

Framtida fröplantager av tall och gran

Future seed orchards of Scots pine and Norway spruce in Sweden



Kottskörd i plantage T12 Gnarp. Foto: Ulfstand Wennström

Summary

Seed orchards will remain the main alternative for improved forest plant material for the foreseeable future. As breeding methods improve, successively higher genetic gain will be possible in the seed orchards. This report, which contains forecasts of how genetic gain will improve in regional seed zones for Scots pine and Norway spruce, is intended to provide decision support for planning of future seed orchard establishments.

The genetic gain and the times at which it appears vary between seed zones and species. Variations are caused by different selection strength at selection to breeding populations, erratic flowering, and time of field testing. At present, or within a few years, Scots pine seed orchards can be established with 25-29% genetic gain compared with unbred material, which increases to 33-38% genetic gain by mid-century. Corresponding figures for Norway spruce are more variable, 25-34% and 32-42%, respectively. Gain levels are calculated without consideration of pollen influx from neighbouring unimproved trees, which can reduce the genetic gain.

There are uncertainties regarding the time when new and better seed orchards can be established. One reason could be delays in breeding progress due to uneven flowering. Another issue is delays in propagation through insufficient propagation material at the time of selection.

In the initial stages of planning a new seed orchard, a voluntary consultation with the Swedish Forest Agency is recommended. Important issues to discuss include the selection parameters used, genetic diversity, and propagation method, as well as the planned extent of seed production and geographical location. Selective harvest and genetic thinning in seed orchards must be reported to the Swedish Forest Agency, along with mortality, which entails a risk that the expected genetic gain or genetic diversity will not be reached.



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts den 21 april 2021 av Thomas Kraft, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 5 maj 2021.

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se
©Skogforsk 2021 ISSN 1404-305X

Förord

Rapporten är framtagen i ett samarbete mellan Skogforsk och Skogsstyrelsen. Skogforsk har svarat för prognostiseringen av framtida vinster medan Skogsstyrelsen gett sin syn på hur genetisk diversitet ska vägas in och hur en lämplig procedur ska utformas vid anläggning av en fröplantage.

Ekebo i april 2021

Karl-Anders Högberg, Skogforsk &
Claes Uggla, Skogsstyrelsen

Innehåll

Summary.....	2
Förord	3
Sammanfattning	5
Mål för plantageprogrammet	6
Bakgrund	7
Urval till plantagezoner	8
Beräkning av genetisk vinst.....	10
Genetisk vinst vid urval till förädlingspopulationer	11
Genetisk vinst vid urval till en fröplantage	13
Genetisk diversitet.....	14
Inledning.....	14
Antal kloner i fröplantager	15
Fröskörd	15
Pollenkontamination och pollenspridning.....	16
Framtiden.....	16
Tidsaspekter	17
Vinstutveckling i plantagezonerna.....	18
Tall.....	18
Gran.....	18
Konventionella plantager.....	19
Växthusplantager	20
Klonblandningar	20
Tidsplaner.....	21
Organisation och finansiering	22
Förslag till procedur vid anläggning av nya plantager.....	22
Inledning	22
Planeringsfasen.....	22
Plantageanläggning.....	23
Godkännande av fröplantage.....	23
Skötsel av fröplantage.....	23
Avgift	23
Referenser.....	24
Bilaga 1.	
Prognos över vinstutveckling för nyanläggning av plantager över tid och för de olika plantagezonerna för tall.....	25
Bilaga 2.	
Prognos över vinstutveckling för nyanläggning av plantager över tid och för de olika plantagezonerna för gran	31

Sammanfattning

Fröplantager kommer under överskådlig tid att vara huvudalternativet för produktion av förädlad skogsodlingsmaterial. I takt med att förädlingen går framåt kommer successivt högre genetisk vinstnivå att uppnås i fröplantagerna. Denna rapport innehåller prognoser av den genetiska vinstutvecklingen för plantagezoner för gran och tall, med syfte att ge ett underlag för planering av framtida plantageanläggningar.

Den genetiska vinsten och tidpunkten när den infaller varierar mellan plantagezoner och trädslag, bland annat beroende på olika urvalsstyrka vid urvalet till förädlingspopulationerna, nyckfull och osäker blomning, tid för fälttestning samt från vilka populationer kloner hämtas. I nuläget, eller inom några år, kan plantager med tall anläggas som ger 25–29 procents vinst i tillväxt. Vid mitten av seklet kan plantager med 33–38 procents vinst anläggas. Motsvarande siffror för gran varierar mer, 25–34 procent respektive 32–42 procent. Vinstnivåerna är beräknade utan att hänsyn tagits till inkorsning av oförädlad pollen från omkringliggande träd och vinsten i en praktisk skörd kommer att reduceras om inkorsning sker. Det finns också osäkerheter i tidpunkten då en ny, förbättrad plantage kan anläggas. Ojämn blomning kan göra att förädlingen försenas. Det kan även bli förseningar i förökningsarbetet genom att inte tillräckligt förökningsmaterial finns att tillgå vid urvalstillfället.

Den genetiska diversiteten är viktig ur flera synvinklar, dels för att säkra att den genetiska vinsten uppnås, dels för att bygga in en säkerhet mot oförutsedda händelser, t.ex. uppträdande av skadegörare. Den nuvarande normen med en diversitet motsvarande 20–25 kloner i samma frekvens kommer fortsatt att gälla, men ska inte ses som en statisk nivå. Olika omständigheter kan göra att avsteg från normen görs. Nya metoder för bestämning av genetisk diversitet i fröskördar och forskning kring betydelsen av genetisk diversitet kan medföra förändringar.

Inför en plantageanläggning bör ett frivilligt samråd med Skogsstyrelsen ske där viktiga punkter tas upp, t.ex. vilka urvalsparametrar som använts, klonantal, mått på genetisk diversitet och uppförökningsmetod. Planerad fröproduktion och geografiskt läge är andra exempel på punkter att diskutera i ett samråd. Selektiv skörd och genetisk gallring som utförs i fröplantager ska anmälas till Skogsstyrelsen. Detsamma gäller om avgångar leder till risk för att målen med plantagen avseende genetisk vinst eller genetisk diversitet inte uppnås.

Mål för plantageprogrammet

Att i nationellt samarbete anlägga fröplantager med genetiskt bästa möjliga föräldraträd för att täcka framtida fröbehov för full plantproduktion så att Sveriges plantkonsumenters behov tillgodoses och säkras.

Bakgrund

Första omgångens fröplantager i Sverige (EttO-plantager) anlades under 1950- och 60-talen och har snart spelat ut sin roll såväl genetiskt som biologiskt. Endast någon enstaka granplantage återstår. Andra omgångens fröplantager (TvåO-plantager) anlades på 70-, 80- och 90-talet. De varierar i förädlingsnivå från helt otestade fenotypiskt valda kloner till testade och utvalda kloner. Urvalet av kloner till plantagen baserades ofta på tidiga mätningar vilket begränsade den genetiska vinsten. De flesta TvåO-plantager är fortfarande i produktion. I ett skede där så gott som alla plusträd avkommeprövats och slutmätning gjorts togs initiativ till en tredje omgång fröplantager, TreO-plantagerna. I och med att avelsvärden fanns för nästan alla plusträd, och för gran också en stor mängd testade kloner från klonskogsbruksprojekt, kunde ett skarpare urval göras. TreO-plantagerna anlades med början på 2000-talet och dessa kommer nu successivt in i produktionsfas. I dagsläget, dvs. 2021, finns nu ett antal kloner i F₁-generationen som avelsvärderats och därmed möjlighet att anlägga plantager med ännu större vinst. I en utredning av Almqvist & Wennström (2020) visades att det framtida fröbehovet är stort och att nyanläggning av plantager är nödvändigt för att säkra fröförsörjningen av förädlad frö.

De metoder som använts hittills och fortfarande används vid urval är genetisk testning genom fältförsök. I många Norrlandsplantager används dessutom frystester för att få genetiska värden på sannolikheten för överlevnad. Förutom selektionseffekten efter avelsvärdering tillkommer provenienseffekter, en effekt som är gemensam för en viss proveniensgrupp. En fröplantage anses också generera en fysiologisk effekt i fröet och en effekt av att släktskapet i det erhållna fröet är mindre än frö från oförädlade bestånd (s. k. heterosis). Dessa effekter tillsammans har uppskattats till fyra procentenheters vinst jämfört med oförädlad material.

Med en friblommande fröplantage finns en risk att pollen från oförädlade träd i plantagens närhet bidrar till produktionen. Detta sänker den realiserade genetiska vinsten, dvs. den vinst som finns i fröet som används i skogsodlingen. I en växthusplantage kommer allt pollen från klonerna i plantagen och den realiserade vinsten är densamma som den beräknade vinsten utifrån genetiska parametrar. Detsamma gäller vegetativ förökning där man i stor utsträckning kan styra vilka kloner eller familjer som ska ingå. Med vegetativ förökning finns dessutom möjlighet att göra ett mycket starkt urval och därmed öka den genetiska vinsten. Vid användning av specifika familjer och vid vegetativ förökning tillkommer en icke-additiv effekt. Det är en effekt som bara uppstår i en viss helsyskonfamilj eller i vissa enskilda genotyper och inte finns med när man använder sexuell förökning med friavblomning som i en fröplantage.

