



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

## ***Sluttrapport***

### **«Trelastutfall og økonomisk verdi fra granprovenienser på høy bonitet på Østlandet»**

#### ***Bakgrunn***

Norway spruce er det dominerende treslag når det gjelder økonomisk betydning for tømmerproduksjonen i Nord- og sentral Europa. Et viktig element for å øke tømmerproduksjonen er å plante skog som har gode egenskaper for tilvekst og volumproduksjon. Gjennom en rekke proveniens forsøk rundt om i Norge har ulike provenienser av gran blitt utprøvd for å finne de trærne som egner seg best i ulike geografier og på mark av ulik produksjonsevne. NIBIO har etablert en serie med Langsiktige feltforsøk som er tenkt å skulle bidra med svar på hvilke provenienser som er best egnet med tanke på volumproduksjon og økonomisk avkastning for skogeier. Det økonomiske aspektet består både av volum, størrelsesfordeling og ikke minst virkesegenskapene til hvert enkelt tre.

Prosjektet er delt i ulike faser hvor målet er å følge tømmeret fra ulike provenienser som vi kjenner historien til fra nyplanting og fram til hogsttidspunktet. Arbeidet innebærer både registreringer av relevante data ved hjelp av kjente metoder og utprøving av ny teknologi for å kunne spore enkeltstokker fra stående tre til den har gått gjennom røntgen ramma på sagbruket. Rapporten beskriver arbeidet som er utført og noen hovedresultater for å illustrere produktiviteten til de ulike proveniensene som er med i forsøket, og hvordan teknologien kan bidra til bedre informasjon om sammenhengen mellom skog og ferdige materialer.

#### ***Prosjektets hovedmål***

Skaffe data for trelastutfall og styrke for alle trær og stokker i proveniensforsøk på svært høy bonitet, og samtidig skaffe data til en bachelor eller masteroppgave for en student ved Høgskolen i Innlandet eller NMBU

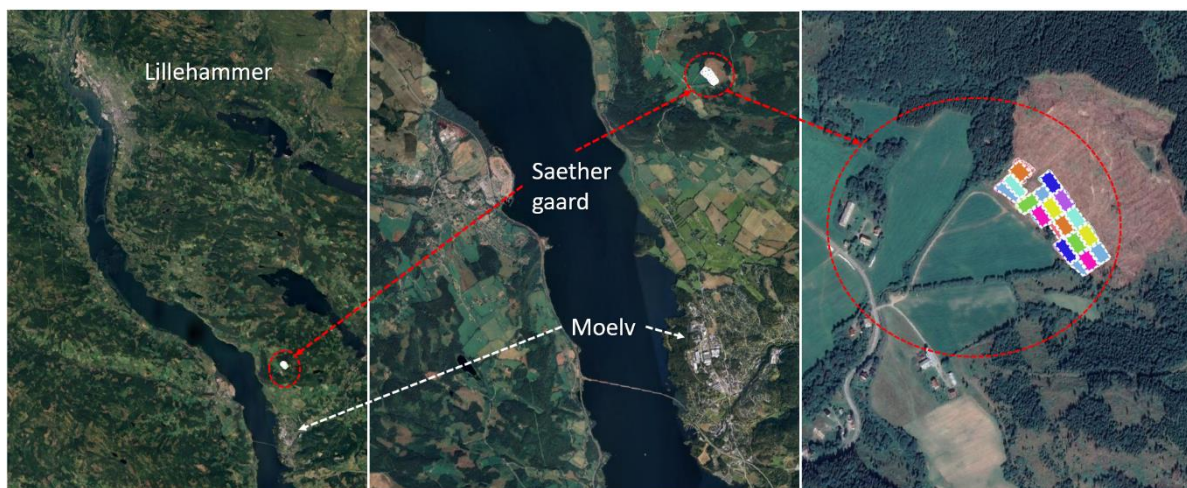
Prosjektet fikk også en tilleggsbevilgning som skulle styrke prosjektet på områdene:

- Bruk og informasjon fra Dronedata
- Sporbarhet i trekjeden fra hogstmaskin til ferdigvare med RFID og Logscam systemer.
- Testing av densitet, E-modul(MOE) og bøyefasthet (MOR)

#### **Informasjon om forsøksfeltet**

Proveniensforsøket som er grunnlaget for prosjektet er en del av NIBIO's nasjonale langsiktige feltforsøk. Forsøksfeltet (Felt nr 838 I-II) ble etablert i 1962 på Sæter Gård i Ringsaker kommune, Hedmark (Figur 1). Arealet ligger 420 meter over havet og har et typisk innlandsklima.

Produksjonsevnen til skogsmarka er var klassifisert som høybonitet, eller bonitet G26 etter det norske H40 boniteringssystemet.

