



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

Effekten av nitrogengjødsling, frøets opphav og frørår på forekomsten av høstskudd hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.)

The Effect of Nitrogen Fertilization, Seed Origin and Seed Year on the Occurrence of Lammas Growth in Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.)

Kari Mørck

Skogfag

Forord

Det er med en viss vemodighet jeg nå innser at fem år på Skogfag ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) har kommet til veis ende. Masteroppgaven markerer slutten på studietiden og overgangen til livets neste fase.

Opgaven jeg har skrevet er basert på datamateriale fra Hogsmark forsøksgård i Ås og jeg ønsker å takke Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) og Stiftelsen det norske skogfrøverk (Skogfrøverket) for tilgang til forsøksfelt og journaler fra tidligere feltnålinger. Jeg må også si takk til Håvard Bjørgen i Yara som skaffet gjødsel til gjødslingsforsøket i en tid der dette var mangelvare.

Videre vil jeg rette en stor takk til mine veiledere Line Nybakken (NMBU), Arne Steffenrem (NIBIO/Skogfrøverket), Thomas Solvin (NIBIO) og Tore Skrøppa (NIBIO). Med mange gode innspill og kommentarer har dere hjulpet meg å komme frem til det som ble denne oppgaven.

Til slutt ønsker jeg også å nevne grunnen til at jeg ble skogfagstudent og i den forbindelse rette en takk til min tidligere skogbrukslærer ved Tomb videregående skole og landbruksstudier, Lars Olav Freim. Det var nærmest en tilfeldighet at det ble skogfagstudent av meg som egentlig hadde staket ut en annen kurs. Men, etter å ha blitt introdusert til skogen som et spennende og interessant fag valgte jeg å gå videre med skogfagstudiet. Med en lysende fremtid og gode minner bak meg er jeg veldig fornøyd med valg av studieretning.

Ski, 2. Mai 2023

Kari Mørck

Sammendrag

Gran (*Picea abies*) er det vanligste og viktigste kommersielle treslaget i Norge.

Vekstsesongen til grana strekker seg normalt fra midten av mai til august og årets tilvekst er synlig i form av nye skudd på greinene og økt diameter. Etter endt vekstsesong begynner treet å forberede seg til vinteren ved å gjøre de nye skuddene og knoppene for neste års vekst frostherdige. Noen ganger er imidlertid vekstforholdene så gode at knoppen på toppskuddet, internodiaknopper og knoppene på de øverste sidegreinene skyter samme år som de ble dannet og dette kalles høstskudd. Hva som forårsaker dannelsen av høstskudd er usikkert og antakelig er det flere faktorer som spiller inn samtidig. Av de tidligere undersøkelsene som har blitt gjort om dette emnet, har man funnet ut at forekomsten av høstskudd er størst på høye boniteter, det er minst høstskudd i naturlig foryngelse og mest i frømaterialer fra sørlige områder.

I denne oppgaven har jeg brukt et allerede etablert «common-garden» proveniens-forsøk på Hogsmark i Ås, med 48 sorter som bestod av frø fra 33 ulike geografiske opphav, med 22 provenienser og 11 frøplantasjer i 10 gjentak. For å undersøke betydningen av vekstforhold på dannelsen av høstskudd tilførte jeg nitrogen gjødsel til halvparten av gjentakene. Det viste seg at gjentak som ble gjødslet hadde høyere innhold av nitrogen og høyere forekomst av høstskudd etter gjødsling. Det ble imidlertid registrert høstskudd både i gjødslede og ugjødslede gjentak for alle de 1920 trærne og 48 ulike sortene som var plantet i forsøket. Blant disse var forekomsten av høstskudd størst hos provenienser og frøplantasjer tilpasset lavlandsområder på Østlandet. Blant disse var forekomsten størst i frømaterialer fra frøplantasjer.

Siden forekomsten av høstskudd var størst for frøkilder tilpasset lavlandet ble disse studert nærmere, for å undersøke om temperaturen i frøåret hadde betydning for forekomsten av høstskudd. Det var imidlertid ingen signifikant effekt av frøår, men en tendens til at frø modnet i et varmt frøår dannet mer høstskudd.

Konklusjonen basert på mine resultater er derfor at trær som vokser på nitrogenrik mark vil være mer utsatt for høstskudd enn trær på nitrogenfattig mark. Blant frømaterialer tilpasset lavereliggende områder vil det være større forekomst av høstskudd blant frøplantasjefrøet, men det er ingen signifikant effekt av frøår.

Abstract

Spruce (*Picea abies*) is the most common and commercially important tree species in Norway. The growing season usually starts in mid-May and continues throughout August. The annual growth can be seen as length growth and at the ending of the season the tree begins to prepare for the winter by making the new buds and shoots frost resistant. However, the tree sometimes continues to grow the same fall and creates a new bud when the additional growth is done. This additional growth is called lammas growth. What causes the tree to retain the growth is not certain, but it is most likely caused by several factors. From previous studies it has been found that lammas growth is most common in areas with high site index, that it is less common in natural regenerations and more likely to appear in southern origin.

In this thesis I have used an already established common-garden provenance experiment in Hogsmark in Ås, with 48 varieties originated from seeds from 33 different geographical locations, of which 11 were from plantations and 22 from stands in nature/forest stands, planted in 10 blocks. I have examined the occurrence of lammas growth by adding nitrogen fertilizer to one half of the blocks. It turned out that all the trees in blocks treated with fertilization had a higher content of nitrogen and a higher frequency of lammas growth after fertilizing. Lammas growth was registered for all 1920 trees and 48 varieties both fertilized and non-fertilized. Among these seeds the proportion of lammas growth was higher in provenances and plantations from low altitude in Eastern-Norway and among *these* the seeds from plantations had the most lammas growth.

Since lammas growth seemed to be most frequent in seed origin from low altitudes, these were studied closer regarding the effect of seed year. Among the seeds adapted to low altitude I was not able to find a significant effect of seed year, but a trend that seeds matured during warm summers had more lammas growth.

My results therefore suggest that trees growing on areas with good availability of nitrogen will be more likely to have lammas growth, and that among seeds adapted to low altitudes the seeds from plantations is more likely to have lammas growth than the seeds from stands. What year the seed has been matured does not affect lammas growth.

Innholdsfortegnelse

FORORD	1
SAMMENDRAG	2
ABSTRACT	3
INNLEDNING	5
MATERIAL OG METODE	8
BESKRIVELSE AV STUDIEOMRÅDET	8
STUDIEDESIGN	9
GJØDSLING	12
REGISTRERING AV HØSTSKUDD	14
TEST AV DATASETTETS REPRESENTATIVITET	15
STATISTISKE ANALYSER	17
RESULTATER	19
NITROGEN-GJØDSLING	19
FRØETS OPPHAV	22
TEMPERATUR I FRØÅRET	25
DISKUSJON	26
LITTERATURLISTE	30
VEDLEGG	31

Innledning

Vi lever i en tid der fokuset på temperaturendringer, klima og miljø er større enn noensinne og skogen skal være en del av løsningen. I 2022 ble det hogd ca. 8 millioner kubikk med gran og av dette er ca. 5 millioner kubikk sagtømmer (Statistisk_sentralbyrå, 2023). Økt CO₂ binding og forsyning av råstoff til industri har gitt et økt fokus på volumproduksjon. Når fokuset på bruk av trevirke blir stadig større, øker også fokuset på å produsere tømmer med tilfredsstillende kvalitet. Sagtømmer kan ikke ha grove virkesfeil og det er derfor interessant å undersøke årsaker til at feil oppstår, slik at de kanskje kan unngås i fremtiden.

Grana er det viktigste kommersielle treslaget i Norge (Landbruks-og_matdepartementet, 2018) og forynges som oftest ved planting etter flatehogst. De siste årene har det årlig blitt plantet over 40 millioner granplanter i Norge. Frømaterialiet til plantene som settes ut er enten hentet fra bestand (kalt bestandsfrø) eller fra frøplantasjer. Bestandsfrø er høstet fra skogen, og proveniens beskriver sankeområdet til frømaterialiet. Frøplantasjefrøet som ble brukt frem til 2015 kom i hovedsak fra frøplantasjer satt sammen med kloner av plusstrær (utvalgte trær med gode egenskaper for vekst og visuell kvalitet) som er valgt ut innenfor et geografisk område i «vanlig» skog. Etter 2015 kommer stadig mer av frøet fra frøplantasjer som inneholder foreldrekloner utvalgt etter avkomstesting. Både fra bestandsfrø og frøplantasjer har vi variasjoner i tilpasning til nattelengde og temperatur. Dette er svært viktig for å unngå blant annet frostskafer fordi det er stor variasjon knyttet til vekstsesong og høydelagsvariasjon på samme breddegrad i vårt langstrakte land.

For å unngå frostskafer om høsten er det viktig at det siste årsskuddet har hatt tid til å bli frostherdig etter vekstavslutning. Noen ganger er temperaturen så høy og vekstforholdene så gode at treet setter i gang veksten igjen om høsten for å utnytte vekstsesongen. Det er dette som kalles høstskudd (Figur 1).



Figur 1 Eksempelfoto på høstskudd hos gran. Foto: Thomas M. Solvin

Høstskudd dannes hovedsakelig hos yngre trær, og blir mindre og mindre vanlig etter hvert som treet blir eldre (Landis, 2012). Det har i tidligere studier blitt vist at høstskudd forekommer hyppigere på høyere boniteter, men ikke hvilke faktorer på voksestedet som påvirker forekomsten (Granus et al., 2019; Lomsdal, 2018). I et forsøksnotat fra 2012 skriver Thomas D. Landis om hvordan gjødsling øker forekomsten av høstskudd hos furu *Pinus Sylvestris* og Douglas-fir *Pseudotsuga menziesii*. I følge notatet er det nitrogenet i gjødselen som påvirker høstskuddannelsen, ettersom forsøk med fosfor- og kalsiumgjødsel ikke ga noen effekt (Landis, 2012). Han konkluderer også med at høstskudd er mest fremtredende ved aktiv forvaltning og at det er lite i naturlig foryngelse.

I likhet med Landis fant Granus et al. (2019) større forekomst av høstskudd i plantet materiale enn i naturlig foryngt materiale, og mer høstskudd i bestandsfrø enn i foredlet frømateriale. Proveniensen hadde betydning for forekomsten av høstskudd og tidligere forsøk har vist mer høstskudd i sørlige og lavereliggende provenienser (Skrøppa & Steffenrem, 2017). Disse proveniensene har opphav fra områder med varmere vekstforhold og lengre vekstsesong. Granus et al. (2019) viste også at forekomsten av høstskudd er mindre hvis nordlige provenienser flyttes sørover og at andelen høstskudd er størst i sørlige provenienser. Når klima endrer seg kan vi flytte provenienser nordover for å kompensere for endringene som skjer, men vi har ikke «norske» provenienser å flytte til de sørligste områdene. I sør må man derfor enten bruke provenienser med opphav sør for Norge eller intensivere foredlingen for å utvikle nye materialer enda raskere. For å ha frømateriale å jobbe med i foredlingen er man avhengig av gode frøår.