Andra metoder kan successivt komma att öka sina andelar av det förädlade material som kommer ut i skogsbruket. Konventionella fröplantager kommer dock sannolikt att vara huvudmetod för produktion av förädlad frö under överskådlig tid. Denna rapport syftar till att ge en bild över den fortlöpande förädlingen, vid vilka tidpunkter nya urval är möjliga och prognostisera genetiska vinster vid anläggning av plantager. Rapporten behandlar också hur den genetiska diversiteten i skogsodlingsmaterial ska beaktas och även hur samråd vid anläggning av en fröplantage bör utformas.

Urval till plantagezoner

I det svenska förädlingsprogrammet beräknas det ta 20–35 år att fullborda en förädlingscykel, dvs. att ha gått över till nästa förädlingsgeneration. Orsaken till att ett så stort intervall anges är att det är många faktorer inblandade som komplicerar bilden. Till exempel blommar träden i förädlingspopulationerna efter olika lång tid, en del tidigt och en del senare. Det betyder att förädlingsframstegen görs stegvis under en förädlingscykel. För att uppskatta den framtida vinstnivån vid anläggning av en ny fröplantage får man prognostisera hur långt olika delar av förädlingspopulationerna kommit vid en viss tidpunkt. Realisering av förädlingsframstegen med fröplantager ger därför olika vinst beroende på när i tiden plantagen anläggs.

För alla plantagezoner gäller att kloner till en plantage kan hämtas från flera förädlingspopulationer. En sammanställning av vilka förädlingspopulationer som utnyttjas i de olika plantagezonerna ges för tall i tabell 1 och för gran i tabell 2. En detaljerad beskrivning över prognostiserade vinster för respektive plantagezon ges i avsnittet ”Vinstutveckling i plantagezonerna” och i diagramform i bilaga 1 för tall och bilaga 2 för gran.

Tabell 1. Tallförädlingspopulationernas (Tpop) fördelning på plantagezoner. Markering inom parentes avser populationer där ett mindre antal genotyper kan användas i aktuell plantagezon.

TALL		Plantagezon											
		T1	T2	T3	T6	T7	T10	T12	T13	T15	T16	T18	T19-20
Tpop	1	X	X										
	2	X	X										
	3	X	X	X									
	4			X	X	X							
	5			X	X	X							
	6				X	X							
	7				X	X							
	8				X		X						
	9							X		(X)			
	10						X		(X)				
	11						X	X	(X)	(X)			
	12							X		X			
	13								X		(X)		
	14								(X)	X	X		
	15								(X)		X		
	16										(X)	(X)	
	17										(X)	X	
	18											X	
	19											(X)	X
	20											(X)	X
	21											(X)	X
	22												X
	23												X

För tall kan generellt sägas att en vinstnivå i tillväxt på 25–29 procent är möjlig att åstadkomma i nuläget, eller inom några år, i de allra flesta plantagezoner. Detta jämfört med oförädlad material och under förutsättning att urval görs för endast tillväxt och att de valda parametrarna i vinstberäkningen är rimliga. En ytterligare ökad vinst till 33–38 procent kan realiseras vid mitten av århundradet när urvalet kan göras i F2-generationen. Mindre förbättringar är för flertalet zoner möjliga att göra med tätare intervall i takt med att allt fler delar av populationer testats.

Tabell 2. Granförädlingspopulationernas (Gpop) fördelning på plantagezoner. Markering inom parentes avser populationer där ett mindre antal genotyper kan användas i aktuell plantagezon.

GRAN		Plantagezon								
		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G8-9M	G7	G8-9S
Tpop	1	X								
	2	X	X							
	3	(X)	X							
	4		X	X						
	5			X						
	6			X						
	7			X	X					
	8				X	X				
	9				X	X				
	10					X				
	11					X				
	12						X	(X)		
	13						X	(X)		
	14							X		
	15						(X)		X	
	16						(X)		X	
	17								X	
	18								X	
	19							(X)		X
	20							(X)		X
	21									X
	22									X

För gran är förädlingspopulationerna olika långt framme. Granen är en art med nyckfull blomning, vilket gör att det kan bli större variation i framstegen. De sydliga populationerna ligger längre fram än i norr och redan i nuläget kan plantager med över 30 procents tillväxtvinst anläggas i sydliga plantagezoner. I norr får man vänta ytterligare några år innan det blir möjligt. När vi närmar oss mitten av seklet kan plantager med över 40 procents vinst anläggas.

En realistisk livstid för en fröplantage är ca 40 år. Växttiden fram till full fröproduktion är ca 15 år varefter fröproduktionen pågår under ca 25 år. För att nå hög internpollinering och därmed låg bakgrundspollinering behövs upp mot 20 års växttid. Då blir produktionstiden för det mer högkvalitativa plantagefröet 20 år. Dessa förutsättningar får betydelse för tidsplanen, för planteringsförband och för skötsel av plantagerna.

Tjugo års växttid följt av 20 års full fröproduktion leder till att nya, bättre plantager kan anläggas med ca 20 års intervall i respektive plantagezon. Olika förutsättningar kan gälla i olika zoner beroende på antalet förädlingspopulationer som ingår, hur snabbt förädlingsarbetet fortskrider och hur stort fröbehovet är. Men som tumregel kan 20-års-intervall fungera.

BERÄKNING AV GENETISK VINST

Genetisk vinst vid varje urvalstillfälle beräknas enligt formeln:

$$\Delta G = i CV_{am} r_{jm} r_{ti}$$

Där ΔG = genetisk vinst, i = selektionsintensitet, CV_{am} = den additiva standardavvikelsen i målegenskapen vid omloppstidens slut, ett mått på den genetiska variationen, r_{jm} = korrelation mellan mått egenskap i ung ålder och målegenskap vid omloppstidens slut, r_{ti} = testsäkerhet, ett uttryck för hur väl testade de utvalda träden är.

De olika komponenternas storlek är satta till standardvärden som baseras på varierande underlag. Undantaget är selektionsintensiteten som beräknas för respektive plantagezon och urvalstillfälle utifrån antalet valda kloner, hur stor populationen är som man väljer ur och vilken ranking de utvalda klonerna har. I prognoserna för volym vid omloppstidens slut har den genetiska variationen satts till 12 procent av medelvärdet. Korrelationen mellan mått egenskap och målegenskap har satts till 0,7 och testsäkerheten vid avkommeprövning och urval bakåt till 0,9. För urval framåt har testsäkerheten beräknats dels där F1-generationen representeras av fröplantor, s.k. fenotypurval, dels där F1-generationen testas som kloner. I de fall information finns om antal plantor per familj och antal rameter per klon används de faktiska siffrorna. För framtida urval har schablonvärden använts och testsäkerheten för fenotypurval har satts till 0,202, vid klontestning av tall till 0,364 och för gran till 0,413.

Eftersom flera av de ingående komponenterna satts till standardvärden där säkerheten varierar kan det vara på sin plats att titta närmare på dessa. Vi bortser från selektionsintensiteten som beräknas för respektive population och urvalssituation utifrån givna förutsättningar.

Den additiva variationskoefficienten (CV_a) i målegenskapen volymproduktion per hektar är osäkert bestämd. Observationer över en hel omloppstid där alla övriga förutsättningar kan hållas konstanta saknas och är heller inte möjliga. Några studier kan ge vägledning och det vi kan luta oss mot är framför allt Jansson m. fl. (1998) där CV_a skattades till 0,14 i ett försök med tall som då nått 30 år i fält. Med CV_a uttrycks den additiva variationen i förhållande till medelvärdet och kan då användas som standardmått. Naturligtvis är siffran 0,14 osäker med så litet underlag.

Korrelationen mellan tidig egenskap och målegenskap är en annan parameter som är osäkert bestämd av samma anledning som variationen. I studien av Jansson m.fl. (1998) var korrelationen mellan tidigt mätt höjd och arealproduktion vid 30 års ålder 0,8. Det finns också en publicerad studie av proveniensförsök med tall där korrelationen mellan volym vid 30 års ålder och volym vid 70 års ålder var 0,85 (Marklund 1981). I beräkningarna har produkten av de två korrelationerna använts, dvs. $0,8 \times 0,85 = 0,68$ som avrundas till 0,7.

Testsäkerheten är avhängig hur väl testad en genotyp är, genom sig själv vid klontestning eller genom sina avkommor och släktingar. Detta är en komplicerad parameter som beror på flera faktorer: antal individer som testas i en familj, antalet kopior av varje genotyp (i fallet med klontestning) och storleken på varianserna som ingår i den genetiska modellen, additiv varians, icke-additiv varians och miljövariens. Testsäkerheten har värdet ett när det slumpmässiga felet i skattningarna är noll, vilket naturligtvis endast är ett teoretiskt fall. I följande avsnitt redogörs närmare för hur standardvärdena för testsäkerhet beräknats.

