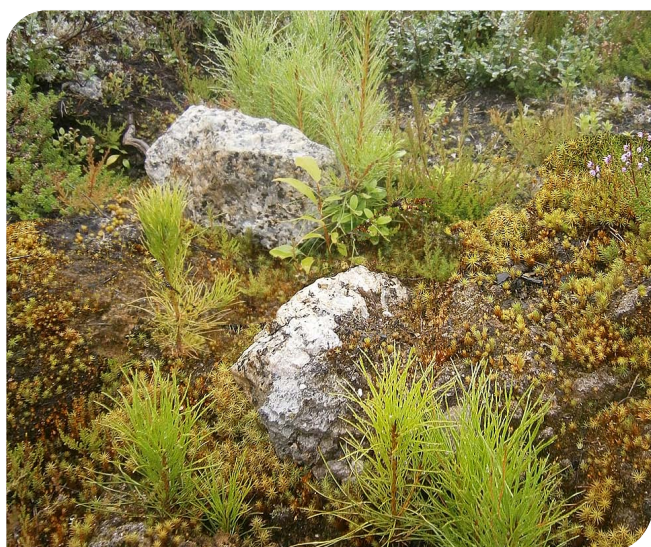


SÅDD



Skogsskötselserien är en sammanställning för publicering via Internet av kunskap om skogsskötsel utan ställningstaganden eller värderingar.

Texterna har skrivits av forskare och har bearbetats redaktionellt både sakligt och språkligt. De är upphovsrättsligt skyddade och får inte användas för kommersiellt bruk utan medgivande.

I Skötselserien ingår:

1. Skogsskötselns grunder och samband
2. Produktion av frö och plantor
3. Plantering av barrträd
4. Naturlig föryngring av tall och gran
5. *Sådd*
6. Röjning
7. Gallring
8. Stamkvistning
9. Skötsel av björk, al och asp
10. Skötsel av ädellövskog
11. Blädningsbruk
12. Skador på skog
13. Skogsbruk – mark och vatten
14. Naturhänsyn
15. Skogsskötsel för rekreation och friluftsliv
16. Produktionshöjande åtgärder
17. Skogsbränsle
18. Skogsskötselns ekonomi
19. Skogsträdsförädling
20. Slutavverkning

Skogsskötselserien har tagits fram med finansiering av Skogsstyrelsen, Skogsindustrierna, Sveriges lantbruksuniversitet och LRF Skogsägarna. Bidrag har även lämnats av Energimyndigheten för behandling av frågor som rör skogsbränsle och av Stiftelsen Skogssällskapet.

Omarbetningar (revisioner) för att ta fram andraupplagor har till stor del även bekostats av Erik Johan Ljungbergs Utbildningsfond och Stiftelsen Skogssällskapet.

Skogsskötselserien – Sådd

Första upplagan, november 2008

Andra omarbetade upplagan, september 2013

Författare:

Urban Bergsten, SkogDr, professor i skogsföryngring

Kenneth Sahlén, SkogDr, docent i skogsskötsel

© Urban Bergsten, Kenneth Sahlén och Skogsstyrelsen

Redaktör: Clas Fries

Typografisk formgivning: Michael Ernst, Textassistans AB

Grafisk profil: Louise Elm, Skogsstyrelsen

Diagrabearbetning, layout och sättning: Bo Persson, Skogsstyrelsen

Foto omslag: sådd contortatall, Clas Fries

Utgivning: Skogsstyrelsens förlag, www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien

Innehåll

SÅDD.....	5
Flexibel och effektiv föryngringsmetod.....	8
Målstyrd föryngring.....	12
Kott och frö.....	14
Insamling och behandling av kott.....	14
Prognoser för kottmängd och frömognad.....	14
Angrepp av insekter och svampar på frö i kott.....	15
Insamling och klängning av kott.....	16
Rensning och avvingning.....	16
Fröanalyser.....	17
Frölagring.....	17
Fröegenskaper och såddresultat.....	18
Frökonditionering.....	19
Fraktionering.....	19
Bortsortering av ej produktivt frö.....	20
Vitalitetstest och vitalisering.....	21
Val av frömaterial för sådd.....	22
Tall och gran.....	22
Contortatall är lämplig för sådd.....	23
Björkfrön är känsliga.....	23
Predation på ek och bok.....	24
Förflyttning av skogsodlingsmaterial.....	24
Sådd med plantagefrö.....	25
Handel med kott och frö.....	25
Ståndorten.....	26
Marken.....	26
Uppfrysning dödar groddplantor.....	28
Klimatet.....	31
Makroklimat.....	31
Mikroklimat.....	32
Vegetationskonkurrens och allelopati.....	34
Predation.....	35
Svampar.....	35
Praktisk sådd.....	37
Markbehandling.....	37
Principer för markbehandling.....	38
Konventionell markberedning.....	38
Fräsning.....	38
Hyggesbränning.....	38
Mikroreparering.....	39
Markbehandlingens effekter för sådd.....	39
Markberedning för sådd i praktiken.....	41
Uppföljning av markberedningsresultatet.....	42
Såddutrustning.....	44
Maskinell utrustning.....	44
Manuell utrustning.....	47

För- och nackdelar med manuell och maskinell sådd	49
Såddens utförande	48
Såddtidpunkt	48
Metoder	49
Utförare och planering	50
Fröanskaffning och förvaring.....	51
Frögivans storlek kan beräknas.....	52
Dokumentera utförd sådd.....	52
Uppföljning, analys och kompletterande åtgärder	53
Såddens ekonomi	56
Frökostnad.....	56
Anläggningskostnad.....	57
Förväntade såddresultat	58
Hjälpkultur och omkultur.....	60
Plantbeståndets utveckling och skötsel.....	61
Plantröjning.....	61
Röjning eller skörd i ung skog.....	61
Beståndets fortsatta utveckling	62
Litteratur	63

SÅDD

En väl fungerande såddmetod kan vara att föredra framför naturlig föryngring bland annat för att förädlat plantagefrö kan användas. Man är inte heller beroende av bra fröår och av att det finns fröträd av lämpligt antal och kvalitet.