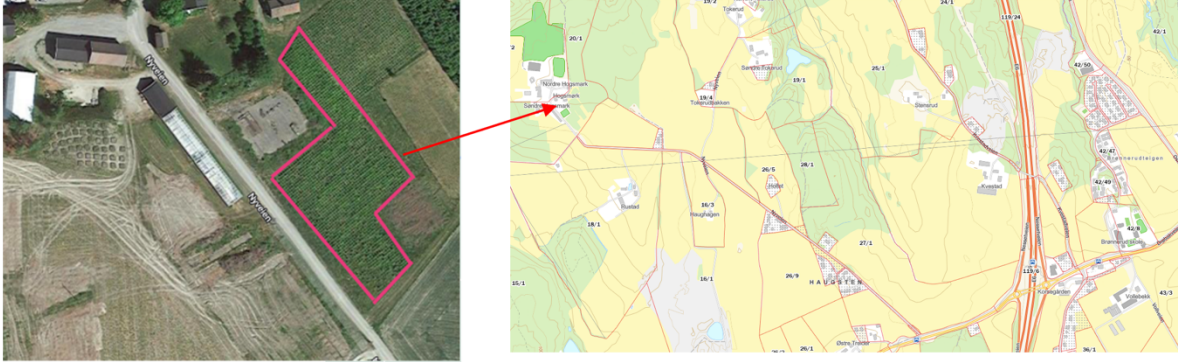
Frøårene hos gran kommer med ujevne mellomrom, gjerne induert av høye temperaturer og tørke midtsommers året i forveien. Det er vist at frø dannet under varme frøår har senere vekststart og vekstavslutning (Skrøppa, 2022), men det er ikke sikkert at denne effekten er strengt genetisk. Den kan være epigenetisk. En slik epigenetisk tilpasning gjør at egenskapene til treet blir preget av forholdene som var under frømodningen. Hvis det var høye temperaturer vil det fremtidige treet være bedre tilpasset høye temperaturer, og motsatt hvis det var kjølig under frømodning (Solvin & Steffenrem, 2019). Faktorer som påvirker vekstrytmen kan også påvirke dannelsen av høstskudd siden disse indueres ved vekstavslutning.

Målet med denne oppgaven var å undersøke om nitrogengjødsling, frøets opphav og frøår hadde en effekt på forekomsten av høstskudd. Studiet ble utført på et 10 år gammelt

«common-garden» proveniens forsøk i Ås der 48 sorter (provenienser, frøår og frøparti) ble gjødslet eller ikke gjødslet. I et «common-garden» forsøk tester man materiale fra forskjellige områder i et felles miljø. Det vil si at et knippe ulike provenienser med ulike frøår og frøpartier er plantet i samme felt. Basert på litteraturgjennomgangen ovenfor og forsøksfeltet med gjødslingsbehandlingen ønsket jeg å undersøke følgende hypoteser: 1) økt tilgang på det essensielle, men også knappe, næringsstoffet nitrogen vil øke forekomsten av høstskudd, 2) det er en systematisk variasjon mellom provenienser, som kan tilskrives deres klimatiske og genetiske opphav, der plusstreutvelgelsen i foredlingen har hatt effekt på høstskuddannelse hos frøplantasjefrø og 3) frø modnet under høye temperaturer gir trær som danner mer høstskudd enn frø modnet under kjøligere forhold.

Material og metode

Beskrivelse av studieområdet



Figur 2 Kart over studieområdet. Kilde: (Ås_kommune, 2023)

Forsøksfeltet brukt i denne oppgaven, «Ny-frø forsøket», ble etablert av Stiftelsen det norske Skogfrøverk (Skogfrøverket) i samarbeid med Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) i 2012 på Hogsmark i Ås i Viken Fylke (euref89 UTM 33 6622245N 258848Ø) (Figur 2), ca. 87 m.o.h. Gjennomsnittlig årsnedbør for Ås var ca. 1000 mm fra 1961 til 2020, mens gjennomsnittlig årstemperatur var ca. 6 °C (Wolff M. et al., 2021).

Dette såkalte «Ny-frø forsøket» ble etablert for å studere proveniens- og årgangsvariasjon i vekstrytme for provenienser og frøplantasjer som er mye brukt på Østlandet (Steffenrem pers. Medd., 2023). Forsøksfeltet hadde i alt 10 gjentak hvor det var plantet 48 «sorter» av 33 ulike provenienser/frøplantasjer og årganger (Tabell 2). Dette skyldtes at noen av proveniensene hadde frø fra flere frøår og at det for noen provenienser var brukt ulike frøpartier, for eksempel fra forskjellige kommuner innen proveniensområdet, fra samme frøår. I alt ble det plantet ut 4 eksemplarer av de 48 ulike «sortene» i hvert av de 10 gjentakene = 1920 trær. Forsøksfeltet var anlagt på et område som tidligere var dyrket mark og man kan derfor anta at vekstforholdene var bedre enn på gjennomsnittlig skogsjord. Planteavstanden i forsøksfeltet var 1,2 m, altså betydelig tettere enn ved «vanlig» skogplanting.

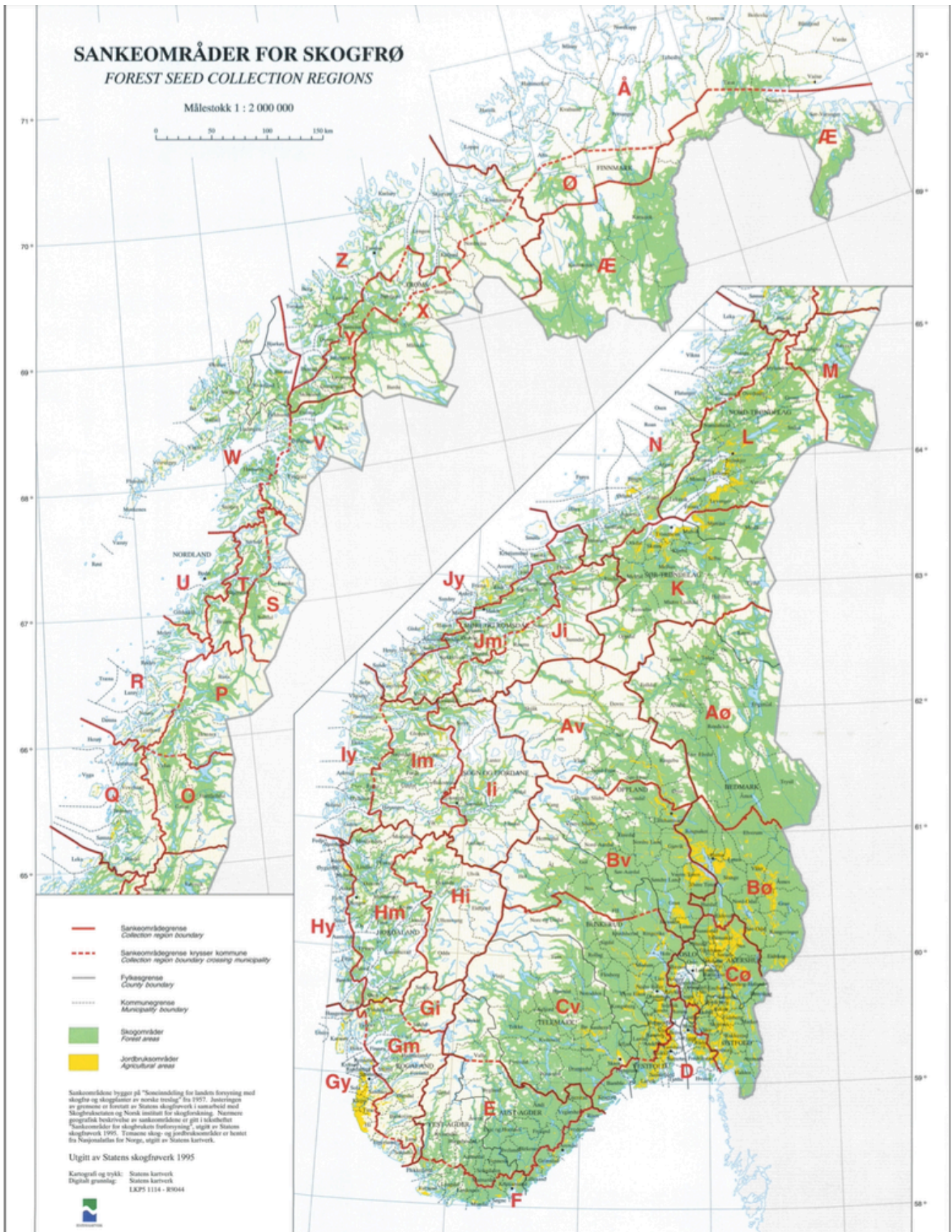
Studiedesign

Forsøksfeltet som ble brukt i denne oppgaven var lagt opp som et «common garden» forsøk. Det vil si at plantemateriale fra forskjellige områder har blitt etablert på en felles forsøkslokalitet. I dette tilfellet vil det si ulike provenienser av gran.

Jeg har valgt å gruppere proveniensene/frøplantasjene fremfor å se på de enkeltvis (Tabell 1).

Tabell 1 Gruppering av proveniensen og frøplantasjene

Høydelag	Bestandsfrø	Frøplantasje
Lavereliggende (50-350 moh)	Høydelag 1-3	Kilen, Sanderud, Huse, Stange norske, Undesløs
Midlere (350-650 moh)	Høydelag 4-6	Drogseth, Romedal, Svenneby
Høyereliggende (650 → moh)	Høydelag 7 og høyere	Kaupanger sams, Kaupanger frostherdig, Opsahl



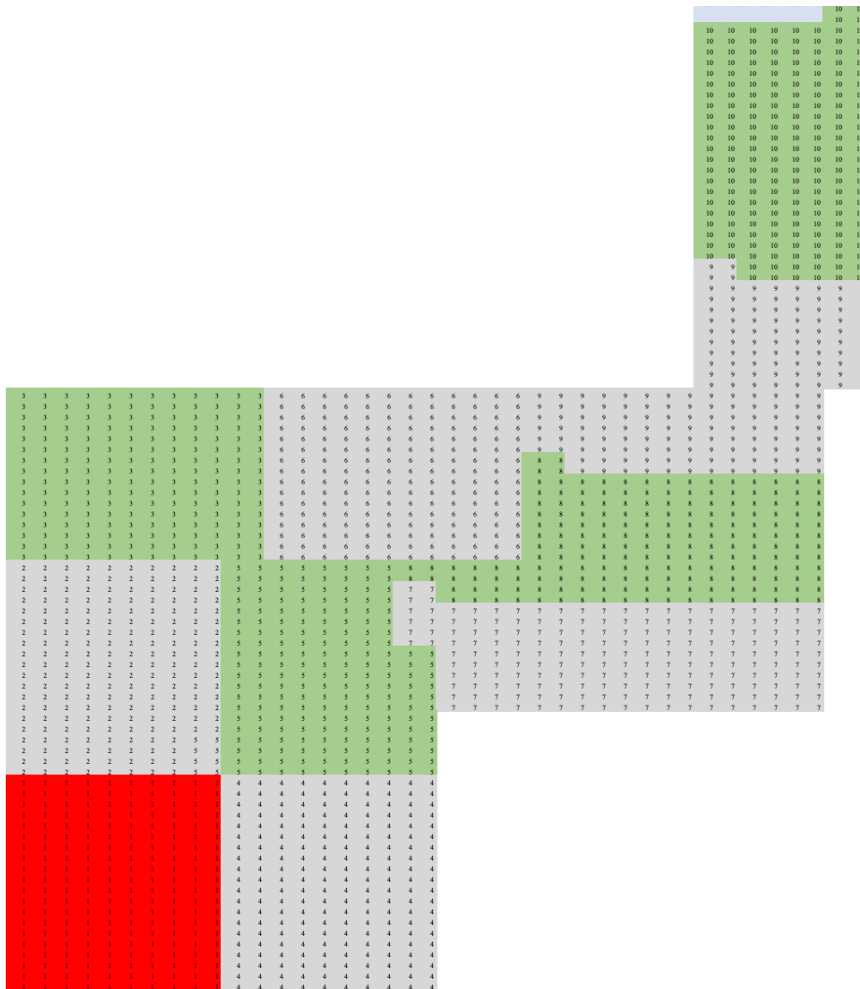
Figur 3 Sankeområder for skogsfrø. (Statens_kartverk, 1995)