Slutligen finns också ett genotypmiljösamspel som reducerar den genetiska vinsten. Med det avses hur väl korrelerade de genetiska prestationerna är från försök till försök. Här finns många skattningar och för både tall och gran verkar genomsnittet ligga på en genetisk korrelation mellan försök på 0,7. Denna faktor reducerar CV_a genom att multiplicera med kvadratroten ur den genetiska korrelationen mellan försök (Dickerson 1962). Det korrigerade standardvärdet på CV_a blir då $0,7^{0.5} \cdot 14 \% = 0,837 \cdot 14 \% = 11,7 \%$, avrundat 12 %.

Genetisk vinst vid urval till förädlingspopulationer

Den vinst som gjordes vid urvalet av plusträd fungerar som basvärde för alla förädlingspopulationer. Urvalseffekten vid plusträdsurvalet har skattats till 10 procent jämfört med oförädlad material, baserat på ett stort antal fältförsök där plusträdens avkommor testats och jämförts med oförädlad material.

För urvalet av plusträd till förädlingspopulationer görs en grundberäkning med de antagna parametrarna och med ett *i*-värde (selektionsintensitet) som beräknas utifrån den urvalsprocent som gäller i den enskilda populationen. Om de 25 procent bästa plusträden väljs till en population blir *i*-värdet 1,27 och den genetiska vinsten, ΔG , beräknas enligt formeln med standardparametrar.

$$\Delta G = 1,27 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 12 \% = 9,6 \%$$

Denna vinst adderas till basvärdet 10 procent och den sammanlagda vinsten speglar den genomsnittliga nivån för plusträd som valdes till förädlingspopulationen. Selektionsintensiteten varierar mellan förädlingspopulationer beroende på antalet plusträd som fanns tillgängliga för urval i utgångsläget och följaktligen varierar också den genetiska nivån mellan olika populationer.

Testning av F1-generationen har skett och sker enligt två huvudalternativ: fenotypurvals-försök och klontestning.

I fenotypurvals försök (alternativ 1) testas ett stort antal avkommor från varje korsning i fältförsök. Om den bästa av 100 testade avkommor väljs blir selektionsintensiteten 2,5. Testsäkerheten beräknas enligt formeln:

$$r_{ti} = 0,5 * \sigma_a * (1-1/m) / [(0,5 * \sigma_a^2 + 0,75 * \sigma_d^2) * (1-1/m) + \sigma_e^2/n]^{0,5}$$

där σ_a = kvadratroten av den additiva variansen, m = antalet genotyper per familj, σ_a^2 = additiv varians, σ_d^2 = dominansvariens, σ_e^2 = felvariens och n = antalet individer per genotyp.

Som standardvärden för varianser har σ_a^2 satts till 0,15, σ_d^2 till 0,10 och σ_e^2 till 0,75. Vidare antas att 100 genotyper testas per familj och i fallet med fenotypurval blir antalet individer per genotyp lika med 1. Med dessa antaganden blir testsäkerheten 0,202. Urval av den bästa av 100 genotyper ger en selektionsintensitet på 2,5. Den genetiska vinsten av fenotypurvalet blir då:

$$\Delta G = 2,5 * 0,7 * 0,202 * 12 \% = 4,3 \%$$

Vid klontestning testas färre kloner per familj jämfört med fenotypurval, men varje enskild klon testas med flera individer och testsäkerheten blir därmed högre. För gran testas normalt 40 kloner i en familj och ett rimligt genomsnittligt antal av 12 individer per klon, vilket ger en testsäkerhet av 0,413. Urval av den bästa av 40 kloner ger en selektionsintensitet på 2,16. Den genetiska vinsten i urvalet av F1-genotyper blir:

$$\Delta G = 2,16 * 0,7 * 0,413 * 12 \% = 7,5 \%$$

Vid klontestning av tall har antagits att 50 kloner testas med i genomsnitt 6 kopior per klon vilket ger 0,364 i testsäkerhet. Urval av den bästa av 50 kloner ger en selektionsintensitet på 2,25. Den genetiska vinsten i urvalet av F1-genotyper blir:

$$\Delta G = 2,25 * 0,7 * 0,364 * 12 \% = 6,6 \%$$

För ett antal populationer har hela eller delar av F1-generationen redan testats genom klontestning. I dessa fall har faktiska värden på antal genotyper per familj och antal plantor per klon använts.

Urvalsvinsten i F1 adderas till vinstnivån som nåddes när plusträden valdes till förädlingspopulationerna efter testning.

Genetisk vinst vid urval till en fröplantage

Ett urval till en fröplantage kan göras snävare än till en förädlingspopulation, dels behövs inte alla genotyper, dels kan man välja från ett större antal genotyper när de hämtas från flera populationer.

I de vinstberäkningar som gjorts i denna rapport har genomgående 20 kloner från F1-generationen med lika representation i plantagen använts. Effekten av ett sådant urval har baserats på några populationer där större delen av F1-generationen testats. Genomsnittligt avelsvärde vid olika urvalsprocenter jämförs då med det genomsnittliga avelsvärdet för samtliga valda F1-genotyper och genom regressionsanalys ställdes följande funktioner upp för beräkning av den ytterligare vinst som görs vid urval till en plantage.

För tall: $y = -0,947x + 0,906$

För gran: $y = -0,416x + 0,383$

där y = urvalskoefficient, x = urvalsprocent. Den lägre effekten för gran kommer av att variationen mellan F1-genotypernas avelsvärden var mindre än för tall-exemplen. I de fall koefficienten understiger 0 har den satts till 0 för att undvika en ologisk effekt.

Urvalskoefficienten multipliceras med den genetiska vinst som beräknats för F1-urvalet (avståndet mellan F1-nivån och plusträdsnivån i förädlingspopulationen) och resultatet adderas till den totala genetiska vinst som nåtts efter det urvalet. Det måste framhållas att underlaget för denna beräkning är svagt, men effekterna av ett snävare urval till plantager rör sig oftast inte om mer än några procentenheter.

I dagsläget finns inga uttalade regler för vilken lägsta genetisk diversitet som är tillåten, men ett urval motsvarande 20 obesläktade kloner i en plantage anges ofta som en tumregel. Se nedanstående avsnitt "Genetisk diversitet". Denna nivå har använts i beräkningar av vinster i fröplantager. Nivån 20 obesläktade kloner kan nås på olika sätt. Genom att öka antalet valda kloner men låta dessa variera i antal ympar/sticklingar kan vinsten ökas ytterligare med bibehållen diversitet motsvarande 20 obesläktade kloner. En ytterligare ökning kan erhållas genom att tillåta ett visst släktskap mellan valda kloner. Dessutom finns som regel några kloner i F0-generationen som kan konkurrera med F1-klonerna vilket också höjer den genetiska vinsten. Sådana möjligheter har inte tagits hänsyn till vid prognostiseringen.

Testsäkerheten har beräknats med underlag från de F1-tester som gjorts eller planeras. Emellertid skattas avelsvärden också med information från många andra fältförsök där släktingar ingår. Data från dessa släktingars prestation ökar testsäkerheten. Att exakt beräkna testsäkerheten med all information är komplicerat. För prognoserna får det anses tillräckligt att ange vinster på det sätt som gjorts för respektive plantagezon och vara medveten om sannolikheten för underskattning.

Genetisk diversitet

INLEDNING

Skogsvårdslagen innehåller inte några minimikrav på genetisk diversitet i fröplantager. Det finns däremot en mycket tydlig förväntan på skogsbruket att den genetiska diversiteten på bestånds- och landskapsnivå ska säkras. Detta uttrycks bland annat i Konventionen om biologisk mångfald, Rådets Direktiv 1999/105/EG om saluföring av skogsodlingsmaterial och i Skogsstyrelsens rapport 2017/7 om skogsträdens genetiska mångfald. I denna sektion ger Skogsstyrelsen sin syn på genetisk diversitet i fröplantager och skogsodlingsmaterial från dessa, och hur detta kan påverka den genetiska diversiteten i skogen. Syftet är att ge vägledning inför planering och uppbyggnad av nya fröplantager för gran och tall.

Fortfarande saknas mycket kunskap om den genetiska diversiteten på landskapsnivå och vi kan därför inte veta exakt vilken genetisk diversitet som krävs i fröplantager och skogsodlingsmaterial för att diversiteten ska bevaras. Men eftersom förädlad skogsodlingsmaterial dominerar skogsodlingen för gran och tall, och därmed kan ha effekter på den genetiska diversiteten på landskapsnivå, är det viktigt att skogsbruket har en övergripande strategi för att trygga diversiteten på landskapsnivå. Det handlar exempelvis om antalet plantager avsedda för ett visst användningsområde och deras livslängd. Frågor om detta återkommer i kapitlet Förslag till procedur vid anläggning av nya plantager.

Klimatförändringarna kommer att påverka många ståndorts- och stressfaktorer på ett svårförutsägbart sätt i framtiden. Det gör att andra kända eller okända egenskaper än de vi förädlar för idag kan visa sig viktiga för odlingssäkerhet och för skogens resiliens. Kunskapen om genetiska korrelationer mellan sådana egenskaper och de egenskaper vi förädlar för idag kommer troligen att öka. Vidare kan man anta att utvecklingen av tekniker för genetisk analys kommer att leda till allt bättre skattningar av genetisk diversitet. Sammantaget innebär detta att det måste finnas en beredskap att anpassa såväl förädlingens inriktning som fröplantagernas innehåll till ny kunskap.

Mot ovanstående bakgrund anser Skogsstyrelsen att det inte är aktuellt att i dagsläget ändra dagens normer för diversitet i plantager. Men de ska inte betraktas som statiska utan behöver kunna omprövas om så krävs i framtiden. Skogsstyrelsen anser dock att det redan nu är lämpligt med en viss extra marginal i antalet kloner i nya plantager för att kompensera för osäkerheter och skillnader i olika kloners bidrag till fröskörden. Detta utvecklas i följande avsnitt.

Fröproduktion i fröplantager är biologi och det kommer därför alltid att finnas variation som avviker från riktlinjer och målsättningar. Förutom att arbeta för att minimera effekterna av denna variation på den genetiska diversiteten bör den variation som ändå uppträder dokumenteras systematiskt för framtida uppföljning.

Antal kloner i fröplantager

För gran- och tallfröplantager har det etablerats en norm att antalet kloner bör vara minst omkring 20–25 (Prescher & Lindgren 2005). Det effektiva antalet kloner (motsvarar antal obesläktade kloner) bör ligga runt 20. Dessa tal bygger på rekommendationer som har sin grund i modeller för skattning av genetisk diversitet. Andra länder i Europa tillämpar liknande spann eller har lagstadgade miniminivåer på en högre nivå (upp till 40–50 kloner). Skogsstyrelsen anser att rådande norm generellt sett kan kvarstå, men att det finns faktorer som innebär att fler eller färre kloner ska kunna övervägas i en fröplantage.

Den genetiska diversiteten på landskapsnivå eller regional nivå kan exempelvis bli högre om flera plantager med ett mindre antal obesläktade kloner per plantage används än om plantager med fler men mer besläktade kloner används. Generellt bör det ställas högre krav på genetisk diversitet på plantager som kommer att ge frö till stora arealer än plantager med mer begränsad användning.

Den genetiska diversiteten kommer i allmänhet att vara lägre än beräknat på grund av avvikelser från slumpmässig parning, exempelvis klonernas olika blomningsbenägenhet, blomningstidpunkt, skillnader i fruktsamhet och inbördes kompatibilitet till befruktning. Detta bör beaktas vid klonurval, och ett högre antal kloner än normen bör användas för att kompensera för osäkerheter kring blomning och fruktsamhet.

Olika frekvenser av olika kloner i en plantage är ett sätt att öka den genetiska vinsten utan att förlora i beräknad diversitet. Men detta förutsätter att klonerna bidrar till avkomman i paritet med deras frekvens. När olika frekvenser av olika kloner används är det därför av stor vikt att alla kloner har en tillfredsställande blomning och fruktbarhet eller att ett större antal kloner ingår för att kompensera för osäkerheten.

Ett högre antal kloner än normen vid etablering av en fröplantage kan således kompensera för osäkerheter kring blomning och fruktsamhet. Det ökar även möjligheterna till framtida gallring för att exempelvis selektera bort kloner med oönskade egenskaper.

Hormonell blomningsstimulering hos gran ökar inte bara blomningen, utan kan även jämna ut klonernas bidrag till fröproduktionen så att diversiteten i avkomman ökar. Trots dessa fördelar kan det vara olämpligt att ha blomningsstimulering som en förutsättning vid urval av kloner till granplantager då vi inte vet om blomningsstimulering verkligen kommer till stånd i framtiden.

Fröskörd

För att undvika onödig diversitetsförlust är det viktigt att hela plantagen skördas så att alla kloner med kott bidrar till fröpartiets genetiska diversitet. Kloner som inte bidrar med kott bör dokumenteras och resultaten utgöra underlag vid urval till framtida plantager.

När DNA-analyser för att genetiskt karaktärisera enskilda fröpartiars avvikelser från slumpmässig parning och grad av pollenkontamination utvecklats, bör de användas och ligga till grund för beslut om fröpartiernas användning. Om större avvikelser förekommer eller befarsas bör möjligheten att blanda olika årgångar av frö från en plantage övervägas för att öka den genetiska diversiteten. I sådana fall utfärdas stambrev för det sammanlagda fröpartiet.

Pollenkontamination och pollenspridning

Pollenkontamination kan bidra till den genetiska diversiteten, men det är en oförutsägbar och okänd faktor. Om plantagen anläggs långt ifrån ingående kloners härkomst-koordinater är det osäkert vilket bidrag den kommer att ge till skogsplanteringen. Unga plantager kan ha en stor andel avkomma från vildpollen vilket kan leda till en okänd men potentiellt hög genetisk diversitet, men också till att avkommans egenskaper avviker väsentligt från klonerna i plantagen.

Inneslutning av gran- och tallfröplantager i växthus eller liknande kan i hög grad påverka den genetiska diversiteten, och uppgifter om inneslutning måste därför ingå i underlaget vid godkännande av frökälla. Inneslutning kan även potentiellt ge epigenetiska effekter som kan ge ärftlig påverkan på avkommans hårdighet och andra egenskaper.

Vid sidan av de ingående klonerna kan den genetiska diversiteten påverkas av plantagens läge, form, och planteringsmönster. Detta bör beaktas i samband med plantageanläggning.

Framtiden

Urvalet till framtidens fröplantager kommer att ge allt större effekter genom ytterligare förädlingscykler och användning av mer avancerade beslutsstöd. Urvalet av fröpartier avsedda för vegetativ förökning (sticklingar och somatisk embryogenes) kommer troligen att vara ännu vassare i fråga om tillväxt och andra egenskaper. Hur detta kommer att påverka den genetiska diversiteten i skogen är svårt att förutse, vilket kräver att frågan om genetisk diversitet hela tiden får det utrymme som krävs i arbetet med nya frökällor.

Tidsaspekter

Tidpunkterna för urval har gjorts enligt schabloner där fälttestning har antagits ta en viss bestämd tid för respektive landsända. Tiderna för fälttestning sattes till 12, 14, 16 och 18 år för respektive södra Sverige, Mellansverige, södra Norrland och norra Norrland. Särskilt för gran finns osäkerhet i tidpunkten för korsning med tanke på trädslagets nyckfullhet i blomning. Å andra sidan kan granen blomma ymnigt vissa år och en stor mängd korsningar kan genomföras. Begränsningen kan då i stället bli kapaciteten i plantodling och försöksutläggning. Det är omöjligt att göra säkra uppskattningar av tiden mellan förökning av kloner till dess korsningarna är genomförda. Förädlarna har gjort rimliga bedömningar och angivna tidpunkter för urval bör inte vara alltför långt från det faktiska utfallet.

En viktig tidsaspekt vid kommande urval av kloner i F1-generationen är att mängden ympris eller sticklingar som kan tas från en utvald klon är begränsad. En uppskalningsfas med anläggning av en tillfällig arkivplantering kommer att ta några år. Med klonade F1-tester finns mer förökningsmaterial att hämta men det kan ändå bli en fördröjning. Denna tidsaspekt har det inte tagits hänsyn till i prognoserna.

Vinstutveckling i plantagezonerna

TALL

I bilaga 1 ges en grafisk presentation av utvecklingen för respektive tallplantagezon. I diagrammen anges antal kloner som finns tillgängliga från förädlingspopulationernas F1-generation och, i förekommande fall F2-generation, vid olika tidpunkter och en skattning av medelvinstnivå i populationerna och vid anläggning av en plantage. Bara prognostiserade urval och vinster för tillväxt redovisas. Om andra egenskaper vägs in i urvalet reduceras tillväxtvinsten beroende på antal ytterligare egenskaper och de genetiska korrelationerna mellan egenskaperna och tillväxt. Värdet av urvalet blir dock detsamma eller högre förutsatt att de ekonomiska vikterna på respektive egenskaper är rätt satta.

Plantagezon T1 och T2 slås samman och en plantage kan serva båda zonerna. Här finns möjlighet att anlägga en plantage med 29 procents tillväxtvinst i nuläget med de F1-genotyper som finns tillgängliga. I takt med att tester av fler kandidater ur F1-generationen blir klara, ökar vinsten successivt. År 2047 har en del av F2-generationen testats och det är möjligt att nå 37 procents vinst i en fröplantage.

I plantagezon T3 är det i nuläget möjligt att anlägga en plantage med 24 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och ca 2050 kan en vinst på 32 procent nås.

I plantagezonerna T6 och T7 är det i nuläget möjligt att anlägga en plantage med 25–26 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när en del av F2-generationen testats 2050 kan en vinst på 33 procent nås.

I plantagezonerna T10, T12, T13 och T15 är det i nuläget möjligt att anlägga en plantage med 26–27 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när en del av F2-generationen testats 2039 kan en vinst på 33 procent nås.

I plantagezon T16 och T18 är det i nuläget möjligt att anlägga en plantage med 26 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när en del av F2-generationen testats 2037 kan en vinst på 33–34 procent nås.

Plantagezon T19 och T20 slås samman och det är i nuläget möjligt att anlägga en plantage med 25 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när en del av F2-generationen testats 2041 kan en vinst på 35 procent nås.

GRAN

I bilaga 2 ges en grafisk presentation av utvecklingen för respektive granplantagezon. I diagrammen anges antal kloner som finns tillgängliga från förädlingspopulationernas F1-generation och, i förekommande fall F2-generation, vid olika tidpunkter. Dessutom anges för olika tidpunkter en skattning av medelvinstnivå i populationerna och vid anläggning av en plantage. Bara prognostiserade urval och vinster för tillväxt redovisas. Om andra egenskaper vägs in i urvalet reduceras tillväxtvinsten beroende på antal ytterligare egenskaper och de genetiska korrelationerna mellan egenskaperna och tillväxt. Värdet av urvalet blir dock detsamma eller högre förutsatt att de ekonomiska vikterna på respektive egenskaper är rätt satta.

I plantagezon G1 är det 2027 möjligt att anlägga en plantage med knappt 29 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när alla genotyper i F1-generationen testats 2048 kan en vinst på ca 33 procent nås.

I plantagezon G2 är det 2027 möjligt att anlägga en plantage med 25 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när alla genotyper i F1-generationen testats 2048 kan en vinst på 32 procent nås.

I plantagezon G3 är det 2030 möjligt att anlägga en plantage med 30 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när alla genotyper i F1-generationen testats 2048 kan en vinst på 34 procent nås.

I plantagezon G4 är det 2030 möjligt att anlägga en plantage med 30 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när (nästan) alla genotyper i F1-generationen testats 2050 kan en vinst på 34 procent nås.

I plantagezon G5 är det 2024 möjligt att anlägga en plantage med 33 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när (nästan) alla genotyper i F1-generationen testats 2048 kan en vinst på 41 procent nås.

I plantagezon G6 är det i nuläget möjligt att anlägga en plantage med 29 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när alla genotyper i F1-generationen testats 2039 kan en vinst på 34 procent nås. År 2043 har en del av F2-generationen testats och vinsten stiger då till nästan 36 procent.

I plantagezon G8-9M är det i nuläget möjligt att anlägga en plantage med 29 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när alla genotyper i F1-generationen testats 2041 kan en vinst på 34 procent nås. År 2051 har en del av F2-generationen testats och vinsten stiger då till 40 procent.

I plantagezon G7 är det i nuläget möjligt att anlägga en plantage med 34 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när alla genotyper i F1-generationen testats 2032 kan en vinst på 38 procent nås. År 2045 har en del av F2-generationen testats och vinsten stiger då till 41 procent.

I plantagezon G8-9S är det i nuläget möjligt att anlägga en plantage med 35 procents tillväxtvinst. Successivt ökar vinsten när fler F1-kandidater testats och när alla genotyper i F1-generationen testats 2034 kan en vinst på 36 procent nås. År 2042 har en stor del av F2-generationen testats och vinsten stiger då till över 41 procent.

Konventionella plantager

I en fritt blommande plantage kommer en del av pollenet som befruktar honblommorna från oförädlade träd i närheten av plantagen, s.k. inkorsning. Beroende på hur stor andelen oförädlad pollen är reduceras vinsten i fröskörden. Om 50 procent av pollenet kommer från oförädlade träd reduceras vinsten med en fjärdedel. För en plantage med en genetisk vinst på 40 procent skulle vinsten minska till 30 procent i det skördade fröet om inkorsningen är 50 procent. Om inkorsningen i stället är 25 procent reduceras vinsten till 35 procent.

Växthusplantager

I en växthusplantage hindras oförädlad pollen från att bidra vid blomningen och fröet innehåller nu hela den genetiska vinsten. Begränsningen blir då i stället tillgänglig yta och behov av kraftig beskärning, vilka båda bidrar till färre blommor och lägre fröskördar per träd. Erfarenheter av växthusplantager är blygsamma men konceptet har stor potential och blir mer attraktivt ju större den genetiska vinsten är. En växthusplantage med träd i kruka har fördelen att kloner snabbt kan bytas ut när nya kloner med högre avelsvärden finns tillgängliga. Vinsten kan då ökas betydligt snabbare och enklare än i en markbunden plantage allteftersom förädlingen går framåt.

Klonblandningar

I likhet med växthusplantager innehåller en klonblandning hela den additiva genetiska vinsten eftersom ingen inkorsning med oförädlad pollen sker. Vid vegetativ förökning kan dessutom icke-additiva effekter utnyttjas, till exempel genom att föröka korsningar som i genomsnitt presterar bättre än de båda föräldrarnas genomsnitt (dvs. dominansvarians kan utnyttjas). Detta plus det snävare urval som kan göras från utgångsmaterialet ger ännu lite högre genetisk vinst i materialet som går ut i skogen. Den tillämpning som används idag och sannolikt också kommer att användas i framtiden är s.k. bulkförökning. En sådan förökning håller inte isär olika kloner och vinstnivå i det selekterade materialet bibehålls. Fokus läggs då på att utgångsmaterialet ska hålla så hög genetisk nivå som möjligt.

Tidsplaner

Som underlag för att upprätta tidsplaner bör följande faktorer beaktas:

1. Nuvarande TreO-plantagers ålder och produktion, vilket medför att turordningen för FyrO-plantagerna blir ungefär densamma som för TreO-plantagerna med 20 års förskjutning framåt i tiden. Tjugoårsuppskattningen är optimistisk och får ses som bästa möjliga.
2. Tidpunkt när nya, testade och bättre avelsträd blir tillgängliga enligt framskrivning av förädlingspopulationerna. Även här finns en osäkerhet eftersom de ingående momenten (blomning, korsning och testning) är biologiska och kan drabbas av förseningar. Man bör också vara medveten om att mängden förökningsmaterial kan vara begränsad och att det kan krävas extra tid för att få tillräckliga mängder.
3. Läget i fröförsörjningen enligt de nya fröbehovsberäkningarna. Kräver en framskrivning av TvåO- och TreO-plantagernas avkastning (i några fall också EttO-plantager?).

Organisation och finansiering

Plantageuppbyggnaden organiseras på samma sätt som vid TreO-uppbyggnaden. Varje plantage ägs av lokala delägare. För att underlätta och effektivisera verksamheten hanteras flera plantager inom en landsända av regionala samarbetsgrupperingar. Delägarna bär hela det ekonomiska ansvaret för plantageverksamheten.

FÖRSLAG TILL PROCEDUR VID ANLÄGGNING AV NYA PLANTAGER

Inledning

Enligt Skogsstyrelsens föreskrifter (SKSFS 2002:2) måste skogsodlingsmaterial för saluföring komma från en frökälla som godkänts av Skogsstyrelsen eller annan myndighet i EU. (Särskilda regler gäller för material som importerats från tredjeland.)

Föreskrifterna innehåller bestämmelser om vilket underlag som krävs för godkännande i olika kategorier. Fröplantager kan godkännas i kategorierna individutvalt och testat. För fröplantager gäller bland annat att planteringen ska vara utförd enligt en plan som har godkänts av Skogsstyrelsen.

Planeringsfasen

Inför anläggning av nya fröplantager och större förändringar av befintliga plantager kontaktas Skogsstyrelsen för inledande frivilligt samråd. Vid samrådet diskuteras:

- Hur den genetiska diversiteten ska säkras på bestånds- och landskapsnivå (med utgångspunkt från avsnittet om genetisk diversitet)
- I tillämpliga fall antal plantager för ett visst geografiskt användningsområde
- Vilka urvalsparametrar som kommer att användas, och hur de kommer att viktas, t.ex.
 - o arealproduktion (överlevnad och tillväxt)
 - o virkeskvalitet (grenkvalitet, stamkvalitet och veddensitet m.m.)
 - o resistens mot specifika skadegörare
- Plantagens uppbyggnad
 - o ungefärligt antal kloner och effektivt antal kloner
 - o grad av släktskap mellan kloner
 - o ungefärligt antal rameter per klon (grad av linear deployment)
 - o planteringsmönster
 - o uppförökningsteknik (ympar och sticklingar etc.)
- Planerad produktion (kg per år, livslängd, planerad återbeskogningsareal och andel av total återbeskogningsareal)
- Plantagens geografiska läge
 - o ort, koordinater och läge i förhållande till avsett användningsområde
 - o isolering (pollenkontamination)
 - o ståndort
 - o plantagens geometriska form och ytstorlek.

Därutöver kan andra egenskaper som skogsbruket och samhället värderar tas upp till diskussion, t.ex. anpassning till kända och okända skadegörare och till förändrade miljöfaktorer såsom storm och torka.

Plantageanläggning

Intressenterna anlägger plantagen. Om större avsteg från samrådet inträffar bör ett förnyat samråd kring detta hållas.

Godkännande av fröplantage

När plantagen är etablerad och klonlistan har fastställts kan ansökan om godkännande lämnas in till Skogsstyrelsen.

Plantagen ska vara godkänd när den skördas kommersiellt för första gången.

Inför ansökan om godkännande av plantager där klonurvalet gjorts med hjälp av TreePlan bör Skogforsk och Skogsstyrelsen utarbeta en modell för hur urvalet presenteras för att underlätta utvärderingen.

Skötsel av fröplantage

Fröplantager ska enligt Skogsstyrelsens föreskrifter skötas, och frön skördas, så att målen för plantagen kan uppnås. Det innebär bland annat att fröskörden utförs så att plantagens genetiska variation så väl som möjligt avspeglas i det skördade fröet. Det innebär även att selektiv skörd och genetisk gallring som utförs i fröplantager anmäls till Skogsstyrelsen. Även avgångar till följd av skador och liknande ska anmälas till Skogsstyrelsen om det finns risk för att målen med plantagen avseende genetisk vinst eller genetisk diversitet inte uppnås. Skogsstyrelsen kan då göra erforderliga ändringar av uppgifter om t.ex. Klonsammansättning i rikslängden, så att utfärdade stambrev ger korrekt information om fröpartiets genetiska sammansättning.

Avgift

Ansökan om godkännande av frökälla är avgiftsbelagd. Inledande frivilliga samråd ska inte vara avgiftsbelagda.

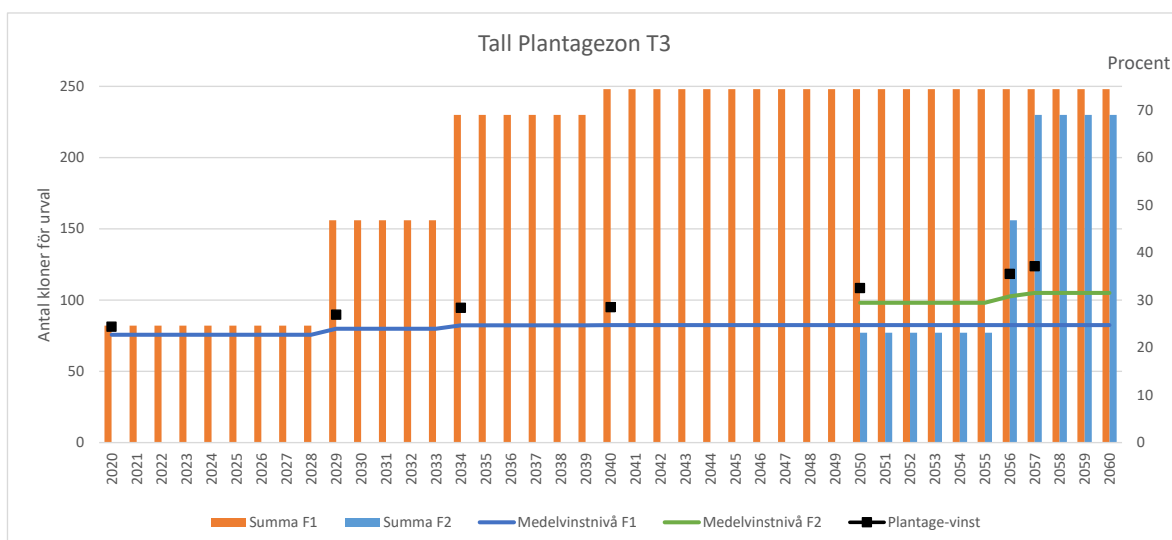
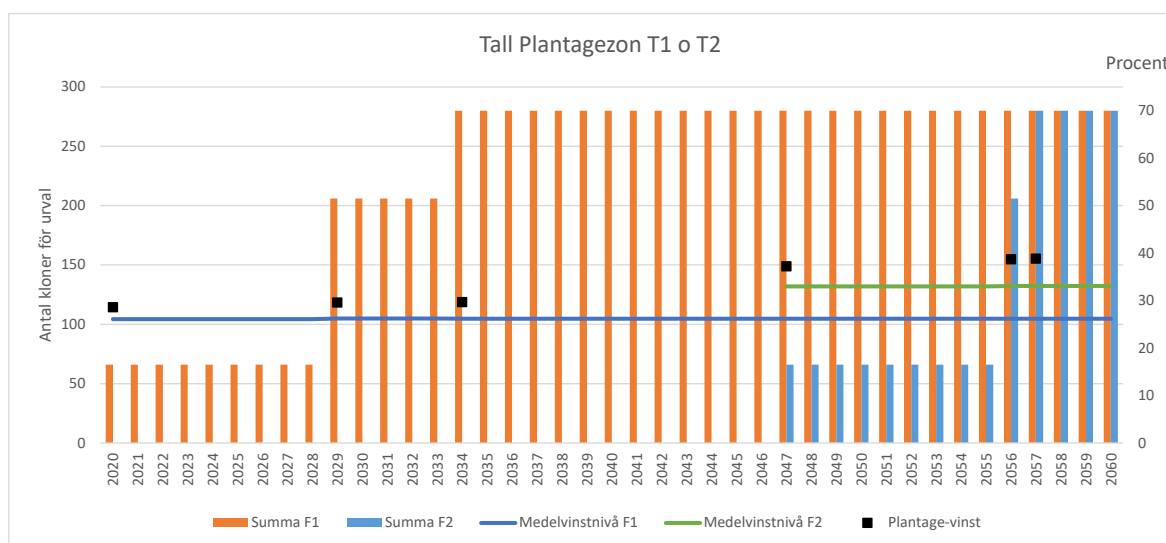
Referenser

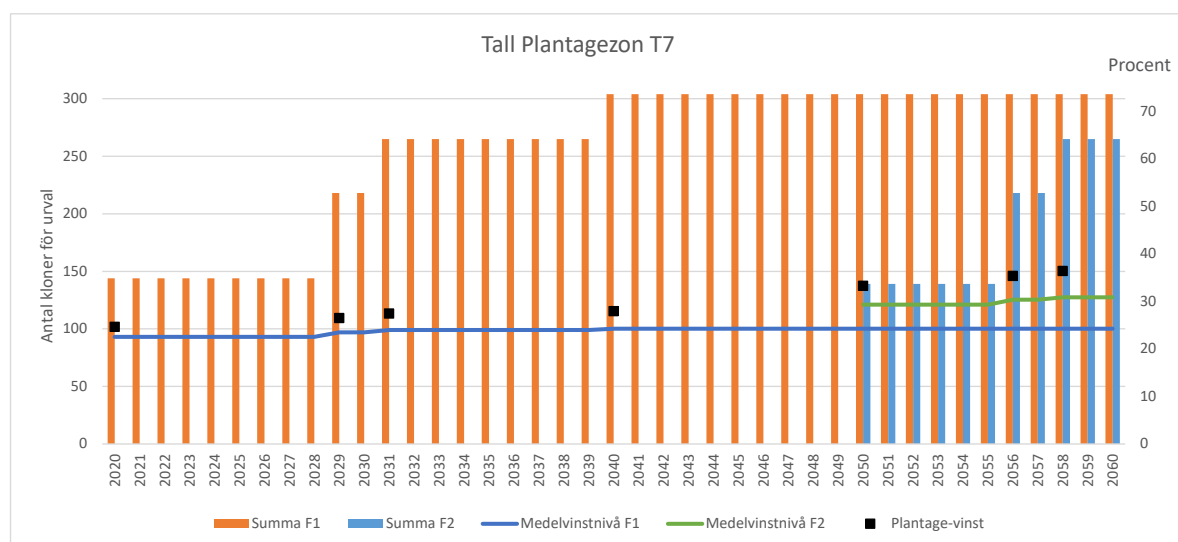
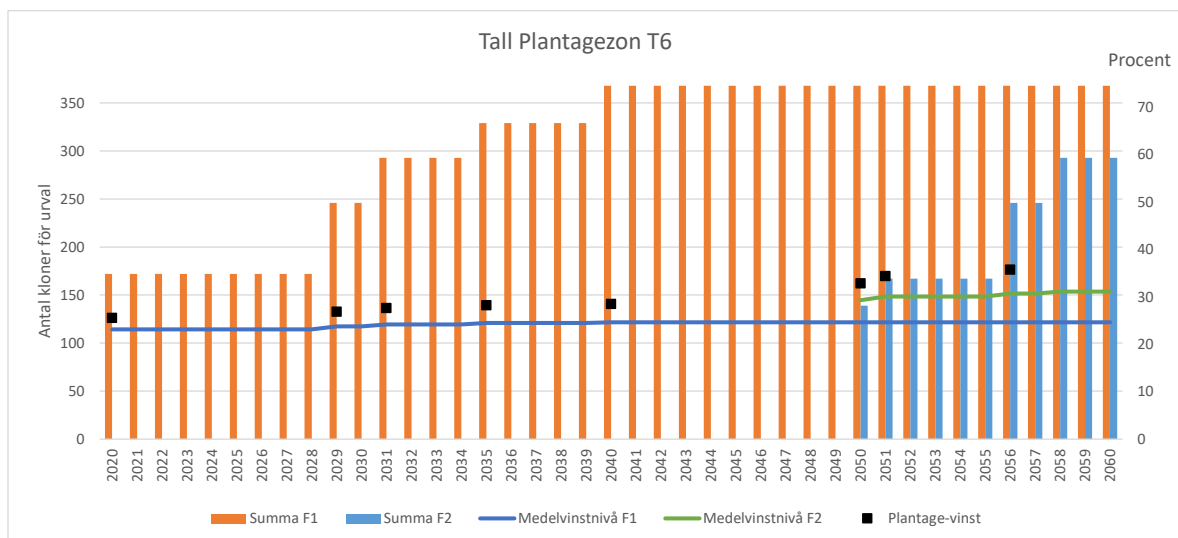
- Almqvist, A. & Wennström, U. 2021. Förädlad skogsodlingsmaterial 2020-2064. Arbetsrapport 1066-2020, Skogforsk.
- Dickerson, G. E. 1962. Implications of genetic-environmental interaction in animal breeding. *Animal Production* 4: 47-63.
- Jansson, G., Danell, Ö. & Stener, L.-G. 1998. Correspondence between single-tree and multiple-tree plot genetic test for production traits in *Pinus sylvestris*. *Can. J. For. Res.* 28(3): 450–458.
- Marklund, E. 1981. Äldre tallproveniensförsök ger underlag för produktionsprognoser. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 5: 9-14.
- Prescher, F. & Lindgren, D. Optimal clone number for seed orchards with tested clones. *Silvae Genetica* 54: 80-92.

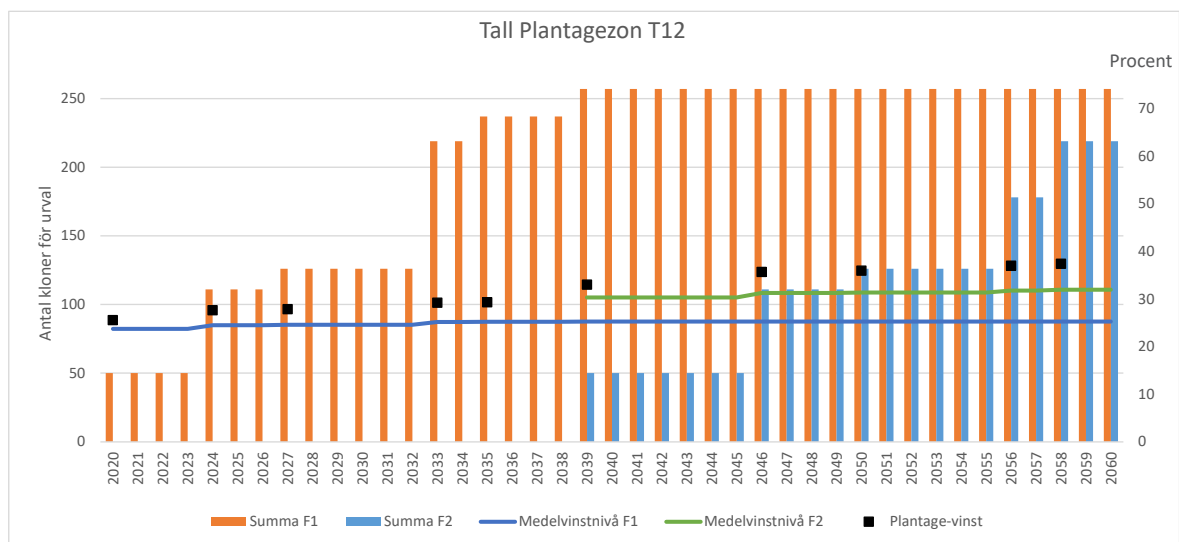
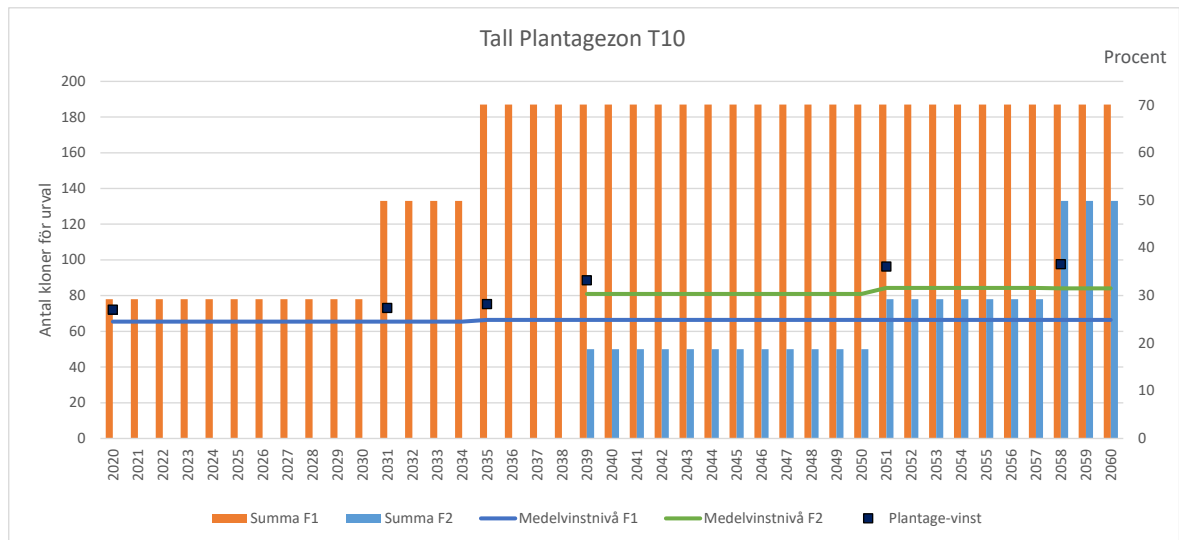
Bilaga 1.

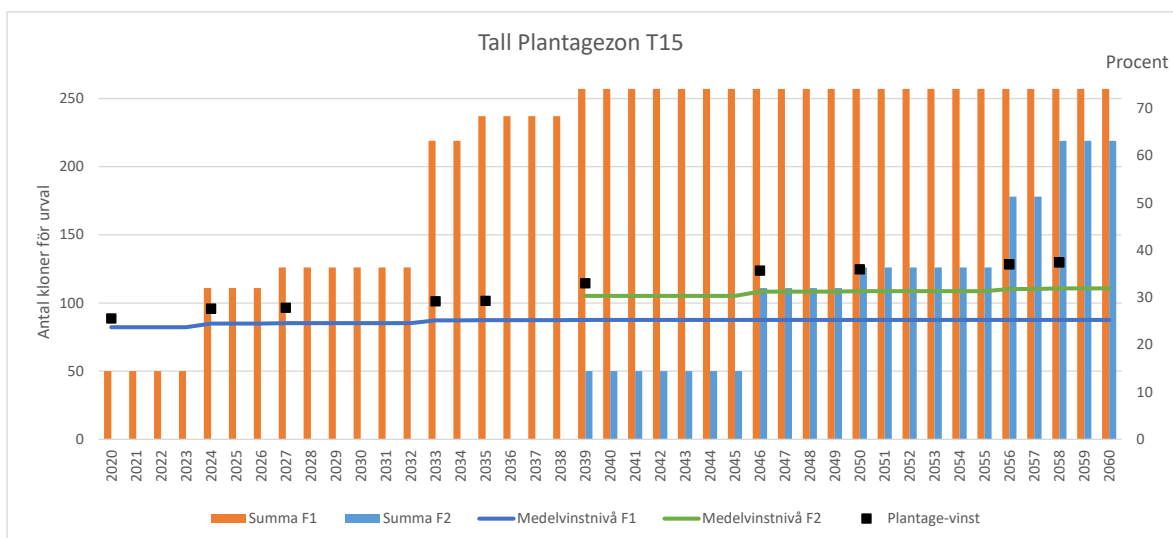
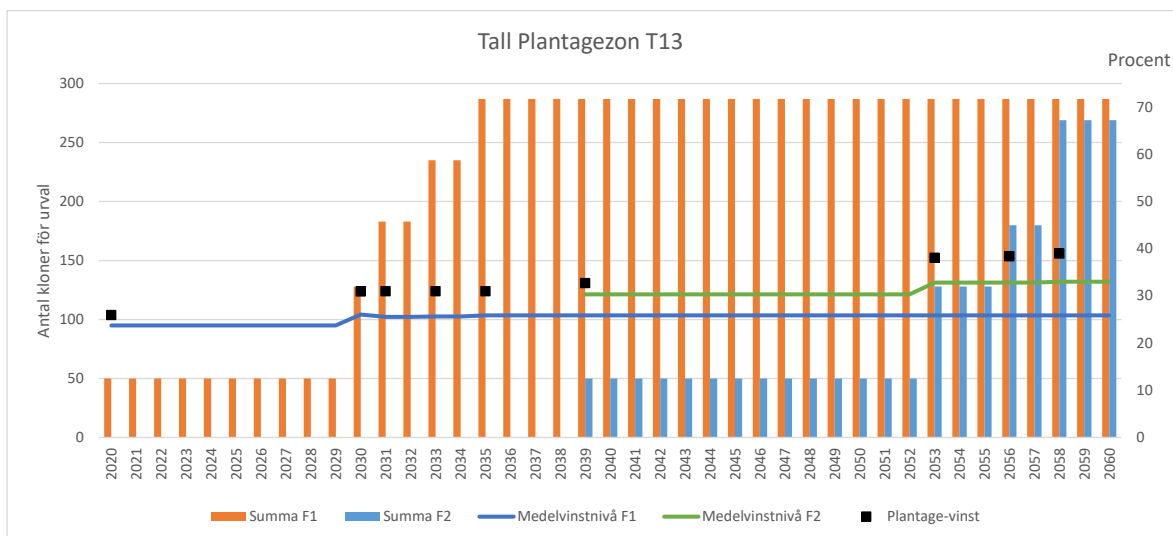
PROGNOS ÖVER VINSTUTVECKLING FÖR NYANLÄGGNING AV PLANTAGER ÖVER TID OCH FÖR DE OLIKA PLANTAGEZONERNA FÖR TALL

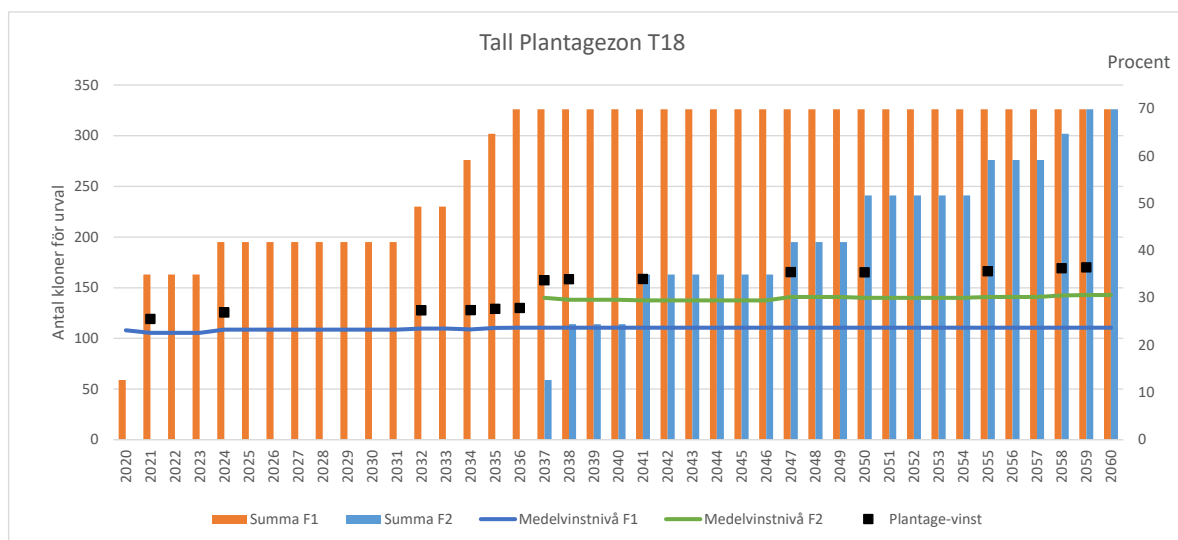
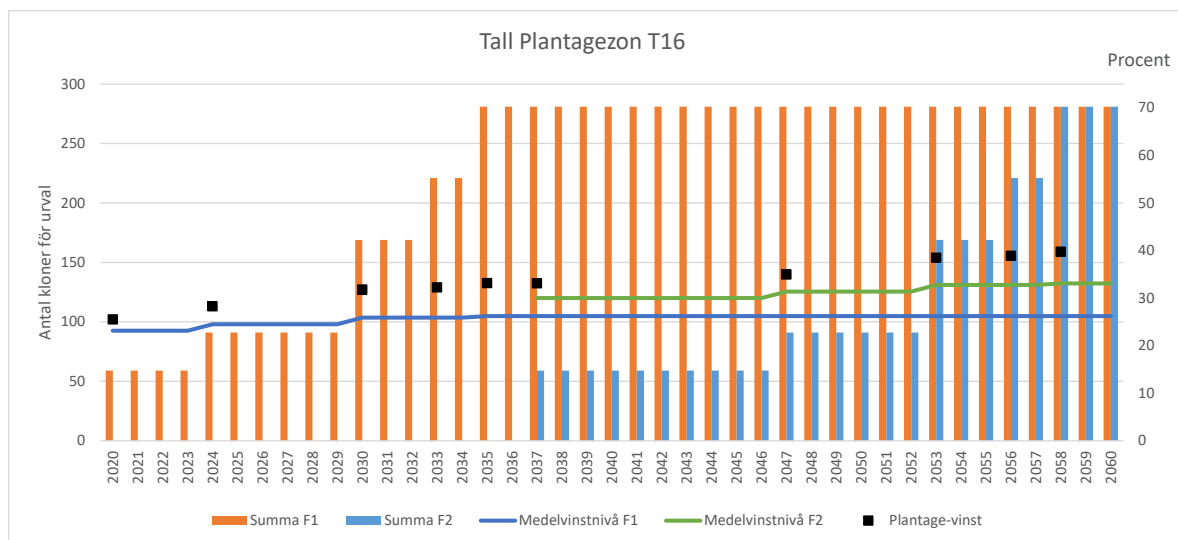
Staplar anger antalet kloner tillgängliga för urval, orange staplar för testade kloner i F1-generationen, blå staplar för testade kloner i F2-generationen, skalan återfinns på vänster y-axel. Vid varje tillskott av testade kloner har vinsten för en plantage beräknats vid ett urval av 20 kloner, skalan återfinns på höger y-axel.

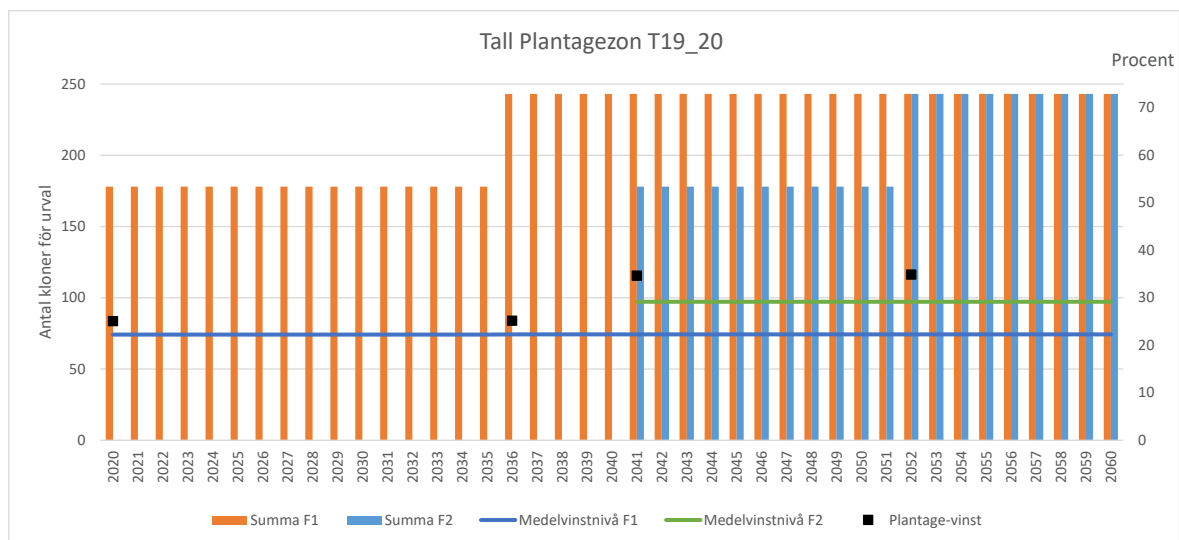












Bilaga 2.

PROGNOS ÖVER VINSTUTVECKLING FÖR NYANLÄGGNING AV PLANTAGER ÖVER TID OCH FÖR DE OLIKA PLANTAGEZONERNA FÖR GRAN

Staplar anger antalet kloner tillgängliga för urval, orange staplar för testade kloner i F1-generationen, blå staplar för testade kloner i F2-generationen, skalan återfinns på vänster y-axel. Vid varje tillskott av testade kloner har vinsten för en plantage beräknats vid ett urval av 20 kloner, skalan återfinns på höger y-axel.