Kott och frö

Avgörande för tillgången på frö, och därmed möjligheterna att tillämpa sådd, är de reproduktiva processerna hos träden. Fröskördens mängd och kvalitet påverkas av temperaturklimatet och sjunker mot norr och högre höjd över havet.

Ståndorten

Resultatet av sådden bestäms av samspelet mellan fröns egenskaper och förhållandena på ståndorten. Såddresultatet kan därför variera kraftigt till följd av att förutsättningarna för frögroning, groddplantornas tidiga tillväxt och invintring varierar mellan år och ståndorter.

Praktisk sådd

Tillgång till kapillärt stigande vatten är avgörande för frögroningen och groddplantornas etablering. Vattentillgången i ostörd markvegetation är i allmänhet otillräcklig för frögroning. Genom blottläggning av mineraljord, humusinblandning i mineraljorden, kompaktering, mikroreparering och övertäckning, kan fuktförhållandena för frögroning förbättras.

Såddutrustning

Såddutrustningar finns för såväl maskinellt som manuellt bruk. I såddens barndom var det vanligt med lokal utveckling av förhållandevis enkla såddredskap. Även dagens redskap är enkla i sin uppbyggnad.

Såddens ekonomi

Kostnaden för en frösådd är oftast betydligt lägre än för en plantering och består förutom arbetskostnad i huvudsak av kostnaden för markberedning och frö. Föryngringsfasen blir några år längre vid sådd än vid plantering (men kortare än vid naturlig föryngring under fröträd). Å andra sidan ger sådder vanligen ett bättre föryngringsresultat i plantantal. Det kan dock orsaka att en särskild plantröjning behöver utföras.

Plantbeståndets utveckling och skötsel

Tillvägagångssättet vid sådden påverkar hur beståndet utvecklas och vilken skötsel det kommer att kräva i framtiden. Valet av såddapparat och såddgiva kan till exempel vara avgörande för vilka röjningsinsatser som kommer att krävas.

Skogsföryngring från frö, främst i form av naturlig föryngring, har årligen utförts på ca 25 procent av skogsarealen under de senaste decennierna.¹ Vissa år har andelen varit så hög som närmare 50 procent. Från senare delen av 1990-talet har den sådda arealen ökat och inom vissa skogsbolag i norra Sverige används sådd, av främst tall och contortatall, på ca 20 procent av föryngringsarealen varje år.²

En väl fungerande såddmetod kan vara att föredra framför naturlig föryngring bland annat för att förädlat plantagefrö kan användas. Man är inte heller beroende av bra fröår och av att det finns fröträd av lämpligt antal och kvalitet. Vid sådd kan dessutom tidpunkten för fröspridning väljas så att väder och markbehandling blir gynnsamt för groningen. Ytterligare en fördel är att fröna kan placeras på markytan där betingelserna för groningen och tillväxt är bra.

Intresset för skogssådd har växlat sedan målinriktad skogsvård började tillämpas i Sverige. Vid trakthyggesbrukets introduktion under 1800-talet inriktade man sig i första hand på naturlig föryngring. Sådd av i huvudsak barrträd, och senare plantering, var ett viktigt komplement när den naturliga återväxten uteblev. Under det tidiga 1900-talets blädningsepok blev naturlig föryngring helt dominerande.

Efter andra världskriget fick sådden en renässans och många av dagens välslutna medelålders skogar har uppkommit efter sådd. Under slutet av 1950-talet blev plantering allt vanligare och har sedan dess varit det dominerande föryngringssättet. Bland annat fröbrist var en uttalad orsak till att sådd inte tillämpades under 1960-talet. Den såddmetod som används mest idag är *radsådd* (maskinell eller manuell) efter maskinell markberedning. *Fläcksådd* som var vanlig under 1950- och 1960-talen används numera i liten utsträckning.

Även andra såddmetoder har prövats. I mitten av 1970-talet gjordes experiment med *konsådd*, där fröna på markytan skyddades av en 8 cm hög plastkon som gav bra groningsbetingelser och skydd mot predation. Fröätgången för ett acceptabelt föryngringsresultat kunde på så sätt minskas från 300–400 g/ha för oskyddad sådd till ca 60 g för konsådd.³ Metoden tillämpades endast i begränsad omfattning under några år i slutet av 1970-talet.

I syfte att ytterligare förenkla sådden testades *trattsådd*, i princip en dubbel kon som trycktes ner i mossan utan markberedning, och i vilken 4–6 frön såddes.⁴ Groning och överlevnad var acceptabla i försöksskala, men när metoden började tillämpas praktiskt blev resultaten mycket sämre och trattsådden upphörde i början av 1980-talet.

Under 1970-talet testades även en plastomsluten 10 cm x 10 cm stor platta av torv, försedd med frön i ett öppet hål på ovansidan.⁵ Resultaten var varierande. Bland annat kråkfåglar vält många plattor. Metoden fick ingen praktisk användning.

¹ Se: *Skogsskötselserien* nr 4 "Naturlig föryngring av tall och gran".

² Normark, E. och Rothpfeffer, C. 2011. *Riktlinjer för uthålligt skogsbruk*. Holmen Skog.