Tabell 2 Oversikt over hvilken proveniens/frøplantasje og sankeområde sortene i forsøket tilhører

Sort nr.	Proveniens/frøplantasje	Sankeområde	Frøår
1	AV7	Høyereleggende	2006
2	AØ3	Lavlandet	2006
3	AØ5	Midlere	2006
4	AØ7	Høyereleggende	2006
5	BV5	Midlere	2006
6	BV6	Midlere	2006
7	BV6	Midlere	2006
8	BV6	Midlere	2006
9	BØ3	Lavlandet	2006
10	BØ5	Midlere	2006
11	BØ7	Høyereleggende	2006
12	CV1	Lavlandet	2006
13	CV3	Lavlandet	2006
14	CV4	Midlere	2006
15	CV5	Midlere	2006
16	CV6	Midlere	2006
17	CV7	Høyereleggende	2006
18	CØ1	Lavlandet	2006
19	CØ2	Lavlandet	2006
20	DR (Drogseth)	Midlere	2006
21	HU (Huse)	Lavlandet	2006
22	KA _{sam} (Kaupanger sams)	Høyereleggende	2008
23	KA _{fh} (Kaupanger frostherdig)	Høyereleggende	2008
24	KI (Kilen)	Lavlandet	2006
25	OP (Opsahl)	Høyereleggende	2006
26	RO (Romedal)	Midlere	2006
27	S (Sanderud)	Lavlandet	2006
28	SN (Stange norske)	Lavlandet	2006
29	SV (Svenneby)	Midlere	2006
30	UN (Undesløs)	Lavlandet (Nordafjells)	2006
31	L1	Lavlandet (Nord Trøndelag)	2006
32	AV5	Midlere	1992
33	AØ3	Lavlandet	1983
34	BV3	Lavlandet	1998
35	BV6	Midlere	1973
36	BV6	Midlere	1992
37	BØ2	Lavlandet	1998
38	BØ3	Lavlandet	1998
39	BØ5	Midlere	1992
40	BØ6	Midlere	1992
41	CV1	Lavlandet	1998
42	CØ1	Lavlandet	1998
43	CØ1	Lavlandet	1998
44	CØ2	Lavlandet	1998
45	Kaupanger sams	Høyereleggende	1983
46	KA _{fh}	Høyereleggende	1998
47	OP	Høyereleggende	1998
48	RO	Midlere	1993

Gjødsling

Gjødslingen ble gjennomført den 6.april 2022, altså før vekstsesongen hadde startet. I alt ble fire gjentak gjødslet (Figur 4), og spredningen av gjødsel foregikk manuelt. Jeg veide opp ca. 15 kg gjødsel per gjentak fordelt på to 10-liters bøtter. Dette tilsvarer ca. 500 kg/ha. Jeg merket ut gjentakene som skulle gjødsles med merkepinne ut ifra plantekartet på feltet. Deretter gikk jeg rad for rad og kastet gjødsel på bakken. Gjødselen som ble brukt var typen YaraBela OPTI-KAS 27 – 0 – 0 skoggjødsel der hovednæringsstoffet er nitrogen (27%).



Figur 4 Kart over forsøksfeltet. De grønne feltene ble gjødslet, de grå ble ikke gjødslet. Feltet merket i rødt ble ikke brukt på grunn av stort frafall av planter

Nitrogenanalyse av nåler

I følge Brække (1994) skal nåler til næringsinnholdsanalyse samles inn i treets hvileperiode mellom oktober og mars. Hvis dette gjøres for sent på våren kan innholdet av stivelse i nålene være unormalt høyt og påvirke næringsinnholdet.

Innsamling av nåler til næringsinnholdsanalyse ble gjennomført den 26. oktober 2022.

Til nitrogenanalysene valgte jeg ut halvparten av sortene med et systematisk utvalg i gjentak 4. Siden sortene er fordelt tilfeldig innen gjentakene valgte jeg å ta nåleprøver fra de samme sortene i alle gjentakene fremfor å bruke det samme rutesystemet. Sortene det ble samlet nåleprøver til nitrogenanalyser fra var: 1, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 20, 21, 23, 25, 28, 29, 30, 33, 36, 37, 39, 45, 46 og 47. Det ble kun tatt prøve fra ett av de fire trærne som var plantet av hver sort. Prøvene ble samlet inn som kvist med nåler, alle prøver ble tatt i brysthøyde på nordsiden av treet og av årets skudd.

N ₂	N ₃
N ₁	N ₄

Figur 5 Plantemønster for den enkelte sorten

For de fleste sortene var det fire eksemplarer av hver sort i hvert gjentak (Figur 5). I disse tilfellene tok jeg nåleprøve fra tre nummer N₁. I de tilfellene hvor N₁ var utgått eller klart dårligere enn nabotrærne brukte vi N₂. Dette var tilfellet to ganger.

Før innsamling av nåleprøver var det klippet greiner mellom radene så feltet skulle være bedre fremkommelig. Dette resulterte i at jeg noen steder måtte samle nåler litt over eller under brysthøyde. I gjentak 9 og 10 hadde kronetaket vært så tett at det ikke fantes grønt bar i brysthøyde. Her samlet jeg nåler fra litt høyere oppe på treet.

Etter innsamling ble nåleprøvene samme dag lagt i tørkeskap på 30°C. Prøvene lå til tork i fem dager. Deretter ble de oppbevart tørt og mørkt frem til videre bearbeiding på lab.

På lab ble nålene lagt i 2 mL Eppendorfrør og malt til pulver med en kulemølle av typen Retsch MM400 (Retsch GmbH, Germany).

Når alle prøvene var malt opp ble de veid inn for C og N-analyse med en mikrovekt av typen Metler Toledo. Ca. 5 mg prøvemasse (4,8-5,5 mg) ble pakket inn i tinnfolie og veid. C/N-analysen ble gjort i en elementanalysator (Elementar vario MICRO Cube, Germany)

Registrering av høstskudd

Skogfrøverket og NIBIO registrerte høstskudd i 2015, 2016 og 2021 etter følgende klassifisering (Tabell 3):

Tabell 3 Klassifisering av registreringene i 2015, 2016, 2021 og 2022

Klasse	2015 (hs klasse)	2016 (hs klasse)	2021 (hsl klasse)	2022 (hsl klasse)
0	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
1	Svullen knopp	Svullen knopp	1-2 cm	1-2 cm
2	Tydlig strekning	Tydlig strekning	2-5 cm	2-5 cm
3	> 2 cm strekning	> 2 cm strekning	5-10 cm	5-10 cm
4			>10 cm	>10 cm

For å kunne sammenlikne registreringene på tvers av år ble det laget en ny klassifisering (Tabell 4).

Tabell 4 Ny felles klassifisering for å gjøre dataene på tvers av registreringsårene sammenliknbare

Hs-klasse (2015 og 2016)	Hsl-klasse (2021 og 2022)	Hs-felles (til analysene)
0 og 1	0	0
2	1	1
3	2, 3 og 4	2

Jeg registrerte høstskudd 4.oktober 2022 etter de samme kriteriene som i 2021. Eksempelfoto på hs-klassene som ble brukt i 2015 og 2016 er vist i Figur 6.



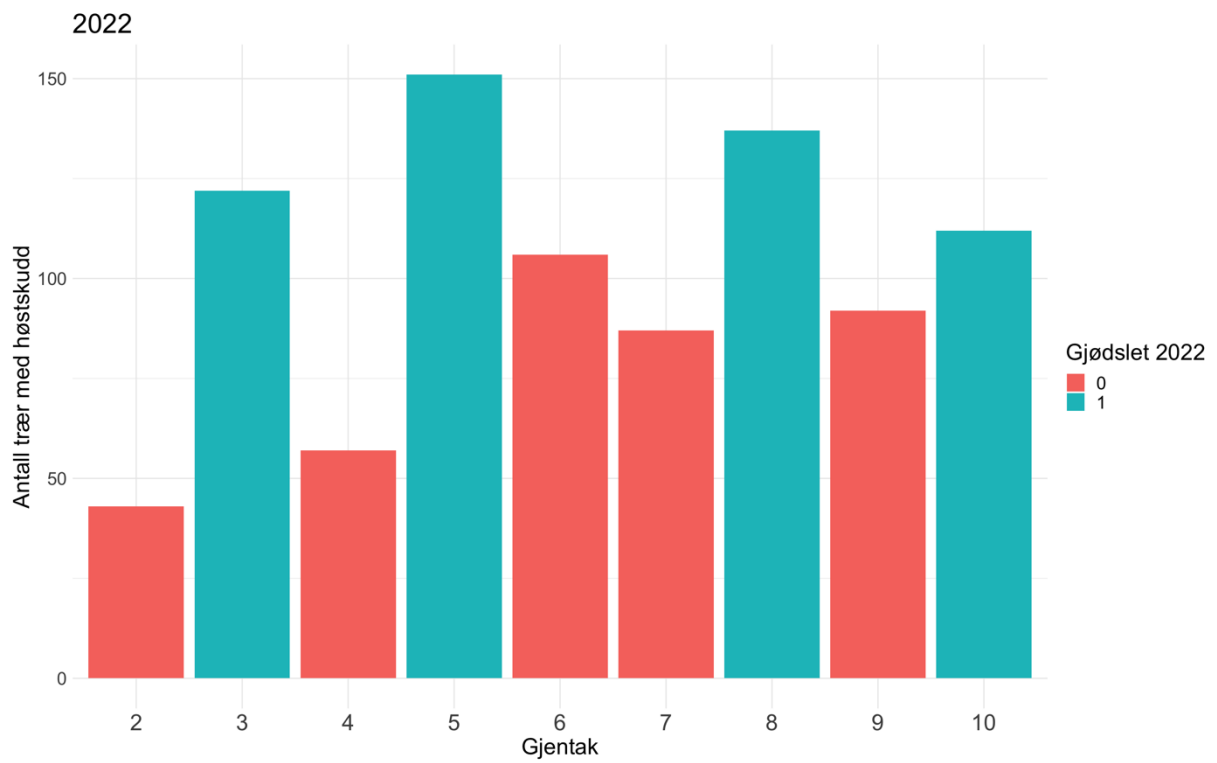
Figur 6 Hs klasse 0 til 3, fra venstre til høyre. Foto: Thomas Solvin