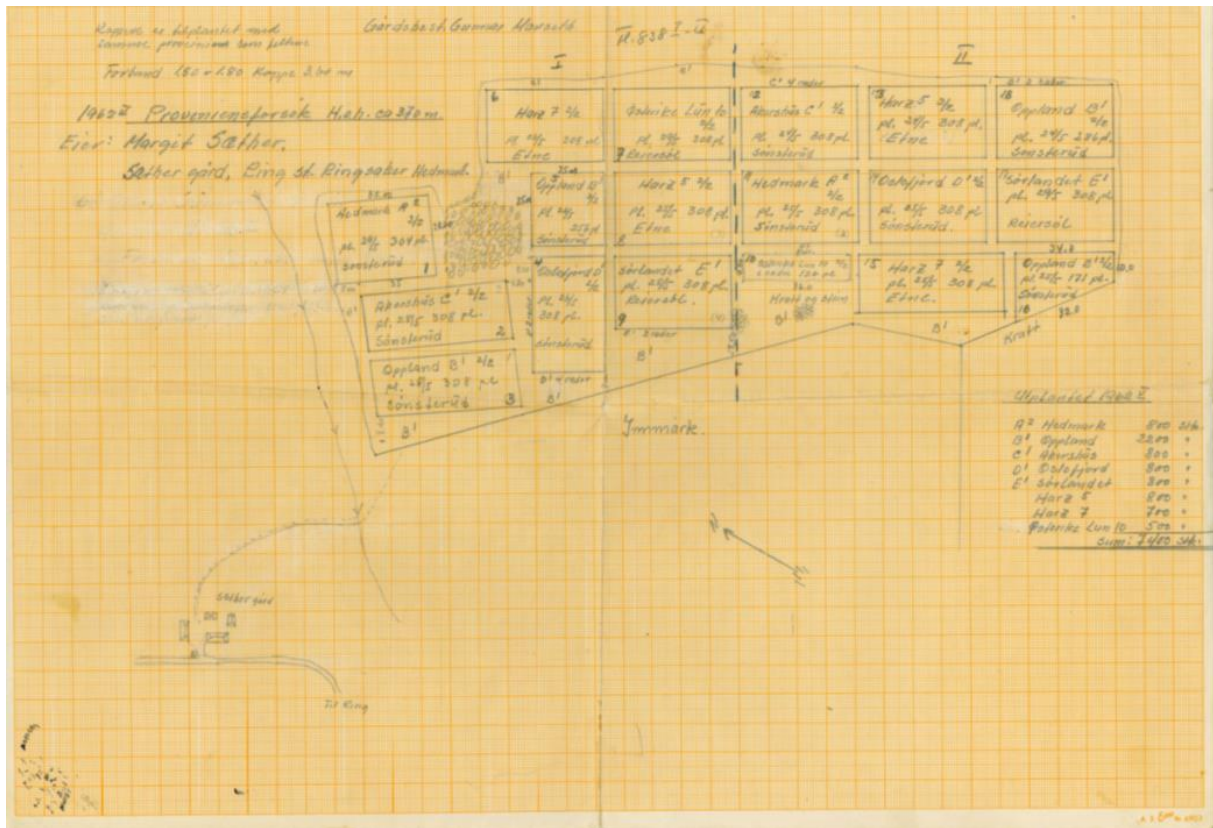


Figur 1. Kart som viser lokaliseringen av forsøksområdet i Moelv, Hedmark.

Forsøket består av 18 ruter som ble anlagt som en del av et større bestand som ble plantet på samme tidspunkt. Rutene består av 8 ulike proveniensers hvorav 5 av Norsk opprinnelse (Hedmark A<sup>2</sup>, Oppland B<sup>1</sup>, Akershus C<sup>1</sup>, Oslofjord D<sup>1</sup> and Sørlandet E<sup>1</sup>), 2 fra Hartz regionen i Tyskland (Harz 5, Harz 7), og 1 fra Østerrike (Østerrike Lun 10) (Figur ##). Disse proveniensene ble plantet i et kryss forsøk (Tabell 1) med samme størrelse på rutene, bortsett fra rute 10 og rute 16 som hadde omtrent halv størrelse av de andre rutene.