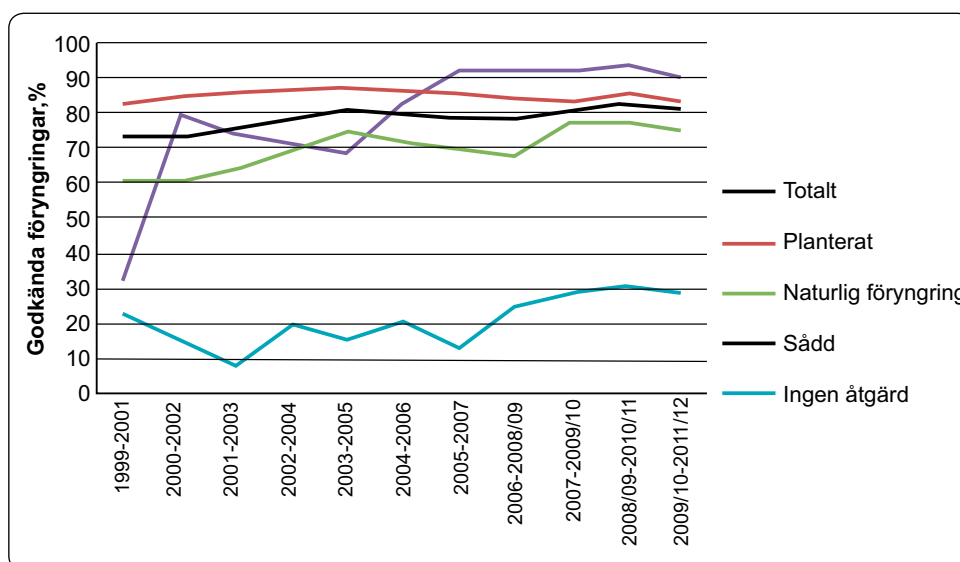
³ Hagner, M. och Sahlén, K. 1977. Sådd i plastkon på markberedd mark. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 75(1), s 59–89.

⁴ Hagner, M. och de Jong, A. 1982. Radsådd efter harvning. Umeå universitet, inst. för skoglig produktionslära. *Rapport* 122.

⁵ Hultén, H. och Sahlén, K. 1977. *Skogsodlingsanalys. Biologiskt resultat. Hasselfors delproj. 6217216–8*. Skogshögskolan, Stockholm.

En liknande idé, en *såddbrikett* eller *såddpuck*, har testats i fält med början 2007. Med ett frö i varje puck är förhoppningen att även relativt dyrt planta-gefrö ska kunna användas och att mekaniserad föryngring ska möjliggöras i ett senare utvecklingssteg. Tidiga resultat antyder att både plantbildning och tidig höjdtillväxt är bättre än för konventionell sådd^{6,7}. Från kostnadssynpunkt krävs betydligt högre plantbildning än vid exempelvis radsådd för att motivera användning av metoden men om utvecklingen blir framgångsrik kan resultatet bli en flexibel föryngringsmetod. Det bör till exempel bli tekniskt enkelt att föryngra med flera trädslag samtidigt genom att man bär med sig puckar som är förpreparerade med frön från olika trädslag.

Sådd har visat sig ge bra resultat vid praktiskt utförande. I Skogsstyrelsens återväxtinventering 5 år efter föryngringsavverkning i södra Sverige och efter 7 år i norra Sverige, överträffades skogsvårdslagens minimikrav i mer än 90 % av sådderna utförda efter millennieskiftet. För plantering var motsvarande andel 80 % och för naturlig föryngring 75 % (figur S1).



Figur S1 Andel godkänd föryngringsareal enligt skogsvårdslagens krav uppdelat på föryngringsmetoder. Skogsstyrelsens återväxttaxering 5 och 7 år efter föryngringsavverkning i södra respektive norra Sverige.⁸

⁶ Härjegård, M. 2008. Föryngringsresultat efter en vegetationsperiod med plantering, sådd och såddbrikett för svensk tall (*Pinus Sylvestris* L.) och contortatall (*P. contorta*). SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel. Examensarbeten nr 2008:21.

⁷ Wennström, U. 2010. Såddpucken snart i mål. Skogforsk. *Plantaktuellt* nr 2–2010.

⁸ Fries, C., Bergquist, J. och Svensson, L. 2013. Förändringar i återväxtkvalitet, val av föryngringsmetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012. Skogsstyrelsen. Rapport 2–2013.

Rekommendationer för skogssådd**Geografiska områden:** Hela Sverige utom västra Götaland.**Klimatläge:** Temperatursumma \geq ca 600 dygngrader.**Ståndorter:** Torra och friska ristyper utan grusigt ytskikt.**Jordart:** Grövre än finmo, ej grövre än sandig morän eller med grusigt ytskikt.**Markberedning:** Möjligt att markbereda med bra resultat.**Trädslag:** Tall, gran, contortatall.***Flexibel och effektiv föryngringsmetod***