Test av datasettets representativitet

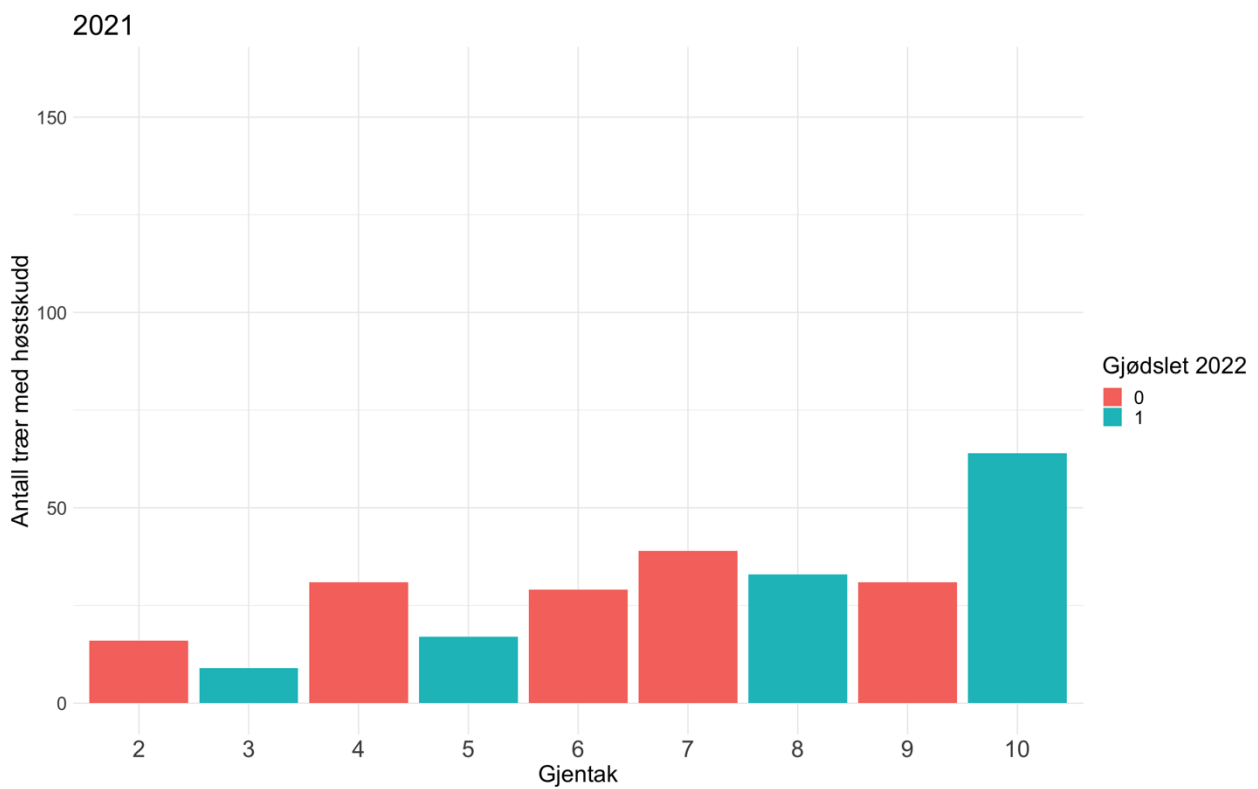
Vekstforholdene i gjentak 10 skiller seg ut fra de øvrige, og gjennomsnittlig trehøyde her er ca. 1,5 – 2 m høyere enn i de øvrige gjentakene (Vedlegg 1). Prosentvis nitrogeninnhold fra trærne i gjentak 10 var lavere enn for de andre gjentakene som ble gjødslet, og forskjellen var relativt liten i forhold til de ugjødslede gjentakene. Jeg valgte derfor å sjekke om det var noe sammenheng mellom trehøyde (som et uttrykk for vekstforhold) og prosentvis nitrogeninnhold. Testet på et 95% nivå fant jeg ingen signifikant sammenheng mellom trehøyde og nitrogeninnhold ($P = 0,7$) (Vedlegg 3).

Jeg testet også hvor mye høstskudd det var i de ulike gjentakene i 2021 og 2022. For eksempel hadde gjentak 2 og 3 ca. 20 høstskudd uten gjødsling i 2021, mens 9 og 10 hadde ca. 70. Når jeg i 2022 gjødslet gjentak 3, 5, 8 og 10 økte antallet høstskudd i gjentak 3 fra et snitt på 20 høstskudd til 120 høstskudd og jeg så tilsvarende økning i gjentak 5 og 8. I gjentak 10 fikk jeg ingen tydelig økning i høstskudd etter gjødsling (Figur 7 og Figur 8).

Jeg betrakter derfor datasettet, inkludert gjentak 10, som representativt.



Figur 7 Antall registrerte høstskudd i 2022 der røde søyler er ikke-gjødslede gjentak og blå søyler er gjødslede gjentak.



Figur 8 Antall registrerte høstskudd i 2021 der røde søyler er ikke-gjødslede gjentak og blå søyler er gjødslede gjentak. Merk at ingen gjentak ble gjødslet i 2021. Fargekodene viser gjentakene som ble gjødslet i 2022

I forsøksfeltet var det rett etter utplanting stor dødelighet i gjentak 1, dette gjentak er derfor ikke brukt i denne studien.

Statistiske analyser

Forsøksfeltet er lagt opp med tanke på variansanalyse. Dette innebærer at man har mulighet til å utføre en analyse av resultater der flere faktorer gjør seg gjeldende samtidig (Frøslie, 2017). Til dette forsøket kommer analysene til å bli delt opp i fire. Faktorene gjødsling, frøets geografiske opphav, bestands-/frøplantasjefrø og temperatur under frømodning kommer til å bli testet opp mot forekomst av høstskudd for å se om det finnes en signifikant sammenheng mellom faktorene. Til variansanalysen brukte jeg følgende modeller:

1. $Y_{ijn}(\text{nitrogen}) = u + N + S_i + G_j + e_{ijn}$
2. $Y_{ij}(\text{proveniens}) = u + G_i + P_j + G_i * P_j + e_{ijn}$
3. $Y_{ijn}(\text{bestand/frøplantasje}) = u + G_i + B_j + P(B)_{ij} + e_{ijn}$
4. $Y_{ijn}(\text{frøår}) = u + G_i + P_j + F_g + e_{ij}$

Der

Y_{ijn} = Forekomst av høstskudd på plante n innen faktor (behandling, gjentak eller år $i j g$)

u = Totalt gjennomsnitt

N = Nitrogeninnhold (%), kontinuertlig numerisk variabel

S = Sort nummer

G = Gjentak

P = Frøets opphav (proveniens/frøplantasje)

B = Bestand (dummy variabel)

F = Frøår

e = Restvariansen som ikke forklares av modellen, forventes å være tilfeldig normalfordelt med gjennomsnitt u og en gitt varians.

Alle de fire modellene ble testet på et 95% nivå, $P < 0,05$.

Modell 3 testet i utgangspunktet også samspillet $B * G_j$, men dette var ikke signifikant og ble derfor fjernet fra modellen.

For noen av analysene har det vært hensiktsmessig å bruke forekomsten/hyppighet av alvorlige høstskudd. For disse analysene har jeg delt høstskuddene i to grupper der 0 betyr ingen alvorlige høstskudd (felles-klasse 0 og 1) og 1 betyr alvorlige høstskudd (felles-klasse 2). Siden det er veldig strengt å «tilegne» proveniensen/frøplantasjen en egenskap for dannelse av høstskudd basert på kun én observasjon satte jeg et minimumskrav på at minst 5% av trærne måtte ha alvorlige høstskudd for at proveniensen/frøplantasjen skulle få utslag på målingen. 5% er en relativt lav terskelverdi for å bli kategorisert med alvorlige høstskudd, men den generellere forekomsten var såpass lav at hvis kravet ble satt høyere ville veldig få provenienser/frøplantasjer blitt telt med. Antall år med alvorlige høstskudd er det som bli referert til som «hyppighet alvorlige høstskudd».

Alle statistiske analyser har blitt gjort i Rstudio Versjon 2022.12.0+353, med R versjon 4.2.2.

Resultater

Nitrogen-gjødsling

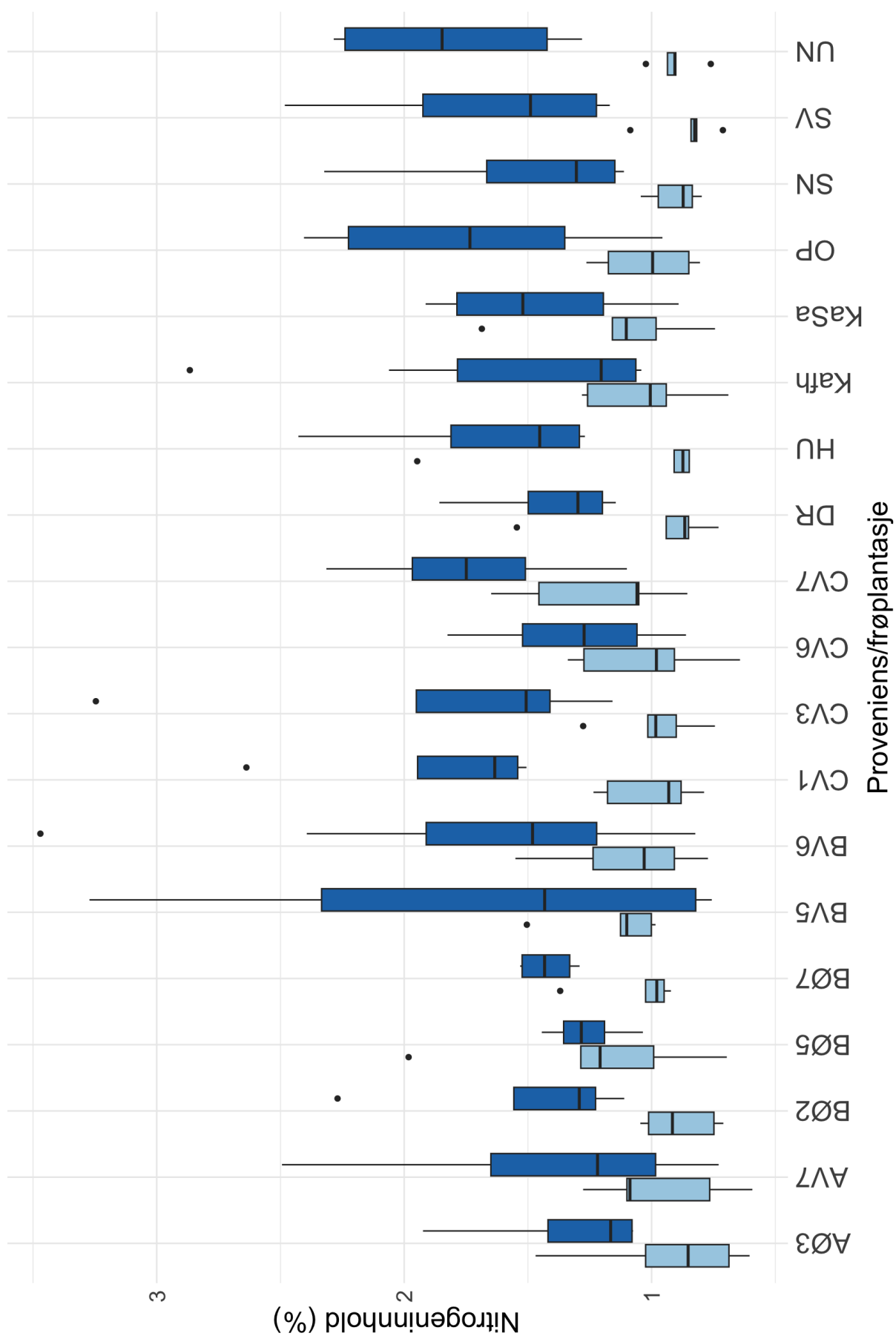
Gjennomsnittlig nitrogeninnhold i nålene uten gjødsel var ca. 1%, dette tilsvarer 10 mg N / 1 gram prøvemasse. Etter tilførsel av nitrogengjødsel økte nitrogeninnholdet i nålene i gjennomsnitt med ca. 0,5%. (Figur 9), som tilsvarer et nitrogeninnhold i barnålene lik 15 mg N / 1 gram prøve. Referanseverdi fra norsk skog er 11-13 mg N / 1 gram tørrstoff prøve (Venn, U.Å.). Det var antakelig noe vanninnhold i mine prøver, slik at faktisk nitrogeninnhold var noe lavere. Effekten av gjødsling så ut til å være lavere i gjentak 10 (vedlegg 2).