Tabell 1. Oversikt over ruter og proveniensers

Rute	Plante dato	Antall planter	Proveniens	Opprinnelse
1	29/5	304	Hedmark A <sup>2</sup>	Sonsterud
2	28/5	308	Akershus C <sup>1</sup>	Sonsterud
3	28/5	308	Oppland B <sup>1</sup>	Sonsterud
4	26/5	308	Oslofjord D <sup>1</sup>	Sonsterud
5	26/5	256	Oppland B <sup>1</sup>	Sonsterud
6	26/5	308	Harz 7	Etne
7	29/5	308	Østerrike Lun 10	Reiersol
8	25/5	308	Harz 5	Etne
9	28/5	308	Sørlandet E <sup>1</sup>	Reiersol
10		126	Østerrike Lun 10	
11	25/5	308	Hedmark A <sup>2</sup>	Sonsterud
12	24/5	308	Akershus C <sup>1</sup>	Sonsterud
13	24/5	308	Harz 5	Etne
14	25/5	308	Oslofjord D <sup>1</sup>	Sonsterud
15	25/5	308	Harz 7	Etne
16	25/5	171	Oppland B <sup>1</sup>	Sonsterud
17	29/5	308	Sørlandet E <sup>1</sup>	Reiersol
18	24/5	286	Oppland B <sup>1</sup>	Sonsterud



Figur 2. Original kart som viser forsøksopplegget med plassering av de ulike proveniensene (Mai 1962)

Forsøksplanen viser en komplett gjentagelse av alle proveniens rutene, med en blokk plassert I nordvestre del av feltet og en blokk plassert I den sør-østre delen av området. (Figur 2)



Figur 3. Oversikt over ruter og provenienser plassert inn på dronebilde fra området før hogsten er gjennomført.

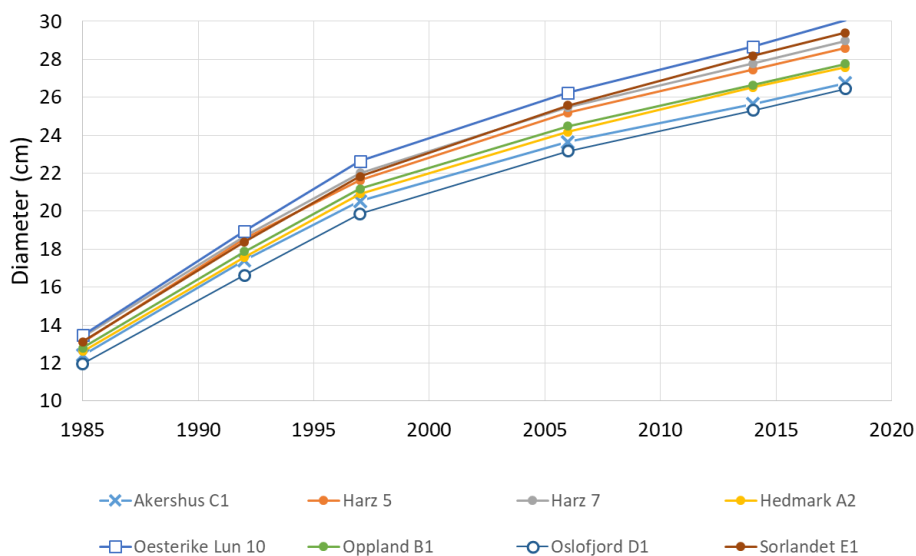
## Utførte arbeidsoperasjoner i prosjektet.

- Manuell sluttrevisjon av forsøksfeltet. Diameteren for alle trærne i alle rutene målt med en klave, og samtidig ble høyden på trærne registrert.
- Klargjøring for gjennomføring av forsøket
- Forsøket fotografert fra drone
- Det ble montert RFID leser på hogstaggeregatet til maskinen.
- Logskom sitt system ble installert i hogstaggeregatet
- Hogst gjennomført i henhold til forsøksplanen. Tredata fra NIBIO's langsiktige feltforsøk ble parett sammen og sammenlignet med resultatene fra hogstmaskinen
- Stokkene ble kjørt inn på Moelven Våler sitt sagbruk og kjørt gjennom røntgenramme for å se på kvaliteten på de ulike stokkene.
- Et utvalg av planker fra feltet ble styrke testet i testlab på Ås.

