

Konsekvenser av skogsträdsförädling och fröplantager beträffande genetisk variation och skadegörare

DEL AV REGERINGSUPPDRAG PÅ UPPDRAG TILL SKOGFORSK FÖR
VIDAREBEFORDRAN TILL REGERINGEN



Äldre fröplantage ”Domsjönget” (Holmen, Örnsköldsvik). En väsentlig del av Sveriges tallfröförsörjning kommer från fröplantager av ungefär den här typen.
Foto: Dag Lindgren

Ytterligare information om arbetsformerna finns i bilaga 5
Umeå i mars 2010

Dag Lindgren
Dag.Lindgren@genfys.slu.se telefon 090 193860



Innehåll

Sammanfattande överväganden	3
Mekanismer som ändrar genetisk sammansättning.....	5
Genetisk variation	5
Samband mellan genetisk variation och skadegörare.....	10
Förädling och skadegörare.....	14
Naturlig genmigration (pollen och frö).....	15
Genetisk jämvikt, utavel, heterosis	16
Effekten av urval på kvantitativ genetisk varians	17
Kan en till synes bra skog vara genetisk dålig?	22
Människans och civilisationens påverkan	23
Hur såg skogen ut förr?.....	24
Hur skiljer sig skogsbrukarens önskemål från den ”naturliga” skogen?	26
Värdet av en hög skogsproduktion.....	29
Vems är problemet?.....	29
För- och nackdelar med genetisk variation i ett produktionsmaterial	30
Jämförelse förädling och genetisk variation med andra inslag i skogsbruket....	33
Global warming.....	35
Den genetiska variationen i förädling och skog i den avlägsna oförutsebara framtiden	36
Hur olika är olika provenienser?	38
Omfattning av ”medveten” genförflyttning för gran och tall	40
Hur mycket gran i Götaland kommer från utlandet?.....	42
Provenienshybrider	48
Genetisk struktur i naturliga bestånd	54
Finns genetisk variation mellan närliggande bestånd?	56
Hur välanpassad och lämplig är ”lokalproveniensen”?	58
Är främmande granprovenienser riskabelt?	59
Svensk förädling av gran och tall bevarar genetisk variation	61
Klonskogsbruk.....	64
Fröplantageskogsbruk.....	67
Praktiska test	71
Den genetiska variationen på landskapsnivå.....	73
Får framtidens skogar få förfäder?	76
Identifiering och statistik för skogsodlingsmaterial.....	77
Vet markägaren vilka genetiska material som finns i skogen?	83
Varför kan det vara bra att veta det faktiska materialet i skogen?.....	86

Tidigare ”genetiska misstag”, finns ett system för att evaluera misstag?	87
Bra att få erfarenhet av skogsbruk med låg genetisk variation	89
Den genetiska variationen i förädling och skog i den avlägsna oförutsebara framtiden	92
En levande diskussion, forskning och samordning om fröplantager?	94
Referenser och litteratur	97
Forskningsuppslag (Bilaga 1)	103
Uppslag som ligger inom eller nära den operativa förädlingen (Bilaga 2)	106
Uppslag för att lära känna den svenska skogen bättre (Bilaga 3)	109
”MINT” projektet (Bilaga 4)	113
Utredningsarbetet (Bilaga 5)	125
Skogsgenetiska termer och ordförklaringar (Bilaga 6)	128

Sammanfattande överväganden

Genetisk variation och dess effekter har diskuterats och forskats om mycket. Resultaten är inte solklara. Gran och tall har sina speciella problem. Man kan inte få säkra resultat, eftersom träden lever länge och under varierande förhållanden, och de framtida förhållandena är osäkra. Genomslag av förändringar tar mycket lång tid, det finns mycket tid att reflektera och analysera.

Skogsbruk totalt utan genetisk variation med en enstaka klon skulle sannolikt resultera i större problem med skadegörare och vara mindre robust och den förväntade biologiska produktionen skulle nog bli lägre. Ändå finns det fördelar som kan tänkas mer än kompensera detta, som för många jordbruksgrödor.

Användning av plantor från fröplantager medför ingen eller obetydlig minskning av den genetiska variationen på beståndsnivå. Det är otroligt att de fröplantager som finns eller anläggs nu skulle leda till nämnvärd ökning av problemen med skadegörare kopplat till den genetiska variationen. Det finns mycket annat än den genetiska variationen, som det finns större och mer aktuella skäl att grubbla över i det moderna skogsbruket. Det finns argument för att minska den genetiska variationen i skogen, men i den nära framtiden kommer förändringarna att bli obetydliga. En minskning av den genetiska variationen i bestånd är, om den skulle föreligga, huvudsakligen en risk för markägaren/skogsbruket och det finns lite skäl för samhället som sådant att ingripa i den nära framtiden. Tvärtom är det ett viktigt samhällsintresse att bestånd med låg genetisk variation anläggs i tillräcklig omfattning i praktiskt skogsbruk för att kunna utvärderas beträffande bl.a. konsekvenser av låg genetisk variation.

Den svenska förädlingen med tall och gran bedrivs så att den genetiska variationen bevaras långsiktigt. Svensk långsiktig förädling är väl förberedd på de mindre justeringar som klimatförändringar och nya DNA-tekniker kan ge upphov till, och dessa berör bara perifert bevarandet av genetisk variation i förädlingen.

På några seklers sikt kan bestånd och träd tänkas bli diskutabelt likartade på landskaps och nationell nivå. Det är inte ett överhängande problem, men utvecklingen bör beskrivas, dokumenteras och analyseras mer intensivt än idag. För att i framtiden kunna undersöka inverkan av förädlingen på skogen och dess genetiska variation borde prover av de träd vars ättlingar den långsiktiga förädlingen arbetar med arkiveras.

I den genetiska variationen ingår också variation mellan ursprung (provenienser). Generna rörs om ganska effektivt utan människans ingripande, framför allt, eftersom pollen kan röra sig långa sträckor. Proveniensförflyttningar har dock i en del fall förflyttat gener väsentligt längre och i snabbare takt än naturliga processer, framförallt gäller det gran i södra Sverige. Detta har varit till mycket stor fördel för skogsproduktionen och förefaller inte särskilt riskabelt, även om frötäkt från skogsbestånd försvårats, eftersom ursprunget blivit osäkrare. Men förloppet hittills och i framtiden borde dokumenteras bättre, bl.a. för att ge möjlighet till bättre uppföljningar i

fält och bättre nationell översikt. En bättre och mer kvantitativ beskrivning av granens genetiska historia i Sydsverige inklusive förmodat nuläge och utveckling borde skrivas. Det borde uppmärksammas mer i förädlingen hur man strukturerar och förvaltar förädlingspopulationer, där ursprunget är mycket heterogent och delvis osäkert bestämt.

Jag skulle önska att Sverige nationellt hade bättre överblick över de svenska skogarnas genetik. Jag vill dock inte påstå att det är ett tillräckligt viktigt nationellt intresse för att motivera åtgärder, som inte finner förståelse hos de viktigaste aktörerna. Det kunde skrivas en återkommande rapport om det genetiska tillståndet i Sverige. Det borde bättre karteras vad markägare egentligen själva vet om sina skogars genetik, en enkätundersökning med bl.a. frågor som kan ge svar på detta borde göras. Stambrevsnummer kunde i högre utsträckning skrivas in i skogsbruksplaner. Någon eller några större markägare kunde tillhandahålla lista på referensytor, där förnygringsmaterialets identitet är registrerad.

Mekanismer som ändrar genetisk sammansättning

Den genetiska sammansättningen i en population kan ändras genom migration, naturligt och artificiellt urval, genetisk drift och mutation.

Migration Skogsträdens gener flyttas med pollen och frö. För de viktigaste skogsträden (t.ex. tall och gran) är luftrörelser en kvantitativt dominerande migrationsorsak. Frö rör sig typiskt något tiotal meter från moderträdet, medan pollen ofta flyger tiotals mil.

Urval Urvalet kan vara naturligt eller artificiellt. Endast ett frö av hundratusen blir ett moget träd så utrymmet för naturligt urval kan sägas vara stort. Det naturliga urvalet tenderar att göra generna mer anpassade till de omständigheter som gäller för på ett enda ställe vid det tillfället, men detta kan i ett större perspektiv ses som övervägande slumpmässigt process.

Genetisk drift innebär att genfrekvenser och ändras sig av slumpskäl i en population med litet numerär. Eftersom det finns miljarder granar och tallar så ter det sig kanske betydelselöst, men så är det nog inte. När en art etablerar sig i ett område så kan det vara ett fåtal individer som kommer först och blir föräldrar till en lokal variant som avviker lite på grund av slumpurval av anfäderna. I en skog så kan ett ganska litet antal föräldrar stå för en ganska stor del av träden i ett litet område (säg 500 m²) och dessa kommer då att avvika lite grand i gensammansättning från skogen i allmänhet. I en modern fröplantage finns kanske 20 kloner som dessutom bidrar olika mycket. Genfrekvenserna och associationerna mellan gener i fröplantagen kommer att vara något annorlunda än i den population plusträd valts ur, eftersom 20 (eller effektivt ett lägre antal) är ett litet stickprov. I den långsiktiga förädlingen används en förädlingspopulation på 1000. Även vid ett så stort antal kan driften ha viss betydelse och ett viktigt skäl att förädlingspopulationen inte görs avsevärt mindre är att reducera effekten av drift.

Mutationer innebär att generna ändras sig, d.v.s. genetisk variation skapas. På lång sikt är det drivkraften för evolutionen och orsaken till genetisk variation, men på några få generationers sikt, som diskuteras här, är tillkommande mutationer inte väsentliga för ändringar av genfrekvenser över tiden. Man kan kvantifiera t.ex. hur stor en population behöver vara för att förlusten av genetisk variation genom drift skall balanseras av tillskott genom mutationer. En mycket liten del av mutationerna har positiva effekter i normala tidsperspektiv.

Genetisk variation

Betydelsen av genetisk variation i stort

Genetisk variation är det råmaterial som evolutionen utnyttjar. I en värld utan genetisk variation skulle det inte finnas någon evolution, inga arter och inget liv.

Det finns därför tungt vägande etiska skäl att ha respekt för den genetiska variationen.

Genetisk variation är en resurs som människor vidareutvecklar genom domesticering och förädling av växter och husdjur.

Vad är genetiska variationen?

Träd har i storleksordningen 45000 fungerande gener. Huvuddelen av dess DNA (99 %) verkar inte innehålla meningsfull information och variation i detta har mestadels liten betydelse. Man kan tala om genetisk variation på olika nivåer, på DNA-nivå, gennivå, kromosomnivå och fenotypisk nivå. På gennivå finns gener i olika varianter. Genotypisk variation är en annan sak. Varje träd är genetiskt unikt, det finns miljarder genetiskt unika granar i Sverige. Bestånd av skogar från fröplantager består av genetiskt unika träd på samma sätt som naturskogar. Den viktigaste mekanismen för nyskapad genetisk variation är mutationer.

Hur mäts den genetiska variationen?

Genetisk mångfald kan betraktas och mätas i olika skalor i tid och rum och med olika mätetal. Det finns inte allmänt vedertagna generella definitioner för vad genetisk variation eller genetisk mångfald innebär i kvantitativ bemärkelse, en lista på några mått finns t.ex. i Hughes m.fl. (2008). Vilken exakt betydelse den genetiska variationen har är också oklart.

Det finns olika sätt att mäta genetisk variation och ibland kan resultaten bli olika eller i varje fall te sig olika på grund av vad som mätts. En stor del av den synliga (fenotypiska) variationen mellan individer av en art beror inte på generna, och av den som beror på generna är det mycket som beror på hur generna kontrolleras och samspelar snarare än de viktigaste generna själva.

På genotypnivå finns det ett näst intill oändligt antal kombinationer av genvarianter. I princip uppkommer genkombinationerna i en levande varelse bara en gång i universums historia, individer är (vanligen) unika. Bevarandet av genetisk variation är inte bevarandet av genkombinationerna, utan bevarandet av möjligheten för genkombinationer att bildas. Även om genvarianter försvinner så blir ändå antalet möjliga kombinationer astronomiskt och individerna unika.

Vad genetisk variation betyder

Olika varianter av gener förekommer i olika frekvenser.

Ibland har det betydelse vilken genvariant en individ har, vanligen är det betydelselöst för individen.

En ovanlig genvariant kan helt försvinna av slumpskäl vid små numerär, en vanligare genvariant kan ändra frekvens p.g.a. statistiska fluktuationer i små populationer, detta kallas ”genetisk drift”.

Sällsynta genvarianter uppkommer kontinuerligt genom mutationer. Nästan alla nya mutationer är negativa eller betydelselösa. Slumpens spel låter dem leva en tid i populationen eller de kan till på köpet bli vanliga eller fixeras, men normalfallet är att de fortlever en kortare eller längre tid som sällsynta genvarianter och sedan försvinner igen. Även en positiv genvariant hinner oftast försvinna innan den blivit så vanligt så den stannar kvar i populationen i tillräcklig omfattning för att selektionen skall öka dess förekomst och bli viktigare än driften, eller så inträffar aldrig de speciella förhållanden när den är

gynnsam. Förlust av potentiellt värdefulla genvarianter är något som inträffar mycket ofta, och kan inte ses som en unik katastrof. En stor del av det vi kallar genetisk variation på gennivå är förmodligen betydelselös för ett bestånd och bidrar inte ens till den fenotypiska variationen mellan träd. Bevarande av genetisk variation kan och skall inte tolkas som att varje genvariant skall bevaras. Nästan alla sällsynta genvarianter är värdelöst skräp. Selektionstrycket kan variera i tid och rum. Sällsynta genvarianter kan vara nyttiga ibland i speciella situationer, men vara måttlig skadliga i normalfallet. Om de helt försvinner så är det en nackdel och minskar artens förmåga att anpassa sig om situationer, där genvarianten är nyttig blir vanliga. Ett exempel från människan är en gen som om den finns i den ena kromosomen ger bäraren ökad motståndskraft mot malaria, men om den finns i båda är dödlig. Trots att det är en letal gen så stannar den i populationen och kan bli ganska vanlig i populationer där malaria är vanlig.

Huvuddelen av den fenotypiska skillnaden mellan individer regleras av förekomsten av ganska vanliga genvarianter, för ett bestånd har närvaron eller frånvaron av en genvariant i såg 5 % av träden vanligen försumbar betydelse. Även om den hade betydelse och bara träd som hade den överlevde i en viss situation skulle det ändå vara för få träd för att rädda ett bestånd ur skogsproduktionssynpunkt, då måste fler än 5 % av träden överleva.

Träd och människor styrs i stor utsträckning av gener, men i de flesta egenskaper och genyttringar finns det ingen genetisk variation att tala om, nästan alla individer är lika, utom uppenbara missbildningar. Vi människor har (nästan) alla två armar, två händer med vardera fem fingrar, ett huvud med två ögon etc., och detta regleras förstås av gener, men det finns ingen betydelsefull genetisk variation och har förmodligen inte funnits på många miljoner år. För huvuddelen av generna har förmodligen genetisk variation inte haft något nämnvärt värde i rimliga tidsperspektiv.

Träd och människor bär på en skadlig genetisk variation ("genetic load") som bara yttrar sig när en defekt genvariant inte maskeras av en fungerande. Skadliga mutationers frekvens kan ökas av slumpen om de har låg frekvens och inte kommer till uttryck förrän båda generna i en individ är av den skadliga typen. Det kan ta mycket lång tid innan sådana gener elimineras av det naturliga urvalet, och eftersom nya tillkommer genom mutationer så utbildas ett jämviktsstillstånd. En hel del genetisk variation har alltså rent negativa oönskade effekter, och kan ses som en sidoeffekt av evolutionens mekanismer.

En mycket liten del av den genetiska variationen på DNA-nivå förmodas ha någon betydelse, eftersom den uttrycks i någon livsprocess. Detta eftersom så liten del av DNAt påverkar de aktiva generna.

En del genetisk variation kan vara dold, d.v.s. flera gener kan te sig som *en* gen, eftersom de ligger nära varandra på samma kromosom, eller någon annan gen undertrycker effekten, men förr eller senare omlagras det genetiska materialet och då frigörs dold genetisk variation. Den genetiska variationen i en karaktär kan alltså vara större än det verkar i experiment som bara varar några generationer.

Man kan tala om genetisk variation på fenotypisk nivå, individer *är* olika. Att individer är olika beror på deras gener och deras miljö och hur arv och miljö växelverkar. Fenotypen regleras alltså av både arv och miljö. Fenotypen kan beskrivas av många egenskaper. Ibland kan genetiska skillnader i enstaka gener ge distinkt skilda fenotyper: blå eller bruna ögon; släta eller skrynkliga ärtor, och eftersom genetiken är mest slående och enklast att studera i sådana fall, så överdrivs nog betydelsen av denna enkla nedärvning som förklaring till den genetiska variationen mellan t.ex. granar i Nordeuropa. Egenskaper byggs ofta upp av effekterna i många gener som växelverkar med varandra och med miljön på ett komplext sätt. I sin tur kan egenskaper samverka med andra egenskaper på den fenotypiska nivån.

Jag talar om "egenskaperna" produktion och anpassning så man skall få en uppfattning om vad det rör sig om kvantitativt för skogsbrukets viktigaste egenskaper. Produktion kan tolkas som tillväxt i torrsubbstans per år allt annat konstant och anpassning var i miljön produktionen maximeras av materialet, allt annat konstant. Produktion inkluderar skador i den omfattning de förekommer nu allt annat konstant. Även om det finns experiment som påstår att t.ex. 40 % av produktionen eller anpassningen förklaras av en gen är detta i mycket speciella populationer och miljöer, som inte alls speglar den variation och komplexitet som finns för t.ex. tall i Sverige. Det är varken praktiskt eller teoretiskt möjligt att ange annat än grova skattningar av produktion och anpassning, men å andra sidan tycker jag man måste eftersträva att göra några kvantifierade skattningar av storleksordningar.

När man talar om kvantitativa egenskaper som produktion och anpassning kan variation mätas och bestämmas eller uppskattas med variansmått och den genetiska variationen kan uttryckas som genetisk varians eller lite mer inskränkt additiv genetisk varians, V_A , i den aktuella egenskapen.

Mått på genetisk variation utgår ofta från sannolikheten att gener i en population är kopior av samma gen i en gemensam förfader. Man kan också sätta den av genetiska faktorer orsakade variansen i relation till variansen som beror av andra orsaker, denna relation uttrycks med heritabilitet.

Forskare mäter oftast genetiska variation med markörgener, d.v.s. gener eller DNA sekvenser som är lätta att bestämma och analysera populationsgenetiskt och vars mångformighet används för att beskriva genomets variation. Vanligen är de inte alls eller mycket svagt kopplade till de "viktiga" egenskaperna, men markörgenerna kan ändå ofta antas vara representativa för huvuddelen av genmassan. De viktiga egenskaperna påverkas av naturlig och artificiell selektion och förmodligen omfattar denna påverkan bara en mycket liten del av variationen på DNA och gennivå. Forskarna mäter i enstaka objekt och representativiteten av dessa är diskutabel, åtminstone när man går ner på variation på landskapsnivå och beståndsnivå. T.ex. finns det nog inte och har kanske sedan istiden aldrig funnits något opåverkat naturtillstånd att jämföra med.

Ekologiska konsekvenser av genetisk variation

En ny översikt över de ekologiska konsekvenserna av genetisk variation presenterades av Hughes m.fl. (2008). En svårighet att tolka sammanställningen är att det är få arbeten med barrträd. Genetisk diversitet

kan ha och har i en del system visat sig ha effekter som ökad primär produktion och minskade skador av herbivorer och patogener. En möjlig förklaring är att ”bättre” komponenter kan ta över ekologiskt utrymme från sämre. Det står dock inte klart hur generellt dessa resultat skall tolkas, eftersom huvuddelen av resultaten härrör från manipulationer med klondiversitet och lite är känt om förhållandet mellan betydelsen av genetisk diversitet relativt andra faktorer. Resultaten av denna sammanställning baserad på ”alla” arter (få barrträd) liknar slutsatserna från de svenska utredningarna om klonskogsbruk (Gullberg m.fl., 1977; Lindgren m.fl.; 1990; Sonesson m.fl., 2001). Det finns studier som argumenterar för att genetisk diversitet borde återinföras i genetiskt homogena jordbrukssystem (exempelvis Newton m.fl., 2009).

Ekonomiskt värde av genetisk variation

Homogenitet har oftast ett positivt värde för den som köper en produkt (en kvarn som köper korn t.ex.). Vinsten med en blandning av komponenter blir lägre än den bästa komponenten. För ekonomiska produktionssystem är det sällan optimalt att maximera den genetiska diversiteten och ofta optimalt att minimera den. Hos skogsträd spelar dock homogenitet hos råvaran förhållandevis liten roll jämfört med många jordbruksväxter, eftersom varje träd har stor variation mellan olika användbara delar (rotstock/topp, mogen ved/juvenilved etc.).

Genetisk variation i skogen

När man diskuterar genetisk variation i förädlade produktionsskogar måste det betonas att nästan alla skogar med förädlad material är avsedda att vara ”återvändsgränder”, som ersätts med andra skogsodlingsmaterial vid avverkning och därför får liten inverkan på framtida skogar. De förädlade skogarna själva förväntas bara marginellt inverka på artens fortsatta evolution. Genbevarande för evolution kan sägas ske i naturlig förnyring, genbanker och skogsträdsförädling. Alltså är behovet av genetisk mångfald i produktionsskogen inte centralt för att bevara evolutionspotentialen.

Den nuvarande nivån av genetisk variation i en ”naturlig” population är följden av ett långvarigt samspel mellan anpassning, variation och stokastiska faktorer, och kan ses som en ögonblicksbild av en pågående dynamisk process. Att försöka efterlikna naturen kan tänkas öka säkerheten. Det finns emellertid inga starka skäl att se följderna av naturliga – i hög grad slumpartade – processer som optimala och det kan ifrågasättas om de skall utgöra ett mål för skogsbruk. Människan har varit den kanske viktigaste ekologiska faktorn sedan istiden, d.v.s. under hela den svenska skogens historia, men typen av människans påverkan över tiden ändras. Den ”naturliga” anpassningen speglar historien. Behovet av anpassning i framtiden behöver inte vara nära korrelerat med historiken.

För den genetiska variation som kommer att överleva nästa istid, är antagligen de gener som finns i träd inom eller nära de tidigare och blivande refugierna viktigare än de gener som finns i Sverige idag. Alltså borde vad som sker i Sverige ha en mycket liten långsiktig inverkan på arternas långsiktiga evolution. Gran och tall har enorma utbredningsområden och inom en stor del av dessa är olika former av naturlig förnyring dominerande. De är inte utrotningshotade, och om den genetiska variationen ses som hotad, så är det bara lokalt.

Sammanställning av genetisk variation i naturliga populationer hos svenska arter

En sammanställning av undersökningar om den genetiska variationen i naturliga populationer av i Sverige förekommande arter har gjorts av Laikre m.fl. (2008). Sverige anses ha en förhållandevis positiv inställning till idén att följa upp förändringar i genetisk variation. Den genetiska variationen har enligt sammanställningen mätts i över 20 undersökningar för fem arter, varibland tall och gran är med, och dessutom tre fiskarter. För många ekologiskt viktiga arter inklusive träd finns inga eller endast enstaka undersökningar. Det kan finnas flera, och sökprofilen undviker ”domesticated” och ”quantitative genetics” och kanske inte fångar t.ex. proveniensförsök med skogsträd väl, men tall och gran klassificeras alltså ändå som relativt väl undersökta. Däremot finns det få undersökningar av ändringar av den genetiska sammansättningen över tiden. Det fanns bara en studie för ett skogsträd (tall), som dock täckte en verkligt lång tidsperiod, 10 000 år sedan istiden. Den närmast längsta undersökningen täckte knappt 200 år (varg). Ingen genetisk förändring över tiden observerades i tallundersökningen.

Samband mellan genetisk variation och skadegörare

Genetisk variation ses ofta som ett skydd mot sjukdomar och skadegörare (Schmidt, 1978; Umeå, 1982; Zobel, 1982). Detta är dock ingalunda okontroversiellt och det framhävdes mer för några decennier sedan än nu. Genetisk variation ger spelrum för evolutionen att anpassa sig till nya mönster hos skadegörare. Genetisk variation ger mer svängrum för förädlingen att anpassa kulturskogen till en ny miljö inklusive ändrat skadegörarmönster, vilket blivit viktigare med de stora miljöförändringar som förutspås. Genetisk variation kan skydda ett bestånd genom att en avsevärd (hälften av träden) klarar angrepp av en oförutsebar skadegörare, men beståndet är inte räddat om bara en tiondel av träden klarar sig, d.v.s. ovanliga genvarianter eller genvariationer har liten betydelse för att rädda redan etablerade bestånd från skadegörare. Den genetiska variationen är utomordentligt viktig för bibehållen förmåga till genetisk anpassning, men produktionsskog och fröplantager är inte den viktigaste vägen att bevara artens genetiska variation för framtida evolution.

Klonskogsbruk

Brist på genetisk variation drivs till sin spets i monoklonskogsbruk, där alla träd är genetisk identiska, d.v.s. total avsaknad av genetisk variation. Klonskogsbruk behandlas på flera ställen i denna rapport. Det finns en betydande erfarenhet och det är inte övertygande styrkt att monoklonskogsbruk drabbas av katastrofer i oacceptabel omfattning eller grundat i erfarenheter bör betraktas som särskilt riskabelt. Det finns dock en berättigad oro att det är för stor risk och det känns rekommendabelt att blanda ett antal kloner för att därigenom minska risken. Å andra sidan är det önskvärt att det tillkommer monoklonodlingar, eftersom endast erfarenhet gör det möjligt att utvärdera risken med låg diversitet för det specifika fallet (t.ex. gran i Sverige), och riskerna är nog inte så stora.

Det preciseras sällan hur många kloner som är önskvärdt i en klonblandning, men det borde räcka med några få. Sonesson m.fl. (2001) skriver om klonskogsbruk. ”Flera faktorer gör att de svenska skogarna idag avviker betydligt från ett helt och hållet naturligt tillstånd, som landskapsfragmentering, antropogen klimatförändring, rationellt skogsbruk baserat på kulturer med en art. Högt betestryck av klövvilt, luftföroreningar och användning av konstgödning och kemikalier. Många av dessa faktorer har mycket större inverkan på de svenska skogarna än klonskogsbruk har och kan förväntas få inom den närmaste framtiden.” Detta gäller förmodligen i än högre grad andra yttringar av det moderna skogsbruket såsom fröplantager.

Den begränsade faktiska erfarenhet som finns om klonskogsbruk pekar knappast på att de fall av skador som inträffat huvudsakligen beror på att skogar med klonblandningar är känsligare för skador än andra skogar (jfr. exempelvis Vallée, 1985).

Kloner är olika känsliga för skadegörare

Om man registrerar skador av skadegörare i ett klonförsök får man vanligen en väsentlig skillnad i angreppsgrad mellan olika kloner. Detta är inget bevis för att kloner är riskabla, det är förmodligen oftast så att i ett genomsnitt över tid och rum och kloner jämnar skillnaderna ut sig. Skillnader mellan kloner överdrivs i enstaka försök, rangordningen ändras i andra miljöer och förhållanden och försöksfelet kan vara väsentligt. Extremerna ter sig mer extrema än de faktiskt är i genomsnitt i verklig odling. Men det är ett argument för att risken för ett förödande skadegörarangrepp inträffar minskar om man har en blandning av genotyper.

Tolerans/resistens mot djur

Det finns genetiskt betingade skillnader beträffande i vilken grad och hur träd angrips av djur (såsom älg, hare och sork). Djuren kan ”finna” attraktiva sorter bland ett ganska stort antal. Genetiskt betingade skillnader i smaklighet kan kopplas till tre huvudorsaker:

- Morfologiska skillnader. Exempelvis föredrar älg vissa typer av skott, frekvensen av dessa skottyper kan variera.
- Invintringsbetingade skillnader. Sent invintrande sydliga provenienser skadas ofta mer. De kanske inte hunnit med att avsluta invintringen helt, och kan ha mer aptitliga kolhydrater i innerbarken.
- Skillnader i försvarssubstanser. Träd innehåller ett stort antal substanser som torde tjäna som ett försvar mot skadegörare (osmakligt, klibbigt, kletigt, illaluktande, giftigt etc.).

Det kan finnas skäl att befara att god tillväxt är korrelerat med högre smaklighet, vilket gör att skogsträdsförädling kan råka ut för negativa överraskningar. Därför bör man vara observant på djurskador när man gör genetiskt urval. Å andra sidan är ett sådant samband långt från 100-%igt. Numera verkar exempelvis contortatall vara avsevärt mindre angripen av älg än vad tall är.

Det är ganska sannolikt att resistent genotyper i ett bestånd ”skyddar” mottagliga, fast förmodligen i liten grad. Från ”MINT” utredningen (Larsson

m.fl., 2009) citeras (bilaga 4 till denna rapport). ”Flera undersökningar har visat på skillnader i mottaglighet hos olika individer av gran för angrepp av rotticka. Granklonerna är inte helt resistenta och angreppets svårighetsgrad är kopplad till vilken individ av rottickan som attackerar trädet (Rodriguez m.fl., 2009). Val av kloner måste ske med stor omsorg. Vid fel val kan rottickans tillväxt i träden bli direkt förödande med mycket höga spridningshastigheter som följd (Capretti & Goggioli, 1992). Det finns en risk att rottickan på sikt kan anpassa sig till mindre mottagliga grankloner”. Stora skillnader kan indikera att vinster kan göras genom att välja rätt kloner, men dessa vinster överdrivs nog ofta, skillnader i enstaka test avviker säkert från den genomsnittliga odlingssituationen. Klonskillnaderna behöver dock inte vara drastiska. Hilleshög hittade i hela sitt klontestade material inte ett enda exempel på att en klon har slagits ut för att en biotisk skadegörare slagit speciellt hårt mot denna klon.

Gynnas skadegörare av låg genetisk variation?

Om en klon är en liten del av nischen en skadegörare adapteras till så är det osannolikt att den blir speciellt adapterad till en speciell klon. De arter som i första hand är problem på gran (*Hylobius abietis*, *Dendroctonus micans*, *Neomyzaphus abietina* och *Lymantria monacha*) är mycket breda och angriper flera olika arter, så det är osäkert om lämplig genetisk struktur utgör ett skydd (Roulund, 1983). Det finns (till skillnad från i jordbruket) tid för skadegörarna att evolutionärt anpassa sig till träden. Det finns få praktiska belägg för förmodan att skadegörare faktisk gynnas av liten genetisk variation i kommersiella barrträdsodlingar. Det finns fler belägg med *Salix*, som räknas som en jordbruksväxt och normalt odlas i monoklonkulturer. Risken för utbrott som ledde till skador av insekten *P. vulgarissima* i sälg är större i monokulturplanteringar än i naturliga bestånd (Dalin m.fl., 2009). Både insektsangrepp och rostskador var lägre i en klonblandning med 3–5 komponenter än i monokulturer (Peacock m.fl., 2001).

I linje med teoretiska förväntningar minskas omfattningen av patogener i blandade bestånd relativt rena bestånd i många agrikulturella system (Burdon, 1987). Resultat från 103 studier med två komponenter i blandning visade att patogennivån alltid var lägre än den mest angripna monokulturen och ofta väsentligt lägre än det aritmetiska medelvärdet av komponenterna i monokulturer. Det förefaller som om resistenta sorter skyddar mottagliga genom att minska patogentrycket. Det finns dock exempel på att blandning varit ofördelaktigt och att ”smutsiga” komponenter bereder vägen för en attack och det finns mekanismer genom vilka en blandning kan erbjuda en bättre nisch för en skadegörare.

Domesticerade och vilda system kan vara olika. En del av domesticeringsstrategin för mat- och foderväxter är att bli av med osmakliga och obehagliga substanser som evolutionen utvecklat som skydd mot skadegörare. Den naturliga skyddsnivån kan förmodas ha blivit sänkt hos många jordbruksväxter. Den naturliga genetiska variationen utgör uppenbarligen icke något fullgott skydd mot biotiska skadegörare. Effekterna av saknad diversitet kan därför vara mindre allvarliga hos skogsträd, som har kvar huvuddelen av de ”naturliga” skyddssystemen. Skogsträden bör på något sätt ha utvecklat en ”försvarsfilosofi”, som inte lägger tyngdpunkten på

genetisk variation inom arten utan på generella försvarssystem hos alla individer hos arten.

Generaliseringar om effekten av att blanda genotyper på beståndsnivå är osäkra och klonblandningar är inte med säkerhet positiva ur skadegörarsynpunkt. Det är möjligt att säkerheten ökas om bara kloner från samma proveniens blandas, då blir blandningen förmodligen inte mer (men inte heller mindre) angripen än en naturlig skog (Heybroek, 1982).

Tolerans/resistens mot svampar

Av experiment och erfarenheter från framförallt rena linjer med stråsäd kan man dra vissa slutsatser:

- funktionell (skyddande) diversitet, d.v.s. blandning av arter eller sorter, tycks ofta kunna minska rotsvampars aggressivitet, ev. beroende på de spridningshinder och den miljö blandningen skapar (Segal m.fl., 1978). Samma förhållande anses ofta gälla i skogar (Schmidt, 1978).
- sortblandningar (av 2–8 sorter) minskar hastigheten med vilken vissa rotsvampepidemier sprider sig.
- svampsjukdomar ”anpassar sig” till en gröda, och sortbyte är ett hjälpmedel. Det bör observeras att odlarna av de grödor, där nackdelar med genetiskt enhetliga material faktiskt påvisats, ändå finner fördelarna med genetiskt homogena odlingsmaterial väga tyngre än nackdelarna. Man bör komma ihåg, att även om principerna gäller i de flesta fall, så finns det exempel på sortblandningar, där det är tvärtom.
- Ett argument för att bara använda några få kloner är att skadegörare kanske stoppas eller bromsas ned vid gränser mellan bestånd med olika sammansättning, medan en större mängd kloner i blandning skulle kunna erbjuda mer genetisk kontinuitet och genetiska korridorer mellan bestånden som gör det lättare för skadegörare att sprida sig mellan bestånd (Libby, 1982). Det kan emellertid ifrågasättas om denna mekanism har stor relevans för skogsekosystem.

Analogin med jordbruksväxter kan vara osäker (jämför Burdon, 1987). Träd är långlivade organismer och stora nog för att ett enskilt träd skall kunna betraktas som en ekologisk nisch ur vissa skadegörares synpunkt. Träd kan förmodas utveckla andra strategier mot svampsjukdomar än domesticerade, kortlivade, små och tätpackade jordbruksgrödor. De svamparter som i första hand utgör problem för gran (*Armillaria mellea* och *Heterobasidion annosum*) har ett så brett angreppssätt att de angriper flera olika trädarter. Detta antyder att den genetiska variationen får begränsad betydelse för angreppens omfattning (Roulund, 1983). I ungdomsstadiet är tall betydligt mer mottaglig än gran för många svampsjukdomar. Före tioårsåldern kan emellertid båda trädslagen angripas av *Armillaria* och rotticka. Angreppen gynnas av dålig rotning eller stressade rotsystem. Tallplantor och träd är ofta utsatta för angrepp av rotsvampar (knäckesjuka, blåsrost, törskate etc.) eller skott- och barrpatogener (snö- och tallsytte, *Gremmeniella* osv.). I dessa fall är en genetiskt betingad resistens sannolikt mer utpräglad än beträffande rotrötesvamparna. En stöttesten i arbetet med urval är att betydelsen av (stressande) miljö respektive ärftlig resistens är så svåra att skilja.

Nästteorin

Man kan tänka sig att ett genetiskt smalt material är känsligare för sjukdomar. Blir det hårt angripet skulle detta kunna leda till ett större infektionstryck på omgivningen och därigenom skulle även normalt icke mottagligt material kunna angripas. Blir ett material mer angripet för att det är genetiskt smalt, så är det för att en speciell ras av skadegöraren funnit just detta material som en bra nisch, där infektionen kan utvecklas. De annorlunda genetiska materialen i omgivningen är inte så mottagliga för just denna ras (då skulle den inte haft en specifik fördel i det smala materialet). I den närmaste omgivningen till härden kan infektionstrycket bli så starkt så att angreppen ökar trots att omgivningen inte är så mottaglig. Men denna zon av ökade angrepp borde bli av begränsad storlek. I avsaknad på empirisk erfarenhet kan man beteckna risken som begränsad. Det är angeläget att anlägga ett antal monoklonkulturer bl. a för att få ett bättre underlag för att bedöma denna risk.

Förädling och skadegörare

Allvarliga angrepp av svampsjukdomar (t.ex. knäckesjuka och *gremmeniella*) är ofta diagnosticerade skadegörare, fast den grundläggande orsaken är dålig anpassning (ett för sydligt tillväxtmönster) för att passa ståndorten. Hög skadegrad kan vara ett mått på hur genetiken styr anpassningen snarare än direkt mottaglighet för skadegöraren. Urval för skador kan vara urval för anpassning och då hade det varit effektivare att sikta direkt på anpassningen, även om skadegörarna minskar.

Genotyper från fröplantager skall vara anpassade till plantering och sådd, och framförallt planteringar, men också skogsådder kan utsättas för ett annat skadegörartryck än träden mött i evolutionen, speciellt i plant och ungskogsfasen. Förädlingen väljer träd som utgående från försöken klarar sig bra under det skadetryck de utsätts för i 10-åriga planteringar och förädlingen ”höjer” alltså resistensen emot de viktigaste skadegörarna, som de uppträtt under de gångna decennierna i plant och ungskogsfasen, även om urvalet inte görs speciellt för resistens mot skadegöraren.

Zobel (1982) anser att nästan alla ekonomiskt viktiga karaktärer hos träden är oberoende av mottaglighet mot skadegörare och att därför förädling utan speciell hänsyn till resistens inte nedsätter resistensen.

Genvarianter som är sällsynta är svåra att utnyttja i förädlingen. Om man specifikt väljer många träd med en sällsynt allel så blir de starkt besläktade och andra sällsynta alleler i kromosomsegmentet omkring försvinner snabbare. Om genvarianter som minskar skador av skadegörare är vanliga så är det lättare att välja för resistent typer och därigenom öka resistensen mot en skadegörare. Det är alltså lättare att i förädling använda vanliga än sällsynta alleler. Det räcker med förhållandevis få individer för att bevara de vanligt förekommande genvarianterna.

För jordbruksväxter är oftast ett led i förädlingen att göra växterna mer aptitliga för djur och människor genom att ta bort mekanismer som evolutionen utvecklat för att skydda mot skadegörare (som gör plantorna giftiga, kletiga, illuktande etc.). Till skillnad mot huvuddelen av jordbruksväxterna ingår det inte i skogsträdsförädlingens mål att göra

skogsträden aptitliga, men det verkar ändå möjligt att en förädling för tillväxt också medför att träden blir attraktivare för en del skadegörare. En del av substanserna i träden kan förväntas uppkomma som skydd mot skadegörare. Ökning av mottaglighet motverkas av förädlingen, som har låg skadegrad som ett mål och som i sig utgör ett alarmsystem och samlar in information som kan användas för att belysa om ökande skador uppträder och vilken roll förädlingen har (det ingår ”kontrollmaterial” i förädlingsförsöken). I en del fall sänker förädlingen skadegraden, eftersom skadegörare oftare koncentrerar sig på försvagade eller döende individer och detta förädlas emot. Det finns tillfällen i Sverige då dålig klimatanpassning hos förflyttade material lett till större skador inte bara direkt utan indirekt genom större angrepp av skadegörare som då vanligen kan ses som en effekt av dålig anpassning (se annat kapitel). I andra fall finns det nog samband som är svårt att göra något åt utan man måste leva med det. Blir det mer och växtligare träd så är det också en större foderkälla till en del av de skadegörare som lever på träd. Eftersom träden bara har medvetet förädlats i en generation och eftersom tidigare domesticering nog inte haft stora effekter, så finns nog huvuddelen av trädens genetiska resistens kvar.

Skadegörare har kort livstid och skogsträd lång. Det finns (till skillnad från i jordbruket) tid för skadegörarna att evolutionärt anpassa sig till skogsträden eller att något gynnsamt år få optimala infektionsmöjligheter. Skogsträden måste därför på något sätt ha utvecklat en ”försvarsfilosofi”, som inte lägger tyngdpunkten på genetisk variation inom arten. Den naturliga genetiska variationen utgör uppenbarligen icke något fullgott skydd mot biotiska skadegörare. Genetisk känslighet för stress, som skulle kunna vara en oavsiktlig bieffekt av förädlingsarbetet, kan förmodas öka skaderisken.

Det finns en omfattande erfarenhet från försök av förädlade material i försök upp till 50 års ålder och från skogsbruk upp till 40 års ålder. Äldre dokumenterad erfarenhet finns för mycket små material som vanligen inte är typiska eller material som bara är förflyttade, men knappast kan betecknas som förädlade. Från liknande träd i varmare länder (exempelvis sydstatstall) täcker erfarenheterna mer än en omloppstid. Situationer är inte ovanliga där skadegörare är ett huvudproblem med grödan och förädlingsansträngningen att undvika skadorna är ett väsentligt inslag i förädlingen, men skadorna är då ändå inte så allvarliga så att de leder till att man upphör att använda materialet och om man gjorde det så vore det då inte p.g.a. att förädlingen hade ”fördärvat” det. Erfarenheterna gör katastrofscenarior med skadegörare, där ökad användning av förädlade material är en huvudorsak, relativt otroliga för gran och tall i Sverige. När de uppträder är orsaken nog mera grödan i sig som är problemet än att den är förädlad.

Naturlig genmigration (pollen och frö)

För de viktigaste skogsträden (t.ex. tall och gran) är luftrörelser en kvantitativt dominerande migrationsorsak.

Frö. Typfallet är att kottarna öppnas och fröna faller till marken under vintern och grov på försommaren. En frövinge gör att fallet går långsammare, men det mesta fröet faller inom ca 15 meter från moderträdet och mycket få över 70 m.

Detta utesluter inte att det är viktigt för genetiska strukturer att enstaka frön kan färdas långa distanser (t.ex. transporteras av ekorre eller fågel eller flyga på skaren). De träd som koloniserat Sverige efter istiden måste ha rört sig i storleksordningen en mil per generation, d.v.s. enstaka träd kommer först och kan stå för nykolonisationen. Dessa få träd ger sen upphov till mycket fler träd inom 100 m från de första pionjärerna. Därför kan genetisk drift ha betydelse trots att det finns många träd i den etablerade skogen. Nyetableringar kan även ske i redan etablerad skog. Om skogen försvinner över ett område som är minst några hundra meter, så kan det vara få träd som kommer initialt på de delar av området där det är mer än 100 meter till äldre bestånd, och sedan sker en andra generations beskogning från dessa koloniserare, igen kan genetisk drift vara relativt viktig.

Pollen Befruktningsdugligt pollen av gran och tall kan flyga långt och gör det i stor skala (Lindgren m.fl., 1995). I fröplantager kommer hälften av pollenet från andra träd än plantageträden, vilket bör tolkas som att i ett bestånd bara hälften av fäderna kommer från beståndet. Över sjöar och i fyrskepp är pollenförekomsten jämförbar med i bestånd. Pollen kan finnas i luften långt innan den lokala pollenspridningen startar. Å andra sidan kan under gynnsamma omständigheter en tredjedel av pollineringen komma från en nära granne. En icke oväsentlig del av det befruktande pollenet kan nog ibland komma från 10 eller 20 mils avstånd. Det kan nog vara så att även om ett trädslag enligt invandringshistorien kommer från ett område med frö kan det genetiskt domineras av gener som spritts från ett annat område med pollen.

Ett fåtal gener sprids bara med frö (mitokondrier) eller pollen (kloroplaster). Mitokondrie-generna förmodas migrera långsamt i situationer när nya områden inte invaderas och har därför en potential att utveckla en genetisk differentiering på landskapsnivå. Det förefaller inte sannolikt att de få generna i mitokondrierna skulle utveckla stark lokal anpassning eller annars differentieras på ett betydelsefullt sätt.

Genetisk jämvikt, utavel, heterosis

I delpopulationer som är isolerade blir individerna allt mer släkt och detta leder till inavelsdepression och högre frekvens av ärftliga sjukdomstillstånd. Släktskapet återspeglas i att homozygoter blir vanligare än de skulle vara om genvarianterna fördelades slumpmässigt inom arten. När isoleringen bryts så kan man tala om motsatsen till inavel, utavel. Detta antas ofta vara förenat med en ökning av vitaliteten, heterosis.

Detta har generaliserats och man har ofta trott att det generellt är bra att korsa individer med olika ursprung. Det finns många exempel på att det faktiskt gått bra och detta används praktiskt. Dock tror jag att man överdriver hur bra det är generellt, man hör om de positiva exemplen, men när det inte gått bra talas det mindre om det. Det är ofta bra i förädlingen om man prövar många korsningar och sedan väljer de bästa, men detta är inte samma sak som att genomsnittskorsningen är bra. Det finns exempel på att utkorsning givit dåligt resultat.

Också för skogsträd har man prövat vad som händer om man korsar olika raser eller arter och en del av dessa korsningar används praktiskt (hybridlärk,

hybridasp). Att korsa sydlig och nordlig gran verkade ge bra resultat och detta försökte man utnyttja i praktiken till plantager där hybridfrö skulle produceras. Det finns ett separat avsnitt om detta.

För att mäta om det finns olika genetiska strukturer i olika populationer hos en art så anger man avvikelser från ett idealt jämviktstillstånd, när genvarianterna fördelar sig på individer ungefär slumpmässigt (s.k. Hardy-Weinberg jämvikt). Avvikelserna från slumpmässighet verkar inte stora varken i svenska barrträd eller i liknande situationer i andra länder, vilket tyder på att generna rörs om ganska bra och att det inte finns någon uttalad genetisk struktur som bryts sönder med kulturskogens stora genförflyttningar.

Å andra sidan kan storleksordningen av de avvikelser från jämviktstillståndet som faktiskt existerar tyda på att närstående träd är ungefär sysslings och denna släktskapsstruktur bryts alltså sönder med kulturskogsbruket. Förädlarna skatta att detta ökar skogsproduktionen med två procent i plantagefrö. En ny undersökning (Garcia-Gil m.fl., 2009) antyder att i enstaka bestånd släktskapet kan vara mycket större (ungefär som helsyskon), så att fördelen med att bryta släktskapen med plantagefrö kan vara mycket större än de skattningar vi nu utgår från.

Effekten av urval på kvantitativ genetisk varians

Sammanfattning: Plusträdsurvalet i Sverige kan förväntas minska den genetiska variansen hos plusträdspopulationen i de karaktärer urvalet avsåg att förbättra med 5–10% jämfört med de skogar urvalet skedde i. När fröplantager sätts upp omkombineras generna i plantagefröet och cirka hälften av den ”förlorade” genetiska variansen återuppstår. Urvalet av plusträd förefaller ha någon, men liten effekt på den genetiska variansen av plusträdsavkommorna från fröplantagerna jämfört med en plantage med ett slumpmässigt urval av kloner.

Eftersom en ny undersökning tycktes göra troligt att förädling stramar åt den genetiska variationen, som är central för denna utredning, så måste detta diskuteras utförligt och med en fördjupning. Tyvärr blev detta avsnitt därför ganska tekniskt och utnyttjar formler.

Genetiker väljer de bästa träden ur en grupp av träd. Man kan förutse effekten av urval under vissa ideala förutsättningar, som antagits vara i stort sett uppfyllda. T. ex. antages normalfördelade trädvärden för nedanstående matematiska resonemang.

De bästa träden i en population är mer lika varandra än genomsnittsträden. Den genetiska variationen i den utvalda gruppen jämfört med ursprungspopulationen i den aktuella karaktären minskar som

$$h^2i(i - x)$$

Där x är trunkationsgränsen, h^2 heritabiliteten och i selektionsintensiteten. Om man använder formuleringar av Rosvall (1999) blir den genetiska variationen i en utvald del:

$$V_A' = (1 - h^2 i(i - x))V_A$$

Även om den genetiska variansen blir starkt reducerad i ett urval, så återställes hälften av den vid rekombination hos avkommen när den nya generationen bildas. Minskningar som kan te sig stora i första steget är vanligen inte så oroande om man följer förloppet längre.

$$V_{A(t+1)} = 0.5(1 - h^2 i(i - x))V_{A(t)} + 0.5V_{A(0)}$$

CV_A är ett linjärt mått och genetisk additiv varians ett kvadratisk, CV_A är proportionell mot $\sqrt{V_A}$.

Storleken på heritabiliteten är central, om heritabiliteten är hög så minskar den genetiska variationen avsevärt vid urvalet. Om genotypens värde är känd (d.v.s. $h^2=1$) och man väljer den bästa hundradel av träden, så återstår bara en tiondel av variationen.

Två fall av relevans för Sverige (i samråd med Bengt Andersson) och ett för Frankrike (se referens nedan, avser diameter, det kan nog inte utan vidare generaliseras till skogen) och två illustrerande med fenotypisk variation.

Situation	h^2	Utvald andel (effektivt)	Andel bevarad variation i plusträd	Bevarad del av CV_A	Andel bevarad variation i plusträdsavkommor
Sverige äldre plusträd	0.05	0.01	95 %	98 %	98 %
Sverige yngre plusträd	0.1	0.05	91 %	96 %	96 %
Frankrike, (<i>Pinus pinaster</i>) diameter	0.23?	0.01	79 %	89 %	90 %

På grundval av ungefär vad som framkommer av tabellen har svenska skogsgenetiker dragit slutsatsen, att när man valde plusträd i Sverige, så reduceras deras genetiska variation mellan plusträden ganska lite jämfört med träden i den skog de väljs. I själva verket ökar den, eftersom man väljer träd i olika bestånd, men detta tas upp på annan plats i detta dokument.

När man sedan sammanför träden i fröplantager och låter deras gener blandas och omkombineras och tittar på deras avkommor istället så återbildas ungefär hälften av den i plusträdsurvalet förlorade genetiska variansen. Tabellen antyder att minskningen i genetisk varians p.g.a. plusträdsurvalet rör sig om 2–4%. Det är en förlust, men den är inte stor. För gran där de utvalda genotyperna till stor del baseras på klontest blir förlusten större. Det gäller generellt att testning ger större h^2 och alltså större effekt.

I detta kapitel har genetisk varians i karaktärer, som man önskat förbättra med plusträdsurvalet eller som är korrelerade med dem diskuterats, de karaktärer som gör ett plusträd till ett plusträd. För andra karaktärer görs inget urval. En liten del av alla gener är inblandade i urvalet. Inte ens karaktärerna själva kan betraktas som identiska när de betraktas under andra förhållanden och vid andra åldrar än i de aktuella försöken. Det som här kallas ”förlust av genetisk varians” är en begränsad och delvis tillfällig del av den totala genetiska

variansen. De siffror som framförs i detta kapitel kan alltså ge ett överdrivet intryck av inverkan av urval på genetisk variation.

Ovan har bortsetts från att den genetiska variansen inte är jämnt fördelad och att skogarna inte befinner sig i genetisk jämvikt.

I detta avsnitt fästs uppmärksamhet på det initiala plusträdsurvalet. Detta är historia, det kommer inte att väljas fler plusträd i skogarna, urvalet ligger 60–25 år bak, och eventuell ökad kunskap om effekterna av konsekvenserna av detta har liten relevans för framtiden. Det viktiga är att öka kunskapen om vad vi har och inför de beslut vi skall fatta i framtiden.

I en studie från British Columbia (Stoehr m.fl., 2005) jämförs i samma försök olika fritt avblommat material från tre fröplantager och tre naturskogar. Slutsatsen är att den fenotypiska variationen i frö från fröplantager inte reducerats jämfört med frö från naturskogar trots att fröplantageklonerna valts ut med intensiv selektion från naturskogar.

Det har nyligen publicerats ett arbete (Bouffier m.fl., 2008) som antyder att den genetiska variationen i kvantitativa karaktärer blir avsevärt lägre bland utvalda plusträd än i ursprungspopulationen, detta baserat på studier av trädens avkomma. Det finns således anledning att grundligt granska arbetet. Teoretisk förväntan är att det skall bli en förlust av genetisk varians, så långt är det ingen överraskning. Som exemplifieras av tabellen gör de andra förhållandena omkring plusträdsurvalet det troligt att förlusten av genetisk varians blir större i den franska undersökningen än relevant för Sverige. Den franska undersökningen bygger på tre försöksytor och i två av dem blir den genetiska variansen avsevärt lägre än vad formlerna förutsäger, för en tredje yta blir den genetisk variation ungefär som förutsagt. Det ger lite underlag till generalisering.

Det rör sig om ett homogent skogsområde av *Pinus pinaster* på en million hektar i sydvästra Frankrike. Under många år har plusträd valts (G_0), ställts i arkiv och korsats med kontrollerade korsningar. Man har också plockat kottar på olika ”slumpmässigt” tagna träd i skogen (P_0). Resultatet av försök med fröet från dessa båda frökällor är att den genetiska variansen är *betydligt* större i skogen än bland de utvalda träden. Författarna verkar hävda att man kan generalisera resultaten. Jag (och rådfrågad statistisk expertis) tycker att den franska undersökningen inte motsäger att de teoretiska beräkningarna ovan ger rättvisande estimat och att den inte ger mycket stöd att tro att förlusten av genetisk varians skulle vara större än enligt kalkylerna ovan.

Skälen är:

- Avvikande från teoretisk förväntan (enligt ovan), i detta fall ter sig den teoretiska förväntan mycket troligt och det krävs ett övertygande datamaterial för att kullkasta den.
- Skulle ett fenotypiskt urval av bra träd verkligen vara så effektivt som antyds av arbetet har skogsträdsförädlare allvarligt underskattat förädlingsvinsten vid urval, men eftersom förädlingsvinstskattningar bygger på mycket fler försök så är det troligt att de är mer rättvisande.

- Slutsatserna bygger på tre observationer ("datapunkter") (den genetiska variationen skattas från tre avkommeförsök med olika material på olika lokaler). Den observerade genetiska variationen (CV_A) skiljer sig med en faktor tre mellan de tre observationerna. Konfidensintervallet måste bli enormt, och det är inte möjligt att dra en tillnärmelsevis säker slutsats.
- Den observerade genetiska variationen för samma material varierar våldsamt mellan olika försökslokaler och mätningar (exempelvis Persson, 2006). Generaliserade slutsatser byggande på olika material på olika lokaler utan samordning fordrar ett mycket stort antal försöksplanteringar. Det är bättre att de olika försöksleden jämförs försöksmässigt i samma försök, då behövs i princip bara en försökslokal.
- Den observerat höga variationen skulle kunna ha med att det inte är en "population" i genetisk jämvikt som observeras. Om starka ojämnavikt mellan små lokalpopulationer "förklarar" den genetiska variationen i skogen så försvinner den under alla förhållanden vid förädlingens omkombinationer.
- Skattningen av genetiska värdet i träden i baspopulationen och i den utvalda populationen har gjorts på olika sätt. För baspopulationen har fri avblomning använts och för den utvalda populationen kontrollerade korsningar. Avelsvärden baserade på fri avblomning kan förväntas sprida skattningar av avelsvärden vidare p.g.a. skillnader i det befruktande pollenet. Fäderna är olika och varierande och inkluderar inavel. Detta kan förklara en eventuellt större genetisk variation i baspopulationen, och är inte av sådan art att det bör tillskrivas en lägre genetisk variation i utvalt material. Maternella effekter kan också vara stora i fritt avblomningsmaterial.
- Heritabiliteten i den franska undersökningen verkar högre än för motsvarande svenska undersökningar, och vi tror att de svenska skogarna ofta har ganska varierande miljö mellan träd så man kan nog förvänta att reduktionen av genetisk varians blir högre i Frankrike än för svensk gran och tall.

Även om iakttagelserna i uppsatsen om den stora genetiska variationen före urval inte är signifikanta eller saknar triviala förklaringar, så är det ändå en indikation på att något skulle kunna gå förlorat vid övergången till förädlade skogar. Detta ökar motivationen för skoglig genbank och skogliga reservat, där en större del av den oförädlade genmassan bevaras.

Det kan noteras att uppsatsen inte finner någon nämnvärd ytterligare reduktion av den genetiska variansen när förädlingen drivs bortom det ursprungliga plusträdsurvalet, och här bygger uppsatsen på ett material med ett väsentligt större antal ytor och med mindre av de svagheter som påpekats, så i detta avseende finns det mer skäl att fästa vikt vid undersökningen.

Man väl förmoda att uppsatsen kommer att leda till polarisation mellan de som tittar mest på Bouffier m.fl. (2008) slutsatser, och mindre bedömer materialet bakom.

”Educated guess” av genetisk varians i svenska skogar

Genetisk varians beror på en serie faktorer såsom trädkaraktär, population, om undertryckta eller unga träd frånräknas, ståndort och är osäker, men en uppfattning ges här av ”educated guess” karaktär. Trädkaraktären är tänkt att ligga nära värdet för skogsbruket. De utvalda plusträden testas och avelsvärdena har en standardavvikelse på storleksordningen drygt 10 % av medelvärdet, huvuddelen av detta beror på variation inom bestånd. Standardavvikelsen för trädens fenotyp inom ett bestånd kanske är 40 % av medelvärdet i naturskog och 30 % i kulturskog. Standardavvikelsen mellan naturbestånds genomsnittliga fenotyp inom samma landskap kanske är 30 % och mellan deras genetik 3 %. Kanske det kan uttryckas som att relationerna i ett naturlandskap mellan bestånd kan åskådliggöras genom att påstå att bestånd varierar med 5 % av arv, men 50 % av miljö.

Faktorer som gör att teoretisk effekt av urval överdriver verklig effekt

Beräkningar av den genetiska variansen antar att det är samma trädkaraktär (eller vägning av karaktärer), samma miljö och samma population. Det är inte samma trädkaraktär, eftersom värdet vid avverkningen bestäms av andra mixar av karaktärer, eftersom karaktären kan bestämmas av andra gener under andra förhållanden och eftersom karaktären gäller för den specifika miljön, vilken inte återskapas i framtiden. Framtida skogsbruksmetoder kan inte förutses, men vi förädlar för kulturskogsbruk med begränsad rotationstid och inte ”naturskog”, där många av urvalen gjorts. Plusträden står där de står och ståndortsförhållandena kommer att vara annorlunda där deras avkommor odlas. Varians och relativa varianskomponenter förefaller variera starkt med miljön, vilket nog bidrar till att variationen i genomsnitt minskar mindre än vad en modell för typförhållanden förutspår. Analysen avser bara de karaktärer som valet gäller och inte det stora flertalet karaktärer eller gener som påverkas långt mindre, därför ger analysen i detta avsnitt en överdriven bild av eventuell reduktion av genetisk varians i ett större sammanhang. Även om träd inte är föremål för artificiellt urval är de föremål för ett naturligt urval som ur många synpunkter kan betraktas som intensivare än det artificiella och borde ha större kvantitativa effekter för de karaktärer som gynnades av det naturliga urvalet. Det ter sig därför ganska troligt att den genetiska variationen är resultatet av balanserande faktorer och inte minskas nämnvärt av artificiellt urval utöver effekten i den första generationen.

Kan en till synes bra skog vara genetisk dålig?

Man hoppades att kunna förbättra skogen genom att ta frö och välja plusträd i till synes bra bestånd. Ett starkt samband mellan ett bestånds utseende och dess genotyp ur skogsbrukssynpunkt kan inte sägas ha bekräftats av omfattande forskning (bl. a proveniensforskning). Det är inte heller teoretiskt troligt.

En dålig skog kan förklaras av dålig genotyp. Raser kan vara mer eller mindre dåliga när de flyttas till nya förhållanden eller jämförs med andra raser. T.ex. sydliga sorter tenderar att överleva dåligt och få många skador i norr. Contorta växer 40 % bättre än tall. Genetiska faktorer kan säkert bidra till att en skog är bättre än en annan. Ett granbestånd med östeuropeiskt ursprung tenderar att få mindre vårfrostsador och tenderar därför att ofta ge ett avsevärt bättre intryck än ett med svenskt ursprung. Men en skog med för sydligt ursprung för normala förhållanden kan råka planteras så att det inte exponeras för normala förhållanden och se bra ut, men ändå ge avkomma som i genomsnitt är ganska dåligt anpassad och av en sådan orsak kan vara relativt sämre än andra liknande skogar och alltså dålig. Dessa resonemang rör sig om kulturskogar. I naturskogar flyttas generna sällan drastiskt, en mindre del gör det, men sällan i den utsträckningen så det mycket kraftigt påverkar ett bestånds utseende. Enskilda träd inom bestånd påverkas i allmänhet mer av miljöskillnader inom beståndet än genetiska skillnader inom populationen. Genetiska skillnader mellan träd inom bestånd verkar oftast kvantitativt viktigare än genetiska skillnader mellan rimligt olika bestånd. Bestånd påverkas av historik, skötsel och ståndort i högre grad än genetik även om genetiken ändå har betydelse. Skillnader i miljö borde vara större mellan bestånd än mellan träd inom bestånd. Bestånd är inte genetiskt lika i en naturskog och det finns en variation utöver den gradvis föränderliga storskaliga variationen. Proveniensförsök tyder på småskaliga skillnader utöver de storskaliga. Ett naturligt urval i en enda generation kan ge märkbara effekter, det är bara ett frö av hundratusen som ger ett stort träd, så utrymmet för det naturliga urvalet är betydande, och det finns skäl att tro att närliggande bestånd kan exponeras för ganska olika urval beroende på årsmån och slumpmässigt verkande faktorer som vilka skadegörare som dominerar. Genetisk drift i de träd som ger upphov till föryngringen och de meteorologiska förhållandena vid pollinering och befruktning kan orsaka genetiska skillnader. Kulturskogar har mer enhetlig historik och skötsel och kan ha mer olika genetik jämfört med naturskogar så i kulturskogar kan man förvänta att utseendet säger mer om genetiken både av enstaka träd och av beståndets genetik än i naturskogar. Dessutom skall ju urvalet för förädling vara för tillämpning i kulturskog, så det är relevantare för skogsträdsförädlaren att välja plusträd i kulturskog. Att söka göra en genetisk vinst vid fenotypurval är också meningsfullt även i naturskog och urvalet ger en effekt i okända övervägande naturskogar, men man skall inte tro att gott utseende i en naturskog är en garanti för överlägsen genetik, däremot är det ganska sannolikt att det inte är kopplat till för ståndorten dålig eller olämpligt genetik. Mellan kulturbestånd finns anledning att tro att de genetiska skillnaderna slår igenom mer och chansen att ett till synes bra kulturbestånd gör sig förtjänt av beteckningen genetiskt dåligt om avkomman används på ståndorter som påminner om där beståndet växer är relativt liten.

Människans och civilisationens påverkan

Man kan inte dra en skiljelinje mellan natur och kultur, och då definiera natur som hur det skulle vara om människan inte funnits. Människan är ur många synpunkter en dominerande ekologisk faktor. Åtminstone ur en del viktiga synpunkter har hon varit dominerande på jorden sedan minst femtio tusen år, när t.ex. bruk av eld och jakt på megafaunan blev viktiga med effekter på landskapsnivå och global nivå (utrotning av nyckelarter). I än högre grad gäller det för tio tusen år sedan med upptäckten och spridningen av jordbruket och husdjur samt teknologin att klara övervintring. Man kan förmoda att så fort inlandsisen hade dragit sig tillbaks från Sverige och klimatet medgav kolonisation av skogsekosystem, så kom människan i varje fall till kusterna och sjöarna som grupper av jägare/samlare.

Det har nog aldrig funnits någon natur i strikt bemärkelse efter nedisningen, och det finns knappast någon icke människopåverkad natur att restaurera. Även om den funnits, så lever vi i en kort interglacial och 80 % av de sista årmiljonerna har vi haft några tusen meter is ovanför oss, så inlandsis är det typiska naturtillståndet för Sverige. Det finns dock andra motiv att bevara biologisk mångfald och genetisk variation.

Det är svårt att säga hur stor betydelse ett mycket litet antal människor kan ha haft. Ekosystemen för mer än tiotusen år sedan påverkades av eld och jakt även om befolkningstätheten var mycket låg. Människan kan ha (för tall och gran oavsiktligt) flyttat avsevärda sträckor på genresurser även under den tiden och påverkat när arterna kom in. De betande djuren gör förmodligen landskapet mer savannlikt, medan rovdjuren motverkar detta. Påverkas den balansen av människan ändras typen av skogslandskap. I södra Sverige kan klimatet periodvis varit så bra så människorna tidigt kunde introducera jordbruk och nå högre numerär och större grad av mer direkt påverkan än i Norrland.

Att människan varit den troligen viktigaste ekologiska faktorn i Götaland alltsedan sedan granen påbörjade sin kolonisation av Sydsverige för flera tusen år sedan förefaller uppenbart. Svedjebruk, skogsbete av husdjur, bränsle till järnframställning och uppvärmning, virke till byggnader, hägnader och gruvsdrift. Andra faktorer tillkom med teknikutvecklingen: pottaska, tjära, milor för träkolstillverkning, båtbyggnad, och att skogsbränderna bringades under kontroll och nästan upphörde. Flottlederna byggdes ut. Ångmaskinerna gjorde industrilokaliseringar oberoende av vattenkraft och explosionsmotorn bröt slutligt isoleringen och gjorde exploatering lättare av otillgänglig mark långt från flottlederna. Kolonisationen av inre Norrland. Alla dessa faktorer och många därtill har nog varit viktigare för genetikerna av dagens skog än förädlingen. Det var först omkring 1950 skogsodling blev dominerande, förmodligen hade den måttlig påverkan dessförinnan. Bränning av hyggen kom och gick.

De sista 60 åren har människans globala aktiviteter i allt högre grad påverkat skogen. Den ökande koldioxidhalten och det atmosfäriska kvävenedfallet förbättrar trädens tillväxtförutsättningar. Det sura nedfallet ändrar på markens karaktär. Klimatet har börjat påtagligt ändras.

Enligt Wikipedia är av 0.5 % av Sveriges skog urskog och 3 % naturskog. Urskog är sådan skog som aldrig påverkats av människan och naturskogen sådan skog som inte påverkats de sista hundra åren. Siffror och definitioner kan diskuteras, men att nästan all svensk skog är människopåverkad torde vara höjt över diskussion, fast jag tror alltså man överhuvudtaget inte bör se det som att det existerar opåverkad skog, även om det nog existerar smärre områden där träd inte avverkats.

Människans inflytande kan på det hela taget inte vara annat än diversifierande ur de flesta enstaka arters synpunkt. Miljön blir mer varierande i tid och rum och arterna anpassar sig inte till specifika utan till ständigt varierande förhållanden. Chansen ökar att gran eller tall koloniserar en lokal där de egentligen inte är välanpassade. Selektionstrycket blir mer varierande i tid och rum. Invandringen efter istiden har gynnat flexibla anpassningsbara genotyper, kanske på bekostnad av perfekt ståndortsanpassning och hög produktionskapacitet, förmodligen har människans påverkan gått åt samma håll. Människans indirekta påverkan borde ha lett till en ökad genetisk variation av gran och tall än om människan inte funnits.

Under sin historia har människan påverkat träden. Att människan indirekt haft mycket stor betydelse under tiotusentals år för skogstillståndet är säkert, men det har då varit huvudsakligen genom indirekta mekanismer (jakt, eld, uppodling, bete). Hur betydelsefull den mer direkta påverkan av huvudträdslagen (gran och tall) är lite osäkrare, det är kanske först de sista tvåhundra åren det faktiska virkesuttaget blev kvantitativt en huvudorsak för skogens evolution på nationell nivå. Lokalt kan uttag spelat roll tidigare (exempelvis kust). Spekulationer om de genetiska konsekvenserna av den mänskliga påverkan av tall och gran blir mycket osäkra. Inte desto mindre tror jag man skall lägga ned en del energi på detta.

Människor har använt och skördat träd för många ändamål. Jag gissar att effekten av detta har varit negativt för vad skogsbruket idag värdesätter träden för, men detta är mycket osäkert. För att göra konstruktioner och för att kunna fälla, bearbeta och transportera träden är det oftast en fördel med raka stammar, friska träd och klena grenar och därför måste sådana träd valts och tagits bort ur skogen. Andra uttag av träd (t.ex. kolning, bränsle) riktar sig vanligen mot alla träd, inte uttalat dåliga.

Hur såg skogen ut förr?

För att ”medveten” förflyttning av skogsträdens gener skall kunna ske måste skogen vara odlad. Även i den icke odlade skogen kommer en del av generna från andra lokaler än växtplatsen, större del av generna med längre bort beläget ursprung ju längre bak i tiden man går. Men skogsodling ger möjlighet till mer omfattande genförflyttningar över långa distanser och stora områden. Frågan om hur stor del av skogen som härrör från odling är svårare att analysera än det vid första ögonkastet verkar. Kännedom om skogsodlingsandelen skulle ge en övre gräns för vad långa proveniensförflyttningar och genetisk variation av och i frökällor kan ha medfört ur härkomst och ursprungssynpunkt. Det blir en viss redundans mellan detta mer allmänna avsnitt och de avsnitt som mer

inriktar sig på varifrån skogsodlingsmaterialet kommer. Olika utredningar av skogsstyrelsen (SUS) ger idéer.

Skogen 1900 jämfört med idag

Mer olikåldriga bestånd, större artblandning. Stor kalmarksareal i Götaland, åtminstone i vissa områden har kalmarksarealen minskat och skogen ökat väsentligt. Mycket gammal skog i Norrland, men lite i Götaland. I Kalmar län var 1929 endast en procent av skogen äldre än 100 år. Hagmarken har minskat. Ökande skogstillgångar i södra Sverige, men ingen förrådsuppbyggnad i Norrland. I södra Sverige var skogen påverkad av skogsbete och ängsbruk (mark med trädinslag). Det fanns inga egentliga skogsbilvägar och glest vägnät, transporter skedde med häst och flottning. Skogsbränder var relativt frekventa.

Skogen 1950

Skogs- (ängs-) bete övergavs. Nedläggning av marginellt jordbruk inleddes. Hyggesbränning började avvecklas. Lastbilar fick ökad betydelse och flottningen minskade. Brandbekämpningen blev effektiv och skogsbränderna upphörde att vara en mycket viktig faktor. Skogsbilvägnätet byggdes ut. Dikning, som 1990 omfattade 1.5 milj. hektar.

Skogen idag

Skogen präglas av mångårig skogsskötsel. En virkesförrådsuppbyggnad har skett kontinuerligt i södra Sverige, för Norrlands del först med början på 50-talet. I Halland uppskattas att 75 % av den stående skogen är odlad, men i Norrbotten 20 %. Skogsbilnätet gör skogen tillgängligare.

Kultur eller natur?

Förmodligen är i Götaland den slutavverkade skogen ungefär 20 % kultur, den befintliga 40 % och den nya 80 % kultur. Ekelund med flera har gjort vissa utredningar (SUS) av hur kulturdelen ökat och det finns rapporter från Skogsvårdsstyrelser. I Norrland är andelen kultur i slutavverkningar låg och gissningsvis drygt en fjärdedel av den stående skogen.

Föryngring idag

Det anmäls föryngringsavverkning på drygt 200 000 hektar varje år. Skogsstyrelsens Polytax inventerar vad som faktiskt skett. Så här fördelade sig föryngringsmetoderna under åren 2005–2007 (källa Polytax R5/7):

- Plantering 67 %
- Naturlig föryngring 28 %
- Sådd 1 %
- Ingen åtgärd 4 %

Skogsodlingen 1980–2007 omfattade enligt Skogsstyrelsen (2009a, fig 6) ungefär 180 000 hektar om året. Det är avsevärt mindre än en procent av skogsmarksarealen så det tar storleksordningen ett sekel att ersätta huvuddelen av skogsmarken med odling, fast vi är en väsentlig del av vägen.

Hur skiljer sig skogsbrukarens önskemål från den ”naturliga” skogen?

Skogsbrukaren har andra önskemål på skogen och dess genetik än vad som erbjuds av de träd som ”naturen” ställer till förfogande, och det är viktigt att diskutera drivkrafterna som fått träd i ”naturen” att skilja sig från skogsbrukarens önskemål.

Träd som växer snabbt på höjden i ungdomen har uppenbarligen en fördel i det naturliga urvalet. De vinner i konkurrensen med andra individer av samma och andra arter och när de väl vuxit sig stora kan de sprida sina gener till kommande generationer. Därför måste det vara nackdelar med att växa snabbt, som i naturen motverkar fördelen, annars skulle de naturliga träden växa sig högre. Det är en risk med skogsträdsförädlingen om den inte tillräckligt beaktar dessa möjliga nackdelar, som förmodligen uppkommer vid lite högre ålder. Omloppstiden i naturen var längre innan avverkning blev viktigt, människan avverkar träden innan de dött naturligt. En ”förklaring” kan vara att de planterade träden inte står så länge så att nackdelarna med att bli höga träd hinner blir avsevärda. Miljön kan också ha ändrats.

De odlade skogarna utsätts för en annan miljö än naturen valt ut träd för. Vid enkornsådd i container är det viktigt att varje frö ger en säljbar planta. Plantproduktionsmiljön är radikalt annorlunda än den naturliga miljön fröet etableras i och utvecklas till en planta med optimal tillgång på näring och vatten, begränsad konkurrens (speciellt för rötterna), kontroll av skadegörare. Plantering förekommer inte i naturen och är ett stort ingrepp i plantans liv (”planteringschock”). Plantering på kalhygge jämfört med den ”naturliga” förnyringssituationen utgör en miljö med mindre konkurrens och lättillgänglig mineraljord, men ofta större exposition för klimatet. I den unga planteringen står plantorna ganska glest och är till stor del likåldriga. Naturen har aldrig valt plantor, som är anpassade för dessa miljöer, och förädlingen får dem säkert bättre anpassade.

Skogsbrukaren vill definitivt inte ha skador. Att undvika skadegörare är ett förädlingsmål och skadas träd av biotiska skadegörare i förädlingens fältförsök så motverkar vanligen förädlingen skador av dessa skadegörare. För urvalen är det viktigast vad som händer de första femton åren och angreppen då är förmodligen ganska olika vad naturen tidigare exponerat träden för, så träden kan förmodas svara på selektion. Detta gäller även plantskolemiljön där också skadegörare har betydelse. Även om förädlaren inte medvetet väljer mot skador av vissa skadegörare, så kommer de ändå att påverka försöksresultaten så att ett urval sker. Detta talar för att ett förädlat material blir mindre utsatt för skadegörare än ett oförädlat och användning av förädlat material minskar alltså ofta risken för skador av skadegörare.

Som slutprodukt ”vill” naturen bara ha reproduktiv framgång. Skogsbrukaren vill tvärtom ha stamved och inte kottar eller pollen. Detta kan vara ett skäl att överväga avvägningar om klonskogsbruk blir vanligt och man tekniskt behärskar blomningsstimuleringsmetoder. Detta är dock inte fallet än. Skogsbrukets utsäde framställs i fröplantager där pollen och fröproduktion är begränsande. De genotyper som producerar mest gameter kommer också att sprida sin avkomma i skogen. Den långsiktiga förädlingen kan nog förmodas i

begränsad utsträckning leda till minskad fertilitet, men detta är en mycket långsam och icke drastisk effekt. I ett rimligt tidsperspektiv är det inte troligt skogens fertilitet ändras nämnvärt på grund av användning av förädlat material.

Skogsbrukaren vill ha hög överlevnad i skogsodlingen så att det inte blir improduktiva luckor, och så att resurser inte slösas bort på plantor som inte blir värdefulla träd. Skogsbrukaren har mycket högre krav på överlevnad än naturen, som kan kompensera dålig överlevnad med många försök att få ett träd.

Skogsbrukaren vill inte ha den sämsta delen av den genetiska variationen med små krokiga träd med grova grenar. Fast den naturliga selektionen missgynnar också träd som inte växer bra uppåt.

Skogsbrukaren vill ha snabbväxande träd, rimligen har sådana träd också en fördel i det naturliga urvalet. Detta skulle kunna vara förenat med någon nackdel att vara snabbväxande (blåser omkull oftare? svårt att få upp näring och vatten till toppen?). De eventuella nackdelarna kanske visar sig först vid hög ålder när kulturskogen redan är fälld, och är kanske därför inte så stora nackdelar för skogsbrukaren.

”De egoistiska generna” samverkar nog inte optimalt ur beståndssynpunkt, det naturliga urvalet borde gynna genotyper som stjälar resurser från grannarna (skuggar grannarna, tar vatten och näring från grannarna). Skogsbrukaren vill ha bestånd som utnyttjar ståndortsfaktorerna effektivt och träd som inte spenderar resurser på att konkurrera med grannarna om tillväxtfaktorerna. Evolutionen har nog inte åstadkommit träd som producerar optimal i bestånd. Förädlingen väljer vanligen de träd som växer bäst i blandningar av träd som konkurrerar i jämna planteringar, det finns skäl att tro att man i ännu högre grad favoriserar bra konkurrenter i artificiellt urval än i naturligt. Skogsträdsförädlingen åstadkommer förmodligen inte träd som samverkar optimalt, men det verkar inte vara ett överhängande problem och är svårt att åtgärda och inget argument emot förädlat material.

Skogsbrukaren vill ha raka träd som växer tätt och inte har onödigt mycket av torrsubstansproduktionen i grenar och gör det möjligt att få mycket virke per areal på kort tid. Förädlat material hjälper till med detta. Det är oklart om skadegörare påverkas.

Skogsbrukaren vill ha träd som inte fälls eller bryts av vind. Detta är ett av flera skäl att undvika ett yvigt grenverk vid urval. Detta borde rimligen vara negativt för åtminstone vissa skadegörare och leda till minskade problem med skadegörare.

Skogsbrukaren kan ha många andra önskemål än bestånd med hög värdeproduktion. I detta sammanhang kanske det ger ett mer rättvisande intryck att tala om markägare. Markägare är en mycket heterogen grupp med olika målsättningar och möjligheter att realisera dem. En stark drivkraft är att uppträda ”politiskt korrekt”. Detta gäller i hög grad även markägare som i princip vill ha en hög värdeproduktion, eftersom PR och grön certifiering har ett omedelbart och stort ekonomiskt värde. Det finns reservatsintressen som har olika (ibland motstridiga) motiv inklusive genbevarande. Jakt kan ses som huvudändamål. Rekreationen och sociala funktioner kan ses som

huvudändamål. Andra prioriteringar kanske motverkar användningen av kulturskog, men det är svårt att se många starka kopplingar till den genetiska variationen i kulturskogsanvändningen. Att det är politiskt korrekt att upprätthålla genetisk variation på många nivåer ter sig dock uppenbart. Det finns också biologiska argument för att det troligen är önskvärt även om inte hundra procentigt säkert eller entydigt. Därför vill skogsbruket upprätthålla den genetiska variationen och det är ett starkt motiv för förädlingen och fröplantageoperatörer att göra det i högre grad än vad en ren produktionsmaximering kanske skulle motivera och att föra en levande diskussion om den genetiska variationen.

Skogsbrukarnas företrädare betonar ett uthålligt skogsbruk som en del i ett uthålligt samhälle.

Skall man se skog som Natur eller Kultur och hur påverkar det materialanvändningen? Detta är en psykologiskt stor fråga och anledning till konflikter. Är skog Natur som skall lämnas åt sig själv utan mänsklig inblandning eller Kultur som kan odlas och skördas? Har man väl bestämt sig för att skörda och odla gör det inte så väldigt stor skillnad om odlingen är med fröplantagefrö eller beståndsfrö. För reservat, naturparker och dylikt så kan det finnas skäl till speciella restriktioner, som får behandlas i speciell ordning och där genbevarande frågor i vissa fall kan tillmätas särskild betydelse. Det finns en skoglig genbank och andra naturbevarande aktiviteter. Vid sidan av detta skall på all skogsmark naturhänsyn tas. Jag tycker inte detta skall lägga hinder i vägen för användning av ”normalt” förädlad material (d.v.s. fröplantager). Detta gäller också mark som används huvudsakligen för andra ändamål än skogsbruk, t.ex. tomt, rekreationsområde. Att användningen av normalt fröplantage material inte förhindras eller avrådas ifrån innebär förstås inte att markägaren måste använda det, och det bör stå markägaren fritt att inte använda fröplantagematerial i enskilda fall.

Värdet av en hög skogsproduktion

Skogen är en viktig råvara, Sverige är EUs vedbod. Den svenska skogen är en av EUs viktigaste naturtillgångar för uthållig biomassaproduktion.

Utnyttjandegraden av Skogen är hög och skogens tillväxt är begränsande för virkesuttaget. I övergången till ett samhälle som är mindre beroende av fossilt bränsle och påverkar luft och miljö mindre är skogsproduktionen viktig.

Affärsidén för skogsbruk är att omvandla vatten och luft till vad vi behöver med solljus som huvudsaklig resursinsats och återbörda produkterna till vatten och luft efter användningen, vad kan vara i grunden miljövänligare än detta?

Etablering av bra skogar är en långsiktig investering för att ge råvaror till framtida generationer, som kommer att bebo det framtida Sverige.

Skogsträdsförädling är det billigaste och troligen miljöeffektivaste sättet att förstora denna resurs. Även ur miljösynpunkt är det ekonomiska utnyttjandet av skogen värdefullt, eftersom ett starkt skogsbruk kan bekosta och stödja mer naturinriktade aktiviteter.

Den operativa skogsträdsförädlingen spelar även en roll för genbevarande och genetisk övervakning, försvagas skogsträdsförädlingen försvagas också dessa funktioner.

Hittills är den genetiska åtgärd som troligen givit störst ökning av Sveriges skogsproduktion att använda importerad gran i södra Sverige, vilket nu ifrågasätts, eftersom det är en främmande proveniens.

Det är *mycket* stora och långsiktiga värden som sätts på spel om väsentliga formella eller opinionsmässigt motiverade begränsningar läggs på skogsträdsförädlingens möjligheter eller fröplantage- och proveniensanvändningen. Argumenten för restriktioner bör vara mycket starka om de är mer än marginellt begränsande.

Vems är problemet?

Om en skogsbrukare bestämmer sig att använda ett visst material och detta sedan går dåligt, skall det då ses som ett samhällsproblem? Eller ett naturvårdsproblem? Ligger det inte i skogsägarens intresse att skogen blir så bra som möjligt och ägaren kan väl oftast bedöma vad som är funktionellt bättre än någon annan. Måste samhället ta ansvaret att aktivt hindra att skogsägaren gör fel, stoppar det inte utvecklingen, bidrar det inte till en minskad mångfald både idémässigt och biologiskt och försvagar det inte ägaransvaret?

En risk är förvisso att skogsägaren undandrar sig kostnader och besvär på ett för den nationella skogsituationen icke optimalt sätt. Om man diskuterar användningen av plantor från fröplantager eller beståndsfrö så är kostnadsskillnaden sällan betydelsefull. Skogsbrukaren gör små omedelbara besparingar beroende på vilket frö han utgår ifrån. Det framförs ofta att förädlad frö är lönsamt även ur användarens synpunkt, och det är nog också enligt många resonemang. Det kan nog vara bra ur landskaps och miljösynpunkt att ha inslag av lågförädlad skog, och det är bra om det finns oförädlade jämförelsematerial i skogen. För närvarande är fröplantagernas inte

något omedelbart hot mot denna variation, men om något decennium finns det anledning att tänka på problemet.

”Ingen åtgärd” eller självföryngring kan däremot spara pengar och besvär för markägaren åtminstone på kort sikt, och här kan finnas skäl till regler för att slå vakt om markutnyttjandet och motverka självföryngring där det inte är lämpligt eller utförs på lämpligt sätt. Sådana regler kan i viss mån öka förekomsten av skogskultur och därmed förflyttning av material. För att något fördröja processen att generna rörs om och ge mångfald på landskapsnivå kan det vara bra med ett litet inslag ”lagbrott” och kanske hålla nere sanktionerna för sådant som bara sker i liten skala, men knappast så det blir mycket.

Om kulturer skulle misslyckas t.ex. p.g.a. låg diversitet eller för sårbart material så är det nog övervägande positivt ur naturvårdssynpunkt, så att motivet att skydda skogsägarens skog mot skador genom restriktioner på genetiskt material verkar tveksamt ur naturvårdssynpunkt.

Att undvika att *all* skog utnyttjar ståndorten maximalt är säkert ett naturvårdsintresse, men det är svårt att se att denna grundläggande konflikt mellan produktion och natur i dagsläget behöver ha en komponent att hindra eller avråda skogsägare att använda bästa till buds stående skogsodlingsmaterial av tall och gran (annat än i specialfall såsom i en del reservat).

Om en markägare orsakar problem för grannfastigheterna är det förstås inte bara markägarens problem. Det kan nog hävdas att man inte vill ha högförädlad skog bredvid eller i vissa reservat så att självföryngringen i reservatet påverkas, men i så fall tycker jag det bara skall gälla om det är ett uttalat viktigt syfte med reservatet som allvarligt motverkas. Vore det en allvarlig risk att högförädlad skog drog till sig skadegörare som sedan gav sig på grannskogarna skulle restriktioner kunna diskuteras, men jag tycker inte det kan hävdas att detta är en tillräckligt påtaglig risk.

För- och nackdelar med genetisk variation i ett produktionsmaterial

Fördelar med låg genetisk variation

Frånvaro av genetisk variation kan ha fördelar:

1. Den genetiska vinsten kan bli avsevärt högre om bara den bästa genotypen väljs.
2. En homogen sort är lättare att karaktärisera och få monopol på och lättare att marknadsföra, kommersialiseringsmöjligheterna ökar.
3. Att frön har olika grobarhet kan leda till att grobarheten sjunker så fröet måste behandlas eller inte kan användas alls till containersådd, där önskemålet är ett grobart frö per container.
4. Att frö gror vid olika tidpunkter och med olika gröningsenergi gör det svårare att hantera i plantskolan och kan leda till lägre plantutbyte.
5. Att plantor är olika utvecklade gör dem svårare att hantera i plantskolan och kan leda till större utsortering och lägre plantkvalité.

6. Att de enskilda träden är olika kan göra det svårare att avverka och framtvinga en sortering i olika sortiment.
7. En heterogen skog kan vara svårare att sköta.
8. Användare av råvara vill ha en jämn kvalitet utan variation, den genetiska variationen bidrar till att göra skogsråvaran inhomogen och därmed potentiellt mindre värdefull för slutanvändaren och lägre betald för skogsbrukaren.
9. En genetiskt homogen skog tenderar ur många kvalitetsaspekter att bli mer upprepbar och förutsägbar.
10. Om bestånd är homogena – men olika – kan det vara svårare för skadegörare att hoppa mellan bestånd och variationen på landskapsnivå kan öka jämfört med om bestånden var heterogena, men lika varandra på landskapsnivå.

Fördelarna med låg genetisk variation är oftast i praktiken små för tall och gran och leder i praktiken sällan till ansträngningar för att få låg genetisk variation. Fördelen med den högre genetiska vinsten växer med tiden och blir betydelsefullare om några decennier. Låg genetisk variation kan medföra inavel om beståndet självföryngras eller används för frötäkt. I många scenarior ter det sig dyrt och svårorganiserat att undvika genetisk variation, så även om det skulle ge fördelar är det kanske ändå inte ekonomiskt försvarbart.

För en liten del av föryngringsarealen finns det ett påtagligt samhällsintresse att åstadkomma skogar med en låg genetisk variation. För framtida säkerhetsbedömningar är frånvaron av tillräckligt omfattande praktisk skogsodling med mycket låg genetisk variation ett påtagligt problem, eftersom det är praktiskt omöjligt att utvärdera storlek och natur av eventuella risker med låg genetisk variation utan empirisk erfarenhet. Sådana riskvärderingar kommer alltid att efterfrågas, och kommer att te sig angelägnare i framtiden.

Fördelar med hög genetisk variation

Det finns fördelar ur skogsbrukssynpunkt och för markägaren med genetisk variation (eller ekvivalent nackdelar med låg genetisk variation) och fördelarna anses oftast överväga jämfört med nackdelarna av extraordinär låg genetisk variation:

- En enstaka genotyp efterfrågar samma saker vid samma tidpunkter medan en blandning av genotyper utnyttjar det ekologiska utrymmet bättre;
- En sjukdom eller skadegörare kan sprida sig snabbare i en homogen gröda;
- Om en komponent misslyckas kan en annan komponent ta över och utnyttja det frigjorda ekologiska utrymmet om det finns genetisk variation;
- Om det finns genetisk variation blir produktionen säkrare och mer stabil över ett bredare spektrum av ståndorter, sorten blir mer reproducerbar och misslyckas mer sällan;
- Genetisk variation är politiskt korrekt och har ett PR-värde;

- De genetiska förutsättningarna för självföryngring eller frötäkt är bättre om beståndet är genetiskt variabelt;
- Genetisk variation kan erbjuda plusvärden för andra organismer i skogen

Hur vägs värdet av genetisk variation och värdet av skogsproduktion?

För att optimera är det mycket önskvärt att uttrycka olika faktorer på en gemensam skala. Det naturliga är att monetärt värdesätta. Den producerade skogen har ett värde eller väntevärde. När det gäller skador av skadegörare p.g.a. låg genetisk variation, så kan de betraktas som en minskning av skogsproduktionens väntevärde. Skogsbruket vill undvika skador, en skog med god hälsa är ett förädlingsmål. Det finns inget skäl att tro att markägaren vill ha skogar som är utsatta för skadegörare. En skog med god hälsa producerar i allmänhet en värdefullare produkt till lägre kostnad. Andra effekter av låg genetisk variation som mindre biologisk produktion och inavel kan också behandlas som ett avdrag från förväntad värdeproduktion. Den genetiska vinsten med beaktande av den genetiska variationens effekter kan optimeras. Det optimalt antal kloner i framtida fröplantager kan beräknas (lite konservativt så man inte riskerar att felaktiga antaganden leder till riskabelt låg genetisk variation och så att framtida särplockning underlättas), sådana beräkningar på nya plantager hamnar på drygt 15 kloner ”effektivt i planerat rametantal” (Lindgren och Prescher, 2008). Nyttan av genetisk variation är inte oändlig utan måste vägas mot den högre genetisk vinst ett striktare urval av kloner ger i framtida plantager.

Jämförelse förädling och genetisk variation med andra inslag i skogsbruket

Skogsbruket påverkar mycket, genetisk variation är bara en mindre del av påverkan.

Sannolikt har hyggeskogsbruk och skogskultur betydligt större ekologisk påverkan än den ytterligare påverkan som beror på att förädlat material skiljer sig från effekterna av motsvarande skogskultur med oförädlat material. Dessutom kan förädlat material ha indirekta effekter, som kanske är viktigare än de direkta. Skogsodlingsmaterialets genetiska variation är nog en ännu mindre betydelsefull komponent i det stora spelet än de ändrade egenskaper de enskilda träden får genom förädlingen.

Många faktorer gör att de svenska skogarna idag avviker betydligt från ett helt naturligt tillstånd, som skulle uppkommit sedan istiden om människan inte funnits. Det är faktorer som landskapsfragmentering; förekomst av vilt och eld; antropogena klimatförändringar; rationellt skogsbruk baserat på monokulturer; exoter som sitkagran, contorta eller nyskapelser som hybridasp; högt betestryck av klövvilt; hägning; dikning; luftföroreningar; helträdsutnyttjande och borttagande av hyggesrester och stubbar; användning av konstgödning och kemikalier. Många av dessa faktorer kan förmodas ha större inverkan på de svenska skogarna i många avseenden än användning av förädlat material har eller kan förväntas få i den nära framtiden (jfr. MINT, bilaga 4). En kvantitativt liten del ibland de många förändringarna gäller i ännu högre grad komponenten genetisk variation av förädlat material.

Plantorna har en helt annan miljö i en plantskola än i en ”naturlig” skogsförnygring. De är annorlunda jämförda vid samma storlek när de just planterats än när de vuxit upp ”naturligt” på platsen. De är unga och har fått ”optimalt” med vatten, näring, utrymme, temperatur etc. Skogsbruket gör hyggen som ändrar klimat och förutsättningar under förnygringsfasen, t.ex. blir plantorna mer exponerade mot väder och vind. Markberedning på ett hygge ger en temporär konkurrensfördel mot annan vegetation och rikligare näringstillgång. Kalavverkning kan försumpa en yta, dikning kan göra den onaturligt väl-dränerad, etc., etc. Detta har inget med förädlingen att göra, men har nog mycket större effekter på skadebild och annat än förädlingen.

Dock ökar nog andelen kultur om det finns förädlade plantor att tillgå jämfört med om det inte finns. Men kultur har ökat utan att plantorna varit nämnvärt förädlade (däremot förflyttade, men detta skall nog inte jämföras med förädling). Det blir relativt lönsammare att plantera med förädling och omloppstiden sjunker sannolikt. Detta skulle kunna ha betydelse, men är i dagsläget svårbedömt, exempelvis behövs noggrannare huvudsakligen ekonomiska utredningar om storleken av effekterna skall bedömas eller ett jämförande material som inte finns. Lägre virkesförråd vid avverkning minskar skogens roll som koldioxid sänka. Kanske man kan hävda att det är mer naturnära med lägre virkesförråd? Om förnygringsytorna ökar, så ökar förstås den totala skadenivån av t.ex. snytbagg. Om omloppstiden sjunker (bl.a. till följd av förädlingen) innebär det fler kalhyggen och förnygringsytor. Med kultur minskar artblandning i bestånd.

Förädlat material gör kultur lönsammare och kultur innebär vanligen gran eller tall. Förädlingen på gran, tall och contorta kommer att vara intensivare än på mindre använda trädslag och kommer att leda till att argumenten att använda huvudträdslagen i kultur förstärks med tiden. Tillgång till förädlat material bidrar nog till ytterligare tillbakagång för många ”mindre” trädarter. Dock satsas i dagsläget mycket mer resurser på fröförsörjning/förädling per planta på marginella arter än på huvudträdslagen så detta scenario förefaller inte särskilt överhängande.

Skogskultur sker i allmänhet med ett för förhållande lämpligt trädslag och leder oftast till att kulturträdslaget dominerar under hela omloppstiden. Är kulturträdslaget förädlat blir det relativt lönsammare att gynna det vid röjning och gallring. Träden blir mer likåldriga och det blir mindre stora luckor. En relativt tidigare avverkning när kulturbeståndet fortfarande är slutet leder till mindre succession och mer ensartade bestånd.

Mängden död ved minskar i kulturskogen, vilket påverkar ekosystemet. Förädlingen inriktar sig bl. a på låg dödlighet och hög hälsa och detta kan förmodas leda till ännu mindre död ved och döda stående träd, som påverkar, men det är svårt att säga något om och hur mycket detta påverkar risken för skadegörare eller biodiversiteten.

Kväveutlakningen borde inte påverkas mycket av en genetiskt betingad tillväxtökning, snarast borde den minska, eftersom de förädlade träden utnyttjar ståndorten bättre och då ingår nog det tillgängliga kvävet.

Jag håller de effekter som nämns ovan huvudsakligen utanför utredningen. Nedan nämns några effekter som nog skall beaktas i utredningen.

Skogskultur (sådd eller plantering) använder mer eller mindre förflyttat material vare sig förädlat material används eller inte och effekten av förflyttningen tillskrivs ofta förädlingen. Jag tycker det är relevant och aktuellt att också göra utvecklingar mot förflyttat material.

Man kan föra en diskussion i vilken grad användandet av förädlat material är ekvivalent med en bonitetshöjning. Många av konsekvenserna av förädlat material borde man kunna se genom att jämföra likvärdig skog på olika boniteter. Ökad bonitet har sällan betraktats som problematiskt. Eller kanske man skall jämföra historiskt mer eller mindre lyckade kulturer på samma bonitet?

De största osäkerheterna för skogsbruket av genetisk natur ligger troligen inte i förädlingen utan i planteringen, där målsättningen är ”ett frö en planta”, och där man skapar en förnyingsmiljö som skiljer sig från den naturliga urvalet har arbetat med. Lite tillspetsat kan man kanske säga att ett ”naturligt” material är åtminstone lika riskabelt som ett förädlat. När det gäller val av förnyingsmaterial så är artvalet nog en större fråga, och inom art är nog exempelvis val av en rumänsk eller svensk proveniens en större fråga.

Global warming

”Global warming” är ett livligt diskuterat och aktuellt ämne. Det finns skäl att tro att förädling och fröplantager passar in i anpassningen till en global temperaturökning och en oförutsägbarare framtid.

Det kan inte längre hävdas att beståndsfrö av lokalproveniens eller självförnyring är väl anpassat till de lokala förhållandena, eftersom de lokala förhållandena ändras över tiden på ett svårgenomskådligt sätt. Kultur med fröplantagefrö har en större potential att anpassas till framtida klimatändringar.

Fröplantager är mer reproducerbara frökällor med bättre definierade egenskaper än beståndsfrö. Förväntade klimatändringar kan mötas med ändrade användningsområden för fröplantager. Jag anser att användningen av dagens fröplantager bör revideras för en ökning av temperaturen på skogsodlingslokalerna med en halv grad, och att de plantager som anläggs de närmaste åren bör baseras på en fröanvändning som utgår från en grads höjning av temperaturen jämfört med ”idag”, men detta är en personlig uppfattning, det måste naturligtvis vara plantageägaren som fattar beslut. Med ”idag” menas vad som kalkylerades inför starten av det nya samordnade fröplantageprogrammet – ”TreO” (Rosvall och Ståhl, 2008).

Egenskaperna hos skördarna från en given plantage kan ändras vid skördetillfället genom s.k. särplockning, d.v.s. odlingsmaterialet kan anpassas till de aktuella klimatprognoserna som gäller när fröet skördas.

Klonerna i en äldre fröplantage har rekryteras från olika bestånd över ett område stort som ett landskap. Bestånd är inte lika genetiskt, det finns såväl en storskalig variation över latituder som en småskalig mosaikartad variation därutöver. Detta innebär att det – för var fröet är bäst anpassat – finns en variation inom plantagefröet, som förväntas vara större än för beståndsfrö. Plantagefröet kan förväntas vara välanpassat över ett något större intervall av odlingslokaler än beståndsfrö och något mer robust gentemot klimatändringar. De nya plantagerna rekryteras från material som testats på ganska många lokaler över en miljögradient och är i genomsnitt bra. Förmodligen finns ändå variabilitet i anpassning kvar som liknar de gamla. Beståndsfrö kan kanske förmodas vara något mer snävt lokalt anpassat. Detta resonemang gäller också resistens mot nya mönster av skadegörare – plantagefrö kan förväntas bättre förberett att möta oförutsedda problem.