Nitrogengjødsling hadde signifikant effekt på forekomsten av høstskudd (Tabell 5) og forekomsten av høstskudd økte med økt nitrogeninnhold i barnålene for 26 av de 33 proveniensene/frøplantasjene (Figur 10). Totalt tre provenienser og to frøplantasjer hadde mer høstskudd uten, enn med, gjødsling.

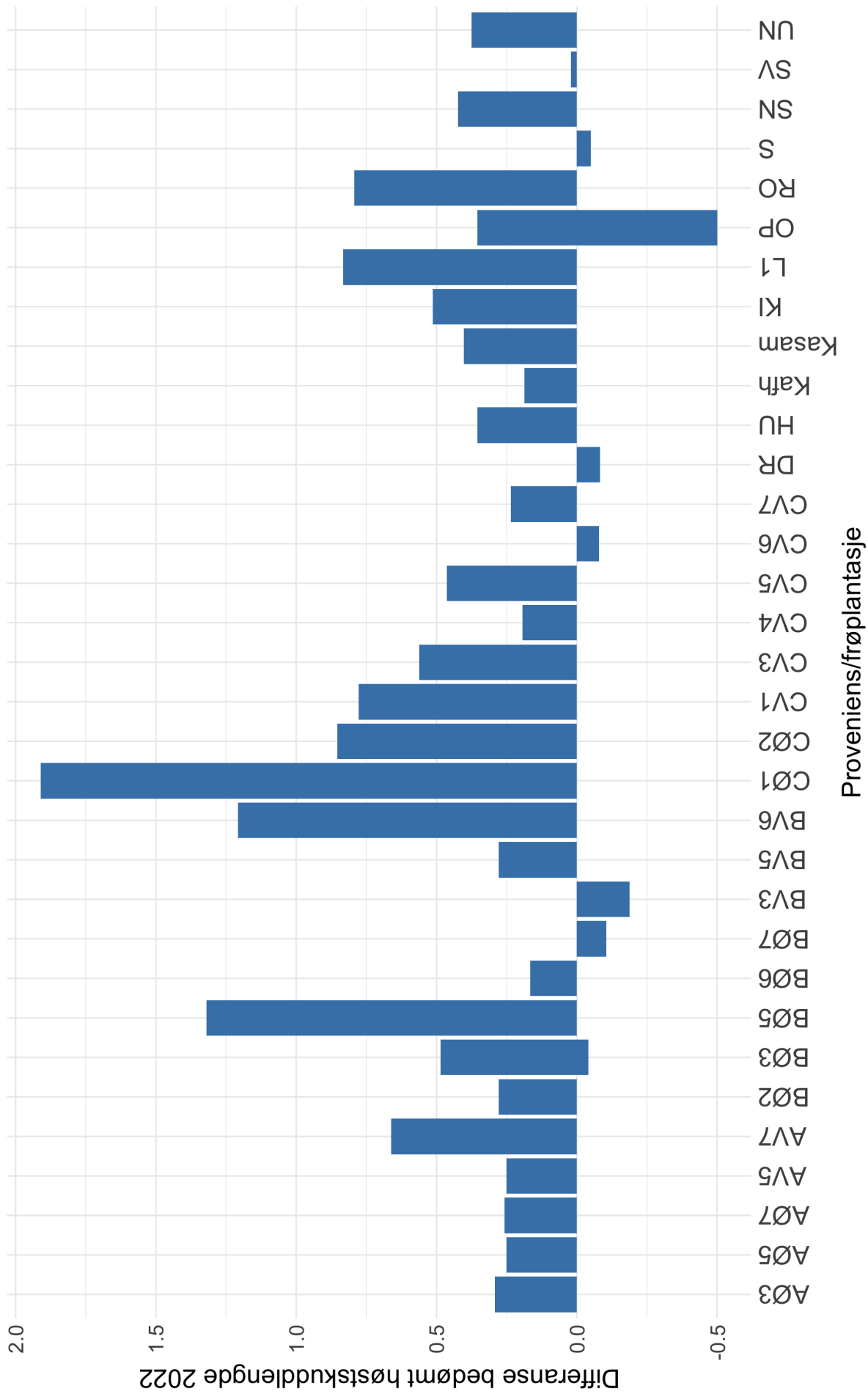
Provens BØ3 og frøplantasje Opsahl har i Figur 10 både positiv og negativ differanse. Dette skyldes at disse frøene er representert med frøår i 2006 og 1998, hvor påvirkning av gjødslingen var ulik. Frø med opphav fra BØ3 og Opsahl med frøår i 1998 hadde mer høstskudd med enn uten gjødsel, mens frø fra samme opphav med frøår i 2006 hadde mer høstskudd uten tilførsel av gjødsel.

Tabell 5 ANOVA tabell som viser frihetsgrader og P-verdi for Modell 1

Variabel	Frihetsgrader	P-verdi
N%	1	<0,001
Sort nummer	23	0,0184
Gjentak(N%)	190	0,034

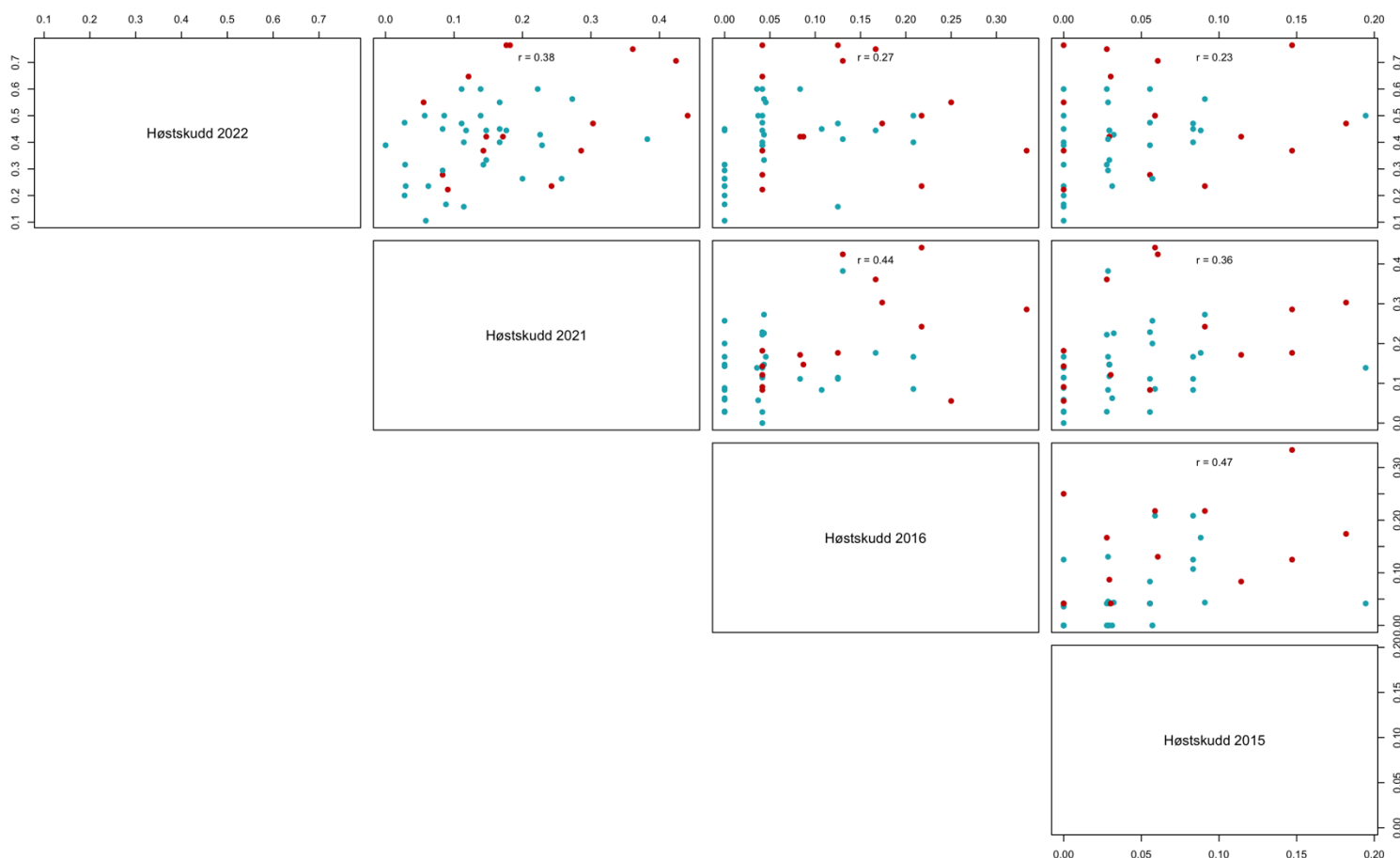


Figur 9 N% i de ulike proveniensene/frøplantasjene. Mørke blå farge viser N% etter tilført nitrogen gjødsel. Lyse blå farge viser N% uten tilførsel av nitrogen gjødsel.



Figur 10 Differanse i gjennomsnittlig bedømt høstskuddlengde mellom planter i gjødslede og ugjødslede gjentak for de ulike proveniensene og frøplantasjene i 2022. Differanse bedømt høstskuddlengde 2022 = Gj.snitt bedømt høstskuddlengde 2022 med gjødsel - Gj.snitt bedømt høstskuddlengde 2022 uten gjødsel

Frøets opphav



Figur 11 Sammenhengen mellom høstskudd hos proveniensene og frøplantasjefrøene mellom de ulike årene. Punktene med blå farge er bestandsfrø, mens de røde er frøplantasjefrø. For at resultatene skal være sammenliknbare er observasjonene for 2022 kun fra gjentakene som ikke ble gjødslet.

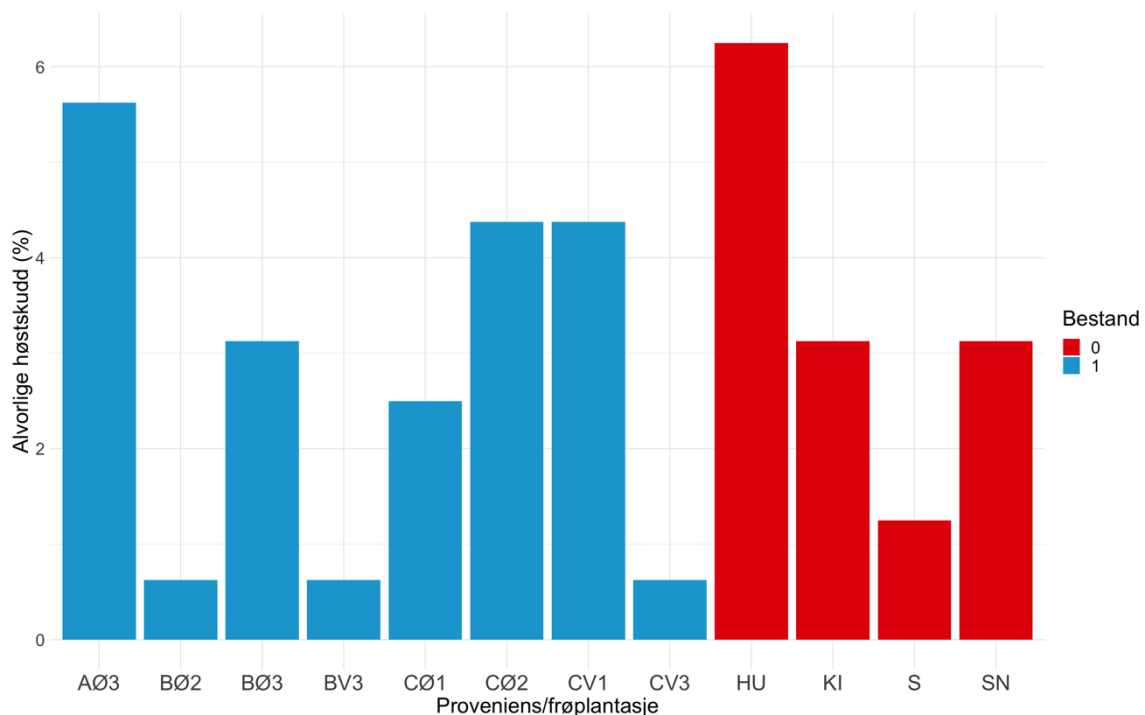
Frøets opphav hadde en signifikant effekt på dannelsen av høstskudd (Tabell 6). Det var moderate sammenhenger mellom årene, men de nærmeste parvise årene viste sterkest korrelasjon. Korrelasjonen mellom mer fjerntliggende år var ikke like sterk. For eksempel var korrelasjonen mellom 2015 og 2016 lik 0,47, mens korrelasjonen mellom 2015 og 2022 var 0,23 (Figur 11). Den generelle trenden var at de samme proveniensene/frøplantasjene fikk mest høstskudd hvert år.