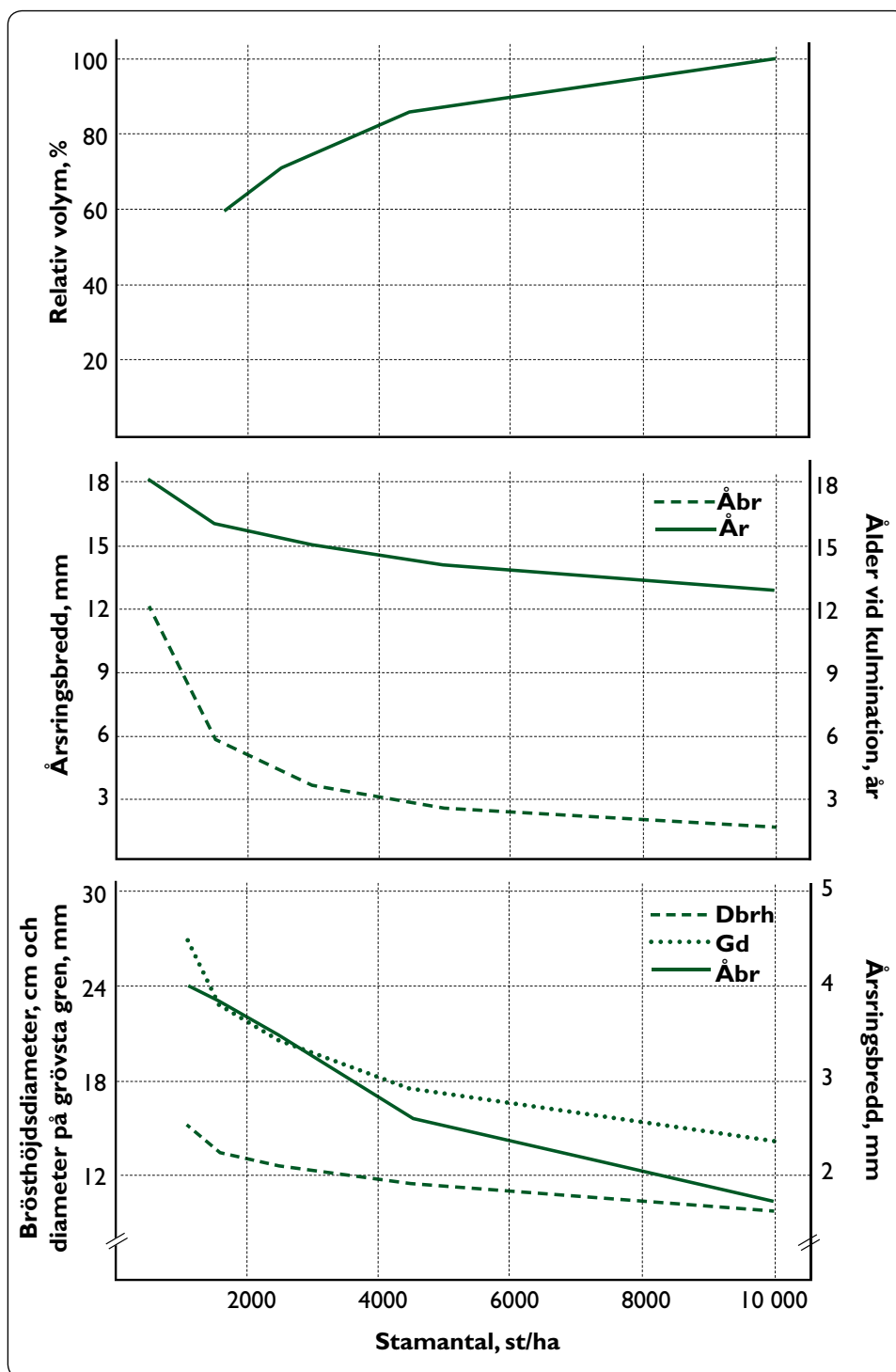
Idag ställs allt högre krav på att vi använder skogen till mer än att producera virke. Skogsnäringen måste sträva efter att bedriva ett ekonomiskt uthålligt samt ekologiskt och socialt hållbart skogsbruk med både hög biologisk mångfald och långsiktigt hög produktionsförmåga samtidigt som nationella och globala miljömål ska beaktas. Skogsskötseln kan därför bli mer komplex med strävan mot ökad variation för att möjliggöra olika markanvändning och samtidigt uppfylla samhällets krav på ekosystemtjänster.

Skogssådd ger goda möjligheter att skapa variationsrika skogar, som kan möta dessa krav. Med modern teknik kan olika föryngringsmönster skapas. I begreppet föryngringsmönster ingår såväl antalet plantor per hektar som trädslagsblandning och den inbördes fördelningen av plantorna.

De metodval vi gör vid anläggningen av ett bestånd avgör den framtida skogens egenskaper. Med sådd är det möjligt att till låg kostnad skapa både glesa och täta bestånd (tabell S1). Kostnaden för sådd är 50-70% lägre än för plantering. En hög stamtäthet efter sådd ger förutsättningar för framtida hög virkeskvalitet och minskar de negativa effekterna av eventuell viltbetning och ger skogsägaren valfrihet i skogsskötselåtgärder. Vid höga stamtätheter kan det vara fullt möjligt att på vissa ståndorter vid förstagallringen skörda uppemot 30 procent mer vedvolym än vid traditionella stamtätheter på 2 000 stammar per hektar (figur S2). Detta kan ge ett betydande ekonomiskt tillskott för en skogsägare i framtiden, om till exempel efterfrågan och priset på bioenergisortiment från skogen ökar. Dessutom verkar det vara möjligt att göra ett första uttag på ett mer schematiskt och därmed något billigare sätt i exempelvis krankorridor utan att kvarvarande huvudstammar påverkas annat än måttligt negativt (figur S3).

Tabell S1 Relativ kostnad (2001 års prisnivå) för att skapa tallbestånd med olika antal huvudstammar efter fyra år. Den relativa kostnaden 100 motsvarar manuell plantering med resultatet 2 000 stammar per hektar efter 4 år. Be 90 % avser beståndsfrö med 90 % grobarhet. Pl 98 % avser plantagefrö med 98 % grobarhet. Mix 90/98 % avser en blandning av bestånds- och plantagefrö som ger 25 % plantagefröplantor efter 4 år.

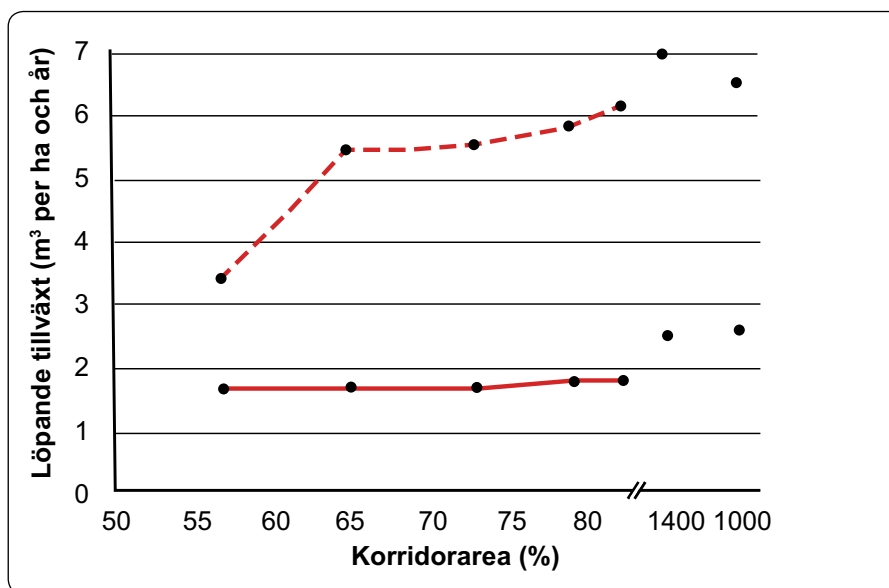
Strategi (4 år)	Metod	Frö	Kostnad (kr)	Relativ kostnad
1000 st/ha	Plantering manuell			66
	Sådd maskinell	Be 90 %		35
	”	Pl 98 %		46
	Sådd manuell	Pl 98 %		42
	”	Mix 90/98 %		38
2000 st/ha	Plantering manuell		6 500	100
	Sådd maskinell	Be 90 %		45
	”	Pl 98 %		62
	Sådd manuell	Pl 98 %		48
	”	Mix 90/98 %		41
5000 st/ha	Plantering manuell			207
	Sådd maskinell	Be 90 %		66



Figur S2 Effekter av stamtäthet för tall. Överst: Relativ volymproduktion vid ca 40 års ålder, ståndortsindex T22.⁹ Mitten: Trädålder (År) då diameter tillväxten kulminerar och årsringsbredd (Åbr) vid denna tidpunkt. Nederst: Brösthöjdsdiameter (Dbrh), diameter på grövsta gren (Gd) och medelårsringsbredd (Åbr) nära kärnan.¹⁰

⁹ Pettersson, N. 1992. The effect on stand development of different spacing after planting and precommercial thinning in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. SLU, inst. för skogsproduktion. Rapport 34.

¹⁰ Persson, A. 1993. Beståndsanläggningens inverkan på kvaliteten. *Skogs fakta Konferens* 6, s 27–32.

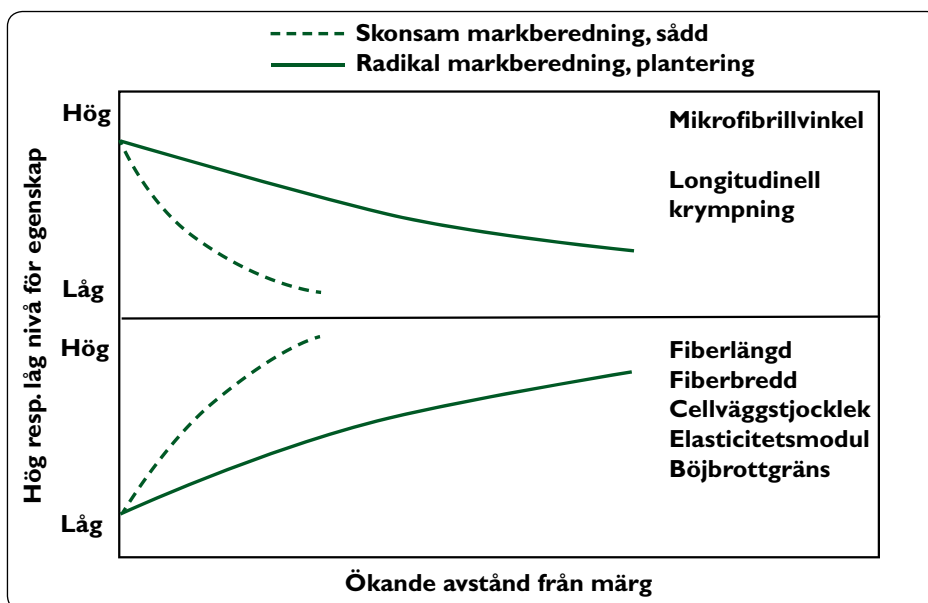


Figur S3 Löpande tillväxt (m³ per ha och år) ca 30 år efter korridoröjning i naturligt förnygrad tall utförd vid ca 5 m övre höjd med 57, 65, 73, 79 respektive 82 % korridorarea. Tillväxten avser de 1400 st/ha som markerades som träd för framtida skörd efter röjningen samt för 1000 respektive 1400 st/ha på jämförelseytor med selektiv röjning. Två försökslokaler i norra Sverige med ståndortsindex T16 (heldragen linje) respektive T21–23 (streckad linje).¹¹

Hög stamtäthet efter sådd medför att egenskaperna i veden blir annorlunda jämfört med gles plantering med normalt plantantal (figur S4). Den långsammare diametertillväxten de första åren efter sådd, jämfört med plantering, medför att det blir liten andel juvenilverd i rotstocken, dvs egenskaper som fiberlängd, fiberbredd, cellväggstjocklek, elasticitets- och brottmodul får höga värden även nära märgen. I många massiva träprodukter och fiberprodukter är det önskvärt med höga värden på dessa egenskaper. Samtidigt blir det låga värden nära märgen för egenskaper som krympning och mikrofibrillvinkel¹² (låga värden ger till exempel formstabil virke).

¹¹ Karlsson, L., Bergsten, U., Ulvcrona, T. och Elfving, B. 2013. Long-term effects on growth and yield of corridor thinning in young *Pinus sylvestris* stands. *Scand. J. For. Res.* 28, s 28–37.

¹² Mikrofibrillvinkel: Tallfibers vägg består bland annat av mikrofibriller. Vinkeln mellan mikrofibrillerna och fibern, i längsled, är mikrofibrillvinkeln.



Figur S4 Vedegenskapers förändring med avstånd från märgen för tall planterad i glest förband efter radikal markberedning och för tall som såtts efter skonsam markberedning.¹³

Målstyrd föryngring

När vi anlägger ett bestånd skapas förutsättningarna för framtida val av skötselalternativ, vilket i sin tur påverkar mängden, egenskaperna och värdet av den vedråvara som kan skördas under omloppstiden. Val av föryngringsmönster och tidig skötsel av plant- och ungsbogen borde därför grundas på vilka bestånd man vill ha i framtiden. I faktarutan visas två exempel på utfall med föryngringsmålet 4 000–5 000 stammar/ha efter fem år utan röjning. Se även figurerna S3 och S4.

Hög biomassatillväxt – låg kostnad och kort omloppstid

Anläggningsmetod och anläggningskostnad: Mekaniserad precisions-sådd av contortatall. Frögiva 0,1 kg frö/ha, frökostnad 700 kr/ha, markberedning 1 550 kr/ha, totalt 2 250 kr/ha.

Exempel 1: Råvara för energi och/eller bioraffinaderi.

- Slutavverkning år 35, 300 m³sk stamved eller totalt 140 ton torrsbstans biomassa per hektar med pris ca 640 kr/m³fub eller 1150 kr/ton (en antagen fördubbling av dagens priser för massaved eller bioenergi).
- Summa intäkt 160 000 kr/ha ger 13 % årlig ränta på föryngringskostnaden.
- På 100 år ryms tre omloppstider och produceras över 400 ton trädbiomassa eller ca 900 m³sk.

¹³ Mattsson, S. 2002. Effects of site preparation on stem growth and clear wood properties in boreal *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvicultura* 240.

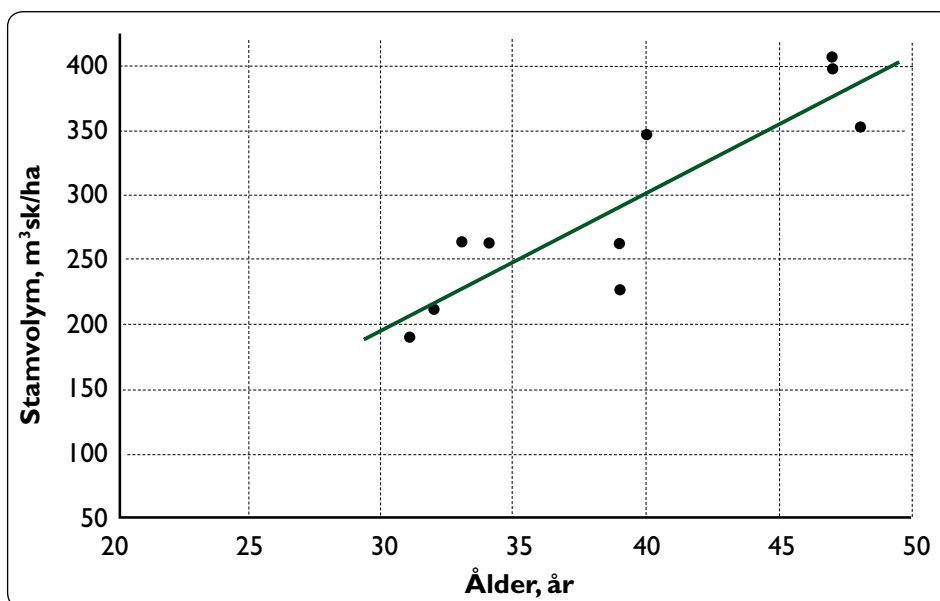
Stöd för att biomassatillväxten i exemplet är rimligt utgör figurerna S5 och S6.

Exempel 2: Råvara för energi och/eller bioraffinaderi, samt solida produkter.

- Energivedsgallring efter 25 år (jfr ovan). Därefter ev. konventionell gallring och slutavverkning med grovt timmer efter 50–60 år.



Figur S5 Contortatall i Härjedalen 25 år efter sådd. Stamvolym 140 m³sk vid ca 4 000 stammar per ha. Med 15 m³sk per år och ha i löpande tillväxt bör volymen vara upp mot 300 m³sk per ha vid 35 års ålder. Foto Mats Fredriksson.



Figur S6 Stamvolym för ogallrad contortatall i försök av olika ålder.¹⁴ Planterad contortatall, främst i Mellannorrland, medelstamantal 1 790 per ha (1 430–2 667 per ha). Löpande tillväxt 14,1 m³sk per ha och år vid inventeringstillfället.

¹⁴ Elfving, B. 2002. Förbands- och gallringsförsök med contorta: mätdata från 1998–2000. SLU, inst. för skogsskötsel. *Arbetsrapporter* 177.

Kott och frö

Vid sådd används främst beståndsfrö eftersom plantagefrö är betydligt dyrare och tillgången är begränsad. Det är dock fördelaktigt att använda plantagefrö. Genom inblandning i beståndsfrö behöver inte kostnaden bli så hög. Avgörande för tillgången på frö, och därmed möjligheterna att tillämpa sådd, är de reproduktiva processerna hos träden.

Processerna kan delas in i:

- initiering av blomanlag
- blomning och pollenspridning
- befruktning (pollinering)
- fröomognad
- fröspridning

Fröskördens mängd och kvalitet påverkas av temperaturklimatet och sjunker mot norr och högre höjd över havet.

De reproduktiva processerna hos träden och hur de påverkas av omgivningsfaktorer beskrivs närmare i delen ”Produktion av frö och plantor” i Skogsskötselserien.¹⁵

Insamling och behandling av kott

Val av tid, plats och metod för insamlandet av kottar är av stor betydelse för frökvaliteten.

Prognoser för kottmängd och fröomognad

- Om man planerar att samla in kott från skogsbestånd, är det viktigt att i förväg bestämma fröets kvalitet, så att rätt bestånd och insamlings-tidpunkt kan väljas. Skogforsk publicerar varje höst prognoser för kottmängd och grobarhet hos gran- och tallfrö under kommande vinter. Prognoserna finns både på Internet¹⁶ och i tryckt form.
- Skattningen av kottmängd görs utifrån riksskogstaxeringens kotträknningar. Prognoser för förväntad frögrobarhet kan göras med hjälp av medeltemperaturen under mognadsåret och gäller då som ett genomsnitt för större områden. Man kan dessutom göra en mera exakt prognos över vilken nivå grobarheten kommer att uppnå vid avslutad mognad, genom att bestämma nivån på den anatomiska utvecklingsgraden (embryolängd) på ett fröprov taget i augusti.¹⁷

Före insamling bör man dessutom alltid undersöka frökvaliteten för varje bestånd. Testet kan göras med röntgenanalys av ett fröprov där man tar fram en teoretisk grobarhetsprocent, så kallad *anatomisk potential* (Ap), som motsvarar andelen frön med tillräckligt väl utvecklad frövit och

¹⁵ Se: www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

¹⁶ Se: www.skogforsk.se/sv/Verktyg/Froservice/Kott--och-froprognos/.

¹⁷ Sahlén, K. och Bergsten, U. 1994. Predicting anatomical maturity of *Pinus sylvestris* L. seeds in northern Fennoscandia. *Scand. J. For. Res.* 9, s 154–157.

embryo för att vara grobart vid *fysiologisk mognad*.¹⁸ Den *anatomiska mognadsgraden* kan även bestämmas på frön som klyvs så att embryo och frövita kan studeras med lupp. Skogforsk i Sävar utför analyser på uppdrag.

- Det fysiologiska mognadsförloppet fortsätter i plockade kottar, förutsatt att kottarna får ljus och inte torkar ut. Man kan därför plocka kottar som är anatomiskt men inte fysiologiskt mogna, och låta dem eftermogna inomhus. Mognadsbehandlingen tar ca två månader och bör ske vid 5–10 °C i ett luftigt men inte alltför torrt utrymme.¹⁹
- Tidig plockning och eftermognad är särskilt fördelaktigt i norra Sverige, där höstfrost annars ofta stör frömognaden. Det går att bestämma tidpunkten för avslutad anatomisk mognad. Om man tillämpar eftermognad kan man börja plockningen i början av september.
- Tidigaste tidpunkt för plockning och klängning utan eftermognad är när alla kottar skiftat färg från grön till brun-violett, vanligen i slutet av september till början av oktober i Mellannorrland. Mognadsförloppet kan även följas via fukthaltsförändringen i kott eller frönas pigmentering.

Angrepp av insekter och svampar på frö i kott

Gynnsamma kott- och fröår brukar även innebära goda livsbetingelser för de insekter som angriper kottar och frön av gran. Hos tall är skadeinsekter på kott och frö inget problem, medan de ofta förstör en stor del av granfröskörden.²⁰ Måttligt insektsskadade kottar ger dock frön även om antalet frön per kotte minskar. Även året närmast efter ett gott fröår kan antalet skadeinsekter vara stort.

- *Grankottmottet* äter fröanlag och kottefjäll, och angripna kottar blir helt förstörda. Larvernas exkrementer samlas utanpå kotten, och avslöjar angreppet.
- Angrepp av *grankottvecklaren* är svårare att upptäcka. Larverna utvecklas i kotteaxeln, och blir synliga först när kotten klyvs. Larverna urholkar även frön. Fröutbytet blir lägre i angripna kottar på grund av att kottens ledningsbanor förstörs.
- *Grankottflugan* livnär sig på kottaxeln och kottefjällen, ofta i kottens mittzon. Larven lämnar kotten genom att borra ett ganska stort hål, vilket ger upphov till böjda kottar med en stor kåddroppe utanpå. Kådan gör att kottarna inte öppnar sig vid klängningen, varför angripna kottar inte bör samlas in.
- *Granfrögallmyggan* lägger ägg i granens blommor, varefter larven utvecklas inuti fröet och förstör det. Dessa larver dör oftast av värmen vid klängningen, och skadorna kan avslöjas vid fröanalysen.

¹⁸ Simak, M. och Gustafsson, Å. 1959. Röntgenanalys och det norrländska tallfröets kvalitetsförbättring. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 3, s 475–486.

¹⁹ Sahlén, K. och Abbing, K. 1995. Effects of artificial environmental conditions on anatomical and physiological ripening of *Pinus sylvestris* L. seeds. *New Forests* 9, s 205–224.

²⁰ Wiersma, N. 1972. Skadeinsekter på kottar och frö i granfröplantager. *Information 1* 1972/73. Institutet för skogsförbättring. 4 s.

- Av skadesvamparna är det främst *grankotterost* och grankottens *gulrostsvamp* som ger problem, främst under fuktiga somrar då svamparnas tillväxt gynnas. Rostsvamparna värdväxlar med andra skogsväxter, bland annat pyrola-arter och hägg. Sporinfektionen sker i samband med blomningen. Rostsvampangreppen känns igen på att små kulor, så kallade aecidier, bildas mellan kottefjällen. En angripen kotte har kottefjällen ständigt utspärrade, även i fuktigt väder. Rostangripna kottar ger vanligen inget användbart frö.

Insamling och klängning av kott

Kott samlas in antingen från skogsbestånd (beståndsfrö), i huvudsak på uppdrag av enskilda skogsbolag, eller från fröplantager (plantagefrö).

Insamlingen av beståndsfrö görs vanligtvis för hand i rishögar efter slutavverkning. Det bästa är om träden är relativt nyavverkade (max 2–4 veckor efter avverkning). Kotten ska helst brytas lös från grenen så att inga barr följer med. Det är en fördel, särskilt i norra Norrland, om träden fällts mot norr, så att i första hand kottar från trädens sydsida samlas in.

Kotten ska vara rak; en krokig kotte är angripen av skadeinsekter inne i mörken. Kotten ska inte heller vara angripen av rostsvampar eller mögel, eller innehålla allt för mycket kåda. För tall ger kottar som är mindre än 3 cm långa för litet fröutbyte och bör därför inte plockas.

Is och snö på kotten saknar betydelse för kottens kvalitet. Kottarna ska förvaras torrt, svalt och luftigt, lämpligen i säckar av ventilerande väv. Kott som insamlas tidigt under september då fukthalten fortfarande är hög måste förvaras frostfritt för att fröet inte ska skadas av frost.

När kotten torkar böjs kottefjällen utåt och uppåt och fröna faller ut. Detta kallas att kotten *kläng* och sker på träden när kottarna värms och torkar i vårsolen. Vid artificiell klängning torkas kottarna med torr luft under 12–24 timmar och successivt stigande temperatur upp till ca 50 °C. Kottarna öppnas då, och det utfallna fröet kan samlas in.

En del frön blir vanligen kvar i kottarna, som därför ofta måste omklängas. Kottarna blöts då med vatten och torkas därefter igen. Vid omklängningen måste starttemperaturen vara låg (ca 30 °C) eftersom luftfuktigheten blir hög när de blöta kottarna värms. Fröets värmetålighet minskar starkt vid hög luftfuktighet. Vid omklängningen öppnas kottarna helt och merparten av det återstående fröet faller ut.

För hemmabehov kan klängning åstadkommas med enkla metoder (i torkskåp eller på övertäckt lakan på golv med golvvärme). Svenska Skogsplantor AB samt några skogsbolag har klängar för storskalig drift.

