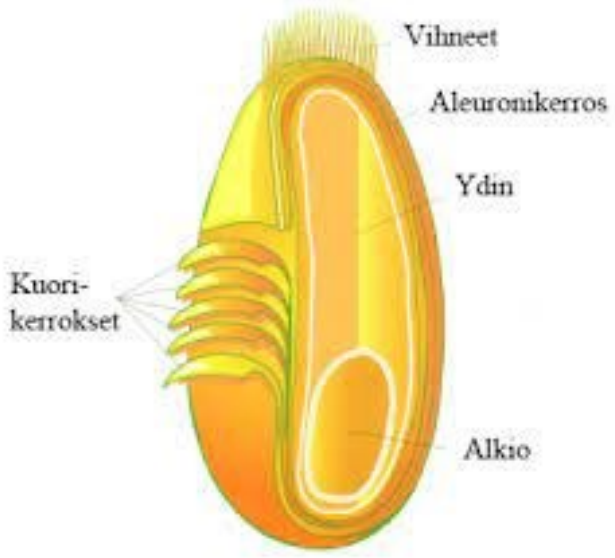
4 Siemenen rakenne

Siemen sisältää kaiken, mitä uusi kasvi tarvitsee kasvaakseen. Siemenen sisällä on vararavintoa, joka on kasvin kasvun kannalta merkittävää, jotta haluttu kasvu voidaan saavuttaa. (Peltonen-Sainio ym., 2003, s. 9) Eri viljalajien siemenillä on samanlainen perusrakenne, vaikka jokaisella on omia poikkeuksiaan. Ohraa ja kauraa ympäröi siemenen uloin osa eli akana, se erotetaan siemenestä puitaessa tai sen jälkeen. Viljan siemen koostuu kolmesta eri osasta, jotka ovat siemenkuori, joka suojaa siementä kosteuden vaihteluilta ja säätelee sen vedenottoa. Jauhoydin eli endospermi on siemenen vararavintovarasto ja itse jyvän alkio, joka vaatii sirkkataimen kasvua varten ravintoaineita. (Peltonen-Sainio ym.,2003, s.10)

Viljan siemenen kuorikerroksia kutsutaan jauhatuksessa yleisesti leseeksi. Niihin kuuluvat pericarp eli hedelmäseinä ja testa eli siemenkuori, jotka koostavat noin kahdeksan prosenttia koko siemenen painosta. Hedelmäseinä pitää sisällään useita solukerroksia, kivennäisaineita ja paljon ravintokuitua. (Leipätiedotus, n.d.-b). Viljan jyvän siemenkuori puolestaan sisältää pigmenttejä, tanniineja sekä polyfenoleja eli kasvien aineenvaihduntatuotteita, jotka suovaajat kasveja ulkoisilta haitoilta esim. UV-säteilyltä ja taudinaiheuttajilta (Kehittyvä elintarvike, 2019).

Jauhoydin eli endospermi koostuu tärkkelyksestä, proteiinista ja erilaisista mineraaleista. Jauhoydin muodostaa noin 80–85 % jyvän kokonaispainosta, mutta jauhoytimen uloin kerros eli aleuronikerros sisältää proteiineja, hiilihydraatteja, rasvoja sekä vitamiineja ja kivennäisaineita. (Kuva 1.) Kauran aleuronikerroksessa on vain yksi kuutiomaisista soluista rakentunut solukerros, kun puolestaan ohran siemenessä niitä voi olla jopa neljä. (Leipätiedotus, n.d.-b)

Kuva 1. Viljan siemenen perusrakenne. (Leipätiedotus, n.d., Dia 3.)



Viljan siemenessä on tietysti myös alkio, joka varastoi ja välittää tarvittavia ravintoaineita kasvinalulle. Alkion yksi osa on alkeiskilpi, joka auttaa siemenen kasvua ja kehitystä etenkin itämisvaiheessa. Se erittää paljon ravintoaineita, joita siemen tarvitsee kasvaakseen. Alkion osuus koko jyvän painosta on vain 2–3 %. (Leipätiedotus, n.d.-b)

5 Viljan satokomponentit

Satokomponenteista muodostuu hehtaarilta saatava sato. Erilaisilla viljelytekniikoilla ja tuotantopanoksilla saadaan vaikutettua satokomponentteihin. Tuotantopanoksia kasvinviljelyssä ovat siemenet, lannoitteet, kasvinsuojeluaineet sekä polttoöljy. Kasvukauden aikana satokomponentteja seuraamalla voidaan tehdä arvioita tulevista viljelytoimista. Satokomponentit muodostuvat oraiden lukumäärästä neliöllä, versojen lukumäärästä neliöllä, tähkien lukumäärästä neliöllä, jyvien lukumäärästä tähkässä ja tuhannen siemenen painosta. Lopullisen sadon satokomponentit muodostuvat kolmesta viimeisestä eli tähkien lukumäärästä neliöllä, jyvien lukumäärästä tähkässä ja tuhannen siemenen painosta.

Orastiheys lasketaan ennen kasvustossa tapahtuvaa versomista. Viljan oraat ovat vasta juuri itäneitä viljelykasvin taimia. Kylvövantaiden välin ollessa kylvettäessä 12,5 cm lasketaan oraat 80 cm:n matkalta ja kerrotaan saatu luku kymmenellä. Vannasvälin muuttuessa myös laskukaava muuttuu sen mukaan. Orastiheys on hyvä laskea useammasta kohdasta lohkolta ja käyttää saatujen lukujen keskiarvoa. Versojen määrä neliöllä lasketaan, kun viljelykasville on tullut jo lehtivihreää pinta-alaa. Kyseinen määrä voidaan laskea mittaamalla lohkolta neliön ala, sekä laskea sen sisälle jäävät viljakasvin versot. Tähkien lukumäärä neliöllä on seuraava mitattava satokomponentti, versomisen jälkeen, kun viljakasvi alkaa muodostamaan tähkää. Tähkävaiheessa lasketaan viljakasvin tähkien määrä lohkolla neliön pinta-alalta.

Tähkän jyväluku muodostuu korrenkasvun ja kukinnan välillä, jolloin kasville riittävän veden ja ravinteiden saanti on tärkeässä asemassa. Tähkän jyvälukua voidaan seurata tähkiä tarkkailemalla. Yksi suuren sadon edellytyksistä on tehokkaasti yhteyttävä kasvusto, jossa ei esiinny kasvitauteja. Kasvitaudit ovat yleisin syy pieneen jyväkokoon, koska tautien kellastuttaessa lehdet jäävät jyvät pieniksi ja hehtolitrapaino alhaiseksi. Jyvän täyttymisen vaihe on ratkaisevaa aikaa, koska yhteyttämistuotteet siirtyvät lehdistä ja korresta jyviin. Mitä pidempi jyvän täyttymisjakso on, sen suuremmaksi jyväkoko kasvaa. Suureen jyväkokoon voidaan vaikuttaa myös eri lajikevalinnoilla ja oikeaan aikaan tehdyllä lannoituksella. (Farmit, n.d.)

6 Tuhannen siemenen paino

Tuhannen siemenen paino eli lyhennettynä TSP on nimensä mukaisesti paino tuhannelle siemenelle. Tuhannen siemenen painoa määritetään kasvinjalostuksessa, koska sen avulla voidaan kehittää sadon laatua ja jyväkokoa. Tuhannen siemenen paino on ominaisuutena hyvin periytyvä, jonka vuoksi tuhannen siemenen painoa on kohtuullisen helppo kasvattaa jalostuksessa. (Boreal Kasvinjalostus Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 2023)

6.1 Tuhannen siemenen painot eri lajeilla

Tuhannen siemenen painoon vaikuttavat myös kasvin ulkoiset tekijät kuten kasvuympäristö eli maalaji ja kasvupaikka sekä kasvuolosuhteet, jotka vaikuttavat eri tavalla eri lajikkeiden kohdalla. Esimerkiksi kauralajikkeilla tuhannen siemenen paino vaihtelee eri vuosina kasvuolosuhteista riippuen. Vuoden 2018 kesä oli Suomessa poikkeuksellisen kuiva ja kuuma, josta syystä vuotuinen sademäärä oli alhainen (Ilmatieteenlaitos, 2019).

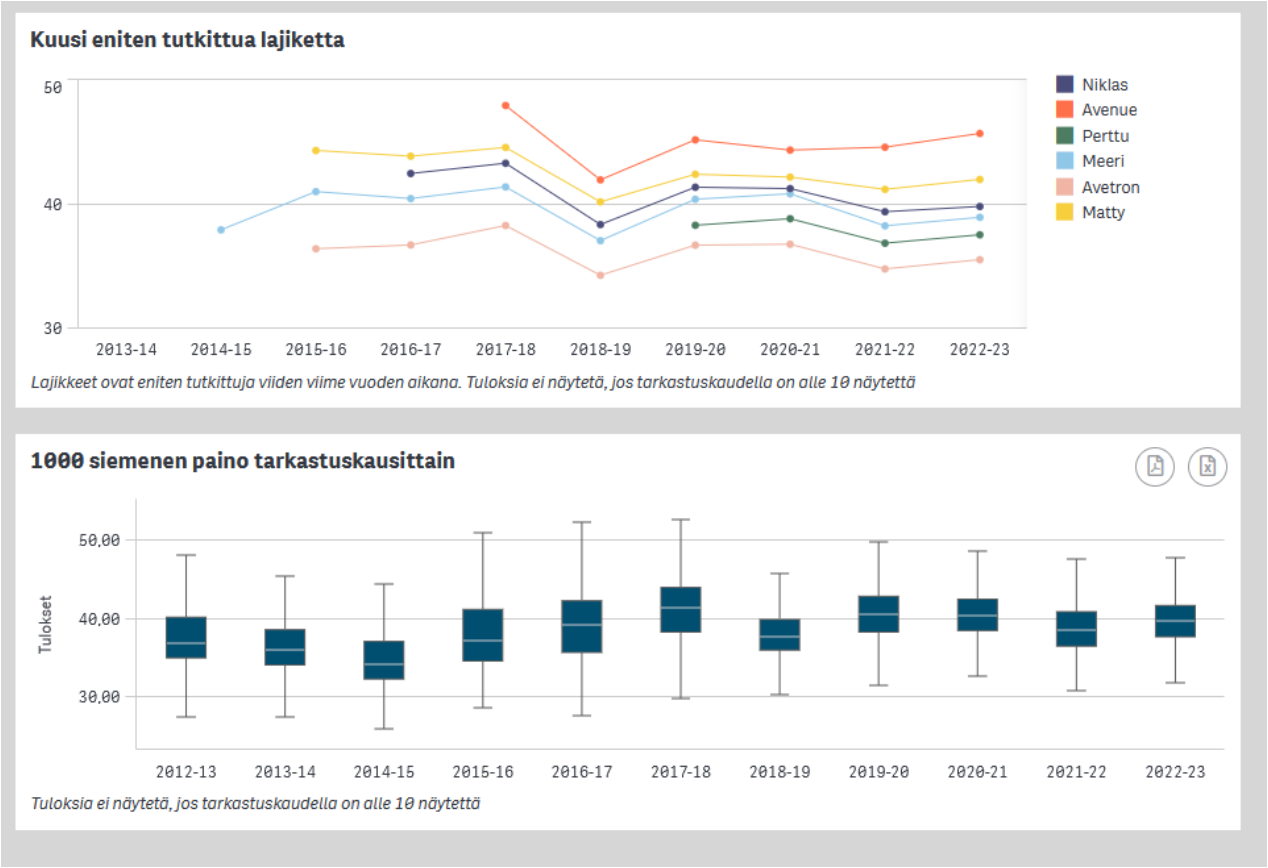
Ruokaviraston sivuilta löytyy portaali, jossa esitetään ajantasaista ja pidemmän aikavälin yhteenvetotuloksia siemenen laatutiedoista. Tulokset on koottu sertifiointia varten Suomessa tarkastettavista siemeneristä, tilaustutkimuksina analysoitavien siemenpakkaamoiden raakaeristä ja viljelijöiden omista siemenistä. Kesän 2018 kuumuus ja kuivuus voidaan nähdä esimerkiksi Avenue-kauralajikkeen kohdalla, jolloin vuonna 2018 tuhannen siemenen painon keskiarvo oli 41,97 g, kun taas vuonna 2022 Avenue kauralajikkeen tuhannen siemenen painon keskiarvo oli 45,86 g (Taulukko 1; Kuva 2.). (Ruokavirasto, n.d.)

Taulukko 1. Kauran tuhannen siemenen painoja lajikkeittain vuosina 2012–2023. (Taulukko. Ruokavirasto, n.d.)

1000 siemenen painot lajikkeittain tarkastuskausina 2012-2023

Lajike	Näytteet lkm	Tulos Minimi	Tulos Maksimi	Tulos Keskiarvo
Totals	**10626**	**24,1**	**54,8**	**38,8**
Niklas	2160	29,8	49,5	40,8
Akseli	1595	25,9	40	33,7
Meeri	596	33,6	46,4	40,0
Ringsaker	532	30,5	42,7	35,1
Matty	440	35,7	50,7	42,7
Avetron	410	31	43,7	36,3
Avenue	409	36	54,8	44,9
Steinar	356	31,8	43	38,7
Perttu	322	29	43,5	37,9
Marika	288	33,5	44,7	39,6
Riina	285	30,2	40,4	35,4
Peppi	262	26,8	44,5	35,6
Belinda	223	31,1	45,8	39,4
Eemeli	197	30,9	43	37,4
Harmony	190	37,2	53,3	46,9
Avanti	188	32,5	47,6	40,6
Benny	182	36	47,1	40,7
Rocky	181	35,8	47,4	41,2
Iiris	157	34,4	46,9	42,2
Bettina	156	33,6	45,5	39,1
Nella	154	33,5	42,2	38,2
Venla	151	36,7	42,1	35,7

Kuva 2. Kauralajikkeiden tuhannen siemenen painon muutokset lajikkeittain vuosina 2012–2023. (Kuva. Ruokavirasto, n.d.)



Lajikkeiden sopeutuminen esimerkiksi kylmän kestävyyteen on geeneistä riippuvaa, joten niiden periytymistä ei voida tarkasti tietää. (Fagerstedt ym.,2008, s.175) Painojen muutokset johtuvat yleensä siemenerien sisällä olevien siementen kokoeroista, joita jalostetaan pois tuhannen siemenen painoa nostamalla. Alla olevassa taulukossa esitellään yleisimpien lajien tuhannen siemenen painojen keskiarvoja. (Taulukko 2.). Tästä voidaan huomata, kuinka suuria eroja TSP:ssä on eri lajeilla, koska rypsin TSP on 2–3 g, kun taas herneellä 180–350 g riippuen tietenkin lajikkeesta ja kyseisen lajikkeen jalostuksen vaiheesta. (Ruokavirasto n.d.)

Taulukko 2. Eri kasvilajien tuhannen siemenen painojan keskiarvoja. (Taulukko. Boreal Kasvinjalostus Oy, 2022)

Laji	**TSP**
Kaura	36 g
Vehnä	36 g
Mt ohra	42 g
Kt ohra	48 g
Herne	180–350 g
Rypsi	2–3 g

6.2 Merkitys viljelijöille

Viljelijöille tuhannen siemenen paino on yksi olennaisista asioista pellolta muodostuvan sadon kannalta. Tuhannen siemenen painon ja itävyyden avulla voidaan laskea kylvömäärä ja sen avulla kyseisen lajin kylvötiheys (Taulukko 3). Viljelijä voi itse laskea tuhannen siemenen painon, mutta palvelu on myös ostettavissa esimerkiksi Ruokavirastolta. Kylvömäärä lasketaan käyttäen kaavaa: kylvötiheys (kpl/m^2) kerrottuna tuhannen siemenen painolla (g), jonka jälkeen saatu luku jaetaan kyseisen siemenen itävyysprosentilla. (Ruokavirasto, n.d.)

Suurempi jyväkoko lisää tarvittavan kylvösiemenen määrää, mikä lisää viljelijän kustannuksia. Toisaalta suurempi jyväkoko lisää korjattavan sadon määrää, mikä kompensoituu moninkertaisesti suuremmasta kylvösiemenestä aiheutuvan kustannuksen. (Boreal Kasvinjalostus Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 2022)

Taulukko 3. Eri kasvilajien sopiva kylvötiheys. (Taulukko. Ruokavirasto, n.d.)

Sopiva kylvötiheys, kpl/m²	
Laji	**kpl/m²**
Ohra	450 - 550
Mallasohra	500 - 550
Kaura	500 - 550
Kaura, paljasjyväinen	550 - 600
Kevätvehnä	650 - 700
Kevätruis	500 - 600
Syysruis	450 - 500
Syysruis, hybridit	
-kylvö 20.-25.8.	150 - 170
-kylvö elo-syyskuun vaihde	200
-kylvö 10.9. jälkeen	220
Syysvehnä	500 - 550
Ruisvehnä	450 - 500

6.3 Tuhannen siemenen painon mittauksessa käytettävät menetelmät

Tuhannen siemenen painon määrittämisessä yksinkertaisin mittaustapa on laskea tuhat siementä ja punnita ne. Punnitusyksikkö on gramma. Useampaa näytettä määritettäessä voidaan laskea esimerkiksi 200 siementä ja punnita niiden paino. Punnituksen jälkeen kerrotaan saatu paino viidellä, jolloin saadaan paino tuhannelle siemenelle. Käsin laskettaessa siemenet voidaan laskea tason päällä ja käyttää tarvittaessa apuna esim. viivoitinta tai pinsettejä, ettei siemenet tartu käsiin kiinni. Varsinkin piensiementen kanssa siementen erottelu käsin voi tuoda haasteita niiden laskemiseen. Näyte otetaan valitusta erästä niin, että se vastaa mahdollisimman laadukkaasti koko erän laatua. TSP lasketaan puhtaista siemenistä, josta roskat ja rikat on puhdistettu etukäteen pois. (Ruokavirasto, n.d.) Siementen laskemista nopeuttamaan ja helpottamaan on käytettävissä erilaisia laitteita. Saatavilla on perinteisempiä siemenlaskureita ja uutena tulokkaana ovat kuvantamiseen perustuvat laitteet.

7 Tuhannen siemenen painon määrittämisessä käytettävät laitteet

Tässä osiossa perehdytään opinnäytetyössä käytettyihin laitteisiin, muiden valmistajien laitteita ja laskureita ei käydä läpi. Yleisimmin Suomessa käytettyä ja pitkään markkinoilla

ollutta Contador-E-siemenlaskuria vertaillaan uudempaa mittausmenetelmää edustavan Marvitech seed analyzerin kanssa. Siemenlaskuri laskee siemenet yksittäin niiden pudotessa valosähköisen laskijalaitteen läpi. Kuvantamislaite kuvaa siemenet, jolloin ohjelma laskee kuvasta siemenmäärän.

7.1 Pfeuffer Contador-E- siemenlaskuri

Contador-E-siemenlaskuria käytetään suurimmaksi osaksi viljakasvien ja erilaisten piensiementen määrän laskemiseen. (Kuva 3.) Laskuriin on mahdollista valita kolme erikokoista kaukaloa erikokoisille siemenille. Pienin kaukalo on optimaalinen piensiemenille, eli esimerkiksi tässä työssä käytetylle rypsille. Keskimmäinen kaukalo on viljakasvien siementen laskemiseen ja suurin kaukalo puolestaan soveltuu suuremmalle siemenkoolle esimerkiksi tässä työssä käytetylle herneelle. (Teopal, n.d.)

Kuva 3. Siemenlaskurin avulla saadaan laskettua tuhannen siemenen paino. (Kuva. Rautiainen, 2023)

Siemenlaskurin laskentanopeus määräytyy automaattisesti siemenen koon perusteella tai nopeuden voi säätää manuaalisesti. Siemenlaskuri laskee siemenet, joiden koko on 0,3 mm - 15 mm. Laskuriin määritetään siementen kappalemäärä, jonka laskurin halutaan laskevan. Siemenmääräksi voidaan asettaa 1–99 950 siementä. (Teopal, n.d.)

7.2 Marvitech seed analyzer

Marvitech GmbH on saksalainen siemenjalostukseen ja siementen käsittelyyn suunniteltujen laitteiden valmistaja. Marvitechin valikoimassa on laitteita, joilla kuvataan ja analysoidaan eri kokoisia siemeniä. Marvitech CompactLinen avulla voidaan kuvantaa piensiemeniä, esimerkiksi nurmikasvien siemeniä. Marvin ProLine soveltuu parhaiten keskikokoisten siementen kuvaamiseen. Vuonna 2022 markkinoille on tullut Marvin XLine, joka on isoja siemenkokoja varten, joten sen avulla voidaan kuvantaa mm. maissin ja auringonkukan siemeniä. Lisäksi sillä voidaan kuvata isompia siemenmääriä. Keväällä 2023 markkinoille tulee MarvinVisionLine, jolla on lisäksi mahdollista analysoida siementen väriä. Toimintaperiaate jo markkinoilla olevissa laitteissa on kaikissa sama. Laitteissa on korkearesoluution CMOS digitaalinen kamera, jolla erä siemeniä kuvataan. Kuvattu siemenerä punnitaan ja kuva analysoidaan Marvin software 6-ohjelmalla. Tässä työssä käytettiin Marvin ProLine- kuvantamislaitetta, josta kerrotaan tarkemmin.

Marvin ProLinella voidaan kuvata siemeniä, jotka ovat suurempia kuin 0,5 mm^2. Laite ottaa kuvan alle kolmessa sekunnissa, jonka aikana ohjelma laskee siemenet ja havaitsee kuvasta myös rikkonaiset siemenet ja roskat. Laitevalmistajan mukaan laite laskee siemenet 99,9 % tarkkuudella. Kyseisessä laitteessa on riittävän iso kuvantamisalue, jolla voidaan mahdollistaa isommankin siemenerän laskeminen kerralla. Marvitech seed analyzer mahdollistaa jopa 1000 jyvän kuvantamisen yhdellä kertaa. (Kuva 4.)

TSP:n lisäksi laite kertoo siemenestä monia muita ominaisuuksia, kuten jyvän pituuden, leveyden ja pinta-alan sekä siemenen muodon. Ohjelmaan voidaan säätä 20 eri fraktiota, joihin siemenet jaetaan kokonsa puolesta. (Marvitech, n.d.)

Kuva 4. Marvitech seed analyzer-kuvantamislaite. (Kuva. Rautiainen, 2023)

Marvin software 6-ohjelman avulla kameralla otetusta kuvasta määritetään eri ominaisuuksia. Joka kasvilajille luodaan oma profiili ja valitaan tiedot, mitä kasvilajista halutaan tuoda esille ja tallentaa. Tiedot ohjelmasta voidaan tallentaa erilaisiin tiedostomuotoihin tai tallentaa kuva ja tiedot yhdessä, mutta se vie paljon tietokoneen tallennustilaa. (Marvitech, n.d.)

8 Tuhannen siemenen painon mittauksessa käytettävä aineisto

Tuhannen siemenen painon mittaamisessa käytettävä aineisto valikoitiin eri viljelykasvien siemenkoon ja muodon mukaan. Näytteitä valittiin eri vuosilta sekä valikoitiin näytteitä, joilla TSP vaihteli lajin sisällä. Mukaan otettiin tarkoituksella myös roskaisia ja rikkoja sisältäviä eriä. Työhön valittiin myös kuorellisia ja kuorettomia siemeniä. Kauran pitkulainen muoto ja kuorellisuus ovat hyvä vertailukohde rypsin ja herneen pyöreän siemenen kuvantamiselle. Tutkimuksessa käytetään viljakasveista ohraa ja kauraa sekä suuren kokoeronsa puolesta herneen ja rypsin siemeniä.

8.1 Kaura (*Avena sativa L.*)

Kaura on itsepölytteinen viljelykasvi. Sen viljelysala Suomessa oli noin 337 000 hehtaaria vuonna 2022. Viljellyin kauralajike Suomessa on tällä hetkellä 24 % osuudellaan Boreal Kasvinjalostus Oy:n Niklas-kaura. (Vilja-alan yhteistyöryhmä, 2022)

8.1.1 Kauran käyttö

Suomessa noin 50 % kaurasadosta käytetään rehuksi, kun taas lähes puolet menee elintarviketeollisuuteen. Elintarviketeollisuuden osuus menee joko vientiin tai kotimaan tuotantoon. (Kuva 5.) Maatiloilla käytettävän rehun osuus on ollut tasaisessa laskussa ja puolet rehuksi menevästä kaurasta käytetään enää suoraan tiloilla. (Luke, n.d.) Rehukauran laatuvaatimuksiin kuuluvat alhainen kosteus, riittävän suuri hehtolitrapaino ja roskattomuus. Elintarvikkeeksi menevän kauran laatuvaatimukset ovat kuitenkin tiukemmat; hehtolitrapainon pitää olla korkea ja jyväkoon suuri. Jyvien vaalea ja kirkas väri ovat myös osana laatuvaatimuksia elintarvikekauralla. (Yara, n.d.)

Kuva 5. Kaurasadon käyttö Suomessa 2021/22. (Kuva. Luke, n.d.)

8.1.2 Kauran jalostus

Kauran jalostuksessa mitataan ja parannetaan teollisuuden asettamia laatuominaisuuksia. Kauran jalostuksen tärkeimmät laatutavoitteet ovat korkea hehtolitrapaino, pieni pienten jyvien osuus, pullea jyvä ja hyvät kuoriominaisuudet (Boreal Kasvinjalostus Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 2022).

Kauran laatuominaisuudet ovat viime vuosina puhuttaneet paljon, jonka takia sen jalostukseen ja erilaisiin käyttöominaisuuksiin perehdytään aiempaa enemmän. Siemenerissä esiintyviä epäpuhtauksia erotellaan siemenistä seulomalla. Epäpuhtauksia ovat esimerkiksi surkastuneet tai rikkoutuneet siemenet, muiden viljojen siemenet tai oljenkorret. (Leipätiedotus, n.d.-c)

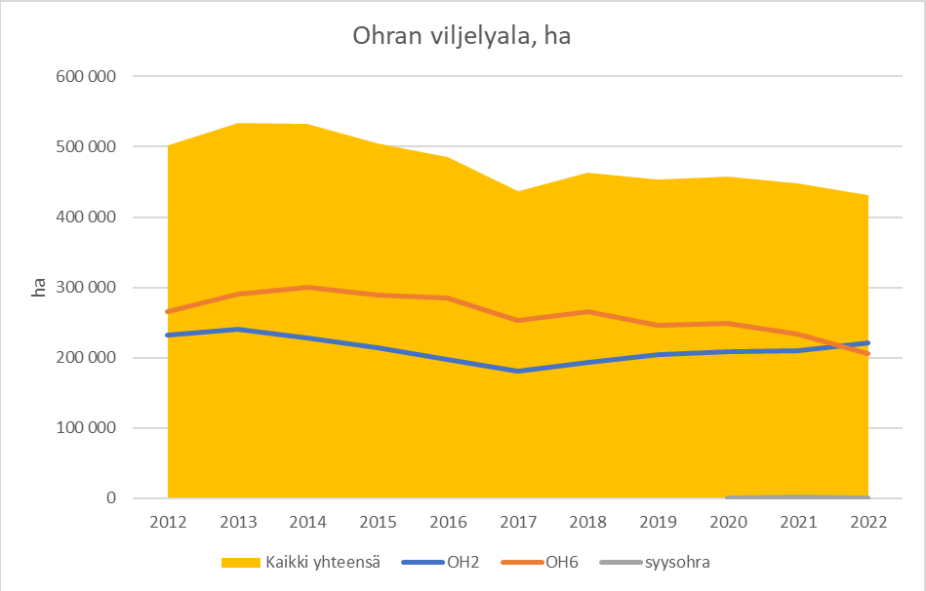
Kauralla ympäristöolot kuten kuivuus ja korkea lämpötila, sekä lako ja ravinnepuutokset saattavat lyhentää siemenen täyttymisaikaa. Tämän seurauksena voi olla litteät jyvät, jolloin kauran siemeneltä toivottu pulleus ei toteudu. Kauran röyhyssä on tähkylä, jossa ulkojyvä on suurempi kuin sisäjyvä sekä kaura saattaa kasvattaa tähkylään kolmannen jyvän. Yleensä kolmas jyvä jää usein pieneksi ja lisää entisestään lajittelussa syntyvää jätettä. (Hankkija, n.d.)

Tulevaisuudessa on tarkoituksena käyttää Marvitech seed analyzer-kuvantamislaitetta, jotta voidaan kuvantamisella nähdä myös kauran jyvän pulleus jyvän pituuden ja leveyden suhteena. (Boreal Kasvinjalostus Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 2022)

8.2 Ohra (*Hordeum vulgare*)

Ohra on Suomessa ensimmäisenä viljelyyn otettu viljakasvi ja se on edelleen Suomen viljellyin viljakasvi. Vuonna 2022 ohraa viljeltiin Suomessa noin 429 000 ha. Monitahoisen ohran viljely on ollut pitkään yleisempää kuin kaksitahoisen ohran, mutta vuonna 2022 kaksitahoisen ohran viljelyala oli monitahoista suurempi. (Kuva 6.) (Vilja-alan yhteistyöryhmä, 2022)

Kuva 6. Ohran viljelyala Suomessa 2012–2022. (Kuva. Vilja- alan yhteistyöryhmä, 2022)



8.2.1 Ohran käyttö

Ohra on tärkein Suomessa käytettävä rehuvilja ja myös merkittävä raaka-aine teollisuudelle. Lähes 70 % suomalaisesta ohrasta käytetään rehuksi, maatiloilla ohrasta menee rehukäyttöön noin 50 %. (Kuvio 2.) Suurin osa rehuohrasta menee sikatiloille sikojen ruoaksi, mutta muidenkin tuotantoeläinten ruokinnassa sitä käytetään. Ohran elintarvikekäyttö on vähäistä. Noin neljännes sadosta menee elintarvikkeissa hyödynnettävien ohrajalosteiden, kuten maltaiden ja tärkkelyksen tuotantoon. (Leipätiedotus, n.d.-a)

Kuva 7. Ohrasadon käyttö Suomessa 2021/22. (Kuva. Luke, n.d.)

8.2.2 Ohran jalostus

Ohran jalostuksessa painotetaan eri ominaisuuksia lajikkeen käyttötarkoituksen mukaan. Yhteinen tavoite kaikille on runsas, suurijyväinen ja puhdas sato. Monitahoisesta ohrasta jalostetaan pääosin rehuohria, joille valkuaispitoisuus, hehtolitrapaino ja tuhannen siemenen paino ovat tärkeitä laatuominaisuuksia. Lisäksi huomiota kiinnitetään myös jyväkokoon, muotoon ja tasakokoisuuteen. (Boreal, n.d.-e)

Kaksitahoisen ohran jalostuksessa tärkeässä roolissa on mallaskäytön edellyttämien laatuominaisuuksien kehittäminen. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa suuri ja tasainen jyväkoko ja korkea tärkkelys- ja uutepitoisuus. (Boreal, n.d.-e) Myös korkea itävyys ja matala valkuaistaso ovat mallasohran tärkeitä laatuvaatimuksia. Viljan vastaanoton laatuvaatimuksia ovat esimerkiksi lajikepuhtaus, jossa vaaditaan 95 % osuus oikeasta lajikkeesta, jolloin 5 % siemenerästä saa olla vierasta lajiketta eikä siitä veroteta hinnasta. Lajipuhtaus puolestaan hyväksyy vain 2 % virhemarginaalin, koska 98 % pitää olla kyseistä lajia eli mallasohraa. Haljenneita jyviä saa puolestaan olla 5 % koko erästä. (Vikingmalt, 2022)

Mallasohran jalostuksessa hyvän mallaslaadun tavoittelussa törmätään myös jyvien katkeamisherkkyyteen, varsinkin sadon kehittyessä kuivissa ja kuumissa olosuhteissa. Kuvantamalla nähdään erät, joissa on haljenneita siemeniä. Haljenneita siemeniä tuottavat linjat voidaan karsia pois jo varhaisessa jalostusvaiheessa. Mallas- ja tärkkelysohrien yksi laatuvaatimuksista on lajittelu, eli siementen tasakokoisuus. Siementen tasalaatuisuudesta saadaan tietoa lajittelemalla siemenerät oikean kokoisten seulojen avulla. Marvitech seed analyzerin avulla se voitaisiin tehdä kuitenkin kuvantamalla, koska laitteesta saatu data näyttää kuvatun siemenerän siemenkoot eri fraktioihin jaoteltuna. (Boreal Kasvinjalostus Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 2022)

8.3 Herne (*Pisum sativum*)

Herne luokitellaan palkokasviksi ja se kuuluu typensitojakasveihin. Herne on hyvä kiertokasvi viljelykierrossa, sillä se sitoo typpeä maaperään kasvukauden aikana ja parantaa pellon kasvukuntoa. (Atria tuottajat, n.d.) Valkuaiskasvien viljelyala on ollut merkittävässä nousussa viimeisten vuosien ajan. Kymmenessä vuodessa herneen viljelyala on kasvanut lähes kymmenkertaiseksi. Vuonna 2022 hernettä viljeltiin 34 500 hehtaarilla, josta ruokahernettä oli 5 700 hehtaarilla (Vilja- alan yhteistyöryhmä, 2022). Viljelijöitä on kannustanut hernekylvöihin herneen kysynnän kasvu kotimaisessa rehutuotannossa.

8.3.1 Herneen käyttö

Hernettä käytetään sekä eläinten rehuksi että elintarvikkeeksi. Suurin osa sadosta käytetään maatiloilla eläinten ruokintaan, joko suoraan pellolta tai teollisina rehuina. Herne soveltuu hyvin tuotantoeläinten rehuksi korkean valkuaispitoisuuden vuoksi (Luke, 2023). Herneen tärkein laatuominaisuus on sen valkuaispitoisuus (230 g/kg ka), joka on kohtalainen mutta ei yllä yhtä hyvään valkuaisarvoon kuin rypsi (Hämeen ammattikorkeakoulu, 2019).

8.3.2 Herneen jalostus

Herneestä jalostetaan lajikkeita rehukäyttöön, jolloin laadullisesti panostetaan korkeaan valkuaispitoisuuteen. Rehuherneet ovat yleensä keltasiemenisiä. Hernettä jalostetaan myös

ruokakäyttöön, jolloin valitaan vihreäsiemenisiä lajikkeita ja laadullisesti panostetaan hyvään keitto-ominaisuuteen. Kaikilta hernelajikkeilta käyttökohteesta riippumatta vaaditaan satoisuutta ja hyvää laonkestävyyttä. (Boreal, n.d.-c)

Herneen jalostukselta halutaan keskikokoista tai mieluummin hiukan pienempää siementä. Isossa siemenessä tulee ongelma jo puidessa, koska puimurin säädöissä tarvitsee olla huolellinen, että siemen ei rikkoudu. Jos siemen rikkoutuu jo puintivaiheessa, laskee se koko sadon itävyysprosenttia ja itävyys kyseisellä erällä tulee laskemaan reilusti. Pienempi siemenkoko herneellä on myös viljelijän kannalta hyödyllistä, koska pienempi kilomäärä tarvittavaa kylvösiementä laskee viljelijän kustannuksia. (Boreal Kasvinjalostus Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 2022)

8.4 Rypsi (*Brassica rapa subsp. Oleifera*)

Rypsi kuuluu nauriin alalajeihin ja sitä voidaan käyttää viljelykierrossa vain joka viides vuosi. Rypsi ja rapsi ovat viljelykasveja, jotka parantavat maan kasvukuntoa, sillä niistä jää maahan paljon typpeä. (Ruokatieto,2023) Öljykasveista on viljelyssä Suomessa pääasiassa rypsin ja rapsin kevätmuotoja ja nykyisin jonkin verran myös syysmuotoja. Kevätmuotoisia öljykasveja viljeltiin noin 40 600 ha ja syysmuotoisia noin 2000 hehtaaria vuonna 2022. Kevätrypsiä viljeltiin 31 400 hehtaaria (Vilja-alan yhteistyöryhmä, 2022). Tuholaispaineiden lisääntyminen ja peittausaineiden kieltäminen EU:n alueella on kyseenalaistanut öljykasvien viljelyä, joten niiden viljelyhalukkuus on tämän seurauksena vähentynyt (MTK, 2020). Rypsin siemenestä noin 40 % on öljyä ja noin 20 % on valkuaista, jota käytetään tuotantoeläinten valkuaisrehuna (Ruokatieto, n.d.-b).

9 Tutkimus tuhannen siemenen painon määrittämiseen käytettävien laitteiden vertailusta

Tutkimuksen toimeksiantona oli Marvitech seed analyzerin ja Contador-e siemenlaskurin vertailu. Työ toteutettiin, jotta saadaan vertailtua uuden ja vanhan menetelmän tulosten

luotettavuutta. Opinnäytetyön tutkimuksessa käytettiin Marvitech seed analyzer -kuvantamislaitetta, jonka avulla pyritään uudistamaan tuhannen siemenen painon mittausta ja monipuolistamaan yhdellä laitteella saatavaa analyysidataa. Vertailukohteena uudelle laitteelle työssä käytetään Borealilla pitkään käytössä ollutta Contador-E siemenlaskuria. Tutkimusaineistona toimivat viljelykasvit kaura, ohra, herne ja rypsi.

Työn toiminnallinen osuus tapahtui Boreal Kasvinjalostus Oy:n tiloissa Jokioisilla. Toiminnallinen osuus suoritettiin syksyn 2022 ja kevään 2023 aikana. Työssä käytettiin Boreal Kasvinjalostus Oy:n aineistoja, jotka oli varastoitu pusseihin. Pusseihin oli merkitty kyseisen pussin sisällön mukaan lajike, laji, koenumero sekä kokeen ruutunumero. Pussissa olevat siemenet sekoitettiin hyvin ennen näytteen ottamista, jotta näytteestä saatiin mahdollisimman kokonaisvaltainen ja luotettava. Työssä tehtiin jokaisesta näyte-erästä kymmenen rinnakkaista näytettä, jotka määritettiin molemmilla laitteilla. Määräksi valikoitui kymmenen näytettä, jotta näytteestä tuli mahdollisimman kattava ja koko näytteeseen nähden kokonaisvaltainen. Lopulta lajista riippuen näytemäärä vaihteli 5–20 näytekokonaisuuden välillä.

9.1 Siemenlaskurin käyttö

Mitattavan lajin mukaan siemenlaskuriin valittiin lajille sopivan kokoinen syöttöastia, johon laitettiin 25 ml mitalla siemeniä. Laskijaan valittiin siemenmääräksi 200 kpl ja haluttu nopeus, jolla laskija laskee siemenet (Kuva 8.). Laitteeseen valittu syöttöastia tärisee sähkömagneettisen voiman ansiosta laskennan aikana ja laskettavat siemenet valuvat valosähköisen laskijalaitteen läpi ulos laitteesta. Valosähköinen laskijalaite rekisteröi ohimenevät jyvät kappaleiksi, jonka avulla haluttu määrä siemeniä saadaan laskettua. Laite pysähtyy automaattisesti valitun siemenmäärän laskettuaan. (Pfeuffer, 2023)

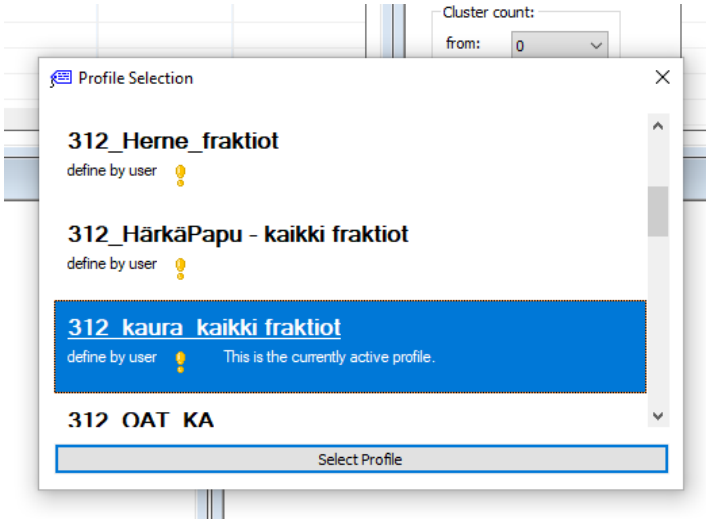
Kuva 8. Siemenlaskuri laskemassa siemeniä. (Kuva. Rautiainen, 2023)

Kun haluttu siemenmäärä eli tässä tapauksessa 200 siementä oli laskettu, voitiin näyte siirtää vaa´alle. Siemenmäärä punnittiin ja siitä saatu paino merkittiin ylös. Siemenerän paino kerrottiin sen jälkeen viidellä, jolloin saatiin kyseisen lajikkeen tuhannen jyvän paino selville

9.2 Kuvantaminen Marvitech seed analyzerilla

Ennen kuvantamista valittiin tietokoneen näytöltä sopiva profiili valitun kasvilajin mukaan (Kuva 9.). Jokaiselle kuvattavalle kasvilajille on oma profiili, jonka alle on asetettu tietyt arvot, jota kyseiseltä kasvilta halutaan, esimerkiksi fraktioinnit siemenen pituuden, leveyden ja pinta-alan mukaan. Marvitech seed analyzerissa on avattava luukku, jossa on valkoinen kuvauspohja, johon kuvattavat siemenet sijoitetaan. Siemenet otetaan pussista siihen tarkoitukseen olevalla mitalla, jonka tilavuus on tässä tapauksessa 25 ml. Yhteen mitalliseen mahtuu kerralla noin 400–500 viljan siementä ja noin 150–200 herneen siementä.

Kuva 9. Sopivan kasvilajiprofiilin valinta. (Kuva. Rautiainen, 2023)



Mitallinen siemeniä laitetaan kuvantamispohjalle (Kuva 10). Kun haluttu siemenerä on kuvantamispohjalla, kannattaa siemeniä hieman levitellä alustalla, jotta kuvasta saadaan mahdollisimman selkeä ja helppolukuinen. (Kuva 11.).

Kuva 10. Mitallinen herneitä laitetaan kuvantamispohjalle. (Kuva. Rautiainen, 2023)

Kuva 11. Siemenet sijoitettuna kuvantamispohjalle. (Kuva. Rautiainen, 2023)

Tämän jälkeen luukku voidaan sulkea ja painaa tietokoneen ruudussa näkyvää ”check”-näppäintä, jonka jälkeen kuva ja tiedot ilmestyvät tietokoneen ruudulle noin kolmessa sekunnissa. Kuvan ohella laite myös analysoi kaikki kuvatut siemenet, jolloin tietokoneen näytössä näkyy erilaisia taulukoita. Taulukkoon tulevat jokaisen siemenen mitat sekä pinta-ala. Taulukossa näkyy myös kuvattujen siementen lukumäärä. (Kuva 12; -13)

Kuva 12. Kauran painoarvoja. (Kuva. Rautiainen, 2023)

Check
Weigh
Next
Delete

	ID	Main Seed	Main Seeds	Weight(g)	TGW(g)	B-Stocking	B-Stocking(%)
	010420220021...	Avena sativa	540	18.71	34.66	16	2.9
	010420220021...	Avena sativa	457	14.97	32.75	11	2.4
>>>>>>>>>	010420220021...	Avena sativa	293	9.89	33.77	6	2.0
	010420220021...	Avena sativa	419	12.86	30.68	12	2.8
	010420220021...	Avena sativa	334	11.89	35.60	13	3.7
	010420220021...	Avena sativa	308	10.40	33.76	16	4.9
	010420220021...	Avena sativa	394	12.62	32.03	17	4.1
	010420220021...	Avena sativa	438	14.49	33.09	16	3.5
	010420220021...	Avena sativa	645	20.61	31.96	25	3.7

Kuva 13. Kauran kuvantamisen avulla saadut mittaustulokset. (Kuva. Rautiainen, 2023)

	Type	Count As	Length(mm)	Width(mm)	Area(pix)	Area(mm²)
	Avena sativa	1	9.8	2.6	1864	18.7
	Avena sativa	1	11.2	3.1	3081	26.0
	Avena sativa	1	10.1	2.3	2105	15.1
	Avena sativa	1	10.6	2.7	2949	22.7
	Avena sativa	1	10.0	2.1	2251	12.4
	Avena sativa	1	5.7	2.7	1600	10.4
	Avena sativa	1	14.1	1.8	3098	17.3
	Avena sativa	1	13.6	1.4	3259	10.0
	Avena sativa	1	11.9	2.4	2200	21.9
	Avena sativa	1	9.1	2.4	1600	15.8

Laitteella otetaan yksi kuva, mutta tietokoneen näytölle ilmestyy kaksi samanlaista kuvaa, joissa molemmissa kuvissa on erilaiset analysoinnit. Vasemmalle ilmestyy valkoisella pohjalla oleva kuva, jossa kokonaiset jyvät ovat keltaisia ja rikkoutuneet jyvät ja roskat ovat kuvattuna harmaaksi (Kuva 14.).

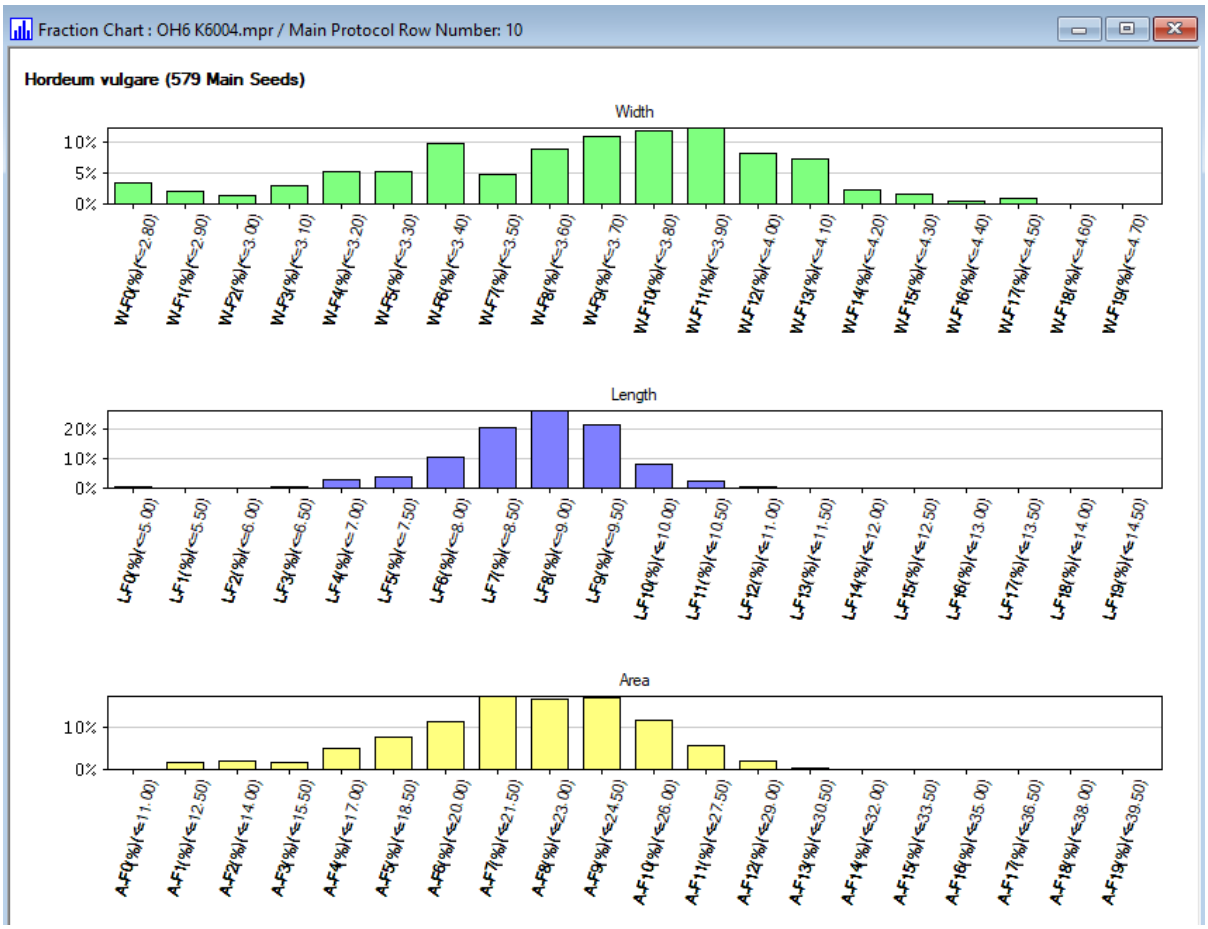
Kuva 14. Harmaana näkyvät kohteet ovat rikkakasvien siemeniä tai rikkinäisiä kauran siemeniä ja keltaiset ovat ehjiä kauran siemeniä. (Kuva. Rautiainen, 2023)

Toisessa kuvassa Marvitech seed analyzer erottelee kuvissa olevat siemenet eri värein. Värit kertovat siementen koosta, joita laite vertaa itse määriteltyihin lajille ominaisiin siemenen kokoarvoihin. Punaisella värillä ympyröidyt siemenet kuvastavat keskiarvoa isompia siemeniä. Keltainen reunaväri puolestaan kuvastaa siemeniä, jotka ovat pienempiä keskiarvoon verraten. Vihreällä reunavärillä kuvatut siemenet puolestaan näyttävät, jos laite on laskenut kaksi siementä yhdeksi. Sininen reunaväri kertoo, jos kone laskee enemmän kuin kolme siementä yhdeksi niiden ollessa liian lähellä toisissaan. (Kuva 15.)

Kuva 15. Siemenet eroteltuna kuvassa eri värein. (Kuva. Rautiainen, 2023)

Kyseiseen kuvaan on mahdollista valita erilaisia analysoitavia asioita, joita haluaa tulkita kuvasta. Esimerkiksi siementen lajittelu koon mukaan fraktioihin on mahdollista. Vihreät pylväät kuvaavat siementen leveyttä, siniset pituutta ja keltaiset yhden siemenen pinta-alaa. (Kuva 16.)

Kuva 16. Siemenet fraktioituna leveyden, pituuden ja pinta-alan mukaan. (Kuva. Rautiainen, 2023)

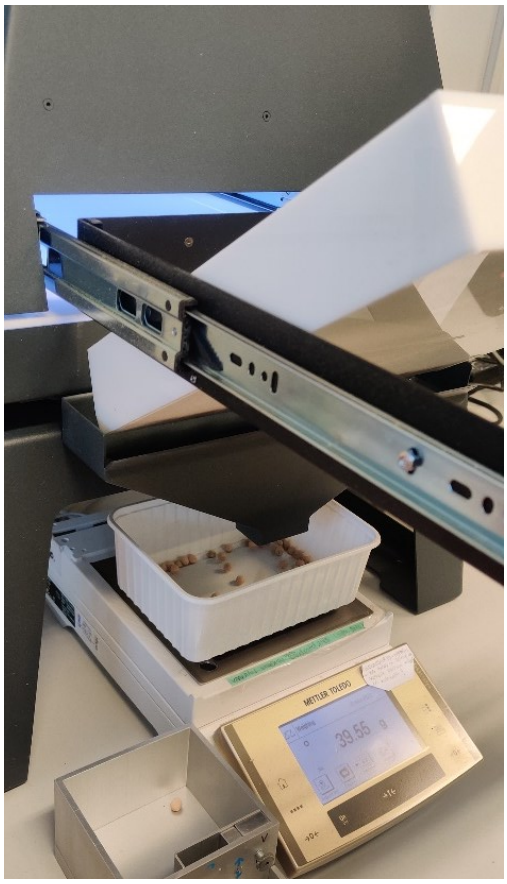


Marvitech seed analyzerissa on mahdollisuus myös tarkastella vain yhtä siementä, jolloin voidaan valita se halutuista toiminnoista. Kun haluttu toiminto on valittu, voidaan hiirellä klikkaamalla saada punaisen neulan kuva. Punainen neula ilmestyy haluttuun siemeneen, jota halutaan tarkastella tarkemmin. Kun kyseinen siemen on valittu, ilmestyy oikealla olevaan ikkunaan kyseisen siemenen analysoidut tiedot eli pituus, leveys, pinta-ala ja muut valitut tiedot. Näin voidaan tarkastella vain yhden valitun siemenen tietoja erikseen.

Tuhannen siemenen painon saamiseksi tarvitsee kyseinen kuvattu siemenerä myös punnita. Marvitech seed analyzerissa oleva luukku avataan ja sen kippaustoiminnon avulla kipataan siemenerä laitteen alla sijaitsevaan astiaan (Kuva 17.). Laitteen alla oleva astia on vaa´an päällä, jolloin painetaan tietokoneelta ”weigh” näppäintä. Vaakalukema siirtyy Marvin-tietokoneohjelmaan, jolloin ohjelma laskee kyseisen siemenmäärän ja painon avulla valmiiksi

tuhannen siemenen painon. Ohjelma laskee rikkinäiset ja vialliset tai rikkakasvien siemenet, jotka ilmoitetaan taulukossa ”B-stocking”. (Kuva. 18) Kun vaa´alla ollut siemenerä on punnittu, laitetaan siemenerä takaisin samaan pussiin, josta se on otettu. Näin saadaan otettua aina tarkka osanäyte kuvastamaan koko näytteen laatua. Tämä edellä kerrottu toiminnallinen osuus toistetaan jokaisen valitun kasvilajin kohdalla, joita tutkimuksessa käytetään.

Kuva 17. Siementen kippaus vaa´alle punnitsemista varten. (Kuva. Rautiainen, 2023)



Kuva 18. Siemenerästä saatavia arvoja. (Kuva. Rautiainen, 2023)

:7-.mpr

	ID	Main Seed	Main Seeds	Weight(g)	TGW(g)	B-Stocking	B-Stocking(%)
	011520200192...	Pisum sativu...	194	91.60	472.16		
	011520200192...	Pisum sativu...	203	93.78	461.97	2	1.0
	011520200192...	Pisum sativu...	225	106.95	475.33		
	011520200192...	Pisum sativu...	240	112.79	469.96		
	011520200192...	Pisum sativu...	214	99.80	466.36		
	011520200192...	Pisum sativu...	229	105.96	462.71		
	011520200192...	Pisum sativu...	212	99.26	468.21		
	011520200192...	Pisum sativu...	223	104.09	466.77		
>>>>>>>>>	011520200192...	Pisum sativu...	341				

Marvin-tietokoneohjelma tallentaa kyseiset tiedot kuvineen omaksi tiedostoksi, josta niitä voidaan tarpeen mukaan käyttää ja tutkia tarkemmin. Ohjelmasta valitaan, halutaanko kaikki kuvat tallentaa, vai ainoastaan kuvan perusteella saadut tiedot. Kuvineen ja tietoineen ohjelma pystyy tallentamaan 50 näytettä yhteen tiedostoon.

10 Tulokset

Alla olevissa kappaleissa esitetään työn tulokset kasvilajikohtaisesti sekä esitetään työn kannalta keskeisimmät tulokset. Keskiarvo määritetään laskemalla kaikki saadut arvot yhteen, jonka jälkeen saatu summa jaetaan arvojen lukumäärällä. Keskihajonta kertoo, kuinka kaukana saadut havainnot ovat tulosten keskiarvosta, kun taas cv-prosentti eli variaatiokerroin on hajonnan tunnusluku. Cv-prosentti kertoo prosentteina keskimääräisen vaihtelun keskiarvosta. Tarkkoja rajoja cv-prosentille on haastava antaa, mutta tällä mittausmenetelmällä cv-prosenttitulos alle 1 % on erinomainen, <5 % on vielä ok tulos ja cv prosentin ollessa yli 5 on tulos huono.

Mittauksia kauralla oli 200 ja ohralla 120. Viljojen jalostus muodostaa suuremman osan toimeksiantajan toiminnasta, joten valittiin laajemmat näytekokonaisuudet niiden mittauksiin, jotta saadaan viljoista kokonaisvaltaisempi tutkimuskokonaisuus. Herneellä oli 100 mittausta molemmilla laitteilla, kun taas rypsillä mittauksia oli 60.

10.1 Kaura

Kauran tulokset esitetään taulukossa 4., johon on koottu kaikki työn kannalta tärkeimmät mittaustulokset. Tuhannen siemenen painon eri mittausten keskiarvoista on koottu kaavio. (Kuva 19.)

Kauran tuloksissa keskihajonta on hyvä, koska hajonnan erot ovat Contador-E:llä saaduissa mittauksissa 0,55–1,35 grammaa, kun taas Marvitech seed analyzerilla 0,34–1,11 grammaa. Marvitech seed analyzerilla keskihajonta on yleisesti ottaen pienempää, mikä johtuu suuremmasta siemenmäärästä mittauksessa. Cv-prosentti on Contadorin mittauksissa hyvä, koska tulokset ovat 1,34–4,38 % välillä. Suurin cv-prosentti on 4,38 %, mikä poikkeaa selvästi muista arvoista, joten todennäköisesti kyseessä on ollut roskainen tai rikkonaisia siemeniä sisältävä näyte.

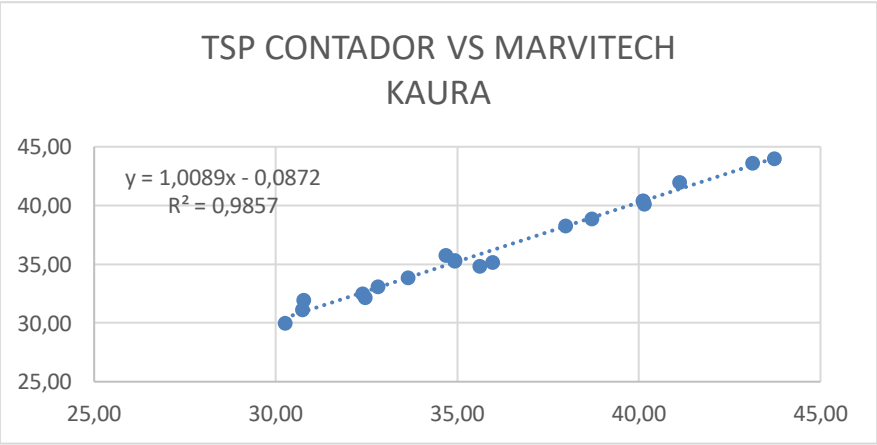
Pääsääntöisesti Marvitechin cv-prosentti on pienempi, joka tarkoittaa, että tulokset ovat vieläkin lähempänä keskiarvoa kuin Contadorilla mitattuna. Yksi cv-prosenttitulos on huomattavasti korkeampi kuin muut (3,47 %), joka johtuu korkeasta b-stocking lukemasta (34–53 kpl). B-stocking lukema tarkoittaa sitä, kuinka monta rikkonaista tai surkastunutta kauran tai rikkakasvien siementä yhdessä mittauserässä on. Marvitechilla mitattuna viljojen siemeniä yhdessä erässä on 400–500 kappaletta. (Taulukko 4.)

Taulukko 4. Kauran mittaustulokset. (Taulukko. Rautiainen, 2023)

CONTADOR			MARVITECH			
Keskiarvo	**Keskihajo.**	**CV%**	**Keskiarvo**	**Keskihajo.**	**B-stock. kpl**	**CV%**
34,92	0,55	1,57 %	35,26	0,53	3–9	1,50 %
30,72	0,84	2,70 %	31,12	0,47	2–7	1,50 %
40,15	0,54	1,34 %	40,13	0,80	3–8	2 %
40,11	0,88	2,20 %	40,40	0,42	2–8	1,04 %
35,61	0,59	1,65 %	34,84	0,35	4–10	1,00 %
35,97	0,91	2,50 %	35,16	0,71	7–21	2,00 %
32,81	0,87	2,65 %	33,08	1,07	5–11	3,20 %
30,25	1,04	3,40 %	29,99	0,76	1–9	2,50 %
32,46	0,95	2,90 %	32,19	0,49	8–13	1,50 %
33,63	0,95	2,80 %	33,89	0,62	6–14	1,80 %
37,98	1,01	2,65 %	38,28	0,67	3–8	1,75 %
38,69	0,81	2,09 %	38,86	0,73	1–8	1,88 %
32,38	0,77	2,37 %	32,53	0,34	0–4	1,04 %
34,92	0,70	2,00 %	35,34	0,60	0–6	1,70 %
43,72	1,10	2,50 %	43,99	0,82	1–5	1,86 %
40,11	0,88	2,19 %	40,40	0,42	2–8	1,03 %
41,12	0,94	2,28 %	42,00	1,00	3–13	2,38 %
43,12	1,11	2,57 %	43,65	1,14	2–11	2,60 %
34,68	0,93	2,68 %	35,80	0,46	1–7	1,28 %
30,77	1,35	4,38 %	31,94	1,11	34–53	3,47 %

Kuvassa esiintyvästä suorasta voidaan havaita molempien laitteiden välisten keskiarvojen suhteet, jotka sijoittuvat tasaisesti eikä ole huomattavissa mitään selkeitä poikkeamia. Kuvassa esiintyvä suora etenee lineaarisesti ja siinä näkyvä R^2-kaava eli selityskerroin on 0,9857= 98,57 %. Suoran kulmakerroin on lähellä 1:stä ja selityskerroin on hyvä. (Kuva 19.)

Kuva 19. Kauran TSP-keskiarvojen vertailu Contador-E:n ja Marvitech seed analyzerin välillä. (Kuva. Rautiainen, 2023)



10.2 Ohra

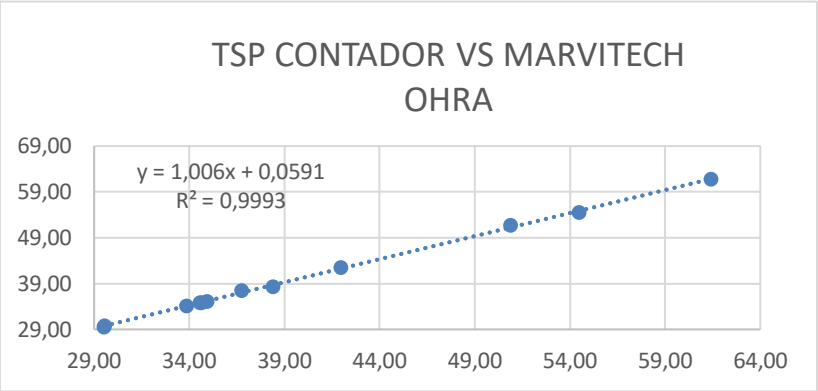
Ohran mittaukset osoittavat luotettavuutta Marvitech seed analyzeriin. Cv-prosentit ovat Contadorilla 0,88–2,50 %, jotka hyviä ja osa jopa erinomaisia. Keskihajonta on pientä 0,42–0,85 g, mikä osoittaa arvojen olevan todella tasaista keskiarvoon nähden. Marvitech seed analyzerilla cv-prosentit ovat samoissa lukemissa 0,84–2,17 %, jotka ovat hyviä ja osa jopa erinomaisia, josta voidaan päätellä, että tuloksissa ei tapahdu juurikaan merkittäviä muutoksia. B-stocking-arvo on aika maltillinen, suurin erässä oleva kappalemäärä on 19 kappaletta. Suurimmassa osassa rikkonaisten siementen osuus on pieni. Keskihajonta on Marvitechin arvoilla pientä (0,33–1,18 g), jolloin voidaan jo tulosten pohjalta todeta Marvitech seed analyzerin olevan vertailussa Contador-E:tä vastaava. (Taulukko 5.)

Taulukko 5. Ohran mittaustulokset. (Taulukko, Rautiainen, 2023)

CONTADOR			MARVITECH			
Keskiarvo	**Keskihajo.**	**CV%**	**Keskiarvo**	**Keskihajo.**	**B-stocking kpl**	**CV%**
29,53	0,74	2,50 %	29,74	0,33	3–11	1,10 %
34,60	0,51	1,50 %	34,88	0,61	1–9	1,70 %
38,37	0,74	1,90 %	38,24	0,38	4–10	0,90 %
36,72	0,63	1,70 %	37,51	0,77	6–17	2,05 %
34,93	0,63	1,80 %	35,03	0,36	2–19	1,0 %
34,54	0,85	2,50 %	34,86	0,46	2–9	1,30 %
41,96	0,64	1,50 %	42,46	0,66	1–10	1,55 %
29,5	0,56	1,90 %	29,53	0,48	1–9	1,60 %
33,85	0,42	1,20 %	34,16	0,42	1–7	1,20 %
50,87	0,75	1,47 %	51,65	0,80	0–3	1,55 %
54,46	0,74	1,36 %	54,50	1,18	0–3	2,17 %
61,41	0,54	0,88 %	61,76	0,52	0–5	0,84 %

Ohran mittauksista saatuja keskiarvoja voidaan tarkastella alla olevasta kuvasta. Kuvassa esiintyvästä suorasta voidaan havaita molempien laitteiden välisten keskiarvojen suhteet sekä todetaan pisteiden sijoittuvan samalle suoralle, koska ei ole havaittavissa merkittäviä poikkeamia keskiarvojen välillä. Kuvassa näkyvä R^2-kaava eli selityskerroin on 0,9993= 99,93 %. Selityskertoimesta voidaan nähdä, että 99,93 % arvoista voidaan selittää suoraviivaisesti y:n arvojen vaihtelua x:n arvojen vaihteluun. (Kuva 20.)

Kuva 20. Ohran TSP-keskiarvojen vertailu Contador E:n ja Marvitech seed analyzerin välillä. (Kuva. Rautiainen, 2023)



10.3 Herne

Contadorilla saadut herneen keskihajonnan tulokset jakautuvat 3,18–6,45 gramman välille. Suuremmat arvot muihin kasvilajeihin verraten johtuvat herneen koosta, jolloin hajonta on suurempaa. Herneen näytteiden siemenkoot olivat myös vaihtelevia. Herneen tuloksista laskettu cv-prosentti hajautuu 1,18–2,0 % välille, josta voidaan todeta tulosten olevan hyviä, vaikka keskihajonta oli suurempi.

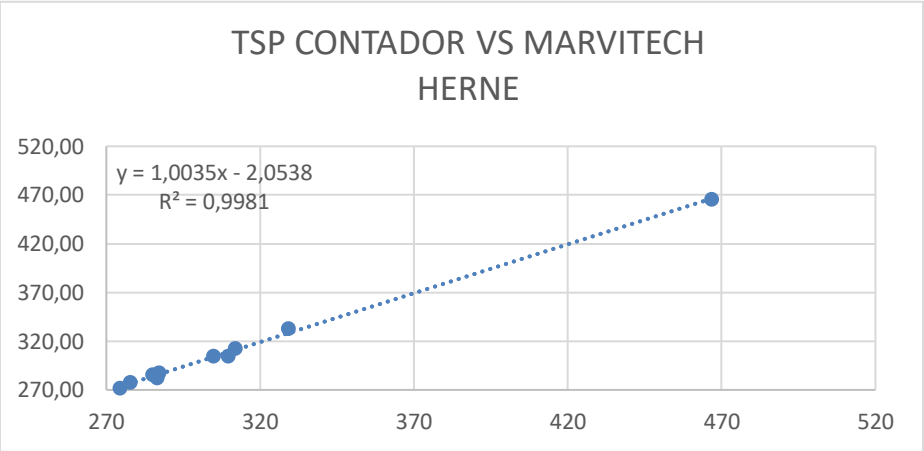
Marvitech seed analyzerilla saadut keskihajonnan tulokset jakautuvat 2,12–6,55 gramman välille, jolloin niiden voidaan todeta olevan hieman pienempiä kuin Contadorilla mitatut tulokset. Marvitechin arvoista laskettu cv-prosentti määräytyy 0,78–1,40 % välille, josta huomataan arvojen olevan hyviä ja osa on jopa erinomaisia. Herneen b-stocking lukemat vaihtelevat 0–2 välillä eli yhdessä herneen mittauserässä on esiintynyt 0–2 kappaletta rikkonaisia tai surkastuneita siemeniä tai rikkakasvien siemeniä. B-stocking lukema herneen mittauksissa on erinomainen. (Taulukko 6.)

Taulukko 6. Herneen mittaustulokset. (Kuva. Rautiainen, 2023)

CONTADOR			MARVITECH			
Keskiarvo	**Keskihajo.**	**CV%**	**Keskiarvo**	**Keskihajo.**	**B-stocking kpl**	**CV%**
309,48	6,45	2,00 %	304,56	4,15	0–1	1,40 %
277,63	4,5	1,60 %	277,43	2,60	0–1	1,06 %
287,04	3,77	1,30 %	287,18	3,60	0	1,25 %
284,92	3,18	1,10 %	285,34	3,26	0–2	1,14 %
329,14	4	1,20 %	332,53	4,69	0	1,40 %
466,77	6,14	1,30 %	465,51	6,55	0–2	1,40 %
311,77	3,7	1,18 %	312,15	3,07	0–2	0,98 %
286,34	3,93	1,37 %	281,93	3,87	0–2	1,37 %
304,69	3,5	1,14 %	304,55	4,26	0–1	1,39 %
274,32	3,8	1,38 %	271,43	2,12	0	0,78 %

Alla olevassa kuvassa vertaillaan herneen TSP:n tulosten keskiarvoja. Kuvasta voidaan nähdä, että suora etenee lineaarisesti, koska keskiarvot jakautuvat tasaisesti suoralle eikä ole huomattavissa suuria poikkeamia keskiarvojen välillä. R^2-kaavan tulos on herneellä 0,9981 eli 99,81 %. Tulosten vertailun perusteella voidaan todeta laitteiden vastaavan luotettavuudelta toisiaan. (Kuva 21.)

Kuva 21. Herneen TSP-keskiarvojen vertailu Contador-E:n ja Marvitech seed analyzerin välillä. (Kuva. Rautiainen, 2023)



10.4 Rypsi

Rypsistä saadut tulokset esitetään taulukossa 7. Rypsin keskihajonta Contadorilla on vähäistä. Keskihajonta jakautuu 0,03–0,11 gramman välille, mistä voidaan päätellä arvojen

olevan keskimääräisesti lähellä keskiarvoja. Cv-prosentti Contadorilla saaduilla arvoilla laskettuna on 1,35–2,74 %, jolloin voidaan todeta arvojen olevan hyviä.

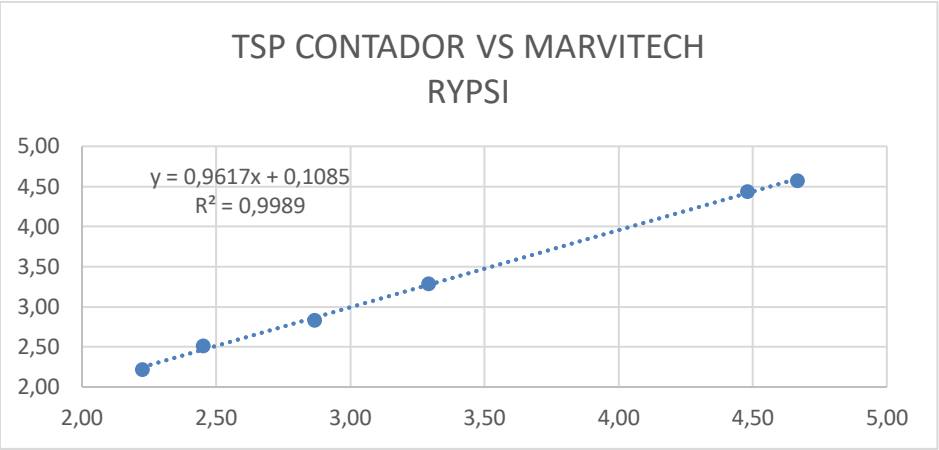
Marvitechilla keskihajonta jakautuu 0,03–0,13 gramman välille, mistä nähdään, että Contadorilla saadut luvut ovat verrattaen samoja. Keskihajonta kuvastaa Marvitechin mittauksilla hyvin keskiarvoa vastaavia tuloksia. Cv-prosentti Marvitechilla mitatuilla tuloksilla jakautuu 1,35–2,84 % välille, mitkä ovat hyviä tuloksia. Tulosten pohjalta voidaan todeta laitteiden vastaavan toisiaan. (Taulukko .7)

Taulukko 7. Rypsin mittaustulokset. (Taulukko. Rautiainen, 2023)

CONTADOR			MARVITECH		
Keskiarvo	**Keskihajo.**	**CV%**	**Keskiarvo**	**Keskihajo.**	**CV%**
4,48	0,09	2,00 %	4,44	0,09	2,02 %
4,67	0,11	2,36 %	4,57	0,13	2,84 %
3,29	0,09	2,74 %	3,29	0,05	1,52 %
2,23	0,03	1,35 %	2,22	0,03	1,35 %
2,87	0,10	3,48 %	2,83	0,05	1,77 %
2,45	0,05	2,04 %	2,51	0,05	1,99 %

Alla oleva suora kuvastaa Contador-E:n ja Marvitech seed analyzerin TSP-tulosten välisiä keskiarvoja. Kuvasta voidaan todeta pisteiden sijoittuvan samalle suoralle, koska ei ole havaittavissa merkittäviä poikkeamia keskiarvojen välillä. R^2- kaava on 0,9989, mikä tarkoittaa että 99,89 % keskiarvojen tulosten vaihtelusta voidaan selittää y:n arvojen vaihtelua ja x:n arvojen vaihteluun. (Kuva 22.)

Kuva 22. Rypsin TSP-keskiarvojen vertailu Contador-E:n ja Marvitech seed analyzerin välillä. (Kuva. Rautiainen, 2023)



11 Johtopäätökset ja pohdinnat

Laitteiden tuloksia vertaillessa, tutkimustulokset osoittavat Marvitech seed analyzerin olevan yhtä luotettava kuin Contador-E. Tämän vuoksi voidaan todeta, että tuhannen siemenen painon määritys Boreal Kasvinjalostus Oy:ssa voidaan siirtää Marvitech seed analyzerille. Toistettuja näytteitä oli riittävästi, jolloin tulosten voidaan todeta olevan luotettavia ja kokonaisvaltaisia. Siemenen koolla ei havaittu tulosten perusteella olevan merkitystä kuvantamisen luotettavuuteen. Yleisesti ottaen Marvitech seed analyzerilla mitattujen arvojen keskihajonta oli pienempää, mika tarkoittaa, että kuvantamislaite on tarkempi.

Siirrettäessä tuhannen siemenen painojen mittaus kuvantamislaitteelle voidaan parantaa myös mittausten tehokkuutta, koska TSP:n määritys nopeutuu. Siemenlaskurilla 200 siemenen laskemiseen kuluu aikaa noin 30 sekuntia, kun taas kuvantamislaitteella saadaan laskettua 400–500 siementä kolmessa sekunnissa.

Marvitech seed analyzerilla saadaan myös paljon muuta laatudataa tuhannen siemenen painon ohella, joita voidaan hyödyntää tulevaisuudessa. Esimerkiksi voidaan määrittää siemenen mitat ja pinta-ala, joiden avulla siemenen pulleuden määritys on mahdollista.

Tulevaisuudessa kokeen voisi suorittaa käyttämällä aineistossa esimerkiksi muiden kasvilajien siemeniä. Kauran ja ohran kohdalla voitaisiin vertailla Marvitech seed analyzerin fraktioita ja seulonnan tuloksia, jotta saataisiin vertailtua kuvantamislaitteen luotettavuutta fraktioinnin ja seulonnan välillä. Tämä voitaisiin toteuttaa määrittämällä Marvitech seed

analyzerin fraktiot vastaamaan seulonnan fraktioita, jolloin vertailu onnistuisi. Tulevaisuudessa Marvitechin mittauksessa käytettävää siemenmäärää voitaisiin myös nostaa suurempaan esimerkiksi käyttämällä 800 siementä per mittaus 400–500 siemenen sijaan. Tutkimus voitaisiin suorittaa myös vertailemalla useampia laitteita tai verrata Marvitech seed analyzeria esimerkiksi jonkun toisen valmistajan kuvantamislaitteeseen.

Lähteet

Atria tuottajat. (n.d.). *Kotimaiset valkuaiskasvit, rehuherne ja härkäpapu.* https://www.atriatuottajat.fi/viljakauppa/rehuherne

Boreal Kasvinjalostus Oy. (n.d.-a). https://boreal.fi/

Boreal kasvinjalostus Oy. (n.d.-b). *Jalostus.* https://boreal.fi/osaaminen/jalostus/

Boreal Kasvinjalostus Oy. (n.d.-c). *Härkäpapu ja herne.* https://boreal.fi/osaaminen/jalostus/harkapapu-ja-herne/

Boreal Kasvinjalostus Oy. (n.d.-d). *Kauran jalostusohjelma.* https://boreal.fi/osaaminen/jalostus/kauran-jalostusohjelma/

Boreal Kasvinjalostus Oy. (n.d.-e). *Ohran jalostusohjelma.* https://boreal.fi/osaaminen/jalostus/ohran-jalostusohjelma/

Boreal Kasvinjalostus Oy. (n.d.-f). *Öljykasvit.* https://boreal.fi/osaaminen/jalostus/oljykasvit/

Fagerstedt, K., Linden, L., Santanen, A., Väinölä, A. (2008). *Kasvioppi, Siemenestä satoon.* Edita Publishing Oy.

Farmit. (2010). *Kasvinviljely. Uusi lajeja Borealin jalostusohjelmiin.* https://www.farmit.net/kasvinviljely/2010/03/12/uusia-lajeja-borealin-jalostusohjelmiin

Farmit. (n.d.). *Kasvinviljely. Tähkien ja jyvien koko vaikuttaa satoon.* https://www.farmit.net/kasvinviljely/2007/07/04/tahkien-ja-jyvien-koko-vaikuttaa-satoon

Hämeen ammattikorkeakoulu Oy. Valkuaisfoorumi. (2019). *Valkuaista Mustialasta. Herne.* https://www5.hamk.fi/arkisto/2019/valkuaisfoorumi/project.hamk.fi/tyoelamalle/hankkeet/valkuaisfoorumi/valkuaista-mustialasta/Sivut/herne.html

Ilmatieteen laitos. (2019). *Vuosi 2018 oli lämmin ja kuiva.* *https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/819089025*

Kehittyvä elintarvike. (2019). *Polyfenolit ruokavaliossa.* https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/teemajutut/ravitsemus-terveys/polyfenolit-ruokavaliossa/

Leipätiedotus. (n.d.). *Viljasta leiväksi.* [kuva] http://www.leipatiedotus.fi/media/pdf-tiedostot/viljasta_leivaksi_osio_3.pdf

Leipätiedotus. (n.d.-a). *Ohra.* https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/kotimaiset-viljat/ohra.html

Leipätiedotus. (n.d.-b). *Viljan jyvä.* https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/viljan-jyva.html

Leipätiedotus. (n.d.-c). *Viljan laatukriteerit.* https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/pellolta-poytaan/viljan-laatukriteerit.html

Luke. (2023). *Suomen pelloilla tuotettiin vuonna 2022 ennätyksellisen paljon hernettä-viljasato hieman suurempi.* https://www.luke.fi/fi/uutiset/suomen-pelloilla-tuotettiin-vuonna-2022-ennatyksellisen-paljon-hernetta-viljasato-hieman-tavallista-suurempi

Luke. (n.d.). *Viljatase muuttujina satovuosi, tieto ja laji.* https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__32%20Viljatase/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0

Marvitech. (n.d.). *Products for seed analysis.* https://www.marvitech.de/en/products-for-seed-analysis/

MTK. 2020. *Nostetta öljykasvien viljelyyn.* https://www.mtk.fi/-/rypsirapsi_hanke

Pfeuffer. (2023). *Contador seed counter.* https://www.pfeuffer.com/product/contador

Peltonen-Sainio, P., Rajala, A., Teräväinen, H. (2003). *Laatusiemenen tuotanto.* Otavan Kirjapaino Oy.

Pietilä, L. (n.d.). Hankkija. *Superviljan uudet käyttökohteet lisäävät teollisuuden kiinnostusta kauran laatuominaisuuksiin.* https://www.hankkija.fi/tuotantopanokset/koetulokset-ja-viljelyohjeet/kasvuohjelman-viljelyohjeet/ia-superviljan-uudet-kayttokohteet-lisaavat-teollisuuden-kiinnostusta-kauran-laatuominaisuuksiin-2036371/

Teopal. (n.d.). *Contador- E.* https://www.teopal.fi/tuote/contador-e-siemenlaskuri/

Ruokatieto. (n.d.-a). *Kasvinjalostus.* https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pellolta-poytaan/maatilalla-kasvatetaan-ruokaa/kasvinjalostus

Ruokatieto. 2023. *Pellolta kuluttajalle.* https://ruokatieto.fi/ruokatietoa/suomalaiset-ruokaketjut/erikoiskasvit/pellolta-kuluttajalle/

Ruokatieto. (n.d-b). *Rypsi ja muut öljykasvit.* https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pellolta-poytaan/maatilalla-kasvatetaan-ruokaa/peltokasvit/rypsi-ja-muut-oljykasvit

Ruokatieto. (n.d.-c). *Suomalaisia viljakasveja.* https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pellolta-poytaan/maatila/peltokasvit/suomalaisia-viljakasveja

Ruokavirasto. (n.d.). *Kasvien siementen laatu* [kuva].
https://avointieto.ruokavirasto.fi/#/kasvi/siementen-laatu

Ruokavirasto. (n.d.). *Ohjeita kylvösiemenen omatoimiseen tarkastukseen* [kuva]
https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/laboratoriopalvelut/kasvitutkimukset/kylvosiemen-ja-siemenperuna/siemenlaboratorio/kylvosiemenet/analyysipalvelut-viljelijoille/ohjeita-kylvosiemenen-omatoimiseen-tarkastukseen.pdf

Syötävä kaupunki. (2017). *Maanviljelyn historian vaiheita Suomessa.*
https://syotavakaupunki.fi/maanviljelyn-historian-vaiheita-suomessa/

Vikingmalt. (2022). *Laatuvaatimukset ja hinnoittelu.* https://vikingmalt.fi/wp-content/uploads/2022/11/Sato-2023-24-Laatuvaatimukset-ja-hinnoittelu.pdf

Vilja-alan yhteistyöryhmä. (2022). *Viljelyalat lajikkeittain.*
https://www.vyr.fi/fin/viljelytietoa/tilastoja/viljelyalat-lajikkeittain/

Yara. (n.d.). *Elintarvike- ja rehukaura.* https://www.yara.fi/lannoitus/kaura/elintarvike-ja-rehukaura/