Tabell 6 ANOVA tabell som viser frihetsgrader og P-verdi for Modell 2

Variabel	Frihetsgrader	P-verdi
Gjentak	8	<0,001
Frøets opphav	32	<0,001
Gjentak*Frøets opphav	32	0,52

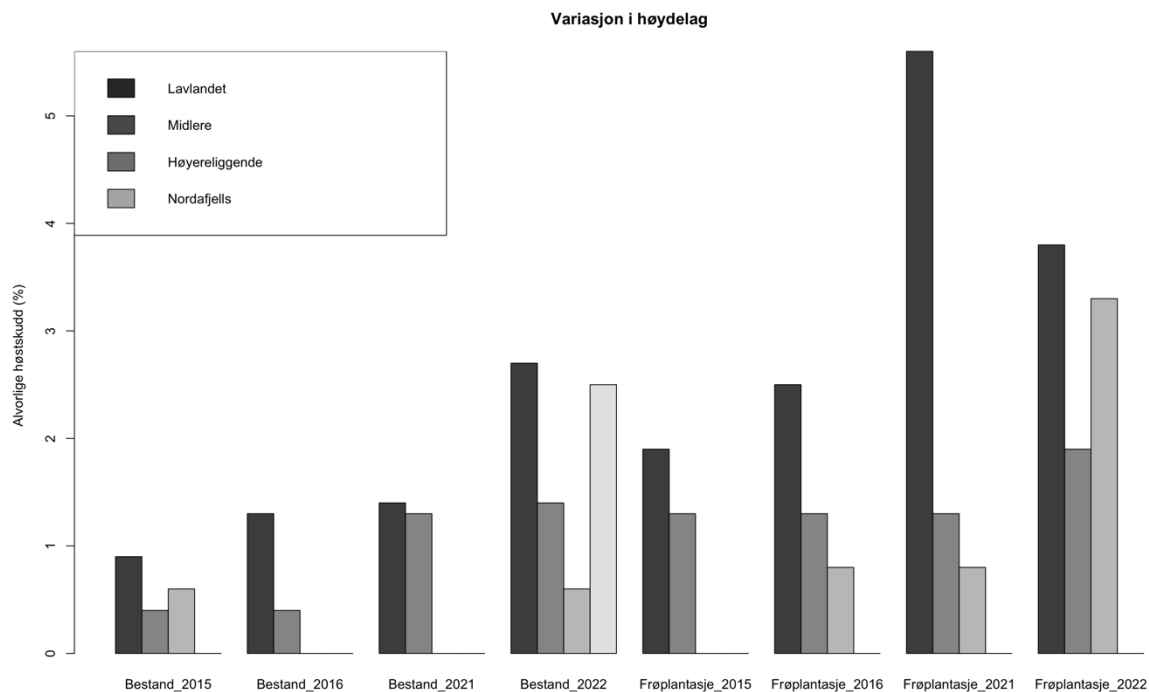
Når det gjelder tilpasning til høydslag var det frømaterialer tilpasset lavlandet på Østlandet som satte mest høstskudd (Figur 13). Dette resultatet fant jeg for samtlige år med registreringer.

For frømaterialer som var tilpasset lavlandet på Østlandet (Sanderud, Huse, Stange Norske, Kilen, CV1, CV2, CV3, CØ1, CØ2, BØ2, BØ3 og BV3) var det en signifikant effekt av om frøet hadde opphav fra en frøplantasje eller var et bestandsfrø (Tabell 7). Det så ut til at frøplantasjefrø dannet mer høstskudd enn bestandsfrøene, men at forskjellene var veldig små (Figur 12).



Figur 12 Alvorlige høstskudd hos bestands og frøplantasjefrø tilpasset lavlandet på Østlandet. Blå er bestandsfrø, rød er frøplantasjefrø

Blant frøplantasjene var det frø fra Huse som hadde høyest andel alvorlige høstskudd, med 10% alvorlige høstskudd ved registreringene i 2021 og 2022. Det var ikke noe frømateriale som hadde alvorlige høstskudd ved flere enn to registreringer (Vedlegg 4).



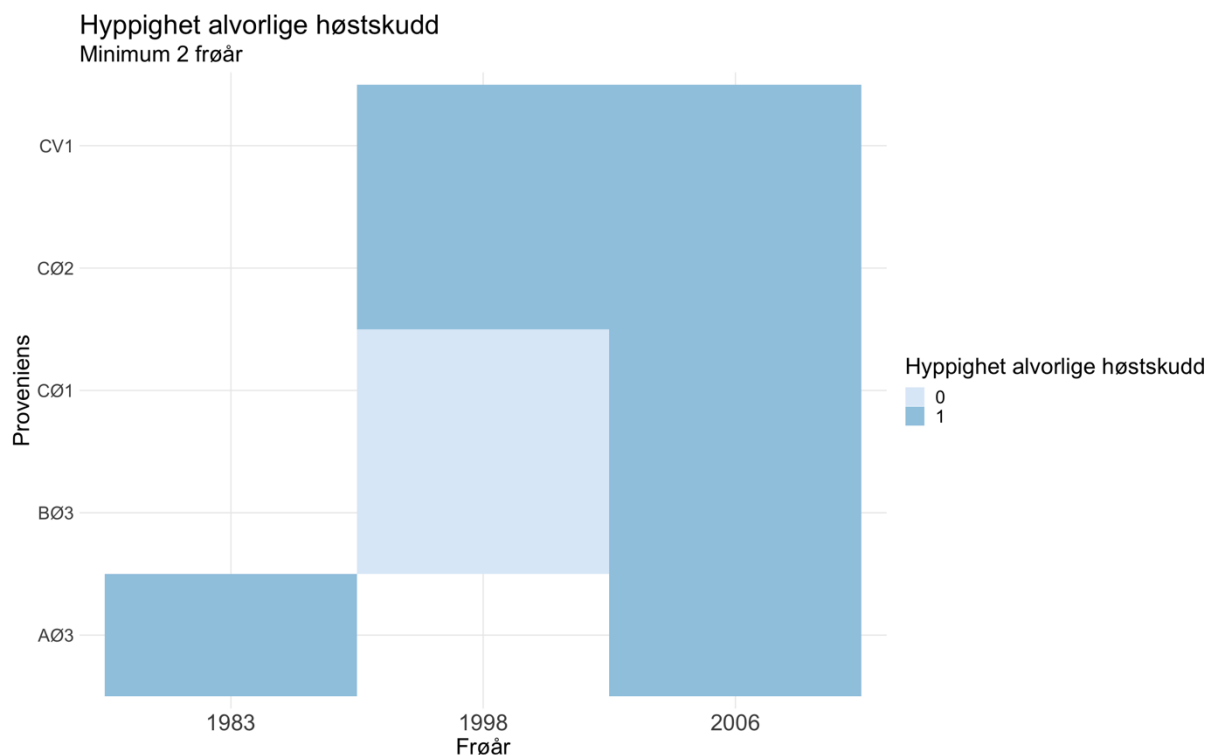
Figur 13 Variasjon i alvorlige høstskudd (%) mellom de ulike høydslagene og årene for registrering. Bestand betyr bestandsfrø.

Tabell 7 ANOVA tabell som viser frihetsgrader og P-verdi for Modell 3

Variabel	Frihetsgrader	P-verdi
Gjentak	8	<0,001
Bestand/frøplantasje	1	<0,001
Proveniens(bestand/frøpl.)	3	0,826
Gjentak*bestand	8	0,084

Temperatur i frøåret

Datamaterialet inneholder frø med ulike frøår fra 11 geografiske områder. Fem av disse var provenienser tilpasset lavlandet på Østlandet og satte høstskudd ved én av registreringene. For disse hadde ikke frøår signifikant utslag på dannelsen av høstskudd (Tabell 8). De fem proveniensene tilpasset lavlandet på Østlandet var alle representert med frøår i 2006, og for frø fra dette frøåret ble det registrert alvorlige høstskudd ved én av de fire registreringene (Figur 14).



Figur 14 Hyppighet av alvorlige høstskudd hos de ulike proveniensene. Registreringene fra 2022 er kun uten gjødsling i denne figuren. Kun provenienser fra lavlandet på Østlandet.

Tabell 8 ANOVA tabell som viser frihetsgrader og P-verdi for Modell 4

Variabel	Frihetsgrader	P-verdi
Gjentak	8	<0,001
Frøets opphav	4	0,698
Frøår	2	0,835

Diskusjon

Ønsket om å finne ut hva som forårsaker dannelsen av høstskudd er sterkt knyttet til målet om å produsere trevirke av høy kvalitet, som kan brukes til bygningsmateriale. Det er rimelig å anta at det ikke finnes et enkelt og entydig svar på hvilke faktorer som påvirker høstskuddannelsen og hvorfor, men denne studien har gitt noen interessante innblikk i mulige årsaker.

I tråd med min første hypotese økte forekomsten av høstskudd etter gjødsling med nitrogen. På proveniens- og frøårsnivå var det noen individuelle forskjeller, men i gjennomsnitt økte forekomsten av høstskudd i de fire gjentakene som ble gjødslet kontra de som ikke ble gjødslet. Dette viser at bedre vekstforhold kan være en forklaring på hvorfor det dannes høstskudd i unge trær. Ettersom høstskuddannelsen avtar når treet blir over 10-15 år (Landis, 2012) og det for tømmerproduksjon som regel gjødsles ca. 10 år før sluttavvirkning, er ikke resultatene direkte overførbare til det praktiske skogbruket. Det kan derimot være nyttig kunnskap innen juletreproduksjon hvor unge trær på god mark blir tilført gjødsel, men hovedhensikten med forsøket var å simulere en bonitetsforskjell.