Variationen i klonernas ursprung i en fröplantage bestäms när plantagen anläggs och är alltså en variabel som fröplantageoperatören kontrollerar och kan göra något större än idag om det bedöms önskvärt inför en osäker framtid.

Svensk förädling är strukturerad i subpopulationer och subpopulationernas målområden har större spridning än som motiveras av tyngdpunkten av skogsbruket, vilket ger flexibilitet inför klimatförändringar. Det pågår en revision av svensk skogsträdsförädlingsstrategi som förmodligen kommer att offentliggöras i början av 2010. Svensk förädling avser förmodligen att sprida ut testerna av ett förädlingsmaterial över ett något vidare område än hittills. Det har föreslagits att testerna för förädlingspopulationerna förläggs där de passar bäst med det nya klimatet, d.v.s. i första hand högre upp och i andra längre norrut jämfört med hur man gör idag.

Ett urval i förädlingen utnyttjar information från många försök på olika lokaler och vid olika tidpunkter och är alltså ett medelvärde medan evolutionen bara känner till här och nu. Detta gör att förädlingen – även om detta inte varit avsikten och utan merkostnad – gör att de förädlade materialen blir mer plastiska, d.v.s. varje enskild genotyp är anpassad till mer varierande ståndorter.

Framtiden blir varmare, men på ett svårforutsebart sätt och med komplexa konsekvenser, så den viktigaste effekten är kanske att framtiden blir osäkrare. Fröplantagefrö kan förmodas vara något mer diverst i egenskaper som gör att det klarar sig något bättre på såväl populationsnivå som individnivå i en osäker framtid. Eftersom fröplantagefrö har bättre kända karaktäristika än beståndsfrö så är dess egenskaper mer förutsägbara i ett scenario med en varmare framtid och det blir lättare att avgöra om det skall användas och var.

Ett varmare klimat kommer att leda till ändrade proveniensförflyttningar. Tall flyttas i norra Sverige söderut för att förbättra överlevnaden, behovet av långa sydförflyttningar för detta ändamål minskas och tallprovenienser i norr blir mer lokala. För gran gäller vanligen att den flyttas från söder mot norr, gissningsvis kommer dessa förflyttningar inte att bli mer accentuerade det närmaste decenniet.

Miljöändringarna kan förutses bli större och mer varierande i framtiden än de varit i de passerade århundradena, eftersom människans inblandning blivit en dominerande faktor, därför är det ännu viktigare än förut att bevara arternas evolutionära potential och möjligheterna att göra detta är störst i förädlingspopulationen. Jag tycker den svenska förädlingen av gran och tall verkar leva upp till den önskvärda evolutionära potentialen.

Den genetiska variationen i förädling och skog i den avlägsna oförutsebara framtiden

Metoder för långsiktig förädling och anläggning av skog kan ändras. Detta diskuteras mycket kortfattat här.

Större ändringar i den genetiska variationen p.g.a. metodutveckling jämfört med de extrapolationer av nuläget som tas upp i den här utredningen kommer huvudsakligen att vara en följd av medvetna beslut och inte en oavsiktlig konsekvens av metodutveckling. Tiden är inte mogen för dessa medvetna beslut att skära ned på den genetiska variationen, och om och när sådana beslut fattas kommer det säkert att ligga ett mer specifikt och aktuellt kunskapsunderlag bakom.

Det är knappast förutsebart vad teknikändringarna leder till. Vetenskap och teknik inom genetikområdet utvecklas mycket snabbt, men den operativa förädlingen och det förädlade materialet har påverkats lite av detta, och i den mån påverkan skett är det huvudsakligen indirekt.

Genomslag av ny teknik tar ofta lång tid

Med 1960 års teknik var det ekonomiskt och biologiskt möjligt att trygga 90 % av plantskolornas fröförsörjning med förädlad frö från plantager, trots detta har vi bara nått drygt 60 %. Sedan 1990 fanns optionen att använda ett fåtal kloner (gransticklingar) till huvuddelen av planteringarna, ändå så rör det sig 2010 om

mindre än en promille. De visioner som förespeglas och ter sig realistiska för framtiden när de presenteras har sällan realiserats. Det är orealistiskt att i den nära framtiden tänka sig förädlingsystem, där det inte ingår rekombination av gener och ett element av minst cirka ett decenniums fälttestning i valet av de träd framtidens skogar skall bygga på och då hamnar man på ett förädlingsystem som påminner om dagens.

Snabbare och rikligare blomning

Blomningsstimulering i kombination med tidiga tester kan förkorta generationstiden i växtförädlingen. Men utarmningen av den genetiska diversiteten sker i direkt proportion till generationstiden, storleken av dagens förädlingspopulation får dimensioneras tiofalt större om generationstiden skall minskas radikalt. Dessutom kommer man ändå inte ifrån att långa fälttester är ett nödvändigt inslag så möjligheterna att förkorta generationstiden är begränsade. Tidsavståndet mellan förädling och skogsodling kan komma att förkortas avsevärt och därigenom kan förädlingens påverkan på genetiska variation komma till uttryck snabbare än idag.

Molekylär förädling

Genomik; Genomics, associations, marker aided selection etc. öppnar möjligheter att i ökad grad välja träd direkt på de gener som styr dem istället för deras uttryck. Många bedömare anser detta kommer att bli en betydelsefull del av skogsträdsförädlingen i framtiden. På något decenniums sikt kan knappast tillämpningar förutses komma till praktisk användning (Andersson, 2008). Dessa nya metoder kommer förmodligen att ha ett begränsat inflytande på förädlingsstrategin i stort inom överskådlig framtid (faktorer som förädlingspopulationernas storlek och struktur, cykeltid, reduktion av genetisk variation, att skogsträdsförädling har ett betydelsefullt inslag av långvariga fälttester). Däremot kan de ha betydelse för faktorer som selektionskriterier och antalet kandidater till urval. De molekylära metoderna kan leda till ett ökat tryck på få träd, eftersom det kan bli relativt besvärligt att få många som är lite besläktade med liknande egenskaper och detta kan indirekt leda till minskad diversitet i skogarna även om strävan i förädlingspopulationen säkert kommer att vara att bevara mångfald och diversitet. Molekylär förädling skulle kunna leda till att diversiteten i just de utvalda generna och troligen också de gener som ligger närmast på kromosomen minskar kraftigare än med dagens selektion, som ser till summan av genernas uttryck. Markörgener har dock stor betydelse för andra förädlingsrelaterade frågor såsom identifiering av föräldrar, uppskattning av släktskap, kontroll av kontamination och skattning av genetisk diversitet.

GM

Med genetic modification ("intelligent design") möjliggörs bl.a. att sammanföra gener från olika träd eller organismer med icke-sexuella metoder. Detta skulle kunna eliminera behovet av omkombination av gener i olika träd med nuvarande sexuella metoder och därmed ganska radikalt ändra förädlingsfilosofin. GM har knappast lämnat laboratoriet för skogsträd (det finns mycket få fälttester kvar och knappast något som är relevant för barrträdsförädling), och långa fälttester förefaller ofrånkomligt för tall och gran innan metoderna kan introduceras praktiskt. På lång sikt (sekler) har GM-tekniker att stuva om gener stor potential och deras troliga introduktion är ett

argument för att inte vara allt för bekymrad över vad som händer i förädlingspopulationerna om några hundra år.

Klonskogsbruk

Skogodling med testade kloner som kanske också har enligt molekylär förädling önskvärda gener skulle kunna bli en realitet. I så fall kommer önskemål att uppkomma att bättre använda den nya tekniken genom att använda skogsmark till odlingar med en lägre genetisk diversitet än Sverige har omfattande praktisk erfarenhet av.

Risk

Det finns scenarior – när det gäller genetisk variation framförallt klonskogsbruk – där skogsbrukets önskemål och att utnyttja de genetiska vinsterna som kan bli möjliga kan leda till konflikter, när man kontrasterar med ”beprovad erfarenhet”, d.v.s. erfarenheter från skogsodling i semipraktisk skala av odlingsmaterial med låg genetisk diversitet. Det är därför viktigt att sådan semipraktisk verksamhet intensifieras för att eventuellt mer omfattande skogsbruk med lägre diversitet inte skall fördröjas p.g.a. brist på relevant erfarenhet.

Hur olika är olika provenienser?

I naturskog flyttar sig generna kortare sträckor än i kulturskog. Även om en väsentlig del av generna (hälften av pollenet) migrerar över mer än några hundra meter så migrerar nog huvuddelen (häften av pollenet och nästan alla fröna) mindre än hundra meter.

För ett sekel sedan, när sådd var vanligt, kanske kott plockades av den lokala skogsvaktarens familj och klängdes i hans hem, avståndet mellan frö och föröngningsyta kanske ganska ofta var mindre än en mil. Det existerar än idag kulturformer där förflyttningarna inte är stora. Skogsbrukaren flyttar kanske på självföröngrade plantor. Skogsbrukaren kanske skördar kottar i sina egna skogar och klänger dem själv och använder sedan sådd. Även om förflyttningarna är små finns det fluktuationer i genetiken mellan frökällor. Men i allmänhet så är det långa sträckor (storleksordning 10 mil och ofta avsevärt mer) mellan föräldraträdens växtplats och för skogen som de ger upphov till. Och då uppkommer frågan om proveniensvariationen i större skala.

Det finns en klinal variation mellan provenienser. Sydliga provenienser överlever inte i nordliga klimat och nordliga provenienser växer långsamt i sydliga klimat. Man tillskriver det att invintringen regleras bl.a. av de allt längre nätterna på hösten och att denna signal kommer försent till sydliga provenienser som alltså inte är ordentligt vinterhärdiga när vinterklimatet sätter in. Om provenienser jämförs på samma lokal så kommer tillväxtavslutningen tidigare ju nordligare beteende proveniensen visar.

För tall verkar invintringen vara den operativt viktigast proveniensskillnaden. De plantor som skadas under vintern blir känsligare för snöskytte mm. som blir den mer direkta dödsorsaken. En skillnad på en latitud i ursprung kan ge en skillnad på 10 % i överlevnad i lägen där överlevnaden är kritiskt låg.

Härkomstaltituden däremot verkar ha ganska liten betydelse (Sundblad och Andersson, 1995).

På molekylär nivå kan man säga att de flesta polymorfier bevaras, få fixeras. Visserligen hittas skillnader i förekomst av alleler, men generellt är ofta antalet ”bestånd” och genotyper inom bestånd (stickprover) alldeles för lågt för att få en bestämd uppfattning om skillnader i sällsynta alleler. Stickprov kan vara utsatta för otypisk påverkan (få och besläktade föräldrar, speciella och hårda urval). Det är svårt att generalisera. Den kritiska betydelsen av hur stickproverna av populationerna tas understryks i en översikt av Wright och Gaut (2005).

Det finns ett program plantval på Skogforsks hemsida som förutspår effekten av olika förflyttningar.

Det storskaliga proveniensmönstret för gran

Granens spridningsvägar har studerats av Tollefsrud (Tollefsrud m.fl., 2008 och 2009). Studierna bygger på mitokondrie-DNA som bara nedärvs på fröföräldrassidan och som bara speglar en liten del av genomet, men är värdefullt framförallt för att ge underlag till spridningshistorien. I Nordeuropa (Skandinavien, Baltikum, Vitryssland, Ryssland, Kaliningrad och en liten del av nordöstra Polen mm) finns bara en genetisk huvudgrupp, vilket antyder att granen efter istiden kommer från ett refugium område i Ryssland. I Sydeuropa (Södra Polen, Tjeckien, Slovakien, Rumänien, Södra Tyskland mm.) finns flera olika genetiska grupper som förmodligen härrör från olika refugier. I huvudsak förefaller den nordligare (inklusive svenska) delen av utbredningsområdet att ha varit isolerad från sydligare delar åtminstone sedan istiden. Den nordsvenska granen har troligen till stor del invandrat landvägen runt Bottenhavet medan den sydsvenska granen förefaller ha kommit över Östersjön. Granbestånden i Ryssland verkar ofta ha större genetisk variation i DNAt än i Sverige och Norge. Det finns dock fler genetiska varianter i Sydsverige än i Nordsverige, Sverige norr om Mälaren verkar mycket ensartat. Gener sprids över mycket större distanser med pollen än med frön och man kunde förmoda att skillnaderna skulle vara mycket mindre distinkta med kärnDNA. Det ter sig förvånande att även frö verkar tagit sig över Östersjön och att denna invandringväg spelat så stor roll.

Granens utbredningsområde kan grundat på markörgener och DNA (Heurtz m.fl., 2006; Lagercranz och Ryman, 1990) ses som uppdelad i två huvudområden: en nordisk-baltisk (inklusive norra Polen) och en Alpin-Centraleuropeisk del, samt en karpatisk. Det finns en diskontinuitet i granens utbredningsområde som går genom Polen. Granen verkar genomgått genetisk drift före den senaste interglacialen som gjort den genetiska diversiteten (nukleotiddiversiteten) lägre än för en del andra arter. Lagercranz & Ryman (1990) lägger splittringen mellan de två huvudområdena maximalt 40000 år sedan, men det kan vara mer enligt Heurtz m.fl. (2006), som dock använder ett mycket litet stickprov av provenienser. Det verkar som om DNAt blandats förvånansvärt väl inom genomen, det är inte så accentuerad kopplingsojämvikt.

För knoppsättningstidpunkt verkar det Baltisk - Nordsvenska området heterogent och det är nog att tillskriva extremt beteende hos de nordligaste provenienserna. Längst i norr är ljusklimatet och en anpassad invintring mest kritisk.

Gran nordförflyttas typiskt i Sverige några breddgrader för att få högre tillväxt och reducera skador av försommarfrost. I södra Sverige avråds ofta från ortens proveniens med tanke på risken för försommarfrost.

Studier och analyser om proveniensförflyttning av gran i Sverige bl.a. i Persson & Persson (1992), Rosvall m.fl. (1998), Werner & Karlsson (1983), skogsstyrelsens författningssamlingar. År 1938 anlades ett internationellt försök på tre försökslokaler. Resultaten (Langlet, 1964) visade att gran från Nordosteuropa, Mellaneuropa och Rumänien föreföll överlägsna syd-svensk gran. 1964/1968 anlades IUFRO:s försök med 1100 provenienser varav tre lokaler i Sverige. Resultaten redovisades av Persson & Persson (1992). Försöken visar att baltiska och vitryska provenienser producerar 10 till 15 procent bättre än sydsvensk beståndsgran. En proveniensserie i Sydsverige anlades 1969 (Werner & Karlsson, 1981), även i denna verkar nordförflyttade provenienser bra.

Det storskaliga proveniensmönstret för tall

Det europeiska utbredningsområdets södra delar (Spanien, Turkiet) är troligen isolerade från de norra sedan istiden. De centraleuropeiska kan ha överlevt istiden och spritt sig åt norr. De nordliga (Sverige, Finland) har invandrat de sista ca 10000 åren sedan istiden. Det förefaller som central europeiska och nordiska området genomgått en genetisk flaskhals och denna kan ha fått större effekt i det nordliga området (Pyhärjärvi m.fl., 2007).

I norra Sverige eftersträvas att hämta fröet några breddgrader norr om odlingslokaler. Detta minskar risken för sen tillväxtavslutning som leder till skador. I södra Sverige används inte systematiska nord eller sydförflyttningar. Studier och analyser om proveniensförflyttning av tall baserat på svenska fältförsök finns bl. a i Eiche (1966), Persson & Ståhl (1993), Persson (1994), Prescher (1986), Rosvall m.fl. (1998), skogsstyrelsens författningssamlingar.

Omfattning av "medveten" genförflyttning för gran och tall

Vid artificiell föryngring med plantor och frön blir det nästan alltid längre förflyttningar än den naturliga migrationen. Sedan lång tid har det funnits uppfattningar, rekommendationer och ibland regler om förflyttning av skogsodlingsmaterial. Skogsbruket söker förstås anpassa sig till detta.

Importen av utländskt frö de sista hundra åren rör sig om 200 ton gran och 40 ton tall. Fröimporten var omfattande tidigare också och då var inslaget av tall större. För gran så är den allra största delen av planteringen i Götaland åtminstone de sista fyrtio åren importerat. Detta behöver inte vara så allvarligt, granen nådde under sin invandringshistoria Mälardalen vid Kristi födelse och skulle inte nått sydligaste Sverige än, om den inte introducerats med kulturskogen. Det brukar dras en gräns att ett trädslag skall funnits i tusen år

för att betraktas som inhemskt, då är granen en exot i en väsentlig del av Götaland.

De senaste årens frö för huvudträdslagen redovisas i nedanstående tabell, som visar mängden frö (kg) utfärdat i stambrev och i införseltillstånd av Skogsstyrelsen. Inom parentes är delmängden frö som har importerats. (Källa Skogsstyrelsen, 2009).

Trädslag	2003-07-01 – 2004-06-30	2004-07-01 – 2005-06-30	2005-07-01 – 2006-06-30	2006-07-01 – 2007-06-30	2007-07-01 – 2008-06-30
Gran	575	257	806 (595)	11 366 (418)	852 (567)
Tall	1 145	1 298	3295	2 564	4 199 (247)

Trakthyggeskogbruk och skogsodling har ofta framhållits som positivt sedan 1830 och det officiella Sverige och bruksskogarna i södra Sverige använde det nog, medan privatskogsbruket nog inte använde det. Även om trakthyggesbruk dominerade i den officiella synen så saknades aldrig förespråkare för olika bländningskoncept och episodvis fick de inflytande. Trakthyggeskogbruket kombinerades vanligen, men i osäker omfattning med naturlig föryngring. Av praktiska skäl var nog en stor del av skogsodlingsmaterialet ganska lokalt även vid kultur. I Tyskland utvecklades storskaliga klängar och det var ofta brist på frö och de professionella skogsmännen hade ofta Tyskland som förebild. Därför kom avsevärda kvantiteter frö från Tyskland.

Huvuddelen av importen har skett som frö, och det är svårt eller troligen omöjligt att med någon grad av precision omräkna frömängd till areal eller procent av skogen. Frö kan lagras länge, tio år är inte ovanligt. Frö lagras längre för gran än för tall, eftersom blomningen är så varierande. Allt frö används inte, en del kasseras p.g.a. lagringsskador eller att det blir för gammalt eller att prognosen på efterfrågan är låg. Kultur kan vara sådd eller plantering, och fröätgången är mycket större för sådd. På 1800 talet var ofta frögivorna enorma med dagens mått. Wibeck (1911) citerar en lärobok från 1845 där 13.5–16 kg/ha nämns och det antyds att det finns rekommendationer om mer. Man kanske kan förmoda att ett kg frö räckte till 1–2 hektar sådd och till 25 hektar plantodling, men fröätgången kan ha varit mycket större. Fröbehandlingen var nog dålig med mycket mekaniska skador och insektsskador på fröet. En hjälp till att diskutera fröutbyte kan vara genomgången av Simak och Bergsten (1988). Fröätgången per hektar föryngring har minskat över tiden med förbättrade tekniker att prognostisera frökvalitén; att lagra fröet; och att så. Vid plantframställning användes tidigare bredsådd på friland, fröätgången per producerad planta var mycket större än idag.

Det frö som importerades före ca 1950 användes förmodligen nästan enbart till sådd. Kanske ett kg frö per hektar som föryngras med sådd är vad som gäller för huvuddelen de ”äldre” importerna. Då skulle det röra om storleksordningen 100 000 hektar totalt med importerade import för sådd före ungefär 1930. Detta är mycket, men kanske ändå bara en liten del av skogen, och det är möjligt det blev mycket mindre areal av äldre fröimporter. En siffra som nämns för tillståndet 1910 är att totalt 17000 hektar var tysktall i Södra Sverige.

Resultaten från de första proveniensförsöken gjorde att man blev medveten om att det inte var en god idé att överhuvudtaget ta tallfrö söderifrån ungefär 1925. Det är otroligt att tall flyttades många breddgrader söderifrån i någon nämnvärd omfattning därefter. Man eftersträvade nog ofta lokalproviens, men tillräckligt hårdigt tallfrö fanns ibland inte. I höglägen i norr räckte det inte med lokalproviensen utan rekommendationen var att ta frö norrifrån, men det har varit besvärligt att följa detta. Av äldre tallkulturer i norr är nog inslaget av starkt nordflyttad tall mycket litet, i den mån det gjordes så blev resultatet ofta dåligt och hade nog ett litet inflytande på nästa generation. Jag gissar det är en relativt liten del av all befintlig tall som flyttats mer än drygt en latitud.

För gran däremot ansågs nordflyttad gran producerar mer och den uppfattningen gäller fortfarande med undantag för längst i norr och högst upp där lokalproviens är bra. Beträffande *vilken* sydlig gran som är bäst har dock uppfattningarna ändrats, och de nuvarande importerna innebär ingen stor nordflyttning.

Vi har inte bra uppskattningar för att beskriva det genetiska händelseförloppet, uppskattningarna har inte förbättrats med tiden, och man frågar sig vad man kan göra åt det. Jag tror också att ”man” tror att ”man” vet mer och kontrollerar mer än ”man” faktiskt gör. En del bolag har statistik över vad som används och plantskolor för statistik över vad som säljs. En del information skulle kunna systematiseras bättre, men en nationell sammanställning har inte gjorts annat än sporadiskt och inte täckande. I den mån informationen ”finns” är den för svår att komma åt, systematisera och tolka. Kanske man kan ändra rutiner, förväntningar på skogsbruket och regelverk så att det i framtiden blir enklare, med dagens IT system borde det inte vara tekniskt svårt och rutinerna som skulle behövas ter sig inte oöverkomliga, men jag är tveksam om systemet klarar av att genomföra det administrativt eller om det är stora vinster att hämta. Den genetiska omröringen har huvudsakligen redan skett och kan inte göras ogjord och orsakar nog inga allvarliga olägenheter och måhända snarast fördelar. Trots dessa reservationer tycker jag vi måste försöka att göra en bättre beskrivning av vad som hänt, förbättra möjligheterna till framtida beskrivningar och bättre förstå hur mycket ”vi” egentligen vet. Mer om detta längre fram i dokumentet.

Hur mycket gran i Götaland kommer från utlandet?

Eftersom förekomst av utländsk gran är genetisk variation, så faller det inom den här rapporten. Vad som står nedan är inte avsett som en så exakt uppskattning som vore möjligt, utan en skiss till ett möjligt tillvägagångssätt som borde kunna ge en del information. Räkneexemplet ger att knappt hälften av granen i Götaland är av utländsk härkomst, d.v.s. föräldrarna står i utlandet och oftast mer än hundra mil från avkomman. Jag fokuserar på Götaland där fenomenet är störst. I Götaland är nog loppet redan kört, gener med utländskt och svenskt ursprung kommer att blandas även om vi skulle stoppa import och införa järnhård kontroll. Längre norrut kan vi kanske fortfarande i högre grad bevara de inhemska genresurserna mer oblandade om det ansågs som mycket angeläget.

Jag gör en överslagsberäkning begränsad till Götaland och gran. Utländsk härkomst förekommer av andra arter och i andra områden, men har inte lika stor betydelse. Det går att få en noggrannare beräkning om man lägger ned mer tid, men det går knappast att få hög precision. Det går knappast att få en uppskattning av betydelsen genom att skatta arealer det importerade fröet skulle kunna räckt till, utan jag tycker man skall försöka göra en uppskattning hur många procent av generna i Götaland som kommer från medveten import sedan ungefär 1850. Även om siffran kanske inte är ”praktiskt” viktig är det ett hälsotecken att den beräknas. Originalstatistiken måste göras jämförbar över år och det är bökigt (och blir nog inte bra ändå). Det finns nog tidigare användbara sammanställningar (genbanksutredningen Jo 78:12 t.ex.). Det finns mer originalstatistik som kan sammanställas och analyseras i speciella EXCEL-filer för ändamålet på Skogstyrelsen och Riksskogstaxeringen och jag tycker det kan ses som något som skogsstyrelsen naturligt skall intressera sig för såsom myndighet ansvarig för ”den skogliga genbanken”, genresurserna i allmän bemärkelse. Beräkningen nedan har luckor och fel och går att göra bättre, men det skulle ta lång tid. Jag tycker det skall göra någon typ av rapport (eller kanske ett examensarbete) med bl.a. denna beräkning och kanske lite filosofi omkring.

Historia för utländsk gran i Götaland

Man kan hantera tiden i fyra delar: 1850 (1830)–1900 då det inte finns mycket mer än Wibeck (1912) och mycket bristfällig statistik att gå på och de skogar som då skogsodlades i södra Sverige finns inte kvar längre. 1901–1950 då skogsodling fortfarande är ovanlig, en del skogsodlade träd finns kvar, och statistiken börja bli bättre. 1951–1990, då vi har sammanställningen av Almäng (1996) och 1991–2010 då statistiken är modern, då granfröplantager börjar vara ett betydande inslag, och kan ge underlag till spekulationer om framtiden. Man får interpolera lite i glappen (extrapolera de sista åren).

På 50 talet skogsodlades 0.3% av den produktiva skogsmarken i Götalandslänen (skogsstatistisk årsbok 1953). 1901–1950 skogsodlades knappt 10 000 ha/år i Götaland. Det framställdes ungefär 5 ton frö per år av vardera tall och gran i Götaland på 50 talet. Det verkar importerats 2 ton granfrö per år fram till ungefär nu. Det finns nu 5 miljoner hektar skogsmark i Götaland varav 3.5 miljoner ”huvudsakligen” gran. Skogsmarken och granandelen har säkert ökat sedan 1950, men det är arbetskrävande att utreda hur. 2005–2007 skogsodlades knappt 50 000 ha/år i Götaland.

Från 1851 till 1950 antas 29 % av den skogsodlade granen utländsk i relation till fröåtgången (2 ton utländskt och 5 ton svenskt frö). Detta kan ses som en ökning av andelen utländsk gran med $0.29 \times 0.3 = 0.09\%$ per år, så 1950 skulle det vara knappt 10 %. Knappt eftersom skogsodlingsarealen kanske var mindre tidigare och, eftersom en del av granen som tillkommit före 1900 kan antas avverkad före 1950. Hela denna areal antas avverkad 2010.

Därefter ökar arealen kultur med utländsk gran raskt. Det har gjorts ett examensarbete på utländska träd i svenskt skogsbruk (Almäng, 1996), som sammanfattas av Hannerz och Almäng (1997). Arbetet byggde på tre delar: fröimportstatistik, plantproduktionsstatistik från en plantskola i Halland 1971 – 1992, och en enkät till plantskolor om plantproduktion 1995. Granplantor med

svensk härkomst hade en liten andel av alla granplantor, och andelen minskade över tiden. Av granandelen från plantskolor som försörjer Götaland var ungefär en tredjedel av plantorna av svensk härkomst. Det finns osäkerheter, t.ex. plantskolorna i Götaland levererar kanske till odlingar norr om Götaland och plantskolorna norr om Götaland levererar förmodligen en del plantor till Götaland.

Under 1951–2010 antas 40000 hektar skogodling med gran i Götaland. All grankultur före 1950 och 10 % av arealen efter 1950 antas slutavverkad (inklusive t.ex. stormfäld eller misslyckad plantering som gjordes om; till största delen ersatts med granplantering, vilken dock inte skall dubbelräknas, det antas egentligen vara något mer än 10 % som kompenseras av en del av de utländska kulturerna före 1950 står kvar), d.v.s. $60 \times 40000 \times 0.9 = 2.16$ miljoner hektar som står i grandominerade bestånd. Detta skulle vara 62 % av den produktiva grandominerade skogsmarken och 43 % av den totala skogsmarken. Av detta antas 75 % vara gran med utländsk härkomst och 88 % gran med utländskt ursprung (mindre 1950 och mer 2010). Arealen där utländsk gran är huvudträdsdrag förväntas då bli 1.9 miljoner hektar och 54 % av den grandominerade skogsmarken. Andelen träd och andelen genom i träden som har utländskt ursprung blir dock lägre. En del av granarna i granbestånd inte planterade utan kommer från det gamla beståndet eller kringliggande bestånd, det är kanske så att 10 % av granarna i en grankultur med utländskt ursprung har svenskt ursprung. Och dels är förmodligen inslaget av pollinering med pollen från svenskt ursprung lika stort i svenska bestånd med utländskt ursprung som i fröplantager, d.v.s. ungefär hälften. Jag kommer fram till att ungefär hälften av generna i vad vi betecknar som granskogar i Götaland 2010 har utländskt ursprung som en konsekvens av import av utländskt skogsodlingsmaterial.

Dessa siffror är något lägre än vad initierade bedömare framfört tidigare, men det är som sagt väldigt summariskt och det skulle gå att göra en omsorgsfullare uträkning. Utslaget över de senaste decennierna kan vi nog ur få en ungefärlig uppskattning över producerade plantor och planterad areal på nationell nivå, och jag rekommenderar att något större ansträngningar än hittills görs för att regelbundet presentera sådana sammanställningar. Det är inte administrativt enkelt och finns ett betydande motstånd mot ändringar i regelverket, som skulle möjliggöra en noggrannare översikt över användningen. Det finns knappast personresurser som är entusiastiska för att göra denna typ av sammanställningar heller. Att det är en problematik som är angelägen behöver nog tydliggöras avsevärt bättre om resurser för avsevärt bättre översikter skall komma fram, och så angeläget förefaller det inte. Även med ändringar i regelverk och praxis är det omöjligt att få en verklig pålitlig statistik. Men inte desto mindre skulle jag gärna se *något* större ansträngningar än hittills.

En del av skogsodlingen med gran är utvidgning av granarealen, och sker inte på den svenska granens ”bekostnad”

Granen fanns inte i större delen av Skåne eller i de mest kustnära delarna av Blekinge innan man började plantera den i slutet av artonhundratalet. Man ersätter alltså inte ”svensk gran” med ”utländsk gran”, utan planterar ett främmande trädsdrag (vilket ibland ses som allvarligare, men detta ligger utanför denna rapport). Även inom utbredningsområdet rör det sig ofta om att

skogodla nedlagd jordbruks- eller betesmark. I viss mån ersätter granen andra trädslag, eftersom t.ex. förekomsterna av bok och tall är mer beroende av störningar av typ stora skogsbränder som ju har upphört. Ser man till volymen eller tillväxten av granskog i Götaland har denna fördubblats under det sista seklet, så det kan kanske hävdas att det nu finns mer svensk gran i Götaland än någonsin förut, och att den importerade granen har hittills tillkommit därutöver snarare än tagit över. Däremot kan man säga att skogsodlingar med gran undantränger den svenska tallen och förmodligen har undanträngt boken.

Ursprungsbegreppet

Man skiljer på begreppen härkomst och ursprung. Härkomst syftar på varifrån fröna kommer, d.v.s. var moderträden stod, det kan vara en viss fröplantage eller ett visst bestånd. Ursprung har att göra med varifrån frökällan ursprungligen härstammar. Vad man menar med ursprung beror på från när man räknar. För tiotusen år sedan var det inlandsis i Sverige och lägger man ursprunget så långt bak är det alltid utländskt. Granen började sprida sig söder om mälardalen först vid Kristus födelse så det finns inga ursprung från Götaland om man lägger ursprunget 2000 år bakåt. Eftersom mer omfattande skogsodling av gran inte förekom före 1830 och genmigrationen tidigare inte alls var så stor som senare när skogsodling startade, kan det vara en praktisk utgångspunkt. Eftersom gener migrerar är inte ursprunget en punkt, och ju längre bak man går, ju mer blir ursprunget ett utspritt område. Detta gäller även i naturskog, men i långt högre grad för skogsodling, eftersom ursprunget i frön från ett bestånd som uppkommit genom skogsodling med en förflyttad proveniens blir en blandning av ursprunget för beståndets härkomst och lokalpopulationen.

Även sydsvenska härkomster av gran är ofta av utländskt ursprung. Man skördade ofta medvetet ”kontinentgranbestånd” för att tillgodogöra sig produktionsvinster. Detta får betraktas som säkrare än direktimport av frö, eftersom det oftast rör sig om ett bestånd som ser bra ut i den svenska miljön och kan förmodas vara mer välanpassat än där man bara känner till en utländsk härkomst. Man hoppades också att kunna tillgodogöra sig en positiv hybrideffekt. Man kan förmoda att bestånd i Sverige utsätts för pollinering av kringliggande bestånd i samma utsträckning som fröplantager (hälften), så att i fröet från ett svenskt bestånd med utländsk härkomst så var hälften av fäderna och alltså en fjärdedel av generna samma som i en svensk självföryngring. Man kan förmoda att det finns en självföryngring av icke planterad gran, som dock kan förmodas vara obetydlig i de bestånd som använts till frötäkt. För framtida frötäkter får man dock räkna med ett avsevärt inslag av utländska och varierande ursprung i det pollen som kommer från plantagens omgivning. Bl.a. p.g.a. osäkerheterna omkring ursprunget har frötäkten i sydsvenska bestånd minskat sista decenniet.

Nedan ges en del information, Skogforsk skulle kunna göra de kvantitativa siffrorna noggrannare på en del punkter, men det fordrar ett betydande arbete och Skogforsk uppfattar det nog inte som prioriterat. Jag föreslår att man gör en noggrannare dokumentation av det förmodade ursprunget för de individer som går vidare till förädlingspopulationerna, de är de bästa testade klonerna som kan förväntas dyka upp vid nyetablering av plantager, förutom att dess avkommor dyker upp i de framtida plantagerna.

Äldre granplantager och första omgången plusträd

Det är dessa plantager som ger upphov till dagens planteringar med granplantagefrö i södra Sverige.

Plusträdsregistrering av första omgången plusträd. Urvalen av de äldre granplusträden gjordes typiskt 1950–1965. Det finns ett plusträdsregister. De äldre plantagerna ger en bild av de äldre plusträden. Det finns ingen speciell ruta i registerkortet för ursprung, däremot förekommer det under rubriken ”anteckningar” att det står t.ex. ”kontinentgran”. Detta innebär att man vet ibland att ursprunget är utländskt, men inte med säkerhet att det är inhemskt även när det faktiskt är det. När det inte står något så vet man inte idag, och det är troligt att det inte alltid var säkert känt heller vid förrättningen. Det är ovanligt, men förekommer att det står om det är natur eller kulturskog. Som plusträd valdes på den tiden mogna träd, ofta i naturskogar. Träden borrades i brösthöjd och brösthöjdsåldern bestämdes på alla plusträd och jämförelseträd omkring. Det är ca 40–90 åriga granar i södra Sverige, d.v.s. huvudsakligen träd som började sitt liv i slutet av 1800-talet. Man kan kanske förmoda att det förhållandevis sällan rörde sig om skogodlingar med utländska provenienser om det inte anges. Det registrerades en del utländska plusträd, kanske 10 procent av de registrerade plusträdsklonerna av gran är ett plusträd i en utländsk skog, de flesta från Polen, Tyskland, Belgien och Norge. En del av plusträden gav upphov till ympar som planterades i fröplantager. Fröplantagerna kunde vara anlagda som provenienshybridplantager, d.v.s. man såg det som en direkt fördel att det bildades hybrider. Det finns ett speciellt kapitel i denna utredning om provenienshybridplantager, men de har haft en liten effekt på skogsodling.

Denna tabell från Rikslängden visar de plantager som används för beskogning av Götaland idag eller nyligen. Det finns nyare plantager som ännu inte givit upphov till många plantor.

Nr	Namn	Areal Ha	Ursprung	Plantagens Latitud	Härkomst Latitud	Klonernas Antal	Klon LatDec
FP-96	Skogsgård	5	Okänt	55°54'	55°00'	39	57.30
FP-70	Gälltofta	10	Okänt	55°54'	55°00'	30	56.30
FP-68	Slogstorp	19	Okänt	55°48'	55°00'	35	57.00
FP-196	Torarp	5	Okänt	56°12'	55°00'	245	56.80
FP-58	Runesten	14	Okänt	57°06'	54°00'	35	
FP-52	Maglehem	5	Okänt	55°48'	54°00'	30	
FP-505	Elit 98/1		Okänt	55°56'		40	50.40
FP-503	Gälltofta-2	18	Okänt	55°58'	55°00'	51	55.88
FP-506	Nedra Sandby	15	Icke Ortseget	56°49'	59°28'	130	
FP-507	Gringelstad G 4	8	Okänt	55°54'	60°36'	135	

”Härkomstlatituden” är för kloner med utländska ursprung en schablonberäkning där de utländska materialen tilldelats en latitud, men klonlatitud syftar på den vanligen kända svenska härkomsten. ”Elit” torde syfta på särplockning. En notering är att ursprunget kategoriseras genomgående som okänt, detta gäller för mycket material i den svenska rikslängden. Rikslängden

är nog mindre informativ än vad som tros av de som inte tittat i den beträffande ”ursprung”.

De plantager som ansågs som provenienshybridplantager har gallrats, vanligen återstår bara vad som betraktas som svenska kloner. Detta sågs som ett krav eller önskemål för erkännande. Kanske det bara är utländska härkomster som gallrats bort, inte utländska ursprung.

Även i de plantager som inte klassificerats som provenienshybridplantager finns utländska kloner. Både Maglehem och Runesten används fortfarande, men Runesten är nu nedhuggen. Flertalet kloner i Götalandsplantager är valda i Sverige, men troligen ofta i bestånd som har kontinentalt ursprung. I Slogstorsplantagen finns 10 polska plusträd av totalt 45, de kan nog dyka upp i andra, i Gälltoftaplantagen finns 3 danska och 5 polska av totalt 55. I Skogsgård finns 16 polska kloner av totalt 45. Maglehem blommar ofta. I Maglehem finns enbart träd valda i Sverige. Hälften av pollenet i plantager kommer utifrån och plantageklonerna kanske trots allt ibland har utländskt ursprung medan pollenet hittills varit hälften svenskt. Plantageskogarna kommer i en varierande grad att vara provenienshybrider även om det är svårutrett i precis vilken grad.

Andra omgången plusträdsurval

Gjordes från ca 1980. Gjordes i yngre bestånd. För den stora delen av plusträd är ursprunget inte känt och är nog till en stor del utländskt. Klontester med kloner selekterade i unga plantpartier är en källa till urval och det är ofta urval i utländska provenienser som sedan testats i svenska försök.

Svenskgran korsningar

Om man identifierade och korsade svenska ursprung skulle man få en referens av sydsvensk gran som man kunde jämföra med. Men försöker man kanske man upptäcker att det finns få säkra svenska i förädlingspopulationen. Läget beträffande korsningar i den svenska förädlingspopulationen redovisas i ett årligt dokument. För gran har en stor del av korsningarna i förädlingspopulationen gjorts de sista åren och man är nu sent ute om man vill ha svenskgrankorsningar som en del av den ordinarie förädlingen.

Ursprungsklassificering för de sydligaste förädlingspopulationerna av gran

Det vore ett önskemål att få ursprungsföräldrarna till de fem sydligaste förädlingspopulationerna klassificerade som 1) vald i Sverige i bestånd med svensk härkomst; 2) vald i Sverige i bestånd med utländsk härkomst; 3) vald i bestånd i Sverige med okänd härkomst; 4) vald i utlandet (gärna med landssymbol). Jag förmodar att denna sammanställning aldrig gjorts, och det är nog helt enkelt inte möjligt. Med denna kännedom kan man sedan klassificera korsningarna.

Provenienshybrider

Många korsningar mellan olika raser och arter av skogsträd har gjorts och det verkade som många ger en bra avkomma. Det finns ganska många exempel på hybrider i praktisk skogsodling. Paque (2009) har gjort en översikt över art och provenienshybrider för skogsträd i Europa. ”Outbreeding depression” (”Utavelsdepression”) noterades inte.

Olika härkomster av gran och tall som växer i ett landskap kommer att hybridisera. Det finns inte naturliga spärrar hos gran och tall mot provenienshybridbildning mellan provenienser som är så lika att de kan ses som alternativ för skogsodling på samma lokal. Generna migrerar i naturen mellan populationerna, Detta gäller också förflyttade eller förädlade material. Skogsträdsförädling och fröplantager medför också proveniensförflyttningar och har ett inslag av hybridisering mellan förädlade och förflyttade material. Skogarna i landskapet kommer i ökande grad att ha i viss mån varierande härkomster och i viss mån vara provenienshybrider och hybridisera med varandra. Det är alltså viktigt att veta om provenienshybrider uppför sig annorlunda än vad en enkel blandning av egenskaper och brytande av inaveln ger anledning att förmoda.

En väsentlig vinst med plantagefrö över beståndsfrö är att det är mindre inavelsbelastat. Närstående träd i naturliga populationer är släkt, och detta leder till inavel och inavelsdepression, som är negativt för skogsproduktionen. Den heterosis som beror på att inavel bryts existerar med säkerhet, men detta rör träd inom några tiotals meter från varandra i naturligt uppkomna populationer. Sådana träd delar ibland förfäder med varandra ett fåtal generationer tidigare, de är kanske halvsyskon eller sysslingar. Förväntan är att träd hundratals km från varandra inte skall vara så nära släkt att nämnvärd inavelsdepression uppstår när de hybridiserar p.g.a. gemensamma förfäder några få generationer tillbaka, och eventuella hybridiseringseffekter mellan mer avlägsna populationer borde huvudsakligen ha en annan förklaring.

Tidigare trodde man att det var vanligt att korsningar med olika ursprung producerade bättre än medelvärdet av föräldrasorterna (heterosis). Men huvudskälet att hybrider används i viss praktisk skala idag verkar snarare vara att hybriderna är komplementära, de kombinerar olika positiva egenskaper hos föräldrapopulationerna. I enskilda egenskaper tycks hybrider i allmänhet bete sig mitt emellan föräldrapopulationerna, i varje fall för gran. Variationen mellan hybridkorsningar mellan olika föräldrar kan vara stor, men det beror nog snarare på att föräldrarna är mer olika om de har vitt skilda ursprung än en effekt av hybridisering i och för sig.

De äldre fältförsöken och även nyare försök har många brister för att entydigt säga i vilken grad hybridiseringen ger mer än medelvärdet av föräldrarna. Kontrollerade korsningar jämförs med fri avblomning eller kommersiella material med de osäkerheter som vidlåder de senare. Eftereffekter och reciproka effekter kan spela roll. Försöken är asymmetriska och saknar ibland helt en komponent eller de olika komponenterna är olika representerade. Plantantalet och försöksstorleken är litet för att bedöma avvikelser från huvudeffekterna föräldrar och ursprung. Ofta är detaljer om de främmande ursprung okända. Ofta är de främmande ursprung baserade på urval i ett

bestånd med en förflyttad proveniens, vilket med all sannolikhet lett till urval och ofta bättre anpassning till de lokala förhållandena än direktimport. Nu finns många olika grader av hybridisering i förädlingsmaterialen och det pågår en systematisering så att man skall kunna samköra hela förädlingsmaterialet och man kan förvänta att detta så småningom kommer att ge ökad information om hybridisering.

Skäl att tro att användningen av stora proveniensförflyttningar av gran och tall skulle orsaka kraftigt negativa effekter, utöver konsekvenserna av den egenskapsmix som proveniensinblandningen medför, d.v.s. att det skulle leda till s.k. utavelsdepression, förefaller inte föreligga och behöver inte användas som ett argument för restriktivitet, i varje fall inte innan mer relevanta experimentella underlag föreligger.

Ett antal försöksserier med ett antal provenienshybridkorsningar med gran har anlagts i Sverige sedan mitten av 50-talet. Det är troligt att den litteraturöversikt över gran, som Prof. em. Gösta Eriksson nu håller på att utarbeta, kommer att ge mer komplett information, vilket är ett skäl att denna översikt inte gjorts komplett.

Lovande resultat erhöles i korsningar mellan svensk och kontinental gran (Nilsson, 1975; Ericsson, 1974). För att utnyttja detta praktiskt anlades många s.k. provenienskorsningsplantager med både svenska och kontinentala granar. 1990 fanns 140 hektar fördelat på åtta så kallade provenienshybridplantager av gran (Lindgren, 1992). Man hade hoppats att kunna sortera fram hybriderna i plantskolefasen. Emellertid ansågs att det skulle komma en osäker blandning av kontinentgran, svenskgran och hybrider ur plantagerna (Eriksson m.fl., 1973). Därför har man genomgående gallrat bort Väst och Syd kontinentala kloner, så endast svenska kloner återstod före nämnvärda fröskördar gjordes i dessa plantager (ca 1989). Det finns dock fortfarande äldre plantager med inblandning av utländska ursprung från norra Polen och Danmark å ena sidan och svenska kloner å andra, men det är provenienser som ligger nära de svenska och syftet är inte att göra en vinst på provenienshybrideffekten utan bara att utnyttja förmodat bra utvalda plusträd från bra bestånd vars frö förmodats lämpligt för skogsodling i Sverige.

Det tillämpade intresset för provenienshybrider av gran motiverades inte mest som förhoppning om heterosis utan mer ett hopp om att förena den goda tillväxten hos sydliga provenienser med den goda överlevnaden hos nordliga. Emellertid är dessa två egenskaper starkt kopplade till varandra på proveniensnivå och vad som karakteriserar ”rätt” proveniens är just balansen mellan dessa egenskaper. Egenskaperna är inte utan vidare komplementärt förenliga genom korsningar på proveniensnivå.

Fram till mitten av 70-talet verkade försöken peka på heterosiseffekter, men försöken var anlagda så det var svårt att avgöra om det verkligen var heterosis eller bara skillnader i proveniensinslag och effekt av korsningar istället för fri avblomning eller kommersiellt jämförelsematerial. Ofta är inte det exakta ursprunget eller härkomsten av föräldrarna kända. Det rör sig ofta om urval i Sverige i ett svenskt bestånd med utländsk härkomst, men detta är ofta oklart. Blomqvist (1976) observerade mycket god tillväxt av några provenienshybridkorsningar Den internationella grankonferensen i Sverige

1988 (Werner och Stener, 1989) är förvånansvärt tyst om provenienschybridfrågan.

Resultat av provenienschybridkorsningar har visat att nedärvningen verkar vara genomgående intermediär (Eriksson m.fl., 1978; Eriksson & Ilstedt, 1986). Om det fanns heterosis skulle man förvänta att korsningsresultat inte bara beror på föräldrarna avelsvärden utan också på de specifika föräldrakombinationerna (ursprungen), men en genomgång av varianskomponenterna i grankorsningsförsök visade att sådana specifika effekter har liten betydelse i förhållande till variationen mellan avelsvärden (Kaya & Lindgren, 1992; Eriksson & Ilstedt, 1986). Vi tror nu att mycket av vad vi trodde var heterosis berodde på att materialen prövades på lokaler där hybriden var bättre anpassad än föräldrasorterna, samt korsnings och urvalseffekter och hur korsningsschema faktiskt såg ut har nog spelat roll (Kaya & Lindgren, 1992).

Dock förefaller variationen mellan provenienschybridkorsningar ofta stor (förklaringen kan vara att föräldrarna är mer olika än vid inomprovenienschorsningar) och det finns mycket bra korsningar (Eriksson och Ilstedt, 1986). Det förefaller därför möjligt att få stora vinster i förädlingen genom att använda olika provenienser som korsningspartners. Medan det samtidigt kan finnas skäl att i förädlingspopulationerna bevara material där båda föräldrarna kommer från avgränsade områden.

Det har gjorts många korsningar mellan olika ursprung av gran även i Sverige och resultaten ger ingen anledning att befara att de provenienschhybrider som nu uppstår i södra Sverige skulle ha negativa effekter. Nedärvningen verkar huvudsakligen intermediär. Det är inget oprövat. Det finns inget oroande i försöken och försöken är omfattande. Frågan om betydelsen av importerat material av gran har ständigt varit omdebatterad under mer än ett sekel, och några tecken på allvarliga bieffekter utöver användning av för ur skogsproduktions synpunkt för sydliga provenienser och att östprovenienser är bättre har inte märkt mycket i debatten. I den mån det har kommit in ”fel” granprovenienser i Sverige så kommer de antingen att försvinna när de ersätts med ny kulturskog eller snart gå in i den sydsvenska genpoolen där deras effekter i stort sett assimileras.

För de frötäkter som gjorts i södra Sverige de sista decennierna har det med ökande tidsavstånd till beståndsetablering och ett allt mer blandat pollenmoln blivit allt osäkrare vad egentligen ursprunget är, men frötäkter i bestånd i södra Sverige har nog näst intill upphört, de sista i nämnvärd omfattning gjordes nog 1998. Men svenskskördad förmodad kontinentgran (typ Emmaboda) finns fortfarande på marknaden.

Hybridmaterialet blir bäst anpassat ungefär som en proveniens mittemellan föräldrarnas ursprung. Nedärvningen verkar vara intermediär, anpassningen verkar inte brytas ned.

Många korsningar med ”provenienschhybrider” har utförts, en del är relevanta för gran och tall i Sverige, och inga verkar ge underlag för allvarliga farhågor om ”utavelsdepression” eller ”nedbrytning av specifika genkomplex” under förhållanden som liknar svenska barrträd.

Andra generationens hybridkorsningar - F_2 , F_1 avkomman till föräldrar av två olika raser förväntas enligt enkel Mendelism vara ganska homogena. Men andra generationens hybrider (F_2) förväntas klyva ut en stor genetisk variation med olika kombinationer av egenskaper som kan ge oväntade effekter och där en eventuell fördel med första generationens hybrider skulle kunna gå förlorad. De försök som gjorts på barrträd underbygger inte dessa förmodanden utan andra generationens hybrider förefaller ganska väl förutsägbara från föräldrarnas egenskaper (ungefär som för första generationens hybrider). Det finns fall där man i förädlingen går vidare med F_2 -hybrider i förädlingspopulationen i hopp om att detta skall vidareutveckla kombination av goda egenskaper hos F_1 -orna. Det kan vara så, men jag föreslår ändå att vänta med att tillämpa detta för svensk gran tills mer är känt och ordentligt dokumenterat relevant för F_2 i förädlingspopulationen.

Beträffande påverkan på ekosystem och andra arter tror jag att problem, som har att göra med att det är kulturskog och att man får en skog som utnyttjar ståndorten effektivare och troligen i viss mån på andra arters bekostnad är större än om man använder sig av hybrider eller förflyttade material.

Tabell. Några arbeten som behandlar provenienshybrider av gran i Sverige. Arbetena har inte alltid analyserats här, tabellen kan användas som ett hjälpmedel för fördjupade studier om sådana anses behövliga.

Referens	Korsningar	Test-lokaler	Mätning	Resultat
Blomqvist, S. 1976. Några erfarenheter av granproveniens-hybrider. Granförädling, Bogesund 1976, 19-27.	Crosses 1956 at Kratte Masugn. Swedish origins around lat 60 crossed to Central Europe origins partly growing in South Sweden	4 in south and middle	19 years	
Ekberg, I., Eriksson, G., & Hadders, G. 1982. Growth of intra- and inter provenance families of <i>Picea abies</i> (L.) Karst. <i>Silvae Genet.</i> 31, 160-167.	Crosses between North Swedish and French			
Ericsson, T. 1975. Resultat från några försök med provenienskorsningar av gran. Föreningen för skogsträdförädling. Institutet för skogsförbättring, Årsbok, 1974, 160-167.	Crosses 1954, 1956, 1958 between Swedish (lat around 63) and Central European origins partly growing in Sweden and open pollination	4 around lat 64	15-19 years	Does not contradict that provenance hybrids are good. Some crosses are particular good Some more biotic damage at hybrids
Eriksson, G., Ekberg, I., Dormling, I., & Matern, B. 1978. Inheritance of bud-set and bud-flushing in <i>Picea abies</i> (L.) Karst. <i>Theor. Appl. Genet.</i> 52:3-19.				
Eriksson, G. och Ilstedt, B. 1986. Stem volume of intra and interprovenance families of <i>Picea abies</i> (L.) Karst. <i>Scand. J. For. Res.</i> 1:141-152.	Swedish× Swedish, Swedish × Central European		Growth 20-28 years	
Ilstedt, B. & Eriksson, G. 1986. Quality of intra and inter provenance families of <i>Picea abies</i> (L.) Karst. <i>Scand. J. For. Res.</i> 1, 153-166.				For most characters no difference among mating types
Kaya Z & Lindgren D 1992. The genetic variation of inter-provenance hybrids of <i>Picea abies</i> and possible breeding consequences. <i>Scand J For Res</i> 7:15-26.	Origins as follows: middle Swedish lat 60-64 crossed to 1) German 48-52; 2) south Swedish 57-61; 3) north Swedish 64-66	lat 62 alt 150	Growth at 13 years	Low SCA no indication of hybrid vigor indicated. Also literature review supports that SCA is mostly smaller than GCA giving little space for hybrid effects
Lindgren, D. and Eriksson, G. 1976. Plantskoleförsök. Department of Forest Genetic. Royal College of Forestry. Granförädling, p 89-115.				
Blomqvist, S. 1976. Några erfarenheter av granproveniens- hybrider. Granförädling, Bogesund 1976, 19-27.				
Nilsson, B. 1975. Recent results of inter-provenance crosses in Sweden and the implication for breeding. Proc. 14th. meeting of Can. Tree Imp. Assoc. 1973, Part 2, 3- 14.				
Nilsson, B. 1958. Studier av 3-åriga avkommor efter korsning svensk gran × kontinentgran. Föreningen för växtförädling av skogsträd, Årsberättelse 1957.	Crosses 1954 with Swedish origins from lat 60 as mothers and central European as fathers			
Nilsson, B. 1974. Heterosis in an intraspecific hybridization experiment in Norway spruce. In: Proceedings IUFRO conference Stockholm p197-206.				
Ununger, J., Ekberg, I. & Kang, H. 1988. Genetic control and age related changes of juvenile growth characters in <i>Picea abies</i> . <i>Scand. J. For. Res.</i> 3, 55-66.	Crosses among and within NorthSwedish and French origins	Growth chamber	Growth rhytm juvenile growth	Heterosis not mentioned, provenance effects important first growth periods, when within family variation takes over

Provenienshybrider av tall. Det finns omfattande försök med olika provenienser av tall från hela Sverige. I ett av dessa försök (i Västerbottens län)

med provenienser representerande hela Sverige skördades kott efter fri avblomning innan träden nått fullt pollenspridande ålder, d.v.s. huvudsakligen stod omgivande träd av lokalproveniens för pollinering. Dessa ”spontana provenienschryder” uppför sig intermediärt i relation till föräldrarna, d.v.s. som en proveniens mitt emellan moderns härkomst och den lokala fadern (åtminstone beträffande tillväxt och överlevnad), det finns inget stöd för att hybridiseringen mellan provenienser av vitt skilda ursprung i sig själv skulle tillföra något vare sig positivt eller negativt (Nilsson 1992).

Fertilitet hos hybrider. Det händer att hybrider är sterila eller har reducerad fertilitet (hybridasp). Ordet ”anpassning” syftar ofta på förmåga att få avkomma och i den meningen kan hybrider vara sämre anpassade utan att de har nedsatt vitalitet. Detta kan vara en källa till missuppfattningar om man finner negativa hybrideffekter i litteraturen, de är bara begränsat relevanta ur skogsproduktionssynpunkt om det avser fertilitet.

Utavelsdepression hos fisk. Citat från Laikre m.fl. (2006) ”Furthermore, several investigations have demonstrated that individuals with an alien genetic background are less fit in natural settings than individuals of the native population (20, 32, 33). However, only in a few cases has the effects of the establishment of alien genes in natural populations been possible to follow, where documented consequences have included reduced viability and reproduction (30, 34, 35)”.

Tabell. Undersökningar, som kan ha relevans för ”utavelsdepression”.

Referens nr	Referens
20	Hindar, K., Ryman, N. and Utter, F. 1991. Genetic effects of cultured fish on natural fish populations. <i>Can. J. Fish. Aquat. Sci.</i> 48, 945–957.
30	Philipp, D.P., Claussen, J.E., Kassler, T.W. and Epifanio, J.M. 2002. Mixing stocks of largemouth bass reduces fitness through outbreeding depression. <i>Am. Fish. Soc. Symp.</i> 31, 349–370.
32	Einum, S. and Fleming, I.A. 2001. Implications of stocking: ecological interactions between wild and released salmonids. <i>Nord. J. Freshw. Res.</i> 75, 56–70.
33	Reisenbichler, R.R., Utter, F.M. and Krueger, C.C. 2003. Genetic concepts and uncertainties in restoring fish populations and species. In: <i>Strategies for Restoring River Ecosystems: Sources of Variation and Uncertainty in Natural and Managed Systems.</i> Wissmar, R. and Bisson, P. (eds.). American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp. 149–183
34	McGinnity, P., Prodon, P., Ferguson, A., Hynes, R., Maoileidigh, N.O., Baker, N., Cotter, D., O’Hea, B., et al. 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, <i>Salmo salar</i> , as a result of interactions with escaped farm salmon. <i>Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.</i> 270, 2443–2450.
35	Currens, K.P., Hemmingsen, A.R., French, R.A., Buchanan, D.V., Schreck, C.B. and Li, H.W. 1997. Introgression and susceptibility to disease in a wild population of rainbow trout. <i>N. Am. J. Fish. Mgmt.</i> 17, 1065–1078.

Kommentar: Alla refererade undersökningar är med fisk, för andra typer av organismer saknas tydligen undersökningar om den möjliga betydelsen av utavelsdepression. Det är inte förvånande att när man blandar genmassa från en främmande inte lokalt välanpassad population med en lokalt välanpassad, man ofta finner negativa effekter på den lokala populationen i den lokala miljön, och att det resulterar i en ”mindre anpassad” population. För att det verkligen skall förtjäna att kallas ”utavelsdepression” tycker jag att det borde

fordras negativa effekter därutöver. T.ex. att båda sorterna på samma lokal är bättre än hybrider mellan dem.

I vilken grad blandar förädling och fröplantager olika ursprung?

Genom förädling och fröplantager blandas gener av olika ursprung ihop mer än vad som normalt sker i en natursituation, det bildas en del provenienshybrider.

I de svenska förädlingspopulationerna ingår urval från ursprung som i normalfallet skiljer sig några tiotal mil, men i den del populationer (framför allt gran i södra Sverige) kan skilja sig mer än hundra mil. Hittills har man inte planerat att ta hänsyn till avståndet mellan korsningspartnerna inom förädlingspopulationer. Däremot så innebär systemet med ett tjugotal förädlingspopulationer inriktade mot olika områden att gener från ursprung som inte anses anpassade för samma svenska område sällan blandas, och i de flesta förädlingspopulationerna så paras sällan individer med ursprung mer än ca tjugo mil åtskilda.

Tillståndet i de individuella förädlingspopulationerna dokumenteras årligen, men dokumentationen omfattar inte variation av ursprung, härkomst eller testlokal, eller hur korsningarna strukturerats.

Denna genblandning ser skogsträdsförädlare i allmänhet positivt på och som en fördel med förädlingen. Inavelsdepression i små populationer bryts, förmodligen finns en positiv hybridiseringseffekt, att gener från något olika områden förs samman ökar chansen för positiva genkombinationer och ökar den genetiska diversiteten, att anpassningen inte är snävt lokal ökar chansen att man får ett odlingsmaterial som passar under mer varierande förhållanden.

Eftersom klonerna till en fröplantage rekryteras från flera närliggande förädlingspopulationer och dessutom det kommer in kontaminerande pollen, så blir fröet avkomma av föräldrar med mer olika ursprung än vad som rymts i en förädlingspopulation, men det torde ganska sällan vara mer än trettio mil skillnad.

Genetisk struktur i naturliga bestånd

En ganska stor del av fröna av tall och gran avlägsnar sig inte mer än 10 meter från moderträdet och relativt få mer än 100 m. Plantorna som uppkommer inom 10 m från ett träd tenderar att bli halvsyskon (Yazdani & Lindgren, 1990), denna struktur kan överleva en generation, d.v.s. ganska många träd på 15 m avstånd har en gemensam mormor. En brand kan döda mindre träd och kvar står bara ett fåtal gamla som kanske överlevt många bränder och ett enstaka sådant träd kan vara moder till en väsentlig del av den lokala föryngringen. En ”lokal” genetisk drift under några generationer kan ge upphov till mindre lokala variationer. Selektionen kan vara olika även inom vad som ter sig som ett bestånd och kan slå lite olika, t.ex. kan en del av beståndet vara försumpad och en annan inte. Detta kan ge upphov till lokala genotypiska variationer. Eftersom en stor del av pollenet med all sannolikhet migrerar mer än några hundra meter (utgående från den konstant höga pollenkontaminationen i fröplantager), så utjämnas den genetiska strukturen och det kan knappast bli drastiska variationer inom ett bestånd.

I ett kulturbestand så har frön och plantor från olika moderträd blandats om under frö och planthanteringen, antalet moderträd är ofta större än tusen och det blir inte mycket genetisk struktur. Det kan finnas lokala variationer av inslaget av självföryngring, och hjälpplantering kan ha skett i luckor och skogskultur kan ha skett med olika plantpartier i vad som behandlas som ett enhetligt bestånd. I ett planterat bestånd finns det begränsat utrymme för lokala ändringar beroende på olika lokala selektionstryck, vilket är ett skäl att förvänta ett genetiskt mer enhetligt bestånd än i en naturlig föryngring eller beståndsföryngring.

Finns genetisk variation mellan närliggande bestånd?

Naturskog

Naturliga ”bestånd” (eller snarare ”naturligt förnygrade bestånd”) kan vara mera diffust avgränsade än kulturbestånd. Det kan vara brandfält. I praktiken är gränserna till vad som kallas ett naturligt bestånd i Sverige vanligen en kultureffekt och ett resultat av olika skogsskötsel på olika sidor om en gräns. Vad som gör det naturligt är att stora ansträngningar inte gjorts för förnyringen.

Naturliga bestånd kan härstamma från ett fåtal kolonisateurer eller överlevare och därför vara olika på grund av genetisk drift. Fjärrpollenet, som stod för en del av pollineringen när beståndsgenotyperna skapades, kan ha olika härkomst. Fenologin kan vara senare, t.ex. i en nord- än en sydsluttning, och detta leder till att träden är receptiva vid olika tidpunkter och pollineras av olika fjärrpollen. Den dominerande vindriktningen kan vara olika år.

Selektionen slår olika under beståndets tillkomst och utveckling för olika bestånd. Selektionen kan ha varit olika under lång tid i de bestånd som förnyringen härrör från. Urvalet i ung ålder påverkar det mogna beståndets genetiska sammansättning. Påverkan av flaskhalsår, väder och klimatfluktuationer och klimatändring och exposition för biotiska inflytanden är olika för olika kohorter av förnyringar. Ståndortsfaktorerna skiljer sig mellan bestånd. Hydrologin är olika, det regnar olika mycket även på platser några kilometer från varandra, bördigheten är olika, det kan vara morän eller sediment och över eller under högsta kustlinjen. Berggrunden och historiken sedan istiden skiljer sig mellan bestånd. Historiken skiljer sig även i samband med beståndets tillkomst, det kan vara brand eller vindfällning eller beståndsförnyring. Det kan vara utsatt för olika betestryck. Lokalklimatet är olika p.g.a. t.ex. exposition eller närhet till stora vatten.

Även utan människan kan trädslag komma och gå och komma tillbaks på en yta, nykolonisation (i varje fall i mindre skala) kan förekomma även sedan trädslaget första gången efter nedisningen spritt sig till ett område.

Proveniensförsök visar på storskaliga variationer, men det finns också en residual som förmodligen till stor del beror på ”naturliga” genetiska fluktuationer mellan bestånd. Ofta drar man slutsatser om områdets genetiska karakteristika på grundval av några få stickprov och dessa stickprov kan vara missvisande bl.a. p.g.a. fluktuationer inom ett område. De genetiska fluktuationerna mellan bestånd som ligger några km från varandra kanske har storleksordningen 5 % i ”skogsbruksvärde” och någon latitud i ”Anpassning”.

Genmigration med pollen utjämnar de genetiska fluktuationerna mellan bestånd, de kan knappast bli drastiska och halveringstiden för skillnader mellan närliggande populationer är förmodligen av storleksordningen tre generationer.

Kulturskog

För medvetet anlagd skog så kommer odlingsmaterialet någonstans ifrån. Bestånd som används för frötäkt är utsatta för samma variation som

uppräknats under naturskog. Men generna har i genomsnitt sitt ursprung längre bort från växtplatsen vid en kultur än naturskog eller naturlig föryngring. Tidigare var skogbruket småskaligare och en del av "kulturskogen" rekryterades nog ganska lokalt av praktiskt administrativa skäl. Ett exempel på hur det kan gå till för 150 år sedan är att kottar plockades av den lokala skogvaktarens familj och klängdes i hans hem. I den mån det odlades plantor kan det ha varit i en plantskola speciellt för att serva ett trakthygge. Men ofta fanns det inte frö av hygglig kvalitet lokalt och då kan det rört sig om stora avstånd. Detta beskrivs mer i andra avsnitt. Men förutom den lokala variationen mellan frökällor tillkommer att det oftast är en avlägsen frökälla, och för de sista decennierna kan det också vara fröplantagefrö, för de sista åren genetisk avsevärt förbättrat fröplantagefrö. I genomsnitt tror vi att en femtedel av generna i huvudplantorna en kulturskog är "lokal" föryngring. En kulturskog är ganska sällan en helt "ren" produkt av kulturen.

Hur välanpassad och lämplig är ”lokalproveniensen”?

Det kan hävdas att vad som växer på en plats har anpassat sig till den lokala ståndorten. En viss lokal anpassning kan uppstå redan den första generationen. Den naturliga selektionen har mycket att välja bland i en naturlig föryngring, av hundra tusen frön blir det bara ett stort träd. De vuxna träd som står i ett bestånd är säkert bättre anpassade till de förhållanden träden vuxit upp under än genomsnittet av frögenotyperna. Fast ”de förhållanden de vuxit upp under” är en viktig begränsning, eftersom förhållandena inte är konstanta. Relationen med predatorer av frön och småplantor kan vara viktiga faktorer i den lokala selektionen vid ett föryngringstillfälle som kanske är helt irrelevanta för planterade plantors prestation. Vädret är olika, t.ex. böljar skillnaden i genomsnittstemperatur mellan år som om lokalen böljade upp och ner hundra meter eller mer mellan åren. I viktiga avseenden, som t.ex. minimitemperatur i ett kritiskt skede, kan förhållandena under de lokala trädens tillväxthistoria ofta vara otypiska för ståndorten. Ibland sker föryngringen på ett brandfält, ibland sker den under gammal skog, ibland efter stormfällning. Det är en ständigt varierande miljö med konkurrens, succession och skadegörare. Även om gener inte migrerade så sker anpassningen över tiden till en ”typisk” miljö för ståndorten, men på ett ”böljande” och komplext sätt så att miljön den senaste förflutna generationen betyder mest, men lokalproveniensen anpassning ändå är den ackumulerade effekten av anpassning till ganska varierande förhållanden. Även om ett material vore väl anpassat för ett historiskt typvärde behöver det inte innebära att det är speciellt lämpligt till de specifika förhållanden, som möter den kommande skogen på den specifika lokalen. Vad som kanske böljar mest är de genetiska egenskaper som är viktigast för överlevnadsförmågan, men det innebär inte att det är samma gener som påverkas olika generationer.

Man kan knappast förvänta sig att anpassningen till den specifika ståndorten som skall föryngras är mycket bättre för avkomman till de träd som står på eller nära platsen än träd som står under liknade förhållanden, t.ex. tio mil bort.

Sverige var istäckt för drygt tio tusen år sedan. De gener som nu finns i våra skogar befann sig hundratals mil ifrån växtplatsen för 150 generationer sedan. De arter som kommit in efter istiden karaktäriserades av egenskaper som gör att de kan migrera och kolonialisera och anpassa sig till en ny nisch snabbt, fast när de väl etablerat sig har de egenskaperna inte samma värde. Därför har Sverige relativt få skogsträdsarter, och de arter Sverige har kan inte antas vara perfekt anpassade till miljön.

De aktuella skogsträden är vindpollinerade och pollenet kan flyga långt och en del av det befruktande pollenet gör det också. Av förfäderna tre generationer bak i en naturskog skulle förmodligen många inte befinna sig i närheten.

Den historiska ståndorten är inte vad den är idag ens i en urskog. Människan ändrar också på betingelserna och har gjort det sedan istiden, t.ex. eldregim och megafauna. Den genetiska tillpassningen hinner inte med de ständigt växlande förhållandena.

För kulturskogsträden är miljön i plant och förnygringsfasen helt annorlunda mot vad evolutionen eventuellt anpassat dem till, och kraven på individerna större, så lokalproveniensen kan inte utan vidare förmodas vara ett mycket lämpligare skogsodlingsmaterial jämfört med alternativ.

Visserligen har ett antal argument framförts för att lokalproveniensen inte nödvändigtvis är bäst, men i total avsaknad på kunskap finns det ändå ett starkt argument för att tro att den är bra lämplig och anpassad, eftersom den faktiskt etablerat sig och klarat sig under de lokala förhållandena. Att hävda att lokalproveniensen inte är bästa val måste bygga på argument. Det kraftigaste argumentet är resultat av uppvuxna fältförsök. Annan experimentell information kan föreligga. Man kan föra logiska resonemang. Endast när argumenten för att något är lämpligare än lokalproveniensen är ganska starka och välbelagda kan man tro att lokalproveniensen är ett relativt olämpligt val för skogsodling.

Är främmande granprovenienser riskabelt?

Givetvis måste en förflyttad gran vara lämplig ur skogsodlingssynpunkt. Importer bygger på erfarenheter från försöksmässiga odlingar i s.k. proveniensförsök (exempelvis Persson och Persson (1992)). Det har skett bakslag, som lett till omprövningar om importerna verkligen varit bra och granprovenienser från Sydeuropa används knappast längre.

Laikre & Palmé (2005) och Laikre m.fl. (2005) pekar på en annan typ av risker: ”Det finns uppenbara risker att spridning av främmande populationer påverkar den biologiska mångfalden på gennivå hos ”mottagande” naturliga bestånd. Sådan påverkan kan leda till förlust och förändring av biologisk mångfald i första hand på gennivå, men i förlängningen även på ”högre” nivåer (art- och ekosystemnivå). Negativ påverkan på mångfalden på gennivå kan t.ex. uppstå om 1) mängden utsatt material är av en sådan omfattning att det naturliga beståndet genom konkurrens minskar i storlek (vilket kan resultera i förlust av genetisk variation) eller helt försvinner – s.k. ”swamping-effekt”, eller om 2) hybridisering mellan utplanterade och ”naturliga” individer förekommer och sådan hybridisering leder till att genetiska anpassningar till lokala miljöförhållanden bryts ner.”

Mängden från utlandet införd gran i Götaland är stor och hybridisering mellan granar med härkomst i utlandet och granar med härkomst i Sverige förekommer i väsentlig omfattning. Det är motiverat att diskutera riskerna närmare. Graninförselns omfattning och hybrider har diskuterats i tidigare avsnitt, men diskuteras lite utförligare här mot bakgrund av de farhågor som framkommit vid Naturvårdsverkets hantering av frågan.

I första hand ligger de befarade riskerna på gennivå. Först diskuteras risken att generna som härrör från den svenska granen helt försvinner. De importerade granarna importeras för att de växer bättre och då klarar de sig bättre i konkurrensen med svenska granar. Om de var reproduktivt isolerade skulle man kunna tänka sig ett scenario där den sydsvenska granen konkurreras ut. Nu hybridiserar de och generna blandas så de framtida sydsvenska granarna kommer att innehålla en blandning av utländska och svenska gener. Detta gäller även i de förädlade granarna. Att de utländska granarna är bättre kan

förmodligen knyts till frekvensen av vissa gener som är en mycket liten del av den totala genmassan. För just dessa gener kan man förmoda att urvalet gör att genfrekvenserna mer kommer att likna de införda populationerna. Men ett likartat urval sker genom domesticering och förädling som nog ger liknande effekter. Även för de få viktiga generna kommer kopior av de svenska granarnas gener att föras vidare om än i lite mindre frekvens. Även om ettdera ursprunget är utarmad på någon sällsynt genvariant så kommer denna genvariant att finnas i genmassan hos de framtida granarna. Den genetiska variationen i den sydsvenska granen borde öka när genmassor från olika håll blandas. Historiskt kommer inte den importerade granen bara från Vitryssland utan många platser i Väst och Östeuropa. Detta måste rimligen vidga den genetiska variationen och skapa en rikare genresurs. Även om det ”svenska” bidraget minskar från säg 95 % av generna till säg 30 % av generna så finns det dock kvar både i naturskogen och i den förädlade skogen. Genvarianterna förs i naturen vidare av milliontals träd och detta gäller även vid dagens kulturskogsbruk, så sällsynta genvarianter som finns i säg en tiotusendel av granarna kommer att finnas kvar i södra Sverige de närmaste seklerna. För frågan om den ”svenska” granen försvinner eller förlorar i genetisk variation spelar det inte så stor roll om de utländska generna kommer via fröplantager eller beståndsfrötäkter. Eftersom den sydsvenska granen funnits i Sydsvrige under kort tid är det otroligt att mycket specifika anpassningar hunnit ske, men det är också otroligt att sådana specifika anpassningar verkligen sker.

Det förs ett resonemang om effektiva populationsstorlekar. Ett enstaka beståndsfröparti har tusentals föräldrar och under ett århundrade hanteras många tusentals sådana partier med olika härkomst för gran i södra Sverige. Den effektiva populationsstorleken måste betraktas som så stor så att detta inte kan orsaka problem. Använder man förädlad material är populationsstorleken mindre och det diskuteras på annan plats i denna utredning. Eftersom en relativt liten del av granskogen ännu härrör från fröplantager är det ännu ett begränsat problem.

Har andra diskuterat riskerna med främmande gran utöver ur skogsodlingssynpunkt?

Mitt intryck är att liknande oro som uttrycks förknippade med vitt förflyttade barrträdspopulationer i Sverige inte fått lika stor uppmärksamhet i andra länder. Vad jag hittat har begränsad relevans, exempelvis var vissa genbevarandeplanteringar av radiata i Nya Zeeland (radiata är ett exotiskt trädslag på Nya Zeeland) hotade av den mycket mer omfattande kommersiella planteringen.

Organisationer som borde grundligt ventilerat farhågor med genmigration i allmänhet, speciellt svensk gran i södra Sverige:

Ämnet om det finns något annat problem med främmande provenienser än att de kanske är dåligt anpassade på ett sätt som borde synas i proveniensförsök och skogsbruk. Detta borde ha tagits upp vid den Europeiska institutionen för genresurser (Euforgen), men problemen ventileras inte i deras skrifter om gran (Koski m.fl., 1993; Skråppa, 2003)

<http://www.biodiversityinternational.org/networks/euforgen/>. De skulle kunna tas upp till behandling på en stor grankonferens i Halmstad hösten 2009

<http://www.iufro.org/download/file/2903/1411/10108-sweden09-1st-announcement.pdf>. Det finns också ett EU stött projekt [evoltree](#)

Problemen med förflyttningar av gran i stor skala borde ha ventilerats vid den internationella organisationen för att behandla grangenetik <http://www.iufro.org/science/divisions/division-2/20000/20200/20211/> Konferenserna med "IUFRO WP 2.02.11 Norway spruce kunde förväntas ta upp frågan, men den ser inte ut att ha diskuterats vid de tre senaste konferenserna (Stener & Werner, 1989; Rhone, 1993; Szabor, 2009).

Gemmel, Peterson och Remröd (1992) Framtida skogsbruk och angelägen skogsforskning i södra Sverige skulle kunna tagit upp det, men gör det inte.

I Eriksson (1976) Granförädling står inget annat än att det pågår stora fröimporter. Granprovenienshybridresultat tyder på att de är bra. Om genbevarande och sydlig gran står, Ehrenberg: "Granen i Sverige är inte hotad som art. Däremot finns stora risker att lokalraser försvinner och ersätts med importerat material. Detta har i stor utsträckning redan skett i Götaland och delar av Svealand."

Den genetiska variationen minskar inte genom detta, den kan tom öka, med den blir annorlunda och för lokalklimaten lämpliga resistens- och hårdighetsgener kan försvinna.

Ehrenberg och Gullberg (1977 s 95): avståndsisolering bör beaktas. En viss inblandning av främmande pollen måste tolereras. Korsningar nämns inte.

Medvetenhet om riskerna

Skogsbruket (inklusive mig själv) betraktar riskerna som här hänsyftas till som måttliga och svåra att se som allvarliga och ta till sig och förefaller efter ovanstående analys av måttlig relevans (beträffande gran och tall på det sätt det bedrivs idag i varje fall). Utländsk gran i södra Sverige är en av Sveriges verkligt stora och värdefulla råvaruresurser. Den kan sägas vara södra Sveriges i särklass attraktivaste gröda och nu upplever vi höjdpunkten hittills i en successiv utveckling under 180 år. Det har varit lite oro om "subtop-dying" och stamsprickor i Rumäner och stormkänslighet, men i backspegeln har det varit marginellt och snarast styrkt den utländska granens särställning i förhållande till alla andra alternativ. Skogsbruket är väl medvetet om genetikens betydelse för skogsodlingsresultatet och att det härvidlag gjorts många diskutabla bedömningar i det förflutna och att det ur skoglig säkerhetssynpunkt kunde finnas motiv att använda lokalt material, men ändå görs inte det, eftersom det inte anses fördelaktigt. Skogsbruket är också medvetet om vikten att kunna belysa uppkommande genetiska problem med långsiktiga försök och att underlätta inventeringar av andra objekt om det blir aktuellt.

Svensk förädling av gran och tall bevarar genetisk variation

Genetisk variation är utgångsmaterialet förädlaren använder och det är av fundamentalt intresse för den långsiktiga förädlingen att den genetiska variationen upprätthålls i förädlingspopulationen. Utan genetisk variation skulle fortsatt förädling vara omöjlig och yrkena skogsträdsförädlare och

skogsgenetiker obehövliga. Ju större den genetiska variationen är, ju större är möjligheten att genom urval nå förbättringar. Utarmning av genetisk variation leder till inavel, vilket reducerar skogsproduktionen, det leder till minskad genetisk variation i skogen, vilket man befärar är förknippat med risker och produktionsbortfall, och det leder till minskade möjligheter att möta en svårförutsägbar framtid med stor risk för drastiska miljöförändringar. Förutom detta "egenintresse" för både de berörda yrkesmännen och skogsbruket finns det också "politiska", ideella, etiska och opinionsmässiga skäl att bevara genetisk variation. Utgångspunkten för långsiktig förädling måste vara uthållighet och att skapa framtida valmöjligheter. Då är genetisk variation fundamentalt.

Man kan säga att skogsträdsförädlingen är en genresursförvaltning som både utnyttjar och bevarar de genetiska resurserna. I ett långt tidsperspektiv så ändras dock skogens genetik avsevärt både av förädling och av andra faktorer, såsom en klimatförändring. Även om förädlingen bevarar genetisk variation så ändras "medelvärdet" i de karaktärer förädlaren påverkar (vilket förmodligen påverkar bara en mycket liten andel av generna). Därför finns också ett genbevarandeintresse mer inriktats på status quo. Även detta genbevarande bör ibland utnyttja förädlingens tekniker och tjäna på att växelverka med förädlingen.

Svensk förädling av gran och tall bygger på skapandet av ca 20 separata subpopulationer, som vardera bygger på avkomlingar från minst 50 och ofta 75 individer ("grundare"). De olika subpopulationerna har olika, även om i viss mån överlappande, geografiska rekryteringsområden. Varje förädlingspopulation inriktar sig mot något olika ståndortsförhållanden. Dessa "förädlingsmål" har en vidare spridning än som svarar mot spridningen av skogsmarkens fördelning. Detta ökar förädlingens flexibilitet inför framtida miljöförändringar och kan möjligen sägas öka den genetiska variationen. Struktureringen i avgränsade delpopulationer ökar den genbevarande kapaciteten. Bidraget från de 50 grundarna skall hållas ganska konstant över framtida generationer (balanserad förädling), därigenom minimeras förlusten av genetisk variation och ökning av släktskap, förädlingen bevarar generna. Förädlingen startar med nära 1500 testade plusträd som valts ur naturliga eller odlade skogar med en strävan till geografisk täckning, samtidigt som de utvalda träden stått så långt från varandra att de inte är halvsyskon. Först valdes träden fenotypiskt och därefter testades deras avkomma.

Man kan göra diverse matematik på hur stora populationer som behövs för att bevara sällsynta genvarianter, och vad som behövs för att balansera mutationer och drift. Tusen verkar en rimlig avvägning. Mycket ovanliga genvarianter (som bara finns i en procent av träden eller lägre) kommer delvis att förloras, men jag tror inte det har någon egentlig betydelse. Mindre (effektiva) populationer än den svenska förädlingspopulationen betraktas oftast som livskraftiga och långsiktigt uthålliga i andra sammanhang. För mycket långsiktiga förlopp kan man nog räkna med förädlingspopulation i hela Sverige, eller kanske ett ännu större område. Förädlingspopulationen i gran respektive tall är alltså drygt 1000 och jag betraktar detta som tillräckligt stor för att vara långsiktigt uthållig.

Simuleringar har gjorts av planerad svensk förädling tio generationer framåt i en sluten delpopulation med 50 startträd (Rosvall, 1999). Ingen iögonfallande

minskning av den genetiska variationen iakttogs under den tiden. Dessa beräkningar har på olika sett utvecklats och är fortfarande en väsentlig del av svensk skogsträdsförädlingsstrategi. Att svensk skogsträdsförädling anstränger sig att göra konsekvensberäkningar upp till tio generationer framåt (Rosvall, 1999) demonstrerar liksom en del andra studier om utveckling i gamla försök att utvärdering av de långsiktiga konsekvenserna är en viktig och integrerad del av förädlingsverksamheten.

De förädlade träden förväntas vara flexibla och robusta

Förädlingen gör odlingsmaterialen säkrare och mer plastiska, flexibla och robusta. Förädlingens urval av föräldrar till nästa förädlingsgeneration och urval av kloner till fröplantager eller klonskogsbruk bygger på ackumulerade resultat från tester i olika miljöer och olika tidpunkter. Resultat med testplantor som är släkt på olika sätt med de utvalda vägs in. Urvalet bygger också på test i många mikromiljöer inom en lokal (upprepningar) och på många lokaler och under olika tidsperioder. Detta är en principiellt väsentlig skillnad mellan förädlingens artificiella selektion och evolutionens naturliga selektion, som bara känner till här och nu. Därför kan man dra slutsatsen att förädlingen kommer att framställa träd som är mer flexibla och robusta och klarar av varierande förhållanden bättre än vad som åstadkoms av den mer opportunistiska evolutionen, som bara känner till här och nu för varje enskilt träd och varje enskild tidpunkt. Träden förväntas få en inbyggd förmåga att klara sig hyggligt ett vidare spektrum av miljöer.

Ändringar med tiden

Det är absolut nödvändigt att skoglig verksamhet inklusive genetisk förädling bygger upp en kunskapsbas baserat på långsiktiga fältförsök. Det måste finnas mekanismer som leder till att eventuella misstag som gjordes i brist på äldre försök upptäcks och om möjligt korrigeras. Detta görs i svensk skogsträdsförädling. Detta innebär dock inte att det är möjligt eller effektivt att ha mogna fältförsök som underlag för varje enskilt genetiskt urvalsbeslut. Huvuddelen av förädlingskriterierna bör vara generella allmängiltiga som står sig i tiden och inte t.ex. resistens mot specifika skadegörare om man inte är mycket säker på att den specifika skadegöraren kommer att förbli konstant och orsaka stora skador under mycket lång tid framåt. När man mäter korrelationen mellan höjder i olika ålder för skogsträd blir korrelationen i allmänhet hög. Om den unga åldern är över 1,5 m, så är det generellt ovanligt med negativa korrelationer. Informationen om exempelvis höjdtillväxt av ett material relativt till andra ökar inte särskilt mycket när ett försök blir äldre. Det finns dock karaktärer som är svåra eller omöjliga att mäta på unga träd (densitet, ”slutlig” grengrovlek, stamsprickor etc.). Vissa skadetyper uppträder först när träden nått en viss storlek (exempelvis stamsprickor, stamskador av älg på gran, stormfällning, vissa former av rotröta). Svensk skogsträdsförädling lägger tillräcklig uppmärksamhet på dessa långtidsfrågor, som också är viktiga för att slå vakt om den genetiska variationen i förädlingen.

Klonskogsbruk

Klonskogsbruk har utvärderats minst tre gånger i Sverige (Gullberg m.fl., 1977; Lindgren m.fl., 1990; Sonesson m.fl., 2001) och dessutom behandlas det av MINT och i mina kommentarer till MINT (bilaga 6). Dessa dokument försöker naturligtvis utvärdera riskerna med låg diversitet. Den extrema formen av skogsbruk utan genetisk variation är monoklonskogsbruk där alla träd är genetiskt lika.

Det är genomgående svårt att finna trovärdiga exempel som gör det troligt att monoklonkulturer med gran skulle sluta i katastrof. Nedanstående är huvudsakligen taget från den senaste utvärderingen (Sonesson m.fl., 2001), som förmodligen representerar den mest aktuella överblicken:

Sonesson m.fl. (2001) skriver under identifiering av möjliga problem: ”Skadedjur och sjukdomar uppkommer som ett resultat av förändrade mönster i den genetiska variationen. En viktig variabel här är hur klonerna blandas i bestånden. Det är möjligt att sjukdomar och skadedjur inte bara hotar klonplanteringarna utan även att klonskogar kan öka risken för angränsande planteringar. Vi tror att denna risk är obetydlig.” ”Flera faktorer gör att de svenska skogarna idag avviker betydligt från ett helt och hållet naturligt tillstånd, som landskapsfragmentering, antropogen klimatförändring, rationellt skogsbruk baserat på monokulturer, Högt betetryck av klövvilt, luftföroreningar och användning av konstgödning och kemikalier. Många av dessa faktorer har mycket större inverkan på de svenska skogarna än klonskogsbruk har och kan förväntas få inom den närmaste framtiden.”; ”Ett stort problem för klonskogsbruk är bristen på relevanta undersökningar och experiment. Även om vi skulle etablera nya försök, skulle det ta många år innan slutsatser kan dras från dem. De flesta slutsatserna måste av denna orsak grundas på initierade spekulationer eller genom att dra slutsatser från andra arter eller miljöer. Det verkar emellertid som om det på många sätt är möjligt att jämföra de ekologiska effekterna av klonskogsbruk med andra skogsbruksmetoder som använts under lång tid.”. Generellt bedöms andra åtgärder (dikning, gödsling) medföra större andra konsekvenser än klonskogsbruk för att nå samma produktionsökning. Monoklonskog kan ha en större effekt på biodiversiteten (flora och fauna) i beståndet än konventionell skogsskötsel, men blandas tillräckligt många kloner förväntas ingen märkbar effekt. Man kan tänka sig kloner som är osmakliga eller giftiga och ett monoklonskogsbruk skulle kunna förstärka konsekvenserna för växtätare. Monoklonskogsbruk har tillämpats på olika håll i världen under ibland lång tid (Eukalyptus i Brasilien, radiata tall på Nya Zeeland, *Cryptomeria* i Japan etc.) och farhågorna om ökade problem med skadegörare kan inte sägas ha realiserats. Poppel och *Salix* drivs vanligen i monoklonkulturer och här har man mött ganska allvarliga problem med skadegörare och det ter sig troligt dessa skulle vara mindre om man inte använde monoklonkulturer, men man har ändå knappast gått ifrån monoklonkulturer. För poppel har odlare envist hållit fast vid klonen OP42. Dessa erfarenheter är ett argument för att undvika monoklonkulturer av gran som huvudalternativ tills ytterligare erfarenheter vunnits. Naturlig dynamik ger utrymme för lokala förändringar, så länge man undviker storskaliga förändringar. Man kan till och med hävda att vad som händer i ett bestånd i huvudsak berör markägarna, medan förändringar i

landskapet, på regional och nationell nivå, berör allmänheten. Klonskogsbruk på en större andel av landskapet kan accepteras om:

- Effekterna på beståndsnivå är små
- Kloner planteras i blandningar istället för monoklonbestånd.
- Kloner kontinuerligt ersätts av nya med tiden.
- Klonskogar etableras på redan störda marker med låg biologisk mångfald, som t.ex. nedlagd åkermark.
- Landskapet domineras av skog och är inte fragmenterat med jordbruksmark eller annan markanvändning.

Homogenitet är normalt en kommersiell fördel i plantproduktion och för producerade produkter. Därför är huvuddelen av jordbruksväxterna genetiskt homogena trots det finns klara nackdelar med detta både för skaderisk och för biologisk produktion. Det är ingen självklarhet att man skall avstå från klonskogsbruk bara för att risken för kalamiteter är större.

Att monoklonskogsbruk är så pass vanligt relativt klonblandningar indikerar att risken är måttlig. Att risken är måttlig vid monoklonskogsbruk innebär att risken som kopplas till begränsad genetisk variation hos fröplantager är mycket begränsad.

Det är relevant att diskutera biotiska risker och konsekvenser vid en diskussion om klonskogsbruk. Det finns samspel mellan parasit och värd och dessa samspel kan anpassa sig och ändra på spelreglerna under spelets gång. Därför är modellbyggande svårt och förutsägelser opålitliga. Det föreligger knappast relevanta rapporterade experiment med barrträd och erfarenheter är svåra att generalisera.

I linje med teoretiska förväntningar minskas omfattningen av patogener i blandade bestånd relativt rena bestånd i många agrikulturella system (Burdon, 1987). Resultat från 103 studier med blandningar av två komponenter visade att patogen nivån alltid var lägre än den mest angripna monokulturen och ofta väsentligt lägre än det aritmetiska värdet av komponenterna i monokulturer. Det förefaller som om resistent sorter skyddar mottagliga genom att minska patogentrycket. Det finns dock exempel på att blandning varit ofördelaktigt och att ”dirty” komponenter bereder vägen för en attack och det finns mekanismer genom vilka en blandning kan erbjuda en bättre nisch för en skadegörare.

Domesticerade och vilda system är olika. En del av domesticeringsstrategin för mat och foder växter är att bli av med osmakliga och obehagliga substanser som evolutionen utvecklat som skydd mot skadegörare, den naturliga skyddsnivån kan förmodas ha blivit sänkt hos många jordbruksväxter. Effekterna av saknad diversitet kan därför vara mindre allvarliga hos skogsträd, som i stort sett har kvar de ”naturliga” skyddssystemen.

Man kan förmoda att erfarenheter från jordbruksväxter har begränsat värde för skogsväxter. Skogsväxterna är i början av domesticeringen, de naturliga skyddsmekanismerna kan inte antas ha försvunnit. Skötsel av skogsväxterna är mycket extensiv i förhållande till jordbruksväxterna, kemiskt skydd används

mycket sällan i skogen, men ofta rutinmässigt i jordbruket. En skogsträdsplanta skall stå ett sekel, misstag kan inte repareras, medan en jordbrukare kan byta gröda nästa år. Jordbruket har mer likåldriga och likartade kulturer. Ett individuellt träd kan vara tillräckligt stort och långlivat för att vara en tillräcklig nisch för evolutionära skeenden.

Användningen av kloner regleras av föreskrifter till skogsvårdslagens §7 (användning av skogsodlingsmaterial och handel med sådant material). I dessa föreskrifter stipulerades i 2002 års version att vegetativt förökat material inte får användas på mer än 5 % av en brukningsenhet. Dock får alltid 20 hektar föryngras med kloner på en brukningsenhet. Dessa föreskrifter innebär relativt fritt användande av grankloner för de flesta privata markägare i södra Sverige.

Ett scenario för klonskogsbrukets utveckling ges av Sonesson m.fl. (2001) i den utredning som föregick de nuvarande reglerna: ”Mycket i denna undersökning avhandlar effekterna av plantering i monoklonbestånd eller klonblandningar med få kloner, eftersom det är under sådana förhållanden effekterna av klonskogsbruk blir mest påtagliga. Ur en svensk synvinkel är detta en rätt hypotetisk situation. Ett mer sannolikt scenario för den närmaste framtiden i Sverige är i korta drag detta: År 2010 planteras omkring 10 miljoner sticklingar, huvudsakligen bulksticklingar med testade föräldrar utvalda för höga avelsvärden. Fröplantorna massförökas genom en eller två cykler av sticklingsförökning. Bulksticklingarna har normalt mindre än 200 kopior per klon, så antalet utplacerade kloner är väldigt stort (50–100 000). Resten av sticklingarna (cirka 10 %) är testade kloner, till största del utvalda i förädlingspopulationer där plantorna har hållits juvenila i häckar. I experimentell skala produceras sticklingar från testade kloner som härstammar ifrån embryokulturer, som har hållits unga genom kryolagring medan fälttestning pågick. De utvalda klonerna förökas genom att ta sticklingar från plantor som utvecklats från somatiska embryon.” Denna vision har inte alls realiserats 2009, läget nu är ungefär som läget 2001, dock kanske man kan ersätta år 2010 med år 2017 och vara lite optimistiskare om SE. Åtta års arbete har fört oss två år närmare en vision.

Klonskogsbruk av gran med sticklingar förefaller omedelbart lönsamt för markägarna på höga boniteter och det befintliga regelverket lägger inga egentliga hinder i vägen, i varje fall knappast före ca 2025, och metoden är tillräckligt beprövad för att direkt användas i den omfattning det kan bli tal om. Trots detta används det inte till mer än någon promille av planteringarna. Skälen är nog dels tveksamhet hos marknaden och dels tveksamhet hos plantproducenterna om det finns en marknad som är tillräckligt säker för att motivera en investering som kanske inte resulterar i prognostiserad plantförsäljning.

Förutsättningarna för klonskogsbruk med gran förbättras om teknik för rimligt billiga plantor med somatisk embryogenes (SE) utvecklas, detta skulle nog öka klonskogsbrukets omfattning snabbare än med sticklingar. Med sticklingar tar uppförökningen längre tid och storleken av det startmaterial man kan få med korsningsfrö från de bästa klonerna blir mindre begränsande.

Introduktion av ”GMO” träd underlättas av ett etablerat monoklonskogsbruk och kommer kommersiella GMO-träd kommer det sannolikt också att finnas

kommersiella intressen som driver på användning av monoklonskogsbruk där samma klon används över en region i stor omfattning och under lång tid.

Fröplantageskogsbruk

Det hittillsvarande svenska fröplantageprogrammet beskrivs av Lindgren m.fl. (2008) och Hannerz m.fl. (2000), populärt på svenska av Lindgren & Prescher (2008). Det nyanlagda och planerade s.k. TreO programmet beskrivs av Rosvall and Ståhl (2008). Under perioden 1947 till 1972 anlades fröplantager med plusträd valda i gamla huvudsakligen naturliga skogar. Plusträden mångfaldigades med ympning. Detta resulterade i 50 tallplantager (575 ha) och 22 granplantager (320 ha). Det är fröna från dessa som står för huvuddelen av det förädlade materialet i de svenska skogarna hittills. 1982–1994 anlades en ny omgång fröplantager samordnat av skogsstyrelsen, denna gång gjordes urvalet huvudsakligen i planterade skogar och denna epok resulterade i 24 (350 ha) tallplantager och 12 (230 ha) granplantager. Sedan 2004 nyanläggs plantager i ett av skogsbruket samordnat nationellt program (Rosvall & Ståhl, 2008) och inom de närmaste åren kommer tillräckligt med plantager för att fylla nästan hela behovet för plantframställning att anläggas. Idag kommer cirka 80 procent av tallplantorna och 50 % av granplantorna från fröplantager. Teknik och skötsel av fröplantager beskrivs av Almqvist m.fl. (2007) och fröplantagerna sätts in i ett större fröförsörjningssammanhang av Wennström m.fl. (2008).

Genetisk varians i fröplantageskogar

Varians är ett statistiskt mått på variabilitet och inte på genetisk diversitet. Genetisk varians kan ses som ett mått på genetiskt betingad variation, men det är besvärligare att använda och tolka än gendiversitet. Den genetiska variansen är olika för varje egenskap medan gendiversiteten inte är beroende av egenskaper utan genomets struktur. Gendiversitet påverkar genetisk varians. Minskar gendiversiteten minskar också den genetiska variansen i alla egenskaper i en grad som är relaterat till minskningen av genetisk diversitet. Genetisk varians beror mycket av egenskapen och när och hur den mäts. Hur kraftigt den minskar när gendiversiteten minskar beror också i hög grad av egenskapen. Egenskapen kan när den inte närmare definieras ses som värde för skogsbruket, vilket kan ses som nära relaterat till torrsubstansproduktion per hektar, vilket kan ses som nära relaterat till volymproduktion. För att minska beroendet av egenskapen föredrar man att uttrycka genetisk varians relativt, t.ex. den procentuella minskningen av genetisk varians ett urval orsakar. Eller – i andra sammanhang – andelen genetisk varians i förhållande till total varians eller i förhållande till karaktärens medelvärde. Genetisk diversitet och genetisk variation är termer som enligt min uppfattning inte är lika exakt definierade som gendiversitet och genetisk varians, fast ofta har samma innebörd.

Plusträden har valts i skogen på grundval av sitt utseende enligt en enhetlig mall av vad som är ett värdefullt träd. Detta behandlas under ”effekten av urval på kvantitativ genetisk varians”. Plusträdsurvalet kan förmodas ha reducerat den genetiska variansen med några procent ”långsiktigt”, men förmodligen inte mer. Nu görs urvalet baserat på genetiska tester och inte fenotypiskt, man vet mer om de utvalda trädens avelsvärden och då blir förlusten i genetisk varians i karaktärer som är associerade med selektionskriterierna något större. Det blir en initial minskning varav sedan ungefär hälften återskapas vid rekombination i

fröplantager eller den långsiktiga förädlingen. Det är kanske rimligt att tro att den genetiska hos plusträden minskar med fem procent i de fröplantager som nu anläggs av denna anledning. Den genetiska variansen omkring klonmedelvärdet blir mindre i fröplantager än i naturskogar, eftersom antalet kloner är begränsat (kan ses som ett stickprov), men denna varians återskapas genom rekombinationerna när klonerna korsas med varandra i fröplantagen. Men den genetiska variansen blir större än i beståndsfrö, eftersom fröplantager rekryterar kloner från många olika bestånd och således tillgodogör sig den genetiska variansen mellan bestånd. Ursprunget av klonerna i en fröplantage täcker typiskt några hundra km och alltså en del av den storskaliga huvudsakligen klinala proveniensvariationen förutom variansen mellan bestånd i samma landskap. Dessutom kommer det in 50 % vildpollen (Torimaru m.fl., 2010), som oftast avviker i ursprung och genomsnittligt värde från klongenomsnittet och därför drar upp den genetiska variansen i plantageskörden ganska avsevärt. ”Proveniensökningen” av den kvantitativa variansen minskar till hälften i fröplantageavkomman (eftersom avkomman tenderar att ligga närmare föräldragenomsnittet än föräldrarna själva, ”regression mot medelvärdet”). En del av träden i det resulterande beståndet är insådd av lokalproveniens. Ett sammanvägande förmodande är att planteringar från fröplantager får större genetisk varians än beståndsfrö. Den genetiska variansen i en plantering beror mycket på omständigheterna (miljön) i den aktuella planteringen, d.v.s. interaktionen mellan genetisk varians och miljö är stark (Persson, 2006).

Vad är den genetiska diversiteten i ett bestånd från en plantage?

Gendiversitet, vilket kan användas för kvantifieringar av genetisk diversitet, har att göra med sannolikheten att alleler blir identiska, eftersom de kommer från en gemensam förfader. Begreppet kopplar direkt till DNA och genetisk varians är nära kopplat till gendiversitet. Gendiversiteten i skogen från en fröplantage som funktion av antalet kloner behandlas kvantitativt av Lindgren och Prescher (2005).

- Självpollinering förekommer, men inte i högre utsträckning än i beståndsfrö
- Självpollinering leder vanligen till att embryot dör, vilket minskar produktionen av moget frö, vilket är ett visst men måttligt problem för fröproducenten. Självpollinering leder till högre frekvens plantor som inte planteras ut. Självpollinering har liten kvantitativ betydelse i den skog som härrör från en plantage, den berör vanligen bara några procent av träden och en stor del av dessa konkurreras ut. Skogsproduktionen minskar kanske någon procent till följd av inavelsdepressionen som följer på självpollinering, vilket kan ses som ett marginellt problem, och det är inte allvarligare i den förädlade skogen än om oförädlade plantor använts eller självföryngringar.
- Fertiliteten varierar mellan kloner, men i mogna plantager med många ympar per klon (varifrån huvuddelen av fröet kommer) är skillnaderna vanligen relativt måttliga (Prescher m.fl., 2007). Fertilitetsvariationen kan vara olika på han- och honsidan.

- Omkring hälften av pollenet i en fröplantage kommer från bestånd utanför fröplantagen (Torimaru m.fl., 2009), ibland mer (Pakkanen, m.fl. 2000). Detta ökar den genetiska diversiteten väsentligt, och garanterar att alla genvarianter i den naturliga skogen också kan uppkomma i fröplantageavkomman.
- I genomsnitt räknar man med att omkring 20 % av huvudstammarna i en plantering härrör från icke planterade plantor. Detta vidgar den gendiversiteten.
- Det finns inte tecken i verkligheten eller teoretiska överväganden, som gör det troligt att den genetiska diversiteten i dagens fröplantageplanteringar blir ett avsevärt mycket större problem på beståndsnivå om man har 20 kloner istället för 200 i fröplantager. Däremot är 10 kloner i en fröplantage lite tveksamt.
- Den genetiska diversiteten i ett bestånd från en fröplantage kan inte betraktas som mycket mindre än i ett bestånd som kommer från naturföryngring eller plantering med beståndsför.

Däremot kanske den genetiska variationen på landskapsnivå på sikt kan sägas bli något mindre med fröplantager. Bestånd som ligger många mil från varandra kommer att omfatta närbesläktade individer och likna varandra genetiskt i högre grad än i natursituationen. Enstaka speciellt framgångsrika träd kan tänkas bli föräldrar till flera procent av träden över ett stort område.

Plusträdsklonerna i en fröplantage rekryteras från olika bestånd över ett område som kan vara stort som ett län. De bestånd plusträden rekryteras från är inte precis genetiskt lika utan det finns en genetisk variation mellan bestånd. Det finns såväl en storskalig variation över latituder som en småskalig mosaik. Detta innebär att det förväntas finnas åtminstone i viss mening en större genetisk variation i plantagefrö (som fångar in både variationen inom och mellan bestånd) än i beståndsför. Plantagefröet kan förväntas vara välanpassat över ett något större intervall av odlingslokaler än beståndsför och något mer robust gentemot ändrad miljö än självföryngringar. Beståndsför kan kanske förmodas vara något mer snävt lokalt anpassat. Detta resonemang gäller också resistens mot nya mönster av skadegörare – plantagefrö kan förväntas bättre förberett att möta dessa problem.

Frötäkt från olika bestånd i samma område, kan förmodas vara sinsemellan mer olika än fröplantageskördar ur samma plantage. Även om fröplantageskördar inte är helt konstanta, är de mer reproducerbara än beståndsför och ger ett mer förutsägbart och bättre definierat material.

Det är troligt att omkring 20 procent av produktionen i planteringar i norra Sverige kommer från självföryngring (insådd) och beståndsföryngring (Ackzell m.fl., 1994). Andra undersökningar (Hägglund, 1983) antyder en något högre siffra. Denna inblandning ökar den genetiska variationen i de planterade bestånden från fröplantager.

Särplockning

Det förekommer att endast en del kloner skördas i en fröplantage. Detta kan vara ett sätt att använda gamla fröplantager där förädlingsvärden fastställts efter att plantagen anlagts. Skörden från de bästa klonerna kan användas till

plantskolor, skörden från de sämre klonerna till sådd, till frölager i reserv eller de kanske inte alls skördas. För tall i södra USA sker huvuddelen av plantageskördarna klonvis. Särplockning medför något lägre genetisk variation (Kang, 2001). Särplockning medför en administrativ nackdel, eftersom en legal process behövs för varje att marknadsföra skogsodlingsmaterialet. Den legala processen borde ses över i syfte att förenkla särplockning och praktiska fältförsök med särplockning av varje klon borde etableras.

Blandningar av fröpartier

En möjlighet att vidga den genetiska variationen är att blanda olika fröpartier inför plantframställning. En modell för plantageskogsbruk vore att skörda klonvis och sedan hålla samman olika klonvisa skördar. Modeller med blandning av olika fröpartier är legalt besvärligt, eftersom det ofta måste genomgå en formell godkännande process för att få saluföras. Den legala proceduren borde ses över i syfte att förenkla hopslagning av fröpartier.

Några fröplantageundersökningar med beröring till genetisk diversitet i plantagefrö

I en studie i British Columbia (Stoehr m.fl., 2005) jämförs i samma försök olika fri avblomningsmaterial från tre fröplantager och tre naturskogar. Slutsatsen är att den fenotypiska variationen för höjd vid fem år i frö från fröplantager inte reducerats jämfört med frö från naturskogar trots att fröplantageklonerna valts ut med intensiv selektion från naturskogar. I en annan studie (El-Kassaby & Ritland, 1996) jämfördes Douglasgran i fröplantager med material från den ursprungliga populationen och slutsatsen var att urvalet inte reducerat den genetiska variationen nämnvärt. I en undersökning från Kanada med vitgran och ”jack pine” (Godt m.fl., 2001) föreföll den genetiska diversiteten upprätthållas i fröplantager även om några sällsynta alleler kan förloras.

Praktiska test

Fältförsök med plantageskördar

Det har för några decennier sedan gjorts försök att jämföra plantagefröskördar och beståndsfrö i fältförsök i en tallserie i vardera norra (Ericsson, 1988) och södra (Högberg & Jansson, 2001) Sverige. I norra Sverige dominerades skillnaderna i fenotyp mellan försöksplantor av året för planteringen, och det är svårt att dra slutsatser om annat. Praktiska skördar från flera plantager i södra Sverige antydde att variationen mellan plantor/träd var något mindre än för motsvarande skördar i oförädlade bestånd. Skillnaden var inte statistiskt säkerställd. Skördar från mogna plantager är mycket stabila år från och år och man kan i dessa fall förvänta samma variation inom materialet oavsett skördeår. Om plantagefrö ger upphov till något mindre variabla bestånd skulle förklaringen kunna vara att plantagefrö i allmänhet är mer fullmoget och jämnare än beståndsfrö och därför ger upphov till ett jämnare mer homogent plantmaterial som av den orsaken ger en något jämnare föryngring.

Förklaringen är troligen inte vara mindre genetisk variation i plantagefröet. Försöken visar kanske framförallt att de renodlat genetiska effekterna är svåra att kvantifiera i fältförsök, de är oftast i varje fall för de tidigaste plantagerna små jämfört med de miljömässiga och sådana faktorer som skillnader i genetisk variation förfaller vara av begränsad betydelse. Dessa försök var med tidiga plantageskördar i tidigt anlagda plantager och väl små om de verkliga förväntade produktionsskillnaderna skall kunna fastställas.

Pollenkontaminationen var hög, förmodligen var man för ivrig och väntade inte till full pollenproduktion hade uppnåtts. Klonantalet var stort. I de nyanlagda plantagerna är den genetiska vinsten mycket högre, klonantalet något lägre, medan kontaminationen är ungefär samma i mogna plantager.

Rutinmässig frötest och frystest för hårdighetsbestämning

Fröprover analyser för olika ändamål rutinmässigt, ofta utförs testerna på frölaboratoriet på Sävar. Det finns en operativ verksamhet med att testa fröpartier för hårdighet på Sävar, som används som ledning för en del skogsodling (Andersson & Sundblad, 2003). Småplantor dras upp och exponeras för ett frystest där invintringsgraden och därmed hårdigheten bestäms.

Molekylära tester av fröpartier eller skogsodlingsmaterial

Molekylära tester har ofta föreslagits, men sällan tillämpats annat än i forskning. Så småningom kommer det troligen att bli en vanlig rutin. Ursprunget, gendiversiteten, kontaminationsgraden, pålitligheten av kontrollerade korsningar och hybridiseringsgraden i ett frömaterial kan åtminstone i princip bestämmas. Men det verkar gå långsamt med utvecklingsarbetet, det talades om det ganska mycket för mer än ett decennium sedan, men har ännu inte blivit många tillämpningar, i varje fall inte rutinmässigt. Ofta underskattas de logistiska och tekniska svårigheterna och kravet på kompetens för att få det att fungera. Plantors invintring mäts med ett molekylärt test som en grupp i Garpenberg försöker få tillämpat för kommersiell plantproduktion. Det skulle inte vara alltför administrativt svårt att sända andra delar av prov som ändå tas till ett molekylärgenetiskt laboratorium, men det är nog problematiskt med att ha en tillräcklig kompetens för provtyperna och tillämpningarna utan att kostnaderna springer i

höjden. Det finns innovationsföretag som försöker kommersialisera molekylärgenetik, STT är det mest kända exemplet och STT har skogsföretag som delägare, så om det verkligen kändes angeläget och realistiskt skulle marknadskrafterna nog kunna åstadkomma något. Jag tycker knappast tiden är mogen för att gå in närmare på vad som skulle kunna vara möjligt.

Den genetiska variationen på landskapsnivå

Skogen i ett "landskap" är långt ifrån homogen ens om man håller sig till variation inom art och naturtyp. Skog finns i olika successionsstadier, i olika blandningar och omsätts olika snabbt. Etablering på ytor där arten för tillfället inte finns sker under olika former och med olika frökällor. Inte ens samma bestånd är en genetisk konstant frökälla, bland annat eftersom pollineringsförhållandena är olika vid olika tidpunkter.

Konkurrensförhållanden och andra miljöfaktorer varierar både temporalt och spatialt. Bestånden av samma art blir därför inte genetiskt helt homogena ens i ett begränsat område. Jag gissar att bestånden inom ett landskap är genetiskt bäst anpassade till förhållanden som skiljer sig mer än en latitud, men storleken av denna variation är svårbestämd och ganska osäker. Träd i samma bestånd tenderar att bli mer besläktade och därför mer lika varandra än träd från olika bestånd. Man kan därför alltid räkna med en större genetisk variation på landskapsnivå än på beståndsnivå. Det finns en dynamisk och ständigt böljande och varierande genetisk struktur.

Någonstans i landskapet bör det också finnas plats för reservat. Där kanske det finns olikåldrig skog på varierande ståndortsförhållanden. En del kan vara ganska stora och sammanhängande. Som genresurser för tall och gran tror jag att dessa reservat tillmätts större betydelse än de verkligen har, men de har betydelse som referenser och som komplement till andra åtgärder. De tjänar en viktig funktion för att bevara den genetiska variationen hos andra organismer.

Kulturskogsbruk medför en vidgning av den genetiska variationen på landskapsnivå. Även om man eftersträvar lokalproveniens (vilket man ofta gjort) så blir det längre genmigration än en "naturlig" föryngring. Eftersom det ofta uppträder situationer med fröbrist för lokalproveniens så förekommer flyttningar över "landskapsgränserna". "Landskapet" kommer alltså att vara en mosaik av "naturliga" bestånd och kulturbestånd, som innehåller genetiska material som ofta flyttats tiotals mil och ibland ännu längre. Detta har redan pågått lång tid och fröplantagerna innebär nog inte något radikalt nytt, utan denna förflyttning av gener beror på kulturskogsbruk och inte fröplantager. Inom vad som är tillåtet och rekommenderat fattar markägarna egna beslut, vilket gör att kulturmaterialen blir sinsemellan olika. Begränsad tillgång på de skogsodlingsmaterial markägaren helst vill ha spelar också in. Uppfattningen om vad som är bäst varierar över tiden och skogen som helhet ändras genetiskt mycket långsamt. Fröplantager kommer att bli allt bättre, 2050 års skogslandskap kommer att omfatta kulturer med mellan 0 och 30 procent genetiskt vinst och kanske ett litet inslag av klonskogsbruk med ännu högre vinst, fast normalfallet är ett stort inslag av helt oförädlade träd.

Förflyttningsrekommendationer och regler och hur de följs har ändrats och kan förväntas ändras över tiden i den sekellånga tidskala som beståndens livstid utgör. Detta bidrar också till en ökad variation. Nu kommer t.ex. skogsbruket förmodligen att anpassa sig till den globala temperaturökningen genom att använda material från kanske en halv grad sydligare latitud 2020 (jämfört med 1990) och därigenom öka den genetiska variationen på landskapsnivå.

Det aktiva skogsbruket kan tänkas ändra även de genetiska skillnaderna mellan "naturskogar" genom åtgärder som val av fröträd och principer för röjning.

Skogsbrukets åtgärder har genetiska effekter, och samma principer tillämpas inte generellt på all naturskog under ett sekel. Vissa ”naturbestånd” behandlas på ett artificiellt sätt jämfört med naturtillståndet genom olika åtgärder såsom reservatsbildning för olika ändamål eller hänsyn till friluftlivet eller jaktintresset. En del skogsträd i landskapet växer inte definitionsmässigt på produktiv skogsmark och sköts inte som produktiv skogsmark. Detta kan röra tomt, park, reservmark, våtmarker, fjällskog, längs gator, vägar och diken, berg, öar, strandängar och ”impediment” etc. etc. En väsentlig del av Sveriges granar och tallar står på sådan mark och de är en väsentlig del av ”landskapet”. Dessa tillkommande och heterogena selektionskriterier i den skog som inte är skogskultur bidrar till att öka den genetiska variationen på landskapsnivå. Det är dock mycket troligt att dessa effekter är väsentligt mindre än effekterna av förädling kombinerat med kulturskogsbruk.

Förädlingen ökar den genetiska variationen på landskapsnivå jämfört med kulturskogsbruk utan förädling genom att bestånden blir mer genetiskt olika i hur de uppfyller skogsbrukets förväntningar. Landskapet kommer att innehålla en blandning av naturbestånd och kulturbestånd på olika förädlingsnivåer. För närvarande kan man säga att den naturliga skogen och den förädlade skogen överlappar med den oförädlade, d.v.s. naturskogen innehåller många träd som genetiskt faller inom spännvidden i den förädlade skogen och den förädlade skogen innehåller många träd som genetiskt har liknande karaktärer som träd i naturskogen. Differentieringen mellan den förädlade skogen och naturskogen kommer dock att öka och överlappningen att bli avsevärt mindre när avkommorna till de fröplantager som anläggs 2030 börjar planteras ut i skogarna 2050. Den genetiska differentieringen mellan bestånd i landskapet framåt 2100 talet kan förutses att vara större än idag och överlappningen mellan träd i extrempopulationer mindre av denna orsak.

Fröplantager rekryteras från samma begränsade förädlingspopulation, och kommer därför att bli släkt med varandra. Det begränsade antalet genotyper i förädlingspopulationer och fröplantager gör att träden i ett landskap blir mer släkt med varandra än i naturtillståndet om man bara räknar sådant släktskap som uppkommit nyligen och mellan bestånd som ligger en bit från varandra. En överslagsberäkning visar att den släktskapsökning som uppstår p.g.a. av förädlingen blir kvantitativt begränsad, långt mindre än om träden i landskapet vore sysslingar. Det verkar inte troligt att den minskning av den genetiska variationen och ökningen av släktskapet som förädlingen medför skulle ha nämnvärda effekter på landskapsnivå inom den överskådbara framtiden.

Släktskapet ökar med tiden, eftersom det sker genetisk drift i förädlingspopulationen och eftersom ”de förädlade materialen” kommer att migrera över till ”skog som inte är kultur från fröplantage” och den av förädlingen orsakade släktskapsökningen kommer kanske att fyrdubblats i 2200 års skogar jämfört med 2100 års skogar av de här orsakerna. Kanske har vi gått över till övervägande klonskogsbruk år 2100 och i så fall kan ökningen bli ännu större. Släktskapet smetas inte ut jämnt mellan bestånd utan blir större mellan en del bestånd och mindre mellan andra. Även om de förädlade träden direkt och indirekt påverkar landskapet så kommer ändå, t.ex. mycket sällsynta genvarianter att finnas kvar i landskapet till 2200, om kulturskogsbruket inte får större omfattning än idag. Millioner träd för sina gener vidare genom

naturliga processer på landskapsnivå, och de genvarianter de är bärare av försvinner inte på några sekler.

De förädlade generna går in i den oförädlade skogen. Eftersom pollenkontaminationen i fröplantagerna är 50 % verkar det troligt att 25 % av generna migrerar ”mellan bestånd” varje generation och de migrerar ofta mer än några hundra meter, det är inte troligt att några nämnvärda delar av den oförädlade skogen är ordentligt avståndsisolerade, men det står väl mer förädlad skog omkring en förädlad skog än omkring en oförädlad så det blir nog lite mindre än en oförädlad skog. Det verkar rimligt att halveringstiden för oförädlade gener i oförädlade skogar är tre omloppstider, omkring två sekel. Det kommer att bildas hybrider med mer olika ursprung än i en naturskog och genernas kopplingar till varandra kommer längre från ett jämviktsläge (kopplingsjämvikt). Att det bildas hybrider mellan träd på måttligt avstånd, men av lite olika ursprung, leder till att inavelsisolat bryts, vilket förmodligen är ganska positivt. Hybrider mellan träd som står lite längre från varandra torde huvudsakligen bete sig som ett mellanting mellan föräldrarna och risken för negativa effekter förefaller liten.

Överslagsberäkning. Här görs en överslagsberäkning i ett scenario, man kan se det som en ”educated guess” med diverse antaganden. Fröplantager har 20 kloner effektivt och chansen att två gener i bestånd som härrör från samma plantage är lika blir då i första approximationen $0.5/20 = 0,025$. Men hälften av fäderna till en plantageskörd finns i bestånd utanför plantagen, d.v.s. 75 % av generna i en fröplantageskörd kommer från plantagen och då får släktskapen korrigeras med 0.75×0.75 . I ett planterat bestånd kommer 80 % av träden från de planterade plantorna, korrektionen för detta blir 0.8×0.8 . Så om alla skogar i ett landskap var kulturskogor från samma fröplantage så skulle släktskapet öka med $0.025 \times (0.75 \times 0.8)^2 = 0,009$. Nu består skogslandskapet år 2100 kanske till två tredjedelar av kulturskogor och av dessa härrör 80 % från fröplantager, detta ger reduktionsfaktorer 0.67×0.80 . Det är inte heller frågan om *en* fröplantage utan flera och fröplantagerna är inte genetiskt lika och kommer att ha olika proportioner från olika grundare, och det behövs alltså ett övervägande hur lika olika fröplantager är. Fröplantager rekryteras till hälften från den förädlingspopulation som har plantagen som målområde (avkomma från ”effektivt” tio grundare lika representerade, hälften av grundarena samma, hälften olika) och till hälften från andra kringliggande förädlingspopulationer (avkomma från ”effektivt” tio grundare varav två är samma och åtta olika). Olika plantager med effektivt 20 kloner avsedda för samma avsättningsområde kommer att ha gemensamma gener för effektivt 7 av klonerna. Visserligen kanske bara två fröplantager är betydelsefulla under ett decennium, men överslagsberäkningen avser mycket längre tid, och nya fröplantager skall inte planeras för så lång aktiv period, så ”effektivt” kanske fröplantager bara lever i femton år och då vid sidan av en annan och skogen kanske har en omloppstid på 75 år, så det blir så många plantager involverade så man kan bortse från att några bestånd kommer från samma plantage. Då blir korrektionsfaktorn $7/20 = 0.35$. Släktskapen mellan två träd i ett skogslandskap ökar alltså kanske med $0.009 \times (0.67 \times 0.80 \times 0.35)^2 = 0.0003$, d.v.s. 0.03 % till nästa sekelskifte jämfört med om ingen skogsträdsförädling ägde rum. Modellen är överförenklad och har en viss osäkerhet och är mindre relevant ju längre bort

tidshorizonten ligger. Bl.a. beaktar modellen inte skillnader mellan arter och landsdelar, för gran i södra Sverige byggs nog släktskapen upp snabbare. Men att följa den inslagna vägen de närmaste decennierna kommer inte att leda till stort släktskap mellan träden på landskapsnivå vid nästa sekelskifte. Förbättrade och mer detaljerade förutsägelser i denna stil borde göras.

Släktskapsökningen i de svenska skogarna skulle kunna motverkas genom att öka antalet grundare och förädlingspopulationens storlek. Detta förefaller dock inte motiverat och gjorde man det inom en given ram skulle det minska den genetiska vinsten.

Får framtidens skogar få förfäder?

Förädlingspopulationerna för långsiktig förädling av gran och tall i Sverige grundas på drygt 1000 testade träd vardera. Deras bidrag skall föras vidare på ett balanserat sätt i den långsiktiga förädlingen. I allmänhet anses detta tillräckligt för att trygga artens evolutionära potential och att undvika att den genetiska variationen reduceras nämnvärt. Det ter sig troligt att tillskottet genom mutationer och upplösning av nära koppling i genomet skall tillföra lika mycket genetisk variation som går förlorad genom drift och urval, och även om detta inte sker blir förlusten av genetisk diversitet över hela förädlingspopulationen mycket liten under de närmaste seklerna.

Skogskultur står bara för knappt hälften av arealen av de skogar som skapas idag. Enligt skogstyrelsens statistik är 28 % av förnygringarna självförnygringar och kanske 15 % slutavverkas aldrig. I kulturbestand är kulturträdens andel ungefär 80 %. Förädlat material (fröplantageavkommor) används på drygt hälften av de arealer där skogskultur använts. På de arealer som kultiveras med förädlat material kanske 2/3 av generna i den nya skogen härrör från utvalda träd. Idag är kanske 60 % av det förädlade materialet från andra utvalda träd än de 1000 som kommer att föra förädlingen vidare, men om några decennier härrör nog huvuddelen av det förädlade materialet från de testade 1000 träden eller deras avkommor.

Förädlat material har bara använts i nämnvärd omfattning i 30 år och omloppstiden är idag typiskt 100 år fast det nog kommer att sänkas till typiskt 80 år i kulturskogarna.

På lång sikt kommer också förädlingen att påverka den naturliga förnygringen, men det kommer att ta mycket lång tid (sekler) innan påverkan blir nämnvärd. Denna påverkan minskas, eftersom huvuddelen av generna på de aktuella arealerna (där kultur inte är så vanlig) nog ändå blir från icke utvalda träd och, eftersom naturligt urval nog också spelar en roll som påminner om det artificiella urvalet. Det förefaller inte troligt att effekten blir så stor, så att den behöver beaktas idag.

På nationell nivå blir genomslaget av att det förädlade materialet har få föräldrar begränsad det närmaste seklet. År 2100 kanske en tredjedel av generna i de svenska skogarna kommer från de tusen träd som nyligen utvalts till långsiktig förädling, även om det finns en variation och andelen blir större på de bättre markerna. Det är svårt att skapa scenarior där detta skulle ha

drastiska effekter. På längre sikt blir effekten större, men där är utvecklingen inte irreversibel, och nya ställningstaganden kan göras om några decennier.

Identifiering och statistik för skogsodlingsmaterial

Det finns användningsregler och rekommendationer i Skogsstyrelsens Författningssamlingar. Dessa begränsar hur långt skogsodlingsmaterial kan flyttas. Frö- och planhandeln regleras i svensk lag och detta följer i detalj ett EU-direktiv. En grundläggande idé är att myndigheten skall garantera äktheten hos skogsodlingsmaterial från fröinsamling till slutlig användare eller export. Om det är inom EU ”överförs” kontrollen vid export/import. Handelsreglerna är inte tillämpliga för användning på egen mark. De nuvarande handelsreglerna tillkom i huvudsak 2002, fast de ansluter till tidigare regler.

”Reglerna” ger den svenska Skogsstyrelsen en betydande frihet att själv utforma de detaljregler som skall gälla vid tillämpning, även om formerna ofta är strikt uppställda. Yrkesmässig handel med skogsodlingsmaterial fordrar registrering av skogsstyrelsen. För att ett material skall få förekomma i handeln så måste det vara upptaget (”godkänt”) i en lista, ”rikslängden”, och ett stambrev måste utfärdas. Referensen till detta stambrev följer skogsodlingsmaterialet från insamling till slutanvändare. En skogsägare får alltså stambrevsreferensen (inklusive en del där ingående sortidentifikation) på t.ex. levererade plantlådor och fakturor. Nästan allt skogsodlingsmaterial är alltså identifierat ganska exakt varifrån det kommer, när det kommer till slutanvändaren, men det är inte reglerat hur slutanvändaren sedan bevarar informationen. Visserligen gäller inte handelsreglerna på egen mark, men i praktiken så rör det sig bara om en liten del av skogsodlingen, som inte använder material som dokumenterats enligt handelsreglerna. Det är tekniskt besvärligt för en plantproducent att särskilja ”osäljbara” odlingsmaterial, förutom att det känns trevligast att arbeta med ”sanktionerade” material.

Handelsreglerna har tillkommit huvudsakligen för att ”skydda” köparen. Köparen skall få reda på vad som köps och kunna lita på att informationen är korrekt. Syftet är inte att ge en nationell överblick av intressant och relevant information om användningen av genetiska material eller ett underlag för beskrivningar av den nationella skogen. Köparen får uppgifter, men dessa uppgifter behöver sedan inte införas i beståndsregister eller skogsbruksplan och de behöver inte rapporteras vidare. I praktiken är en del av den information markägaren har fått inte tillgänglig för nationella sammanställningar och troligen ur praktisk synpunkt ofta inte tillgänglig för markägaren själv.

Hur god överblick har man på nationell nivå över de genetiska materialen i skogen?

Det har aldrig funnits någon officiell registrering av materialanvändning på enskilda lokaler av hela det svenska skogsbruket. Någon storskalig central uppsamling av enskilda markägares uppgifter har inte gjorts på senare tid. Fröimporter har under lång tid registrerats, men att översätta kg frö till andel av skogen blir utomordentligt osäkert och mer än en grov uppfattning om landsdel kommer man inte. Det är osannolikt att enkäter till markägare skulle

ge en god nationell bild. Produktionsstatistik från plantskolorna är endast i begränsad form tillgänglig och fördelningen av leveranser riktad till koordinater av slutanvändning går nog inte att få fram. Eftersom man känner regler och ambitioner har man dock en ungefärlig uppfattning. Denna uppfattning är förmodligen god nog ur praktisk synpunkt, men jag tycker ändå man skulle sträva efter att göra den bättre.

Stambrevsinformationen omfattar mängduppgifter, så teoretiskt skulle det gå att göra en ganska bra nationell statistik på i vilken omfattning olika material använts. I praktiken är detta svårt, bl. a p.g.a. sekretesslagstiftning, att regeringen vill att myndigheterna inte belastar näringslivet, och kravet från näringslivet att det måste finnas mycket goda motiv för att inkräva uppgifter. Importstatistik finns sedan mycket lång tid tillbaks och har sammanställts. Även om nationell statistik sammanställs över vilka material som importeras, överläts eller används är det svårt näst intill omöjligt att säga *var* vilka material används med någon grad av upplösning.

Skogsstyrelsen insamlar nationell statistik på plantproduktion genom en årlig enkät. En del av denna information omgärdas av kommersiell sekretess och presenteras därför inte nedbruten så långt som är tekniskt möjligt och biologiskt intressant. Det är frivilligt att besvara enkäterna, men svarsprocenten är hög. Sverige har en god nationell uppfattning om t.ex. plantantal, fördelning på arter och om det är fröplantagematerial. Plantstatistik för Sverige finns på Skogsstyrelsens web. För 2007 kan utläsas att 38 % av granplantorna och 0 % av tallplantorna hade utländsk härkomst.

Hur olika odlingsmaterial inom art fördelar sig geografiskt på olika användning finns ingen nationell statistik över och jag tror inte förutsättningarna eller ambitionerna att göra en sådan har förbättrats med tiden.

Fröplantageskördar med olika förädlingsgrad kommer i fortsättningen att finnas på marknaden. Hittills har den genetiska vinsten varit av storleksordningen 10 %, men nu finns det material på marknaden där mer än 20 % genetisk vinst förutspås. Dessa skillnader ingår inte i skogsstyrelsens plantstatistik idag. Vi vet inte mer än ungefär över hur stor yta olika material används och har svårt att bedöma om användningen är nationellt rimligt optimal och hur stora förflyttningar som i praktiken görs. Nationella sammanställningar över ”kvalitén” på fröplantageanvändningen vore av intresse.

Tekniken skapar successivt nya möjligheter. Information om bl.a. föryngringsmaterial kan samlas in och mer direkt omvandlas till elektronisk information och GIS-behandlas. Flyg och satellit teknik ger ett bättre underlag för nationell statistik. Med IT-teknik blir det lättare och lättare att bevara och centralt analysera t.ex. hyggeskort och skötselplaner.

Skogforsk har mycket framgångsrikt organiserat upp ett nyanläggningsprogram för plantager (TreO). Emellertid ger inte TreO en översikt av det svenska plantageprogrammet. Bara plantager som ännu inte producerat frö ingår omfattas av TreO. Inte heller ger TreO en bra grund för långsiktig nationell samordning eller översikt, eftersom det är uppdelat i södra, mellersta och norra Sverige.

Min uppfattning är att nästan alla aktörer tror att Sverige vet eller lätt skulle kunna ta reda på mer än vi faktiskt vet eller kan ta reda på om ursprunget till generna i våra kulturskogar eller ens härkomsten av kulturskogarna.

Överblick över sortanvändning

Min uppfattning är att skogsstyrelsen borde ägna ökad uppmärksamhet åt att kartlägga i vilken grad markägarna överhuvudtaget känner ursprung och härkomst på använda odlingsmaterial och att verka för en förbättrad nationell överblick. En bättre nationell överblick och en bättre registrering av det egna skogsodlingsmaterialet ökar säkerheten i hanteringen av den genetiska resursen. Min uppfattning är att den information markägarna lagrar kunde och borde vara bättre och att näringen borde anstränga sig mer för att underlätta en nationell överblick. En förbättring borde kunna ske utan formell rapporteringsskyldighet och det räcker nog med en mycket liten andel av alla bestånd för nationell överblick och enkla medel. Min uppfattning är de ansträngningar som gjorts historiskt gått ganska trögt. Värdet av bättre överblickar är dock inte så stor att det motiverar mer än måttliga ansträngningar.

Skogsbruk och sortidentifikation

En plantbeställare får en sortidentifikation, ett stambrevsnummer som refererar till uppgifter som registerhålls nationellt av skogsstyrelsen och av plantproducenten. Stambrevsnumret följer fysiskt med plantorna och står på fakturan. Infördes detta nummer i markägarens register (hyggeskort, skötselplaner), så skapas en option att på olika nivåer följa skogens genetik. Idag förs det oftast inte in. Det är vanligen möjligt för markägaren att föra in det under ”övriga uppgifter” även om det inte finns plats i ett standardformulär, men det förefaller mig otroligt att detta görs ofta. Även om uppgiften förs in så kan det vara på ett sätt som gör informationen mindre kompatibel och tillgänglig. Även om det faktiskt finns skogsbruksplaner är det vanligt bland privata markägare att man inte bryr sig om att införa uppgifter från äldre planer när de uppdateras och nya versioner upparbetas, så att bara att det faktiskt skrivs in i en plan ”övriga uppgifter” är inte tillräckligt för långvarigt bevarande. Det skulle kunna stimulera till att föra in information om det fanns speciellt utrymme för den i mallar till skötselplaner etc. Det ligger i hög grad i markägarens eget intresse att ha historisk information om vilka odlingsmaterial som använts för egna analyser. Trögheten i systemet och enkla rutiner gör nog att markägaren inte bryr sig om att denna ”formalitet” får tillräcklig uppmärksamhet i rätt ögonblick i den grad som egenintresset borde motivera. I de fall det finns en pappersexercis omkring bidrag kan det möjligen hävdas att stambrevsnummer skall in.

Informationen kan omvandlas till nationella sammanfattningar på olika sätt, en väg är att be om den i stickprovsenkäter kombinerat med frivilliga körningar på registren för ett antal stora markägare. För nationell överblick är det nog tillräckligt att besvara någon procent av markägarna och då blir belastningen både tolerabel och frivillig. Det är viktigt att de mallar som föreslås görs på ett sådant sätt att framtida samkörningar underlättas och att uppdateringar till framtida format underlättas. Man skall inte tro att den information som kan erhållas på detta sätt är täcker alla fall. De som planterar rapporterar inte tillbaks exakt var vilket material hamnat. Långsiktig registerhållning respektive

plantering i fält ligger ofta administrativt isolerat. Val av plantmaterial står bara i fokus så länge det kan påverkas och blir förhållandevis lågprioriterat när planteringen väl är gjord, vilket kan leda till att det inte blir väl dokumenterat. Plantering görs ofta av fristående entreprenörer. Planer och faktiskt utfört behöver inte stämma. Fakturan behöver inte stämma med var i landet material hamnar. Det förekommer hjälpplantering och naturlig föryngring kan ge ett väsentligt tillskott till planteringar. Tidigare har register haft svårt att överleva omorganisationer, mycket gammal information har gått förlorad, men nu borde IT göra det allt lättare att bevara och återfinna gammal information. T.ex. nationell översikt av långväga proveniensförflyttningar ter sig inte som en så viktig fråga så att den motiverar åtgärder som inte är väl förankrade hos markägare och plantproducenter. Åtgärder kan vidtas så att det ter sig naturligt för markägare att koppla sortidentifikation (stambrevsnummer) till planteringar. Det finns många andra skäl än översikt över långa förflyttningar som motiverar detta, inte minst för markägarna själva.

Standardisering av skoglig datainformation. Det finns en aktivitet som syftar till att få fram en nationell standard för skoglig information, bl.a. för användning i skogsbruksplaner, i samarbete med "Swedish Standards Institute". Det har bildats en teknisk kommitté med representation bl.a. från Skogforsk (skogsbruket via Skogforsk), Skogsstyrelsen och SLU. Det finns utrymme för att föra in stambrevsnummer i informationsstandarderna.

Man kan tänka sig referensområden där sorterna är kända och registrerade i nationella register för en liten del av arealen. Då behövs mekanismer för att utse sådana. Man kan tänka sig ett sådant system som kopplas till ett fåtal stora markägare (Sveaskog bl. a). Detta borde vara relativt lättadministrerat med denna markägares medverkan. Eftersom Sveaskog är den största och samtidigt mest täckande markägaren borde man kanske i första hand söka en överenskommelse med Sveaskog.

Klonskogsbruk och GMO

Börjar nya genetiska företeelser sprida sig i skogsbruket ligger det inbyggt i att det skall gå att göra uppföljningar och regelsystem för att binda skog till skogsodlingsmaterial aktualiseras då. Skall nymodigheterna kopplas till speciella regelsystem och rutiner verkar detta konserverande och minskar chansen att innovationer faktiskt introduceras, och minskar också trovärdigheten att de speciella rutinerna faktiskt fungerar. Om allmänheten eller forskare har uppfattningen att vi inte riktigt har kontroll på eller försöker få kontroll på vad vi faktiskt har i våra skogar bidrar det till en konservativ inställning till nya metoder. Det förefaller ett tänkvärt alternativ att förbättra de allmänna rutinerna.

Läget i andra europeiska länder

"Importen" av ca 80 % av EU-länderna omfattar årligen 100 ton skogsfrö och 50 miljoner plantor. Omfattande import har ägt rum under lång tid. Många andra EU-länder länder uppfattar det ungefär som Sverige att man har bara en mycket vag uppfattning om hur stor del av arealen som berörs, och vart det importerade materialet slutligen används inom landet eller om det hamnar inom landet. Inom den statliga sektorn är ordningen något så när, i övrigt förefaller den sämre än i Sverige. Plantskolornas produktionsstatistik förefaller bättre än genomsnittet i Sverige. I östra Europa (Polen, Slovakien, Litauen

t.ex.) verkar det vara en högre grad av ambitionsnivå att hålla reda på hur mycket som hamnar var, kanske för att staten är större som ägare och för att minnet av det socialistiska kontrollsystelet lever kvar. Intrycket är att de problem och brister som påpekats med gran i södra Sverige inte är avsevärt värre och inte avsevärt bättre än i genomsnittslandet, och det finns inget land där "ordningen" kan betecknas som god. Tron att "lokalproveniensen är bäst" förefaller starkare i det genomsnittliga EU landet än i Sverige, men hur det verkligen *är* statistiskt går nog inte att belägga i under lång tid ackumulerade data på nationell nivå. Myndigheter och EU är inte alltför pigga på att lägga ytterligare uppgifter av registerhållningskaraktär på plantskolor och markägare.

Relationer mellan internationella och svenska regler i genresursarbete

Det regelverk som tagits över av EU kan sägas försvåra införande av regelverk som underlättar den översyn som förespråkas i samband med det nya regelverket för främmande härkomster och ursprung. Internationella regelverk är svårarbetade och svenska regelverk tar mycket stor hänsyn till dem vid implementeringen av dem och ändringen av EU-regelverket ligger långt från specifika forskarsynpunkter. EU-regelverket lägger inte några krav på markägaren och fokuserar på det kommersiella och inte biologiska risker och Sverige fokuserar liksom andra länder på internationalisering och att följa internationella regelverk och inte att utarbeta egna för att minska risker, tvärtom urvattnas de nationella föreskrifterna, eftersom uppmärksamheten förskjuts till att följa det mer kommersiellt inriktade EU-regelverket. Trenden i de nationella regelverken är att minska belastningen med regler och öka friheten för marknadskrafterna att agera. De sista decennierna har det skett en förskjutning av genbevarande till en mångfald olika typer av internationella organ, vilket gör ändringar av det specifika svenska regelverket mer svårarbetat. Eftersom genbevarandet i ökade grad ses som en del av ett genresursarbete i ett större sammanhang

Svenskt regelverk

De regler som finns sammanfattas av Laikre & Palmé (2005): 3.1.4 Skogsbruk
Regler som rör spridning av främmande populationer inom ramen för Skogsbruket finns i Skogsvårdslagen (1979:429), Skogsvårdsförordningen (1993:1096) samt Skogsstyrelsens författningssamling (1993:2). Enligt dessa är Skogsstyrelsen ansvarig för att meddela vilket material som får användas för utsättning i olika områden (Skogsvårdsförordningen 1993:1096 8§). Markägaren är skyldig att så eller plantera skog om den naturliga förnygringen inte bedöms vara tillräckligt snabb för de krav som ställs inom skogsbruket (Skogsvårdslagen 1979:429 8§). Ett register ska föras över personer/företag som bedriver kommersiell produktion, import och försäljning av skogsmaterial. Ett register förs också över godkända frökällor för anläggning av skog på skogsmark (Skogsvårdsförordningen 1993:1096 10a-c§). Införsel av skogsodlingsmaterial från annat land ska anmälas till Skogsstyrelsen. Försäljning av importerat skogsodlingsmaterial får ske om ett så kallat stambrev utfärdat av land som tillhör EU finns; Skogsstyrelsens författningssamling 2002:2, kap. 7:1§). Uppgift om exakt geografisk härkomst eller genetisk bakgrund behöver inte ingå i sådant stambrev. (Skogsstyrelsens författningssamling 2002:2, bilaga 6). För tall och gran finns särskilda tabeller i Skogsstyrelsens författningssamling som anger regler för vilken bakgrund material som ska planteras ut i ett visst område ska ha.

Vet markägaren vilka genetiska material som finns i skogen?

Det är oundvikligt att det finns en betydande osäkerhet om härkomsten för generna i en skog. Även i en självföryngring så kan det befruktande pollenet flyga en ibland ganska lång sträcka och frön kan under exceptionella omständigheter också föras långt vinden eller på annat sätt. Olika årgångar av föryngringar kan vara lite olika (fjärrpollenet kan variera mellan år). Om skogen kommer från ett självföryngrat bestånd har man ändå åtminstone samma osäkerheter som i ”naturbestånd”. Osäkerheten om ursprunget är större i en skogsodling. En del av den resulterande skogen i en plantering är inte odlad, vilka träd det är syns inte efter en tid (om det inte är en annan art). Skogsodling kan ha skett med olika skogsodlingsmaterial på olika delar av samma hygge. Hjälp- eller omplantering kan förekomma. Koder, begrepp, avgränsningar och format ändras över tiden. Icke ordentligt dokumenterad information kan vara missledande, oriktig eller lätt missförstås. Det finns muntligt överförd information, men sådan tenderar att vara opålitlig och missförstånd uppstår lätt. Det är svårt att få information att överleva i ett sekel, och det är naturligt att det ofta misslyckas.

Ofta vet markägaren inte varifrån plantmaterialet till en plantering kommer utöver att det är vad plantskolan sålde/rekommenderade. Även om man någon gång i tiden visste vad som köptes, så glöms det bort om det inte skrivs ned på rätt ställe och rätt sätt. Det kanske står på faktura och följesedel, men informationen kommer inte vidare till rätt ställe för att kopplas till beståndet under ett sekel framåt. Markägaren själv köper ofta tjänster som plantering och skogsbruksplan och gör dem inte själv eller under direkt egen arbetsledning. Det är kanske inte markägaren som köper plantorna eller tar emot fakturan. Detta försvårar ofta i hög grad införingen av sorter vid plantering i skogsbruksplan eller beståndsregister. Planteringsentreprenören kanske inte för vidare informationen som finns på följesedlar eller faktura, och skogsplanentreprenören kanske inte får denna information från markägaren. Detta bidrar till att registrering hos markägaren ofta inte utförs. Det finns inget krav på dokumentation. Om det är egenframställt föryngringsmaterial på egen mark behöver det inte finnas stambrev eller dokumentation i något led av operationen. Det är svårt att överföra informationen som följer med plantorna till träden i skogen och finns inte enhetliga normer för hur det bäst kan göras. Information kan försvinna vid ägarbyten och omorganisationer.

Det är dåligt känt hur väl markägarna känner till de genetiska materialen i sina skogar och det är dåligt känt hur säker markägarens uppfattning om vad som finns i skogen är och om den är operativt tillgänglig för andra. Ofta kan nog en markägare tro att det går att gräva fram bättre information än det ger om de egna skogarnas genetik, och även om det i princip vore möjligt är det ändå kanske i praktiken inte tillräckligt viktigt att gräva fram informationen eller att översätta den till ett format som passar för sammanställning. Vid leverans av skogsodlingsmaterial så uppges skogsodlingsmaterialet genetik och övrig information. De sista decennierna är det identifierat med ett stambrevsnummer. Proceduren för stambrevsnummer är reglerad i ett omfattande regelverk och Skogsstyrelsen för ett register över stambrev. Även annan information följer med när skogsodlingsmaterial överläts. Regelverket är

huvudsakligen utformat för att skydda köparen, köparen har rätt att veta vad som köps och att det verkligen är detta, men regelverket är inte i samma grad till för att känna den framtida skogen. Det finns inga regler eller standardrutiner för vad som händer när ett skogsodlingsmaterial överlåts till slutanvändaren, och användaren eller markägaren måste inte lagra informationen.

Internationellt kanske man kan generalisera och säga att när det under lång tid legat under statlig kontroll så är det en ambition att bevara informationen och koppla den till beståndsinformation, men i den privata sektorn så är det ovanligare och fungerar ofta inte, och nu luckras det också upp i den statliga sektorn.

Det finns säkert en stor skillnad mellan storskogsbruket och mindre markägare i Sverige. Förmodligen har storskogsbruket ganska bra kontroll på vad som kommer ut på förnyngsytorna en tid efter förnyngingen. Storskogsbruket i Sverige har ambitionen att koppla information om skogsodlingsmaterialet till beståndsregistret (enheten) och detta lyckas säkert ofta på något eller några decennier sikt. Denna information kan ofta uttryckas på annat sätt än stambrevsnummer i beståndsregister. Det är tveksamt i vilken grad informationen överlever reorganisationer. IT gör det mycket lättare att få information att överleva så vad som är bra dokumenterat idag överlever nog bättre än vad som var bra dokumenterat för några decennier sedan. Om man faktiskt frågar storskogsbruket vad som finns på en given yta eller vart ett skogsodlingsmaterial tagit vägen, så kan man ibland identifiera skogsodlingsmaterialet och ibland inte. Intrycket är att man på högre nivå inom organisationer tror att man vet mer än man faktiskt gör om man faktiskt försöker få fram informationen. Intrycket är att tillräckligt med bestånd kan identifieras hos storskogsbruket för att t.ex. göra surveyundersökningar av samband mellan skador och skogsodlingsmaterial, som aktualiserats av aktuella skador (typ angrepp av *Gremmeniella*), och att kunskapsbristen om vad som kom ut i skogarna för några decennier sedan inte är katastrofalt allvarlig, men ändå begränsad nog för att motivera en bättre kännedom om graden av okunskap. Men att det inte går att få annat än en mycket ungefärlig och delvis subjektiv uppskattning om hur härkomst och ursprung av gran i södra Sverige fördelar sig på olika ursprung och lokaltyper illustrerar att Sverige kunde ha bättre kunskap om vad som egentligen finns i skogarna.

I privatskogsbruket är kännedomen sämre, förmodligen mycket sämre. Information om materialets härkomst i skogodlingar ingår nästan aldrig i skogsbruksplaner och dessa uppgifter kopplas nog endast sällan långsiktigt till beståndet av markägaren. I princip kanske informationen bevaras ("i en kartong undanstuvad långt ned i källaren"), men i praktiken så kan den nog vanligen ändå inte dokumenteras.

Sortinformation i skogsbruksplan/beståndsregister. Det vettigaste sättet att bevara informationen om odlingsmaterialet förefaller ofta att vara i skogsbruksplanen. Skogstyrelsen tillhandahåller servicen att upprätta skogsbruksplaner, men i dessa planer så uppförs odlingsmaterialet endast om skogsägaren så önskar och ofta på något udda sätt som har svårt att överleva till nästa cykel av skogsbruksplan.

Man skulle kunna tänka sig tekniska lösningar i framtiden. DNA metoder kanske kommer i den avlägsna framtiden. Man kan prägla dokumentationen i en bricka i fält som kan återfinnas. Brickan kunde vara en transponder som följer med skogsodlingsmaterialet ut i fält och sedan kan återfinnas och dokumenteras. Eller man kan låta den sända signaler som kan uppfångas och registreras av satelliter.

Förslag om undersökning om vad markägare vet om sina skogar

Eftersom okunskapen är stor om hur mycket egentligen markägaren vet och eftersom det förekommer kritik för att man inte känner vad som finns i skogarna och eftersom nationella sammanställningar måste bygga på vad markägarna vet, och eftersom det ligger i allas intresse att markägarna känner och är intresserade av vad som finns i deras skogar, så föreslår jag en undersökning i Skogstyrelsens regi för att kartlägga hur mycket markägaren egentligen vet. Min vision är att man slumpar säg 300 punkter på svensk skogbevuxen mark enligt någon slags stratifierat mönster (mer skogsodlat, mer i södra Sverige, mer yngre) och genom enkäter till markägaren söker information om skogsodlingsmaterialet och sedan skriver en rapport om hur väl det genetiska materialet är känt, i vilka former (i skogsbruksplan eller på annat sätt, information om stambrevsnummer eller annan information etc.) och vilka slutsatser som kan dras av detta. Detta kan tjäna som ett underlag till framtida diskussioner om behov och metoder att förbättra situationen.

Varför kan det vara bra att veta det faktiska materialet i skogen?

När det gäller andra arter som sällskapshundar, kapplöpningshästar, människor, jordbruksgrödor, grisar, frukträd, laxodlingar och tigrar på zoo är det en självklarhet att de flesta håller reda på stamtavlan så gott det går och att denna information bevaras genom generationerna. Det är egentligen förbluffande att intresset för att känna till odlingsmaterialet verkar vara så relativt lågt för skogsträd och hos skogsägare.

Förhållandena ändras. Odlingsmaterialet får nu ökad betydelse genom att högförädlad plantagematerial börjar komma ut på marknaden och därmed samma markägare kommer att hantera mer olika skogsodlingsmaterial inom samma art. En fastighets produktions och avverkningspotential kan variera beaktansvärt beroende på vilket skogsodlingsmaterial som använts för de olika föryngringsytorna. Detta borde öka motivationen för att bevara dokumentation om odlingsmaterialet.

Vad som betalas för en fastighet beror förmodligen i någon mån på hur god skogsvårdsdokumentationen är, och i framtiden kommer det att tillmätas betydelse bl.a. hur bra skogsodlingsmaterialen som använts har dokumenterats (ungefär som att det kan höja värdet på en bil att det dokumenterats att den underhållits regelbundet).

Kännedom om odlingsmaterialet är av intresse för markägaren. De egna odlingserfarenheterna kan kopplas till odlingsmaterialet. Vid prioritering av skötsel och avverkning kan odlingsmaterialet spela in. Odlingsmaterialet spelar in i prognoser för skogstillståndet på fastigheten och därmed i t.ex. avverkningsbeslut. Risken för beståndet för olika skador kan ha med odlingsmaterialet att göra och kännedom om detta kan göra markägaren mer observant. Samhällets syn på markägarna borde bli positivare om det är känt att de dokumenterar vad som finns på deras marker och i allmänhet bidrar till stickprovsundersökningar om ett bestånd på deras fastighet valts av slumpen. En fastighets värde borde vara högre om bättre skogsodlingsmaterial använts och borde också vara högre om dokumentationen av fastigheten är bättre. Bättre demonstrationer av fastigheten kan göras och ligga till underlag för markägarens reflektioner om odlingsmaterial. Vid överväganden om frötäkt borde odlingsmaterialet för beståndet ifråga ses som viktig. Det är möjligt att kännedom om odlingsmaterialet leder till bättre kunskap om den avverkade skogens egenskaper.

Om markägarna visar ett större intresse för skogsodlingsmaterialen leder detta förmodligen till bättre skogsodlingsmaterial, eftersom det ter sig som viktigare för producenterna av skogsodlingsmaterial att producera bra material. Om markägarna känner till de odlingsmaterial de använder och kan koppla dem till de skogar de ger upphov till leder detta förmodligen till att markägarna väljer skogsodlingsmaterial mer optimalt.

Även om en given markägare är ointresserad av skogsodlingsmaterialet så överlever träden många ägarskiften eller ansvariga personer, mer eller mindre intresserade. Det är inte bra om den minst intresserade i kedjan agerar flaskhals i materialkännedomen.

Det är ett samhällsintresse att tillståndet i den befintliga skogen i Sverige beskrivs och att dess förändringar prognostiseras. Detta gäller också genetiken (ras inom art) och genetiken påverkar skogen och alltså prognoserna. Det räcker med stickprov (referensytor) för att få en ganska god bild och det behöver inte kopplas till rapporteringskrav. När det gäller ännu inte anlagd skog blir prognoser förstås ganska spekulativa och osäkra, men när det gäller framskrivningar av redan anlagd skog blir de säkrare. Sådana beskrivningar av status och förändringar hjälper att identifiera problem och behov av åtgärder (t.ex. genbevarande i reservat eller i förädlingen). Statistik över genetiska material belyser sårbarhet. Det belyser hur många föräldrar framtida skogar effektivt har. Det belyser hur långt och i vilka mönster skogsbruket flyttar träden gener. Det belyser den genetiska variationen på landskapsnivå med dess alltmer komplicerade mosaik av bestånd med olika härkomst och olika genetiska karakteristika.

För samhället är det viktigt att söka kopplingar mellan skadebilder och genetiska material. Sådana frågor aktualiseras av allmän debatt och uppträdande skador. För detta räcker det med stickprov och ofta ger försök mycket. Regeringen vill med denna utredning få belyst om förädlade plantors mottaglighet mot skadegörare och de eventuella effekterna av genetisk variation. För att få detta ordentligt belyst i framtiden bör det ingå bl.a. stickprov och inventeringar i praktiska odlingar, försök kan betraktas som för små, för få och otypiska.

Av skäl som dessa borde också myndigheten ha ett intresse att uppgift om odlingsmaterialen kopplas till den växande skogen och stimulera att så sker. Men hur långtgående åtgärder som är motiverade är givetvis en annan fråga.

EU och OECD har en rad aktiviteter och har via Skogsstyrelsen implementerat ett regelverk och en omfattande kontrollverksamhet och aktivitet i Sverige för att köparen av skogsodlingsmaterial skall veta vad som köps. Det verkar helt inkonsekvent att lägga ned så stora resurser och så mycket information om huvuddelen av köparna inte är intresserade att bevara denna information. Om det är så att informationen betraktas som ointressant av slutanvändarna tycker man ambitionen på kontrollverksamheten och handelsreglerna borde kunna trappas ned.

Tidigare ”genetiska misstag”, finns ett system för att evaluera misstag?

Det har förekommit episoder av vad man nu anser felaktig användning av skogsodlingsmaterial förut, som fått negativa konsekvenser för odlad skog. Huvudreferens är Kardell (2004), men också Hannerz och Almäng (1997).

”Tysktall”

Under första hälften av 1800-talet började man importera tallfrö i stor skala till Sverige. Skogssådd blev vanligt. Tyskland var ett skogligt föregångsland, det fanns inflytelserika skogsmän från Tyskland och Danmark, och i Tyskland byggdes anläggningar för att klänga kott i stor skala, och fröpriserna blev attraktiva. År 1855 publicerades de första varnande orden om ”tysktall” och 1882 avrådde Kungl. Skogsstyrelsen från användning av utländskt tall och gran

frö. Orsaken till att statistiken finns är införande av en importtull för att undvika import av utländskt frö, så man kan förmoda att det finns ett betydande inslag av förflyttning med icke lokala provenienser långt tidigare. Siffran 12000 hektar har nämnts i samband med återstående bestånd av ”tysktall” 1909 (Wibeck, 1912). Orsaken var dålig klimatanpassning, som orsakade skador, som blev inkörsport till svampangrepp. Men all tysktall var inte dålig och det fanns många exempel på dålig ”lokal” kulturtall i de södra kustlandskapen. Det verkar som om skadan av ”tysktallen” trots allt verkar långsiktigt påverkat en mycket begränsad del av arealen i förhållande till det stora inflytande begreppet fick, och jag är ganska säker på att det uppmärksammats så mycket av eftervärden delvis beror på att det framfördes som ett viktigt motiv för mer forskning och för restriktioner och tullar, och inte bara storleken av konsekvenserna av de faktiska skadorna. ”Tyskgran” importerad under denna period föreföll inte dålig och tillräckligt hårdig.

”För sydlig tall” i norr

Vad som nu anses ”för sydlig” tall för kultur har använts under lång tid. Det har varit svårt att få tag i tillräckligt hårdigt frö, och detta kan sägas fortfarande vara fallet. Skadorna är beroende av årsmån och de sista kärva åren i slutet på 80-talet börjar falla i glömska, man är nu kanske lite för optimistisk beträffande tallens genetiskt betingade överlevnad, fast när man beaktar den pågående uppvärmningen så kanske man inte varit för optimistisk de sista decennierna. Kanske man kan säga att man inte vill ha ett överhårdigt kraftigt nordförflyttat material med långsam tillväxt ens om det har avsevärt bättre överlevnad. Det kan inte för planteringar på 60-talet betecknas som ett omedvetet genetiskt misstag utan snarare som en kalkylerad risk som ibland slog fel. De sista större originalarbetena om tallens proveniensvariation i Sverige gjordes i början av 90-talet (Persson, 1994; Persson & Ståhl, 1990). Men om skogsbruket fortfarande ligger lite sydligt så beror det knappast på forskningen och kan inte betecknas som ett omedvetet misstag.

Rumänsk gran

I mitten på 70-talet planterades mycket rumänsk gran. Bl.a. uppstod stamsprickor, detta konstaterades i försök (Persson, 1994), och rumänsk gran försvann. Hög tillväxt hos en proveniens brukar oftast vara kombinerat med en invintring. Risken för frys- och torkskador under vintern kan också öka om invintringen inte blivit fullständig. Stamsprickorna inträffade ofta under år med sensommartorka, och att de oftast uppstod i sensommarveden. Sen invintring kan ses som ett problem hos snabbväxande granar från Mellaneuropa och Rumänien. Problemen blir större med åkerplantering i glesa förband. Det är inte helt kartlagt om verkligen inte den högre tillväxten betalade den lägre kvalitén, men i efterhand kan man nog säga att det var ett misstag, med ett så starkt nordförflyttat material kunde det varit riktigt att begära bättre dokumentation som stöd för så storskalig användning. Det är dock ändå totalt sett inte helt klarlagt att inte de ökade skadorna betalades av högre produktion.

Gremmeniella epidemi i tall

Det var en epidemi av *Gremmeniella* 2001. Det var ett klart genetiskt inslag, ”för sydliga” tallprovenienser drabbades mycket mer. Skogforsk (Sonesson m.fl., 2007) var snabb att angripa problemet och visade att det var ett betydligt värre

problem i nordförflyttade provenienser, vilket i och för sig var känt sedan tidigare, men en ny epidemi kanske visade andra särtecken.

Askskottsjuka, Törskate, Gudrun

Skogforsk var snabba att få igång undersökningar. För Gudrunskador är det genetiska inslaget svagt. Törskate och askskottsjuka har ett genetiskt inslag, men det är inte avgörande för epidemin. Alm och Ask epidemierna är mycket oroande och man undrar om de är symptom på något allvarligt fel i vårt samhälle, men utarmning av genetisk mångfald verkar inte vara en viktig faktor.

Överväganden

Det är inte med säkerhet styrkt att i något av de historiska fallen gått bättre om lokalproveniensen hade använts generellt. Bestånd kanske återhämtar sig, icke misslyckade bestånd röner inte samma uppmärksamhet som misslyckade, även lokalproveniens kan vara dålig. Den ökade produktionskapaciteten av en nymodighet kanske i genomsnitt över tillämpningsområdet mer än betalar förlusterna i omskrivna skador. Svensk skog förefaller nu växa snabbare än någonsin förut och bättre genetiska material (framför allt utländsk gran i södra Sverige) är en viktig delförklaring, och denna mertillväxt skulle inte kommit tillstånd om det inte accepterats ett innovativt klimat som då också kan resultera i några bakslag.

Översikten ovan visar att ”man” (på senare tid oftast Skogforsk) vanligen varit snabba att analysera uppkommande problem, som kunnat ha ett genetiskt inslag, och klarlagt det genetiska inslaget. D.v.s. om något som har med genetiken att göra inträffar så har det historiskt funnits en beredskap att tänka över och analysera frågan. Detta blir lättare i framtiden, eftersom huvuddelen av det skogsodlade materialet eller dess förflyttade föräldrar finns i någon form av försöksplantering där det kan jämföras med andra försök. Visserligen läggs många testplanteringar ned som aktiva försök, men kvarstår ändå som skog, och kan ofta restaureras. Möjligheten att restaurera gamla försök torde successivt bli bättre, eftersom försöksträdens läge kommer att kunna identifieras elektroniskt (med GPS). Ett inslag i utvärderingar är information om verkliga planteringar från delar av storskogsbruket. Även om åtgärder för att förbättra dokumentation föreslås så går det inte att säga att nuläget är dåligt och omöjliggör analyser.

Bra att få erfarenhet av skogsbruk med låg genetisk variation

Den mest diskuterade frågan i samband med tillämpning av skogsträdsförädling är genetisk variation. Det finns ett behov att förstå vad genetisk variation och särskilt låg diversitet betyder för skogen och skogsbruket. Många befarar att låg diversitet leder till olika slag av negativa effekter. Andra pekar på möjliga fördelar för skogsbruket med låg diversitet, hög diversitet kan vara sämre än lagom diversitet. För att utvärdera den genetiska variationens betydelse är det önskvärt att göra observationer i objekt som liknar (eller är) praktiskt skogsbruk med olika grader av genetisk variation. Vad jag tänker på är i första hand kulturer med: enstaka kloner, blandning av några få kloner, helsyskonfamiljer, halvsyskonfamiljer (skördar från enskilda kloner från fröplantager), skördar från fröplantager med få kloner (tio eller

färre). Objekt av denna typ har låg genetisk variation, det finns intresse från skogsbruket att utnyttja i mindre skala samtidigt som det kan kollidera med regelverk och det kan finnas skäl att ifrågasätta om samhället bör tolerera dessa skogsbruksformer i större omfattning. Om de utnyttjas i mindre skala är risken för negativa effekter på nationell nivå mycket låg, skogsbruket vinner erfarenheter om metoderna, de anlagda kulturerna kan inventeras (samtidigt som andra "normala" kulturer). Inventeringarna kan ge kvantitativa svar på frågeställningar om den genetiska variationens betydelse i för skogsbruket relevanta former. Av speciellt intresse är skademönster. Undersökningar av dessa mer extrema former gör det lättare att analysera eventuella nackdelar med t.ex. normala fröplantager.

Det låter sig sägas att detta skall bedömas i experiment och experiment behövs naturligtvis och har många fördelar. Men det finns också stora svårigheter att göra bedömningar från långliggande fältförsök. Den kanske viktigaste är att bra analys av långsiktiga fältförsök relativt sällan blir gjorda vid universitet. Deras upprätthållande fodrar en typ av kontinuitet som universitet inte förmår upprätthålla. Resultaten betraktas ofta inte som tillräckligt kvalificerad och meriterande forskning för att platsa på ett universitet. Frågeställningarna betraktas ofta som föråldrade, de var aktuella när försöken anlades, inte när de utvärderas. Ständiga krav på förnyelse leder till bortprioriteringar. Den forskare som planerar och sköter försöket får inte del av äran när det så småningom utvärderas. Numera finns få forskare och institutioner vid universitet som behärskar tekniken för anläggning och skötsel av fältförsök. Skogforsk är mer lämpat för långsiktiga genetiska fältförsök, eftersom det finns en permanent efterfrågan och apparat för skogsträdförädlingen, men Skogforsk är en mindre organisation än skogsforskningen vid universiteten och klarar inte av allt.

Förhållanden på skogsmark varierar geografiskt och i tiden. Att något görs som försök gör det ofta mindre representativt för skogsbruk. Ofta förekommande är t.ex. skyddshägnad, regelbundna förband, jämna marker, lättillgänglighet, kontroll av annan vegetation. Skogsbrukets metoder avviker från försök och ändras över tiden och med många och svårgripbara faktorer.

Representativiteten för skogsbruket av skogliga försök kan därför vanligen ifrågasättas. Påverkan av skadegörare och skador är ofta inte särskilt förutsebara utan uppkommer överraskande. Skadegörarmönster förmodas ändra sig med tiden (särskilt med global uppvärmning) på ett oförutsebart sätt. Det är därför ofta svårt att generalisera från försöksresultat. Skogsträd är stora och svårhanterliga försöksobjekt, det går inte att säkerställa små skillnader, men kanske intressanta skillnader mellan försöksled. Kostnaderna för försök är ofta mycket höga.

Som komplement till försök är det önskvärt att det finns många objekt som kan belysa frågorna, men liknar eller är operativt skogsbruk. Kostnaderna för etablering blir försumbara om det är en del av den kommersiella skogsförnyelsen. Det blir många upprepningar i tid och rum. Om det verkligen rör sig om lågdiversitetskogsbruk är det bra om en andel får bra dokumentation och kanske en uppläggning som påminner om försök (exempelvis uppdelning av ett hygge i flera delar som förnygras med olika material). Innan skogsbruket använder något i större skala är det logiskt att utveckla systemet i mindre skala, men ändå på ett sätt som är tillräckligt lik

operativt skogsbruk för att man skall få erfarenhet och verkligen fysiskt se vart man syftar. Skogsbruket bör driva på och samhället stödja att olika varianter med potentiellt stora möjligheter och som kan ge information verkligen kommer till stånd i någon omfattning.

Rishtagande i liten skala med skogskultur är mer markägarens än nationens problem. Ett samhälle med en positiv inställning till enskilda initiativ och innovationer kan förväntas utvecklas bättre än ett samhälle med inställningen att alla initiativ skall kvävas i sin linda, eftersom man inte är säker på vad en storskalig användning leder till. Normalfallet bör vara att graden av restriktioner kopplas till omfattningen av en verksamhet och graden av förändring den medför förutom det faktiska vetenskapliga underlaget. Å andra sidan är det en risk att innovationer och nytänkande och utvecklingsoptimism får för snabbt genomslag innan erfarenheter och eftertanke hinner ackumuleras, så gränser som bromsar en snabb utveckling är ibland önskvärda. Av det skälet bör en eventuell övergång till ett skogsbruk med låg genetisk variation eller annat genetiskt material inte gå snabbt. Samhället bör också underlätta en dokumentation av omfattningen och konsekvenserna av ändringar.

Som exempel hur en liten användning kan tolereras för att inte hemma utvecklingen och förhoppningsvis att skaffa värdefulla erfarenheter kan tas regelverket för klonskogsbruk. Användningen av kloner regleras av föreskrifter till skogsvårdslagens § 7 (användning av skogsodlingsmaterial och handel med sådant material). Föreskrifterna bygger på en utredning (Sonesson m.fl., 2001). I dessa föreskrifter stipuleras att vegetativt förökat material inte får användas på mer än 5 % av en brukningsenhet. Dock får alltid 20 hektar föryngras med kloner på en brukningsenhet. Detta innebär relativt fritt användande av grankloner för de flesta privata markägare i södra Sverige. Föreskrifterna detaljreglerar inte användningen och ersätter föreskrifter som gjorde det. Tanken var att marknadskrafterna och utvecklingsentusiasm skulle ges spelrum att utvecklas på en begränsad del av arealen och när klonskogsbruket började få sådan omfattning så att regleringen tedde sig begränsande skulle reglerna kunna omprövas mot bakgrund av de erfarenheter som då föreligger (eftersom det finns en del klonskogsbruk och klonförsök som blir äldre och mer omfattande måste rimligen erfarenheten bli större varje gång frågan omprövas och vore den inte övervägande positiv skulle det inte finnas ett intresse för omprövning) och de utvecklingslinjer som ter sig mest realistiska bl. a mot vad som då är känt om betydelsen av skadegörare. Exempelvis kanske myndigheten då finner att "bulkförökning" av familjer med bra föräldrar på tidigare jordbruksmark ter sig oproblematiskt i förhållande till nyttan och restriktionerna för den användningen skulle kunna lättas för den användningen. Detta får bedömas när det blir aktuellt, men det är inte aktuellt med dagens blygsamma användning av klonskogsbruk.

Skogsbruket borde också i större omfattning utnyttja halvsyskonskogsbruk, d.v.s. skördar av enstaka kloner i fröplantager, eller att föröka en eller ett fåtal helsyskonfamiljer vegetativt, återigen med väsentligt syfte att utan förlust i skogsproduktion vinna erfarenheter för framtiden. Det finns dock andra användningar av lågdiversitetsskogsbruk än klonskogsbruk som inte kan betraktas som tillåtna i dagsläget. Det är min förhoppning att på liknande sätt

som klonskogsbruk en begränsad användning skall kunna tolereras och ibland uppmuntras.

Behov av att utnyttja erfarenhet finns också i skogar där det inte bör föreligga restriktioner såsom skogar från fröplantager och vid eventuella inventeringar behövs jämförelseobjekt som kan fungera som kontroller. Tidigare har de viktigare jämförelserna varit mindre beroende av dokumentation. Behandling av ett hygge såsom självföryngring eller plantering, plantering med tall, gran eller contorta kan vanligen avgöras i fält utan dokumentation av precis vilket föryngringsmaterial det var. Önskemålen på dokumentation av skogsbrukets kulturer ökar nu med den ökande användningen av olika typer av mer förädlade material.

Den genetiska variationen i förädling och skog i den avlägsna oförutsebara framtiden

Metoder för långsiktig förädling och produktion av föryngringsmaterial kan ändras. Detta diskuteras mycket kortfattat här.

Större ändringar i den genetiska variationen p.g.a. metodutveckling jämfört med de extrapolationer av nuläget som tas upp i det här dokumentet kommer huvudsakligen att vara en följd av medvetna beslut och inte en oavsiktlig konsekvens av metodutveckling. Tiden är inte mogen för dessa medvetna beslut, som kan innebära reduktion av den genetiska variationen. Om och när sådana beslut fattas kommer det säkert att ligga ett mer specifikt och aktuellt kunskapsunderlag bakom.

Det är knappast förutsebart vad teknikändringarna kan leda till. Vetenskap och teknik inom genetikområdet utvecklas mycket snabbt, men den operativa förädlingen och det förädlade materialet har påverkats ganska obetydligt, och i den mån påverkan skett är det huvudsakligen indirekt.

Förutsedda stora klimat och miljöändringar bidrar till att det är viktigt att bevara den genetiska variationen, se närmare i tidigare avsnitt om global warming.

Genomslag av ny teknik tar ofta lång tid

Med 1960 års teknik var det ekonomiskt och biologiskt möjligt att trygga 90 % av plantskolornas fröförsörjning med förädlad frö från plantager, trots detta har vi bara nått drygt 60 %. Sedan nittiotalet fanns optionen att använda ett fåtal kloner (gransticklingar) till huvuddelen av planteringarna, ändå så rör det sig 2010 om mindre än en promille av plantorna. De visioner som förespeglas och ter sig realistiska för framtiden realiseras sällan när framtiden kommit. Det är orealistiskt att i den nära framtiden tänka sig förädlingssystem där det inte ingår rekombination av gener och ett element av decennielång fälttestning i valet av de träd framtidens skogar skall bygga på och då hamnar man på ett förädlingssystem som påminner om dagens. Svensk tall och gran med nästan sekellånga omloppstider tillhör de domesticerade arter där implementering av ny teknik går långsammast.

Snabbare och rikligare blomning

Blomningsstimulering i kombination med tidiga tester kan förkorta generationstiden i växtförädlingen. Men utarmningen av den genetiska diversiteten sker i direkt proportion till generationstiden, storleken av dagens förädlingspopulation får dimensioneras tiofalt större om generationstiden skall minskas radikalt. Dessutom kommer man ändå inte ifrån att långa fälttester är ett nödvändigt inslag, så möjligheterna att nå snabbare vinster genom att förkorta generationstiden är begränsade. Tidsavståndet mellan förädling och skogsodling kan dock förkortas och därigenom kan förädlingens påverkan på skogen och dess genetiska variation komma till uttryck några decennier tidigare än idag.

Molekylär förädling

Genomics, associations, marker aided selection etc. öppnar möjligheter att i ökad grad välja individer direkt på de gener som styr dem. En del bedömare anser detta kommer att bli en betydelsefull del av skogsträdsförädlingen i en framtid. På något decenniums sikt kan knappast tillämpningar förutses (Andersson, 2008). Det kommer förmodligen att ha ett begränsat inflytande på förädlingsstrategin i stort (förädlingspopulationernas storlek och struktur, cykeltid, diversitetsförlust, att det finns ett betydelsefullt inslag av fälttester). Däremot kan de ha betydelse för förselektion, selektionskriterier, antalet kandidater till urval. De molekylära metoderna kan leda till ett ökat tryck på få träd, eftersom det kan bli relativt besvärligt att få många som är lite besläktade med liknande genkonstellation och detta kan indirekt leda till minskad diversitet i skogarna även om strävan i förädlingspopulationen säkert kommer att vara att bevara mångfald och diversitet. Molekylär förädling skulle kunna leda till att diversiteten i just de utvalda generna och troligen också de gener som ligger närmast på kromosomen minskar kraftigare än med dagens selektion, som ser till summan av genernas inflytande. Markörgener har dock stor betydelse för andra förädlingsrelaterade frågor såsom identifiering av föräldrar, skattning av släktskap och skattning av genetisk diversitet.

GM

Med ”Genetisk modifiering” möjliggörs bl.a. att sammanföra gener från olika träd eller organismer med icke-sexuella metoder. Detta skulle kunna radikalt ändra förädlingsfilosofin. GM har knappast lämnat laboratoriet för skogsträd. Det finns mycket få fälttester kvar i världen efter en inledande entusiasm, och knappast något som är relevant för barrträdsförädling. Långvariga fälttester förefaller ofrånkomligt för tall och gran innan metoderna kan introduceras praktiskt. Försök att introducera GM skogsbruk skulle troligen initiera en svårbemästrad opinionsbildning. På lång sikt (sekler) har GM-tekniker att omkombinera arvs massa stor potential och deras troliga introduktion är ett argument för att inte vara allt för bekymrad över vad som händer i förädlingspopulationerna om några sekel, när andra förädlingsmetoder nog tagit över.

Klonskogsbruk

Skogodling med testade kloner som kanske också har enligt molekylär förädling önskvärda gener skulle kunna bli en realitet. I så fall kommer önskemål att uppkomma att bättre använda den nya tekniken genom att

använda skogsmark till odlingar med en lägre genetisk diversitet än Sverige har omfattande praktisk erfarenhet av.

Risk

Det finns scenarior – framförallt klonskogsbruk – där skogsbrukets önskemål och att utnyttja de genetiska vinsterna som blir möjligt kan leda till konflikter när man kontrasterar med ”beprovad erfarenhet”, d.v.s. erfarenheter från skogsodling i semipraktisk skala av odlingsmaterial med låg genetisk diversitet. Det är därför viktigt att sådan semipraktisk verksamhet intensifieras för att eventuell mer omfattande skogsbruk med lägre diversitet inte skall fördröjas p.g.a. brist på relevant erfarenhet.

En levande diskussion, forskning och samordning om fröplantager?

Fröplantager och skogsträdsförädling har diskuterats så länge de funnits. Ändring av den genetiska sammansättningen av Sveriges viktiga trädslag kan ses som en stor fråga. Den genetiska variationen är ett ständigt återkommande tema. De slutliga svaren kommer nog aldrig, det är bra om den finns en levande debatt. Det här dokumentet t.ex. blir nog i stora delar snarare en utgångspunkt än en slutpunkt för fortsatt diskussion. Sveriges framtida skogar skapas förmodligen minst ett halvsekel framåt huvudsakligen i fröplantager. Det finns skäl att regelbundet och kontinuerligt ventilera denna skogligt centrala framtidsfråga. Fröplantager är viktigare att nu diskutera i vidare kretsar än långsiktig förädling. Diskussion om den långsiktiga förädlingen är i mycket en teknisk fråga för expertis och begränsar handlingsfriheten på några decenniers sikt i valet av skogsodlingsmaterial ganska lite, medan anläggning av fröplantager har stor betydelse för den faktiska skogen, inte minst dess genetiska variation, och borde beröra många och när en fröplantage väl är anlagd så är en del av den skogliga framtiden låst. Kommer det att föras en sådan diskussion i framtiden? Bör man göra något för att trygga att det blir en levande diskussion?

Livlig debatt och forskning tills nu

De fem sista åren har det varit en livlig debatt. Det var en stor internationell fröplantagekonferens i Umeå 2007 och en i Korea 2009. Regeringen har givit uppdrag, som resulterat i åtminstone det här dokumentet som berör fröplantager och en del andra uppdrag i ganska nära anslutning. En serie avhandlingar med beröring till fröplantager har lagts fram i Sverige under de senaste decennierna och två av dem har utmärkt sig internationellt. Sjösettingen av det svenska TreO fröplantageprogrammet har genererat diskussioner och aktiviteter. Det skapades tre regionala TreO grupper som fortfarande känns fräscha och möts regelbundet. Forskarskolan i genetik och förädling har haft beröring med fröplantageaktiviteter och dess doktorander har kommit i kontakt med fröplantager. Skogstyrelsens Centrala frö och Plantråd har aktiverats och sammanträder nu två gånger om året och en befattningshavare har skogstyrelsens genetik på heltid så skogstyrelsen spelar nu en större genetisk roll de sista fem år än i början på seklet. Det sista decenniet har SLU producerat många fröplantageinriktade studier, kanske flest i världen.

Intensivt nordiskt samarbete

Nordiskt skogsgenetiskt samarbete pågår i två olika samarbetsorgan, som båda varit aktiva de sista åren. Det fanns i början av decenniet ett samarbetsorgan för nordiskt forskning, ”Nordic Group for the Management of Genetic Resources of Trees” med rötter i 70-talet, som har reorganiserats som ”Genecar”. I mitten av 90-talet ledde detta till en minskning av intensiteten, men Genecar verkar nu fått upp farten, kanske Genecar skulle kunna arrangera något med anknytning till fröplantager i framtiden, fast det är osäkert om organisationen får förlängt nordiskt mandat. Det finns också ett samarbete om skogliga genresurser, tidigare Nordiska frö- och plantrådet ordnade ett seminarium om fröplantager i Skåne 2005. Det har reorganiserats som ”Nordgen-Skog” och har en ganska stor aktivitet som är lite praktiskare orienterat jämfört med Genecar.

Men fokus på fröplantager kan minska

Men det finns en serie omständigheter som kan göra att fröplantager försvinner ur fokus snart. Det är en liten del av Skogforsks ramprogram och Skogforsk ger ett intryck att successivt förlora fokus på förädling och fröplantager. TreO programmet blir snart rutin och är fokuserat på praktiska problem omkring nyetablering (samägandefrågor t.ex.) snarare än förädlingsorienterad metodutveckling. Jag har pensionerats och därmed försvinner förmodligen den drivande kraften för SLU:s fröplantageforskning. SLU:s skogsgenetiker (februari 2010) synes nu som grupp svagare än någonsin förut sedan 40-talet. Min tjänst har inte återbesatts, i varje fall inte än. Det riktas kritik mot SLU:s genetikenhet att den för ensidigt riktar sig mot traditionell skogsgenetik såsom den kvantitativa genetiken kring fröplantager och förädling. Forskarskolan i genetik och förädling avvecklas. Genecars mandat går ut och Nordgen-skog kanske ger ökat fokus på genbevarande även om det inte blivit så hittills. Lågkonjunkturen kan leda till att intresset för fröplantager som ett medel till högre produktion mattas. Fröplantager betraktas som ett genomforskat område och en föråldrad metod och står sällan i centrum för nya forskningssatsningar. Samtidigt behövs det intensifierade situationer inför att TreO programmet löper ut, och hur de ganska intensiva forskningsinsatserna det gångna decenniet skall omsättas i bättre fröproduktion.

Därför föreslår jag att man börjar diskutera organisatoriska åtgärder för att öka chansen att en levande fröplantagediskussion fortsätter. Ett förslag är att TreO organisationen får ökat mandat så att de tre regionala grupperna får vidgade befogenheter och blir permanenta fröplantage- och fröförsörjningsgrupper och att kontakten med forskningen stärks och att den centrala TreO gruppen blir aktiv och bl.a. ordnar en årlig sammankomst om fröplantager på alternerande platser med några inbjudna, i första hand forskare från universitetsvärden, och att frågor omkring genetisk variation blir återkommande punkter. Även de regionala grupperna kan eftersträva att – säg vartannat år – ha diskussioner i utvidgade forum med medverkan av forskare utanför Skogforsk. En drivande kraft på en diskussion hur genetiskt bättre fröplantager skall åstadkommas är en livaktig forskning inom området och detta kan befaras minskas i samband med förändringar på SLU.

Ett exempel på hur svårt det är att få en levande diskussion är att jag erbjudit det här dokumentet till diskussion för världen på min web, men detta kan knappast sägas ha resulterat i ett enda diskussionsinlägg ”från världen”. Även de jag ber om inlägg och information från sina specialområden är oftast fåordiga.

Referenser och litteratur

- Ackzell, L., Elfving B. & Lindgren, D. 1994. Occurrence of naturally regenerated and planted main crop plants in plantations in boreal Sweden. *For. Ecol. Manage.* 65: 105-113.
- Almqvist, C., Rosvall, O. & Wennström, U. 2007. Fröplantager – anläggning och skötsel. Skogforsk handledning, 97 s.
- Almäng, A. 1996. Utländska gran- och tallprovenienser i svenskt skogsbruk. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för skoglig genetik och växtfysiologi. Arbetsrapport 54. (Examensarbete i skogsgenetik). 54 s.
- Andersson, B. & Sundblad, L-G. 2003. Frystest – ett effektivt hjälpmedel för att få rätt plantor till rätt lokal. Skogforsk, Resultat nr 7, 2003.
- Andersson, B. 2008. Långt kvar till genteknik i skogen. Skogforsk rapport 13-2008.
- Andersson, EW, 1999. Gain and Diversity in Multi-Generation Breeding Programs. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 95 42pp+4 chapters.
- Bouffier, L., Raffin, A. & Kremer, A. 2008. Evolution of genetic variation for selected traits in successive breeding populations of maritime pine. *Heredity* 101: 156
- Burdon, JJ. 1987. Diseases and plant population biology. Cambridge. University Press.
- Capretti, P. & Goggioli, V. 1992. Observation on the longevity and the spread of *Heterobasidion annosum* in stumps of white fir and Norway spruce. *Micologia Italiana*, 21: 15-20.
- Ehrenberg, C. & Gullberg, U. 1977. Skogliga genresurser. Inst för skogsgenetik. SLU. Rapp & Upps 24. 140 sidor
- Eiche, V. 1966 Cold damage and plant mortality in experimental provenance plantations with Scots pine in northern Sweden. *Stud. For. Suec.* 36: 1–218
- El-Kassaby, YA. & Ritland, K. (1996) Impact of selection and breeding on the genetic diversity in Douglas-fir. *Biodivers Conserv* 5:795–813
- Ericsson, T. 1988, Odlingstest av tallplantagefrö i Norrland (Scots pine seed orchard tests in northern Sweden, Results from assessments in summer 1984 of field trials planted 1973-75), The Institute for Forest Improvement, Uppsala, Report 1, 1-46.
- Eriksson, G., Jonsson, A. & Lindgren, D. 1973. Flowering in a clone trial of *Picea abies*. *Studia Forestalia Suecica* 110.
- Eriksson, G., redaktör. 1976. Granförädling. Institutionen för skogsgenetik. Skogshögskolan.
- Eriksson, G., Ekberg, I., Dormling, I. & Matern, B. 1978. Inheritance of bud-set and bud-flushing in *Picea abies* (L.) Karst. *Theor. Appl. Genet.* 52:3-19.
- Eriksson, G. och Ilstedt, B. 1986. Stem volume of intra and interprovenance families of *Picea abies* (L.) Karst. *Scand. J. For. Res.* 1:141-152.
- Fahlvik, N., Johansson, U., Nilsson, U. 2009. Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till MINT-utredningen. SLU, Rapport. ISBN 978-91-86197-43-8.
- Garcia-Gil, MR., Olivier, F., Kamruzzahan, S. & Waldmann, P. 2009. Joint analysis of spatial genetic structure and inbreeding in a managed population of Scots pine *Heredity*: 103:90-96
- Gemmel, P., Peterson, G. & Remröd, J. 1992. Framtida skogsbruk och angelägen skogsforskning i södra Sverige. Sammanfattning av forskarseminarier på Tagels gård. SLU Info/Skog Rapport 9.

- Godt, MJW., Hamrick, JL., Edwards-Burke, MA. & Williams, JH. 2001. Comparisons of genetic diversity in white spruce (*Picea glauca*) and jack pine (*Pinus banksiana*) seed orchards with natural populations. *Canadian Journal of Forest Research* 31:943-949.
- Gullberg, U., Aldén, T., Bucht, S., Linder, S. & Simak, M. 1977. Klonskogsbruk och vegetativ förökning – rapport angående framtida forskningsinsatser inom området. Skogshögskolan. Stockholm.
- Hannerz, M. & Almäng, A. 1997. Utländska gran- och tallprovenienser i svenskt skogsbruk. Skogforsk. Resultat 7.
- Hannerz, M., Eriksson, U., Wennström, U. & Wilhelmsson, L. 2000. Tall- och granfröplantager i Sverige – en beskrivning med analys av framtida fröförsörjning. SkogForsk, Redogörelse 1:2000. 40 s.
- Heuertz, M., De Paoli, E., Källman, T., Larsson, H., Jurman, I., Morgante, M., Lascoux, M. & Gyllenstrand, N. 2006. Multilocus Patterns of Nucleotide Diversity, Linkage Disequilibrium and Demographic History of Norway Spruce [*Picea abies* (L.) Karst] *Genetics* 2006 174: 2095–2105
- Heybroek, HM. 1982. Monocultures versus mixtures: Interaction between susceptible and resistant trees in a mixed stand. -In: Resistance to diseases and pests in forest trees. Proc. 3:rd Int. Workshop on the genetics of host-parasite interaction in forestry, Wageningen, Netherlands, 14-21 September 1980. eds. HM Heybroek, BR Stephan & K.v.Weissenberg, pp 326-341
- Hughes, A., Inouye, R., Johnson, BD., Underwood, MTJ. & Vellend, N. 2008. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters*, 11(6): 609-623.
- Hurme, P., Repo, T., Savolainen, O & Pääkonen, T. 1997. Climatic adaptation of bud set and frost hardiness in Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Can. J. For. Res.* 27: 716–723
- Hägglund, B. 1983. Breeding for Future production. Forest tree breeding – potential and limitations. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*. 81 (3) 1-112.
- Högberg, K-A. & Jansson, G. 2001. Odlingstester av tallfröplantager i södra Sverige. Skogforsk, Redogörelse nr 3, 2001.
- Jordbruksdepartementet. 1978. Skogliga genresurser - bevarande, utnyttjande och förnyelse. Betänkande av genbankutredningen. Ds Jo 1978:12.
- Kang, KS. 2001. Genetic gain and gene diversity of seed orchard crops. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 187 75pp+ 11 chapters.
- Kardell, L. 2003. Svenskarna och skogen. Del 1. Från ved till linjeskepp. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping.
- Kardell, L. 2004. Svenskarna och skogen. Del 2. Från baggböleri till naturvård. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping.
- Kaya, Z. & Lindgren, D. 1992. The genetic variation of inter-provenance hybrids of *Picea abies* and possible breeding consequences. *Scand J For Res* 7:15-26.
- Koski, V., Skröppa, T., Paule, L., Wolf, H. & Turok, J. 1997. Technical guidelines for genetic conservation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 42 p.
- Lagercrantz, U. & Ryman, N. 1990 Genetic structure of Norway spruce (*Picea abies*): concordance of morphological and allozymic variation. *Evolution* 44: 38–53.
- Laikre, L. & Palmé, A. 2005. Spridning av främmande populationer i Sverige. Naturvårdsverkets rapport 5475.

- Laikre, L., Palmé, A., Josefsson, M., Utter, FM. & Ryman, N. 2006. Spread of alien populations in Sweden. *Ambio* 35:255–261.
- Laikre, L., Palmé, A., Larsson, LC. & Lindberg, E. (redaktörer). 2007. Spridning av genetiskt främmande populationer i Sverige. Vad vet vi? Vad gör vi? Vilka är effekterna? Naturvårdsverkets rapport 5683.
- Laikre, L., Larsson, LC., Palmé, A., Charlier, J., Josefsson, M. & Ryman, N. 2008. Potentials for monitoring gene level biodiversity: using Sweden as an example, *Biodivers Conserv* 17:893–910.
- Langlet, O. 1964 Proveniensalets betydelse för produktion och skogsträdförädling av gran. *Sv Skogsvårdsförb Tidskr* 62:145-155.
- Larsson, S., Lundmark, T. & Ståhl, G. 2009. Möjligheter till intensivodling av skog. Slutrapport från regeringsuppdrag Jo 2008/1885 ("MINT").
- Lindgren, D. & Prescher, F. 2005. Optimal clone number for seed orchards with tested clones. *Silvae Genetica* 54: 80-92.
- Lindgren, D. & Prescher, F. 2008. Bättre fröplantager för Sveriges framtid. *Skogsfakta* 2-2008.
- Lindgren, D. 1992. Produktion av förädlad granfrö. Översyn av genetiskt material lämpligt för produktion av förädlad granfrö. Production of improved Norway spruce seeds for Sweden. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi. Arbetsrapport 40. 98 pages. <http://www-genfys.slu.se/staff/dagl/Froplantager/GRANUTREDN1992Del0.doc>
- Lindgren, D. 2009. A way to utilise the advantages of clonal forestry for Norway spruce? Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 114: 08–15.
- Lindgren, D., Gustafsson, L., Hulthén, H. & Lundkvist, K. 1990. Klonskogsbruk. SLU. Skogsvetenskapliga fakulteten. Rapport nr 9.
- Lindgren, D., Karlsson, B., Andersson, B. & Prescher, F. 2008. The Swedish seed orchard program for Scots pine and Norway spruce. In Lindgren D (editor) Proceedings of a Seed Orchard Conference, Umeå, Sweden, 26-28 September 2007. pp 142-154.
- Lindgren, D., Paule, L., Shen, X., Yazdani, R., Segerström, U., Wallin, J-E. & Lejdebros, M-L. 1995. Can viable pollen carry Scots pine genes over long distances? *Grana* 34:64-69.
- Newton, AC., Begg, GS. & Swanston, JS. 2009. Deployment of diversity for enhanced crop function, *Annals of Applied Biology* 154(3):309-322
- Nilsson, B. 1958. Studier av 3-åriga avkommor efter korsning svensk gran × kontinentgran. Föreningen för växtförädling av skogsträd, Årsberättelse 1957.
- Nilsson, B. 1974. Heterosis in an intraspecific hybridization experiment in Norway spruce. In: Proceedings IUFRO conference Stockholm p197-206.
- Nilsson, J-E. 1992. Growth and survival of spontaneous provenance hybrids of *Pinus sylvestris*. *Scand. J. For. Res.* 7:193-203.
- Olsson, T. 2001. Parameters, relationship and selections in pines. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria*. 192 27pp+4 chapters.
- Pakkanen, A., Nikkanen, T. & Pulkkinen, P. 2000. Annual variation in pollen contamination and outcrossing in a *Picea abies* seed orchard. *Scand. J. For. Res.* 15: 399-404.
- Pâques, L.E. (INRA, P01) April 2009. Inter-specific and inter-populations hybridisation in Europe Summary of survey realised

- Peacock, L., Hunter, T., Turner, H. & Brain, P. (2001). Does host genotype diversity affect the distribution of insect and disease damage in willow cropping systems? *J. Appl. Ecol.*, 38: 1070–1081.
- Persson, A. & Persson, B. 1992 Survival, growth and quality of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) provenances at three Swedish sites of the IUFRO 1964/68 provenance experiment. Institutionen för skogsproduktion. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Persson, A. 1994. Stem cracks in Norway spruce in southern Scandinavia: causes and consequences. *Ann. For. Sci.* 51:315-327.
- Persson, B. & Ståhl, EG. 1993. Effekter av proveniensförflyttning och förband i en försöksserie med tall (*Pinus sylvestris* L.) i norra Sverige (Rapport 35, Institutionen för skogsproduktion, SLU), 92 s. Garpenberg.
- Persson, B. 1994. Effects of provenance transfer on survival in nine experimental series with *Pinus sylvestris* (L.) in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 9: 275–287
- Persson, B. & Ståhl, EG. 1990. Survival and yield of *Pinus sylvestris* as related to provenance transfer and spacing at high altitudes in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 5:381-395.
- Persson, B. 1994. Effects of provenance transfer on survival in nine experimental series with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in northern Sweden. Paper IV in *Effects of climate and provenance transfer on survival, production and stem quality of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in northern Sweden. Thesis* SLU Dept. For. yield Res. 37. 42pp.
- Persson, T. 2006. Genetic expression of Scots pine growth and survival in varying environments. Doctoral theses, SLU. ISSN 1652-6880.
- Prescher, F. 1986. Transfer effects on volume production of *Pinus sylvestris* L.: A response surface model. *Scand Journal of forest Research* 1:285-292.
- Prescher, F. 2007. Seed Orchards – Genetic Considerations on Function, Management and Seed Procurement. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2007:75.
- Prescher, F., Lindgren, D., Almqvist, C., Kroon, J., Lestander, T. & Mullin, T. 2007. Female fertility variation in mature *Pinus sylvestris* clonal seed orchards. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22: 280-289.
- Pyhäjärvi, m.fl. 2007. *Genetics* 177: 1713-1724.
- Rhone, V. (redaktör). 1993. Norway spruce provenances and breeding. Proceedings of the IUFRO S2.2-11 Symposium Latvia 1993. 263 p.
- Rodriguez, YP., Gerendain, AZ., Pappinen, A., Peltola, H. & Pulkkinen, P. 2009. Differences in wood decay by *Heterobasidion parviporum* in cloned Norway spruce (*Picea abies*). *Canadian Journal of Forest Research*, 39: 26-35. Dalin P, Kindvall O, Björkman C (2009) Reduced Population Control of an Insect Pest in Managed Willow Monocultures
- Rosvall, O. & Ståhl, P. 2008. New Swedish Seed Orchard Program *In* Lindgren D (editor) Proceedings of a Seed Orchard Conference, Umeå, Sweden, 26-28 September 2007. pp 216-217
- Rosvall, O. 1999. Enhancing Gain from Long-Term Forest Tree Breeding while Conserving Genetic Diversity. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 109 65pp+4 chapters.
- Rosvall, O., Lindgren, D. & Mullin, TJ. 1998. Sustainability, robustness and efficiency of a multi-generation breeding strategy based on within-family clonal selection. *Silvae Genetica*, 47:307-321.

- Rosvall, O., Andersson, B. & Ericsson, T. 1998. Beslutsunderlag för val av skogsodlingsmaterial i norra Sverige med trädslagsvisa guider. Redogörelse nr 1 1998, Skogforsk), 66 s.
- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. & Stener, L-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar. Genetic gain from present and future seed orchards and clone mixes. SkogForsk, Redogörelse nr 1, 2001. 41 pp.
- Roulund, H. 1983. Experimentelle undersökningar med sticklinger og betraktninger over klonskovbrug i piceaarter. Dansk doktorsavhandling.
- Ruotsalainen, S. 2002. Managing breeding stock in the initiation of a long-term tree breeding program. Finnish Forest Research Institute, Research Papers 875., 95 + 61 pp.
- Schmidt, RA. 1978. Diseases in forest ecosystemes: The importance of functional diversity. In: Horsfall JG & Cowling EB (eds) Plant disease, an advanced treatise II: 287-315. Acad Press.
- Segal, A., Manisterski, J., Fischbeck, G. & Wahl, I. 1978. How plant populations defend themselves in natural ecosystems. I: Horsfall J G & Cowling E B (eds) Plant disease, an advanced treatise V: 75-102. Acad Press.
- Simak, M. & Bergsten, U. 1988. Databas över skogsfröliteratur publicerad i Sverige fram till 1975. Sv. lantb. univ., Inst. f. skogssk. Rapporter nr 23
- Skogsstyrelsen, 2009a. Regler om användning av främmande trädslag. Meddelande 2009-7
- Skogsstyrelsen. Skogsvårdslagen och skogsstyrelsens författningssamling.
- Skroppa, T. 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Norway spruce (*Picea abies*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages.
- Sonesson, J., Bradshaw, R., Lindgren, D. & Ståhl, P. 2001. Ecological evaluation of clonal forestry with cutting-propagated Norway spruce. SkogForsk Report 1: 59 pages.
- Sonesson, J., Swedjemark, G., Almqvist, C., Jansson, G., Hannrup, B. & Rosvall, O. 2007. Genetic variation in responses of *Pinus sylvestris* trees to natural infection by *Gremmeniella abietina*. Scandinavian Journal of Forest Research 22: 290-298.
- Stener, L-G. & Werner, M. (eds.) 1989. Norway spruce; Provenances, Breeding, and Genetic Conservation. Proceedings of the IUFRO working party meeting, S2.02-11, in Sweden 1988. Report No. 11. The Institute for Forest Improvement, Uppsala. 336 p.
- Stoehr, M., O'Neill, G., Hollefreund, C., & Yanchuk, A. 2005. Within and among family variation of orchard and wild-stand progeny of interior spruce in British Columbia Tree Genet Genomes (2005) 1: 64–68.
- Stoehr, MU, & El-Kassaby, YA. 1997. Levels of genetic diversity at different stages of the domestication cycle of interior spruce in British Columbia. Theor Appl Genet 94:83–90
- Sundblad, L-G. & Andersson, B. 1995. No difference in frost hardiness between high and low altitude *Pinus sylvestris* (L.) offspring. Scand. J. For. Res. 10, 22-26.
- Szabor, J. (ed.) 2009. Conservation of Forest Ecosystems in Europe. Proceedings from conference with IUFRO WP “Norway spruce provenances and breeding” Dendrology 61 supplement.

- Tollefsrud, MM., Kissling, R., Gugerli, F., Johnsen, Ø., Skrøppa, T., Cheddadi, R., van der Knaap, WO., Latalowa, M., Terhürne-Berson, R., Litt, T., Geburek, T., Brochmann, C. & Sperisen, C. 2008. *Genetic consequences of glacial survival and postglacial colonization in Norway spruce: combined analysis of mitochondrial DNA and fossil pollen*. *Molecular Ecology* 17:4134-4150.
- Tollefsrud, MM., Øystein Johnsen, Ø. & Skrøppa, T. 2009. Granas historie kartlagt ved DNA analyser Av . Skog og Landskap glimt 01/09
http://www.nordgen.org/ngdoc/forest/glimt_01_09_granas_historic.pdf
- Torimaru, T., Wang, X-R., Fries, A., Andersson, B. & Lindgren, D. 2009. Evaluation of pollen contamination in an advanced Scots pine seed orchard in Sweden. *Silvae Genetica* 58:262-269.
- Umeaerus, V. 1982. New problems, trends and visions in agriculture resistance breeding. -In: Resistance to diseases and pests in forest trees. Proc. 3:rd Int. Workshop on the genetics of host-parasite interaction in forestry, Wageningen, Netherlands, 14-21 September 1980. eds. HM Heybroek, BR Stephan, Kv Weissenberg, p 381-386
- Vallée, G. 1985. Remarks on clonal forestry relating to the question period which followed presentations. In Zsuffa L, Rauter R M & Yeatman C W (redaktörer) 1985. *Clonal Forestry: It's impact on tree improvement and our future forests*. Canadian Tree Improvement Association 19th meeting, 1983. Proceedings Part 2. 167-169.
- Wennström, U., Johansson, K., Lindström, A. & Stattin, E. 2008. Skogsskötselserien nr 2, Produktion av frö och plantor, Skogsstyrelsen.
http://www.svo.se/epserver4/dokument/sks/Fakta_om_skog/Skogsskotselserien/Produktion-av-fro-och-plantor/02_produktion_av_fro_och_plantor.pdf
- Werner, M. 2010. Skogsträdsförädling under 70 år inom Föreningen för Växtförädling av Skogsträd och efterföljande organisationer. In press.
- Werner, M. och Stener, L-G. 1989. Proceedings of the IUFRO meeting of working party on Norway spruce; provenance, breeding and genetic conservation, Sweden.
- Werner, M., Karlsson, B. & Palmer, CH. 1991. Ortens gran - ett osäkert alternativ i Götaland. Institutet för skogsförbättring, Information Skogsträdsförädling nr 4 1990/91. 4 s.
- Werner, M. & Karlsson, B. 1983. Resultat från 1969 års granprovenienser i syd- och mellansverige. I: Årsbok 1982 (Föreningen skogsträdsförädling och Institutet för skogsförbättring), 90-158.
- Werner, M. Karlsson, B. 1981. Resultat från 1969 års granprovenienser i Syd och Mellansverige. Institutet för Skogsförbättring, årsbok 1982. 90-158. Uppsala
- Wibeck, E. 1912. Tall och gran af sydlig härkomst i Sverige. Medd. från Statens Skogsförsöksanstalt, häfte 9, 1912. 60 s. Stockholm.
- Wright, SI. & Gaut, BS. 2005. Molecular population genetics and the search for adaptive evolution in plants. *Mol. Biol. Evol.* 22: 506-519.
- Yazdani, R. & Lindgren, D. 1990. Hur tallens gener sprids vid naturlig föringring under fröträd. Skogsfakta. Biologi och skogsskötsel. Nr 74
- Zobel, B. 1982. The world's need for pest-resistant forest trees. -In: Resistance to diseases and pests in forest trees. Proc. 3:rd Int. Workshop on the genetics of host-parasite interaction in forestry, Wageningen, Netherlands, 14-21 September 1980. eds. HM Heybroek, BR Stephan, Kv Weissenberg, p 1-8.

Forskningsuppslag (Bilaga 1)

Gränsen mellan operativ förädling och forskning och om forskningen bäst bedrivs fristående eller i nära anknytning till den operativa förädlingen är och skall vara flytande. Detta är heller ingen lista eller prioriteringar på önskvärd forskning, utan bara uppslag som uppdraget inspirerat till.

Skogslandskapets genetik

Det vore önskvärt med studier om *skogslandskapets genetik*. Landskapet omfattar en blandning av avkommor från olika under tiden allt mer högförädlade plantager, föryngring med oförädlad material, reservat och stora arealer skogliga impediment. Enligt Skogsstyrelsens nya skogsmarksbegrepp är skogsmarksarealen 27, 7 milj. ha varav 21, 2 för skogsbruk. Till detta kommer 3,1 milj. ha buskskogsmark.

Landskapet utgör en blandning av olika arter, målsättningar och olika ståndortsförhållanden. Hur påverkar landskapets olika komponenter varandra (genmigration, biodiversitet, släktskap, ekonomi, risker)?

Anlägg skogar med låg genetisk variation så att de senare kan utvärderas

Det finns för få skogsodlingar av gran och tall i Sverige med liten genetisk variation för att möjliggöra en välgrundad bedömning och kvantifiering av eventuella risker vid tillämpning av lågdiversitetskogsbruk i stor skala. Det finns många objekt i försöksskala, så det är inte det som i första hand saknas, och resultaten motiverar eller belyser ofta tillämpningar, men i mycket begränsad skala och med tveksam relevans och generaliserbarhet. Inte heller tillkommer i dagsläget lite större objekt i praktisk odling i önskvärd omfattning för att kunna göra meningsfulla framtida riskvärderingar, eftersom det anses riskabelt eller besvärligt. Jag uppmuntrar skogsbruket att se till att sådana objekt skapas och jag uppmanar Skogsstyrelsen att se positivt på detta (så länge det har begränsad omfattning). Detta utvecklas närmare i avsnittet ”Bra att få erfarenhet av skogsbruk med låg genetisk variation”. Jag hade själv gärna sett ett storskaligt ”praktiskt” försök med skördar från enstaka plantagekloner och uppmuntrar till ett sådant. Jag uppmuntrar också till survey-undersökningar och att skapa förutsättningar för framtida sådana (se bilaga 3).

SLU har avvecklat skogsgenetisk forskning

Mycket forskning som är relevant för den problematik som berörs i den här utredningen, har avvecklats de sista femton åren. Det innebär att kompetensen att avhandla dessa viktiga frågor för en av landets viktigaste naturresurser hos SLU har minskat. Proveniensforskningen, som sysslar med skillnader mellan och också inom bestånd och olika ursprungsområden och odlingslokaler, framförallt baserat på långsiktiga fältförsök, lades ned vid avvecklingen av SLU:s Garpenbergsavdelning 1995. Den tidigare SLU-institutionen för skogsgenetik i Uppsala har avvecklats och dess skogsgenetiska innehåll har överlevt huvudsakligen i institutionsnamnet och några åldrande pensionärer, exempel på avvecklade discipliner är skogligt genbevarande och genekologi, det senare kunde ses som en efterträdare till proveniensforskningen. Den sista kvarvarande skogsgenetikenheten vid SLU i Umeå är när detta skrivs utomordentligt svag. Dag Lindgren och medarbetare har arbetat mycket med fröplantager, men Lindgren pensionerades 090930 och har (ännu?) inte fått

någon efterträdare. Det finns anledning att förmoda att en huvuddel av genetisk forskningen omkring fröplantager och därmed användning av förädlad material då försvinner från SLU. Enheten har ingen professor och toppas av en halvtidsanställd docent. SLU:s egentliga skogsgenetik har skurits ned med mer än 60 % sedan 1995 (mycket mer om professorstjänsten inte återbesätts) och är nu svagare än någonsin sedan före institutionen för skogsgenetik skapades 1948. SLU prioriterar som de andra universiteten sådan forskning som betraktas som internationellt framstående och grundläggande, och inte i första hand forskning med fokus på praktiskt viktiga aspekter av svensk skog och fröförsörjning. Den mera grundläggande skogsgenetiska forskningen vid de andra universiteten har å andra sidan stärkts, men denna är mindre inriktad på att ge en syntetiserad bild av de problemställningar det faktiska skogsbruket aktualiserar. Om samhället vill styrka kunskapen om förädlad material och belysa dess användning och problem omkring detta samt optimera användningen, så borde en del av denna nu utvecklade skogsgenetiska forskning vid SLU återuppbyggas.

Studier av förädlingspopulationen med molekylära metoder, framförallt ”grundarträden”

Det föreslås att förädlingen sparar vävnadsprover eller DNA från de träd vars gener rekombineras i förädlingsarbetet. Man kan kombinera detta med att samla in och analysera DNA från ”grundarträden” för att göra studier av t.ex. deras genetiska struktur, släktskap och möjliga invandringshistoria genom en kartläggning på gennivå. Dessutom kunde den som höll i studien också administrativt sköta insamling och dokumentation. En sådan verksamhet har initierats 2010, men det är ett embryo och inte ett färdigt system.

Studier av tallens och granens genetiska variation

Tall och gran är Sveriges ekonomiskt och ekologiskt viktigaste arter. Mot den bakgrunden känns det inte tillfredställande att flera fiskarter av relevans för Sverige tycks ha varit föremål för fler studier av genetisk variation än tall och gran. En utökning av intensiteten av studier relaterade till den genetiska variationen gran och tall kunde vara berättigad med hänsyn till arternas centrala betydelse för Sverige, och speciellt att studier av deras genetiska förändringar över tiden har påpekats vara få.

Kan långt förflyttade provenienser medföra olägenheter?

I samband med användningen av främmande eller förflyttade provenienser inom art har det framförts behov av undersökningar. Det finns en del skogliga försök där man under olika förhållanden i försöksmässiga former kan jämföra populationer som förflyttats olika långt och ibland även hybridiserade populationer med föräldrar av olika ursprung. Jag tänker då inte minst på de tester som anlagts och anläggs inom den långsiktiga förädlingen. Någon kunde arbeta för att få tillstånd de typer av försök som anses nödvändiga utöver de som redan finns. Många skogsföretag har beståndsregister med härkomstuppgifter, så jämförelser mellan olika härkomster kan göras på stora ytor i reguljära skogsodlingar, Kanske man kan fånga in lämpliga objekt samtidigt med den markägarenkät jag föreslår i bilaga 3.

Genbevarande

Det är av intresse att nu och även om några hundra år kunna med t.ex. genetiska markörer se hur genpoolen förändrats över århundraden med

avseende på bl.a. förändringen av den nya skogens genetiska ursprung. För att kunna göra detta måste man bevara prover av granens genmassa som speglar den sydsvenska genpoolen i början på 1800-talet. Detta är fortfarande möjligt genom insamling i befintliga gamla skogar. Kanske eller kanske inte material som DNA kan extraheras ur bevaras utan åtgärder, men detta är inte klart. Den skogliga genbanken på skogsstyrelsen har ansvaret för dessa frågor.

Uppslag som ligger inom eller nära den operativa förädlingen (Bilaga 2)

Lagra vävnad som möjliggör senare DNA analys av förädlingspopulationernas grundare

Den framtida skogsträdsförädlingen av gran och tall planeras bygga på avkomman till nära 1500 plusträd vardera. Det är en balanserad population som fortlever med artificiella korsningar så den ”effektiva populationsstorleken” som uttryck för drift i genfrekvenser över generationer blir ännu större, och att det oftast är ett mycket lägre tal i förhållande till det verkliga i en naturlig population med dess stora fertilitetsvariationer är irrelevant. Det är av betydande intresse att följa vilket genomslag dessa ”grundare” får i Sveriges skogar under århundradena framöver. Detta kan göras endast om man har deras DNA. Detta har man nästan säkert om man långtidslagrar (århundraden) vävnadsprover (kanske frö) eller extraherat DNA, det kan nog vara bra att lagra flera former. Plusträden finns nu i arkiv i fält och frö från dem lagras ofta i kylrum, men detta är inte för alltid, och frö kan vara besvärligare att hantera om det är mammans genotyp och inte fröets som efterfrågas. Detta är *ett* skäl till att jag föreslår att man vidtar åtgärder för att försäkra sig om att DNA profiler kan fastställas hundratals år framåt. Jag tror detta är tekniskt förhållandevis enkelt och billigt. Det huvudsakliga problemet är administrativt. Hur skall det bäst göras tekniskt? Vem skall göra det? Vem verkställer och vem kontrollerar att det verkligen har blivit gjort? Och är operativt användbart? Jag föreslår att Skogforsk vidtar åtgärder för att försäkra sig om att DNA profiler av grundarträden till den långsiktiga förädlingen kan fastställas såväl inom omedelbar framtid som om några hundra år genom lagring av prover. Parallellt skulle vävnadsprover från några hundra representanter för naturskogar kunna lagras för framtida jämförelse med vävnadsprover från grundare och med framtida skogar. När det gäller ”slutförvaringen” så verkar det naturliga att lägga ansvaret på den skogliga genbanken.

En del av de utvalda plusträden kan nog betraktas som ett användbart stickprov av den ”halvnaturliga” genetiska variationen av tall i hela Sverige. Urvalseffekten är dokumenterat låg. DNA analys skulle i stort avslöja den genetiska variationen i ”starttillståndet” på nationell nivå. ”Stickprov” är tillräckligt stort och mycket jämnt fördelat över hela landet. Om än inte helt perfekt så fyller det samtidigt andra ändamål och är lätt att samla in från befintliga trädarkiv. Ett projekt med en sådan inriktning påbörjas i början av 2010. För gran i södra Sverige och för några andra forskningsuppgifter kan en insamling dock behöva kompletteras. Det skulle också kunna kompletteras med några prover från träd i reservat. Dock tror jag att nackdelen med att det är utvalt är så liten och en insamling av ”icke utvalt” material är ohanterligt svår om den skall göras representativ för Sverige att det blir svårt att få någon att överhuvudtaget göra den. Så det räcker med en insats huvudsakligen fokuserad på förädlingsmaterialet.

Strukturering av förädlingspopulationen

I de separata förädlingspopulationerna (ett drygt tjugotal) grupperas det ursprungligen utvalda plusträds materialet. De testas, önskvärda träd väljas och korsas för att skapa nya generationer träd i dessa slutna delpopulationer. De

olika förädlingspopulationerna inriktas mot olika geografiska områden och klimatområden. Det sätter gränser för hur stora olikheter i ursprung och härkomst som blandas i förädlingen. Det kan sägas vara en direkt avsikt att individerna skall komma från olika bestånd och olika ståndorter inom en urvalsregion. Detta framförallt för att vidga den genetiska variationen, men också för att bryta eventuell lokal inavel. Förädlingen kan möjligen sägas syfta till att framställa lokaleraser anpassade för områden i stil med ”södra Lappland”. Eventuella speciella anpassningar på beståndsnivå har brutits och det finns sällan mer än ett plusträd från samma bestånd som efter test valts till förädlingspopulationen (ursprungligen valdes och testades upp till cirka tio träd per bestånd).

Det skulle gå att hålla reda på och korsa individer som har ursprung som är förhållandevis nära varandra i högre grad än vad som görs. För närvarande tror jag inte man kan säga att denna aspekt beaktas alls utöver indelningen i geografiskt olika förädlingspopulationer. D.v.s. man kunde undvika att ursprunget helt blandas ihop, utan göra så att det i en del finns korsningar som kommer från föräldrar med liknande ursprung. Eftersom det finns 20 tals förädlingspopulationer för en art kanske detta också kan beaktas vid struktureringen av förädlingspopulationer som ännu inte är helt slutförd. I första hand är det en fråga om att ha korsningar där föräldrarna kommer från samma ursprungsområde (inte den ena utländsk och den andra svensk; eller den ena västkontinental och den andra östkontinental; eller den ena rumän och den andra balt). Man behöver sedan inte anlägga speciella försök för att se skillnader, man kan söka efter eventuella skillnader i de ordinarie förädlingsförsöken eller anpassa förädlingens korsningar så man kan få information från avkomman. Beter sig hybrider intermedieärt i förhållande till föräldrapopulationerna? För att sådana jämförelser skall kunna göras fodras att det också korsningar mellan individer från ”ursprungspopulationerna”. Teorin säger att första generationens hybrider kan förväntas uppföra sig homogent, men ökad variation klyver ut i andra generationen. Även sådana jämförelser borde bli möjliga, som en del av förädlingen om man beaktar det när korsningsscheman fastläggs.

Det är mest akut att försöka korsa medlemmar i förädlingspopulationen av gran med ursprung i södra Sverige med träd med ursprung inte allt för långt bortifrån. Kanske kan man bygga upp ett segment i förädlingspopulationen med sydsvenskt ursprung. För grundarena till de sydsvenska granförädlingspopulationerna tycker jag det skulle för varje population dokumenteras hur många grundare som hör till ungefär följande kategorier: 1) vald i Sverige i bestånd (eller klontest) med förmodad svenskt ursprung; 2) vald i Sverige i bestånd (eller klontest) med utländsk härkomst; 3) vald i bestånd i Sverige med okänd härkomst; 4) vald i utlandet (gärna med landssymbol).

Kontroller

I några förädlingspopulationer finns parallella kontrollträd, d.v.s. när plusträden valdes, valdes också några ”icke plusträd”, vars avkomma dragits upp parallellt med testen av plusträd. Syftet var att i en framtid skatta förädlingsframstegen och dissekera dess orsaker (framför allt vad som var en urvalseffekt) genom experimentella jämförelser. Detta öppnar möjligheten att jämföra den genetiska variationen mellan dessa kontrollträd och de parallella

plusträden för att studera om man förlorat någon genetisk variation vid plusträdsurvalet. Man kan korsa kontrollträd på samma sätt som utvalda plusträd korsas. Man borde kunna dra slutsatser om huruvida urval och förädling reducerar den genetiska variationen genom jämförelser med ett väl genomtänkt kontrollmaterial. Förädlingen bör vinnlägga sig att ha tillräckligt med "kontroller", d.v.s. parallella oförädlade (och kanske oförflyttade) material, för att kunna bedöma förädlingens effekter och analysera effekternas komponenter. Jämförelse mellan "kontroll" och "förädlad" blir pålitligare ju bättre kontrollen är. Iakttagelser i verkligt skogsbruk och riktiga försök kompletter varandra, men riktiga försök fordrar riktiga kontroller.

Klimatförändringar och nya molekylära metoder

Den svenska långsiktiga förädlingen är utformad så att den bevarar genetisk variation och är väl förberedd för de justeringar som kan behöva genomföras p.g.a. klimatförändringar och nya DNA-metoder. Aktuella förändringar av inriktningen diskuteras i en sedan 2006 pågående översyn av det svenska förädlingsprogrammet. Ändringar som diskuteras p.g.a. global uppvärmning är att vidga den geografiska spännvidden över vilket ett material testas och att flytta det geografiska målområdet för en förädlingspopulation så att den möter ett framtida klimat, som den från början var avsedd för. Detta kan ske genom att i första hand flytta målområdet uppåt och i andra hand norrut. En ändring som diskuteras p.g.a. utvecklingen av molekylära metoder är att göra kontrollerade korsningar med blandningar ("polycrossmixar") av många fäder som är kandidater till förädlingspopulationen, och sedan i efterhand klara av vilka som är fäder till de bästa avkommorna med DNA. Jag anser att diskussionen inom förädlingsorganisationen har tillräcklig bredd för att klara av att bedöma när molekylär metodutveckling och klimatförändringar motiverar åtgärder inom förädlingen. Det finns klara inslag av konservatism i tillämpningen i förädlingen, men jag tycker det är riktigt att den långsiktiga förädlingen inte skall ändra strategi snabbt, abrupt och radikalt utan med eftertanke och successivt under decennier.

Uppslag för att lära känna den svenska skogen bättre (Bilaga 3)

Det förefaller som om åtgärder är motiverade för att förbättra kännedomen om den genetiska strukturen av den svenska skogen och dess förändringar, samt att förbättra möjligheten att göra sådana beskrivningar i framtiden och att stimulera markägare till bättre dokumentation om genetiken av de egna skogarna. Man kan tänka sig många olika åtgärder. Den ena behöver inte utesluta den andra och det kan finnas andra sätt att angripa problemen än dem jag nämner. Förslagen är menade att ge inspiration till konkreta åtgärder snarare än exakta och detaljerade förslag till åtgärder. Jag anser inte det är katastrofalt – eller ens särskilt riskabelt – om inget görs. Beskrivna önskemål bör inte tas som motiv till ”tvångsåtgärder” eller direkta ”kommandon”, men å andra sidan är det klart önskvärt att några åtgärder/initiativ i den riktning jag skisserar leder till något. Och händer det i stort sett inget påtagligt de närmaste åren bör någon nog höja rösten.

En regelbundet återkommande rapport vart 3e år om den skogsgenetiska situationen i Sveriges skogar

Rapporten kunde författas av Skogsstyrelsen och framförallt rikta sig till skogsbrukets och forskningens olika organ, men även sändas till det organ som centralt håller ögonen på främmande provenienser i Sverige och Naturvårdsverket, samt tillhandahållas för försäljning eller på nätet. Rapporten kunde första gången ägna speciell uppmärksamhet åt importer och förflyttningar av skogsfrö, men senare ha varierande fokus i olika nummer. Skogsstyrelsen är central myndighet för skogen och har bäst tillgång till statistik och kan överväga regeländringar och kan köpa in tjänster i den mån den egna expertisen är otillräcklig. Ett alternativ vore att lägga det på SLU, som också har en del miljöövervakande funktioner, men de viktiga kopplingarna till beståndsetablering, skogsgenetik och förädling skulle då bli svagare. CFOP på Skogsstyrelsen är ett naturligt och bra organ för en del av diskussionerna omkring ett sådant här dokument när det publicerats.

Tre års omdrev verkar lagom, skogen är ett trögt system där saker inte händer snabbt. Ett längre omdrev skulle göra att det inte längre upplevs som en kontinuerlig funktion utan engångsinsats, med för liten kontinuitet mellan engångsinsatserna. Reaktionerna på rapporten kan fortfarande komma ihåg och bli vägledande när en ny rapport utarbetas. Skogforsk kan göra en egen rapport (som blir en underbilaga) om förädlingens påverkan (bl. a omfattningen av förädlad material av ”lokalprovenienser” och skattningar av graden av förflyttning). Skogsstyrelsen kan göra sammanvägningar med annat material (genbanker, skog på marker där aktivt skogsbruk inte är en drivande kraft, självföryngring etc.). Rapporten kan belysa bl.a. möjligheten att göra försök för att belysa skillnaden mellan lokalt och långt förflyttat material, samt att göra jämförelser mellan högförädlad och tämligen oförädlad material. Rapporten kan belysa andel av skogarnas gener som förflyttats olika sträckor i olika tidsperspektiv och andelen skog där man kan säga att en stor del av generna inte migrerat mycket de sista seklen. Rapporten kan belysa historisk förändringstakt. Rapporten bör eftersträva kvantifieringar.

En positiv inställning hos myndigheterna (Skogsstyrelsen) till skogsodling med skördar från enstaka kloner i fröplantager i begränsad omfattning och förenklad hantering av mer rutinmässiga särplockningsfall

En förenklad legal hantering av särplockningsärenden och vissa hopslagningar av skogsodlingsmaterial skulle vara önskvärt. Det är önskvärt att myndigheterna (Skogsstyrelsen) är toleranta mot vad man bedömer som försöks och utvecklingsverksamhet och kan göra undantag från de legala procedurerna för skogsodlingsmaterial i handel.

Ett organ för en bättre nationell översikt av det totala fröplantageprogrammet

Det enklaste sättet att åstadkomma detta är att ge vidgade uppgifter till TreO-organisationen och dess fyra grupper (tre regionala grupper och en central styrelse). Även TreO-programmets hemsidor o dyl. från början av 2000-talet bör kunna fräschas upp med hänsyn till den stora betydelsen av att anlägga nya fröplantager. Det nuvarande TreO programmet löper ut och det är ett skäl att sluta att kalla organisationen för TreO och detta kan vara ett skäl för formell omorganisation. En annan väg vore att vidga Skogsstyrelsens uppgifter. Skogforsk kommer nog att på eget initiativ göra sådana här översikter och slå larm om fröplantagebehovet inte verkar tillgodoses. Det fungerade bra med TreO, så det kan vara acceptabelt att låta problemet med en bättre total översikt lösa sig självt.

Kartläggning av hur väl markägarna vet vad som finns i deras skogar

Föreställningen om den genetiska sammansättningen i våra skogar är ganska grovkornig och oprecis. Det är intressant i vilken grad det ens är teoretiskt möjligt att med någon grad av exakthet utreda vad som med genetisk utgångspunkt finns i skogarna. En huvudfråga är att undersöka vilken information markägarna faktiskt kan ta fram själva på en förfrågan, d.v.s. i vilken omfattning de beståndsregister/skogsbruksplaner som skogsägarna själva för omfattar tillräckligt relevant information. Eftersom okunskapen är stor om hur mycket egentligen markägaren vet och eftersom det förekommer kritik för att man inte känner till vad som finns i skogarna och eftersom nationella sammanställningar måste bygga på vad markägarna vet, och eftersom det ligger i allas intresse att markägarna känner och är intresserade av vad som finns i deras skogar, så föreslår jag en enkätundersökning till ett stickprov av markägare i Skogsstyrelsens regi. Detta skulle kunna kopplas till några av Skogsstyrelsens skogskonsulenter på distriktsnivå, som även kunde kontakta de utvalda markägarna för att höja svarsfrekvensen och för att få en bättre bild av de som inte svarar (vad som ligger bakom inget svar är ju en viktig del av alla enkätundersökningar).

Min vision är att man slumpar ut säg 300 punkter på svensk skogbevuxen mark enligt någon slags stratifierat mönster (mer skogsodlat, mer i södra Sverige, mer i yngre skog, mer privata markägare etc.) och genom enkäter till markägaren söker information om skogsodlingsmaterialet. Rapporten bör visa hur väl det genetiska materialet är känt, i vilka former kännedomen föreligger (i skogsbruksplan eller på annat sätt, information om stambrevsnummer eller annan information etc.) och vilka slutsatser som kan dras av detta. Slutsatser kan också dras om det faktiska genetiska läget i skogen (om än antalet punkter

är lågt). Detta kan tjäna som ett underlag till framtida diskussioner om behov och metoder att förbättra situationen.

Ett antal ”referensytor” rapporteras regelbundet från storskogsbruket

Man kan kanske tänka sig att flera eller en enda skogsägare (Sveaskog vore bäst) gjorde något slags slumpmässigt urval av t.ex. tidigare avverkad skog med uppgifter om genetiskt föryngringsmaterial som rapporterades till Skogsstyrelsen för att ge underlag till statistik. Dessa ytor kan sägas fungera som referensytor och i viss mån ett stickprov som kan ligga till underlag för begränsade generaliseringar.

Plantproducenternas rapporterade statistik till skogsstyrelsen kanske kan marginellt förbättras

En frivillig rapportering från plantskolorna fungerar bra idag och ger upphov till informativ statistik. En mer detaljerad redovisning av producerade plantor skulle vara lätt att administrera och kunna ge underlag till en något förbättrad nationell och regional statistik. Detta betraktas dock som ingrepp i kommersiella hemligheter, anses besvärligt, missvisande och onödigt. Motsvarande problem finns i andra länder, det är problem med att göra internationella sammanställningar. Plantskolornas statistik säger inte var materialen verkligen används, köparnas fakturaadresser kan vara mycket långt från den geografiska användningen av material (plantering inklusive plantanskaffning utförs ofta genom andra än markägaren).

Rapporteringsystemet från plantproducenterna är idag frivilligt och fungerar inte hundra procentigt, men i varje fall tillfredställande. Frågar man efter mer kanske rapporteringsgraden minskar och om man gjorde rapportering mer obligatorisk, så minskar kanske ”entusiasmen”. Men jag tror ändå att *något* mer information kan fås ur plantskolornas rapportering.

Trovärdig diskussion gentemot skogsbruket

Diskussionen om skogsbrukets effekt på genetisk variation och förädlingens andra effekter är evig och kommer aldrig att vara över. Det är viktigt att finna former för att de viktigaste aktörerna förstår skogsbrukets situation för att undvika ”kulturkrockar” eller att man ”talar förbi varandra”. Jag tror det skulle bli mindre ”kulturkrockar” och ”misstänksamhet” som försvårar en del kontaktytor och öka förståelsen för problemen, om de grupper som arbetar med frågor omkring genetisk variation och förflyttning hos skogsträd hade ett tydligt samarbete med forskare från skogsbruket/Skogforsk och med skogsgenetiker från SLU som är väl insatta i skogsbrukets frågor. Jag tycker t.ex. Naturvårdsverket skulle fästa viss uppmärksamhet på denna problematik. Att jag och Skogforsk velat ha en referensgruppen knuten till denna utredning kan ses som ett led i detta. Dock är jag och Gösta Eriksson och Nils Ryman (för att nämna några) nu nära eller över pensionsstrecket. Det är därför lämpligt att istället involvera t.ex. någon av dem, som nu går ut som nya doktorer från forskarskolan skogsgenetik – förädling. Naturvårdsverket ordnade hearings, men de föredragande från Skogsbruket var på en nivå ovanför forskare, och de som sitter utanför Stockholm/Uppsala finner det inte attraktivt nog att åka och bara lyssna.

Noggrannare beräkning av andelen utländsk härkomst och ursprung för gran i Götaland

Det bör gå att göra en bättre beräkning av hur stor del av granen i Götaland (eller ett något större område) som har ursprung (föräldrar eller i vissa fall farföräldrar) i Götaland och hur stor del som kommer från utlandet som genom medveten import fram till 2010. Möjliga datakällor diskuteras på annan plats i detta dokument (en del dokumentation finns på skogsstyrelsen). Det borde därmed gå att ge ett bättre svar på frågan hur granimporterna påverkat skogens genetiska sammansättning och struktur i Götaland. Jag tycker Skogsstyrelsen, som har det övergripande ansvaret för Sveriges skogar, borde ha ansvaret för detta. Det står mer om detta på andra ställen i detta dokument.

Stöd att stambrevsnummer skrivs in i skogsbruksplaner/beståndsregister

Försök få det naturligt att skriva in stambrevsnummer i skogsbruksplaner när detta är möjligt. Denna fråga kan tas upp i pågående standardiseringsarbete för skoglig datainformation.

En levande diskussioner om fröplantager etc. har fått ett speciellt avsnitt i detta dokument.

”MINT” projektet (Bilaga 4)

SLU fick ett regeringsuppdrag att undersöka möjligheterna till intensivodling av skog (Jo 2008/1885, ”MINT”) parallellt med det uppdrag som denna rapport är en del av. En slutrapport från MINT föreligger: Larsson, S., Lundmark, T. & Ståhl, G. (2009). *Möjligheter till intensivodling av skog. Slutrapport från regeringsuppdrag Jo 2008/1885*

Nedladdningsbar PDF: www.slu.se; www.futureforests.se; <http://www2.slu.se/press/2009/MINTSlutrapport.pdf>; <http://www.slu.se/mint09>; <http://www.slu.se/?id=1757> (från de senare länkarna kan faktaunderlagen hämtas). Det viktigaste faktaunderlaget för denna rapport är Fahlvik, N., Johansson, U., Nilsson, U. 2009. *Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till MINT-utredningen*. SLU, Rapport. ISBN 978-91-86197-43-8.

Mitt uppdrag (genetisk variation och därmed förknippade risker med skadegörare) överlappar delvis med MINT, framför allt när det gäller klonskogsbruk av gran, och de med intensivodling förknippade risker av skadegörare. Därför analyserar jag i det nedanstående MINT ur framförallt dessa synpunkter.

I det nedanstående i denna bilaga har jag markerat vad jag betraktar som mina mer personliga reflexioner med understruket. Mer eller mindre ordagranna eller förkortade (editerade) citat från utredningen (MINT eller faktaunderlagen) markeras med kursiv text. Jag gick igenom MINT huvudsakligen för att få uppslag till skador av skadegörare, men det står mycket annat med beröring till klonskogsbruk gran som jag tänkt mycket över, och som har uppenbar koppling till genetisk variation, så det blev omfattande kommentarer. Mina tidigare tankar och sammanställningar om ”klonskogsbruk” går delvis att nå genom hemsidan

<http://www-genfys.slu.se/staff/dagl/FamilyForestry/LinksFamiljeskogsbruk.htm>

Övergripande kommentar: MINT skall nog tolkas som en utmärkt, inspirerande, informativ och omfattande översikt av möjligheter och status och ett intressant räkneexempel, som inspirerar och analyserar och tar upp möjliga förändringar och scenarior, snarare än vad MINT kanske ger intryck av, ett övergripande förslag hur en del av Sveriges skogspolitiska målsättning skulle kunna tolkas och realiseras.

I föreliggande rapport redovisar SLU resultaten från regeringsuppdraget (Jo 2008/1885) att utreda möjligheter till intensivodling av skog på nedlagd jordbruksmark och skogsmark med låga naturvärden.

I linje med direktiven har intensivodling av skog använts som ett samlingsbegrepp för sådana skötselmodeller som ger betydande tillväxtökningar, men som på grund av gällande lagstiftning eller till följd av myndigheters råd och anvisningar begränsas vad gäller praktisk tillämpning. Utredningsdirektiven efterfrågade en bred genomgång av möjligheter och risker med intensivodling. Exempel på sådana skötselmodeller är behovsanpassad gödsling, användning av vegetativt förökad gran (grankloner), och odling av contortatall och hybridasp.

Utredningen skulle analysera risker och jag trodde att det skulle stå om risker med klonskogsbruk av gran och andra intensivmodeller, som kan förknippas med genetisk variation. Dock verkar MINT mer fokuserad på risker för insekternas och svamparnas mm. mångfald, fast det står ju lite om risker med skadegörare också.

Eftersom ”min” utredning fokuserar på gran och tall så är huvuddelen av mitt intresse på klonskogsbruk med gran.

Klonskogsbruk av gran

Det mest effektiva sättet att utnyttja genetiska fördelar är att använda vegetativt förökat skogsodlingsmaterial (kloning), t.ex. sticklingar. Med klonskogsbruk avses att man etablerar bestånd som består av en blandning av vegetativt förökade plantor. Vegetativt förökning kan ske genom produktion av rotade sticklingar eller genom somatisk embryogenes. Gran kan förökas genom bulksticklingar som görs direkt av otestade fröplantor med goda genetiska egenskaper, såsom kontrollerade korsningar av testade och utvalda plussträd. Vid somatisk embryogenes för gran används ett embryo från ett frö som behandlas med tillväxthormoner så att det initieras en ”oorganiserad” tillväxt av cellvävnad. Genom tillsatts av ett annat hormon kan cellvävnaden börja bilda nya ”somatiska” embryon, vart och ett med barr och rotanlag, färdiga att bilda var sin ny granplanta. Metoden är inte kommersiellt färdigutvecklad, men bedöms bli så inom en nära framtid.

Beroende på vilken vegetativt förökningsmetod som används så kommer tiden som det tar att föröka upp ett material till stora plantkvantiteter att variera. Sticklingar är ett långsamt sätt att föröka material, speciellt om fröpartierna är begränsade, medan somatisk embryogenes teoretiskt inte har några begränsningar i möjligt antal plantor.

Det finns redan idag ett genetiskt utgångsmaterial för gran som kan ge produktionsvinster på mer än 30 % jämfört med oförädlad odlingsmaterial. Om befintlig förökningsteknik används kan det på 3 – 5 år sikt finnas ett vegetativt förökat plantmaterial i stor skala. Skogs-skötsel med förädlad eller klonad gran skiljer sig i princip inte från normal granskogs-skötsel. Skötselåtgärderna under en omloppstid ska därför anpassas till odlingsmaterialets förädlingsnivå. Valet av ståndort för plantering av vegetativt förökad gran skiljer sig inte principiellt från val av ståndorter för gran i övrigt. Ett selekterat plantmaterial med en ökad produktionsförmåga kan anses öka produktionen proportionellt oberoende av ståndortsindex. I ekonomiska kalkyler där räntan beaktas, kommer lönsambeten att bli högre på goda ståndorter med högre produktion och kortare omloppstider.

Klonskogsbruk av gran har relativt stor potential att öka produktionen i svenska skogar, men det kan dröja ett antal år innan metoden är klar för storskalig användning. Eftersom skötseln i klonskogsbruk inte behöver avvika från traditionell skötsel är modellen klar att implementeras så snart tillräckligt med klonat material finns tillgängligt.

Användningen av grankloner regleras av föreskrifter till skogsvårdslagens §7 (användning av skogsodlingsmaterial och handel med sådant material). I dessa föreskrifter stipuleras att vegetativt förökat material inte får användas på mer än 5 % av en brukningsenhet. Dock får alltid 20 hektar förnygras med kloner på en brukningsenhet. Dessa föreskrifter innebär relativt fritt användande av grankloner för de flesta privata markägare i södra Sverige medan det kan innebära betydande restriktioner för stora markägare... Av den potentiella arealen för klonskogsbruk ägs 69 % av enskilda markägare...

Ekonomin för grankloner får anses vara mycket god jämfört med fröförökad gran. Detta förklaras av en relativt stor produktionsökning till en liten kostnad i form av ökade förnyingskostnader. Forskarseminarium: Klonskogsbruk. Det saknas idag produktionsteknik för storskalig tillämpning.

DL kommentar: Klonskogsbruk med gran (sticklingar) kan sjösättas för omfattande användning nästan omedelbart, det behövs nog inget tidskrävande utvecklingsarbete utanför berörda företag. Däremot tar själva förökningen en icke obetydlig tid från frö till planta om man använder den etablerade sticklingstekniken, och det ter sig sannolikt för mig att det blir tal om längre tider än MINT antar. Det är en kommersiellt riskabel satsning och plantskolorna är därför knappast motiverade att göra annat än begränsade satsningar för ett begränsat plantantal innan det står klart att efterfrågan verkligen är stor och uthållig. Det verkar omedelbart lönsamt för markägarna, det befintliga regelverket lägger inte hinder i vägen, i varje fall knappast före ca 2025, och metoden är tillräckligt beprövad för att direkt användas i den omfattning det kan bli tal om. Det är bara att trycka på knappen (för vissa beslutsfattare)! Om det går bra och storskogsbruket samtidigt inser att ändringar bör ske successivt, kommer restriktionerna för stora markägare med all sannolikhet att anpassas innan de hinner bli allvarligt och onödigt begränsande, eftersom metoden då blivit mer beprövad, så en ökning av den tillåtna omfattningen kommer att te sig motiverad. MINT's gissning att somatisk embryogenes snart är färdig för storskalig användning får stå för de som gjort den, själv är jag inte lika optimistisk utan tror att de med somatisk embryogenes förknippade kostnaderna och kommersiellt/legalt trassel kommer att vara starkt begränsande många år framöver (i likhet med södra USA, där SE står och stampar på en procent av marknaden sedan några år), men tycker att det är trevligt att man försöker. Man kan tänka sig kombinationer så att de första förökningsstegen sker med SE, men det senaste förökningssteget med sticklingar. Detta tillämpas framgångsrikt exempelvis för Sitkagran på Irland, och jag rekommenderar att pröva den modellen för gran i Sverige. Jag gör också reflexionen att MINT överhuvudtaget inte nämner testade kloner, som ger större vinst. Mervärdet av denna vinst har ofta överdrivits och svårigheten att tillgodogöra sig den har underdrivits, men det är ändå en vinstpotential värd att nämna. Många anser testade kloner vara det enda som står för begreppet "klonskogsbruk". Istället har MINT enbart utgått från otestade kloner (avkomor av goda testade föräldrar). **Jag tycker det är utomordentligt bra att det nu officiellt erkänts att klonskogsbruk går utmärkt och kan ge stora vinster utan testade kloner och att SLU och skogsbruket verkar ha köpt idén.**

Enligt mina beräkningar (Lindgren 2009) så är produktionshöjningen av klonskogsbruk med otestade kloner jämfört med fröplantager endast 10 % med undantag av när plantagefrö inte finns, vilket beror på försummelse att i tid bygga ut granfröplantagerna, då vinsten på kortare sikt blir 20 %. De över 30 % som MINT nämner ser jag som ett specialfall eller kanske relateras till ortens proveniens som knappast används för gran i södra Sverige. Uppförökningstiden 3–5 år är troligen optimistiskt i stor skala. Granen blommar sällan, logistiken i korsningar sätter gränser för antalet frö som kan erhållas för ett givet avsättningsområde. Blir efterfrågan stor tror jag ofta man tvingas till flera uppförökningscykler och därmed längre tid för

uppförökningen. Man kan räkna på lite olika sätt, olika exakta siffror är vanligen inte en fråga om rätt eller fel utan om olika modeller och betraktelsesätt och i avsaknad av verkliga storskaliga system går det inte att fastställa vad som är operativt möjligt.

Den enda åtgärden som behövs är en ändring i skogsektorns sätt att tänka och vilja att utvecklas i innovativ riktning. Jag tror MINTs analyser av tillväxtökningen är riktiga, visserligen är de lite för höga jämfört med ett perfekt fröplantageprogram, men detta kommer nog inte att förverkligas, och om klonskogsbruket expanderar enligt MINT-visionen så kommer sannolikt testade kloner också så småningom och då blir vinsten något högre. Detta gör att jag tror på MINTs analyser när det gäller skillnaden mellan ett skogsbruk med bara fröplantager och ett med klonskogsbruk.

MINT saknar en utförligare analys varför idag grankloner bara används på mindre än en promille av granföryngringarna och aldrig fått ett genombrott, trots att det är biologiskt, tekniskt och ekonomiskt möjligt att använda avsevärt fler sticklingsklonplantor än idag. De legala hindren är inte begränsande, mycket stora utvecklingsinsatser har gjorts under ett halvsekel, och massor av ledande personer inom skogsbruket och annorstädes har stött utvecklingsarbete med vegetativ förökning (huvudsakligen dock den mer svårframkomliga SE vägen).

Jag citerar en tidigare vision på området från den senaste klonskogsbruksutvärderingen (Sonesson m.fl. 2001):

”Svenskt scenario: Mycket i denna undersökning avhandlar effekterna av plantering i monoklonbestånd eller klonblandningar med få kloner, eftersom det är under sådana förhållanden effekterna av klonskogsbruk blir mest påtagliga. Ur en svensk synvinkel är detta en rätt hypotetisk situation. Ett mer sannolikt scenario för den närmaste framtiden i Sverige är i korta drag detta: År 2010 planteras omkring 10 miljoner sticklingar, huvudsakligen bulksticklingar med testade föräldrar utvalda för höga avelsvärden. Fröplantorna massförökas genom en eller två cykler av sticklingsförökning. Bulksticklingarna har normalt mindre än 200 kopior per klon, så antalet utplacerade kloner är väldigt stort (50–100 000). Resten av sticklingarna (ca 10 %) är testade kloner, till största del utvalda i förädlingspopulationer där plantorna har hållits juvenila i häckar. I experimentell skala produceras sticklingar från testade kloner som härstammar ifrån embryokulturer, som har hållits unga genom kryolagring medan fälttestning pågick. De utvalda klonerna förökas genom att ta sticklingar från plantor som utvecklats från somatiska embryon.”

Denna vision till 2010 har ju inte alls realiserats, läget 2010 är ungefär som läget 2001, dock kanske man kan ersätta år 2010 med 2017 beträffande totala dimensioneringen av klonskogsbruk, men vara optimistiskare om SE-andelen av klonskogsbruket. Om det blir så har man då under de gångna nio åren kommit två år närmare den visionära ”horisonten”.

Eftersom MINT – enligt sina instruktioner – bara tar upp sådant som det finns legala eller andra restriktioner för, tar MINT bara upp klonskogsbruk av gran och nämner överhuvudtaget inte den enkla åtgärd, som ger störst effekt på Sveriges skogsproduktion till lägst kostnad, och som redan är på gång i stor skala. Det är att anlägga tillräckligt med granfröplantager med de testade kloner, som nu finns tillgängliga och att anlägga genetiskt bättre fröplantager och utnyttja de befintliga fröplantagerna genetiskt bättre och eftersträva att ligga närmare vad som är optimalt. Detta är möjligt om man bedriver mer fröplantageforskning och förbättrar kontaktytan mellan fröplantageoperatörerna och forskningen. Skogforsk behandlar i andra regeringsuppdrag hur man kan öka fröutbytet från plantagerna, men detta är inte särskilt kritiskt för skogsproduktionen, det går lika bra att öka plantagearealen. Vad som är viktigare är att metoder att höja den genetiska kvalitén av plantagefröet används och att följa det nationella fröförsörjningsläget.

Jag tycker inte MINT lyckats förmedla de för beräkningen mest kritiska faktorerna när det gäller den genetiska biten av intensivskogsbruk av gran. Det gäller generellt för alla sådana här beräkningsscenarior att de sällan är transparenta och lättsammanfattade när det gäller de för resultaten viktigaste grundantagandena. MINT jämför med ett referensalternativ

Jag tror det är viktigare att satsa på att genom förädlingsteoretisk forskning göra fröplantagerna ännu bättre och att utnyttja dem rationellare än att ta steget till klonskogsbruk om man strävar efter högre skogsproduktion och ökad intensitet.

Referensscenario – vad jämför vi med?

För att beskriva effekterna av intensivodling behövs en referens att relatera till. I utredningen användes referensscenariot från SKA-VB 08, vilket finns beskrivet i slutrapporten från [SKA-VB 08 Skogsstyrelsen. 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008. Rapport 25.](#)

Detta bygger i sin tur på Rosvall & Wennström (2008). Jag tolkar det som att skillnaden mellan fröplantager och ”grankloner” sätts till ungefär 15 %, vilket stämmer hyggligt med vad som framförs i t.ex. Lindgren (2009) som förmodligen liknar de antaganden som MINT använt. Om det möjligen är lite högt på lång sikt i en värld med perfekta fröplantageprogram så kompenseras detta av att MINT bara räknat med otestade kloner och det är troligt att det på lite längre sikt också kommer ett inslag av testade kloner om klonanvändningen blir omfattande som ger något högre vinst, så jag instämmer i 15 % operativt.

Den genetiska vinsten skattas schablonmässigt till 0.5% per år lika för alla landsändar och trädslag. Detta kan vara riktigt, själv hade jag inte gjort motsvarande beräkning på några decennier och eftersom det ändå är en schablon och ”educated guess” kan man hugga till med det jämna 0.5% per år. Det är en kanske riktig om än optimistisk skattning. En mer försiktig schablon 0.4% som jag tror mer på vore motiverad i detta sammanhang, den används i Lindgren (2009). Det är oundvikligt att en sådan här siffra är osäker, bl.a. eftersom det inte finns fullt relevanta försök i slutavverkningsålder och eftersom den är olika i olika landsdelar och med olika trädslag. Jag nämner några andra argument för att vinstökningsskattningen kan vara hög.

Vinstökningen per år fodrar tillräckligt stora och säkra resurser för den långsiktiga förädlingen och jag gissar att dagsläget är att de är knappa, de har urholkats de sista åtta åren. En modellberäkning förutsätter att allt går som på räls, i praktiken gör det nästan aldrig det, utan det inträffar fördröjningar, misslyckanden och administrativt trassel av olika slag, vilket leder till att den årliga vinsten blir lägre än den prognostiserade. En modellberäkning förutsätter att det aldrig görs misstag i idenfikationer, men misstag förekommer i begränsad – men okänd – omfattning, vilket drar ned den beräknade vinsten. Förädlarna har akademiserats och Skogforsk har tagit över mycket av forskarutbildningen i skogsgenetik från SLU och mycket av forskning om förädlingsteori och plantagebiologi som förut gjordes av SLU har glidit över till Skogforsk och tar resurser från den långsiktiga förädlingen. Förädlingsmålen antas konstanta, men i praktiken kommer de i någon grad att ändras (exempelvis ändras miljön och därmed förädlingsmålet av global warming). Allt detta gör att den realiserade vinsten per år blir lägre än den beräknade. Det förutsätts också en för landet optimal användning av tillgängligt frö, men frömarknaden och fröanvändningen förefaller avvika från det perfekta i högre grad än SKA-VB 08 faktiskt tagit hänsyn till. Inte heller övergången från förädlingspopulation till produktionspopulation sker optimalt. Jag tycker att siffran borde göras till föremål för en mera nyanserad analys med olikheter mellan arter och landsdelar och mer transparant på hur vinsten per år skattas och beaktande nya framför allt svenska förädlingsteoretiska studier (jag är mycket tveksam om de kan sägas stödja en så hög vinst) och mer diskuterande och reflekterande hur stora framstegen egentligen är. Dessutom tycker jag det är tveksamt av Skogsstyrelsen och MINT (=SLU) att helt lita på Skogforsks förädlare vid vinstberäkningar, eftersom det finns ett trovärdighetsproblem, förädlarna har ett egenintresse av att förädlingen framstår som lönsam och effektiv. SLU borde spela en större roll här! Eftersom schablonvinsten bryts ned i olika delar med ganska sofistikerade beräkningar på frötillgång, vilket döljer osäkerheten i den grundläggande vinstskattningen och ger intrycket av en högre grad av precision, än vad som föreligger. Jag tycker osäkerheten borde ha nämnts i SKA-VB 08s osäkerhetsdiskussionsavsnitt, som ändå är fyra sidor.

Den genetiska vinsten för granplantager ca 2025 underdrivs, eftersom det prognostiseras en överproduktion av granfrö som kan användas till en ökning av det faktiskt använda fröets genetiska kvalité genom t.ex. särplockning.

Grankloners bidrag till merproduktion med MINT

Om intensivodling tillämpas på 15 % av den produktiva skogsmarksarealen ökar den möjliga avverkningen gradvis för att om ca 70 år stabiliseras på en nivå som ligger ca 30 miljoner kubikmeter högre per år jämfört med dagens skogsbruk.

DL Kommentar: Intensivskogsbruk utan förädlad material av gran skulle bara ge 20 miljoner kubikmeter. Intensivskogsbruk med bättre fröplantager än vad som rutinmässigt antagits som bättre omsatte förädlingsframstegen i praktisk odling skulle ge ett tillskott på uppskattningsvis en miljon kubikmeter till en i sammanhanget mycket låg kostnad.

Jag tycker att grankloner i första hand skall användas på goda boniteter i södra Sverige. Merkostnaden per planta blir ungefär densamma överallt, men vinsten i merproduktion förväntas bli större på de höga boniteterna i södra Sverige,

och merproduktionen kan skördas efter kortare tid. Eftersom konkurrerande vegetation är mer omfattande och insektsproblemen värre på goda boniteter i södra Sverige används större och dyrare plantor och då blir merkostnaden per planta mindre och förmodligen acceptablare av det skälet.

Skogsodling på nedlagd åkermark

..ta i anspråk ca 400 000 hektar nedlagd jordbruksmark för intensivodling inom den period som beaktas i beräkningarna. I konsekvensanalyserna beskogas 10 000 hektar nedlagd jordbruksmark per år under perioden 2010–2050... vilket på sikt skulle kunna ge ökad avverkning med 6 miljoner kubikmeter... Av den arealen beskogas 30 % med gran medan resterande areal beskogas med hybridasp.

Jag tycker att huvudalternativet på nedlagd åkermark bör vara gran – om möjligt klonad. Det finns mycket mer beprövad positiv erfarenhet och mindre tveksamhet hos markägarna och behovet av hägnad blir lägre. Det är nog också på 20 års sikt lättare att förädla fram bättre gran än bättre hybridasp. Om hybridasp behandlas som ett främmande trädslag och den framtida ramen för främmande trädslag sätts till vad den är för bara contorta idag (15000 ha/år), så blir 7000 hektar/år hybridasp på nedlagd jordbruksmark en väl stor del.

Andra värden

Intensivodling av gran (jämfört med lågintensiv granskog med inslag av andra arter) påverkar artrikedom genomgående negativt. *Intensivodling av gran har större negativa effekter än intensivodling av andra arter. Analyserna pekar på tämligen stora negativa effekter på biologisk mångfald av intensivodling. För skogsmarken dras genomgående slutsatsen att intensivodlingarna kommer att ha färre arter och fler vanliga sådana jämfört med referensbestånd, d.v.s. att en trivialisering av floran och faunan kommer att ske. Orsaken är framförallt att intensivbestånden bedömts vara mörkare och mer slutna, enbart bestå av ett trädslag, sakna skiktning och luckighet, d.v.s. att de kommer att vara mer homogena och likeformiga jämfört de konventionella. Intensivskogsbruk antas få ganska stora negativa effekter på biodiversiteten på beståndsnivå. Effekterna på rekreation, jakt, rennärning, kulturmiljön och landskapbildningen bedöms som negativa, men om högst tio procent av skogsmarken berörs blir effekterna begränsade på landskapsnivå. Effekterna på klimatet bedöms som mycket positiv.*

DL kommentar: De negativa effekterna beror på framgångsrik skogsodling i sig, och den genetiska påverkan är att det bidrar till en växtligare och enhetligare kultur. Det är inte troligt att den genetiska variationen spelar en nämnvärd roll, åtminstone inte om man inte har monoklonkulturer. Möjligen kan genetisk variation förstärka de nackdelar som beskrivs, eftersom den kan leda till ett effektivare ståndortsutnyttjande. De eventuella nackdelarna med intensivodling av gran får man till största delen även med inte intensivodlad gran.

Bilaga 18 ... plantageskogsbruk med tall i sydöstra USA

Konceptet med etablerade fröplantager slog snabbt igenom. Fortfarande idag anläggs de flesta tallplantageskogarna med frö från fritt pollinerade halvsyskon familjer, men utvecklingen går i riktning mot ökad användning av frö från kontrollerade korsning mellan elitkloner. I framtiden beräknar man högre vinster klonskogsbruk med vegetativ förökning. På ännu längre sikt (flera decennier) antar man att transgena träd kommer att innebära ännu högre genetiska vinster.

DL kommentar: Alla plantor i sydöstra USA är förädlade. Knappt en procent är vegetativ förökning och det ökar, men mycket långsamt de sista åren. Frö från kontrollerade korsningar har ökat under ett decennium, men har inte nått tio procent. Resten är fröplantager. Optimismen att GMO skall tillämpas har gått ned och det praktiska utvecklingsarbetet är lagt på is. Mitt intryck är att MINT använder överdrivet optimistiska formuleringar. Den dominerande delen av skogsträdsodlingen är med halvsyskonfamiljer från skörd av enstaka plantagekloner odlade i stora (många hektar) block. Detta går bra och man är nöjd med systemet. Detta är relevant för Sverige, eftersom en storskalig operation med arter, odlingsmiljöer och förutsättningar som liknar de svenska genomgående arbetar med mindre genetisk variation och tycker det går utmärkt, inga skador kopplas till den låga genetiska diversiteten har observerats, vilket är ett mycket starkt argument att något reducera den genetiska variation i Sverige också.

Risk för skador vid intensivodling

Det finns i nuläget inget som tyder på att ungskogsgödslade bestånd av gran skulle drabbas av skadegörare i större utsträckning än vanlig granskog. Gödsling kan öka trädets begärlighet som föda åt insekter och vilt, men det finns också observationer som tyder på att motståndskraften ökar (t.ex. mot barrätande insekter). Genom att öka tillväxten förkortas odlingstiden; en kortare omloppstid kan vara positivt ur rotrotessynpunkt.

Vid klonskogsbruk finns det risk för att den begränsade genetiska variationen kan leda till omfattande skador om resistens mot en specifik skadegörare saknas hos odlingsmaterialet. Klonskogsbruk innebär å andra sidan också en möjlighet att genom selektivt urval ta fram en större resistens än i traditionellt förnygringsmaterial.

Mer finns i Fahlvik, N., Johansson, U., Nilsson, U. 2009. *Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till MINT-utredningen*. SLU, Rapport. ISBN 978-91-86197-43-8.

Abiotiska skador

Riskerna för abiotiska skador vid användning av förädlats eller klonat granmaterial skiljer sig inte avsevärt från de risker som finns vid gängse användning av gran i svenskt skogsbruk. I viss mån skulle riskerna för frostsador kunna betraktas som mindre, eftersom detaljkunskapen är bättre än för oförädlad material.

3.5 Skador av insekter, svamp och vilt vid intensivodling

Insekter

Forskning rörande insekt-växt relationer har visat på samband mellan egenskaper hos träden och olika insektsarters utveckling på dessa träd. Kunskap om hur dessa egenskaper hänger ihop med risker för utbrott med skador som följd är dock fragmentarisk.

Det står inget om insekter relaterat till klonskogsbruk för gran, däremot står det för andra arter att val av genetiskt material har betydelse.

Svamp

Principer för svampangrepp vid intensivodling

Det finns ett samspel mellan skadegörare, värdräd och miljö. I ljuset av framtida klimatförändringar kan nya skadebilder uppstå i redan befintliga värdskadegörarförhållanden. Vi kan också befara att sjukdomar från kontinenten sprids till vårt land.

Klonskogsbruk av gran

Klonskogsbruk ger allmänt möjligheter att utnyttja ett odlingsmaterial som har en högre resistens mot skadegörare. Detta gäller särskilt gran med högre motståndskraft mot rotticka.

Flera undersökningar har visat på skillnader i mottaglighet hos olika individer av gran för angrepp av rotticka. Man har även konstaterat att de gener som styr mottagligheten för infektion av rotticka inte är kopplad till tillväxten. Det är således möjligt att använda vissa kloner av gran och samtidigt kunna hålla en hög tillväxt (Svedjemark & Karlsson 2004). Granklonerna är inte helt resistenta och angreppets svårighetsgrad är kopplad till vilken individ av rottickan som attackerar trädet (Rodríguez m.fl. 2009).

Val av kloner måste ske med stor omsorg. Vid fel val kan rottickans tillväxt i träden bli direkt förödande med mycket höga spridningshastigheter som följd (Capretti & Goggioli 1992). Det finns en risk att rottickan på sikt kan anpassa sig till mindre mottagliga grankloner. En riskspridning förordas därför starkt.

Vilt

Än mindre vet vi om hur betes- och skadekänsliga olika kloner är av arter som skulle komma att användas i ett framtida intensivskogsbruk.

Klonskogsbruk av gran

Olika trädkloner varierar i morfologi och kemi – egenskaper som ofta är viktiga för de stora växtätarnas selektion av föda. Flera experiment med bete på olika kloner visar att betesmönster och betes-/skaderisker kan variera kraftigt mellan kloner. Viltbete på gran är mest omfattande på plantstadiet och det är troligt att olika kloner kommer att betas med olika intensitet. Med rådande kunskap kan endast tester visa på framtida skaderisker.

Capretti, P. & Goggioli, V. 1992. Observation on the longevity and the spread of Heterobasidion annosum in stumps of white fir and Norway spruce. Micologia Italiana, 21: 15-20.

Rodríguez, Y.P., Gerendain, A.Z., Pappinen, A., Peltola, H. & Pulkkinen, P. 2009. Differences in wood decay by Heterobasidion parviporum in cloned Norway spruce (Picea abies). Canadian Journal of Forest Research, 39: 26-35.

Svedjemark, G. & Karlsson, B. 2004. Variation in incidence and genetic impact on natural infection of Heterobasidion annosum in Picea abies (L.) Karst. in genetic trials in south Sweden. Forest Ecology and Management, 203: 135-145.

Abiotiska skador

Riskerna för abiotiska skador vid användning av förädlat eller klonat granmaterial skiljer sig inte avsevärt från de risker som finns vid gängse användning av gran i svenskt skogsbruk. I viss mån skulle riskerna för frostskaador kunna betraktas som mindre, eftersom detaljkunskapen är bättre än för oförädlat material.

DL kommentar: Skadegörarmönstret beror på interaktioner mellan värd och skadegörare. Skadebilden kan komma att ändras när klimatet blir varmare. Former av intensivodling som gödsling och vattning kan öka effekten av skadegörare och därför är det inte otroligt att genetiskt betingad tillväxtökning också gör det. Det är dock långtifrån säkert att detta blir effekten, det går inte att entydigt säga om inslagen i framtidens skog är positiva eller negativa ur skadesynpunkt, allmänt finns skäl att tro att den eventuellt ökade skaderisken är mindre än fördelarna ur produktionssynpunkt.

MINT framför påståendet att den begränsade genetiska variationen kan leda till omfattande skador av skadegörare. Det framförs inte många exempel på vad MINT bygger detta påståande på. Kloner och skogsodlingsmaterial skiljer sig i känslighet och en försäkring mot detta är att undvika monoklonskulturer. Härvidlag backar MINT upp min egen uppfattning. Klonskogsbruket erbjuder lite större möjligheter att få resistens mot specifika skadegörare än traditionellt förädling, men MINT överdriver nog betydelsen av detta.

MINT nämner inte de risker som enligt Naturvårdsverket och en del forskare skulle kunna vara förknippade med långa förflyttningar, i första hand av gran (främmande gran, allt utom lokalproveniensen). Intensivskogbruket i södra Sverige avser att använda huvudsakligen sådana "utländska" material. Att de inte behandlas av MINT antyder att denna typ av risker betraktas som försumbara av de som medverkat i MINT.

Vid klonskogsbruk finns det en risk att den begränsade genetiska variationen kan leda till skador om resistens mot en specifik skadegörare saknas hos odlingsmaterialet och om den genetiska variationen är liten. Klonskogsbruk innebär å andra sidan också en möjlighet att genom selektivt urval ta fram en större resistens än i traditionellt förökningsmaterial. Det kan därför vara möjligt att minska effekten av vanliga skadegörare som rotröta, men hittills okända skadegörare som drabbar vissa individer hårdare än andra kan få allvarliga konsekvenser. Att minska den genetiska diversiteten genom att plantera en eller ett fåtal överlägsna kloner kan därför med dagens kunskap troligen inte rekommenderas. Om däremot klonblandningar med ett större antal individer med bevisad resistens mot till exempel rotröta används kan risken för skador bli mindre än för fröförökad gran.

Förädlingsmålen måste vara breda och generella, möjligen kunde resistens mot rotröta vara ett sådant om det finns en generell resistens. Förädling bedrivs alltid på så sätt att skador av skadegörare i ett försök är en negativ faktor, d.v.s. generell bättre hälsa ingår alltid i förädlingen. Man skall nog inte överbetona de specifika möjligheterna att välja resistent material för kloner, åtminstone inte för ett långlivat träslag med ett komplext skademönster. Jag tycker nog att det är relativt entydigt att skaderisken ökar vid monoklonkultur (fast förmodligen i liten grad) och tills vidare bör huvudlinjen vara att använda flera kloner i blandning, och då blir inte risken märkbart annorlunda än med fröplantor.

Författningsändringar

DL kommentar: I avsnittet om författningsändringar och rättsliga frågor står det mycket om främmande eller ovanliga träslag och vegetativ förökning. De nuvarande begränsningsreglerna för vegetativ förökning av gran syftar till att inte förhindra utvecklingen genom detaljföreskrifter utan huvudsakligen ge ett tak. Tanken var nog att det skall göras en ny utredning innan taket får ökas, och den utredningen bör utgå från de aktuella tillämpningsmetoderna när skogsbruket börjar närma sig taket, inte i nuläget där vegetativ förökning förekommer mycket sparsamt och det är osäkert hur en eventuell ökning kommer att vara strukturerad. När utvecklingen leder till att man börjar närma sig taket kan skogsstyrelsen ta ställning till regeländringar utgående från den användning som då ter sig önskvärd och en sammanställning av kunskapsläget då (vilket passar bra in på begreppet "adaptiv skogsskötsel" som MINT framför). För närvarande är storleksordningen en promille av producerade granplantor vegetativt föröknade, och det är alltså helt onödigt och förefaller klämfingrigt att nu modifiera (lätta upp) restriktionsreglerna. De nuvarande

reglerna tillkom 2002 efter en omfattande utredning (Sonesson m.fl. 2001) och ersatte krångligare och mer begränsande regler. Att nu omformulera och liberalisera reglerna för att svara på mer eller mindre slumpmässigt tillkomna nya vindar och tankesätt och måhända orealistiska räkneexempel innan det faktiskt kommit nämnvärt med kloner i backen skulle verka inkonsekvent och vingligt, vilket skulle minska förtroendet för skogsstyrelsens regelverk. En eventuell styrning av vegetativ förökning till skogsmarken som är minst värdefull ur andra synpunkter är ingalunda självklart. Det är oklart varför vegetativ förökning skall ses som motstående en massa andra intressen och i så fall varför det skall vara den vegetativa förökningen som alltid skall ge vika. Den variant av klonskogsbruk som föreslås av MINT är en mycket ”oförargligare” form av klonskogsbruk än klonskogsbruk med en eller ett fåtal testade kloner, vilket nog legat i bakgrunden när de nuvarande gränserna sattes, så det finns ett mycket gott skäl att minska på restriktionerna eller kanske helt ta bort dem, om detta blir den dominerande formen av klonskogsbruk. Men jag rekommenderar att vänta med omprövningar tills man ser klarare detaljerna av vad som verkligen realiserats. En testning av SE-kloner för att skogsbruket då ansåg att ett fåtal testade kloner var enda sättet att tillgodogöra sig vinsterna av vegetativ förökning har knappast kommit i backen innan vinden vänder och testade kloner helt försvunnit som huvudspår. Visserligen är detta en ändring jag tycker är helt riktig, men man måste ändå ha en viss motståndskraft mot tvära och ganska slumpmässigt tillkomna inspel innan man ändrar regelverket. Merkostnaden för vegetativ förökning är mest motiverad på höga boniteter med korta omloppstider, och dessa återfinns nog ofta på f.d. jordbruksmark. Man skulle kunna ha klonskogsbruk utan restriktioner (utan att det räknas in i de lagliga högsta gränserna) på nedlagd jordbruksmark, där skogsodling ändå är en radikal ändring av tidigare markanvändning. Det finns dock en aspekt som kan motivera ändrade regler och det är att regleringen rör alla trädslag och odling av vegetativt förädlad löv – framförallt hybridasp – kan expandera och regleringen kan bli lokalt begränsande av detta skäl. Man skulle alternativt kunna göra en regeländring så att man inte räknar in löv (hybridasp) i begränsningarna för klonskogsbruk, eftersom det finns goda skäl att stimulera till en ökning av lövandelen på granens bekostnad, och dessa skäl är nog starkare de närmaste decennierna än eventuella risker med klonskogsbruk av löv. Man skulle också kunna bestämma sig för att inte räkna in klonplanteringar före 2011 i de fem procenten, då ger man en viss belöning till de som gått före och gett underlag för erfarenhetsuppbyggnad!

När det gäller genetik kopplat till variation inom art i mer biologisk bemärkelse så är utredningen bara något så när utförlig när det gäller poppelodlingarnas genetik. *Poppel i Sverige har problem med anpassning till klimatet och är känslig för diverse allvarliga svampsjukdomar (t.ex. Melampsora, Septoria, Marsonia, Xanthomonas och Pseudomonas). Det är därför viktigt att testa olika material i långsiktiga fältförsök för urval av kloner. Idag används främst klonen OP42 (P. maximowiczii × P. trichocarpa) vid nyetablering av poppelodlingar. Den har visat mycket hög medeltillväxt. Det finns dock ett flertal lokaler där den drabbats kraftigt av frostskeador och av sjukdomar vid 12 – 15 års ålder. Produktionen är i det senare fallet emellertid så bra att den ändå verkar lönsam, trots att bestånden i vissa fall måste avvecklas tidigt.*

Det finns inget idag kommersiellt tillgängligt skogsodlingsmaterial för poppel i Sverige. Storskalig odling har hittills inte förekommit i Sverige. Odling av poppel är ingen väl

beprövad skötselmetod. Omfattande FoU-insatser kommer att erfordras om poppel skall odlas i stor skala.

DL kommentar: Det är anmärkningsvärt att den kommersiella poppelodlingen inte kommit förbi stadiet att massanvända en enda sedan länge utnyttjad klon utan att lyckats utvidga klonportföljen. Det är troligt att de allvarliga problemen med svampsjukdomar och kanske också anpassningsproblemen har att göra med att man så hårt inriktat sig mot ett skogsbruk utan genetisk variation och utan att regelbundet byta klon av en gröda som har mycket längre omloppstid än jordbruksväxter. Detta har påpekats många decennier, men verkar inte givit någon effekt (samma påpekanden har begränsade effekter på Salix). Samtidigt demonstrerar det att ett genetiskt variationsfritt skogsbruk kan leda till kommersiell framgång och föredras av markägarna, även om farhågor om känslighet skadegörare besannas.

Utredningsarbetet (Bilaga 5)

Uppdraget

Regeringen gav Skogforsk ett uppdrag via Formas rörande skogsträdsförädling (regeringsbeslut Jo2008/1883). Inom ramen för detta har Skogforsk bett Dag Lindgren om assistans med ett avsnitt för att: ”belysa vilka effekter som en ökad användning av förädlad plantmaterial kan komma att ha på den genetiska variationen och plantornas känslighet för skadegörare”. Det är Dag Lindgren som (på delegering från Skogforsk) är ansvarig för texten i detta dokument.

Dag Lindgren: Professor i skogsgenetik vid Sveriges Lantbruksuniversitet sedan 1977. Dag Lindgren var Sveriges enda tjänstgörande professor i skogsgenetik (eller liknande) och ”fakultetsprofessor”, men sedan 091001 pensionerad. När detta skrivs finns inte någon i Sverige som tjänstgör som professor i skogsgenetik eller kan förutses göra det före hösten eller har motsvarande funktioner. Dag Lindgren har hemtelefon 090 193860, email Dag.Lindgren@genfys.slu.se, hemsida: http://www-genfys.slu.se/staff/dagl/HomePage/DagL_HomePage.htm

Referensgrupp: Prof. Martin Lascoux, Uppsala Universitet; Prof. Nils Ryman, Stockholms Universitet; Prof. Outi Savolainen, Uleåborgs Universitet; Referensgruppen har haft möjlighet att ge synpunkter under utredningens gång, men har inget formellt ansvar för den slutliga utformningen.

Sammanträden

Utredningen med referensgrupp hade ett sammanträde på Arlanda 090511. Deltagare var Martin Lascoux, Dag Lindgren, Nils Ryman, Outi Savolainen, Ola Rosvall, Bo Karlsson och Sanna Black-Samuelsson. Det pågående utredningsarbetet har diskuterats vid Skogsstyrelsens centrala frö och plantråd 090429 och 091125 och därefter av den referensgrupp Skogforsk har för Skogforsks regeringsuppdrag.

Avgränsningar

- Ej främmande arter (dessa tas upp i andra sammanhang, t.ex. MINT och det finns t.ex. en ”ekologisk konsekvensbedömning” om contorta).
- Nästan enbart gran och tall (de dominerar skogsplantproduktionen och skogskulturer).
- Inte genbevarande mer än perifert.
- Svensk skog (och relevanta paralleller), erfarenheter skall vara tillämpbara i Sverige.
- Ganska lite om klonskogsbruk, det behandlas utförligt i MINT, det tillämpas nästan inte alls idag. Det finns en ”ekologiskt konsekvensbedömning” (Sonesson m.fl., 2001), där det rekommenderas en ytterligare utredning om det framkommer ett klart intresse att överskrida ungefär nuvarande begränsningar (5 % av ett skogsmarkinnehav).
- Inte GMO. Det är uppenbarligen inte aktuellt i svenskt skogsbruk, och kommer säkert att ventileras mycket i andra sammanhang innan det blir det.

- Lite ”molekylär förädling”, vad många lägger in i molekylär förädling används inte i svensk förädling idag och detta är inte rätta platsen för en genomgång av möjligheter.
- Har inte brytt mig så mycket om ”ökad användning”. Användningen är redan idag omfattande, det är väl snarare effekterna av en omfattande användning som skall belysas.
- Definitionen på skogsmark har nyligen ändrats, men detta har inte slagit igenom i alla siffror i detta dokument.

Utländska och flyttade provenienser berörs även om avsikten inte är att det skall vara en slutlig eller fullständig behandling. Det är svårt att diskutera genetisk variation i förädlad material fristående från utländska ursprung. Frågan har fått ökad aktualitet genom införandet av nya enhetliga regelverk och diskussionen som föregått dem och den verkar inte vara under behandling av någon annan, och någon bra modern allsidig sammanställning finns inte.

Målgrupp

Formellt och i viss mån reellt är ”målgruppen” förstås regeringen. Men operativt finns det säkert ytterligare läsare och min avsikt är att det skall behandlas av några grupperingar även utan regeringens initiativ. Det är svårt att uttrycka vilka dessa ytterligare målgrupperna är. Delar av texten skall passa som grundmaterial för ett vidare auditorium än skogsgenetikspecialister. Följande målgrupper har jag tänkt mig:

- De som gör kunskapspopulariseringar riktade mot olika grupper;
- De som är intresserade av skogsbrukets konsekvenser, både professionella forskare och andra med hyggliga bakgrundskunskaper;
- Professionella forskare inom skogsgenetik och angränsande områden;
- Skogsforsks förädlare och rådgivande organ för den gröna sektorn;
- Skogsstyrelsens skötsel och genetik inriktade aktiviteter och centrala frö och plantråd;
- Naturvårdsverkets speciella skogsgenetik och skogsskötsel funktioner.

Andras möjlighet att kommentera och bidra till utredningsarbetet

Från våren till utgången av 2009 skrevs utkastet till denna utredning på webben tillgängligt för världen, och först i januari började utredningstexten skilja sig i små detaljer från vad som legat på webben allmänt tillgängligt. Vem som helst har kunnat kommentera. Bl.a. har referensgruppen, CFOP:s ledamöter och deltagarna i ett möte om främmande arter och gener 090519 direkt uppmanats att utnyttja möjligheten att kommentera.

På svenska

Jag tyckte att detta dokument inte riktar sig till en internationell publik. Det är inriktat på svenska förhållanden och inte så genomarbetat i ett internationellt perspektiv och inte avsett för internationell spridning (även om jag räknar med att några svenskspråkiga skogsgenetiker och förädlare i grannländerna är intresserade).

Tid

Uppdraget till regeringen skulle vara klart 10-03-31, fast Formas ville ha det till 10-02-28 f.v.b. Jag har arbetat med denna text från slutet av 2008 till början av mars 2010.

MINT

Frågor om skadegörare och en del andra problem med beröring till detta dokument tas upp i MINT. Jag har därför redovisat MINT och mina synpunkter på MINT i bilaga 4.

Tack

Jag har tagit och haft en del kontakter och i en del fall fått hjälpfulla och ibland mycket hjälpfulla kommentarer. Referensgruppen och andra bl.a. från Skogforsk och ledningen av Skogforsks regeringsuppdrag gav många värdefulla synpunkter och har grovläst manuskriptet.

Kommentarer

Det verkar inte finnas motsvarande utredningar/dokument till det här i omvärlden. Jag har upprättat en web i anslutningen till detta dokument. Det är min avsikt att behålla och underhålla den några år framåt (givet att min f.d. arbetsgivare SLU accepterar detta). URL är: http://www-genfys.slu.se/staff/dagl/GenetiskVariation/genetisk_variation.htm

Skogsgenetiska termer och ordförklaringar (Bilaga 6)

Fast texten i huvuddel är populär finns det en del fackuttryck. Skogsgenetisk ordlista på svenska finns på: http://www-genfys.slu.se/staff/dagl/Glossaries/Skogsgenetisk_ordlista.htm och på engelska på: [English - Word](#)

Det är på gång en Skogsenencyklopedi på svenska, en ny version av en äldre <http://libris.kb.se/bib/8375672>, som kommer att bli tillgänglig på nätet, förmodligen åtminstone delvis till sommaren 2010, denna kommer att omfatta också skogsgenetik och på de flesta punkter vara fylligare än den ordlista jag bifogar här. Nedan är huvuddelen av de termer som finns i denna utredning och en del andra.

Abiotisk, det som inte är levande. Abiotiska företeelser är t.ex. vatten och väder och processer som inte åstadkoms av levande organismer.

Adaptation, processen att bli anpassad.

Additiv genverkan, till den del genernas verkan kan adderas betecknas detta som additiv genverkan.

Additiv varians, (additive variance) förädlingsvärdenas varians, den additiva variansen är den för urvalsförädling tillgängliga genetiska variansen.

Allel, en av två eller flera former av en gen som förekommer i ett lokus; är allelernas antal större än två bildar de ett system av **multipla alleler**. Varje kromosom innehåller endast en av allelerna.

Allmän kombinationsförmåga, (GCA, general combining ability), en individs värde grundat på dess avkommors medelvärde om de paras med resten av populationen.

Anpassning, är graden med vilken en individ kan leva och fortplantas under bestämda miljöförhållanden, den ställs alltid i relation till andra individer av samma art. Anpassning vill professionella genetiker och biologer ofta tolka Darwinistiskt, d.v.s. det är en fråga om förmåga att föra avkomma vidare. Skogsbrukare och skogsgenetiker inriktade på träd med lång omloppstid tolkar anpassning som överlevnad, skogsproduktion och hälsa, vilket nog i praktiken kan ses som samma tolkning som den darwinistiska, och det darwinistiska begreppet är ju knappast operativt i situationer när skogsodling är viktigt. Det moderna skogsbruket avbryter trädens liv långt innan den avkommealstrande perioden är över för de genetiskt reproduktivt framgångsrikaste träden. Däremot klonförökas träd i fröplantager och blir därmed enormt reproduktiva, och en minskande del av den faktiska reproduktionen kommer från träd i skogen. I princip strävar skogsträdsförädling efter låg reproduktionsförmåga, eftersom detta ger mer allokering till värdefull stamved. I praktiken är tidig och riklig reproduktion en fördel i fröplantager och förädling så det faktiska urvalet är nog för och inte emot reproduktionsförmåga. Kanske de två mekanismerna jämnar ut varandra. Det är inte meningsfullt att försöka göra en exakt definition för detta dokument och förmodligen har det ingen nämnvärd praktiskt skillnad i detta dokument. Dock strävar dokumentet att använda anpassning i den mening som är vanligast bland svenska skogsträdsförädlare. Inom denna utrednings område är distinktionen oväsentlig mellan olika synsätt bl. a hur skogsbruket och hur biologer ser det och anpassning anges fast det inte menas exakt samma sak på alla ställen.

Artificiell korsning, honblommor isoleras innan de är receptiva för att förhindra pollinering med okänt pollen. När de är receptiva besprutas honblommorna med känt pollen.

Avelsvärde = förädlingsvärde, (breeding value, BV). Värdet av en individ som förälder, den del av en individens genotyp som är oberoende av andra delar och därför additiv och överförbar. Avelsvärdet är dubbla allmänna kombinationsförmågan.

Avkommeprövning Syftar ofta på att man bedömer ett plusträd på grundval av dess avkomma.

Bestånd, en geografiskt avgränsad samling av träd som sköts på ett likartat sätt, ofta kan de träd av en art som ingår i ett bestånd betraktas som en population.

Beståndsfrö, Frö som insamlats i skogsbestånd, sätt ofta i motsats till ”förädlad frö” från fröplantage. Beståndet kan vara vildväxande ”naturligt”, men också en kulturskog. Kvaliteten hos beståndsfrö varierar beträffande fysiologisk och genetisk kvalitet. Beståndsfrö av gran och tall samlas oftast från avverkade bestånd. Beståndsfrö har olika förutsättningar att växa på en plats delvis beroende på vilket geografiskt område som fröet kommer ifrån. Därför anger Skogsstyrelsen gränser för hur beståndsfrö får förflyttas.

Blomningsstimulering, Metoder för att få träd att blomma tidigt och rikligt. Torkstress, värmebehandling och hormoninjektioner är metoder som prövats.

Bulksticklingar, bulk syftar på att många kloner blandas okontrollerat, exempelvis tillhörande samma korsningsfamilj, se stickling.

Crossing over, överkorsning, utbyte under meiosen av gener mellan kromosomerna i ett kromosompar. Crossing over åstadkommer därmed omkombination av arvsanlag inom kromosomer, vilket bidrar till genetisk variation.

Diploid, (2n), en individ med två homologa kromosomuppsättningar.

Diversitet, mångfald, ekologisk term, används ofta för att uttrycka artrikedom, men genetisk diversitet kan också uttrycka mångfald inom en art eller population.

Dominans, samspel mellan alleler på homologa loci, graden av heterozygotens avvikelse från medelvärdet av respektive homozygoter.

Dominant, den av allelerna hos en heterozygot som i högre grad sätter sin prägel på individen än den andra allelen, som då betecknas som recessiv; om A är dominant över a kommer AA och Aa att ha samma fenotyp.

Effektiv populationsstorlek, (effektivt antal) En population kan karaktäriseras av storleken av en ideal population med slumpmässig avkomma, men konstant storlek som i något avscende betar sig likadant som den aktuella populationen. Detta kan vara inavelsökning eller drift i genfrekvenser över generationerna. Det kan också vara det genomsnittliga släktskapet i ett givet ögonblick (Status nummer).

Ekoklin, ärftlig anpassning längs en miljögradient.

Ekotyp, grupp av individer inom en art som har en viss ärftligt anpassning till en bestämd ståndort.

Epistas, samspel mellan gener i olika loci.

Eukaryot, en organism vars celler, till skillnad från bakterier, innehåller en cellkärna och embranbundna organeller. Svampar, alger, protozoer, högre växter och djur är alla eukaryoter.

F₁-generation, avkommor efter korsning mellan två föräldrar, avkommor efter korsningar mellan F₁-individer betecknas som F₂ osv. F står för filial generation.

Fenologi, ungefär ”årsrytm”.

Fenotyp, summan av en viss genotyps egenskaper vid ett visst tillfälle. Fenotypen utgör genotypens reaktion med miljön; fenotyp = genotyp + miljö.

Fertilitet, en individs förmåga att få avkomma.

Fitness, ett uttryck för en individs bidrag till nästa generation.

Fixering av alleler, när endast en allel finns kvar i en population trots att det fanns flera från början.

Fotoperiod, daglängd, den ljusa delen av dygnet; motsatsen = nattlängd.

Fotoperiodisk reaktion, är en typ av förändringar som initieras av förändringar i förhållandet daglängd/nattlängd.

Fri avblomning, (open pollination, wind pollination) pollinering som sker utan mänsklig påverkan, kan inkludera självpollinering.

Fröplantage, anläggning för att producera genetiskt högvärdigt frö.

Fylogeny, den evolutionära historien av en grupp organismer eller gener.

Fytotron, en serie klimatkamrar i vilka olika miljöfaktorer såsom daglängd, ljusintensitet, temperatur och luftfuktighet kan regleras.

Förädlingsvärde = avelsvärde, se detta ord.

Gamet, könscell (gameterna är haploida).

Gen, arvsanlag, den enhet som överför information från en generation till nästa; utgör ett DNA-segment av en kromosom; många gener består av 1) kodande sekvenser (exoner) som översätts till protein, 2) mellanliggande icke-kodande sekvenser (introner) 3) en reglerande del (promotor) som möjliggör översättningen (transkriptionen) och 4) änd- (stopp) sekvenser. Genen kodar ofta för en biokemisk funktion.

Genbank, samling av genotyper; pollenbank, fröbank, vävnadsodlingsbank, klonarkiv, genetiskt försök; bestånd, som har som en huvuduppgift att bevara genetiska resurser. Även administrativa funktioner för bevarande av genresurser ingår i genbanksbegreppet.

Gendiversitet, kan syfta på att gener som ligger på samma plats i genomet är olika eller att de är kopior av olika gener om man går en bit bak i stamtavlan. Man kan också kalla det alleldiversitet. I detta dokument används ofta sannolikheten att gener inte är kopior av samma gen längre bak i stamtavlan som ett kvantitativt mått på gendiversitet och genetisk diversitet.

Genekologi, läran om samspelet mellan genotyp och miljö.

Genetisk drift leder till slumpmässiga ändringar av genfrekvenser och fixering av alleler i små populationer.

Genetisk diversitet, genetiskt betingade olikheter, i striktare bemärkelse kan det syfta på skillnader i DNA som ligger på samma ställe i den genetiska koden.

Genetisk gallring, borttagning av genetiskt underlägsna individer från en fröplantage.

Genetisk struktur, fördelningen av den genetiska variationen mellan och inom populationer.

Genetisk varians, statistisk begrepp, den varians i en kvantitativ mätning som kan tillskriva genetiska faktorer.

Genetisk variation, att individer är genetiskt olika.

Genetisk vinst, genomsnittlig förbättring av avkomman jämfört med ursprungspopulationen.

Genflöde, individer från en population med en genfrekvens som skiljer sig från den i en annan population deltar i genereringen av avkomman i den andra populationen.

Genfrekvens, den frekvens med vilken en viss gen förekommer i en population, genfrekvenser uttrycks vanligen som fraktioner av 1.

Genom, (uttal genóm) kromosomuppsättning, könsceller hos diploida organismer har ett genom, polyploida arter har fler än två genom.

Genotyp × miljösamspel, något förenklat innebär det att olika genotyper ändrar rangordning från en miljö till en annan.

Genotyp, den ärftliga konstitutionen; ofta används termen för förhållandet i ett enstaka lokus, men kan också avse den totala effekten av en individs gener på en viss egenskap.

Genteknik innefattar olika tekniker för att i laboratoriet studera DNA och/eller RNA- molekyler för att få information om genernas struktur, funktion och hur de regleras samt överföring av gener mellan olika individer av samma eller olika arter.

GMO (GM), Genetiskt Modifierad Organism, organism som har fått sin arvs massa förändrad med hjälp av genteknik. DNA delar från olika källor kombineras ihop i en molekyl. DNAt kan härröra från helt olika organismer (transgena organismer), men även andra typer av omstuvningar av DNA kan förekomma. Denna nedärvs sedan på ett normalt sätt från förälder till avkomma. Begreppet genetiskt modifierad organism har blivit allmänt känt i samband med genetiskt modifierade växter som odlas för livsmedelsproduktion. GMO är ett viktigt hjälpmedel i forskning. Tillämpning i skogsbruk är mycket kontroversiell och några fleråriga fältförsök har 2010 inte förekommit i Sverige.

Grundstam, planta som används vid ympproduktion. På grundstammen ympas en kvist från ett plusträd.

Halvsyskonfamilj, plantor med samma moder, men olika fäder, t.ex. skörd från ett enstaka träd.

Haploida kromosomtalet (n), antalet kromosomer i en haploid cell. Könscellerna är haploida; barrträdens s.k. frövit är en haploid vävnad.

Hardy-Weinbergs lag, ger genotypfrekvenserna som förväntas hos en population efter en generation av slumpmässig parning, genotypfrekvenser som funktion av genfrekvenser för en population i jämvikt.

Helsyskonfamilj, plantor med samma mor och far, vanligen resultat av en kontrollerad korsning.

Heritabilitet, betecknas med h^2 och är definitionsmässigt additiv varians/fenotypisk varians. Heritabiliteten för en viss egenskap utgör en skattning av överensstämmelsen mellan besläktade individer och antar värden mellan 0 och 1.

Heterosis, förekomst av ökad storlek och vitalitet hos hybrider jämfört med föräldrarna eller föräldrapopulationen.

Heterozygot, individ som bildar mer än ett slags könsceller beroende på att samma lokus hos ett par homologa kromosomer innehåller olika alleler.

Homologa kromosomer, kromosomer som är identiska ifråga om storlek, form och locus, men där allelerna kan vara olika så att t.ex. *A* finns i den ena homologen medan *a* finns i den andra. Diploida organismer har par av homologa kromosomer.

Homozygot, förekomst av samma alleler i samma lokus hos homologa kromosomer.

Hybrid, avkomma efter korsning mellan ärftligt olika föräldratyper (det kan röra sig om olika arter, olika raser, eller olika förädlingslinjer).

Hybrid-DNA, består av en DNA-molekyl som framställts i laboratoriet genom att sammansmälta DNA-sekvenser som normalt inte hör samman.

Härkomst (frökälla, seed source) avser varifrån materialet mer direkt kommer, växtplatsen för modern, t.ex. tallfröplantagen Västerhus kan vara en härkomst. Begreppen ursprung och härkomst används ofta inom skogsgenetik och legala texter med anknytning till skogsgenetik. Distinktionen ger lätt upphov till förvirring.

Inavel, (inbreeding) korsning mellan besläktade individer eller självbefruktning.

Inavelsdepression, nedsättningen av vitaliteten efter inavel.

Inavelskoefficient, (F) är en skattning av sannolikheten att två alleler i samma locus i de båda homologa kromosomerna i en individ är identiska genom arv, d.v.s. härstammar från en och samma gen hos en gemensam förfader.

Inkompatibilitet, hinder för korsning mellan två individer så att befruktningen uteblir. Termen används även för att beteckna att sammanväxning av ympkvist och underlag ej kommer till stånd av biologiska skäl.

Isozymer (även isoenzymer eller allozymer), enzym som finns i flera molekylärt olika former, men med likartad funktion.

Klin, ärftlig anpassning längs en miljögradient.

Klon, genetiskt identiska individer åstadkomna genom vegetativ förökning, ympar, sticklingar, rotskott.

Klonskogsbruk, skogsbruk med utnyttjande av genetiskt lika individer, vanligen genom vegetativ förökning med sticklingar eller somatisk embryogenes.

Koppling, innebär att generna inte nedärvs oberoende av varandra utan som om de vore kopplade, vilket beror på att de är belägna på samma kromosom; ju kortare avståndet är mellan två gener desto starkare koppling.

Kopplingsjämvikt, förhållanden mellan genotypkombinationer av alleler i olika loci är inte vad slumpen skulle förväntat åstadkomma. Den vanliga tolkningen är att det rör sig om kopplade loci som ligger nära varandra i samma kromosom.

Korsbefruktning, motsats till självbefruktning, korsning mellan icke besläktade individer.

Kritisk nattlängd för knoppsättning, den nattlängd vid vilken 50 % av plantorna i ett material bildat toppknopp.

Kromatid, dotterhalva av kromosom.

Kromosom, (eg. färgkropp) bärare av arvsanlagen, dess DNA har förmåga till exakt självreproduktion; förekommer i cellkärnan hos högre organismer. De DNA-strängar som förekommer i mitokondrier och kloroplaster är enklare strukturellt.

Kryolagring, lagring i mycket låg temperatur för att konservera livskraften, man tänker i första hand på somatisk embryogenes.

Kvantitativ genetik. Syftar huvudsakligen på mätningar, relationer mellan, förutsägelser av eller ändringar i kvantifierbara egenskaper ur genetisk synpunkt (exempelvis avelsvärde, heritabilitet, genetisk korrelation, inavel, släktskap).

Kvantitativ nedärvning, gener i många loci påverkar egenskapen, varje gen har en ringa påverkan.

Locus (plural **loci**), bestämd position (ställe) på en kromosom där en gen är belägen.

Lokalproveniens, syftar för skogsodlingsmaterial av lokal härkomst med förmodat ursprung nära lokalen, men hur nära som lokalt innebär är inte närmare specificerat.

Lågdiversitetskogsbruk, används i detta dokument för typer av skogsbruk som har medvetet låg genetisk variation. Det mest drastiska fallet är ett bestånd som består av träd som är av en enda klon och saknar genetisk variation. Mindre drastiska fall är en blandning av några få kloner; en helsyskonfamilj eller en skörd från en enda klon i en fröplantage (halvsyskonfamilj).

Massförökning, för att skogsträdsförädlingens frukter skall komma till praktiskt utnyttjande måste det förädlade materialet massförökas. Detta sker sexuellt i fröplantager, men också vegetativt med sticklingar eller i framtiden vävnadskulturer.

Maternell effekt, den del av moderns påverkan som inte kan tillskrivas överföring av moderns nukleära gener till avkomman. Frövikt kan vara maternellt betingad.

Meios eller reduktionsdelning, den celledning som leder till bildning av de haploida könscellerna.

Mendels lagar, förklarar uppkomsten av bestämda kategorier med bestämda frekvenser av individer med specifika egenskaper. Lagarna gäller för såväl kvalitativ nedärvning som kvantitativ nedärvning, men är vanligen omöjliga att upptäcka för de senare.

Mitokondrie, en organell, ca $1-3 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$, som finns i alla eukaryota celler. Mitokondrierna är energifabriken i cellen och innehåller bl.a. enzymer för de slutliga reaktionerna med vilka organiska material oxideras till koldioxid och vatten. DNA-strängarna i mitokondrierna innehåller ca 60 gener.

Molekylär förädling, tekniker för att använda molekylära metoder i förädlingen. Molekylära markörer kan användas för föräldraskapsbestämningar och att se var i genomet gener som påverkar organismen är belägna. Med genteknik kan det vara möjligt att åstadkomma riktade genetiska förändringar.

Molekylär klocka, i arvmassan ansamlas mutationer med ungefär samma hastighet under evolution. Man kan därför med molekylär analys få en uppfattning om ungefär hur länge sedan arter eller raser differentierades.

mRNA (messenger RNA), den information som finns lagrad i DNA översätts via transkription till mRNA som i sin tur, via translationen, för informationen vidare till ett protein.

Multipla alleler, se allel.

Multiple Population Breeding System (MPBS), genresurspopulationen delas upp i ett antal underpopulationer, som utsätts för olika urval.

Mutation, plötslig ärftlig förändring; kan bero på en strukturell kromosomförändring eller kemisk förändring i DNA.

Naturligt urval förutsätter att det finns en ärftligt betingad fenotypisk variation som ger olika anpassning, vilket leder till att avkomman skiljer sig genetiskt från föräldragenerationen.

Parcell, den minsta självständiga försöksenheden.

Plasticitet, den fenotypiska plasticiteten utgör den amplitud samma genotyp, familj, population, proveniens uppvisar under olika odlingsförhållanden; Den evolutionära (genetiska) plasticiteten ger möjlighet till framtida evolution.

Plastid, en organell i växtceller som genom fotosyntes bildar och/eller förvarar bl.a. kolhydrater. Plastider som innehåller den gröna pigmenten klorofyll kallas för kloroplaster och utför fotosyntesen. DNA-strängarna i plastiderna innehåller ca 120 gener.

Plusträd, utvalt träd med överlägsen fenotyp.

Polycross, artificiell pollinering med en blandning av pollen.

Polyloid, organism med mer än två kromosomuppsättningar.

Polyploidi, förekomst av en serie olika kromosomtal, som utgör multipler av ett tal (grundtal).

Population, vanligen en samling individer från ett avgränsat område och som har en viss grad av anpassning till sin växtplats. Notera att population ofta syftar på något som förändras över tiden.

Populationsgenetik. Fokuserar på gen- och genotyp frekvenser i populationer och deras ändringar.

Proveniens, population eller grupp av individer av samma art förekommande inom eller härstammande från ett med större eller mindre noggrannhet angivet område.

Receptivitet, mottaglighet, det stadium hos en blomställning eller enskild blomma då denna är mottaglig för pollen.

Recessiv, allel som kommer till uttryck endast i homozygot form; döljs i närvaro av dominant allel.

Reciproka korsningar, omkastning av fader och moder; korsningen $A \times B$ är reciprok till $B \times A$ (modern sätts vanligen först i denna typ av uttryck).

Regulatorgen, en gen som reglerar en annan gens aktivitet. Många regulatorgener kodar för transkriptionsfaktorer, vilka är proteiner som binder till promotorområdet och påverkar hur aktivt genen transkriberas till mRNA.

Repetitivt DNA, innebär att vissa sekvenser av DNA återkommer många gånger i det haploida genomet, t o m upp till en miljon gånger och utgör hos barrträdsarterna 70–80 % av det totala DNA.

Ribosom, en cellulär partikel, bildad av proteiner och RNA, där mRNA translateras till protein.

Selektionsdifferential, skillnaden mellan medelvärdet i den utvalda delen av en population och utgångspopulationens medelvärde.

Selektionsintensitet Selektionsdifferentialen uttryckt i utgångspopulationens standardavvikelse.

Självfertilitet, självbefruktning ger upphov till en avkomma.

Självpollinering, innebär att pollen från den egna individen ombesörjer pollineringen.

Självsterilitet, oförmåga att ge en avkomma vid självbefruktning.

Skräp-DNA, DNA som förmodligen saknar funktion.

Specifik kombinationsförmåga, innebär att vissa par av föräldrar vid samkorsning ger en avkomma som starkt avviker, positivt eller negativt, från vad förväntas med ledning av deras allmänna kombinationsförmåga (se detta ord).

Stambrev, skogsodlingsmaterial får saluföras endast om det finns stambrev för materialet. I Sverige utfärdas stambrev för frö producerat i Sverige, skogsodlingsmaterial importerat från land utanför EU samt för växtdelar. Stambrev utfärdas av Skogsstyrelsen efter ansökan. Stambrevet är ett certifikat innehållande uppgifter om skogsodlingsmaterialets härkomst. Syftet är att säkerställa härkomstuppgifterna samt att markägaren i framtiden, via uppgifterna i stambrevet, ska kunna identifiera sitt bestånds härkomst. För att få stambrev för svenskt frö krävs att det kommer från en godkänd frökälla och att det finns insamlingsintyg och i förekommande fall klängningsintyg. Ansökan ska göras på särskild blankett inom en månad efter insamling alternativt klängning.

Sticklingar, (vanligen) avskurna stam-, gren- eller rottdelar med eller utan blad, vilka kan användas för vegetativ förökning av växter antingen genom att de sticks ned i jord

eller annat lämpligt odlingssubstrat för att slå rot och bilda ny planta eller ympas på annan växt. En stickling ger upphov till en ny planta med identiskt samma genetiska konstitution som ursprungsplantan. En uppsättning sticklingar från samma moderväxt kallas en klon. Används nu i begränsad skala för direkt utplantering i skogsmark, s.k. klonskogsbruk. Vid energiskogsodling används uteslutande sticklingar vid planteringen.

Strobilus, blomställning.

Termoperiod, en under dygnet regelbundet växlande temperatur (t.ex. 20° C dagtemperatur och 10°C nattetemperatur).

Tetraploid, (4n) en individ med fyra homologa kromosomuppsättningar.

Transgen växt, till växten har överförts en gen med hjälp av genteknik.

Triploid, (3n), en individ med tre homologa kromosomuppsättningar.

Upprepat urval, återkommande urval som ingår i ett cykliskt förädlingsprogram.

Ursprung (origin) avser varifrån ett materials gener ursprungligen härstammar, det kan t.ex. vara Harz i Tyskland eller Belarus. Men när man går längre tillbaka än moderträd så uppstår osäkerhet, de olika förfäderna behöver inte stå på samma växtplats, och ju längre tillbaka man går, ju mer heterogent blir ursprunget, och ju mer kan också de ärftliga egenskaperna ha påverkats på vägen.

Zygot, cell som bildas genom sammansmältning av en äggcell och en pollencell.