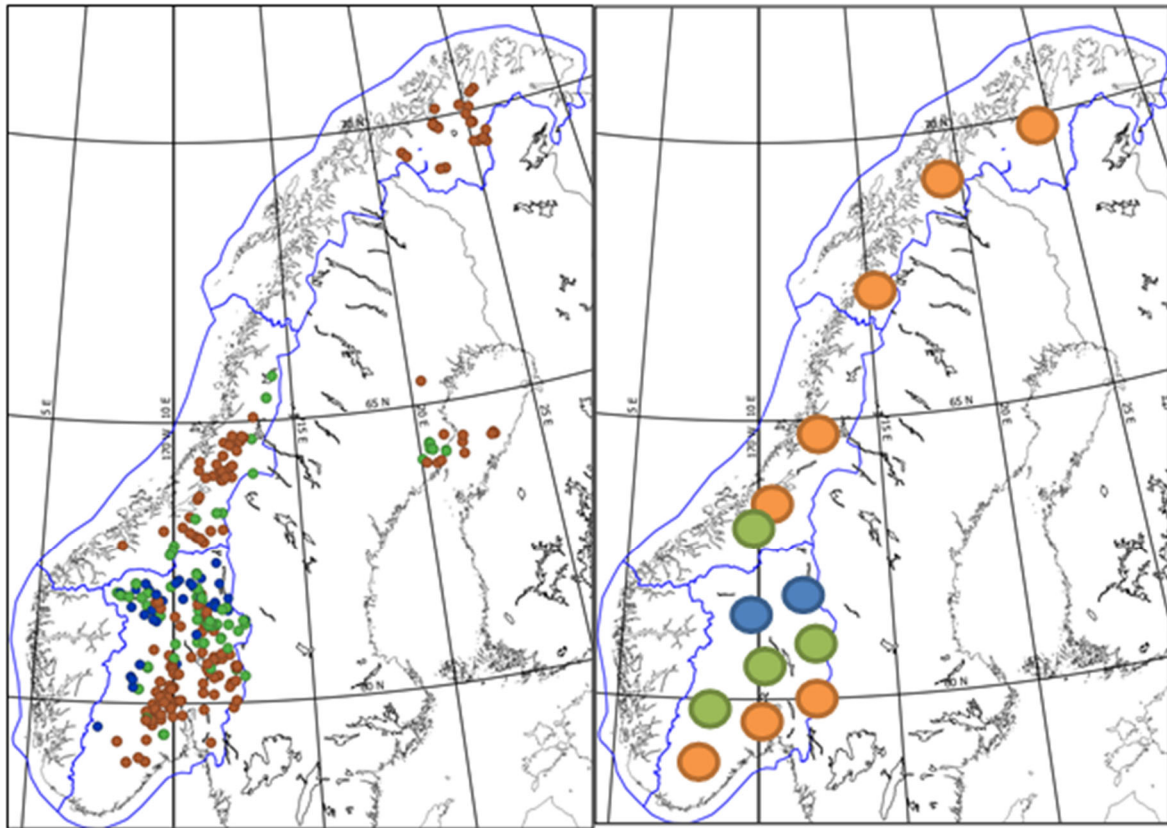


Foredlingsprogram for furu i Norge

2020 – 2050

Skogfrøverket, utkast 2020

Arne Steffenrem, Håvard Hageberg, Øyvind Meland Edvardsen og Frode Hjorth



Eksisterende furu-plusstrær i den norske foredlingspopulasjonen (t.v.) og planlagte foredlingspopulasjoner (t.h)

INNHold

1	Sammendrag	3
2	Innledning.....	4
3	Prosjekter som er i gang pr. 2020/21.....	5
4	Gjennomføring	5
4.1	Import av foredlet frø, supplerende selvstendig frøforsyning.....	5
4.2	Utvikling av foredlingspopulasjoner.....	6
4.2.1	Østlandet	7
4.2.2	Midt- og Nord-Norge.....	8
4.3	Genetisk diversitet	8
4.4	Kostnader	9
	To metoder.....	9
4.5	Metode 1 (M1): Tradisjonell avkomtesting og utvalg	9
4.5.1	Frøplanteplantasjer basert på kjent foredlingspopulasjon	10
4.6	Metode2 (M2): BWB i eksisterende og nye plantefelt med opphav fra frøplantasjer	10
4.7	Proveniensenforsøk.....	11
4.8	Herdighetstesting	11
5	Forskningsbehov.....	11
6	Referanser	12

1 SAMMENDRAG

På bakgrunn av en beregnet etterspørsel etter foredlet furufrø på opp mot 10 millioner planter årlig, har vi utformet et foredlingsprogram for raskt å etablere nye norske frøplantasjer. I dag er det kun i Trøndelag vi har tilgang på foredlet frø av furu, mens østlige deler av Østlandet kan bruke svensk foredlet frø.

Eksisterende avlsmateriale (plusstrær) som i dag står i frøplantasjer (Røra, Stiklestad og Bjørke) og fire klonarkiver (Østlandet) skal sikres. Til sammen omfatter dette om lag 660 kloner med opphav som vist i Figur 1 (kart). Avlsmaterialet skal avkomtestes slik at det kan gjøres 2. generasjons utvalg til frøplantasjer for bl.a. Viken-Agder og lavlandet Innlandet fra 2032.