## Manuell sluttrevisjon av forsøksfeltet

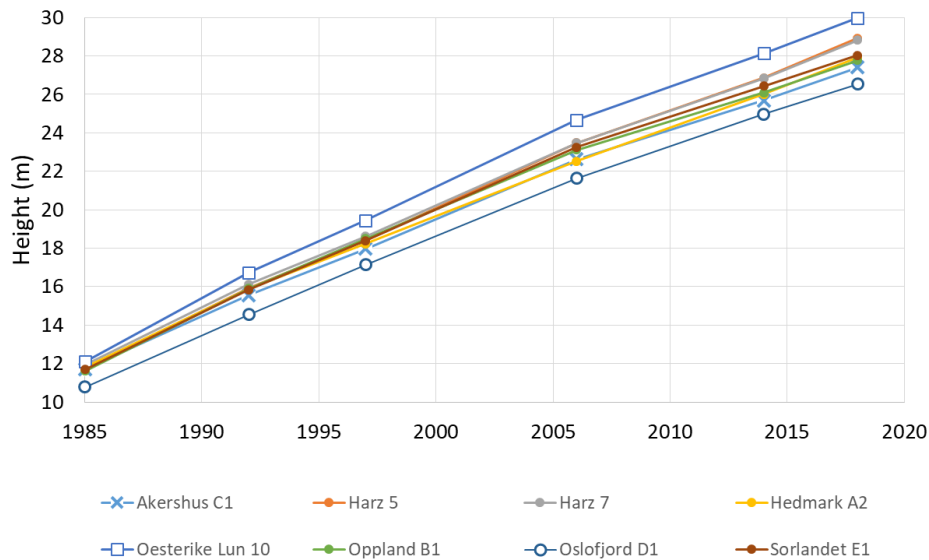
Forsøket på Sæther Gård ble etablert i 1962 og ble fulgt opp med revisjons målinger i 1985, 1992, 1997, 2006, 2014 og til slutt rett i forkant av sluttavvirkingen i 2018. Alle trærne har vært merket med en unik identifikasjon og kan følges gjennom hele omløpet. Revisjonene innebar registreringer av diameter på alle trær, og høyde på et utvalg av forsøkstrærne. Det var en signifikant spredning i gjennomsnitt diameter mellom de ulike proveniensene allerede ved første gangs revisjon når trærne var 23 år gamle, og denne forskjellen fortsatte bare å øke utover omløpet (Figur 4)

Ved sluttavvirkingen viste den Østeriske proveniensen (Østerrike Lun 10) en gjennomsnittdiameter (DBH) på rett over 30 cm, samtidig som Oslofjord og Akershus proveniensene hadde en tilsvarende diameter på ca 26,5 cm. Ved hogsttidspunkt var gjennomsnitt DBH for alle proveniensene fortsatt økende med ganske lik tilvekst for alle proveniensene.



Figur 4. Utvikling av gjennomsnitt diameter i brysthøyde (DBH) for alle revisjoner fram til slutthogst fordelt på provenienser.

Når det gjelder høyde har alle proveniensene fortsatt god tilvekst på hogsttidspunktet, og gjennomsnittshøyden i de ulike rutene varierer fra i overkant av 26m og opp til knapt 30 m. Figur 5 Viser også at den Østeriske proveniensen har en betydelig større høydevekst enn både proveniensene fra Norge og Hartz. Ser vi på Oslofjordproveniensen kommer den dårlig ut fra start, men høydeveksten fra 1985 utvikler seg som for de andre gjennom resten av omløpet



Figur 5. Utvikling av gjennomsnitt trehøyde for alle revisjoner fram til slutthogst fordelt på provenienser.

### Klargjøring før forsøket

Før sluttmåling av forsøket ble alle trær spraymerket med et unikt nummer som korresponderer med nummeret treet har hatt gjennom hele omløpet i det langsiktige feltforsøket. Det ble også satt på RFID brikke på 2531 trær slik at de kunne følges gjennom alle operasjonene.



Figur 6. Alle trærne ble nummerert (venstre) og merket med en RFID brikke (høyre)

### Montering av Logscorm på hogstaggregatet.

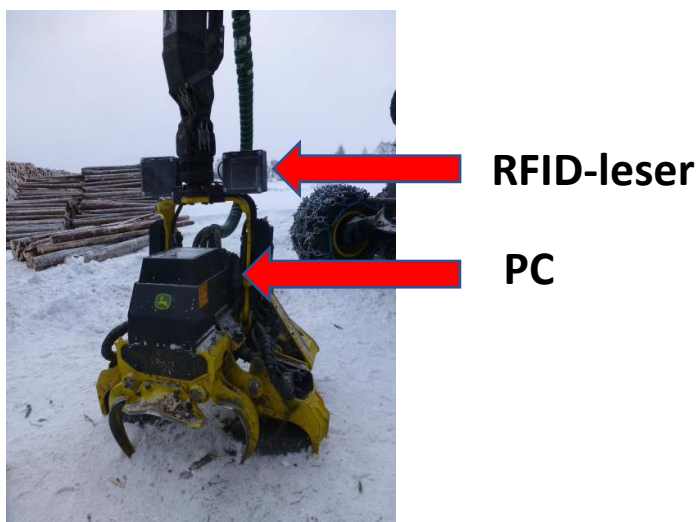
Logscorm produserer et system som gir muligheten for automatisk nummerering av alle stammer som hogges. Teknologien sitter i sagbladet som spraymaler et nummer (Figur xx) som samtidig registreres i maskinens produksjonsfil på StandforD formatet. Prosjektet er den første utprøving/demonstrasjon av logscorm systemet i Norge.