Grana plantes ofte på den beste marka, med relativt god tilgang på næringsstoffer som nitrogen. I et tidligere studie basert på fire forsøksfelt i hhv. Sigdal, Østre Toten, Sauherad og Drangedal med bonitetene (H40) 25 til 28 ble det funnet at høstskudd forekommer hyppigst på høye boniteter (Lomsdal, 2018). Hun diskuterte ikke hvilke faktorer på voksestedet som påvirket høstskuddannelsen, men resultatene fra mitt forsøk tilsier at tilgang på nitrogen kan være én årsak. Et forsøk med til sammen ca. 150 individer av to provenienser Sitkagran (*Picea sitchensis*) i USA undersøkte hvordan lys og nitrogeninnhold påvirket veksten til treet og fant som et «bi-resultat» at det ble flere høstskudd etter gjødsling med nitrogen (Wainhouse et al., 1998). Det ellers ikke utført noen forsøk om hvordan nitrogengjødsling påvirker høstskuddannelse, så vidt meg bekjent. Det finnes imidlertid et forsøksnotat fra 2012 (Landis, 2012) og et populærvitenskapelig innlegg i «Glimt fra skog og landskap» (Gunhild Søgaard, 2010) som kort beskriver at forekomsten av høstskudd øker etter tilførsel av nitrogen. Det er ikke oppgitt hvilket datagrunnlag og forsøk disse resultatene er basert på, så hvorvidt disse er sammenliknbare med mine resultater er uvisst.

Jeg ønsker videre å undersøke hvordan frøets opphav påvirker forekomsten av høstskudd. Blant annet fordi vekstsesongen er lengre og vekstforholdene ofte bedre i sør enn i nord, var min hypotese at jeg ville finne høyest andel høstskudd i frømateriale tilpasset sørlige områder. Resultatene mine bekrefter dette, siden forekomsten av høstskudd var størst hos frømateriale tilpasset lavlandet på Østlandet.

Et forsøk i Latvia basert på 102 plantefelt med frøplantasjefrø fra lavlandet viste en økende frekvens av høstskudd med økende temperatur (Katrevis et al., 2018). I normale år er det høyere temperaturer i lavlandet enn i høyden, noe som kan være én forklaring på hvorfor det er mer høstskudd i lavlandet. Granhus et al. (2019) fant, i et studie av høstskudd og dobbelt topper i unge granbestand lavere enn 200 m.o.h., at ved å flytte nordlige provenienser lengre sør eller nedover i høydeler får vi mindre forekomst av høstskudd. På grunn av økte temperaturer er det rimelig å anta at sørlige provenienser med tiden kan flyttes lengre nord og oppover i høyden, men det er, så vidt meg bekjent, ikke undersøkt hvordan dette kan påvirke høstskuddannelsen.

Forsøk gjort med provenienser og frøplantasjefrø fra Norge, Finland og mellom- og Øst-Europa viser at det sørligste frømateriale var mest utsatt for høstskudd og at høstskudd ble mindre fremtredende desto lengre nord vi kom (Skrøppa & Steffenrem, 2017). Dette er samme trenden som vi ser innad i Norge. Det er frømateriale fra lavlandet på Østlandet som setter mest høstskudd, mens de høyereliggende proveniensene som for eksempel BV6 har lite høstskudd. Siden både mitt forsøk og studien til Skrøppa og Steffenrem (2017) er basert på et common-garden forsøk, kan det også tenkes at vi for noe av materialet ser en effekt av å plante både bestands- og frøplantasjefrø utenfor området de er tilpasset. Siden vi så en effekt av tilpasning til høydeler og geografisk opphav, var det neste jeg ønsket å undersøke derfor forskjellen mellom bestands- og frøplantasjefrø.

Høstskudd er ofte forbundet med god høydevekst og siden utvalget til frøplantasjene har fokus på nettopp dette, var min hypotese at frø fra frøplantasjer dannet mer høstskudd enn bestandsfrø. Det var signifikant forskjell mellom bestandsfrø og frøplantasjer når det gjelder dannelsen av høstskudd, og den største forekomsten fant jeg hos frøplantasjefrøene.

Cannell og Johnstone gjorde i 1978 et forsøk basert på sitkagran i Storbritannia. De konkluderte med at høstskudd var forbundet med høydevekst og at høstskudd dannelse kunne

være positivt fordi det ga økt tilvekst (Cannell & Johnstone, 1978). Antakelig er faren for frostskafer mindre i Storbritannia som har et mildere klima enn Norge, og derfor blir det potensielt mindre virkesfeil etter høstskudd. Resultatet er likevel interessant og kan hjelpe oss å forstå hvorfor frø fra frøplantasjer setter mer høstskudd enn bestandsfrø, når tidligere studier har funnet noe motstridende resultater.

Granhus et al. (2019) fant mer høstskudd i bestandsfrø enn i foredlet frømateriale fra frøplantasjer, og at det var en signifikant effekt av frøkilde. De oppgir imidlertid ikke hvilke frøplantasjer som ble testet. Lomsdal (2018) fant ingen forskjell mellom bestands- og frøplantasjefrø, mens jeg fant flest høstskudd i frøplantasjefrø. Huse frøplantasje er tilpasset lavlandet på Østlandet, og er det frømateriale i min studie med flest registreringer av alvorlige høstskudd (10%) i ett enkelt år. Huse ble ikke testet av Lomsdal (2018), mens Kilen var det frømateriale som hadde høyest høstskuddgrad i studiet hennes, og den frøplantasjen som har nest mest høstskudd i min studie.

Den siste hypotesen jeg ønsket å teste var om høye temperaturer under frømodning gir økt dannelse av høstskudd. Blomstringen hos treet blir indusert av tørke og temperatur året før selve blomstringen, pollineringen og frømodningen. Tidligere forsøk har kommet frem til at frø dannet under varme frøår har senere skuddstrekning, vekstavslutning og er mindre frostherdige (Skrøppa, 2022; Solvin & Steffenrem, 2019). Johnsen et al. (2009) fant, basert på frøplantasjene Lyngdal og Kaupanger, ut at jo varmere det var under frømodning, desto senere foregikk knoppdannelsen om høsten. De konkluderte også med at tilpasning til klima mest sannsynlig er påvirket av temperatursummen ved frømodning og dannelsen av embryoet. Etersom jeg ikke fant noe signifikant effekt av frøår kan det, basert på denne studien, derfor virke som at høstskudd er strengt genetisk og ikke påvirkes av miljøet under frømodning.

Så vidt meg bekjent har det ikke tidligere blitt undersøkt om temperaturen i frøåret har påvirkning på forekomsten av høstskudd. Jeg fant ingen signifikant effekt av temperatur under frømodning, men en tendens til at frø fra varme frøår dannet mer høstskudd (Figur 14). Kanskje er det andre faktorer i frøåret som påvirker høstskuddannelsen mer enn temperaturen?

For å oppsummere viser denne oppgaven at det er flere faktorer som påvirker treets evne til å sette høstskudd og spiller inn samtidig. Gode vekstvilkår påvirker treet til å sette høstskudd og frø tilpasset lavlandet på Østlandet dannet mer høstskudd enn det øvrige frømaterialiet som ble testet i dette forsøket. Blant frøene tilpasset lavlandet var det frø fra frøplantasjer som satte mest høstskudd, men det var ingen forskjell mellom hvilket år frøet ble modnet.

Jeg håper at resultatene fra dette forsøket har bidratt med ny og nyttig kunnskap for videre skogplanteforedling og forståelse om hvorfor høstskudd oppstår. Ved å bedre forstå hvordan fenomener oppstår kan vi også unngå dem vi ikke ønsker til en større grad. Dette er viktig kunnskap når vi skal velge frømaterialiet for fremtidsskogen de neste 100 årene.

Med et stadig større fokus på klima og klimaendringer med økende temperaturer, må vi anta at også skogen vil bli påvirket. Tørkesommeren 2018 sitter fremdeles sterkt i minne for mange, og for å forstå fenomenet høstskudd enda bedre hadde en undersøkelse av frømaterialiet fra dette året vært veldig interessant. Johnsen et al. (2009) fant ut at dersom temperaturen under frømodning var høy fikk treet lengre vekstsesong og dermed større høydevekst. Ettersom høstskudd ofte er forbundet med høydevekst ville det vært veldig interessant å undersøke om frømateriale fra 2018, som var et ekstremt varmt år, setter mye høstskudd.

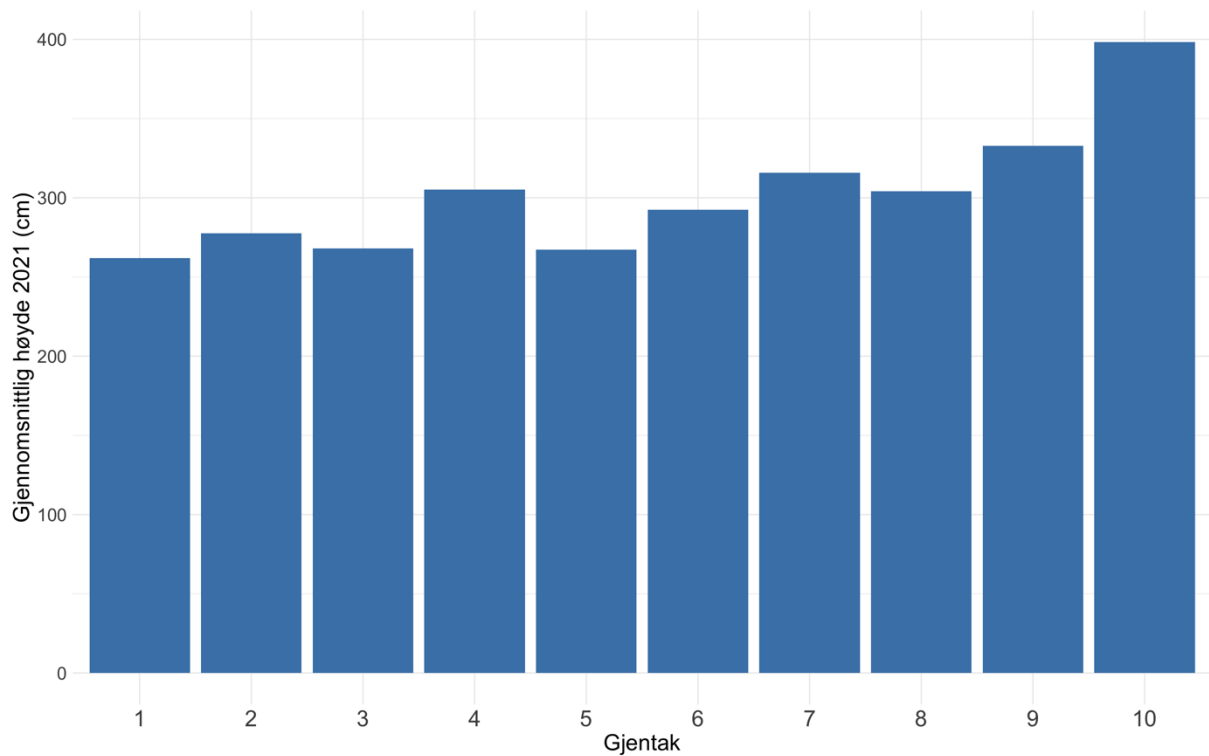
Videre kunne det også vært interessant å teste frømateriale fra frøplantasjene Bastøy og Jordtveitmoen som er mye brukt i granplanter som settes ut i lavlandet på Østlandet i 2023. Det hadde også vært interessant å undersøke forholdet mellom trehøyde, alder og treets status/dominans i forhold til forekomsten av høstskudd. Blant annet kunne man undersøkt om treets status/dominans, som påvirker høydeveksten, har større betydning for høstskuddannelse enn treets genetiske grunnlag for høydevekst.

Litteraturliste

- Brække, F. H. (1994). *Diagnostiske grenseverdier for næringselementer i gran- og furunåler*, b. 15/94: Skogforsk
- Cannell, M. G. R. & Johnstone, R. C. B. (1978). Free or Lammas Growth and Progeny Performance in *Picea-Sitchensis*. *Silvae Genetica*, 27 (6): 248-254.
- Frøslie, K. F. (2017). *Variansanalyse*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/variansanalyse> (lest 7.4.2022).
- Granhus, A., Metslaid, M., Kvaalen, H. & Sogaard, G. (2019). Tree, stand and site characteristics affecting the occurrence of lammas growth and multiple tops in field-grown Norway spruce. *New Forests*, 50 (2): 291-305. doi: 10.1007/s11056-018-9664-2.
- Gunhild Søgaard, H. K., Aksel Granhus, Inger Sundheim Fløistad, Kjersti Holt Hansen, Arne Steffenrem, Tore Skrøppa (2010). Høstskudd hos gran kan være et økende fenomen. *Glimt fra skog og landskap 10 (10)*.
- Johnsen, O., Kvaalen, H., Yakovlev, I., Daehlen, O. G., Fossdal, C. G. & Skroppa, T. (2009). An Epigenetic Memory From Time of Embryo Development Affects Climatic Adaptation in Norway Spruce. *Plant Cold Hardiness: From the Laboratory to the Field*: 99-107. doi: Doi 10.1079/9781845935139.0099.
- Katrevis, J., Neimane, U., Dzerina, B., Kitenberga, M., Jansons, J. & Jansons, A. (2018). Environmental factors affecting formation of lammas shoots in young stands of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) in Latvia. *Iforest-Biogeosciences and Forestry*, 11: 809-815. doi: 10.3832/ifor2539-011.
- Landbruks-og_matdepartementet. (2018). *Skogbruk*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/skog-og-utmarksressurser/innsikt/skogbruk/id2009516/> (lest 8.4.2022).
- Landis, T. D. (2012). Lammas shoots in Nurseries and plantations. *Forest Nursery Notes*: 5.
- Lomsdal, M. (2018). *Variasjon i høstskudd og toppskader hos gran (Picea abies): påvirkning av vekstforhold og genetik*: Høgskolen i Innlandet.
- Skrøppa, T. & Steffenrem, A. (2017). Høstskudd og toppskader i genetiske forsøk med gran; variasjon og sammenhenger med vekst og vekstrytme. *NIBIO Rapport 3/23/17*.
- Skrøppa, T. (2022). Epigenetic memory effects in Norway spruce: are they present after the age of two years? *Scandinavian Journal of Forest Research*, 37 (1): 6-13. doi: 10.1080/02827581.2022.2045349.
- Solvin, T. M. & Steffenrem, A. (2019). Modelling the epigenetic response of increased temperature during reproduction on Norway spruce phenology. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 34 (2): 83-93. doi: 10.1080/02827581.2018.1555278.
- Statistisk_sentralbyrå. (2023). *Skogavvirkning for salg*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/skogavvirkning-for-salg> (lest 17.3.23).
- Venn, K. (U.Å.). *Nitrogenmangel*. Tilgjengelig fra: <https://skogskader.nibio.no/skader/306> (lest 16.4.23).
- Wainhouse, D., Ashburner, R., Ward, E. & Rose, J. (1998). The Effect of Variation in Light and Nitrogen on Growth and Defence in Young Sitka Spruce. *Functional ecology*, 12 (4): 561-572. doi: 10.1046/j.1365-2435.1998.00232.x.
- Wolff M., Thue-Hansen V. & A., A. G. (2021). *Meteorologiske data for Ås 2020*. universitet, N. m.-o. b. (red.).
- Ås_kommune. (2023). *Origo - Innsyn publikum*. Ås kommunes hjemmeside.

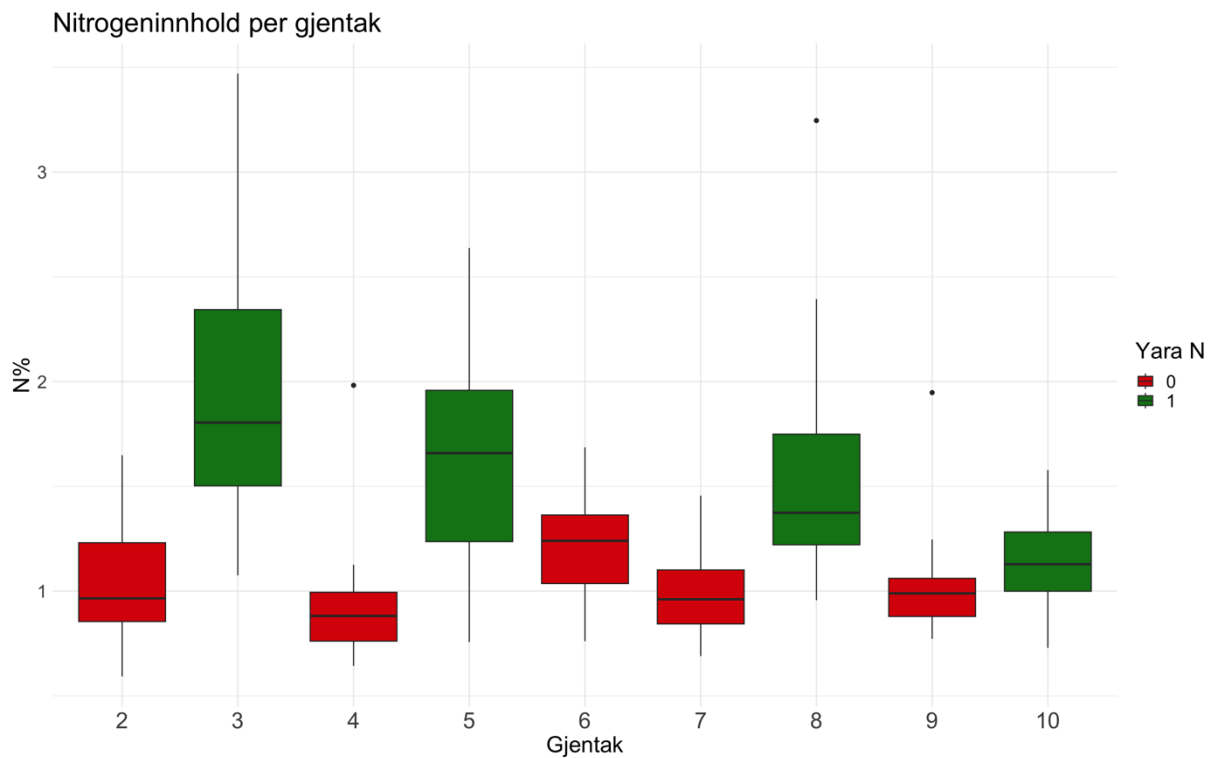
Vedlegg

Vedlegg 1



Gjennomsnittlig trehøyde 2021 (cm) for de ulike gjentakene. Gjennomsnittshøyden er størst i gjentak 10. Alderen på trærne er den samme i alle gjentakene og vi kan dermed konkludere med at vekstforholdene er best i gjentak 10.

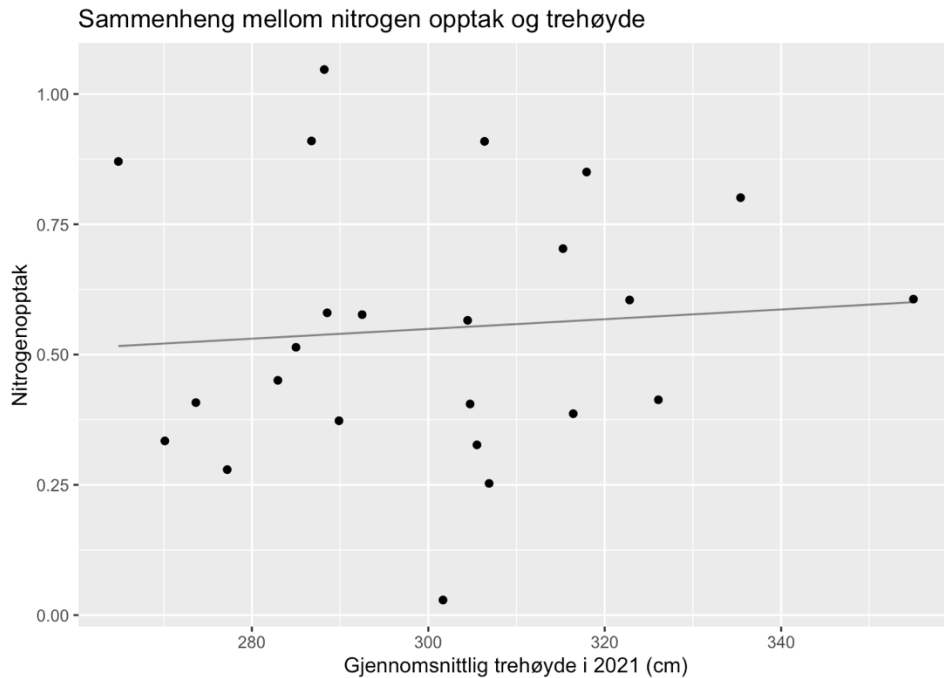
Vedlegg 2



Det ble gjødslet i gjentak 3, 5, 8 og 10. Det er et tydelig høyere nitrogeninnhold i gjentak 3, 5 og 8 i forhold til de ugjødslede gjentakene, mens effekten i gjentak 10 er mindre tydelig. Gjentak 9 og 10 har antatt bedre bonitet enn de andre gjentakene, så det kan være grunnen til at effekten av nitrogengjødsling ikke er like tydelig her.

Vedlegg 3

Sammenheng mellom nitrogeninnhold (%) og høydevekst hos trærne i 2021



For å teste min hypotese om at høye trær responderte mindre på nitrogen gjødsling, foretok jeg en lineær regresjon mellom gjennomsnittlig trehøyde i 2021 og nitrogenopptak i 2022.

Nitrogenopptaket er beregnet som differansen i gjennomsnittlig N% for sortene i de gjødslede og ugjødslede gjentakene. Den lineære regresjonen gir en $R^2 = 0,006$, $r = 0,077$ og en P-verdi = 0,7. Testet på 95% sannsynlighetsnivå finner jeg ingen sammenheng mellom trehøyde og nitrogenopptak.

Vedlegg 4

Tabell 9 Forekomst av alvorlige høstskudd. Hyppighet er regnet som antall år der minst 5% av trærne har alvorlige høstskudd

Proveniens	Høydelag	Hyppighet alvorlige høstskudd
AØ3	Lavereliggende	1
AØ5	Midlere	1
AØ7	Høyereliggende	0
AV5	Midlere	0
AV7	Høyereliggende	0
BØ2	Lavereliggende	0
BØ3	Lavereliggende	1
BØ5	Midlere	0
BØ6	Høyereliggende	0
BØ7	Høyereliggende	0
BV3	Lavereliggende	0
BV5	Midlere	0
BV6	Høyereliggende	0
CØ1	Lavereliggende	2
CØ2	Lavereliggende	1
CV1	Lavereliggende	1
CV3	Lavereliggende	0
CV4	Midlere	1
CV5	Midlere	0
CV6	Høyereliggende	0
CV7	Høyereliggende	0
DR	Midlere	2
HU	Lavereliggende	2
KAFH	Høyereliggende	1
KASAM	Høyereliggende	2
KI	Lavereliggende	2
L1	Lavereliggende	0
OP	Høyereliggende	1
RO	Midlere	1
S	Lavereliggende	0
SN	Lavereliggende	1
SV	Midlere	1
UN	Lavereliggende	0



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway