



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2022 60 stp**  
BIOVIT - Fakultet for biovitenskap

# **Planteutvikling og avlingsdannelse i erter (*Pisum sativum*) under norske dyrkingsforhold**

Plant development and crop formation in peas  
(*Pisum sativum*) grown in Norway

**Tone Charlotte Haugen**  
Biologi - Plantebiologi

## Forord

Denne oppgaven er skrevet som en del av mitt mastergradsstudie i biologi retning plantebiologi ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet, NMBU, i Ås. Oppgaven er en knyttet til prosjektet GreenPlantFood som ble startet i april 2021 og skal pågå ut mai 2025. Prosjektet ledes av det norske matforskningsinstituttet, Nofima, og finansieres av Norges Forskningsråd. Feltarbeidet til denne oppgaven ble utført på Vollebekk Forsøksgård vekstsesongen 2021.

Oppgaven er valgt med bakgrunn i min brennende interesse både for plantevitenskap, matvitenskap og for miljø- og naturvern. Mine kunnskaper fra min Bachelor i Matvitenskap har også kommet meg til gode. Både feltarbeid og skriveprosess har vært svært givende og gitt en god følelse av å kunne bidra med noe som har betydning på veien til å skape en mer bærekraftig matproduksjon.

Jeg vil takke min hovedveileder Anne Kjersti Uhlen, professor ved fakultetet for biovitenskap og institutt for plantevitenskap, for meget god hjelp og veiledning både under feltarbeidet på Vollebekk og underveis i utarbeidelse av oppgaven. Jeg vil også takke avdelingsingeniør Guro Augusta Rogstad Sørheim og avdelingsingeniør Karin Svinnet for god hjelp og støtte underveis i feltarbeidet.

Ås, august 2022

Tone Charlotte Haugen

## Sammendrag

Bærekraftighet og miljøvennlige måter å produsere mat på er viktigere enn noensinne. Norge har en interesse av å bli mer selvforsynte på proteinvekster som råvare til bruk i proteinbaserte næringsmidler og i dyrefôr. Erter (*Pisum sativum* L.) er en belgvekst som har stort dyrkingspotensiale i Norge. Frem til nå er det ikke brukt mye ressurser på å finne nye sorter som passer vårt klima og som gir gode avlinger. Det er kun den svenske sorten Ingrid som har vært dyrket i senere år. Selv om dette er en sort som har fungert godt, ønsker vi å kartlegge om det er andre sorter som kan gi like gode eller bedre avlinger. Vi trenger kunnskaper om avlingsdannelse og planteutvikling hos flere sorter. Hovedformålet med denne oppgaven var å studere planteutvikling, legde og avlingsdannelse hos et utvalg importerte sorter for å se om noen av disse hadde bedre dyrkingsegenskaper enn hovedsorten Ingrid. Dette mastergradsarbeidet har vært knyttet til prosjektet GreenPlantFood der målet er å kunne benytte norske råvarer til å utvikle plantebaserte produkter.

Det ble gjennomført et feltforsøk med 23 sorter av erter på Vollebekk forsøksgård ved NMBU i Ås i 2021. Sortene var moderne sorter foredlet av planteforedlingsfirma i Skandinavia og Nord-Europa. Resultatene viste signifikante variasjoner mellom sortene i dekningsgrad ved tidlig planteutvikling, plantehøyde, samt i tidspunkt for begynnende blomstring, lengde av blomstringsperioden og lengde av perioden fra avsluttende blomstring til fysiologisk modning (gulning). Evne til å motstå legde er en viktig egenskap i erter, og resultatene viste at de sortene som sto best ved innhøsting var de middels høye. Det var også signifikante forskjeller mellom sortene i avling. Egenskapene dekningsgrad ved tidlig planteutvikling og høyde viste positiv samvariasjon med avlingen. Ingrid viser seg å være en god sort for dyrking under norske forhold. Den vokser raskt tidlig i vekstperioden og har lite legde. Modningstiden er blant de korteste og den gir en relativt høy avling. 1000-frøvekten er høy, og den får mange og store erter per belg. Sortene Astronaute, Loviisa og Martti ga også gode avlinger og hadde lite legde. Disse kan være aktuelle for videre utprøving. Dekningsgrad, høyde og modningstid er sannsynligvis de viktigste egenskapene ved dyrking av erter under norske forhold. Det er imidlertid behov for ytterligere utprøving av sortene, i flere sesonger, for å se på planteutviklingen og dyrkingsegenskapene under ulike vekstforhold.

## Abstract

To find sustainable and environmental friendly ways to produce food for human consumption is more important than ever. In Norway there is a growing interest on being more self-sufficient in protein crops as a raw material for use in both protein-based foods and in animal feed. Peas (*Pisum sativum* L.) is a protein crop with great cultivation potential in Norway. Until now, less resources have been spent on testing new varieties that suits our climate and produces good yields. In recent years only the Swedish variety Ingrid has been cultivated. Even though this is a variety that has been successful in our climate, we want to survey whether there are others that can give an equally good or better yield. We need knowledge about crop formation and plant development in several varieties. The main purpose of this thesis was to study plant development, tolerance to lodging and yield formation, in a selection of imported varieties to see if any of these had better cultivation characteristics than the main variety Ingrid. This thesis has been linked to the project GreenPlantFood, where the goal is to be able to use Norwegian raw materials to develop plant-based products.

A field experiment was carried out with 23 varieties of peas at Vollebekk Research farm at NMBU in Ås, in 2021. The varieties were modern varieties bred by plant breeding companies in Scandinavia and Northern Europe. The results showed significant variations between the varieties in the degree of coverage at early plant development, plant height, as well as in the time of flowering, length of the flowering period and length of the period from final flowering to physiological maturation. The ability to avoid severe lodging is an important trait in peas, and the results showed that the varieties that had the most upright canopy at harvest were the medium-tall ones. There were also significant differences between the varieties in yield. The characteristics degree of coverage at early plant development and height showed positive covariation with the yield. Ingrid proves to be a good variety for cultivation under Norwegian conditions. It has a rapid growth early in the growing season and has a good tolerance to lodging. The ripening time is among the shortest and it gives a relatively high yield. The 1000-seed weight is high, and it produces many and large peas per pod. The varieties Astronaute, Loviisa and Martti also gave good yields and had less lodging at harvest time. These may be relevant for further testing. Degree of coverage, height at harvest and ripening time are probably the most important characteristics when growing peas in a Norwegian climate. However, there is a need for further testing of the varieties, over several seasons, to study the plant development and cultivation characteristics under different growing conditions.

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Sammendrag .....	2
Abstract .....	3
Innholdsfortegnelse .....	4
1. Innledning.....	6
2. Formål.....	8
3. Litteraturgjennomgang.....	9
3.1    Planteutvikling hos erter .....	9
3.1.1    Spiring.....	9
3.1.2    Vegetativ vekst .....	9
3.1.3    Blomstring .....	10
3.1.4    Frøutvikling.....	10
3.2    Biologisk nitrogenfiksering .....	11
3.3    Sortsvariasjon .....	12
3.4    Avlingskomponenter .....	12
4. Materialer og metoder .....	14
4.1    Plantemateriale og forsøksopplegg.....	14
4.2    Registrering av nodulutvikling.....	15
4.3    Registrering av planteutvikling.....	16
4.3.1    Dekningsgrad .....	16
4.3.2    Bladutvikling .....	16
4.3.3    Høyde .....	17
4.3.4    Blomstring .....	17
4.4    Avling.....	17
4.6    Analyse av småprøver .....	17
4.7    Værdata og varmesum .....	18
4.8    Statistisk analyse .....	18
5. Resultater .....	19
5.1    Nodulutvikling .....	19
5.2    Planteutvikling.....	20
5.2.1    Dekningsgrad .....	20
5.2.2    Bladutvikling .....	21
5.2.3    Høyde .....	22

5.2.4	Blomstring .....	26
5.3	Avling .....	26
5.4	Klorofyllmålinger, gulning og legde.....	27
5.5	Analyse av småprøver .....	29
5.5.1	1000-frøvekt .....	29
5.5.2	Frø i tørrstoff per m <sup>2</sup> .....	29
5.5.3	Antall frø per belg.....	30
5.5.4	Høsteindeks .....	30
5.5.5	Antall frø per m <sup>2</sup> .....	31
5.5	Værdata og varmesum .....	31
6	Diskusjon .....	33
7	Konklusjon .....	38
8	Referanser .....	39
9	Vedlegg .....	42

## 1. Innledning

Belgvekster bidrar med verdifull næring både i mat til mennesker og i dyrefôr. Det er spesielt den høye andelen av proteiner som gjør disse vekstene interessante i næringsmiddel- og fôrproduksjon. Erter kan inneholde mellom 13-38% protein (Daba & Morris, 2021). Erter inneholder i tillegg fiber, vitaminer (A, B<sub>6</sub>, C og K), kobber, fosfor, magnesium, sink, jern, lutein og viktige antinæringsstoffer (Ionescu et al., 2021).

FN utnevnte 2016 til "The International Year of Pulses" for å få mer fokus på produksjon av belgvekster globalt (Korsæth & Hjelkrem, 2016). Vi lever i en tid der en mer bærekraftig og miljøvennlig matvareproduksjon er viktigere enn noensinne og vi er tvunget til å rette fokuset mot å produsere mer plantebaserte proteiner og mindre animalske. Ifølge Willett et al. (2019), er produksjon av mat den største bidragsyteren til de globale miljøforandringene der jordbruket står for 30% av utslippet av drivhusgasser og har et vannforbruk på 70%. Det er derimot store forskjeller avhengig av hva som produseres: produksjon av storfekjøtt har et utslipp på 60 kg CO<sub>2</sub> pr. kg produkt, mens erter har et utslipp på 0,9 kg CO<sub>2</sub> pr. kg produkt (Ritchie, 2020). Willett et al., (2019), hevder at det å gå over til et vegansk eller vegetarisk kosthold vil ha størst effekt på utslipp av drivhusgasser og bruken av landarealer.

Det er over 10 000 år siden menneskene begynte å dyrke erter (Arteaga et al., 2021). I 2019 var det totale produksjonsarealet for erter på verdensbasis 72 millioner dekar og den totale erteproduksjonen var 14,2 millioner tonn (Daba & Morris, 2021). Av belgvekstene er erter den fjerde mest dyrkede på verdensbasis og Canada, Russland og Kina er de største produsentene (Robinson & Domoney, 2021). Ifølge Abrahamsen et al. (2018), ble det i Norge i 2017 dyrket rundt 15 000 dekar med erter. Potensialet for dyrking av proteinvekster (ertre og åkerbønne) i Norge er estimert til å være rundt 230 000 dekar (Korsæth & Hjelkrem, 2016). Abrahamsen et al., 2019, mener så mye som 273 000 dekar kan brukes til formålet, henholdsvis 160 000 dekar til erter og 113 000 dekar til åkerbønner. Dette vil gi Norge en årlig proteinproduksjon på ca. 20 000 tonn.

Norge har en interesse av å dyrke en større andel proteinvekster til bruk i både proteinbaserte matvarer og i dyrefôr. I dag importeres det meste fra utlandet. Det er inntil nå ikke brukt mye ressurser på å prøve ut nye sorter i Norge. Den svenske sorten Ingrid er den eneste sorten som dyrkes i dag. Det er behov for å øke kunnskapen om planteutvikling og avlingsdannelse av erter under norske dyrkingsforhold, og å finne flere sorter som passer vårt klima og gir gode og stabile avlinger. De største utfordringene ved dyrking av erter er knyttet til legde i modningsfasen (Rostad, 2020). Erter vil være en gunstig vekselvekst i et ensidig kornomløp, som det praktiseres mye av på Sør-Østlandet (Korsæth & Hjelkrem, 2016). Samtidig er også erter utsatt for vekstfølgesykdommer og det bør derfor gå 6-8 år mellom hver gang det dyrkes erter og 3-4 år mellom dyrking av oljevekster og erter (Rostad, 2020).

Ulike prosjekter for å sette fokus på en mer bærekraftig matproduksjon er satt i gang også i Norge. NMBU satte i 2017 i gang prosjektet FoodProFuture i samarbeid med NIBIO (Norsk Institutt for Bioøkonomi) og en rekke andre samarbeidspartnere. Et av hovedmålene for prosjektet var å skaffe kunnskap om best mulig produksjon og utnyttelse av proteinvekster til bruk i plantebaserte matvarer (Abrahamsen et al., 2018). Prosjektet ble avsluttet i mars

2021. I april 2021 satte det norske matforskningsinstituttet Nofima, i samarbeid med flere store næringsmiddelbedrifter og forskningsinstitutter i Europa (deriblant NMBU), i gang et nytt prosjekt med samme målsetning; GreenPlantFood. Prosjektet har fokus på å benytte norske råvarer til å utvikle plantebaserte produkter og pågår ut mai 2025. Dette mastergradsarbeidet har vært knyttet til prosjektet.



## 2. Formål

Hovedmål:

Denne masteroppgaven har til hensikt å studere planteutvikling, legdenivå og avlingsdannelse, under norske dyrkingsforhold, hos et utvalg av importerte sorter av erter. Det er hentet inn 23 ulike sorter fra foredlere i Nord-Europa som skal testes opp mot hovedsorten Ingrid. Det skal studeres hvilke egenskaper ved plantene som er viktig for å unngå legde og oppnå en størst mulig avling i norsk klima.

Delmål:

- Beskrive tidlig planteutvikling i erter. Dette inkluderer spiring, frøplanteutvikling, dekningsgrad, høydemåling og utvikling av noder med *Rhizobium*-bakterier på røttene.
- Beskrive blomstringsperioden fra begynnende til avsluttende blomstring.
- Beskrive avlingsoppbyggingen ved å se på hvilke avlingskomponenter som er viktig i erter for å oppnå høy avling. Antall belger, antall frø og frøvekt skal undersøkes.
- Beskrive eventuelle egenskaper som er godt korrelert mot avling i forsøket.
- Om mulig beskrive hvordan en ideell sort for norske dyrkingsforhold bør være.

### 3. Litteraturgjennomgang

#### 3.1 Planteutvikling hos erter

##### 3.1.1 Spiring

Spiring defineres som «hendelsene som finner sted mellom imbibisjon (absorpsjon av vann) i det tørre frøet og fremvekst av embryoet, vanligvis *radicula*, fra strukturene som omgir det» (Taiz et al., 2015). Frøet hos erter er bygget opp av to store frøblad som utgjør mesteparten av frøet (Berner & Aarnes, 2020). Inne i frøet er vannpotensialet lavt og overflatene er sterkt hygroskopiske. Frø som kommer i kontakt med vann vil derfor lett trekke det til seg.

Vanntilførselen fører til at enzymer aktiveres, noe som igjen fører til at stoffomsetningen starter. Inne i frøet ligger næring i form av stivelse, fett og lagringsprotein lagret. Næringen spaltes til mindre molekyler ved hjelp av katalyserende enzymer. Disse molekylene blir benyttet som energikilde og i oppbygning av karbonskjeletter i embryoet. Det første synlige tegnet på at spiringen er i gang er at kimroten trenger gjennom frøskallet og vokser nedover i jorden. Deretter utvikles det et skudd som danner en apikal krok (Taiz et al., 2015).

Spiringen hos erter er hypogeisk. Epikotylen forlenges og danner den apikale kroken som beskytter skuddtuppen og de nye bladene under spiringen. Det unge skuddet kommer over jordoverflaten når epikotylen retter seg ut. Frøbladene forblir under jordoverflaten hvor de til slutt blir brutt ned (Evert & Eichhorn, 2013). Spiringsperioden regnes som ferdig når bladene har blitt grønne og fått tilstrekkelig med fotosyntese til å forsyne planten med de organiske stoffene den trenger (Berner & Aarnes, 2020).

Erter har evnen til å spire ved svært lave temperaturer og det er registrert spiring helt ned mot 1°C (Rostad, 2020). Russiske forskere Kuznetsov et al. 2020 fant ut at en økning i temperaturen fra 11-19,5°C ville få spiringsprosessen til å gå raskere. Ifølge McKay et al., (2003) tar spiringen hos erter normalt 10-14 dager.

##### 3.1.2 Vegetativ vekst

Erter vokser vanligvis som en enkelt stengel, men forgreininger fra noder under første blomst kan forekomme (McKay et al., 2003). Stengelen er tynn og svak, og erteplantene er derfor avhengig av slyngtråder for å holde seg oppreist. Stengelen er 4-kantet med store koblede øreblader. Slyngtrådene vokser ut som en forlengelse av hvert øreblad. Høyden på de ulike sortene kan variere fra 20-200cm (Mossberg & Stenberg, 2018). Trolig er evnen til å fange opp lys ulik mellom sortene basert på forskjeller i mengden bladverk mellom høye og lave sorter. 75% av rotsystemet hos erter ligger på en dybde under jordoverflaten på rundt 60cm, men de lengste røttene kan likevel vokse ned til en dybde på mellom 90-120cm (McKay et al., 2003). Under perioden mellom spiring og blomstring vil behovet for varme og dermed også vann øke (Kuznetsov et al., 2020). Selv om forskerne i det samme studiet fant ut at lengden på vekstperioden var relatert til værforholdene hevder de også at sortsvariasjoner spiller inn. Antall dager fra spiring til blomstring varierte i denne studien fra 28 dager til 44 dager, men de kunne også se variasjoner i samme sort mellom ulike år beroende på klima i vekstområdet i perioden (Kuznetsov et al., 2020).

### 3.1.3 Blomstring

Blomstene til erteplanten er 5-tallige og begeret er sambladet. Kronen har 5 kronblad som består av seil, skaft, vinger og kjøl. Det store ytre er seilet hvor den smale delen nederst kalles skaft. De to badene på sidene er vingene og de to nederste, som er sammenvokste, er kjølen (Mossberg & Stenberg, 2018). Blomstene er zygomorfe (ensymmetriske) (Mossberg & Stenberg, 2018), selvpollinerende og kan være hvite eller rød-fiolette (McKay et al., 2003). Det finnes to typer blomstringsmønstre hos ertes, determinert eller ikke-determinert. Hos sorter med ikke-determinert blomstringsmønster er blomstringstiden lengre enn hos sorter med determinert blomstringsmønster (McKay et al., 2003). Førstnevnte har en modningstid (antall dager fra såing til modning) på mellom 90-100 dager mens hos sistnevnte er modningstiden på mellom 80-90 dager (McKay et al., 2003). Blomstring hos ertes initieres ved at den første blomsten springer ut på en spesifikk nod og deretter vil normalt alle noder som dannes etter dette utvikles til en blomst (Wenden et al., 2009). Blomstringen er et nøkkelstadium for avlingsoppbyggingen da det er begynnelsen på den reproduktive fasen hvor antallet frø bestemmes og dermed den totale avlingen (Roche et al., 1999).

Under blomstringen er avlingen svært sensitiv til tørkestress og stress grunnet for høy lufttemperatur (Roche et al., 1999). Ifølge italienske forskere Iannucci et al. (2008) er lufttemperatur den viktigste miljøfaktoren. For varmt vær kan forsinke eller hindre belg- og frødannelsen (McKay et al., 2003). Rikelig tilgang til vann er også viktig under blomstringen (Rostad, 2020). Tørkestress under blomstringen kan føre til abortering av blomster. Antall døgngrader brukes for å beregne de ulike fenologiske stadiene hos avlingene, blant annet blomstringstid (Iannucci et al., 2008). Lufttemperaturen kan ha to ulike effekter beroende på hvilket stadium av utviklingen plantene befinner seg i: rett før blomstring vil lavere temperaturer påskynde blomstringen, mens lavere temperaturer etter at blomstringen er i gang vil virke bremsende (Roche et al., 1999). Den optimale temperaturen i blomstringsperioden er ifølge en forskningsrapport fra Russland, Kuznetsov et al. (2020), 18-20°C og minimumstemperaturen <10°C. Selv om lufttemperaturen er hovedfaktoren for kontroll av blomstring kan andre miljøfaktorer, som lys og fotoperiode (daglengde), virke inn (Iannucci et al., 2008). Disse vil ha ulik påvirkningsgrad beroende på genotype (Iannucci et al., 2008). Det finnes også dagnøytrale sorter som blomstrer tidlig helt uten påvirkning av fotoperiode (Wenden et al., 2009). I et sortsforsøk i ertes gjort i Norge av Abrahamsen et al. 2018, ble det observert at det ikke var noen korrelasjon mellom ulike blomstringsperioder og avlingsnivå.

### 3.1.4 Frøutvikling

Erteplanten danner fukter som kalles belg. Belgene ligner follikler som åpnes på langs og kan splittes på begge sider (Mossberg & Stenberg, 2018; Evert & Eichhorn, 2013). Lengden på belgene og antall frø i hver belg varierer noe mellom de ulike sortene. I en forskningsartikkel skrevet av Garmendia et al. 2021 er det oppgitt en lengde på belgene på 10-11 cm og rundt 9 frø pr. belg. Variasjoner i frødannelse og kvalitet påvirkes i stor grad av lufttemperatur (Larmure & Munier-Jolain, 2019). Stress grunnet for høye temperaturer, for lite eller for mye vann eller frost kan påvirke størrelsen på erteavlingene (Truong & Duthion, 1993). Ifølge en fransk forskningsrapport fra Larmure & Munier-Jolain (2019) vil for høye temperaturer fremskynde den reproduktive utviklingen, redusere fotosyntese og redusere frødannelsen.

Dette skjer fordi høye temperaturer påvirker karbonmetabolismen og plantenes fenologi. I tillegg til miljømessige forhold spiller hormoner som auxin, gibberellin, cytokinin, abscisinsyre og etylen en viktig rolle i regulering av fruktutviklingen (Ozga & Reinecke, 2003). Mot slutten av frøutviklingen, når ertene begynner å bli klare for innhøsting, tørker plantene og blir sprøe. Slyngtrådene som holder plantene oppreiste har da lett for å brette av og dermed blir stabiliteten på riset dårligere. Ved mye vind og/eller nedbør i denne fasen kan de legge seg ned på bakken. Dette kalles legde og gir dårligere avling grunnet avlingstap fra dryssing og fare for soppvekst, i tillegg til vanskelige innhøstingsforhold (Waalén et al., 2021). Stadiet der plantene skifter farge fra grønt til overveiende gult kalles gulning. Ertene er modne og klare for innhøsting når hele feltet har gulnet.

### 3.2 Biologisk nitrogenfiksering

Erter har evnen til å fikserer nitrogen fra atmosfæren ved å gå i symbiose med nitrogenfikserende bakterier via noder på røttene. Denne symbiosen er ikke bare fordelaktig for ertene, men også for eventuelle samdyrkede vekster og etterfølgende avlinger på feltet, fordi det reduserer behovet for nitrogenholdig gjødsel (Liu et al., 2011). I nitrogenfiksering blir  $N_2$  fra atmosfæren redusert til  $NH_4^+$  som er biologisk tilgjengelig for plantene (Evert & Eichhorn, 2013). Enzymet nitrogenase katalyserer prosessen, og molybden, jern, ulike sulfidgrupper og store mengder ATP trengs i fikseringen (Evert & Eichhorn, 2013). Nitrogenfiksering kan bare utføres av visse bakterier som enten kan være ikke-symbiotiske eller symbiotiske (Evert & Eichhorn, 2013). Den mest effektive fikseringen utføres av bakterier som lever i symbiose med planter (Evert & Eichhorn, 2013). I erter forsyner de nitrogenfikserende bakteriene planten med nitrogen som kan brukes til å danne proteiner mens planten forsyner bakteriene med karbon som de benytter i fikseringsprosessen (Evert & Eichhorn, 2013). Nodulene dannes på røttene ved at de blir infisert av rhizobiumbakterier (Evert & Eichhorn, 2013) som er gram-negative bakterier som finnes i jorden (Crespi & Gálvez, 2000). Hos erter er det bakterien *Rhizobium leguminosarum viciae* som står for noduleringen (Mutch & Young, 2004). Bakteriene fester seg på enden av rothårene ved at hårene skiller ut flavanoider (Evert & Eichhorn, 2013). Spesifikke gener kalt nod-gener slås dermed på og syntese av nod-faktorer (bakterielle signalmolekyler) starter (Evert & Eichhorn, 2013). Når rhizobiumbakteriene fester seg på enden av rothårene vil de krølle seg og fange bakteriene (Evert & Eichhorn, 2013). Bakteriene danner spesielle infeksjonstråder som kan brukes til å sende bakterieceller inn i cellene i røttene (Evert & Eichhorn, 2013). Noduler dannes ved at bakteriene deler seg og danner bakterioider som er omsluttet av en membran (Evert & Eichhorn, 2013).

Det eksisterer flere ulike typer noder, men de mest kjente er determinerte og ikke-determinerte (Kohlen et al., 2018). Determinerte noder kan fortsetter å vokse gjennom sesongen, mens veksten hos ikke-determinerte noder stopper opp etter at de er ferdigdannet (Crespi & Gálvez, 2000). Hos erter finner vi de ikke-determinerte nodulene (Evert & Eichhorn, 2013). Nodulene befinner seg på røttene som ligger i jordlaget rundt 30 cm under jordoverflaten der de vokser på primærroten og på første orden av de laterale røttene (Voisin et al., 2002). Nitrogenfikseringen i erter øker inntil den kommer i tidlige stadier av den reproduktive utviklingen (Voisin et al., 2002). Grunnen til at fikseringsraten går ned etter dette er at det blir konkurranse om karbon mellom de nitrogenfikserende

bakteriene og reproduksjonsorganene i planten (Voisin et al., 2002). Ulike miljøforhold kan påvirke fikseringsraten. Vanntilgang, jordtemperatur, nitrogenkonsentrasjon, jordens pH rundt røttene, genetiske variasjoner i evnen til fiksering samt plantens næringsstatus spiller en rolle her (Liu et al., 2011). Fosfor- og kaliumnivåer i planten kan påvirke veksten av noder (Liu et al., 2011). Erter har en svært effektiv nitrogenfiksering, og når vekstforholdene er optimale kan de fikserer så mye som 80% av eget nitrogenbehov (McKay et al., 2003). Ved å måle klorofyllinnhold kan vi få et inntrykk av plantas nitrogenstatus, som for belgvekster kan være avhengig av om nitrogenfikseringen går optimalt.

### 3.3 Sortsvariasjon

Siden erter ble domestisert for over 10 000 år siden har et mangfold av ulike sorter blitt utviklet gjennom evolusjon og kultivering (Arteaga et al., 2021). Variasjonene i sortene beror på hvilket klima de dyrkes i, og hvilket bruksområde de har. Å utvikle nye sorter, som også er bedre rustet til å takle klimaendringene vi står ovenfor i dag, er en kontinuerlig prosess. Avlingsstabilitet, stråstyrke, frømengde og total proteinfangst er viktige egenskaper hos sortene sett i et landbruksperspektiv, mens smak, farge, proteininnhold og funksjonalitet er viktig for næringsmiddelprodusentene (Arteaga et al., 2021). Sortenes toleranse for plantesykdom bør også tas med i betraktningen (McKay et al., 2003). I dag finnes det tre ulike varianter beroende på bladmengde på riset. Disse er sorter med normal bladvekst, halvt bladløse og helt bladløse sorter (McKay et al., 2003; Frøseth, 2009). I dag er det de halvt bladløse sortene som er dominerende da de står bedre gjennom sesongen på grunn av en større andel slyngtråder (Rostad, 2020). De bladløse sortene har vist seg å gi for lav avling (Frøseth, 2009). I dag er den svenske sorten Ingrid den eneste som dyrkes i Norge. Dette er en relativt høy, halvt bladløs, sort med relativt god stråstyrke (Rostad, 2020). Denne sorten var betydelig bedre enn tidligere brukte sorter når det gjaldt fare for legde (Abrahamsen et al. 2018). Sorter som vokser raskt etter spiring og dermed dekker jorden på et tidlig stadie er ønskelige da erter konkurrerer dårlig med ugress (Abrahamsen et al., 2018).

### 3.4 Avlingskomponenter

Avlingskomponenter er egenskaper i planten som kan ha en direkte effekt på avlings og avlingsoppbyggingen. Vanligvis defineres avlingskomponentene til antall planter per arealenhet, antall belger per plante, antall frø per belg og gjennomsnittsvekten per frø. Produktet av disse vil gi avlingene av erter per arealenhet, vanligvis oppgitt i kvadratmeter. I erter er det flere viktige planteegenskaper som spiller en rolle. I en forskningsrapport av Khan et al., 2017, hvor avlinga av 46 ulike genotyper av erter ble studert, fant de spesielt fem egenskaper som spilte en stor rolle for avlingen. Disse var antall frø per plante, 1000-frøvekt, lengde på internodene, antall frø per belg og plantehøyde. Avlingskomponentene antall frø per plante og frøvekt var blant de egenskapene som virket sterkt inn på avlingen. De fant videre at egenskaper som belglengde, modningstid, antall dager til 50% blomstring, antall noder per plante, antall belger per plante, antall dager fra såing til blomstring og antall forgreninger per plante ikke påvirket avlingen. Antall belger per plante hadde i dette forsøket altså ikke noen positiv og direkte effekt på avlingen, men vil trolig indirekte påvirke antall frø per plante.

Analysen av avlingskomponenter har vært vanlig i mange kulturer for å få en dypere innsikt i avlingsoppbyggingen. Avlingskomponentene vil normalt dannes i litt forskjellige tidsperioder i plantenes utvikling, der antall belger vil bli dannet i blomstringsperioden og er sterkt påvirket av forhold som kan gi abortering av blomster. Antall frø per belg vil også bli bestemt i denne perioden, mens frøvekten vil være påvirket av forholdene i frøutviklingsperioden. Det er vanlig å finne at avlingskomponenter kan kompensere hverandre. Hvis det for eksempel er ansatt mange frø per plante eller arealenhet, blir vekten av hvert frø ofte litt lavere, avhengig av forholdene i perioden fra avsluttet blomstring til modning. Det er imidlertid gjennomført få studier av avlingskomponenter i erter.

## 4. Materialer og metoder

### 4.1 Plantemateriale og forsøksopplegg

Denne oppgaven knyttet til et feltforsøk med 23 ulike sorter av erter som ble etablert på forsøksgården Vollebekk ved NMBU i Ås våren 2021. Såfrø ble innhentet og importert av Graminor ved å ta kontakt med aktuelle internasjonale planteforedlingsfirmaer. En oversikt over disse, hvilken sort og hvilket land de er hentet fra vises i tabell 1. Frøene ble sådd 27.april med såmaskin av typen Wintersteiger Plot Motion. Denne ble programmert til å så ruter på 5 m lengde med 0,25 cm overlapp. Bredden på rutene var 1,5 m. Total størrelse på hver rute ble da 7,875 m<sup>2</sup>. Mellom hver rad av ruter var det 1 m lange ganger. Såmengde ble justert per sort for 1000-frøvekt og spireevne til 100 spiredyktige frø/m<sup>2</sup>. Sådybden var satt til 6cm. Feltet ble vannet én gang, 9. juni, med 20mm vann. Jordtypen på feltet var siltig lattleire (jordartklasse 19) som inneholder mellom 12 og 25% leire og mellom 50 og 88% silt (Nibio, 2022). Det ble tatt en jordanalyse ved jordanalyselaboratoriet ved NMBU ved såing. Resultatet viste et moldinnhold på 4,4%, pH6,2, P-AL 7 og K-AL 16. Dette tilsvarer et middels høyt nivå av fosfor og et høyt nivå av kalium. Observasjoner og målinger ble utført og registrert kontinuerlig under hele perioden fra spiring 12.mai til innhøsting 6.august. Ugrassprøyting ble foretatt tre ganger med redusert dose 20. mai, 30. mai og 6. juni. Det ble benyttet Basagran 20g/daa iblandet Karate 10ml for bekjempelse av ertesnutebille.

Tabell 1 Oversikt over foredlere, hvilke sorter de bidro med og hvilke land de ble hentet fra.

Foredler	Sort	Land
Läntmannen	Ingrid	Sverige
Boreal	Jymi Loviisa Matilda Marti Sisu	Finland
Danko	Tytus Nemo Kazek DS1885	Polen
Nordic Seed	Greenway Mikka NOS311.060-046/3 NOS313.019-003/3	Tyskland
KWS	Bagoo Kamelon Manager	Tyskland
RAGT	Astronaute Ostinato Symfony	Frankrike
P.H. Petersen	Cronos Torpedo PHPEF2020-5	Tyskland

Dette forsøket ble utført som et blokkforsøk med 23 ulike sorter og 4 gjentak av disse som ga totalt 92 ruter. Sortene ble randomisert på feltet innen hvert gjentak. Ingrid ble brukt som kantsort.

Forsøket kan deles opp i to hoveddeler. Første del er basert på registreringer gjort i alle forsøksrutene, inkludert tresking og analyser av de rutevise avlingene. Dekningsgrad, høyde, blomstring, klorofyllinnhold, gulningsdato og eventuell legde ble registrert, i tillegg til råvekt og tørrvekt på avling. Dekningsgrad, bladutvikling, høyde og blomstring ble registrert ifølge datoene i tabell 2. Andre del av forsøket er basert på uttak av småprøver, i et utvalg av rutene, for å analysere tørrstoff av frø og halm, samt studere høsteindeks og avlingskomponentene antall frø per m<sup>2</sup>, antall frø per belg, frø i tørrstoff per m<sup>2</sup> og 1000-frøvekt.

I tillegg ble det fulgt med på nodulutvikling i kantrutene og bladutvikling på et tilfeldig utvalg av sorter på feltet.

For å få korrigert data til tørrstoffmåling, for å finne proteininnhold, ble det tatt ut stikkprøver av halm og frø som ble lagt i metallskåler og satt i tørkeskap ved 105°C i 24 timer.

Tabell 2 Oversikt over datoer hvor dekningsgrad, bladutvikling, høyde og blomstring ble registrert.

Dekningsgrad	Bladutvikling	Høyde	Blomstring
3.juni	3.juni	17.juni	17.juni
10.juni	10.juni	28.juni	23.juni
17.juni	17.juni	5.juli	25.juni
		15.juli	26.juni
		30.juli	28.juni
		6.august	30.juni
			2.juli
			5.juli
			6.juli
			7.juli
			9.juli
			12.juli
			14.juli

#### 4.2 Registrering av nodulutvikling

Det ble ved 3 anledninger, henholdsvis 10., 17. og 28. juni, gravd i kantrutene etter oppspiring for å registrere fremvekst og utvikling av noder på røttene. Hensikten var primært å undersøke i hvilket stadiet på BBCH-skalaen plantene befant seg i ved fremvekst av noder, men også å danne seg et inntrykk av veksten. 6-7 tilfeldige planter ble forsiktig gravd opp og jord ble rensset vekk ved å vaske røttene i en bøtte med vann. Plantene ble lagt ned på en sort bakgrunn og det ble tatt bilder for å dokumentere nodulutviklingen på de ulike datoene.



### 4.3 Registrering av planteutvikling

Det ble gjort registreringer av dekningsgrad, bladutvikling, høyde og blomstring underveis fra spiring til innhøsting. Skala for planteutvikling, BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie), ble benyttet for å registrere bladutvikling og blomstring (Meier, 2001).

#### 4.3.1 Dekningsgrad

Etter oppkomst 12.mai ble dekningsgraden på rutene registrert inntil tilnærmet full dekning ( $\approx 100\%$ ). For å utføre målingene ble det benyttet en app, *Canopeo*, som ble lastet ned på mobiltelefonen. *Canopeo* er et verktøy som kan måle den prosentvise dekningsgraden av den overjordiske delen av en planteavling (<https://canopeoapp.com/#/login>). Dette gjøres ved å holde mobiltelefonen rett over avlingen og ta bilder. Telefonen ble holdt horisontalt og i tilnærmet samme høyde ved hver måling. Det ble tatt to bilder, på to tilfeldig utvalgte steder innenfor hver rute, og gjennomsnittet av disse ble registrert. Registreringene ble utført 3.juni, 10.juni og 17. juni. Gjennomsnittet av resultatene innenfor de 4 gjentakene ble benyttet i de statistiske beregningene.

#### 4.3.2 Bladutvikling

Bladutviklingen ble registrert visuelt ved bruk av BBCH-skalaen. Antall internoder ble talt ved å telle antall bladpar etter øverste skjellblad. Siste internode frem mot det lukkede bladet ble ikke medregnet. Registreringene ble gjort 3.juni, 10.juni og 17.juni og på et tilfeldig utvalg av planter og ruter med intensjon om å danne seg et generelt bilde av utviklingen. Koder og beskrivelser som ble benyttet vises i tabell 3 og er hentet fra BBCH-skalaen.

Tabell 3 Vekststadier, koder og beskrivelser av bladutvikling ifølge BBCH-skalaen (Meier, 2001).

<b>Growth stage</b>	<b>Code</b>	<b>Description</b>
<i>1: Leaf development</i>	<i>10</i>	<i>Pair of scale leaves visible</i>
	<i>11</i>	<i>First true leaf (with stipules) unfolded or first tendril developed</i>
	<i>12</i>	<i>2 leaves (with stipules) unfolded or 2 tendrils developed</i>
	<i>13</i>	<i>3 leaves (with stipules) unfolded or 3 tendrils developed</i>
	<i>1.</i>	<i>Stages continuous till...</i>
	<i>19</i>	<i>9 or more leaves (with stipules) unfolded or 9 or more tendrils developed</i>
<i>3: Stem elongation (Main shoot)</i>	<i>30</i>	<i>Beginning of stem elongation</i>
	<i>31</i>	<i>1 visibly extended internode</i>
	<i>32</i>	<i>2 visibly extended internodes</i>
	<i>33</i>	<i>3 visibly extended internodes</i>
	<i>3.</i>	<i>Stages continuous till...</i>
	<i>39</i>	<i>9 or more visibly extended internodes</i>

#### 4.3.3 Høyde

Høydemålinger ble gjort 6 ganger mellom 17.juni og 6.august. Se tabell 2 for oversikt over datoer. Samtlige sorter og gjentak av disse ble målt. Det ble benyttet en 1m lang linjal som ble satt ned to vilkårlige steder i hver rute. Et gjennomsnitt av de to målingene ble benyttet i de statistiske beregningene.

#### 4.3.4 Blomstring

Registrering av blomstring ble gjort 13 ganger mellom 17.juni og 14.juli ved bruk av BBCH-skalaen. Se tabell 2 for oversikt over datoer. Registreringene ble gjort visuelt, og en kode mellom 60 og 69 ble satt for hver rute, de respektive datoene. Koder og beskrivelser som ble benyttet vises i tabell 4 og er hentet fra BBCH-skalaen.

Tabell 4 Vekststadier, koder og beskrivelser av blomstring ifølge BBCH-skalaen (Meier, 2001).

<b>Growth stage</b>	<b>Code</b>	<b>Description</b>
<b>6: Flowering</b>	60	<i>First flowers open (sporadically)</i>
	61	<i>Beginning of flowering: 10% of flowers open</i>
	62	<i>20% of flowers open</i>
	63	<i>30% of flowers open</i>
	64	<i>40% of flowers open</i>
	65	<i>Full flowering: 50% of flowers open</i>
	67	<i>Flowering declining</i>
	69	<i>End of flowering</i>

#### 4.4 Avling

Avlingen ble høstet inn 6.august med en forsøksskurtresker. Ertene ble fylt i nett, som ble merket og samlet inn, og råvekt av hver pose ble registrert samme dag. Posene ble satt til tørking ved 25-30 °C til 20.september og veid på ny for å finne tørrvekt. Avlingen ble så omregnet til kg/daa ved 15% vanninnhold.

#### 4.5 Klorofyllmålinger, gulning og legde

Klorofyllinnhold ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ) ble målt med en SPAD gadget (DUALEX Scientific TM, Force-A) på 20 utvalgte planter spredt over hele feltet. Et gjennomsnitt av de 20 målingene er benyttet i videre statistiske beregninger. Dato for gulning ble registrert fortløpende for alle sorter etter hvert som rutene gulnet. Eventuell legde hos sortene ble registret rett før innhøsting 6.august. Legde ble oppgitt i prosent for hver rute og et gjennomsnitt for hver sort ble beregnet.

#### 4.6 Analyse av småprøver

Etter gulning 4.august ble det samlet inn småprøver til tørking og veiing for å finne tørrstoff av frø per  $\text{m}^2$  og høsteindeks, samt studere avlingskomponentene antall frø per  $\text{m}^2$ , antall frø per belg og 1000-frøvekt. Plantene ble klippet av rett over jordoverflaten og samlet sammen fra et areal på 50x50cm, som omfattet 4 sårader, og knytt sammen i bunter. Det ble samlet inn totalt 29 prøver. Disse omfattet 6 tilfeldig utvalgte sorter fra to gjentak. De resterende sortene ble samlet inn fra ett gjentak. De 6 tilfeldig utvalgte sortene var Ingrid, Torpedo, Astronaut, Nemo, Martti og Mikka. Buntene ble lagt til tørk på bord i drivhus frem til

16.august. Etter dette ble alle de 29 buntene fortløpende veid for å finne total biomasse, belger ble klippet av og talt og frø tatt ut. Halm og tomme belger ble samlet opp i grå papirposer som ble veid og frø ble samlet i blå papirposer. 1000-frøvekt av ertene ble beregnet ved bruk av en Elmor seed counter. Resultatene for sortene med to gjentak (Ingrid, Torpedo, Astronaut, Nemo, Martti og Mikka) ble brukt i videre statistiske beregninger.

5 tilfeldige sorter ble valgt ut for å måle tørrstoff. Disse var Astronaut, Martti, PHP EF2020-5, Ingrid og Cronos. Halm og tomme belger ble veid inn i skåler og satt i varmeskap i 105°C. Etter 24 timer ble skålene tatt ut, veid på ny og differansen ble registrert.

#### 4.7 Værdata og varmesum

Værdata ble hentet inn fra Landbruksmeteorologisk Tjeneste fra NIBIO (<https://lmt.nibio.no/>). Data om lufttemperatur, jordtemperatur, nedbør og vind i perioden ble hentet ved å søke opp målestasjonen i Ås. Værdata ble også hentet fra Meteorologisk Institutt sin værmeldingstjeneste Yr (<https://www.yr.no>). Varmesum ble beregnet ved å plusse sammen temperaturene fra sådato til gulningsdato for alle sorter og gjentak. Det ble regnet ut et gjennomsnitt for hver sort.

#### 4.8 Statistisk analyse

For de statistiske beregningene ble det gjort 2-veis variansanalyse ved bruk av Minitab (versjon 21.1). Gjentak ble brukt som tilfeldig variabel og sort som fast variabel. Ved signifikante forskjeller mellom sortene ble Tukey-test utført. Det ble brukt 95% signifikansnivå i alle tester. Et eksempel på 2-veis variansanalyse og bruk av Tukey-test for dekningsgrad 3.juni er vist i vedlegg 1.

For småprøvene med to gjentak ble det gjort 2-veis variansanalyse. For sammenligning av alle de 23 sortene ble det antatt at forsøksfeilen var lik for alle sortene, og gjennomsnittlig 95% konfidensintervall basert på de 6 sortene med gjentak er vist på figurene. Korrelasjoner mellom totalavling og dekningsgrad, høyde, klorofyllmålinger og antall dager til avsluttende blomstring er illustrert ved biplot utarbeidet i excel (vedlegg 2). Prosentvis samvariasjon ( $R^2$ ) er vist på plottene.

## 5. Resultater

### 5.1 Nodulutvikling

I perioden etter oppkomst ble det ukentlig gravd opp planter i kantrutene for å registrere nodulutviklingen. Registreringer ble gjort 10., 17. og 28.juni. De første nodulene ble registrert 10.juni, 44 dager etter såing og 29 dager etter spiring. Nodulene ble delt og rosa farge ble observert, noe som tyder på at nodulutviklingen var kommet godt i gang. Plantene hadde utviklet 7 bladpar på dette tidspunktet, sett i forhold til BBCH-skalaen. Uken før 10.juni ble det ikke observert noduler og da hadde plantene utviklet mellom 4-5 bladpar. Øvre del av roten hadde store noduler mens nedre del av roten og siderøttene hadde få og små noduler. Bilde 1 viser nodulutviklingen som ble registrert på røttene 10. juni.

Plantene som ble tatt opp 17.juni., 51 dager etter såing, hadde et jevnt antall små noduler på hovedroten og på siderøttene (bilde 2).

Plantene som ble tatt opp 28.juni, 62 dager etter såing, hadde større noduler på hovedroten og et antall mindre noduler på siderøttene (bilde 3).



Bilde 2 Nodulutvikling på røttene 10.juni



Bilde 1 Nodulutvikling på røttene 17.juni



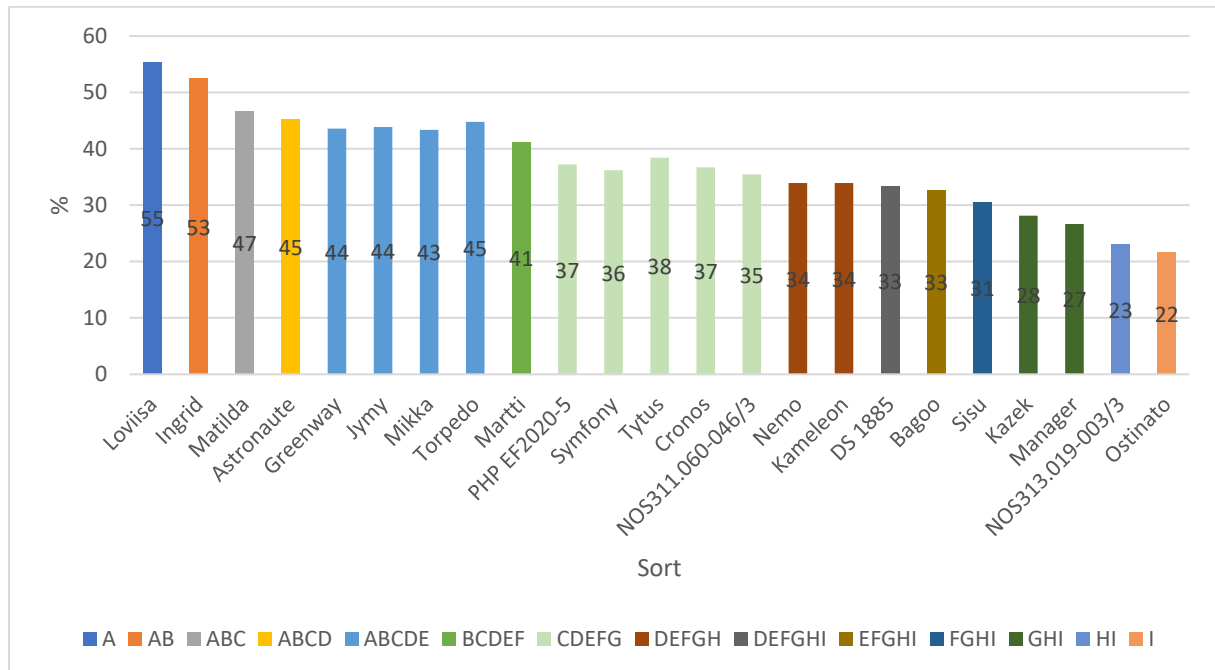
Bilde 3 Nodulutvikling på røttene 28.juni

## 5.2 Planteutvikling

### 5.2.1 Dekningsgrad

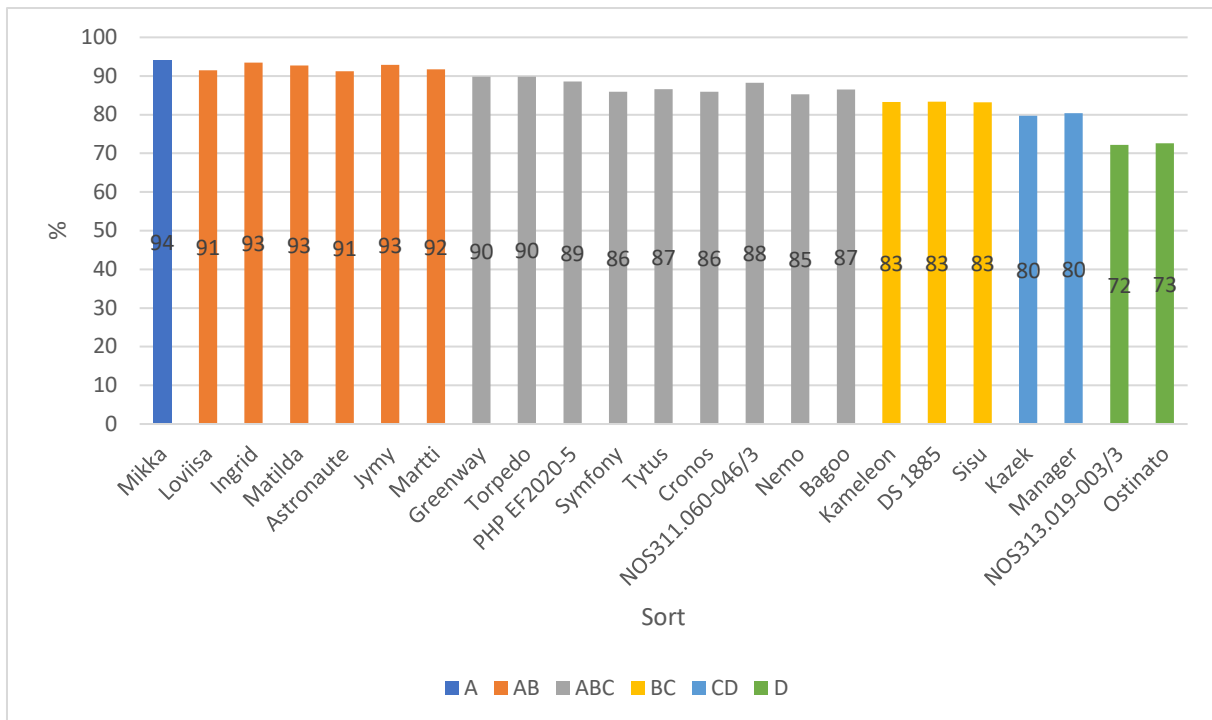
Dekningsgrad på alle rutene ble registrert 3., 10. og 17. juni. Variansanalysen viste at det, med en p-verdi på  $<0,0001$ , var signifikante forskjeller mellom sortene 3. juni. Tukey-test ga en variasjon på A-I. Resultatene fra variansanalysen og Tukey-test er vist i vedlegg 1.

Canopeo-registreringen viste at sorten Loviisa hadde høyest gjennomsnittlig dekningsgrad på 55% (figur 1). Sorten med lavest gjennomsnittlig dekningsgrad var Ostinato med 22% (figur 1). Differansen mellom sortene med høyest og lavest gjennomsnittlige dekningsgrad var ved den første registreringen 33%.



Figur 1 Søylen viser gjennomsnittlig dekningsgrad 3.juni for de fire gjentakene av hver sort.  $P<0,0001$

Variansanalysen viste at det, med en p-verdi på  $<0,0001$ , også var signifikante forskjeller mellom sortene 10.juni. Tukey-test ga en variasjon på A-D. Resultatet viste at dekningsgraden var på vei til å jevne seg ut blant sortene (figur 2). Differansen mellom sorten med høyest gjennomsnittlig dekningsgrad og sorten med lavest gjennomsnittlig dekningsgrad var her på 21,4%. Ut fra figur 2 ser vi at Mikka hadde den høyeste gjennomsnittlige dekningsgraden på 94% mens sorten med lavest gjennomsnittlig dekningsgrad var NOS313.019-003/3 med 72%.



Figur 2 Søylen viser gjennomsnittlig dekningsgrad 10.juni for de fire gjentakene av hver sort.  $P < 0,0001$

Resultatene av variansanalysen fra den siste registreringen, som ble gjort 17.juni, viste at det ikke var signifikant forskjell mellom sortene ( $p=0,118$ ). De sortene som lå etter i dekningsgrad hadde nå tatt igjen de mest hurtigvoksende sortene. Hele feltet hadde ved denne registreringen en dekningsgrad på tilnærmet 100%.

### 5.2.2 Bladutvikling

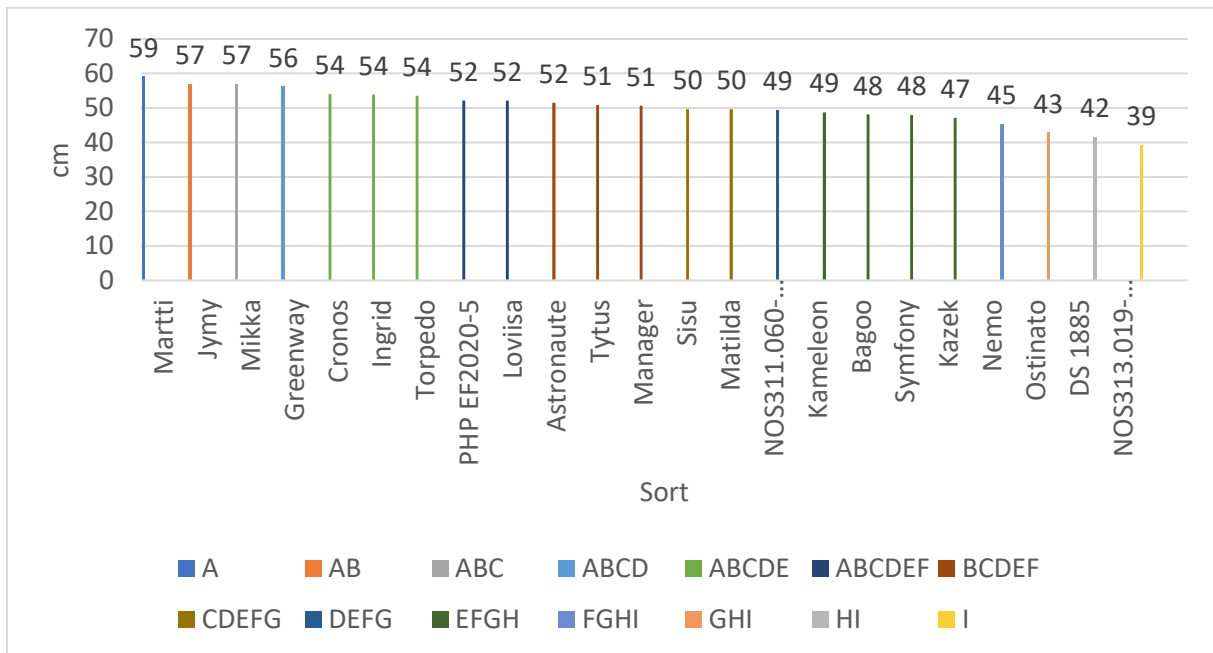
Bladutvikling ble registrert ved hjelp av BBCH-skala 3., 10. og 17. juni, på et tilfeldig utvalg av ruter og planter på feltet. Tabell 5 viser at ved den første registreringen, 3.juni, hadde alle plantene utviklet mellom 4-5 bladpar. 10. juni ble det registrert at samtlige planter hadde 7 bladpar mens 17. juni hadde de utviklet 9 – 10 bladpar. Dette viser at bladene utviklet seg i relativt likt tempo hos de ulike sortene.

Tabell 5 Bladutvikling hos et tilfeldig utvalg av planter 3., 10. og 17. juni. Utsnitt av BBCH-skala (Meier, 2001).

Dato	BBCH-kode	Beskrivelse
3. juni	14/15	4/5 leaves (with stipules) unfolded or 4/5 tendrils developed
10. juni	17	7 leaves (with stipules) unfolded or 7 tendrils developed
17. juni	19	9 or more leaves (with stipules) unfolded or 9 or more tendrils developed

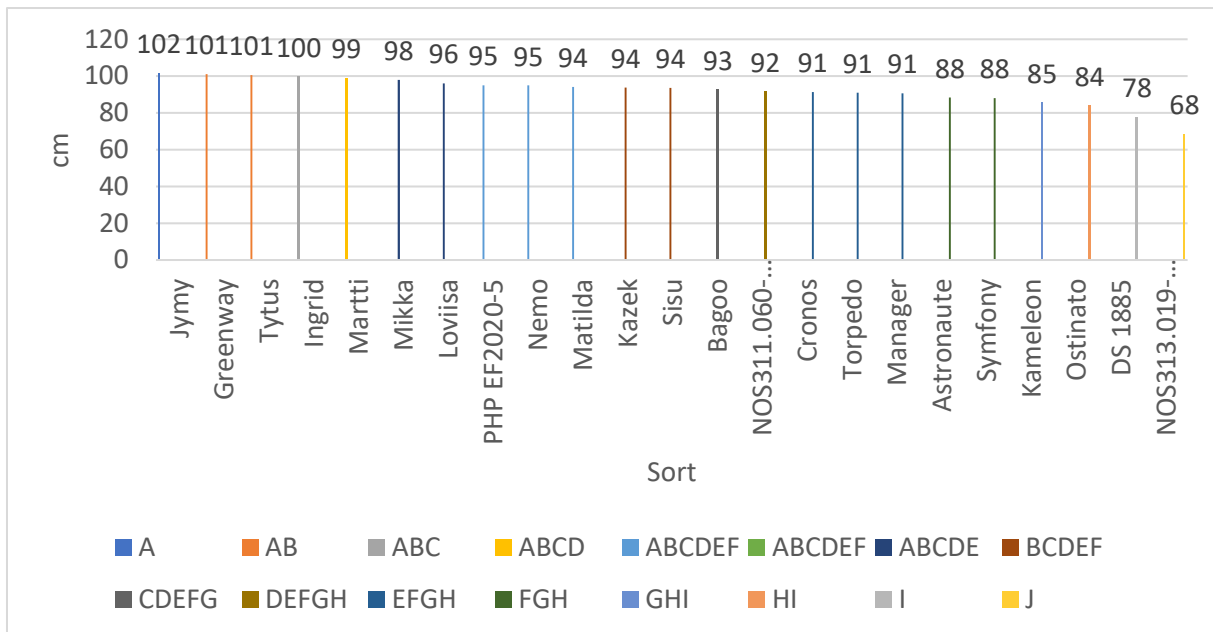
### 5.2.3 Høyde

Det ble gjort 6 høydemålinger mellom 17.juni og 6.august. Variansanalysen viste at det, med en p-verdi på <0,0001 for samtlige målinger, var signifikante forskjeller mellom sortene. Den første høydemålingen, som ble utført 17.juni, ga en variasjon på Tukey-test på A-I. Figur 3 viser at de høyeste sortene var Martti på 59cm og Jymy og Mikka på 57cm. De laveste sortene ved den første målingen var DS1885 og NOS313.019-003/3 på henholdsvis 42cm og 39cm. Differansen mellom høyeste og laveste sort var 20cm og den gjennomsnittlige høyden for alle sortene var 50cm.



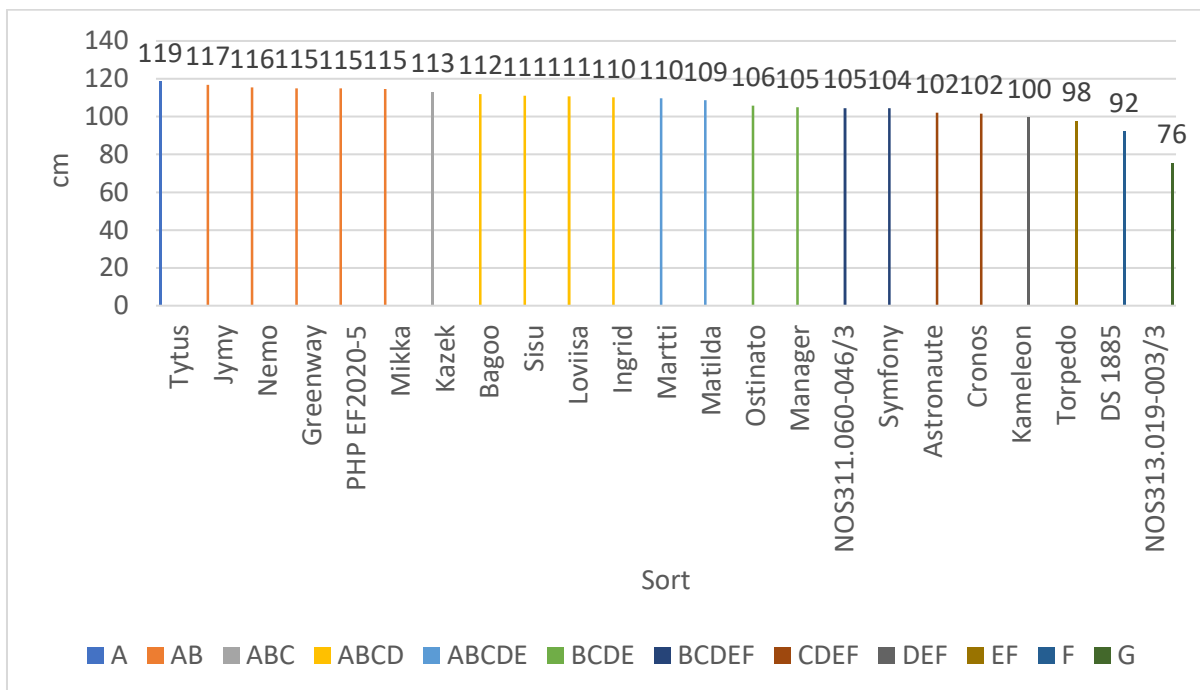
Figur 3 Søylen viser gjennomsnittlig høydemåling for de ulike sortene utført 17. juni.  $p < 0,0001$ .

Den andre høydemålingen, som ble utført 28.juni, ga en variasjon på Tukey-test på A-J. Ved denne målingen var det større variasjon mellom sortene sammenlignet med første høydemåling. Differansen mellom høyeste og laveste sort var 33cm. Jymy var ved denne målingen den høyeste sorten på 102cm etterfulgt av Greenway og Tytus på 101cm (figur 4). De laveste sortene ved denne målingen var, som ved første måling, DS1885 og NOS313.019-003/3 på henholdsvis 78cm og 68cm (figur 4). Den gjennomsnittlige høyden for alle sortene var 92cm.



Figur 4 Søylen viser gjennomsnittlig høydemåling for de ulike sortene utført 28. juni.  $p < 0,0001$ .

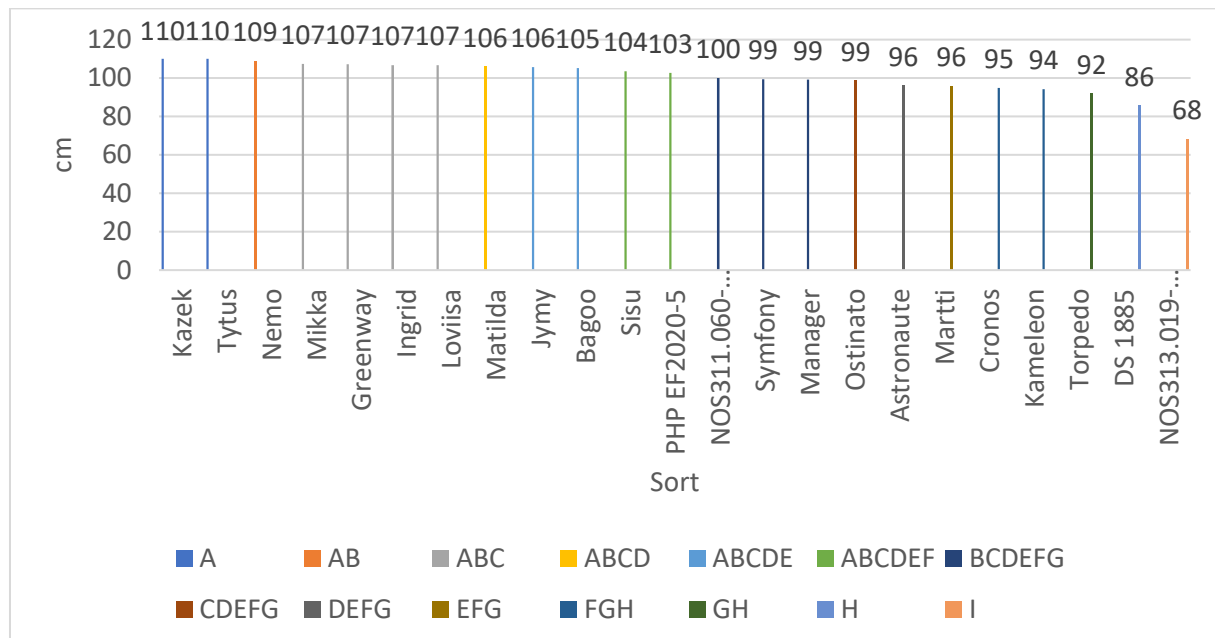
Den tredje høydemålingen, som ble utført 5.juli, viste en variasjon på Tukey-test på A-G. Det var nå mindre variasjon mellom sortene enn ved målingen gjort 28.juni. Differansen mellom høyeste og laveste sort var her 43cm. Tytus var ved denne målingen den høyeste sorten på 119cm etterfulgt av Jymy og Nemo på henholdsvis 117 og 116cm. De laveste sortene var fortsatt DS1885 på 92cm og NOS313.019-003/3 på 76cm (figur 5). Den gjennomsnittlige høyden for alle sortene var 107cm.



Figur 5 Søylen viser gjennomsnittlig høydemåling for de ulike sortene utført 5. juli  $p < 0,0001$ .

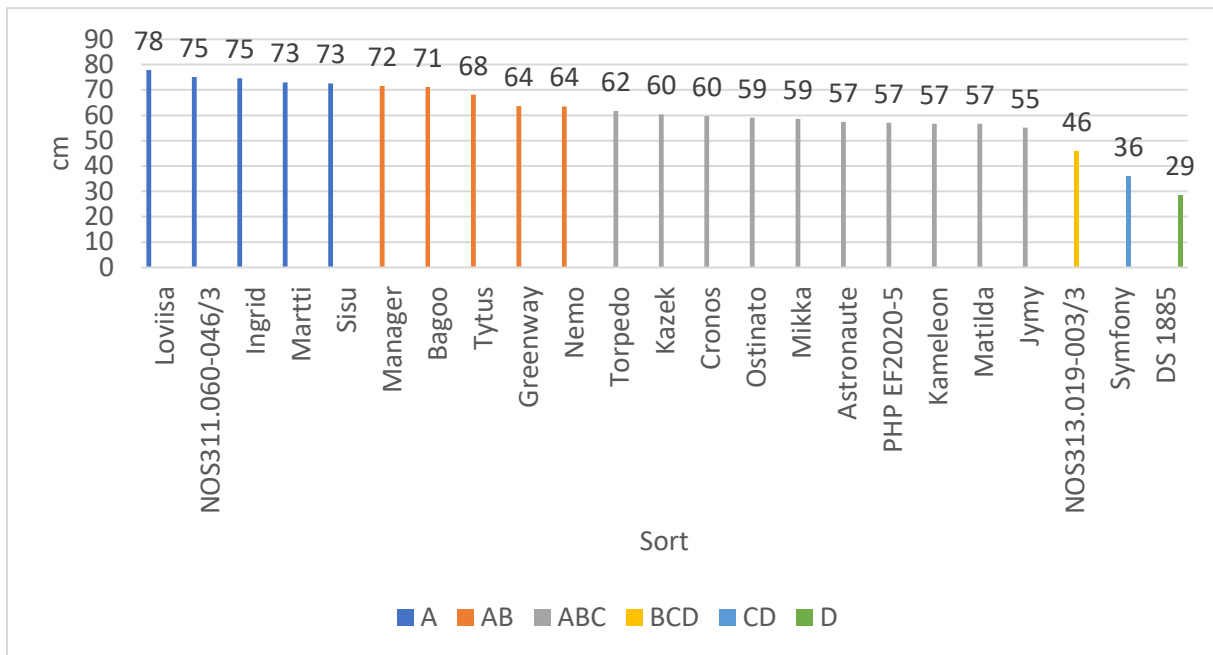


Den fjerde høydemålingen, som ble utført 15.juli, ga en variasjon på Tukey-test på A-I. Resultatene viser større variasjon mellom sortene sammenlignet med målingen 5.juli. Differansen mellom høyeste og laveste sort var her 42cm. De høyeste sortene var ved denne målingen Kazek og Tytus på 110cm og Nemo på 109cm. De laveste sortene var også nå DS1885 på 86cm og NOS313.019-003/3 på 68cm (figur 6). Den gjennomsnittlige høyden for alle sortene var 100cm.



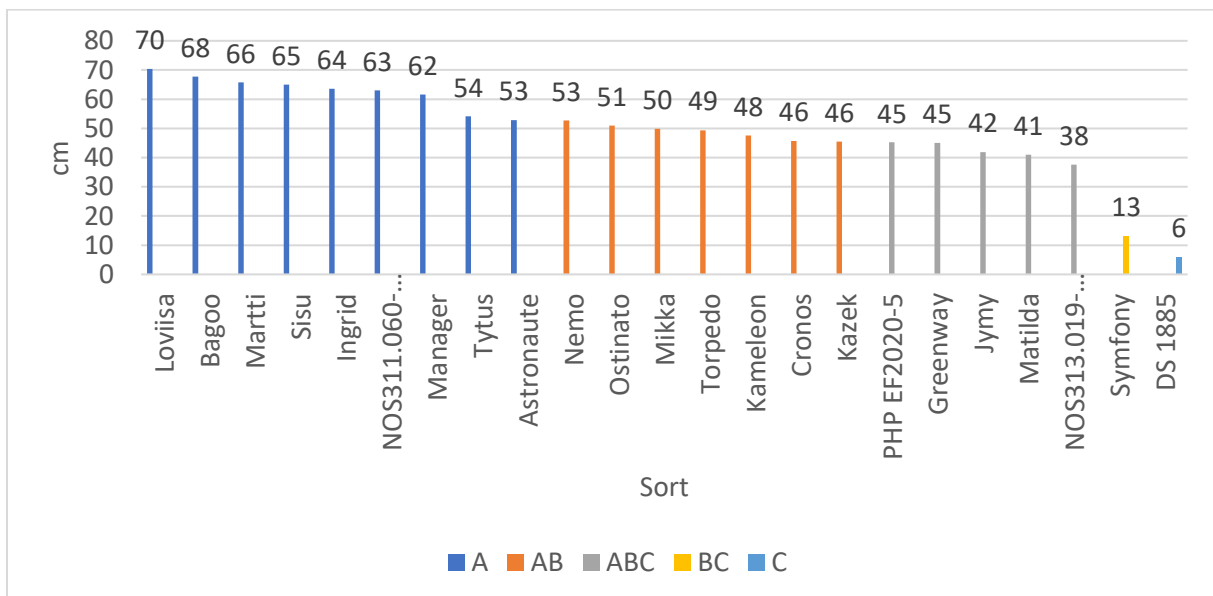
Figur 6 Søylen viser gjennomsnittlig høydemåling for de ulike sortene utført 15. juli  $p < 0,0001$ .

Variansanalysen av den femte høydemålingen 30.juli ga en variasjon på Tukey-test på A-D og viser dermed at det var mindre variasjon mellom sortene nå. Høydevariasjon mellom høyeste og laveste sort var på 42cm. De høyeste sortene var Loviisa på 78cm etterfulgt av NOS311.060-046/3 og Ingrid på 75cm. De laveste sortene var ved denne målingen Symfony på 36cm og DS1885 på 29cm (figur 7). Den gjennomsnittlige høyden for alle sortene var 61cm.



Figur 7 Søyene viser gjennomsnittlig høydemåling for de ulike sortene utført 30. juli.  $p < 0,0001$ .

Ved den siste høydemålingen, 6. august, viste resultatene av variansanalysen en p-verdi på  $< 0,0001$  og en variasjon i Tukey-test på kun A-C. Det var altså her ytterligere mindre forskjell mellom sortene enn ved forrige måling (30. juli). Høydeforskjellen mellom høyeste og laveste sort var nå på hele 65cm. Loviisa på 70cm, Bagoo på 68cm og Martti på 66cm var de høyeste sortene ved denne målingen mens Symphony på 13cm og DS1885 på 6cm var de laveste (figur 8). Den gjennomsnittlige høyden for alle sortene var nå helt nede i 49cm.

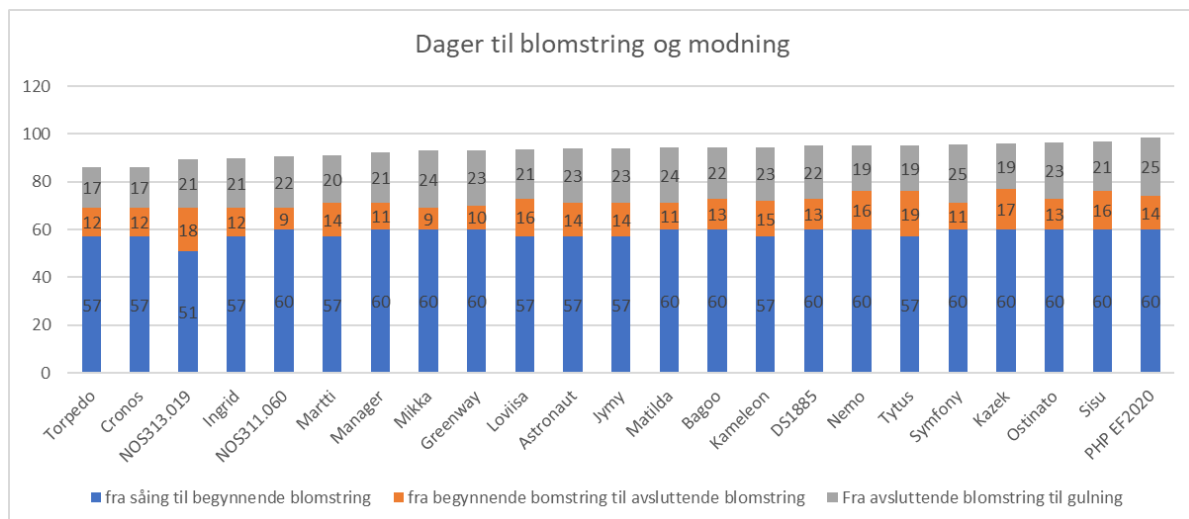


Figur 8 Søyene viser gjennomsnittlig høydemåling for de ulike sortene utført 6. august.  $p < 0,0001$ .

### 5.2.4 Blomstring

Blomstring ble registrert 13 ganger, fra begynnende blomstring 17.juni til avsluttende blomstring 14.juli. Ut fra figur 9 kan vi se at det ikke var stor variasjon mellom sortene når det gjaldt antall dager fra såing til begynnende blomstring. Det er kun NOS313.019-003/3 som skiller seg ut med 51 dager. De andre sortene ligger på 57 eller 60 dager.

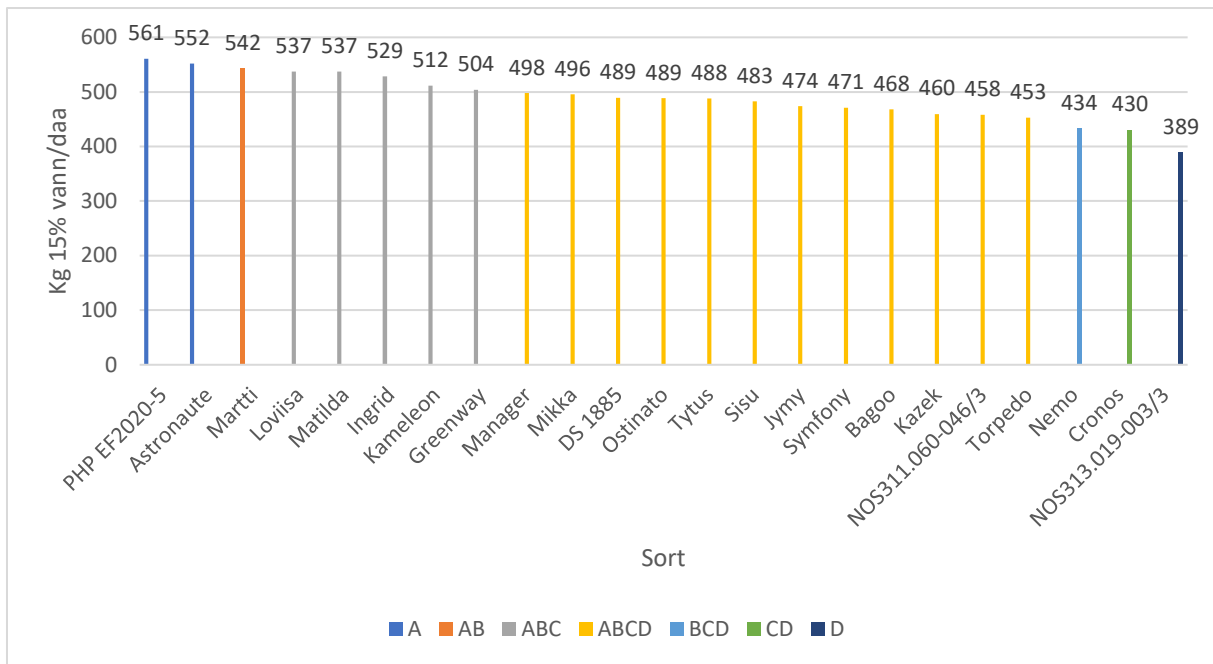
Blomstringsperioden viste en større variasjon mellom sortene (figur 9). Her varierte perioden fra 9 til 19 dager. Mikka og NOS311.060-046/3 hadde den korteste blomstringsperioden på 9 dager mens Kazek, NOS313.019-003/3 og Tytus hadde den lengste blomstringsperioden på henholdsvis 17, 18 og 19 dager. Perioden fra avsluttende blomstring til gulning hadde en variasjon mellom sortene på 8 dager. De sortene som brukte kortest tid her var Torpedo og Cronos med 17 dager mens den som brukte lengst tid var Symphony og PHP EF2020-5 med 25 dager. Den totale perioden fra såing av frøene til plantene hadde gulnet og var klare for innhøsting varierte fra 86 til 99 dager. Ut fra figur 9 kan vi se at Torpedo og Cronos hadde den kortest perioden på 86 dager mens PHP EF2020-5 hadde den lengste på 99 dager.



Figur 9 Sortenes vekstrytme uttrykt som antall dager fra såing til begynnende blomstring, begynnende blomstring til avsluttende blomstring, og fra avsluttende blomstring til gulning. Data viser gjennomsnitt over de fire gjentakene. P-verdier var  $p < 0,0001$  for alle de tre periodene

### 5.3 Avling

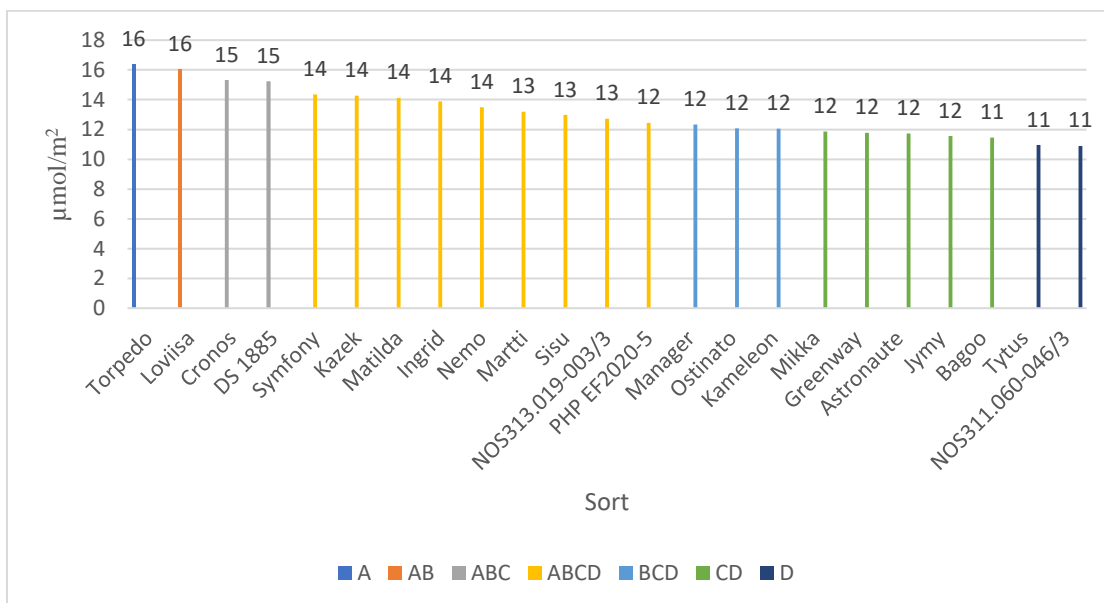
Variansanalysen av avlingsdataene ga en p-verdi på  $< 0,0001$ , noe som viste at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Videre ga Tukey-test en variasjon på A-D. De sortene som ga den høyeste avlingen var PHPEF2020-5 med 561kg15%vann/daa, Astronaut med 552kg15%vann/daa og Martti med 542kg15%vann/daa (figur 10). Cronos og NOS313.019-003/3 ga de minste avlingene på henholdsvis 430kg15%vann/daa og 389kg15%vann/daa, (figur 10). Differansen på sorten som ga høyest avling og sorten som ga lavest avling var på 172kg15%vann/daa.



Figur 10 Søyene viser gjennomsnittlig avling for alle sorter.  $p < 0,0001$ .

#### 5.4 Klorofyllmålinger, gulning og legde

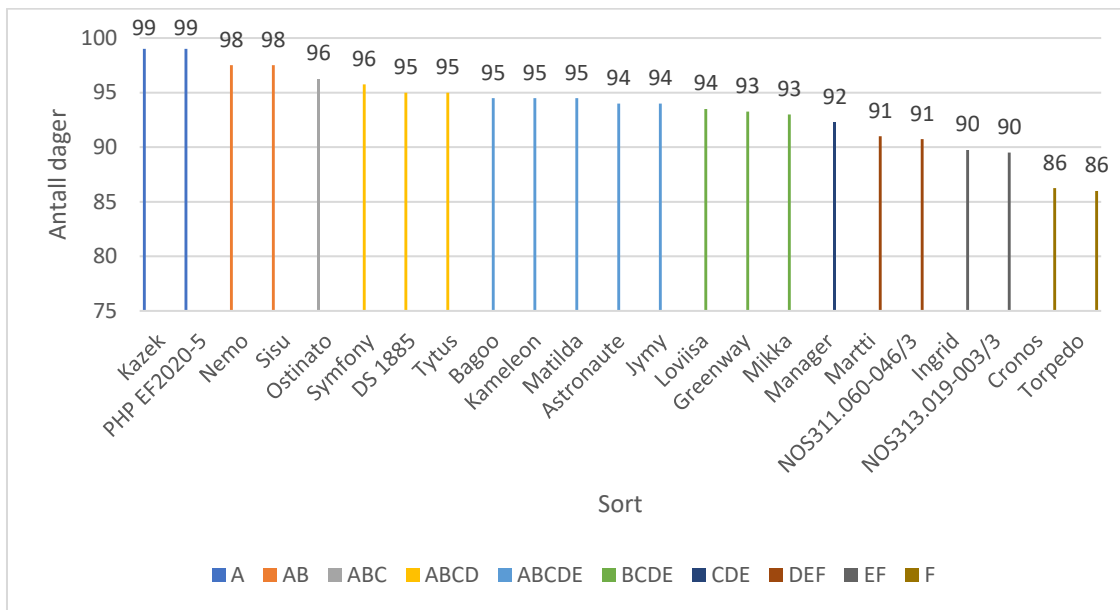
Variansanalysen av klorofyllmålingene ga en p-verdi på  $< 0,0001$  og viste dermed at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Tukey-test ga en variasjon mellom sortene på A-D. Sortene med høyest klorofyllinnhold var Torpedo og Loviisa som hadde  $16 \mu\text{mol}/\text{m}^2$  mens Bagoo, Tytus og NOS311.060-046/3 hadde det laveste innholdet på  $11 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ . Figur 11 viser gjennomsnittlig klorofyllinnhold for alle sortene målt i  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ .



Figur 11 Søyene viser gjennomsnittlig klorofyllinnhold for alle sortene i  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ .  $P < 0,0001$

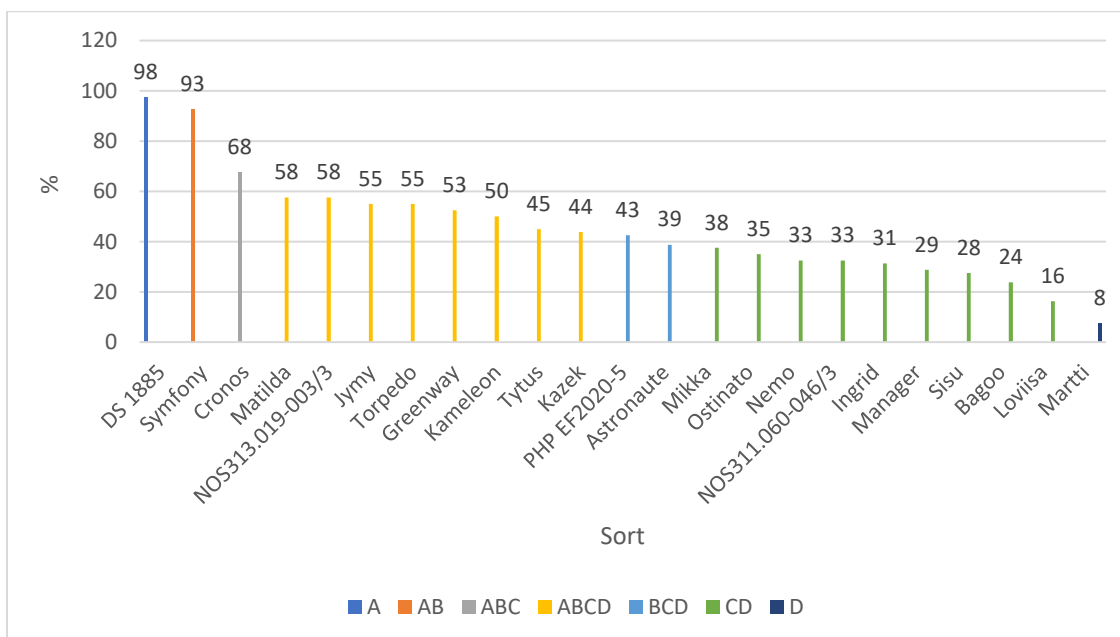
Variansanalysen av antall dager fra såing til gulning ga en p-verdi på  $< 0,0001$  og viste dermed at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Tukey-test ga en variasjon mellom sortene på A-F. Sortene som bruke kortest tid var Cronos og Torpedo. Disse brukte 86 dager. Sortene

som brukte lengst tid var Kazek og PHP EF2020-5 med 99 dager. Figur 12 viser et gjennomsnitt av antall dager fra såing til gulning for alle sortene.



Figur 12 Søyene viser gjennomsnittlig antall dager fra såing til gulning for alle sorter.  $P < 0,0001$

Variansanalysen av legde ga en p-verdi på  $< 0,0001$  og viste dermed at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Tukey-test ga en variasjon mellom sortene på A-D. Sortene som hadde mest legde var DS1885 og Symfony med henholdsvis 98% og 93% legde. Disse sortene lå helt flate ved innhøsting. Sortene med minst legde var Loviisa med 16% legde og Martti med 8% legde. Figur 13 viser gjennomsnittlig legde for alle sortene i %.

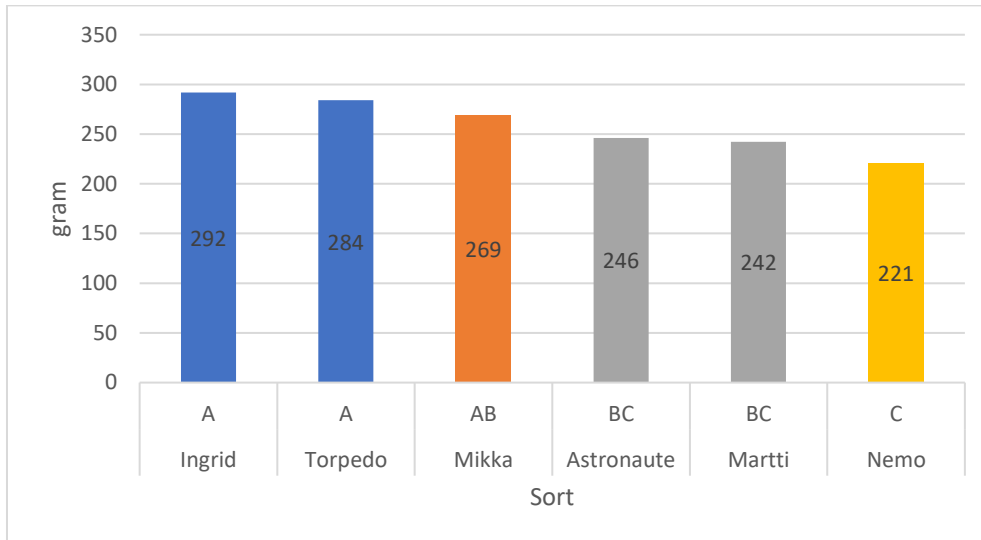


Figur 13 Søyene viser gjennomsnittlig legde hos alle sortene i %.  $P < 0,0001$

## 5.5 Analyse av småprøver

### 5.5.1 1000-frøvekt

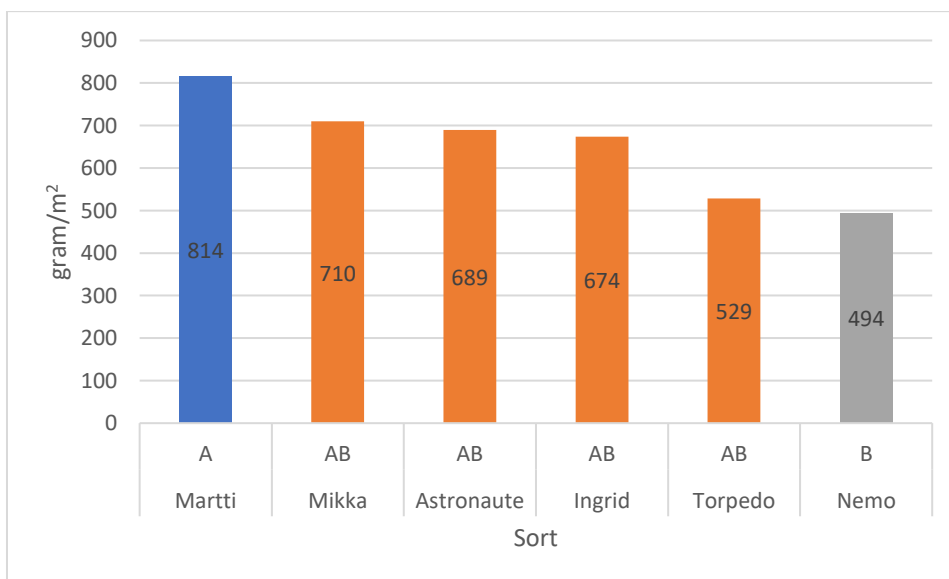
Det ble utført måling av 1000-frøvekt på ertene. Resultatet av variansanalysen viste at det var signifikant forskjell mellom de 6 sortene med en p-verdi på 0,002 og en variasjon på Tukey-test på A-C (figur 14). Sorten med høyest 1000-frøvekt var Ingrid med 292g, mens sorten med lavest 1000-frøvekt var Nemo med 221 g. Dette ga en differanse på 71 g mellom tyngste og letteste sort.



Figur 14 Søylen viser gjennomsnittlig 1000-frøvekt for de 6 utvalgte sortene. P=0,002

### 5.5.2 Frø i tørrstoff per m<sup>2</sup>

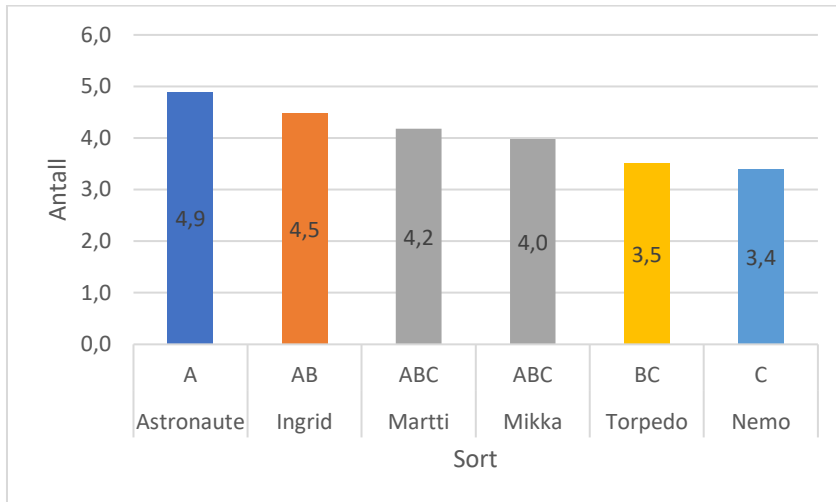
Det ble utført tørrstoffmålinger og frø i tørrstoff per m<sup>2</sup> ble beregnet. De statistiske beregningene ga en p-verdi på 0,035 og en variasjon på Tukey-test på A-B, noe som viste at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Figur 15 viser at Martti hadde den høyeste tørrstoffvekten på 814g. Den laveste tørrstoffvekten hadde Nemo på 494g. Dette ga en differanse på 320g mellom tyngste og letteste sort.



Figur 15 Søylen viser gjennomsnittlig Tørrstoff av ertene per m<sup>2</sup> i gram for de 6 utvalgte sortene. P=0,035

### 5.5.3 Antall frø per belg

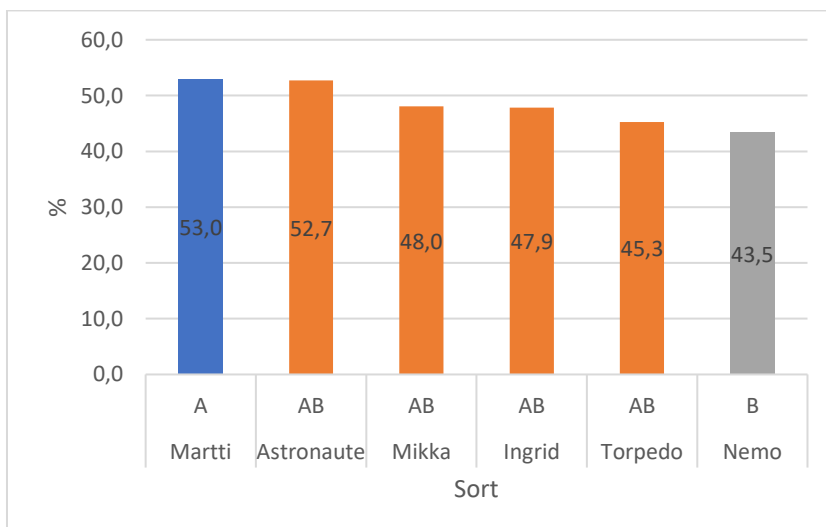
Antall belger og antall frø ble talt opp på de 6 sortene for å finne gjennomsnittlig antall frø per belg. Variansanalysen av resultatene viste at det var signifikante forskjeller mellom sortene. P-verdien var 0,009 og variasjon på Tukey-test var A-C (figur 16). Astronaute hadde flest frø med gjennomsnittlig 4,9 per belg, tett fulgt av Ingrid med gjennomsnittlig 4,5 frø per belg. Nemo hadde færrest med gjennomsnittlig 3,4 frø per belg. Differansen mellom sorten med flest frø og sorten med færrest frø var på 1,5 frø.



Figur 16 Søylen viser gjennomsnittlig antall frø per belg for de 6 utvalgte sortene.  $P=0,009$

### 5.5.4 Høsteindeks

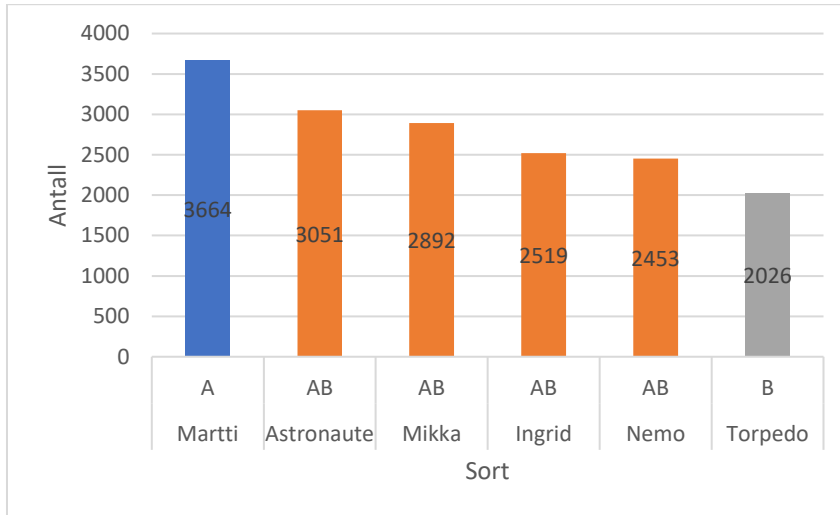
Mengden frø i % av total overfladisk biomasse (høsteindeks) ble beregnet. Resultatene fra variansanalysen ga en p-verdi på 0,034 og viste dermed at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Variasjonen i Tukey-test var på mellom A-B. Ut fra figur 17 kan vi se at Martti og Astronaute hadde de høyeste høsteindeksene på henholdsvis 53% og 52,7%. Nemo hadde den laveste høsteindeksen på 43,5%. Dette ga en differansen mellom høyeste høsteindeks og laveste høsteindeks på 9,5%.



Figur 17 Søylen viser gjennomsnittlig høsteindeks i % for de 6 utvalgte sortene.  $P=0,034$

### 5.5.5 Antall frø per m<sup>2</sup>

Antall frø per m<sup>2</sup> ble beregnet og variansanalysen ga en p-verdi på 0,041, noe som viste at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Tukey-test viste en variasjon mellom sortene på A-B. Figur 18 viser at Martti, med 3664 frø, hadde flest frø per m<sup>2</sup> mens Torpedo, med 2026 frø, hadde færrest frø per m<sup>2</sup>. Dette gir en differanse på hele 1638 frø.



Figur 18 Søylen viser gjennomsnittlig antall frø per m<sup>2</sup> for de 6 utvalgte sortene. P=0,041

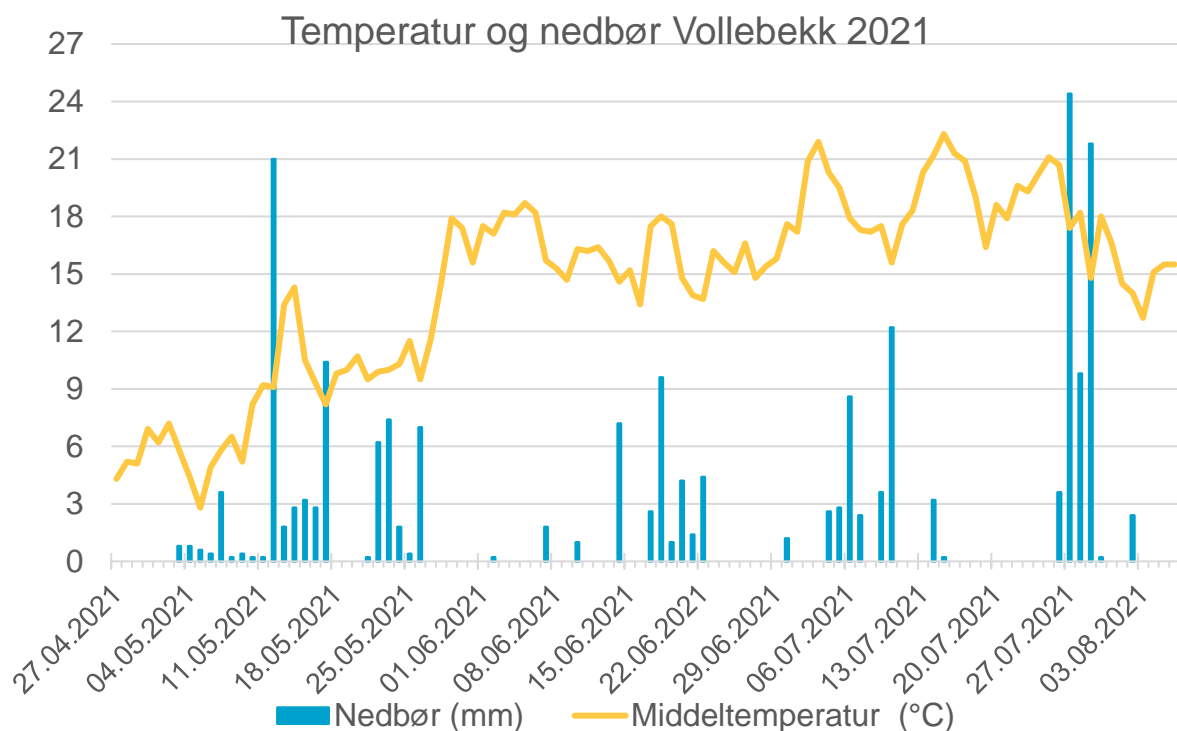
### 5.5 Værdata og varmesum

Den gjennomsnittlige døgntemperaturen ved sådato 27.april var 4,3°C med en jordtemperatur ved 10cm dybde på 4,2°C. Antall døgn med minusgrader på natten fra sådato var 7. Temperaturen varierte fra -0,7°C til -4,8°C. Siste frostnatt var 8.mai hvor temperaturen var -2,1°C. Ved spiring i mai lå den gjennomsnittlige døgntemperaturen for hele måneden på mellom 2,8°C og 17,9°C. Gjennomsnittstemperaturen ved oppkomst 12.mai var 9,7°C. Fra spiring og frem til full dekning 17.juni lå den gjennomsnittlige døgntemperaturen på mellom 8,2°C og 18,7°C. Gjennomsnittlig jordtemperatur i samme periode lå på mellom 7,9°C og 15,1°C. I perioden fra full dekning til innhøsting, 17.juni til 6.august, lå den gjennomsnittlige døgntemperaturen på mellom 20,9°C og 12,7°C.

Fra sådato til dagen før spiring kom det totalt 7,2mm nedbør. På spiringsdato kom det 21mm nedbør. Fra spiring til full dekning kom det totalt 56,8mm nedbør. Mellom 27.mai og 13.juni var det lite nedbør. Totalt kom det kun 3mm i denne perioden. Fra full dekning til innhøsting kom det totalt 119,6mm nedbør. Det var to tørkeperioder i løpet av denne tiden. I perioden 23.juni til 4.juli var det kun 1 dag med nedbør hvor det kom 1,2mm og i perioden 11.juli til 26.juli kun 2 dager med nedbør hvor det kom 3,4mm. Totalt i hele perioden fra såing til innhøsting kom det 183,6mm nedbør. Det ble vannet 1 gang, 9.juni, med 20mm vann. Den totale mengden vann feltet fikk i perioden, inkludert vanning, ble da 203,6mm.

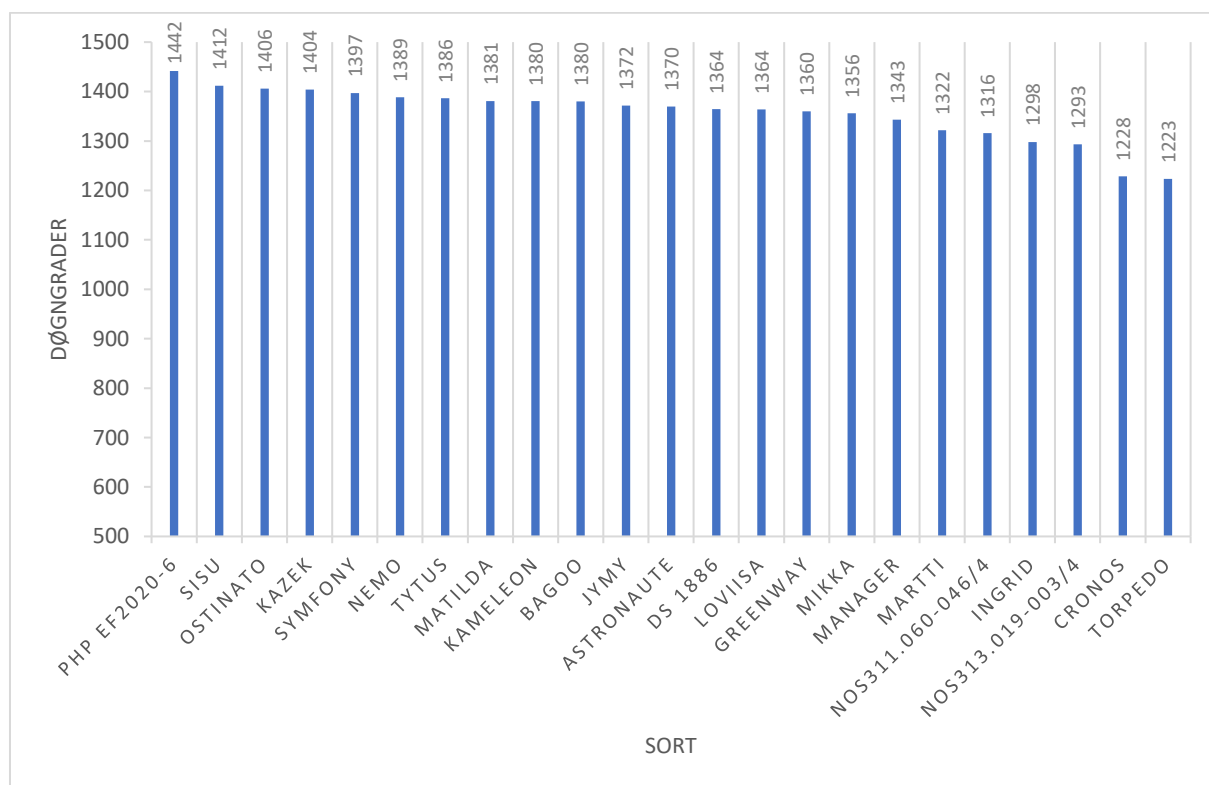
Det var ingen dager med mye vind i perioden fra full dekning til innhøsting. Gjennomsnittlig vindhastighet var 1,6m/sek. Høyeste vindhastighet i perioden var 6,1m/sek målt 1.august.





Figur 19 Nedbør og middeltemperatur i perioden fra såing 27.april til tre dager før innhøsting 6.august (3. august var siste dato for registrering av nedbør og temperatur)

Varmesum i perioden fra sådato til gulning varierte fra 1223 til 1442 døgngrader. PHP EF2020-5 hadde den høyeste varmesummen mens Torpedo hadde den laveste (figur 20).



Figur 20 Søylen viser varmesum i perioden fra sådato 27. april til gulning for alle sorter

## 6 Diskusjon

Temperatur og vann er viktige miljøfaktorer i hele vekstperioden hos erter. Klimaet i området de dyrkes er derfor svært viktig for om man oppnår gode eller dårlige avlinger. Ifølge Rostad (2020) har erter evnen til å spire ved svært lave temperaturer og det er registrert spiring helt ned mot 1°C. Russiske forskere, Kuznetsov et al. (2020), fant også ut at en økning i temperaturen ville få spiringsprosessen til å gå raskere. Ved spiring i mai lå den gjennomsnittlige døgntemperaturen for hele måned på mellom 2,8°C og 17,9°C, og gjennomsnittstemperaturen 12.mai var ifølge Yr.no 9,7°C. Det var dermed gode forhold for spiring i mai. I perioden fra full dekning 17.juni til innhøsting 6.august lå den gjennomsnittlige døgntemperaturen på mellom 12,7°C og 20,9°C. Fra full dekning til innhøsting kom det totalt 119,6mm nedbør og det var to tørkeperioder i løpet av denne tiden. I perioden 23.juni til 4.juli var det kun 1 dag med nedbør hvor det kom 1,2mm og i perioden 11.juli til 26.juli kun 2 dager med nedbør hvor det kom 3,4mm. Feltet ble vannet én gang 9. juni med 20 mm vann. Blomstringsperioden var fra 17.juni til 14.juli. I denne perioden er plantene svært sensitive for både tørkestress og stress grunnet for høye temperaturer (Roche et al., 1999). Den optimale temperaturen i blomstringsperioden var ifølge Kuznetsov et al. (2020), 18-20°C og minimumstemperaturen <10°C. I dette forsøket lå temperaturene innenfor dette området. Lite nedbør i blomstringsperioden kan derimot ha skapt noe stress for plantene og dette kan ha ført til noe lavere avling grunnet en mulig abortering av blomster. Det antas at vind ikke har vært et problem for avlingen da det ikke ble registrert noen dager med mye vind i perioden fra full dekning til innhøsting. Det generelle inntrykket er at værforholdene gav en god utvikling av plantebestandene, til tross for to perioder med tørke, og at den relativt tørre og varme ettersommeren gav rask modning av ertene og tidlig tresking. Varmesum i perioden fra sådato til gulning varierte fra 1442 til 1223. Sorten PHP EF2020-6 hadde den høyeste varmesummen mens Torpedo hadde den laveste. Dette betyr at ertene i dette forsøket trengte omtrent like mange døgngader for å nå modning som vi finner for norske sorter av vårhvete. Varmesum-kravet for de ulike sortene kan brukes for å vurdere om vekstsesongen i ulike regioner i Norge er lang nok for å dyrke erter. Disse resultatene viser at det samsvarer ganske godt med de områdene der det kan dyrkes vårhvete. Sortene med det høyeste varmesumkravet vil trolig bare være tilpasset i de områdene med lengst veksttid i Norge. Det er behov for å prøve ut dette i flere sesonger. Dette forsøket ble sådd tidlig, og perioden før innhøsting var relativt varm og tørr, noe som ga gode modnings- og innhøstingsforhold.

Det ble ukentlig etter oppkomst gravd i kantrutene for å registrere utvikling av noder på røttene. De første nodulene var synlige 10. juni. Plantene hadde da utviklet 7 bladpar, tilsvarende BBCH stadium 17. Nodulene ble registrert på øvre del av hovedroten og på første del av siderøttene. Dette stemmer overens med observasjoner gjort av Voisin et al., (2002). Det ble også registrert nodulvekst 17. og 28. juni. På plantene som ble tatt opp 17. juni ble det registret noe færre og mindre noder på hovedroten mens plantene som ble tatt opp 28. juni hadde større noder på hovedroten. Årsaken til dette er trolig variasjoner på plantene i ruten.

Ertefrøene ble sådd 27. april og samtlige sorter spirte 12. mai. Spiringen tok 14 dager, noe som stemmer overens med MacKay et al., (2003), som hevdet at spiringen normalt tar 10-14

dager. Den gjennomsnittlige dekningsgraden på rutene ble registret ved 3 anledninger tidlig i vekstfasen. Ved den første målingen, som ble gjort 29 dager etter oppkomst, ble det funnet at det var variasjon mellom sortene. Ved målingen som ble gjort 7 dager etter hadde denne variasjonen jevnet seg noe ut, og ytterligere 7 dager etter hadde hele feltet tilnærmet 100% dekning. Observasjoner gjort på utvalgte ruter ga ikke variasjon i BBCH på dette stadiet. Den mest sannsynlige forklaringen på variasjon i dekningsgrad kan derfor være genetiske forskjeller i sortene når det gjelder størrelse. Hos mindre planter vil arealet på bladene være mindre og dermed vil de også dekke mindre. Dekningsgradsmålinger med bruk av Canopea vil inkludere alt grønt plantemateriale, dvs. både ugress og kulturvekst. I dette forsøket var derimot vekst av ugress ikke et problem hos noen av sortene. I tillegg til at det ble sprøytet med ugrasmiddel kan grunnen til dette være at vi hadde sorter som vokste relativt raskt etter spiringen og dekket jorden godt. Samtidig med dekningsgrad ble bladutviklingen registrert ved bruk av BBCH-skalaen. Det ble som nevnt ikke registrert variasjon mellom sortene. Bladene utviklet seg i likt tempo selv om størrelsen på strå og blader var ulikt.

Det ble utført 6 høydemålinger av plantene underveis i vekstperioden. Av figur 3-8 kan vi se at de ulike sortene gjennomgår faser med rask strekningsvekst og at tidsrommet disse inntreffer på varierer mellom sortene. Ved blomstring vil strekningsveksten naturlig bremses ned og på et visst tidspunkt vil den opphøre helt. Genetisk høye og lave sorter kan også forklare høydeforskjellene hos plantene. For eksempel ligger DS1885 og NOS313.019-003/3 blant de 3 laveste sortene for alle 6 målingene og det kan dermed konkluderes med at disse er genetisk lave sorter. De sortene som nådde den største høyden var Tytus, Jymy og Nemo på henholdsvis 119, 117 og 116cm. Disse høydene ble målt 5.juli. Ifølge Mossberg & Stenbergs (2018) påstand om at høyden på de ulike sortene kan variere fra 20-200cm, har vi i dette forsøket middels høye sorter. Ved å studere gjennomsnittshøyden for alle sortene, ved samtlige høydemålingsdatoer, kan vi tydelig se at ved de tre første målingene er plantene i strekningsvekst. Sortene var høyest på den tredje målingen som ble gjort 5.juli. Den gjennomsnittlige høyden var da 107cm. De tre siste registreringene viser derimot en nedgang i gjennomsnittshøyde for hver måling, noe som viser at plantene faller mer og mer sammen. Grunnen til dette er trolig en kombinasjon av stopp på strekningsvekst grunnet avsluttende blomstring, regnskyll som gjør at plantebestanden synker sammen, og etter hvert legde. En av egenskapene som er høyt verdsatt hos sorter av erter er evnen til å holde seg oppe helt frem til innhøsting. Dette gjør det ikke bare enklere å treske, men man unngår også soppangrep og dryssetap. Ved den siste høydemålingen, utført samme dag som feltet ble høstet 6.august, var det sortene Loviisa, Bagoo, Martti, Sisu og Ingrid som var blant de fem høyeste. Ut fra resultatene kan vi generelt se at sorter som var høyest ved målingene 5. og 15. juli, sank mye sammen frem mot høsting 6.august. Eksempler på dette er Jymy som sank fra 117cm til 42cm, Greenway som sank fra 115cm til 45cm og PHPEF2020-5 som sank fra 115cm til 45cm. Ut fra dette kan vi konkludere med at en tidlig rask strekningsvekst ikke er hensiktsmessig når det gjelder legde. Sortene som var lavere på dette tidspunktet klarte bedre å holde seg oppe frem mot innhøstingsdato. Samtlige av de fem høyeste sortene ved innhøsting var middels høye ved målingen som ble gjort 5. juli.

Blomstring ble registrert 13 ganger, fra begynnende blomstring 17.juni til avsluttende blomstring 14.juli, ved bruk av BBCH-skalaen. Antall dager fra såing til begynnende

blomstring, antall dager fra begynnende blomstring til avsluttende blomstring og antall dager fra avsluttende blomstring til gulning ble registrert for alle sortene. Variansanalysen viste at det var signifikante forskjeller mellom sortene i disse egenskapene. Fra såing til begynnende blomstring tok det mellom 57 til 60 dager for alle sorter unntatt NOS313.019-003/3 som kun brukte 51 dager. Fra begynnende blomstring til avsluttende blomstring brukte sortene mellom 9 til 19 dager. Sortene som hadde kortest blomstringsperiode var NOS311.060-046/3 og Mikka med 9 dager. Sortene med lengst blomstringsperiode var Tytus og NOS313.019-003/3 på henholdsvis 19 og 18 dager. Fra avsluttende blomstring til gulning brukte sortene mellom 17 til 25 dager. Sortene som brukte kortest tid var Torpedo og Cronos på 17 dager. Sortene som brukte lengst tid var Symphony og PHPEF2020-5. Totalt brukte sortene mellom 86 til 99 dager fra såing til gulning. Sortene som brukte kortest tid var Torpedo og Cronos som brukte 86 dager og NOS313.019-003/3 som brukte 90 dager. Sortene PHPEF2020-5 og Sisu brukte henholdsvis 99 og 97 dager og lengst tid. En sort som stikker seg ut er NOS313.019-003/3 Sorten bruker kun 51 dager på å blomstre etter såing og har den lengste blomstringstiden av samtlige sorter. Totalt er den blant sortene som har kortest tid totalt

Variansanalysene av klorofyllmålingene, gulning og legde viste at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Sortene med høyest klorofyllinnhold var Torpedo og Loviisa som hadde 16  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  mens Bago, Tytus og NOS311.060-046/3 hadde det laveste innholdet på 11  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ . Slike indirekte målinger av klorofyll er brukt i mange kulturer, med mål om å få informasjon om plantenes nitrogenstatus, klorofyllinnhold og dermed assimilasjonsevne. Det kan være flere faktorer som påvirker disse målingene, som f.eks. forskjeller mellom sortene i farge/pigmentering. Det er lite kjent hvordan dette varierer i erter. Sortene brukte mellom 86 og 99 dager fra såing til gulning. Cronos og Torpedo brukte kortest tid med 86 dager, mens Kazek og PHPEF2020-5 brukte 99 dager og lengst tid. I følge McKay et al. 2003, finnes det sorter med determinert blomstringsmønster, med 90-100 dagers modningstid, og sorter med ikke-determinert blomstringsmønster, med 80-90 dagers modningstid. Vi har ikke spesifikk kunnskap rundt om vi har determinerte eller ikke-determinerte blomstringstyper i dette forsøket. En annen vanlig faktor som påvirker modningstid, er daglengderespons. Her er det ikke kjent hvordan sortene som er med i forsøket responderer med hensyn på daglengde. Det er generelt lite kunnskap rundt daglengderesponser i erter og det er behov for mer forskning på området. Legde hos sortene ble registrert rett før innhøsting 6.august. Det var kun to av sortene som hadde mye legde og lå helt flate. Disse var DS1885 og Symphony med henholdsvis 98% og 93% legde. Ser vi på høydemålingene som ble utført 5.juli, før vi begynte å se legde, var disse sortene blant de laveste. Ser vi generelt på hvilke sorter som hadde mest legde og hvilke sorter som var de laveste på høydemålingen 5.juli kan vi se en tydelig sammenheng mellom høyde og legde. De fleste av de laveste sortene hadde også mest legde. En forklaring på dette kan være at de laveste sortene generelt er svakere fordi slyngtråder, bladverk og stengel er mindre enn hos de større sortene. Vi kan også se at de høyeste sortene ved høydemålingen 5.juli hadde en del legde. Trolig er forklaringen på det at for høye planter kan bli for ustødige og mer utsatt for legde ved vind og kraftig nedbør. De sortene som hadde minst legde var de sortene som var middels høye ved høydemålingen 5.juli. Eksempelvis Martti med kun 8% legde og Loviisa med 16% legde. Det eneste unntaket

er Matilda, som var blant de middels høye, men med 58% legde. Dette underbygger at middels høye planter står best og har minst legde, selv om det er enkelte unntak.

4. august, etter at hele feltet hadde gulnet, ble det samlet inn 29 småprøver. Hensikten med prøvene var å undersøke avlingskomponenter og høsteindeks. Resultatene fra sortene som ble samlet inn i to gjentak ble valgt ut for videre statistiske analyser. Disse var Ingrid, Torpedo, Astronaut, Nemo, Martti og Mikka. 1000-frøvekt er en viktig avlingskomponent hos erter. Blant de seks utvalgte sortene i dette forsøket var det Ingrid på 292g som hadde den høyeste 1000-frøvekten. Tidligere forsøk gjort av blant annet Abrahamsen et al. 2018, har også vist at Ingrid er en sort med høy 1000-frøvekt. Sorten med den laveste 1000-frøvekten var Nemo med 221g. Tørrstoff av frø per m<sup>2</sup> ble målt og Martti hadde den høyeste tørrstoffvekten på 814g per m<sup>2</sup>. Den laveste tørrstoffvekten hadde Nemo på 494g per m<sup>2</sup>. Sammenligner vi tørrstoffavlingene på smårutene med den høstede avlingen fra hele ruten ser vi at de samsvarer godt. Dette tyder på at småprøvene vi tok ut er representative for ruten, som jo er ønskelig. Når det gjelder tørrstoffavling, enten per m<sup>2</sup> (småprøvene) eller per daa (treska ruter), så er det de treska rutene som normalt vil gi de mest presise dataene. Likevel er det ofte slik at småruter som blir høstet manuelt gir en noe større tørrstoffavling. Dette kan skyldes at manuelt arbeid gir mindre tresketap. Antall belger og antall frø ble talt opp for å finne gjennomsnittlig antall frø per belg. Variansanalysen av resultatene viste at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Astronoute hadde flest frø per belg med gjennomsnittlig 4,9, tett fulgt av Ingrid med gjennomsnittlig 4,5 frø. Nemo hadde færrest med gjennomsnittlig 3,4 frø per belg. I en forskningsartikkel skrevet av Garmendia et al. 2021 er det oppgitt et gjennomsnittlig antall på rundt 9 frø pr. belg. Dette er et høyere antall enn det som ble funnet i dette forsøket. Trolig er det store forskjeller blant ulike sorter. Variasjoner i frødannelse og kvalitet påvirkes også i stor grad av lufttemperatur ifølge Larmure & Munier-Jolain (2019). Avlingskomponentanalysen ga anledning til å måle høsteindeks for disse sortene, og resultatet viste en høsteindeks på rundt 50%. Høsteindeksen er mengden frø i % av total overfladisk biomasse. Resultatene fra variansanalysen viste at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Martti og Astronoute hadde de høyeste høsteindeksene på henholdsvis 53% og 52,7%. Nemo hadde den laveste høsteindeksen på 43,5%. Vi har lite data på høsteindeks i erter fra tidligere forsøk i Norge, og resultatene fra dette forsøket viser at moderne sorter av erter har en høy høsteindeks. En høy høsteindeks vil normalt bety at plantene produserer en høy avling av erter. Antall frø per m<sup>2</sup> ble beregnet og variansanalysen viste at det var signifikante forskjeller mellom sortene. Martti, med 3664 frø, hadde flest frø per m<sup>2</sup> og Torpedo, med 2026 frø, hadde færrest frø per m<sup>2</sup>. Differansen her ble hele 1638 frø. I analysen av småprøvene var Astronoute, Ingrid og Martti sortene som ga de beste resultatene. Astronaut hadde høyt antall frø per belg, frø per m<sup>2</sup> og ga en høy høsteindeks. Ingrid hadde høyest 1000-frøvekt og lå nest høyest når det gjaldt antall frø per belg. Martti hadde høyest høsteindeks, flest antall frø per m<sup>2</sup> og høyest tørrstoffvekt. Derimot hadde Martti den nest laveste 1000-frøvekten. Hverken Astronoute, Ingrid eller Martti lå noen ganger lavest i verdier for parameterne. Nemo og Torpedo ga de dårligste resultatene i analysen. Sortene ga de laveste resultatene i nærmest alle parameterne. Blant sortene med høy avling ser man tendens til at disse sortene bygger opp avlingen litt forskjellig. Der Ingrid har store frø, Astronoute har mange

frø per belg, og Martti har mange belger. Lav avling hos Torpedo kan skyldes få frø per belg, mens Nemo har både små frø og få belger.

Et av formålene var å sammenligne de importerte sortene med Ingrid, som er dagens markeds-sort i Norge. Når det gjaldt tidlig vekst og måling av dekningsgrad, var Ingrid en av de raskeste sortene til å dekke rutene. Dette er en god egenskap da det teoretisk sett vil kunne gi bedre oppfangning av lys og dermed større assimilasjon i en tidlig fase, samt bedre konkurransevne mot ugress. Dette kan redusere behovet for å sprøyte med ugressmiddel. Ved høydemålingene var Ingrid en av sortene som hadde god høydevekst i starten for så å bremse denne noe etter hvert. Dette viste seg også å være en god egenskap da både de sortene som ble høyest og de sortene som ble lavest hadde mer legde ved innhøstingsdato. Ingrid hadde kun 31% legde ved innhøsting og var blant de seks sortene med minst legde. Ingrid viser seg også å være en sort som blir relativt rask moden. Den var, med 90 dager, blant sortene som brukte kortest tid fra såing til gulning. Ser vi på dataene for den totale avlingen var det ingen av de andre sortene som hadde signifikant høyere avling enn Ingrid. Ved klorofyllmålingene hadde høyeste sort 16  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  og laveste sort 11  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ . Ingrid hadde 14  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  og dermed relativt høye verdier. Ved analyse av avlingskomponenter og høsteindeks i småprøvene er Ingrid også en sort som gir gode resultater. Ingrid har høy 1000-frøvekt, og relativt store og mange frø per belg. Generelt kan vi si at Ingrid er en sort som har scoret høyt på de fleste analysene. Den vokser raskt tidlig i sesongen, har lite legde, kort modningstid, høy 1000-frøvekt og gir en høy avling.

Et annet formål med forsøket var å studere hvilke egenskaper hos sortene som er viktige for avling under norske forhold. Avling ble derfor sammenlignet med dekningsgrad, høyde, klorofyllmålinger og dager til avsluttende blomstring for å se om vi fant noen sammenhenger mellom disse. Klorofyllmålingene og dager til avsluttende blomstring viste seg å ikke ha noen sammenheng med størrelsen på avlingen. For dekningsgrad og høyde kunne vi derimot se en liten trend. De sortene som hadde høy dekningsgrad tidlig viste seg å gi en større avling, og de laveste sortene ga en mindre avling enn de høyere sortene. De sortene som spirer raskt og vokser fort er trolig de sortene som klarer å utnytte lyset og næringen i jorda best, og dette vil til slutt gi en god avling. Høye sorter vil naturlig ha flere og større belger og gi en større avling. Det var ikke noen tydelige enkeltfaktorer som viste en sterk sammenheng med avling. Dette bør undersøkes mer i flere forsøk og i flere vekstsesonger. Dette forsøket var preget av stort sett gunstige forhold gjennom det meste av vekstsesongen, tidlig modning og gode innhøstingsforhold.

## 7 Konklusjon

Værforholdene sesongen 2021 gav grunnlag for en god utvikling av plantebestandene og den relativt tørre og varme ettersommeren gav rask modning av ertene og tidlig tresking. Sortene i forsøket hadde et varmesumkrav fra 1223 til 1442 døgngader for å nå fysiologisk modning. Frøene brukte 14 dager på å spire og noduler ble synlige på røttene når erteplantene hadde utviklet 7 bladpar. Det var signifikante variasjoner mellom sortene i dekningsgrad ved tidlig planteutvikling, plantehøyde, samt i tidspunkt for begynnende blomstring, lengde av blomstringsperioden og lengde av perioden fra avsluttende blomstring til fysiologisk modning (gulning). Klorofyllmålingene viste signifikante forskjeller mellom sortene, men det ble ikke funnet noen sammenheng mellom klorofyllinnhold og størrelsen på avlingen. Vi kunne se en tydelig sammenheng mellom høyde og legde. De laveste og de høyeste sortene hadde mest legde. De sortene som sto best ved innhøsting var de middels høye sortene. Ved å sammenligne modningstid med totalavling for sortene fant vi ikke noen sammenhenger. Analysen av avlingskomponentene viste at sorter med høy avling hadde enten store frø og/eller mange frø per belg. Ved å sammenligne størrelsen på avlingen med dekningsgrad og høyde fant vi at det var en sammenheng. De sortene som spirer raskt og vokser fort er trolig de sortene som klarer å utnytte lyset og næringen i jorda best, og dette vil til slutt gi en god avling. Høye sorter vil naturlig ha flere og større belger og gi en større avling. Ingrid viser seg å være en sort med mange gode egenskaper når man sammenligner den med de andre sortene. Den vokser raskt tidlig i vekstperioden og dekker jorden fort, og hindrer dermed vekst av ugress. Den blir middels høy og har lite legde. Modningstiden er blant de korteste og den gir en relativt høy avling. 1000-frøvekten er høy og den får mange og store frø per belg. Det var noen flere sorter i forsøket som ga gode avlinger og hadde lite legde, og som kan være aktuelle for videre utprøving. Disse var Astronaute, Loviisa og Martti. Når det gjelder beskrivelse av hvordan en ideell sort for norske dyrkingsforhold bør være, kan vi peke på dekningsgrad og høyde som muligens viktige parametere. I tillegg kan modningstid være viktig. I sesongen 2021 var det gunstige forhold med tidlig modning, men i en vanskeligere sesong ville vi kanskje sett at de seineste sortene ville blitt vanskelig å høste inn og vi ville kanskje fått tapt avling. Det er behov for å gjøre flere lignende forsøk, gjennom flere vekstsesonger, for å se planteutviklingen i sortene under ulike vekstforhold.

## 8 Referanser

- Abrahamsen, U., Uhlen, A. K., Waalen, W.M. & Stabbetorp, H. (2019). Muligheter for økt proteinproduksjon på kornarealene. *NIBIO Korn og frøvekster*, Bok 5(1), s. 160-168.
- Abrahamsen, U., Waalen, W. & Uhlen, A. K. (2018). Sortsforsøk i erter og åkerbønne. *Jord- og plantekultur 2018. Forsøk i korn, olje- og proteinvekster, engfrøavl og potet 2017*, NIBIO bok 4(1), s. 159-166.
- Arteaga, V. G., Kraus, S., Schott, M., Muranyi, I., Schweiggert-Weisz, U. & Eisner, P. (2021). Screening of twelve pea (*Pisum sativum* L.) cultivars and their isolates focusing on the protein characterization, functionality and sensory profiles. *Foods*, 10, 758. <https://doi.org/10.3390/foods10040758>
- Berner jr., E. & Aarnes, H. (2020, 3.des.). *Spiring*. www.snl.no. <https://snl.no/spiring>
- Crespi, M. & Gálvez, S. (2000). Molecular Mechanisms in Root Nodule Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 19(2), s. 155-166. <https://doi.org/10.1007/s003440000023>
- Daba, S. D. & Morris, C. F. (2021). Pea proteins: variations, composition, genetics and functional properties. *Cereal chemistry*, 99, s. 8-20. <https://doi.org/10.1002/cche.10439>
- Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. (2013). *Raven biology of plants* (8. utg.). USA, New York: W. H. Freeman and Company.
- Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. (2013). *Raven biology of plants* (8. utg.). USA, New York: W. H. Freeman and Company.
- Ionescu, N., Dinuta., C., Popescu, D., Badea, O., Ghiorghe, C., Podea., M, Nicolaie, M. & Gheorghe R. (2021). Variation of some new morphological characters in the field peas (*Pisum sativum* L.). *Current trends in natural sciences*, vol. 10, issue 20, s. 93-101. <https://doi.org/10.47068/vtns.2021.v10i20.013>
- Khan, R.A., Mahmud, F., Reza, A., Mahbub, M., Shirazy, J. & Rahman, M. (2017). Genetic diversity, correlation and path analysis for yield and yield components of pea (*Pisum sativum* L.). *World Journal of Agricultural Sciences*, 13(1), s. 11-16. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjas.2017.11.16>
- Kohlen, W., Liang Pin Ng, J., Deinum, E. E., Mathesius, U. (2018). Auxin transport, metabolism, and signalling during nodule initiation: indeterminate and determinate nodules. *Journal of Experimental Botany*, vol. 69 issue 2, s. 229–244. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx308>
- Korsæth, A. & Hjelkrem, A.-G. R. (2016). Livsløpanalyse (LCA) av dyrking av erter og åkerbønne i Norge. *NIBIO Rapport*, vol. 2 nr. 117. <http://hdl.handle.net/11250/2428966>
- Kuznetsov, I., Davletov, F., Anokhina, N., Akhmadullina, I. & Safin, F. (2020). Influence of weather condition on the field peas (*Pisum sativum* L.spp. *sativum*) vegetation period and yield. *Agronomy Research*, 18(2), s. 472-482. <https://doi.org/10.15159/AR.20.154>
- Larmure, A. & Munier-Jolain, N. G. (2019). High temperatures during the seed-filling period decrease seed nitrogen amount in pea (*Pisum sativum* L.): Evidence of a sink limitation. *Frontiers Plant Science*. 10:1608. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01608>



- Liu, Y., Wu, L., Baddeley, J. A. & Watson, C. A. (2010). Models of Biological Nitrogen Fixation of Legumes. *Sustainable agriculture, vol.2.*, s. 883-892. <https://doi./10.1051/agro:2010008>
- McKay, K., Schatz, B. & Endres, G. (2003). Field Pea Production. *NDSU Extension Service, A-1166*, s. 1-8.
- Meier, Uwe. (2001). Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. *BBCH Monograph – Federal Biological Research Centre for Agriculture*, 2. edition, s. 138-140. [https://www.reterurale.it/downloads/BBCH\\_engl\\_2001.pdf](https://www.reterurale.it/downloads/BBCH_engl_2001.pdf)
- Mossberg, B. & Stenberg, L. (2018). *Gyldendals store nordiske flora*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Mutch, L. A. & Young, J. P. W. (2004). Diversity and specificity of *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* on wild and cultivated legumes. *Molecular Ecology*, 13(8), s. 2435-244. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02259.x>
- Nibio (2022). *Jordsmonnkart*. <https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart/teksturgrupper-i-plogsjiktet>
- Ozga, J. A. & Reinecke, D. M. (2003). Hormonal interactions in fruit development. *Journal of plant growth regulation*, 22, s. 73-81. <https://doi.org/10.1007/s00344-003-0024-9>
- Ritchie, H. (2020, 24.jan). You want to reduce the carbon footprint of your food? Focus on what you eat, not whether your food is local. <https://ourworldindata.org/food-choice-vs-eating-local>
- Robinson, G. H. J. & Domoney, C. (2021). Perspectives on the genetic improvement of health- and nutrition-related traits in pea. *Plant physiology and biochemistry*, 158, s. 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.020>
- Roche, R., Jeuffroy, M. & Ney, B. (1999). Comparison of different models predicting the date of beginning of flowering in pea (*Pisum sativum* L.). *Ecological Modelling*, 118, s. 213-226. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(99\)00036-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(99)00036-8)
- Rostad, B.I. (2020). Dyrkingsveiledning – Erter til modning. *Norsk Landbruksrådgivning – NLR Øst*.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M. & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6. utg.). Sunderland, Massachusetts USA: Sinauer Associates Inc.
- Truong, H.-H. & Duthion, C. (1993). Time of flowering of pea (*Pisum sativum* L.) as a function of leaf appearance rate and node of first flower. *Annals of Botany*, 72, 133-142. <https://doi.org/10.1006/anbo.1993.1091>
- Voisin, A., Salon, C., Munier-Jolain, N. G. & Ney, B. (2002). Quantitative effects of soil nitrate, growth potential and phenology on symbiotic nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum* L.). *Plant and soil*, 243, s. 31-42. <https://doi.org/10.1023/A:1019966207970>
- Waaen, W., Uhlen, A. K. & Abrahamsen, U. (2021). Samdyrking av erter. *NIBIO Korn og frøvekster*, Bok 7(1), s. 164-168.
- Wenden, B., Dun, E. A., Hanan, J., Andrieu, B., Weller, J. L., Beveridge, C. A. & Rameau, C. (2009). Computational analysis of flowering in pea (*Pisum sativum*). *New Phytologist*, vol. 184, Issue 1, s. 153-167. <https://doi/10.1111/j.1469-8137.2009.02952.x>

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Sibanda, L. M. ... & Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), s. 447-492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

## 9 Vedlegg

**Vedlegg 1.** 2-veis ANOVA variansanalyse og Tukey-test ved bruk av Minitab (versjon 21.1) for dekningsgrad 3.juni. Gjentak er brukt som tilfeldig variabel og sort som fast variabel. Det ble brukt 95% signifikansnivå i alle tester.

### Mixed Effects Model: %dekning 3.juni versus Rep; Sort navn

#### Method

Variance estimation	Restricted maximum likelihood
DF for fixed effects	Kenward-Roger

#### Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Rep	Random	4	1; 2; 3; 4
Sort navn	Fixed	23	Astronaute; Bago; Cronos; DS 1885; Greenway; Ingrid; Jymy; Kameleon; Kazek; Loviisa; Manager; Martti; Matilda; Mikka; Nemo; NOS311.060-046/3; NOS313.019-003/3; Ostinato; PHP EF2020-5; Sisu; Symphony; Torpedo; Tytus

#### Variance Components

Source	Var	% of Total	SE Var	Z-Value	P-Value
Rep	3,299848	13,42%	3,453589	0,955484	0,170
Error	21,282244	86,58%	3,704763	5,744563	0,000
Total	24,582092				

-2 Log likelihood = 449,518557

#### Tests of Fixed Effects

Term	DF Num	DF Den	F-Value	P-Value
Sort navn	22,00	66,00	14,19	0,000

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	AICc	BIC
4,61327	82,99%	77,57%	453,70	457,99

#### Coefficients

Term	Coef	SE Coef	DF	T-Value	P-Value
Constant	37,602717	1,027760	3,00	36,587060	0,000
Sort navn					
Astronaute	7,759783	2,255933	66,00	3,439723	0,001
Bago	-4,877717	2,255933	66,00	-2,162173	0,034
Cronos	-0,887717	2,255933	66,00	-0,393503	0,695
DS 1885	-4,272717	2,255933	66,00	-1,893992	0,063
Greenway	5,972283	2,255933	66,00	2,647367	0,010
Ingrid	14,902283	2,255933	66,00	6,605819	0,000
Jymy	6,259783	2,255933	66,00	2,774809	0,007
Kameleon	-3,640217	2,255933	66,00	-1,613620	0,111
Kazek	-9,480217	2,255933	66,00	-4,202349	0,000
Loviisa	17,842283	2,255933	66,00	7,909049	0,000
Manager	-10,925217	2,255933	66,00	-4,842883	0,000
Martti	3,619783	2,255933	66,00	1,604561	0,113
Matilda	9,167283	2,255933	66,00	4,063633	0,000
Mikka	5,744783	2,255933	66,00	2,546522	0,013
Nemo	-3,675217	2,255933	66,00	-1,629134	0,108
NOS311.060-046/3	-2,115217	2,255933	66,00	-0,937624	0,352
NOS313.019-003/3	-14,595217	2,255933	66,00	-6,469704	0,000
Ostinato	-15,985217	2,255933	66,00	-7,085857	0,000
PHP EF2020-5	-0,400217	2,255933	66,00	-0,177407	0,860
Sisu	-7,025217	2,255933	66,00	-3,114108	0,003
Symphony	-1,410217	2,255933	66,00	-0,625115	0,534
Torpedo	7,189783	2,255933	66,00	3,187055	0,002

## Marginal Fits and Diagnostics for Unusual Observations

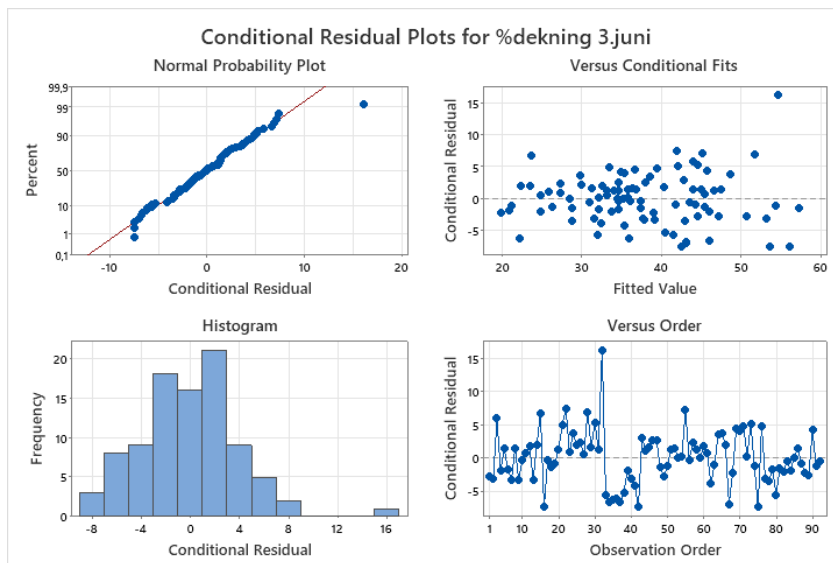
Obs	%dekning 3.juni	Fit	Resid	Std Resid	
32	70,810000	55,445000	15,365000	3,578430	R
55	52,330000	43,347500	8,982500	2,091978	R
75	46,290000	55,445000	-9,155000	-2,132153	R

R Large residual

## Conditional Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	%dekning 3.juni	Fit	Resid	Std Resid	
32	70,810000	54,660860	16,149140	4,112555	R

R Large residual



## Comparisons for %dekning 3.juni

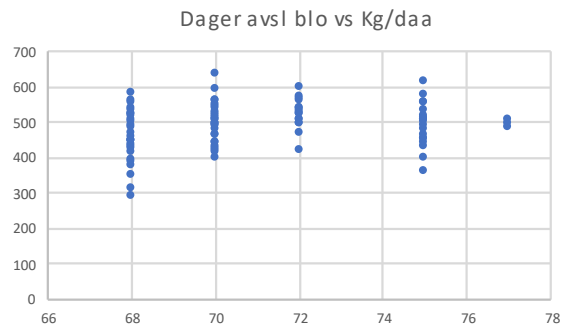
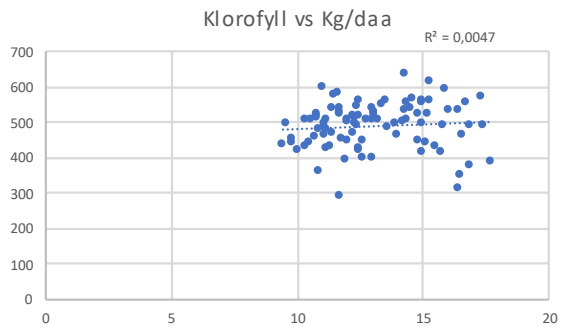
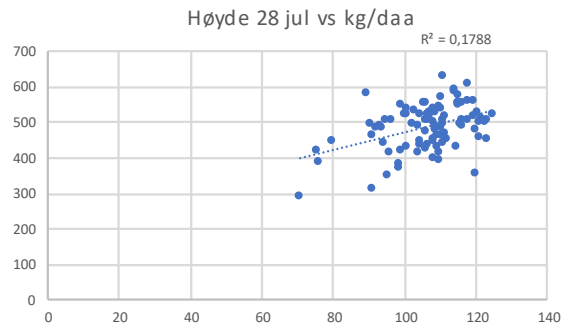
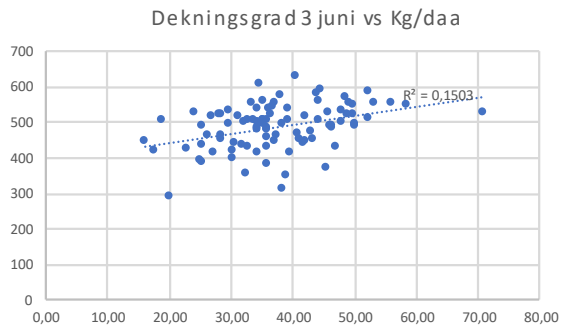
### Tukey Pairwise Comparisons: Sort navn.

### Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort navn	N	Mean	Grouping
Loviisa	4	55,4450	A
Ingrid	4	52,5050	A B
Matilda	4	46,7700	B C
Astronaute	4	45,3625	B C D
Torpedo	4	44,7925	B C D E
Jymy	4	43,8625	B C D E
Greenway	4	43,5750	B C D E
Mikka	4	43,3475	B C D E
Martti	4	41,2225	B C D E F
Tytus	4	38,4350	C D E F G
PHP EF2020-5	4	37,2025	C D E F G
Cronos	4	36,7150	C D E F G
Symfony	4	36,1925	C D E F G
NOS311.060-046/3	4	35,4875	C D E F G
Kameleon	4	33,9625	D E F G H
Nemo	4	33,9275	D E F G H
DS 1885	4	33,3300	D E F G H I
Bagoo	4	32,7250	E F G H I
Sisu	4	30,5775	F G H I
Kazek	4	28,1225	G H I
Manager	4	26,6775	G H I
NOS313.019-003/3	4	23,0075	H I
Ostinato	4	21,6175	I

Means that do not share a letter are significantly different.

**Vedlegg 2.** Biplot utarbeidet i Excel som viser korrelasjoner mellom avling og dekningsgrad, høyde, klorofyllmålinger og antall dager til avsluttende blomstring. Prosentvis samvariasjon ( $R^2$ ) er vist på plottene.





**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway