

Oppdragsrapport fra NIBIO

Skogplanteforedling for bedre tømmerkvalitet på Vestlandet

Toårig prosjekt 2015-2016

Jan-Ole Skage ¹⁺², Arne Steffenrem ¹⁺², Håvard Hageberg ², Øyvind Meland Edvardsen ², Inger Merete Larsmon ³, & Mari Mette Tollefsrud ²



¹ Norsk institutt for bioøkonomi

² Stiftelsen Det norske Skogfrøverk

³ Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Landbruksavdelinga

FORORD

NIBIO har søkt om finansieringsmidler og vært oppdragsgiver for prosjektet, Jan-Ole Skage har vært prosjektleder i perioden 2015 og 2016, mens Tor Myking overtok som prosjektleder for 2017 og 2018.

Birgit Sundbø Hagalid, Håvard Hageberg, Inger Merete Larsmon og Jan-Ole Skage gjennomførte feltarbeidet i Årøy. Jan-Ole Skage har tilrettelagt tallmaterialet og Håvard Hageberg har arkivert materialet. Håvard Hageberg gjennomførte CT-skanningen på borprøvene hos Norsvin på Hamar, mens Arne Steffenrem har analysert materialet. Mari-Mette Tollefsrud og Jørn Henrik Sønstebo utførte DNA-analysene for å bestemme opphavet til avlsmaterialene i Årøy. Til frøpartiforsøkene har Øyvind Meland Edvardsen fremskaffet importerte frøprøver. Geir Østreng og Anne Nilsen var ansvarlig for å dyrke frem forsøket på Hogsmark og Thomas Solvin har fulgt opp med registreringer der. Hans Nyeggen og Jan-Ole Skage har plantet og stelt dette materialet på Fana i Bergen. Frøpartiforsøket på Skjerdingsstad ble etablert av Torstein Myhre og Hans Christian Brede har fulgt opp med registreringer. Skogplanter Midt-Norge, avd. Skjerdingsstad dyrket frem plantene til planteskoleforsøket der, og til en forsøksserie på Vestlandet som blir plantet av Skogfrøverket i 2018. Sønnesyn sag i Luster ble engasjert til saging av tømmer. Merete Larsmon, Ingvar Åberge, Lars Jørgen Åberge og Jan-Ole Skage utførte hogst i Årøy og Olav Haugse vurderte skurlasta på saga. Olav Haugse var særs behjelpelig med å finne areal til ny frøplantasje i Granvin. Vestskog ved plansjef Jan-Ivar Rødland og daglig leder Kjetil Andre Rødland engasjerte seg sterkt i kommunes høringsbehandling av konsesjonssøknad for etablering av ny frøplantasje i Granvin. Marte Friberg Myre har vært ansvarlig for Skogfrøverkets leieavtale med to skogeiere i Granvin.

NIBIOs finansieringskilder og samarbeidspartnere i dette prosjektet har vært Møre og Romsdal skogselskap, Sogn og Fjordane skogselskap, Skogselskapet Bergen og Hordaland, Rogaland Skogselskap, FMLA Møre og Romsdal, FMLA Sogn og Fjordane, FMLA Hordaland, FMLA Rogaland, Vestskog, Granvin skogeigarlag, Voss skoglag, Fana skoganlegg og Skogfrøverket.

Følgende åtte fagpersoner har vært medlem av referansegruppen for prosjektet; forsker Arne Steffenrem ved NIBIO, Inger Merete Larsmon, fylkesskogmester ved FMLA Sogn og Fjordane, frøplantasjeforvalter Marte Friberg Myre ved Skogfrøverket, plansjef Jan-Ivar Rødland ved Vestskog, styremedlem Bernt-Håvard Øyen ved Skogselskapet Bergen og Hordaland, skogeier og pensjonert sagbruksmester Olav S. Haugse i Granvin skogeigarlag/Granvin Bruk, samt skogeier og styremedlem Torleiv Skage i Fana skoganlegg.

Takk til Utviklingsfondet for skogbruket, Skogtiltaksfondet, Fylkesmennene, skogselskapene og skogeierlagene langs kysten som har finansiert dette toårige prosjektet og denne rapport.

Fana, Steinkjer, Førde og Ås, 21.juni 2018

Rapporten er skrevet av Jan-Ole Skage, Arne Steffenrem, Håvard Hageberg, Øyvind Meland Edvardsen, Inger Merete Larsmon & Mari Mette Tollefsrud.

Forside: Pensjonert sagbruksmester Olav S. Haugse vurderer trelastkvaliteten på utvalgte kloner fra Årøy trearkiv i Sogn. Foto: Jan-Ole Skage, Skogfrøverket

SAMMENDRAG

Prosjektets hovedmål har vært å sikre frøforsyning med best mulig genetiske materialer for Vestlandet på kort og lang sikt. Dette oppnås ved A) å etablere bedre kunnskap om bruksområdene til frøkilder fra norske og utenlandske frøplantasjer og bestandsfrø fra Øst- og Mellom-Europa, og B) å etablere nye frøplantasjer på Vestlandet på bakgrunn av et utvalg av de beste avlsmaterialene. For å oppnå dette hadde prosjektet følgende fem delmål fordelt på arbeidspakker:

- 1) Karakterisere skurlastegenskaper hos avlsmaterialene i Årøy frøplantasje/klonarkiv
- 2) Karakterisere avlsmaterialets opphav med DNA-analyser
- 3) Initiere blomstring i Årøy trearkiv for frøproduksjon til avkomtesting og produksjon av planter til skogbruket
- 4) Teste norske og importerte frøkilder som vil være aktuelle for å forsyne landsdelen med frø på kort sikt, med hovedvekt på frøplantasjer med utvalgte materialer
- 5) Utarbeide plan for planteforedling og frøforsyning for Vestlandet 2020 – 2060.

Skurlastegenskapene til avlsmaterialene i Årøy frøplantasje/klonarkiv ble i første omgang karakterisert ved analyser av densitet i borprøver, E-modul gjennom målinger av resonans i stående trær (Hitman ST300) og fiberhelling i de ytterste årringene mot bark.

Som forventet kunne en stor del av variasjonen i egenskapene knyttes til genetikk. Det var altså relativt høye arvbaheter for densitet, E-modul og fiberhelling. Resonansegenskapene (som grunnlag for E-modul beregning) bedres med økende densitet og avtar med årringbredde og fiberhelling.

Trehøyder, visuelle skader og diameter ble også målt på klonene slik de sto i frøplantasjen. Klonenes opphav ble karakterisert med DNA-prøver og kun ett av 274 kloner kunne ikke kobles til de Mellom- eller Nordeuropeiske populasjonene.

Et første utvalg av kloner til ny frøplantasje ble valgt og avirket for test av visuelle skurlastkvaliteter. 7 av de utvalgte klonene ble vraket pga. synlig sprekk i stammen og høy frekvens av kvaelommer. Resterende 20 kloner blir podet våren 2018 til ny frøplantasje for Vestlandet. Disse har både Mellom-Europeisk og norsk opphav.

I 2015 ble det naturlig god blomstring i Årøy frøplantasje/klonarkiv og en unngikk kunstig indusering av blomstring. Kongler ble sanket høsten 2015 til både forsøk og handelsfrø. Skogfrøverket la handelsfrøet ut for salg våren 2016 og i løpet av våren 2018 er alt lagret frø solgt til planteskolene.

52 frøpartier ble testet i to planteskoleforsøk for å karakterisere vekstavslutning i forhold til forventet klimatilpasning på Vestlandet. Testingen ble gjennomført med hovedvekt på å karakterisere frøplantasjematerialer fra Norge, Danmark, Sverige, Øst- og Mellom-Europa i forhold til de kjente referansematerialene en bruker på Vestlandet nå. Årøy frøplantasje/klonarkiv har omtrent tilsvarende vekstavslutning som sammenlignbart bestandsfrø fra Vestlandet og ble satt som referanse for lavereliggende bruksområder i midtre og indre fjordstrøk. Frøplantasjen Oberhartz Walsrode, som brukes mye i dag, har betydelig senere vekstavslutning sammenlignet med Årøy. Skogfrøverkets anbefaling om å helst bruke denne i høydelag 1, med forsiktighet i høydelag 2-3, bør derfor følges. Norske frøplantasjer som Sanderud, Bastøy, Kilen og Jordtveitmonen bør brukes i midlere høydelag på Vestlandet, med Kaupanger og Undsløs i de høyeste områdene og lengst mot nord. Tidligtestingen som nå er gjort må imidlertid sees i sammenheng med feltforsøk.

Det er nå lagt ut et korttidsforsøk på Fana i Bergen, og i 2018 blir det plantet ytterligere 4 langsiktige proveniensforsøk langs hele Vestlandet. Videre oppfølging av disse vil gi oss kunnskap om vi også kan bruke Sør-Svenske frøplantasjer som viser seg å ha svært lik vekst avslutning som Årøy-materialene. Det samme gjelder bestandsfrø fra Polen, Slovakia, Baltikum og Hviterusland. Mange av de sistnevnte har vist seg å være svært produktiv i langsiktige produksjonsforsøk.

Resultatene i prosjektet er brukt som grunnlag for etablering av nye frøplantasjer på Vestlandet. Podingen til den første startet i 2018. På sikt skal lavereliggende og midlere deler av landsdelen være selvforsynt med frø disse frøplantasjene. Frøforsyningen til midlere høydelag skal også i fortsettelsen suppleres av frøplantasjer som parallelt brukes på Østlandet. På kort sikt, til frøplantasjene blir produktive, må imidlertid frøbehovet i lavereliggende områder dekkes av importert frø.

Innhold

Skogplanteforedling for bedre tømmerkvalitet på Vestlandet	1
FORORD	2
SAMMENDRAG	3
1. INNLEDNING	6
2. GJENNOMFØRING AV PROSJEKTET	8
WP 1. Karakterisere skurlastegenskaper hos avlsmaterialene i Årøy trearkiv	8
WP 2. Karakterisere avlsmaterialets opphav med DNA-analyser	13
WP 3. Initiere blomstring i Årøy trearkiv	13
WP 4. Test av importerte frøkilder	144
WP 5. Utarbeide plan for planteforedling og frøforsyning på Vestlandet 2020 – 2060	18
3. FREMTIDIGE ARBEIDER	18
4. LITTERATUR	21

1. INNLEDNING

I skogbrukssammenheng er Vestlandet spesielt på mange måter. Viktigst er nok det store produksjonspotensialet, de høye bonitetene, og dermed høy volumproduksjon pr arealenhet. Det skyldes næringsrike jordsmønstre og godt klima med lang vekstsesong. Det har vist seg at under disse forholdene er det importerte frøkilder fra Mellom-Europa som har gitt opphav til bestandene med høyest volumproduksjon og samtidig best kvalitet (Haugse 2000). På de høye bonitetene er det imidlertid viktig å heve kvaliteten på tømmeret. Dette gjør frøforsyningen for Vestlandet spesiell, da ingen av de lokale frøkildene vi har i dag kan konkurrere mot det importerte frøet. Kvaliteten på plantet gran fra Mellom-Europa er også betydelig bedre enn sitt rykte (Kohmann & Østgård 1995). Flere av fylkene på Vestlandet har også god oversikt over plantematerialer som er blitt nyttet (Eidseflot 1997). Nå er det svært viktig å sikre en stabil frøforsyning gjennom lokal produksjon av frø i frøplantasjer basert på utvalg fra den beste planteskogen. Skogfrøverket planlegger derfor etablering av en ny frøplantasje for landsdelen innenfor frøplantasjeprogrammet i perioden 2014-2018. Samtidig, for kortsiktig dekning av frøbehovet og som supplement til frøplantasjene på lengre sikt, må vi identifisere frøkilder for import som kan erstatte de etter hvert utgående frøkildene.

I dag har vi ca 276 kloner i Årøy trearkiv, valgt som de beste individene fra den beste kulturskogen på Vestlandet tidlig på 1990-tallet (Østgård 1999). Basert på klontesting direkte i trearkivet skal ytterligere utvalg gjennomføres slik at de 30 - 40 beste klonene kan brukes som foreldre i de nye frøplantasjene for Vestlandet som Skogfrøverket nå skal etablere. I tillegg skal ytterligere 60 kloner velges ut til den langsiktige foredlingspopulasjonen på inntil 100 individer for Vestlandet (Edvardsen et al. 2010).

Årøy trearkiv, som ble etablert på 1990-tallet, består av omkring 276 kloner fra utvalgte plantinger i Rogaland, Hordaland og Sogn og Fjordane, samt Møre og Romsdal. Dette er de beste individene fra den beste granen på Vestlandet og det eneste arkivet med slike materialer (Skage & Østgård 2000). Materialet ble valgt ut på bakgrunn av individenes vekst og virkeskvalitet. (Pettersen 1992). Virkeskvalitet og densitet ble tillagt stor vekt, men et slikt fenotypisk utvalg i skogen er usikkert og gir moderat effekt. Arkivet ble derfor etablert for å oppbevare klonene i påvente av sikker avkomtesting i feltforsøk. Arkivet er delt inn i fire avdelinger, hvor avdeling 1, 2 og 3 er arkivdel og avdeling 4 er frøplantasje. Dessverre ble det nesten ingen produksjon av frø i arkivet frem til 2015 og materialene er derfor ikke blitt testet (Skage & Østgård 2001). Leiekontrakten for arealet går ut i 2020 og det er ingen mulighet for fornying av denne. Vi må derfor regne med at arkivet blir avviklet da.

De 276 klonene i trearkivet på Årøy er gjentatt i mange rameter (podninger) av dimensjoner så store at skurlastkvalitet kan testes. Vi har derfor en unik mulighet til å gjennomføre grundig seleksjon for de egenskapene som er viktigst for styrke, dimensjonsstabilitet og visuelle egenskaper hos trevirket. Dette betyr i første rekke økt densitet, redusert fiberhelling og redusert forekomst av kvaelommer. Disse tre egenskapene har høy arvbarehet og sterk foredler-avkom korrelasjon, og seleksjon etter måling i trearkivet vil ha god effekt på framtidsskogen.

Densitet og fiberhelling måles på alle podningene i trearkivet. Et utvalg av podningene vil felles og tømmeret vil bli skjært ved regionalt sagbruk og undersøkes for kvaelommer. Sikker karakterisering av norsk og mellom-europeisk opphav gjøres med DNA-markører som er godt testet og dokumentert tidligere. Blomstringsindusering skal gjennomføres ved å stresse et utvalg av podningene gjennom rotbeskjæring og hormonbehandling (gibbrelin). Vellykket hormonbehandling krever også at klonenes fenologi karakteriseres.

På kort sikt må frøbehovet i regionen dekkes gjennom frø produsert i norske frøplantasjer beregnet for andre landsdeler, eller importert frø. En del av de beste og mest brukte frøkildene, som f.eks. Hartz, er det etter hvert blitt vanskeligere å skaffe frø fra. Prosjektet vil derfor også gjennomføre testing av fenologi og andre egenskaper hos frøplanter fra de forskjellige frøkildene for å finne materialer med egenskaper mest mulig likt de egenskapene som har vist seg positive ved det mellom-europeiske frøet vi kjenner godt (Kohmann 2000).

Prosjektets hovedmål er å sikre frøforsyning med best mulig genetiske materialer for Vestlandet på kort og lang sikt. Dette skal oppnås ved å etablere nye frøplantasjer på bakgrunn av et utvalg av de beste avlsmaterialene, samt teste importerte frøkilder. For å oppnå dette hadde prosjektet følgende fem delmål fordelt på arbeidspakker:

- 1) Karakterisere skurlastegenskaper hos avlsmaterialene i Årøy trearkiv.
- 2) Karakterisere avlsmaterialets opphav med DNA-analyser.
- 3) Initiere blomstring i Årøy trearkiv slik at frøet kan nyttes til produksjon av skogplanter for skogbruksnæringen på hele Vestlandet. I tillegg vil Skogfrøverket kunne starte avkomtesting av materialet.
- 4) Teste norske og importerte frøkilder som vil være aktuelle for å forsyne landsdelen med frø på kort sikt. Mange av de aktuelle kildene er frøplantasjer med utvalgte materialer.
- 5) Utarbeide plan for planteforedling og frøforsyning for Vestlandet 2020 – 2060.

2. Gjennomføring av prosjektet

WP 1. Karakterisere skurlastegenskaper hos avlsmaterialene i Årøy trearkiv

De 276 klonene i trearkivet på Årøy er gjentatt i mange rameter (podninger) og har vokst seg så store at skurlastkvalitet kan testes. Prosjektet ønsket derfor å legge grunnlag for grundig seleksjon for de egenskapene som er viktigst for styrke, dimensjonsstabilitet og visuelle egenskaper hos trevirket. Dette betyr i første rekke økt densitet og redusert fiberhelling, samt direkte måling av E-modul ved å måle trevirkets resonans. Densitet og fiberhelling har høy arvbarhet og sterk forelder-avkom korrelasjon, slik at seleksjon basert på målinger i klonarkivet vil ha god effekt på framtidsskogen.

Materiale og metode

Densitet, fiberhelling og stammeresonans for beregning av E-modul er målt på tre gjentak av hver klon i arkivet, mens vekst og skader er registrert på alle trær i arkivet. Egenskaper som overhøyde, diameter, dobbelstamme, dobbeltopp, toppbrekk, stammebrekk, gankvist, barksprekk, stammesprekk, kvaeutflod, barkskader og slengete vekst er undersøkt på alle stående trær. En stamme fra 26 utvalgte kloner er felt, rotstokkene er merket og ble transportert til sagbruk og splittet opp i minst to planker. På disse er det vurdert svartkvist, stammesprekk og tellet antall kvaelommer pr arealenhet.



Eksempel på stor kvaelomme som er 38 mm bred og 9 mm høy. Foto: Jan-Ole Skage, Skogfrøverket

Sommeren 2016 ble det tatt borprøver, målt fiberhelling og resonans. Tre rameter fra hver klon ble målt, der hvor det var mulig. Totalt målte vi 803 rameter, fordelt på 270 kloner.

Borprøver ble tatt med 5,15 mm tilvekstbor i brysthøyde. Prøvene er kondisjonert til 12% fuktighet og scannet i CT-skanner. Selve skanningen er gjort med en Ge Medical Systems LightSpeed Pro 32, med følgende innstillinger: 150mA, 120kV, Spiralskanning, Slice thickness = 0,625 mm, Medium filter. Datastrengen for CT-verdier ble hentet ut fra CT-bildene med åpen-kilde programvaren ImageJ (Rasband 1997-2006). Ellers fulgte CT-scanningen beskrivelsen i (Steffenrem, Kvaalen et al. 2014).

Resonans ble målt ved bruk av verktøyet Hitman ST300 fra fibre-gen. Dette verktøyet består av to sonder som slås inn i stammen. Øverste sonde bankes inn med så nær 120 cm avstand mellom de to sonder som mulig. Vi unngikk å slå sondene inn i skader eller kvisthull, eller slik at uregelmessigheter i stammen kan forhindre lyden. Ved å slå på nederste sonde åtte ganger, fikk vi en gjennomsnittverdi for hastigheten lyden bruker gjennom treet. Temperatur ved stammen noteres i tillegg. E-modul ble beregnet med formelen $MOE_{(AV^2+D)} = \text{Densitet} * \text{Akustisk Velositet}^2$

Databehandling og statistisk analyse

CT-verdiene for borprøvene ble delt inn i årringer med programvare skrevet i SAS (SAS Institute Inc. 2003) slik at vi fikk densitet og årringsbredde på enkeltårringer. Densiteten fra CT-verdiene ble beregnet fra formel i (Steffenrem, Kvaalen et al. 2009). Til den statistiske analysen brukte vi middeltall for de 10 siste årringene for å unngå veden nærmest marg som ofte er mest påvirket av podingen.

Variansanalysen ble gjennomført med modellen

$$y_{ij} = \text{Avdeling}_i + \text{Klon}_j + E_{ij}, \text{ der}$$

y er den observerte verdien for treet i avdeling i av klonet j, Avdeling er inndeling av frøplantasjen brukt som «gjentak», Klon er avlstreet, og E er restvariansen. Klon og E er tilfeldige effekter med gjennomsnitt 0 og en normalfordelt varians. For å korrigere for miljøvariasjon i feltet ble årringbredden brukt som ko-variabel i modellen. I resultatene er verdier for densitet og MOE presentert både uten og med (rel.) justering for kovariatene. Klon-verdiene ble beregnet som BLU-prediksjoner med denne modellen. Klon-verdiene er angitt som avvik fra gjennomsnittet i den enheten det ble målt i.

Beskrivelse av utvalg av ramet til skurtest, og gjennomføring av testen

Basert på klon-verdiene for densitet og diametervekst ble det i 2018 valgt ut en første gruppe med kloner fra Årøy til ny frøplantasje. En ramet av hver ble felt og saget på Sønnesyn sag for vurdering av visuelle trelastegenskaper slik som sprekk og kvaelommer.

Resultater og diskusjon

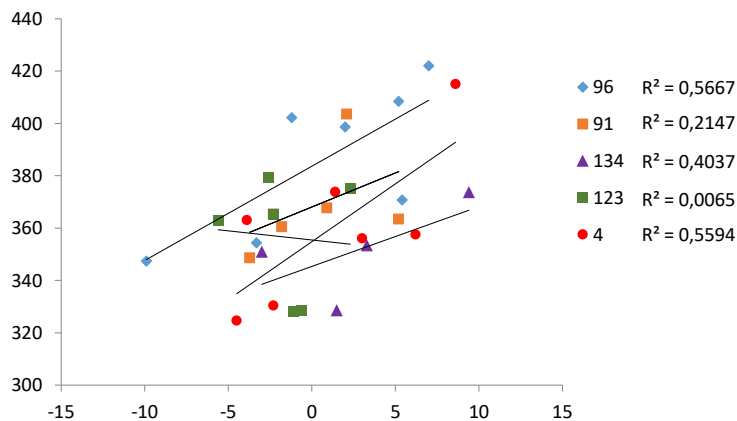
Sammenheng med data fra pluss-tre utvalget

Under pluss-tre utvalget tidlig på 1990-tallet ble det målt densitet og årringbredde på hvert enkelt pluss-tre. Dataene ble brukt til å fjerne en del av de individene med lavest densitet fra det utvalget som ble podet på Årøy. Vi hadde tilgang på noen av disse dataene og kunne se på sammenhengen mellom densitet målt på pluss-trærne der de opprinnelig sto, og klon-verdiene (BLU-prediksjoner) beregnet statistisk etter målinger på fler rameter (Figur 1). Det er forbløffende sterk sammenheng mellom disse dataene og viser hvor sterk arvbarehet densitet har. Det er kun for klonene fra bestand

Kommentert [SAR1]: Håvard, sjekk denne!

Kommentert [H2R1]: Ok

123 at det ikke er noen sammenheng, men der var også variansen i BLU-predikerte klon-verdier veldig lav. Det betyr at utvalget av pluss-trær som ble gjort på 1990-tallet sannsynligvis har hatt en effekt, og utvalget allerede er forbedret noe med hensyn på densitet.



Figur 1: Sammenhengen mellom klon-verdiene for densitet målt i Årøy (BLU-p verdi fra målinger på 1-3 rameter) og på det enkelte pluss-treet klonet ble oppformert fra på opprinnelig plantested. Fargekodene angir hvilket bestand klonene ble hentet fra. R² er beregnet for sammenhengen mellom BLU-p verdiene og observert verdi i hvert enkelt bestand.

Varianser og repeterbarheter

Tabell 1 viser grunnleggende statistikk for observasjonene gjort i Årøy. Det ble målt diameter på alle 3424 podninger i Årøy, mens virkesegenskapene ble målt på et utvalg av 803 trær.

Variansene og repeterbarheten (eller arvarbarheten i vid forstand, H²) presentert i Tabell 1 antyder at det er relativt sterk genetisk styring for alle de målte egenskapene. Denne parameteren omfatter varians forårsaket av både additive og ikke-additive geneffekter. I Norden driver vi foredling med åpen-pollinerte frøplantasjer og da er det kun additive geneffekter som kan utnyttes i foredlingen. Variansene og arvarbarhetene presentert i Tabell 1, eller klon-verdiene presentert i vedlegg 1, er derfor ikke egnet til å beregne genetisk gevinst fra utvalget som gjøres. Men klon-verdiene vil gi best mulig rangering av klonene i forhold til hvordan de presterer, slik at en har mulighet for å gjøre et utvalg som har god effekt på avkommenes prestasjoner. En studie av Steffenrem et al. (2016) viste nemlig at det kan være relativt god sammenheng mellom klon-middeltall fra klonarkiver og deres avkom i vanlige felt-forsøk for egenskaper med moderat til høy arvarbarhet. Dette gjelder her densitet og fiberhelling og sannsynligvis MOE. Effekten på utvalg for økt diameter er mer tvilsomt.

For utvalg for høyere densitet og E-modul kan en med fordel bruke avlsverdier beregnet som relative verdier i forhold til årringbredde (Dens rel., og MOE rel.). Vanligvis øker arvarbarheten på egenskapene når årringbredden brukes som «justering» i forhold til miljø-effekter (Steffenrem, Solheim et al. 2016). Men i dette tilfellet sank den genetiske variansen (Vg) og repeterbarheten (H²) noe. Det skyldes sannsynligvis at det er en konfundering (sammenblanding) mellom genetikk og miljø som ikke er eliminert gjennom bruk av avdeling som «gjentak» men som ble fanget opp av ko-variater «årringbredde».

Tabell 1: Grunnleggende statistikk og variansparametre fra variansanalysen (modell 1) for egenskaper målt i klonarkivet på Årøy: genetisk varians (V_g), rest-variansen (V_{err}), fenotypisk varians ($V_p = V_g + V_{err}$) og repeterbarhet (arvbarhet i vid forstand).

	N	Gj. Snitt	Min.	Max.	V_g	V_{err}	V_p	H^2
D	3424	20.1	0.7	36.4	5.9	14.2	20.1	0.29
RW	803	5.74	2.19	9.76	0.36	1.18	1.54	0.23
Dens	803	331	260	462	408	501	909	0.45
Dens rel.	803				258	439	697	0.37
ST300 vel.	803	3.50	2.16	5.64	0.05	0.09	0.13	0.35
MOE	803	4255	1706	9939	498030	530084	1028114	0.48
MOE rel.	803				359523	443605	803128	0.45
FH	802	2.58	-2.50	6.50	0.50	0.86	1.36	0.39

Det ble også målt overhøyde på enkeltkloner, og vurdert skader og feil, men siden Årøy er et podet klonarkiv vurderer vi disse dataene som mindre «nyttige» med hensyn på utvalget.



Stammesprekk fra en vraket klon fra Årøy trearkiv i Sogn. Foto: Jan-Ole Skage, Skogfrøverket

Korrelasjoner mellom egenskaper på klon-nivå

Det er en relativt sterk negativ genetisk korrelasjon mellom densitet og MOE og årringbredde på ca - 0.5 (Tabell 2). Resonans, lydshastighet, er positivt korrelert med densitet og negativt med årringbredde og fiberhelling. Alle disse korrelasjonene er signifikante ($p < 0.001$).

Tabell 2: Korrelasjoner (r) mellom klon-verdier for densitet, MOE, RW, ST300 og FH. Test av signifikans i forhold til ingen korrelasjon er angitt med p-verdi. Verdier i farget grå er korrelasjoner som er mindre interessante fordi beregningen av verdien for den ene egenskapen inkluderer bruk av verdien fra den andre egenskapen (f.eks. MOE er beregnet fra Densitet og ST300).

	Dens rel.	MOE	MOE rel.	RW	ST300 vel.	FH
Dens	0.92	0.68	0.54	-0.55	0.36	-0.17
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.01
Dens rel.		0.56	0.57	-0.18	0.26	-0.09
		<.0001	<.0001	0.005	<.0001	0.14
MOE			0.92	-0.51	0.83	-0.29
			<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
MOE rel.				-0.15	0.80	-0.23
				0.02	<.0001	0.00
RW					-0.35	0.23
					<.0001	0.0003
ST300 vel.						-0.26
						<.0001

Vurdering av trelastegenskaper

E-modul er en trelastegenskap som vi estimerte direkte for stående trær ved å kombinere målte verdi for resonans (AV, Hitman ST300) og densitet (CT-scannede borprøver). Målinger av AV alene skal kunne beskrive ca 25-30 % (R^2) av variasjonen i E-modul for enkelttrær (Fischer, Øvrum et al. 2013, Chen, Karlsson et al. 2015). Når AV kombineres med densitet skal ca 45 % av variasjonen kunne beskrives for enkelttrær (Chen, Karlsson et al. 2015), slik at avlsverdier for kloner (eller familier) som er basert på målinger på fler individer skal gi godt grunnlag for seleksjon.

Basert på klon-verdiene for densitet og diametervekst (vedlegg 1) ble det i 2018 valgt ut en første gruppe med kloner fra Årøy til ny frøplantasje. En ramet av hver ble felt og saget på Sønnesyn sag for vurdering av trelastegenskaper. En klon ble vraket i arkivet pga synlig sprekk på stammene. Ytterligere to kloner med sprekk og fire kloner med mye kvaelommer i plank (alle med norsk opphav) ble vraket (vedlegg 2). Resultatet er at 20 kloner blir podet våren 2018 til ny frøplantasje.

Videre utvalg bør derfor benytte verdiene for E-modul (vedlegg 1) i større grad enn det er gjort til nå.



Utvalgte kloner i Årøy trearkiv i Sogn klare for saging på Sønnesyn sag i Luster. Foto: Jan-Ole Skage

WP 2. Karakterisere avlsmaterialets opphav med DNA-analyser

For å bestemme opprinnelsen til klonene i Årøy benyttet vi oss av DNA variasjonen i mitokondriemarkøren nad1. Denne markøren skiller gran med mellomeuropeisk og nordeuropeisk opprinnelse (Sperisen et al. 2001, Tollefsrud et al. 2008). For å skille de to genvariantene fra hverandre brukte vi allelisk diskriminasjonsanalyse som vi kjørte på en kvantitativ PCR maskin. Dette er en metode vi har brukt tidligere i et annet prosjekt ved NIBIO og er beskrevet i Rosner et al. 2014.

Det ble samlet inn materiale fra 276 kloner i Årøy, DNA ble isolert og opprinnelsen ble påvist for hver klon. Noen av klonene (ca 40) har vært analysert tidligere til samme formål. Re-analysen ga nøyaktig det samme resultatet for disse klonene. Det er en klon (3135) som ikke lar seg bestemme siden en ikke fikk amplifisert markøren, det kan hende det er mutasjon i primersetet.

I vedlegg 1 framgår klonenes opprinnelse (Oppr.) basert på denne DNA-analysen.

WP 3. Initiere blomstring i Årøy trearkiv

Det foreligger flere aktuelle metoder for å stimulere blomstring på gran. Den mest brukte er behandling med hormonet gibberelin for simulering av det stresset trærne opplever i varme tørre perioder. Andre metoder kan være rotbeskjæring og såring. Heldigvis ble det naturlig blomstring og konglesetting allerede første året i prosjektperioden (2015) så de planlagte tiltakene ble unødvendige. Det ble høstet små frøprøver fra omkring 40 kloner til avkomtesting, disse er lagret på Skogfrøverket. Det ble også høstet 21 kg handelsfrø med 96 % spiring (etter 21 døgn). Tusenkornvekten var 7,24 gram og det ble 138.000 frø/kg, konglene ble klenget på Hamar hos

Skogfrøverket. Planteskolene i Ulvik på Hjeltnes og i Froland på Reiersøl sådde små mengder våren 2016 som er i handel våren 2018 som toårige planter.

WP 4. Test av importerte frøkilder

Ved foryngelse på Vestlandet har valg av proveniens stor betydning for det økonomiske sluttresultatet (Øyen 2007). Det er godt dokumentert at i lavereliggende og midlere høydelag gir proveniensene Hartz 500 – 700 m o.h. 30 % høyere produksjon enn provenienser fra Østlandet, og det dobbelte av provenienser fra Trøndelag. I forsøk er det ikke påvist negative effekter på visuell kvalitet i forhold til materiale av norsk opphav (Øyen 2007), og som trelast skal gran fra Mellom-Europa være overlegen mhp visuelle kvaliteter (Haugse 2005). Av andre granprovenienser er Øst-Europeisk materiale fra Romania, Tsjekkia, Polen, Baltikum og Hviterussland som gir produksjon på nivå med Hartz fra 500-700 m (Øyen 2007). Proveniensen fra Romania, Tsjekkia og sannsynligvis Polen er da sanket i høydelag 700 – 1200 m o.h., mens materialene fra Baltikum og Hviterussland nødvendigvis må være sanket mye lavere.

Det er imidlertid blitt vanskeligere å skaffe gode frøpartier med sikkert opphav fra Hartz pga omfattende bruk av andre provenienser i det området. Formålet med frøpartitesten var derfor å kartlegge hvilke alternative frøkilder man kan benytte på Vestlandet på kort sikt. Nå har vi også frøprøver klonarkivet på Årøy som ble sanket i 2015, samt bestandsfrø sanket i kulturskog på Vestlandet fra samme år, som kan brukes som referanse.

Metode

Frøpartier jfr. Vedlegg 3 og 4 ble sådd som planteskoleforsøk i pottebrett på Hogsmark i Ås og Skjerdingsstad planteskole i Melhus (Skogplanter Midt-Norge AS). Både på Hogsmark og Skjerdingsstad ble plantene dyrket i veksthus første året.

På Hogsmark ble det brukt M95 pottebrett der 2 sorter ble sådd på hvert brett. Hver sort ble sådd i 4 brett men forsøket ble ikke satt i gjentak. Hver sort var representert med 42 potensielle planter i hvert gjentak. Forsøket ble sådd 1. uke i april i 2016. Halvparten av plantene fra dette forsøket ble plantet i et kort-tidsforsøk på Fana våren 2017. Resten av plantene ble i 2017/2018 snutebillebehandlet, sortert og merket for utplanting i feltforsøk på Hogsmark i 2018.

På Skjerdingsstad ble plantene sådd i M60 pottebrett med 2 sorter på hvert brett. Forsøket ble satt opp i 6 gjentak med 26 potensielle planter i hvert gjentak. Forsøket ble sådd 1. uke i juni i 2016. Plantene ble produsert som to-årige pluggplanter for feltforsøk på Vestlandet. Feltene blir etablert der, samt ett i Vestfold, våren 2018.

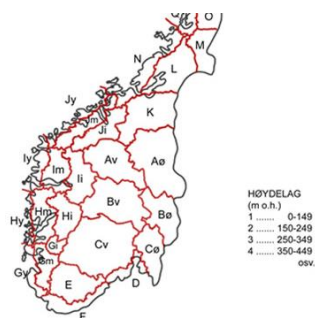
På sensommeren i 2016 ble det registrert knoppsetting på plantene både på Hogsmark og Skjerdingsstad. På Hogsmark var plantene sådd mye tidligere slik at knoppene var med skjult av nåler slik som på en mer «moden» plante. På Skjerdingsstad, der plantene var sådd senere, var bar plantene mer preg av å være unge frøplanter der knoppene og karakteriseringen av disse var enklere. Plantene var vurdert til å ha gått i knopp når toppen hadde endret farge til mørkere grønn og knoppen var tydelig etablert slik at strekningen var stanset.

For hver sort ble en funksjon som beskrev forløpet av knoppsettingen beregnet som en logistisk regresjon i SAS PROC GLIMMIX basert på middeltall for hver sort over alle gjentak. Funksjonen hadde formen $p = 1/(1+\exp(-(a*x+b)))$, der p er andel planter med knopp på gitt dato a og b er interceptet. Dato for 50 % knoppsetting ble beregnet ved å løse funksjonen $x = (\log(p/(1-p))-b)/a$ for $p=0.5$.

Resultater og diskusjon

Gjennomsnittlig andel planter med knopp for registreringsdatoene er presentert i vedlegg 3 og 4. Basert på disse verdiene ble dato der 50 % av plantene hadde gått i knopp beregnet og presentert i

Tabell 3.



Figur 2: Sankeområder og høydelag for skogfrø i Sør-Norge.

Anbefalinger for Vestlandet må gjøres med forsiktighet i forhold til ytre og indre fjordstrøk (Øyen 2006). Ytre fjordstrøk angis med etternavnet «_y» i bruksområdesystemet (f.eks. Hy) (Figur 2). I følge referanser til Skogdirektøren 1959 i (Øyen 2006) er ikke økonomisk skogbruk relevant over 150 m og effektene av forflytning der kan vanskelig forutsees og lokal kunnskap og erfaring må vektlegges tungt. I midtre (_m) og indre (_i) strøk er effektene noe enklere å beregne, men vi tillater oss allikevel å skille på disse. Lavereliggende områder i midtre fjordstrøk anslår vi går opp til 250 m, mens i indre fjordstrøk til 350 m. Midlere høydelag i midtre fjordstrøk går fra 250 til 400 m, mens i indre fjordstrøk fra 350 til 600 m.

Valg av referansemateriale: I tabellen er proveniensene «Årøy» (sort 31) brukt som referanse og en differanse for datoen Årøy gikk i knopp er angitt som «Diff. Årøy». Årøy har omtrent lik knoppsetting med bestandsfrø fra Jm1 (Tingvoll) og begge er markert med grønt i tabellen. Disse har ca 5 dager senere knoppsetting i forhold til Im2 (Sogn og Fjordane) sanket samme år, og 10 dager senere i forhold til et frøparti fra Hm1 (Hordaland) fra 1998. Årøy ser også ut til å være ca 5 dager senere enn Har7 (Hartz 700 m). Hartz 5 som er mye brukt på Vestlandet var ikke tilgjengelig for forsøket. Men basert på forskjellene på andre materialer med høydelagsforskjeller på 200 m er det rimelig å anta at denne kanskje ville vært tilnærmet lik Årøy. Stange norske er markert i blått som referanse for midlere høydelag da den i (Øyen 2006) er anbefalt i høydelag 2-5.

Resultatene gir ikke grunnlag for endring av eksisterende anbefalinger på Vestlandet, men åpner opp for nye muligheter.

- i. Bestandsfrø sanket i gode bestand på Vestlandet ser ut til å være et godt alternativ til import av frø fra Hartz da vekstrytmen er relativt lik det utvalgte materialet i Årøy og den kjente Har7. Sannsynligvis vil også en stor andel av bestandsfrøet fra slike bestand ha et mellom-europeisk opphav. Det vil være svært nyttig å DNA-testet frøpartiet for å kontrollere om opphavet er mellom-europeisk eller norsk.
- ii. Svenske frøplantasjer som Almnäs, Sandby, Saleby og Mållilla kan være alternativ i lavereliggende områder. Opphavet til disse må imidlertid klarlegges.
- iii. De testede proveniensene fra lavlandet i Litauen, Latvia og Hviterussland har omtrent lik vekstavlutning som Årøy. Det samme har de fleste proveniensene fra 900 – 1100 m o.h. i Polen og Slovakia. Den forventede langsiktige produksjonen for disse proveniensene skal være på nivå med Hartz 5-7 (Øyen 2007). Forventet vekstart om våren er nok senere for proveniensene fra Baltikum og Hviterussland og faren for skader av vårfrost lavere.

- iv. De norske plantasjene som er etablert for bruk i lavereliggende strøk på Østlandet (Sanderud, Kilen, Jordtveitmonen og Bastøy) er best egnet for midlere høydelag på Vestlandet. De har omtrent samme vekstavslutning som Stange frøplantasje som tidligere ble anbefalt for dette området (Øyen 2006).
- v. I midlere høydelag på Nord-Vestlandet vil Undesløs være et alternativ, men også her bør f.eks. Romedal eller Kaupanger sams kunne brukes. Det vil være nyttig å teste Sanderud også for dette området.
- vi. Kaupanger frostherdig er unødvendig herdig for bruk på Vestlandet.
- vii. Jfr. punktene *ii* og *iii*: Vi bør avvente registrering av tidlighet i 2019 før storstilt import av disse nye frøkildene gjennomføres. Det er også viktig å merke seg variasjonen i materialene da proveniensen «High and low Tatra» fra 1200 m o.h. har svært sen vekstavslutning. Enkle knoppsettingsforsøk bør gjennomføres av alle aktuelle frøpartier før storskala import gjennomføres for å unngå slike «slengere» som sannsynligvis ikke er optimale med hensyn på vekstrytme.

På Vestlandet brukes i dag mye fra den tyske frøplantasjen Oberharz Walsrode. I forsøket på Ås har frøpartiet av denne proveniensen fra 1993 har 6 dager senere vekstavslutning sammenlignet med Årøy, og dermed enda senere vekstavslutning i forhold til bestandsfrø fra Vestlandet. Frøpartiet fra 2015 (som foreløpig ikke er tatt i bruk på Vestlandet) er ytterligere 2 dager senere. Frøplantasjen Oberhartz er 2-4 dager senere enn Kra 800 m og Fat 1000 m som (Øyen 2006) anbefaler for høydelag 1 sør for Stadt. I forsøket på Skjerdingsstad, som er 3 breddegrader lenger nord, er forskjellen mellom Årøy og Oberhartz Walsrode mye større (> 20 dager). Forskjellene øker altså til lenger nord plantene vokser slik at den sene vekstavslutningen kan være enda mer kritisk på Nord-Vestlandet. Skogfrøverket har anbefalt proveniensen for sankeområdene G, H og I i høydelagene 1-3, men bare på gode lokaliteter i 2-3. Den er ikke anbefalt på Nord-Vestlandet. Resultatene fra forsøket gir foreløpig ikke grunnlag for å endre anbefalingene. Denne proveniensen krever kortdagsbehandling under produksjon i planteskolen for å avslutte vekst i rett tid i forhold til herdighet for lagring. Den krever nok også høyere varmesum for å fullføre vekst og herdighetsutvikling.

De danske frøplantasjene, FP635 Felnsborg, FP241 Snevret Skov, FP631 Flensborg og FP240 Hofmannsg. faller i dette forsøket inn i samme kategori som frøplantasjen Oberhartz Walsrode. Disse kan imidlertid ikke anbefales på lik linje med denne før vi har mer kunnskap om deres tidspunkt for knoppsett om våren, og prestasjonen ellers.

På unge planter kan sen vekstavslutning bety redusert herdighet mot frost på høsten og lavere motstandsdyktighet mot vinterskader i vintre med lite snø. På eldre planter og ungskog er faren for klimaskader sannsynligvis mindre da plantene blir mer robuste etter hvert. Nå er imidlertid erfaringsgrunnlaget som legger veldig stor vekt på Hartz 5-7, og Årøy, som referansemateriale kanskje i ferd med å bli «foreldet» i forhold til klimaendringene. Det er mulig at materialer med betydelig senere vekstavslutning enn disse er optimale allerede i dagens klima, og sikkert i framtidens klima, slik at referansegrunnlaget må revurderes. Det håper vi å få se gjennom den videre testingen med disse materialene. Forsøkene blir nå fulgt opp med korttidsforsøk på Fana i Bergen og langsiktige feltforsøk over hele Vestlandet, i Vestfold og på Hogsmark i Ås. Disse vil gi bedre data for å optimalisere valgene av proveniens, evt. gi grunnlag for å anbefale andre utenlandske frøkilder, og utfordre vårt referansegrunnlag.

Tabell 3: Resultater etter 1-års planteskoleforsøk: Dag etter 1. august der 50 % av plantene hadde satt knopp. Utfyllende detaljer om proveniensene finnes i vedlegg 3 og 4. Anbefalinger oppsummert av (Øyen 2006) er angitt i høydeler der S-er sør for Stadt og N- er nord for Stadt.

Sort	Provensiens	Land	Frøår	Anbef. (Øyen 2006)	Br.grad	Hoh.	Hogsmark 59.7°N		Skjerdingsstad 63.3°N	
							Dag 50 % knopp	Diff. Årøy	Dag 50 % knopp	Diff. Årøy
49	Kaup frosth	Nor.	2008				22	-27	32	-23
51	Kaup frosth	Nor.	2015				22	-27		
35	L1	Nor.	2006				26	-24	32	-24
32	Aø3	Nor.	1983				30	-20	32	-24
48	Kaup sams	Nor.	2008				30	-19	36	-20
50	Kaup sams	Nor.	2015				30	-19	36	-20
47	Romedal	Nor.	2015				31	-19	36	-20
33	Undesløs	Nor.	2006				32	-18	37	-19
39	E2	Nor.	1998				33	-17	36	-20
25	FP-26 Jung	Sve.	2006		58°18'	70	36	-14	40	-16
40	D1	Nor.	1998	S 1			38	-11	46	-9
34	Stange norske	Nor.	2006	S 4-6 N 2-5			39	-11	46	-10
41	Jordtveitmonen	Nor.	2015				39	-10	42	-13
38	Hm1	Nor.	1998				40	-10	43	-13
46	Hallen II	Nor.	2015				40	-10	43	-13
42	Sanderud	Nor.	2015				40	-9	42	-14
43	Sanderud	Nor.	2006				40	-9	44	-12
45	Bastøy	Nor.	2015				41	-8	46	-9
22	FP-65 Rørby	Sve.	2000		59°54'		42	-8	46	-9
44	Kilen	Nor.	2015				43	-7	47	-9
27	FP-504 Ålbrunna	Sve.	2002		59°31'	50	44	-6	45	-10
29	Im2, Balestrand	Nor.	2015				44	-5		
20	Har7 Andr.berg	Tysk.	1984	S 1-3 N 1		700	45	-5		
37	Cv1	Nor.	2006	S 1-3 N 1			45	-5	46	-10
23	FP-508 Almnäs	Sve.	2006		58°15'	125	45	-4	53	-3
8	Rezekne	Lat.	1991		56°30'	200	46	-4	57	2
24	FP-506 N. Sandby	Sve.	2006		56°49'	5	46	-3	55	0
26	FP-66 Saleby	Sve.	2006		58°24'	70	47	-2	58	3
28	Jm1, Tingvoll	Nor.	2015				48	-2		
4	FP-512 Målilla G6	Sve.	2007		57°21'	90	48	-2		
6	Vitebsk-Verchn.	Hviter	1993		55°47'	200	49	-1	58	3
7	Aukstaiciu High.	Lit.	2000				49	0	61	5
31	Årøy	Nor.	2015	S1-3 N1			50	0	55	0
5	Vitebsk Tolochin	Hvit.	1993		54°25'	200	50	0	61	6
19	Kra10	Pol.	2006	S1		969	50	0		
17	Vep11	Slo.	2012	S2-3		110	51	2		

				N1		8			
18	Kra9	Pol.	2009	S1		859	53	4	
15	Fat11	Slo.	2013	S1	48°58'	105 5	54	4	
3	FP-509 Hosaby	Sve.	2006		56°02'	10	54	4	
1	FP-502 Lilla Istad	Sve.	2006		56°57'	10	55	5	
11	FP635 C.E. Flensb.	Dan.	2011		56°38'	30	55	5	
21	Oberharz Walsr.	Tyskl.	1993		52,7°	25	55	6	
14	Fat6	Slov.	2013		48°01'	575	56	6	
2	FP-503 Gälltofta 2	Sve.	2006		55°58'	10	56	6	
13	FP241 Snevret Skov	Dan.	2012				56	6	
10	FP631 C.E. Flensborg	Dan.	2011		56°38'	30	56	7	
12	FP240 Hofmannsg.	Dan.	2011		55°31'	3	57	7	
9	PAB-VG-03 Baltic	Fra.	2013				57	8	
16	High and low Tatras	Slo.	2013	?	48°58'	120 0	58	8	
54	Oberharz Walsr.	Tysk.	2015				58	8	
53	Prince of Wales	Can.	1983						
52	Honganvik frøpl.	Nor.	2014						

WP 5. Utarbeide plan for planteforedling og frøforsyning på Vestlandet 2020 – 2060

Kommentert [SAR3]:

Resultatene fra arbeidspakkene skal sammenfattes i en helhetlig plan. Resultatene i prosjektet er brukt som grunnlag for etablering av nye frøplantasjer på Vestlandet. Podingen til den første starter i 2018. Det må tas stilling til hvordan en forholder seg til materialenes opphav ved etablering av plantasjene. Utvalget gjort nå omfatter både norsk og Mellom-Europeisk materiale, men en må ta stilling til om disse skal blandes i frøplantasjene, eller om en skal etablere egne plantasjer eller avdelinger med «rent opphav». På sikt skal lavereliggende og midlere deler av landsdelen være selvforsynt med frø disse frøplantasjene.

Frøforsyningen til midlere høydelag skal også i fortsettelsen suppleres av frøplantasjer som parallelt brukes på Østlandet. På kort sikt, til frøplantasjene blir produktive, må imidlertid frøbehovet i lavereliggende områder dekkes av importert frø.

3. FREMTIDIGE ARBEIDER

Klipping av podekvist, poding på grunnstammer og planting i arkiv er tenkt gjennomført over de tre neste årene på grunn av manglende personellkapasitet ved Skogfrøverket. Mellom 20 og 30 kloner podes opp hvert år og blir satt i arkivet i Granvin.

Etter at årlig utvalg og skurlast er gjennomført basert hovedsakelig på densitet og vekst blir fiberhelling målt på nytt på barksidene av hvert enkelt bord. Ny prøve for densitetsmåling tas fra endeveden i hvert bord. For beregning av E-modul (stivhet) måles resonans/lydhastighet i bordenes lengderetning.

Plankene legges opp til tørk på saga i Luster og undersøkes ut på sommeren for vridning hvert år.



Plank som ligger til tørking på Sønnesyn sag i Luster. Foto: Jan-Ole Skage, Skogfrøverket

Skogfrøverket planlegger våren 2018 å etablere fem feltforsøk med de toårige potteplantene som dette prosjektet har produsert. Forsøkene er tenkt undersøkt jevnlig i regi av Skogfrøverket og tallmaterialet skal legges inn i planteforedlingsbasen til NIBIO og Skogfrøverket.

Korttidsforsøket fra 2017 på Fana i Bergen skal revideres årlig for vekststart og vekstavslutning, samt undersøkes for eventuelle skader. Overlevelse og høydevekst undersøkes jevnlig.



Ettårige planter Har7 (20), Årøy (31) og Oberharz Walsrode (21) i kortidsforsøket som ble plantet på Fana i Bergen 2017. Foto: Jan-Ole Skage, Skogfrøverket

Inntil 200 dekar skal de neste årene plantes til med grunnstammer/podinger fordelt på minst to frøplantasjer på Vestlandet.

For å utarbeide en plan for planteforedling og frøforsyning på Vestlandet for perioden 2020 – 2060 må en først få noe mer kunnskap og erfaring fra forsøkene med avkom fra Årøy og de importerte frøkilder som skal plates våren 2018.

På grunnlag av innsamlet materiale og analyser i prosjektet kan det publiseres artikler til tidsskriftene for skognæringen. Nettartikler kan legges ut på hjemmesidene til Vestskog, Kystskogbruket, Skogfrøverket, samt NIBIO.

4. LITTERATUR

Ytterligere kunnskap om Årøy trearkiv/frøplantasje, foredlet gran for Vestlandet, norske og mellomeuropeiske granprovenienser som er plantet på Vestlandet er publisert i følgende artikler med henvisninger i denne oppdragsrapport;

Edvardsen, Ø.M., Steffenrem, A., Johnskås, O.R., Johnsen, Ø., Myking, T. & Kvaalen, H. 2010.

Strategi for skogplanteforedling 2010-2040.

http://www.skogplanteforedling.no/Dokumenter/Skogfroverket_strategi.swf

Eidseflot, H.P. 1997. Provenienser av gran i Sogn og Fjordane 1956-1997. Semesteroppgave i SKS310. NLH 1997: 30 s.

Haugse, O.S. 2001. Val av granprovenienser. Vestlandsk landbruk 2/01: 18-19.

Haugse, O.S. 2000. Mellomeuropeiske granprovenienser i Norge. Skogeieren 3/00: 24.

Karlsson, B. 1997. Rasband, W. S. (1997-2006). ImageJ. Bethesda, Maryland, USA,

<http://rsb.info.nih.gov/ij/>, U. S. National Institutes of Health.

SAS Institute Inc. (2003). SAS procedures guide, version 9. Cary, N. C., USA, SAS Institute Inc.

Rosner, S., J. Svetlik, K. Andreassen, I. Borja, L. Dalsgaard, R. Evans, B. Karlsson, M. M. Tollefsrud and S. Solberg (2014). "Wood density as a screening trait for drought sensitivity in Norway spruce." Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere 44(2): 154-161.

Steffenrem, A., H. Kvaalen, K. S. Dalen and O. A. Høibø (2014). "A high-throughput X-ray-based method for measurements of relative wood density from unprepared increment cores from *Picea abies*." Scandinavian Journal of Forest Research 29(5): 506-514.

Steffenrem, A., H. Kvaalen, O. A. Høibø, Ø. M. Edvardsen and T. Skrøppa (2009). "Genetic variation of wood quality traits and relationships with growth in *Picea abies*." Scandinavian Journal of Forest Research 24(1): 15-27.

Steffenrem, A., H. Solheim and T. Skrøppa (2016). "Genetic parameters for wood quality traits and resistance to the pathogens *Heterobasidion parviporum* and *Endoconidiophora polonica* in a Norway spruce breeding population." European Journal of Forest Research 135(5): 815-825.

Chen, Z. Q., B. Karlsson, S. O. Lundqvist, M. R. G. Gil, L. Olsson and H. X. Wu (2015). "Estimating solid wood properties using Pilodyn and acoustic velocity on standing trees of Norway spruce." Annals of Forest Science 72(4): 499-508.

Fischer, C., A. Øvrum, G. I. Vestøl and O. A. Høibø (2013). Performance of acoustic tools for pre-sorting of Norway spruce structural timber. 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Madison, Wisconsin, USA, USDA, FPL-GTR-226.

Haugse, O. S. (2005). "Foredling av gran og val av granprovenienser på Vestlandet." Unpubl. manuscript: 5.

Rasband, W. S. (1997-2006). ImageJ. Bethesda, Maryland, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>, U. S. National Institutes of Health.

SAS Institute Inc. (2003). SAS procedures guide, version 9. Cary, N. C., USA, SAS Institute Inc.

Steffenrem, A., H. Kvaalen, K. S. Dalen and O. A. Høibø (2014). "A high-throughput X-ray-based method for measurements of relative wood density from unprepared increment cores from *Picea abies*." Scandinavian Journal of Forest Research **29**(5): 506-514.

Steffenrem, A., H. Kvaalen, O. A. Høibø, Ø. M. Edvardsen and T. Skrøppa (2009). "Genetic variation of wood quality traits and relationships with growth in *Picea abies*." Scandinavian Journal of Forest Research **24**(1): 15-27.

Steffenrem, A., H. Solheim and T. Skrøppa (2016). "Genetic parameters for wood quality traits and resistance to the pathogens *Heterobasidion parviporum* and *Endoconidiophora polonica* in a Norway spruce breeding population." European Journal of Forest Research **135**(5): 815-825.

Øyen, B.-H. (2006). "Om valg av treslag og provenienser til skogplanting i fjellskogen på Vestlandet." from www.skogoglandskap.no.

Øyen, B.-H. (2007). "Provenienser, vekst og egenskaper for gran (*P. abies* L. KARST) på Vestlandet." Viten fra Skog og landskap **2/07**: 13-22.

Kohmann, K. 2000. Mellomeuropeiske granprovenienser i Norge. Skogeieren 5/00: 24.

Kohmann, K. & Østgård, Å. 1995. Vestlandskgrana bedre enn sitt rykte. Skogeieren 13/95: 21.

Pettersen, G. 1992. Årøy trearkiv for Vestlandsgran. Aktuelt fra Skogforsk: 19/92: 28-30.

Skage, J.-O. & Østgård, Å. 2001. Foredlet gran for Vestlandet. Bondevennen 12/01: 16-17.

Skage, J.-O. & Østgård, Å. 2000. Foredlede granplanter fra Årøy frøplantasje. Vestlandsk Landbruk 11/00: 7.

Solberg, S., Andreassen, K., Fernández, C.A., Børja, I., Čermák, J., Dalsgaard, L., Garcia, L.M.E., Gessler, A., Godbold, D.L., Hentschel, R., Kayler, Z., Madsen, P., Nadezhdina, N., Rosner, S., Světlík, J., Tollefsrud, M.M., Tveito, O.E & Øyen, B.H. 2013. Grantørkeprosjektet. Sluttrapport. Rapport fra Skog og landskap: 22/13: 27 s.

Sperisen, C., Buchler, U., Gugerli, F., Matyas, G., Gerburek, T. & Vendramin, G.D. 2001. Tandem repeats in plant mitochondrial genomes: application to the analysis of population differentiation in the conifer Norway spruce. *Molecular Ecology* **10**: 257-263.

Østgård, Å. 1999. Foredlet granfrø for Vestlandet. Vestlandsk landbruk 4/99: 12-13.

Øyen, B.H. 2007. Provenienser, vekst og egenskaper for gran (*P. abies* L. Karst.) på Vestlandet. Viten fra Skog og landskap 2/07: 13-22.



Arbeidsgjengen Inger Merete Larsmon, Ingvar Åberge, Einar NitterSønnesyn, Olav S. Haugse og Lars Jørgen Åberge vurderer trelastkvaliteten på Sønnesyn sag i Luster. Foto: Jan-Ole Skage, Skogfrøverket



Vurdert trelast på Sønnesyn sag i Luster. Foto: Jan-Ole Skage, Skogfrøverket