Figur 7. Alle trærne ble nummerert(venstre) og merket med en RFID brikke (høyre)

### Montering av RFID leser på hogstaggregatet.

Siden driften ble kjørt på vinteren var det avgjørende å finne en god montering av RFID-leseren slik at den kunne registrere brikken selv om det var kaldt og snø. Monteringen måtte også tåle belastninger fra grener og andre ting som kan komme i kontakt med aggregatet. Det ble også montert en PD på aggregatet for å registrere alle målingene underveis.



Figur 8. Hogstaggregatet med ferdig montert RFID-leser og PC.

## Dronedata over området

I forkant av hogsten ble området fotografert fra drone og billedata sammenstilt for oversikt over området, og det ble opparbeidet et datasett som grunnlag for videre analyser av feltet i kombinasjon med hogstmaskindata og de manuelle registreringene i de enkelte forsøksrutene.



Figur 9. Oversikt over forsøksruter og enket trær ut fra dronebilde før hogst

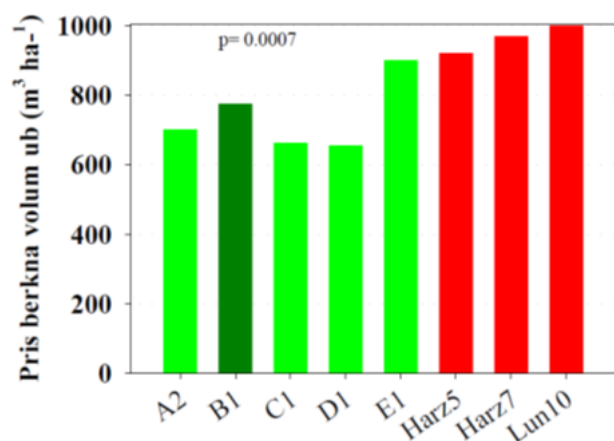
## Resultater fra hogsten

Hver rute i det langsiktige feltforsøket ble hogd for seg med en egen tømmerkontrakt (målefil). Kantkappen til feltene inngikk i denne tømmerkontrakten. Resultatene



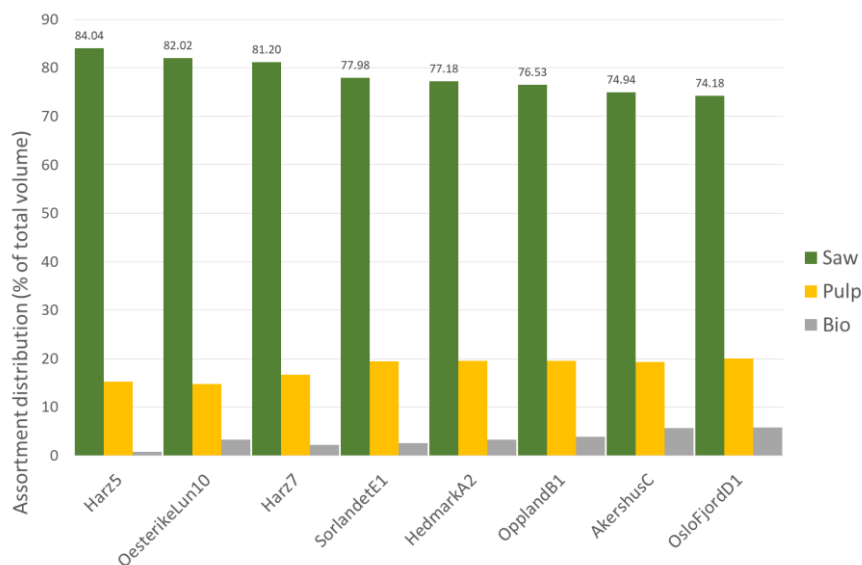
Figur 10. Framkjørt tømmer på velta (venstre) og tømmer merket for videre oppfølging på sagbruket (høyre).

Resultatene fra det hogstmaskinmålte volumet under bark (Figur ##) viser at det er stor forskjell mellom de ulike proveniensene. Figur # viser at produksjonen varierer fra 650 m<sup>3</sup>/ha og helt opp til 1000 m<sup>3</sup>/ha. Generelt gir de utenlandske proveniensene størst produksjon hvor Hartz5, Hartz7 og Lun10 alle produserer over 920 m<sup>3</sup>/ha. Av de norske proveniensene peker E1(Sørlandet) seg ut med en produksjon på ca 900 m<sup>3</sup>/ha.



Figur 11. Produksjon pr arealenhet for de ulike proveniensene i forsøket.

Entreprenøren som sto for avvirkingen brukte den samme appteringsfilen for alle rutene. Ettersom entreprenøren har stor erfaring, ble det antatt at han gjør de samme kvalitetsvurderinger på hele bestandet, og at maskinførers valg ikke vil føre til en kunstig skjevhet i sortiment. Når man ser på fordeling av sortiment til sagtømmer og energitre (bio), overgår de to tyske proveniensene (Harz5, Harz7) og den østerrikske herkomst (ØsterrikeLun10) konsekvent de norske proveniensene (figur 5). I tillegg viser Harz5-proveniensene et høyere verdiutfall med stor andel av de best betalte sortimentene (sagbruk og massevirke), med bare en marginal andel nedgradert til bioenergi.



Figur 12 Sortimentsfordeling for de ulike proveniensene som er med i prosjektet.

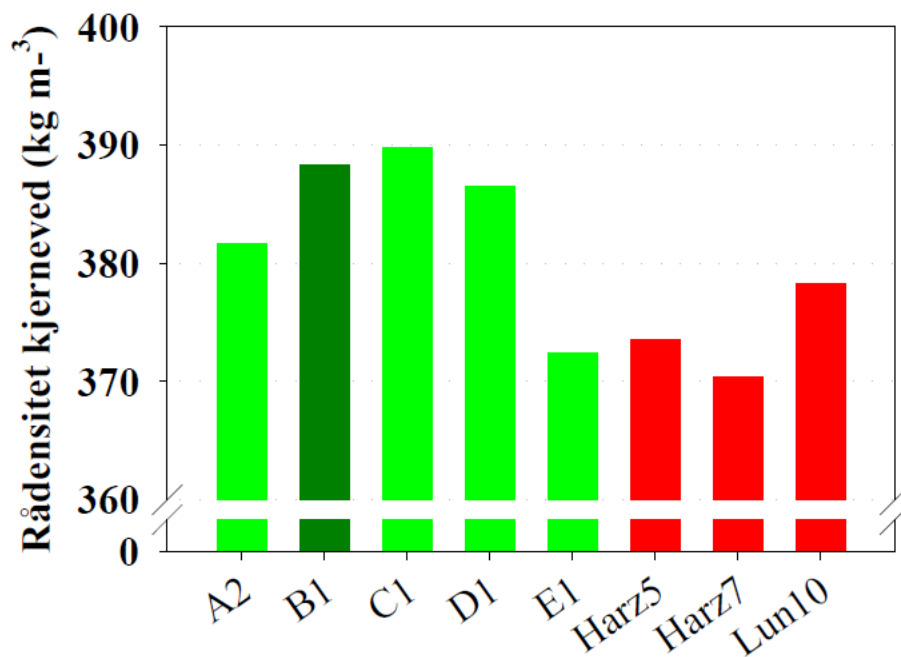
## Densitet og virkesegenskaper

Årring bredden er en viktig parameter som brukes for å si noe om kvaliteten på tømmer og trelast. Med trevirkets densitet mener vi forholdet mellom masse og volum. Densiteten i bartrær påvirkes av mange faktorer. Den vil variere innenfor et treslag både mellom skogsbestand, mellom trær i samme bestand og innenfor samme tre. I hovedsak er densitet er styrt av hvor stor andel sommerved det er i forhold til vårved. Jo høyere andel sommerved, jo høyere blir densiteten.



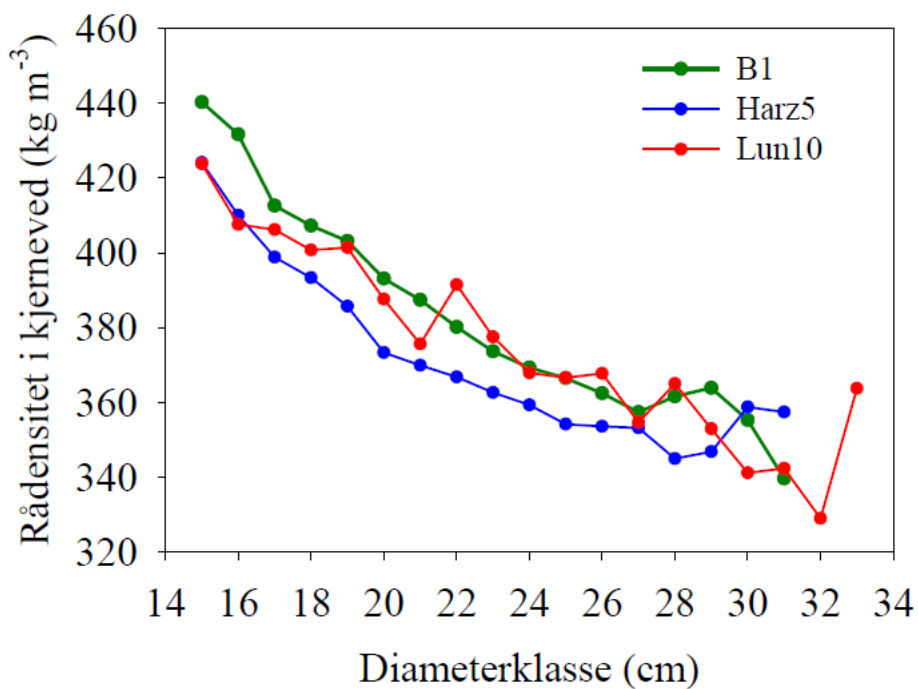
Det som styrer andel sommer- og vårved er veksthastighet og vekstområde. I samme geografiske vekstområde vil sommervedtykkelsen være omtrent konstant. Årringbredden vil imidlertid øke med økende næringsinnhold i jorda og god skogskjøtsel. Sammenlignes virke fra samme vokseområde vil mindre årringbredde generelt gi høyere densitet.

Ser vi på resultatene fra forsøket er det betydelig variasjon i densiteten for de ulike proveniensene. Det generelle bilde er at densiteten er høyest hos de som har hatt den laveste produksjonen.



Figur 13. Rå-densitet for de ulike proveniensene i forsøket.

Men densiteten varierer betydelig mindre innenfor de ulike diameterklassene. Rotstokker og toppstokker for de ulike proveniensene viser større grad av samvariasjon i densitet. Figur # viser sammenhengen mellom diameter og rå-densitet. Stokker med mindre diameter i forsøket har generelt lavere densitet, og det gir også et godt bilde på at toppstokken har høyere tetthet enn rotstokken.



Figur 14. Rå-densitet for de ulike proveniensene i forsøket.

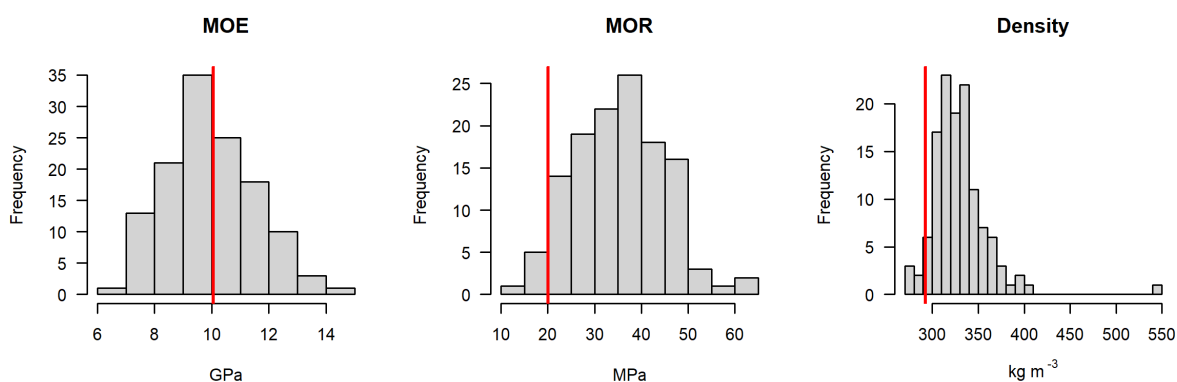
### Oppfølging av stokkene på Moelven Våler sitt sagbruk på Braskereidfoss

På tømmervelta ble det satt RFID brikker på hver enkelt stokk, til sammen 6394 stokker. Disse ble kjørt gjennom røntgen ramma på sagbruket og videre til oppdeling i saga. Det var noen svakheter med forsøksopplegget for å sikre overgangen mellom logscom merkingen på hver enkelt stokk og supplerende RFID merking. Det er arbeidskrevende, og kvaliteten på logscom merkingen var for utydelig på en del av stokkene. Samtidig avdekket vi at det var vanskelig å få alle RFID brikker registrert på vei gjennom sagbruket. Det skyldes nok at RFID ikke er tilpasset så store hastigheter som Moelven Våler har på sin saglinje. Det gir store utfordringer med å kunne koble alle stokkene fra skogen og fram planker. Det er en nyttig erfaring og viser at bruk av ny teknologi også gir nye utfordringer. Ved et senere forsøk må sporingsteknologien ha utviklet seg videre, eller farten på sagbruket må reduseres i forsøksdriften.



Figur 15. Stokker merket med RFID på vei inn i saglinja (venstre) og røntgen bilde av en stokk med kvistbilde og skader (høyre).

Styrke egenskapene til utvalget ble testet i forsøkslab på Ås hvor et utvalg av stokker ble utsatt for belastning til de ble deformert etter gitte styrkesorteringskriterier. Densitet, E-modul (MOE) og bøyefasthet (MOR) er de viktigste egenskapene til konstruksjonslast, og disse egenskapene varierer betydelig innen europeiske treslag, både innen og mellom ulike land. Den store variasjonen som finnes mellom bestand, mellom trær innen bestand og innen enkelttrær fører til at styrkesortering av hver enkelt plank blir avgjørende. Utvalget i forsøket er dessverre for lite til å si noe spesifikt om hver enkelt proveniens, men gir et godt bilde på trelastutfallet for gran på svært høye boniteter.



Figur 16. Egenskapene for det testede materialet, og den røde linjen angir gjennomsnitt for MOE og 5% prosentilen for MOR og densitet.

Densiteten er en begrensende faktor for å oppnå sortering i høy styrkeklasse. Ut fra kriteriene i regelverket for styrkesortering av trelast viser beregningene at fordelingen i utvalget er som følger: 100% C14, 83% C16, 62% C18., 47% C20, 29% C22, and 20% C24. Det er viktig å presisere at utvalget er svært begrenset og at tallene for styrkeegenskaper derfor kun er indikative. For å si noe mer og egenskaper generelt trengs det et stort utvalg for å sikre statistiske sammenhenger.

## Oppsummering

Prosjektet har framskaffet et unikt datamateriale basert på an kjent historikk for 8 ulike provenienser som er fulgt gjennom hele omløpet med regelmessige revisjoner. Ved å kombinere gamle registreringer med nye registreringer og bruk av teknologi har trærne også kunnet bli fulgt lenger i verdikjeden enn det som er gjort tidligere. Vi ser også relativt store variasjoner mellom de ulike proveniensenes produksjon, både når det gjelder høyde og diametervekst.

Prosjektet har også generert et stort og godt datasett for både videre forskning og ikke minst oppgaver for studenter på bachelor eller master nivå. Datasettet har også stor verdi som supplement og kontroll for nye prosjekter knyttet til å forbedre skogproduksjonen i Norge.

## Økonomirapport

### Prosjektnavn: 11429 - Trelastutbytte

Budsjett hovedprosjekt (innvilget)	1 150 000
Budsjett utvidelse (innvilget)	250 000
Egenfinansiering NIBIO	175 487
<b>Totalt budsjett Trelastutbytte</b>	<b>1 575 487</b>

Kostnadsspesifikasjon	Timer	Timepris	Kostnader
Kostnader utstyr hogstmaskin til merking og avlesing			227 339
<i>Timer Harald Kvaalen</i>	100	1 223	122 276
Ekstrakostnader Hogst av forsøksfelt			431 781
Feltforberedelse, merking og RFID			22 739
<i>Timer Harald Kvaalen</i>	200	1 223	244 552
Leie, transport og saging			24 430
Utstyr			151 420
Testing av sporbarhet og densitet			
<i>Timer Eirik Nordhagen</i>	167	980	163 327
<i>Timer Simen Gjølsjø</i>	29	1 300	37 284
Dronedata			
<i>Timer Bruce Talbot</i>	7	1 450	10 150
Analyse og rapportskrivning			
<i>Timer Harald Kvaalen</i>	49	1 223	59 756
Reisekostnader			37 900
Diverse utgifter			42 533
<b>Totale kostnader Trelastutbytte</b>	<b>551</b>		<b>1 575 487</b>

Finansiering	Innvilget
Utviklingsfondet for skogbruket	500 000
Skogtiltaksfondet/Mjøsen skog	250 000
Fylkesmannen/Statsforvalteren i Hedmark	100 000
Fylkesmannen/Statsforvalteren i Oppland	100 000
Fylkesmannen/Statsforvalteren i Oslo/Akershus	25 000
Fylkesmannen/Statsforvalteren i Vestfold	75 000
Fylkesmannen/Statsforvalteren i Buskerud	25 000
Fylkesmannen/Statsforvalteren i Telemark	75 000
Fylkesmannen/Statsforvalteren i Innlandet (utvidelse)	250 000
Egenfinansiering NIBIO	175 487
<b>Total finansiering Trelastutbytte</b>	<b>1 575 487</b>

### Finansieringskilder

Prosjektet er samfinansiert av Utviklingsfondet for Skogbruk, Skogtiltaksfondet, og Fylkesmennene i Innlandet, Østfold, Akershus/Oslo, Buskerud, Vestfold og Telemark.

I tillegg har Regionale Forskningsfond Innlandet bidratt med finansiering for noen tilleggsoppgaver i gjennomføringen.

## Takk til deltagerne i prosjektet

Johannes Bergum, Mjøsen Skog

Engebret Dæhlin, Norwegian Wood Cluster

Knut Berg, Moelven, Braskereidfoss

Lene& Frank på Sæther Gård, skogeier

Tommy Stener og Erik, Stener Skog

Bernt Bjørnstad, Øystein Haugerud, Marius Aaen Kristiansen, Silje Harjo, Mjøsen Skog

Gaute Nyløkken, Bjørn Grønås, Hans Marius Skjærstad, Moelven

Norsk Virkesmåling, Braskereidfoss

Martin Rishovd, (APX)

Alex v/ John Deere

Martin Englund & Christian (Logskom, Åsele, Västerbotn)

Medarbeidere ved NIBIO