Prioritert arbeid for etablering av frøplantasjer er vist i Tabell 1. Først skal det etableres frøplantasje for høydelagene 600-800 m der det i dag helt mangler gode frøkilder. Påfølgende prioriteringer er frøplantasjer for midlere og lavereliggende områder på Østlandet der de allerede er brukt mye importert foredlet materiale. Etablering av frøplantasjer for områdene Viken-Agder må vente til avkomtestingen er gjennomført.

Tilsvarende vil arbeidet i Trøndelag være orientert mot områdene som i dag dekkes av frøplantasjene Røra og Stiklestad. Disse frøplantasjene er under avvikling og må erstattes. I Troms vil foredlingen utnytte et unikt avkomforsøk etablert med familier fra plusstrær til frøplanteplantasje, mens foredlingspopulasjonen som eksisterer for Finnmark vil bli bevart. Vestlandet prioriteres ikke på kort sikt da det her ikke eksisterer verken foredlingspopulasjoner eller plantinger med svensk foredlet materiale å ta utgangspunkt i.

Tabell 1: Plan for etablering av nye frøplantasjer i dekar. Totalt skal det etableres ca 218 dekar fram til 2040.

Sum areal furu, daa		Første investeringsår					Totalsum
		2020	2022	2024	2027	2032	
F1-F3	Innlandet 0-350 moh				18	18	36
	Innlandet 350-600 moh			34	34		68
	Innlandet-Viken 600-800 moh		30				30
	Viken-Agder 0-350 moh					18	18
	Viken-Agder 350-600 moh						34
F1-F3 Totalt		0	30	34	52	36	52
F4	Vestlandet 0-250 moh						0
	Vestlandet 250-450 moh						0
F4 Totalt		0	0	0	0	0	0
F5-F6	Midt-Norge Lav				5		5
	Midt-Norge Midt		6				6
	Midt-Norge Nord						0
F5-F6 Totalt		0	6	0	5	0	10
F7	Nord-Norge Lav		3				3
Totalsum		0	39	34	57	36	218

Oppstarten av foredlingsprogrammet er planlagt å følge to strategier. Strategi 1 er en tradisjonell strategi med sikring av eksisterende pluss-trær, utvalg av supplerende pluss-trær, avkomtesting av disse og etablering av en stor populasjon for framoverrettet utvalg. Strategi 2 er basert på «Breeding Without Breeding» (BWB) der en gjenskaper slektskapet i etablerte kommersielle plantefelt med genetiske markører og bruker en slektskapsmatrise for å beregne avlsverdier. Begge er nærmere beskrevet i kapittel 5. I tillegg må foredlingen omfatte provenienstesting for å få bedre kunnskap om furuas tilpasning og plastisitet.

2 INNLEDNING

Planting eller såing av furu blir en stadig mer aktuell foryngelsesmetode når skogbruket ønsker å utnytte gevinsten ved bruk av foredlet plantemateriale. Dette vil gi raskere oppbygging av biomasse og volum til industrien, høyere CO₂-binding i skog, og bedre kvalitet. Foredlingsprogrammene i Sverige og Finland leverer i dag frø med 10 – 15 % genetisk gevinst i form av volumproduksjon. Innen 2050 regner en med at foredlingsgevinsten vil være oppe i 20 – 25 % i det frøet som leveres til skogeierne (HAAPANEN *et al.* 2015). Ifølge Landskogstakseringen vil furu gi en høyere produksjon enn gran på 17 % av det som i dag er grandominert skogareal. Det vil si at markas produksjonsevne ikke utnyttes riktig på grunn av «feil» treslag. I tillegg vil sannsynligvis et varmere og mer variabelt klima, med økende hyppighet av lengre tørkestress, gi gran dårligere vekstvilkår i lavereliggende strøk i Sørøst-Norge. Furu forventes ikke å tape terreng slik som gran nå gjør i økende omfang lenger sør i Europa.

Når furu utgjør fra 20 - 50 % av avvirkningen i de store skogfylkene på Østlandet, er det viktig at vi har en solid frøforsyning av høy genetisk kvalitet. Ved forespørsel til skogeierandelslagene har vi fått estimater tilsvarende et plantebehov på 2.3 mill. planter/år i Glommen-området (Sverre Holm, pers. medd. 2017) og 1 - 1.25 mill. i Mjøsen området (Joh. Bergum, pers. medd. 2017). Til sammenligning utgjør planting ca. 65 % av foryngelsen i Sverige nord for 60°N (presentasjon av Skogsstyrelsen for NordGen i 2012). Dersom en forutsetter at ca. 60 % av furuhogstene i Norge skal plantes vil det kreve ca. 7 – 10 millioner planter årlig avhengig av planteforband og evt. såing. Ved såing er frøforbruket større. For skogeierne er derfor tilgjengelighet til foredlet frø svært viktig. Det vil det også være for industrien på lengre sikt.

I STRATEGI FOR SKOGPLANTEFOREDLINGEN 2010-2040 (SKOGFRØVERKET 2017) ER DET FASTSATT ET MÅL OM Å ETABLERE EN SIKKER FORSYNING AV FOREDLET FURUFRØ I NORGE TIL PRODUKSJON OG UTPLANTING AV OPPTIL 10 MILL. FURUPLANTER PR. ÅR.

I Norge har vi i dag frøplantasjer med furu kun for Trøndelag (Røra og Stiklestad frøplantasjer) og de høyestliggende områdene nord på Østlandet (Bjørke frøplantasje). Alle plantasjene er imidlertid langt på overtid med hensyn på frøproduksjon og må fornyes innen kort tid.

Umiddelbart må vi gjenoppbygge frøforsyningen fra de plantasjene som avvirkes nå i hensiktsmessig omfang: Røra, Stiklestad og Bjørke. For bruksområder utover disse, må det raskt bygges opp nye frøplantasjer. For hele landet må det bygges opp en langsiktig foredlingspopulasjon som avkomtestes.

På kort sikt må frøforsyningen sikres gjennom effektiv sanking av bestandsfrø i eksisterende skog. Stabil forsyning med foredlet furufrø kan på kort sikt sikres gjennom import fra svenske og finske frøplantasjer. Dette forutsetter at vi har kunnskap om hvordan forflytningen påvirker overlevelse og produksjon.

MÅL FOR STRATEGIEN

- **SIKRE BÅDE KORT- OG LANGSIKTIG FRØFORSYNING TIL 10 MILLIONER FURUPLANTER ÅRLIG**
- **NORSK FRØFORSYNING FRA 2. GENERASJONS FRØPLANTASJER INNEN 2040**
- **SIKKER OG KLIMATILPASSET IMPORT AV FRØ TIL EGNE FRØPLANTASJER DEKKER BEHOVET**
- **LANGSIKTIG FOREDLINGSPOPULASJON SOM OPPRETTHOLDER TILSTREKkelig GENETISK DIVERSITET I FORYNGELSESMATERIALET**

3 PROSJEKTER SOM ER I GANG PR. 2020/21

Det pågår i dag tre prosjekter som støtter arbeidet med å forsyne skogbruket med foredlet furufrø. I tillegg arbeides med finansiering til et fjerde. Strategien bygger videre på disse prosjektene.

B4EST (EU Horizon2020): Samarbeid med mange europeiske land om utvikling av «universielle forflytningfunksjoner» for furu (og gran). Funksjonene er viktige for å estimere hvilke foryngelsesmaterialer som er mest egnet på gitt plantelokalitet med dagens og framtidens klima. Prosjektet utvikler også modeller for å beregne «prestasjon» til materialene slik at genetisk gevinst kan beregnes ved forflytning. Med dette tilhører også å utvikle en felles plattform for å karakterisere materialene slik at prestasjonen kan sammenlignes på tvers av foredlingsprogram og landegrenser.

Bedre frø til furuskogbruket (Nasjonale fond): Skogfrøverket, i samarbeid med Glommen-Mjøsen Skog om å utvikle gode rutiner for handel med frø og samarbeid med Sverige, implementere eksisterende norske proveniensforsøk i datagrunnlaget for beregning av forflytningsfunksjoner sammen med Sverige og Finland, samle erfaringer fra norske plantefelt med svensk materiale og kartfeste et utvalg av disse, etablere nye proveniens- og frøplantasjeforsøk i Norge, lage en strategi for frøsanking i bestand i Norge, etablere et kartlag med svenske frøplantasjesoner utvidet til Hedmark og Oppland, etablere en strategi for foredling furu.

PlanteValg (finansiering fra LMD): Etablere web-verktøy der all kunnskapen etablert tidligere og i pågående prosjekter samles og tilrettelegges for brukerne (skogeiere, skogandelslag, entreprenører, forvaltning). Finansiering avklares ved behandling av stortingsprop.

Prosjektene samlet skal gi oss mange av de verktøyene og planene vi trenger for bruk av foredlet furu i Norge, og plan for et langsiktig foredlingsprogram. Denne strategien er resultat av prosjektet «Bedre frø til furuskogbruket».

4 GJENNOMFØRING

4.1 IMPORT AV FOREDLET FRØ, SUPPLERENDE SELVSTENDIG FRØFORSYNING

På kort sikt vil importert frø være viktig for frøforsyningen i Norge. Det krever at en raskt får etablert et beslutningsstøtteverktøy for optimal bruk av foryngelsesmaterialer i Norge. Verktøyet *Plantval* er i dag implementert for bruk i Sverige og Finland. Det norske prosjektet *PlanteValg* som NIBIO har søkt støtte til fra LMD skal tilrettelegg tilsvarende system for Norge basert på den kunnskapen som etter hvert foreligger om forflytningseffekter hos furu.

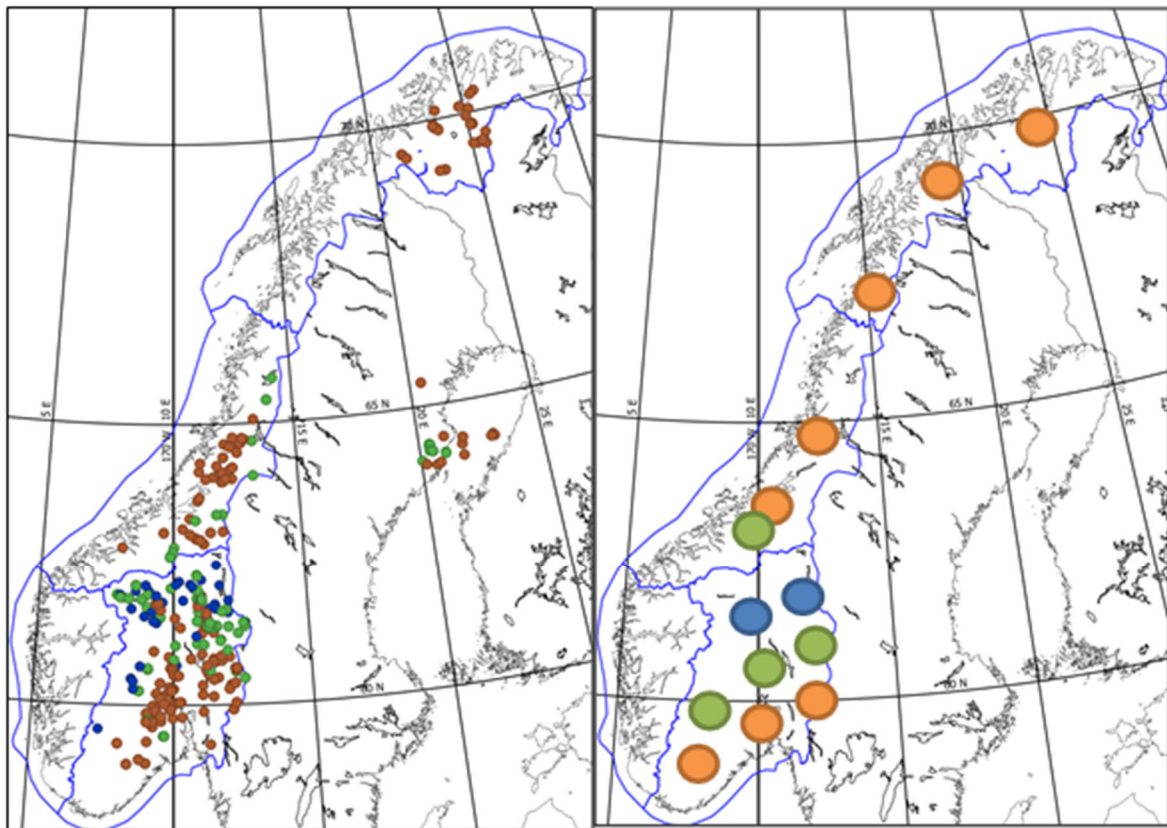
I enkelte områder vil det ikke være tilgjengelig frø for import. Av de områdene det i dag plantes mye på er det høyereliggende skog på Østlandet dette gjelder. Det er derfor viktig å videreføre og utvikle materialene som i dag står i Bjørke frøplantasje på nytt areal. Denne frøplantasjen inneholder avlsmaterialer selektert fra 800 m og høyere. I tillegg til avkomtesting må materialene herdighetstestes.

En helt selvstendig frøforsyning for Norge er avhengig av et helhetlig foredlingsprogram som både vektlegger genetisk gevinst, genetisk diversitet og effektiv frøproduksjon. Det vil omfatte sammensetning av to forskjellige metoder beskrevet under.

4.2 UTVIKLING AV FOREDLINGSPOPULASJONER

Målsettingen er foredlingspopulasjoner som kan omfatte de deler av Norge der det plantes furu i stort omfang. Kartet i Figur 1 viser den geografiske fordelingen av eksisterende foredlingspopulasjon som kan testes. Sammendrag av dette er gitt i Tabell 2.

Det er ingen plusstrær som er testet i avkomforsøk i Norge. Noen få nordnorske kloner er testet i den nord-svenske foredlingspopulasjonen og vi vil få tilgang til avslverdier derfra. Det tas derfor sikte på avkomtesting av resterende norsk foredlingspopulasjon gjennom avkomtesting og etablering av familie-ruter for framoverrettet seleksjon av 2. generasjon.



Figur 1: T.v: Eksisterende plusstrær i foredlingspopulasjonene for furu. Fargekodene indikerer høydelag, der røde er 0 - 350 m, lyseblå 350 - 650, og mørkeblå > 650m. Det kan være flere plusstrær bak hvert punkt da det ofte er angitt kun ett koordinat for hver bestand de er hentet fra. T.h: Planlagte foredlingspopulasjoner i foredlingsprogrammet for furu. Det vil være betydelig mer geografisk overlapping mellom disse enn det figuren illustrerer. Fargene illustrerer høydelag tilsvarende som på kartet til venstre.

I enkelte regioner og høydelag mangler det grunnlagsmateriale for å starte avkomtesting. Dette gjelder f.eks. midlere høydelag på Østlandet. Framfor å gjøre nye plusstreutvalg i gammelskog for påfølgende avkomtesting, vil vi starte med BWB i eksisterende plantefelt med foredlet materiale. Dermed kommer vi raskt i gang med en 2. generasjons foredlingspopulasjon.

Størrelsen på foredlingspopulasjonene begrenses til 40 kloner. Disse bør imidlertid være selektert fra en 3 ganger større plusstre-populasjon slik at vi får med mest mulig genetisk gevinst fra etableringen av programmet. I Tabell 2 er det derfor målsetning om å teste ca 3 x det antallet en skal ende opp med som målsetning for 1. generasjon. I påfølgende generasjoner vil det bare bli oppformert én familie for hver utvalgte fra 1. generasjon for framoverrettet utvalg innen familie.

Tabell 2: Oversikt over eksisterende (Eksist. plusstrær) og framtidige sub-populasjon etter testing (mål). Det planlegges 13 sub-populasjoner á 40 individer for langsiktig foredling.

Breddegrad	Høyde- sone	1.gen Eksist. plusstrær (se kart)	Mål 1.gen testet (S1)	Mål 2.gen BWB (S2)	Mål Langsiktige populasjoner
58,0 - 60,0	0-350	93	40		40
60,0 - 62,5	0-350	187	40	40	2x40
60,0 - 62,5	350-650	77	40	2x40	3x40
60,0 - 62,5	650-900	100	40	40	2x40
62,5 - 65,0	0-350	30	20	20	40
62,5 - 65,0	350-650	14	20	20	40
65,0 - 70,0	0-350	77	2x40		2x40

4.2.1 Østlandet

Tabell 3: Forenklet plan for oppstart av furuforedlingen for Østlandet (Innlandet, Viken, Vestfold og Telemark, Agder). «S» angir strategi nærmere beskrevet i kapittel 5. Tallene angitt viser estimat på antall individer ved fenotyping, genotyping, utvalg (kloner), rameter ved poding, etc. Punktene markert i blått er allerede gjennomført.

M			2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	...	2030	2040
	1.1	Oppdater PLFOR										
	2.1	Sikre avlsm.										
1	2.2	Frøprøver										
1	2.3	DNA-prøver										
1	3.1	Så avkomforsøk		1 pop	1 pop	1 pop	1 pop					
1	3.2	Så familieruter		1 pop	1 pop	1 pop	1 pop					
1	3.3	Planting avkomf.			1 pop	1 pop	1 pop	1 pop				
1	3.4	Planting familier.			1 pop	1 pop	1 pop	1 pop				
1	3.5	Eval. avk. forsøk										
1	3.6	Utv. fam. ruter										
1	3.7	2g frøplantasjer										
1	3.8	Frøsanking										
2	4.0	Id. plantefelt										
2	4.1	BWB fenotyping		10'	10'	10'	10'					
2	4.2	BWB genotyping				1.4'		1.4'	1.4'			
2	4.3	BWB utvalg				50		50	50			
2	4.5	BWB 2g frøpl.										
2	4.6	BWB frøsanking										
	6.2	Prov. forsøk										
	6.3	Prov. f. overlev										
	6.3	Prov. f. måling										

Vi starter med å oppdater foredlingsdatabasen (PLFOR) med eksisterende avlsmaterialer, og koble disse til framtidig foredlingspopulasjon (1.1). Avlsmaterialet som i dag eksisterer i frøplantasjer og klonarkiver sikres som podninger i to nye klonarkiv med rameter av samme klon i begge arkiver (2.1).

I strategi 1 vil Store åpen-pollinerte frøprøver sankes i eksisterende frøplantasjer og klonarkiver ved avvirkning (2.2). Klonvis sanking der mulig. Dersom det ikke er mulig samles en stor samsprøve med bidrag fra så mange kloner som mulig. Fra frøplantasjer og klonarkiver samles DNA-prøver som lagres i Skogfrøverkets biobank (2.3). For hver foredlingspopulasjon etableres det ett avkomforsøk som gjerdes mot vilt (3.1 og 3.3). Formålet er å beregne avlsverdier for foreldrene. Fra de samme frøprøvene etableres det to store felt med familie-ruter på ca. 2 daa for hver familie slik at disse er

representert med 500 – 1000 planter (3.2-3.4). Formålet med disse er å selekere de beste avkommene fra de beste familiene etter vanlig skjøtsemessig tynning (3.5 og 3.6). Andregenerasjons frøplantasjer kan etableres fra ca 2030 og frøsanking kan starte fra 2040.

I strategi 2 vil vi bruke metoden BWB for å etablere parallelle foredlingspopulasjoner enda raskere. Dette har allerede startet ved at GlommenMjøsen har identifisert plantefelt etablert med foredlet materiale (4.0). Disse fenotypes (4.1) og genotypes (4.2) slik at vi kan gjøre et kvalifisert utvalg av andregenerasjons avlsmateriale der avlsverdien er beregnet ved bruk av en slektskapsmatrise (4.3). Frøplantasjene kan etableres allerede i løpet av 4-5 år og produsere frø i løpet av 2030-2040.

4.2.2 Midt- og Nord-Norge

Tabell 4: Forenklet plan for Midt- og Nord-Norge. Punktene markert i blått er allerede gjennomført.

M			2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	...	2030	2040
	1.1	Oppd. PLFOR										
	1.2	Sikre avlsm.										
2	2.0	Id. plantefelt										
2	2.1	DNA-prøver										
2	2.2	Genotyping1			400							
2	2.3	BWB fenot			5'	5'						
2	2.4	BWB genot.					1.4'					
2	2.5	BWB utvalg					50					
2	2.6	BWB frøpl.										
2	2.7	BWB frøsank										
1	3.1	Frøprøver										
1	3.2	Avkomforsøk										

Midt-Norge og Nord-Norge starter som Østlandet med kartlegging og bevaring av eksisterende foredlingspopulasjon (1.1, 1.2).

Her prioriteres det imidlertid å bruke eksisterende plantefelt og BWB-strategien (strategi 2) før vi starter med eventuell avkomtesting på tradisjonelt vis (strategi 1).

I strategi 2 vil vi bruke metoden BWB for å etablere parallelle foredlingspopulasjoner raskt. Dette har allerede startet ved at Skogfrøverket har identifisert 20 plantefelt som kan være etablert med foredlet materiale (2.0). Et lite utvalg av plantene må imidlertid genotypes for å få dette bekreftet (2.1, 2.2). 2-4 av de bekreftede plantefeltene fenotypes (2.3) og genotypes (2.4) for fullstendig BWB. Utvalgene gjøres slik at den første andregenerasjons frøplantasje kan etableres i 2025 (2.6). Frøsanking kan da sannsynligvis starte mellom 2030 og 2040.

Dersom ingen av de 20 plantefeltene identifisert for BWB faktisk stammer fra den opprinnelige foredlingspopulasjonen må vi starte avkomtesting med de frøprøvene som er sanket (3.1-3.2).

4.3 GENETISK DIVERSITET

I foryngelsesstrategiene for furu vil det alltid være et stort innslag av naturlig foryngelse etter frøtrestilling. Det må legges til rette for at plantet furu skal kunne forynges naturlig i påfølgende generasjon. Kravet til bevaring av genetisk diversitet, slik som hos gran, trenger allikevel ikke være så strenge da landskapet vil inneholde en «mosaikk» av naturlige foryngelser og plantet skog. En kan derfor klare seg med færre og mindre foredlingspopulasjoner for hver klimasone og breddegrad.

Frøplantasjene skal ha tilstrekkelig genetisk diversitet til å oppnå et statusnummer på 20.

4.4 KOSTNADER

Tabell 5: Kostnadsestimater for planene beskrevet. Tabellen angir enhetspris (timepris, genotyping, etc.) og antall enheter (timer, genotyper, planter, etc.). Totale kostnader summering av enhetspris * antall enheter.

	Pris	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Planteforedler	600	800	800	400	400	400	400
Tekniker	580	620	720	320	320	320	320
Koordinator	621	100	100	50	50	50	50
Forsker (NIBIO)	1080	100	100	100	100	100	100
Produksjon planter	50000	2	2	2	2	2	2
Genotyping	400			1400	1400	1400	1400
Poding og planting							
Reisekostnader	1000	60	60	60	60	60	60
Total kostn (*1000)		1 170	1 228	1 285	1 285	1 285	1 285

Etter 2026 må det påberegnes en årlig kostnad på 700 000 kroner for vedlikehold og supplerende aktivitet for å opprettholde og utnytte materialene som etableres i foredlingsprogrammet, samt å utvikle dette mot 3. generasjons frøplantasjer. Dette innebærer stell av forsøksfelt, vedlikehold av gjerder, målinger, avlsverdberegninger, utvalg til frøplantasjeetablering og etablering av nye omganger med avkomforsøk.

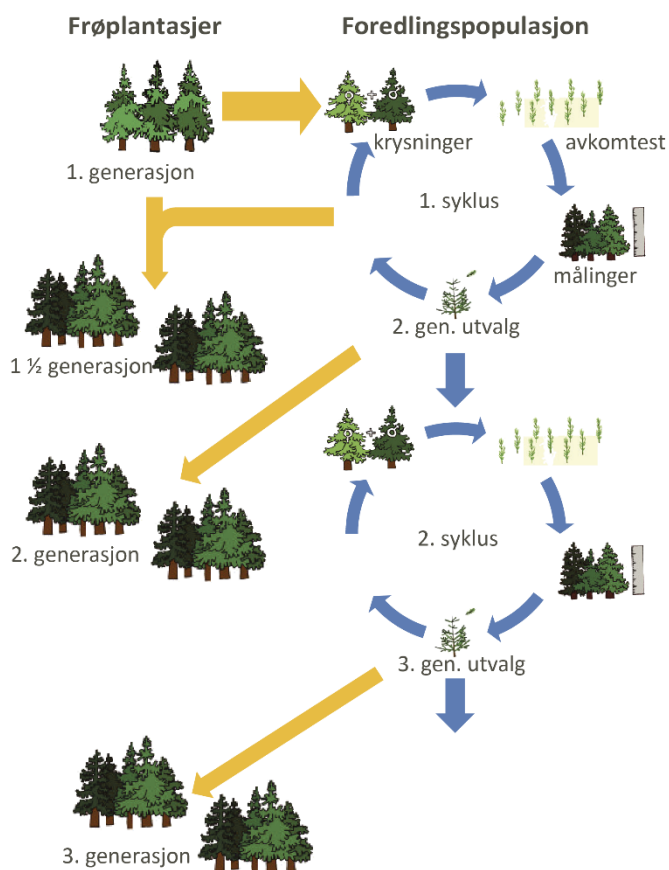
TO METODER

Foredlingsprogrammet for furu vil i hovedsak følge to metoder (strategier). Eksisterende og nye foredlingspopulasjoner vil bli utviklet videre etter en strategi basert på åpne-pollinert avkomtesting og etablering av en stor genetisk bakgrunn for utvalg. Videre vil Breeding without breeding (BWB) bli brukt for å raskt etablere frøplantasjer med høyere genetisk gevinst (tilsvarende 2. generasjon) ut ifra det vi i dag har av foredlet plantemateriale i skogbruket. Kombinasjonen av disse to metodene skal opprettholde tilstrekkelig genetisk diversitet for langsiktig foredling.

4.5 METODE 1 (M1): TRADISJONELL AVKOMTESTING OG UTVALG

Allerede eksisterende pluss-tre utvalg i som nå står i frøplantasjer eller klonarkiver avkomtestes for å beregne avlsverdi for pluss-trærne (1. generasjon) og en populasjon som grunnlag for utvalg av 2. generasjon. Også nye utvalg fra naturskog eller plantefelt gjennomgår samme prosess. Vi har noen hundre plusstrær som kan avkomtestes, slik at ca. 100 av disse kan inngå i en langsiktig foredlingspopulasjon.

Frøplantasjer etableres med testet 1. generasjonsutvalg etter ca. 10 år i feltforsøk. Dette er en strategi for langsiktig foredling tilsvarende den vi har i granforedlingen.



Forskjellig fra granforedlingen er imidlertid grunnlaget som legges for utvalg av neste generasjon. For å redusere kostnader og samtidig oppnå en bred genetisk base for utvalg etableres det store ruter med enkeltfamilier etter åpen pollinering i klonarkiver og frøplantasjer. Disse store rutene plantes med 1 – 1.5 m planteavstand og skal tynnes kraftig fram til hogstklasse III. Da skal det velges ut 2 avlstrær fra hver rute. Utvalget genotypes for å kontrollere slektskap mellom utvalgene som gjøres i andre familieruter, da en del av dem vil ha samme far (åpen pollinering). Fordelen med disse store rutene er at en får svært mange individer å velge mellom. Bakdelen er at vi ikke kan bruke dem til å beregne avlsverdi for foreldrene da det ikke er noen «forsøksdesign» for dette.

Avlsverdier for foreldrene må vi derfor beregne basert på enklere avkomforsøk i felt etablert på to lokaliteter. Her plantes 40 individer fra hver familie som enkelt-tre plot

i 40 gjentak. Årsaken til at det etableres kun to forsøk, kontra fire i granforedlingen, er kostnadene med gjerding. Allikevel vil to forsøk gi oss en del mer informasjon om genotype-miljøsammspill og vi kan si at avlsverdiene er relativt generell over varierende miljøforhold.

Prioritert materiale for testing er Bjørke frøplantasje og klonarkivene som står spredt rundt på Østlandet. Vinteren 2020/21 kan det bli aktuelt å avvirke hele Bjørke frøplantasje for frøsanking. Alt arbeid og bevaring på planlegges i forhold til dette.

4.5.1 Frøplanteplantasjer basert på kjent foredlingspopulasjon

Frøplanteplantasjer etableres med frøplanter av utvalgte familier for raskt å etablere framtidige frøkilder til en lav kostnad. Denne metoden er brukt i foredlingsprogrammet for gran i Norge og Finland, samt middelhavsforu i Frankrike.

I Troms vil et stort avkomforsøk etablert med familier fra plusstrær fra hele nordkalotten bli tynnet og stelt fram til frøsanking om få år. Forsøket ligger ved Målselvfossen i Målselv. Frøplantasjen vil dermed levere foredlingsgevinst på nivå med en 1. generasjons frøplantasje.

4.6 METODE2 (M2): BWB I EKSISTERENDE OG NYE PLANTEFELT MED OPPHAV FRA FRØPLANTASJER

Metoden for BWB er god vitenskapelig beskrevet og under utprøving på lerk i Østerrike (KLAPSTE *et al.* 2014). Teoretisk skal metoden kunne gi 90 % av foredlingsgevinsten et tradisjonelt foredlingsprogram kan gi (EL-KASSABY AND LSTIBUREK 2009; EL-KASSABY *et al.* 2011; LSTIBUREK *et al.* 2011; LSTIBUREK *et al.* 2012; LSTIBUREK *et al.* 2015; LSTIBUREK *et al.* 2017), på betydelig kortere tid og med lavere kostnad. Metoden er i detalj beskrevet i «Strategi for 2. foredlingscyklus for gran». Tilsvarende metode ble

brukt i Danmark da de etablerte frøplantaser etter det de kalte «Kvasi-avkomtesting» (Hansen og McKinnley 2010).

BWB kombinerer anvendt bruk av DNA-markører med moderne teknologi for rask og sikker høydemåling av enkelttrær ved bruk av droner. Metoden baserer seg på kombinert bruk av DNA-markører for å bestemme slektskap og tradisjonelle kvantitative analyser for å beregne avlsverdier. Resultatet er at vi gjør om kulturskog til avkomforsøk med kjente slektskapsstrukturer for beregning av avlsverdi på foreldretrærne og deres avkom. Høydemålinger av slike bestand har tidligere vært svært kostbart. Men nå bruker droner for å få høy-oppløselige flyfoto av de spesifikke bestandene som grunnlag for 3D modeller og høydemålinger av store antall enkelttrær til en svært lav kostnad (STEFFENREM *et al.* 2014). Metoden med bruk av droner forutsetter terrengmodell med god nøyaktighet. Slike terrengmodeller finnes for ca 80 % av skogarealet i form av tidligere opptak for skogbruksplanlegging (Svein Solberg 2015, pers. medd.).

Simuleringene av Lstiburek *et al.* (LSTIBUREK *et al.* 2015) viser at det skal være mulig å oppnå 90 % av den genetiske gevinsten som en eller oppnår med de mest avanserte full-søskenstrategiene i tradisjonell foredling med BWB. Det tilsvarer 9-12 % gain in height growth.

Prosjektet «Bedre frø til furuskogbruket» skal samle inn data om eksisterende plantefelt som kan brukes til BWB. Når disse er kartlagt vil fenotypingen starte, altså måling av enkelttrær og utvalgelse av kandidater. Kandidatene blir genotypet og statistiske analyser vil fortelle oss hvilke vi bør bruke i en frøplantasje.

4.7 PROVENIENSFORSØK

Det er allerede etablert et nettverk av proveniensforsøk i prosjektet «Bedre frø til furuskogbruket». Dette nettverket må imidlertid utvides da vi er avhengig av god kunnskap om furuas klimatilpasning og plastisitet for å gi god veiledning om bruksområder og implementering i beslutningstøtteverktøy.

4.8 HERDIGHETSTESTING

Det vil være behov for herdighetstesting av materialene etter hvert som de avkomtestes. Dette vil bli gjort ved frysetesting av to-årige planter i laboratorium.

5 FORSKNINGSBEHOV

FØU arbeidet den kommende vil være viktig for å implementere furuforedling.

1. Strategien «Avl-uten-avl» (BWB) er en svært effektiv metode for å raskt etablere et avansert foredlingsprogram. Det er imidlertid viktig at Skogfrøverket bidrar og deltar i prosjekter for utvikling av en kostnadseffektiv plattform for genotyping for etablering av slektskapsmatriser. Graminor, Skogfrøverket og NIBIO har vært i dialog om et slikt prosjekt.
2. Proveniensforsøk vil fortsatt danne grunnlaget for veiledning om optimalt bruksområdet. Vi har svært få gode proveniensforsøk i Norge, og lite data samlet fra de som eksisterer. Det må derfor satses på provenienstesting framover.
3. Produksjon av gode furuplanter i planteskolene. Effektive og sikre dyrkningsrutiner for produksjon av kvalitets planter til konkurransedyktige priser.

6 REFERANSER

- El-Kassaby, Y. A., E. P. Cappa, C. Liewlaksaneeyanawin, J. Klapste and M. Lstiburek, 2011 Breeding without Breeding: Is a Complete Pedigree Necessary for Efficient Breeding? Plos One 6.
- El-Kassaby, Y. A., and M. Lstiburek, 2009 Breeding without breeding. Genetics Research 91: 111-120.
- Haapanen, M., G. Jansson, U. B. Nielsen, A. Steffenrem and L. G. Stener, 2015 The status of tree breeding and its potential for improving biomass production - A review of breeding activities and genetic gains in Scandinavia and Finland, pp. 56, edited by L. G. Stener. Skogforsk, Sweden, Uppsala.
- Klapste, J., M. Lstiburek and Y. A. El-Kassaby, 2014 Estimates of genetic parameters and breeding values from western larch open-pollinated families using marker-based relationship. Tree Genetics & Genomes 10: 241-249.
- Lstiburek, M., Y. A. El-Kassaby, T. Skroppa, G. R. Hodge, J. H. Sonstebo *et al.*, 2017 Dynamic Gene-Resource Landscape Management of Norway Spruce: Combining Utilization and Conservation. Frontiers in Plant Science 8.
- Lstiburek, M., G. R. Hodge and P. Lachout, 2015 Uncovering genetic information from commercial forest plantations - making up for lost time using "Breeding without Breeding". Tree Genetics & Genomes: 12 pp.
- Lstiburek, M., K. Ivankova, J. Kadlec, J. Kobliha, J. Klapste *et al.*, 2011 Breeding without breeding: minimum fingerprinting effort with respect to the effective population size. Tree Genetics & Genomes 7: 1069-1078.
- Lstiburek, M., J. Klapste, J. Kobliha and Y. A. El-Kassaby, 2012 Breeding without Breeding Effect of gene flow on fingerprinting effort. Tree Genetics & Genomes 8: 873-877.
- Skogfrøverket, 2017 Skogfrøverkets strategi for skogplanteforedling 2010-2040 (revidert 2017), pp. 22. Stiftelsen det norske Skogfrøverk, www.skogfroverket.no.
- Steffenrem, A., T. P. Lohne, H. Kvaalen and S. Solberg, 2014 Tree height estimation in progeny trials using UAS photogrammetry, pp. in *2014 IUFRO Forest Tree Breeding Conference, Prague, Czech Republic*.