Rensning och avvingning

Efter klängningen måste fröet rensas från skräp och frövingarna tas bort. Detta gäller särskilt om fröet ska användas för maskinell sådd, där frövingar och skräp orsakar störningar i frammatningen av frön. Våtavvingning är att föredra, eftersom den är skonsam och inte orsakar nämnvärda fröskador. Vid våtavvingning duschas fröet lätt med vatten och tumlas runt, varvid vingarna lossnar. Sedan torkas fröet och de lösa vingarna blåses bort.

Fröanalyser

Vid fröanalys undersöks ett antal olika egenskaper hos fröna.²¹ Dessa tester kan ha flera syften, till exempel att beskriva kvaliteten vid handel, att beräkna frögivan vid sådd, att bestämma rätt insamlingstidpunkt med hänsyn till mognad eller att fatta beslut om vitaliseringsåtgärder. För internationell handel finns det regler utformade av ISTA (International Seed Testing Association) för hur frötester ska utföras, samt vilka uppgifter om frö som ska ingå i det fröcertifikat som ska medfölja varje fröparti.

Följande egenskaper måste vara med:

- renhet (viktprocent rent frö av rätt art)
- fukthalt
- tusenkornvikt (vikt i gram av 1 000 frön)
- andel levande respektive döda frön
- andel tomma och insektsskadade frön
- groningenprocent (andel grodda frön efter 21 dagar vid standardiserade förhållanden)
- andel frön med abnorma groddar
- andel ej grodda levande och döda frön (andel av de matade fröna som inte grott efter 21 dagar)
- sundhet

Förutom ovan nämnda ISTA-tester används ett flertal andra test för olika ändamål:

- **Röntgenanalys** används för att man ska få ett mått på den anatomiska mognadsgraden och till exempel kunna förutsäga vid vilken tidpunkt kottblockningen kan börja på hösten.²² Den anatomiska utvecklingsgraden kan även utnyttjas för att bedöma vilken grobarhet som kan förväntas. Med röntgenanalys kan dessutom insektsskadade frön upptäckas.
- **Mekaniska skador** hos tall avslöjas med hjälp av PREVAC-metoden.
- **Groningsenergi** är ett indirekt vitalitetstest som baseras på hur snabbt fröna groor.
- **Svampinfektion** bestäms efter ett standardiserat grobarhetstest. Här klassas mängden mögelbildning okulärt efter hur stor andel av groningspapperet som täcks av mögel. Dött frö, skadat frö och frö med låg vitalitet innehåller ofta mögel.

Frölagring

Frölagringen²³ syfte är att bevara frö så att kvaliteten bibehålls så bra som möjligt. Lagringen måste därför ske så att de fysiologiska processer som sänker frökvaliteten förhindras eller bromsas.

²¹ ISTA. 1999. International Rules For Seed Testing. *Seed Science and Technology*. Vol. 27, Supplement. 333 s.

²² Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. SLU, inst. för skogsskötsel. *Rapport 3*.

²³ Huss, E. 1967. Om långtidsförvaring av barrskogsfrö (*Pinus silvestris* L., *Picea abies* Karst., *Abies lasiocarpa* Nutt.). *Studia Forestalia Suecica* 46. 59 s.

Lagringsbarheten påverkas även av frökvaliteten, så att väl moget frö med hög vitalitet tål lagring bättre än frö av sämre vitalitet.

De två viktigaste lagringsbetingelserna är temperatur och fröfukthalt. För svenska barrträd bör fukthalten vara 4–7 %.²⁴ Samma gäller asp och sälg. Frö som håller för hög fukthalt kan torkas vid 25–30 °C. Högre torktemperatur kan vara skadlig om fröfukthalten är hög. Ju lägre lagringstemperaturen är, desto längre tid kan frö lagras utan nämnvärd kvalitetsförsämring.

Vid frysboxtemperatur (–20 °C) kan barrträdsfrön lagras minst fem år. Det finns exempel på tallfröpartier, som behållit hög vitalitet efter så lång tid som 20 år. Mycket lång tids lagring bör undvikas eftersom den kan orsaka negativa genetiska förändringar hos fröna.²⁵ Långvarig lagring är bara motiverat för sådant frö som mycket sällan finns att få med hög kvalitet, exempelvis från extremt kärva klimatlägen. För lagring något år kan kylskåpstemperatur (+ 5 °C) vara tillräckligt.

För att undvika olämpliga fuktvariationer är det bäst om frö kan förvaras i lufttäta behållare. Givetvis måste dessa vara tydligt märkta, så att fröets identitet inte behöver ifrågasättas. För kontroll av eventuella kvalitetsförändringar bör kvaliteten analyseras innan lagringen påbörjas, och därefter upprepas årligen.

Vid användning av frö bör inte större mängd tas ut än som förbrukas. Det är bättre med flera mindre förpackningar än en stor. Överblivet frö, till exempel efter sådd i fält, ska inte hållas tillbaka i samma behållare, utan sparas separat. Man bör då också vara medveten om att hållbarheten kan vara lägre då fukthalten kan ha stigit. Misstänker man att frö utsatts för fukt bör man kontrollera fukthalten före fortsatt lagring och torka vid behov.

Fröegenskaper och såddresultat

För att en stor andel av de sådda fröna ska gro och bilda plantor med hög överlevnad och tillväxt vid sådd i fält krävs att fröna:

- är anatomiskt välutvecklade
- ej är mekaniskt skadade under framställningsprocessen
- är levande
- har hög vitalitet och förmåga att gro även vid låg temperatur
- har hög vikt
- ej har frövila

Anatomiskt välutvecklade frön har ett embryo som fyller fröets hela längd och en frövita som fyller fröna ända ut till fröskalet. Det långa embryot resulterar i att grodden snabbt kommer ut och kan rota sig i marken. Reservnäringen i den stora frövitan ger upphov till en stor och vital groddplanta. Under optimala förhållanden grov sådana frön till i stort sett 100 %.

²⁴ Huss, E. 1954. Undersökningar över vattenhaltens betydelse för barrträdsfröets kvalitet vid förvaring. *Meddelande från Statens skogsforskningsinstitut* 44:7.

²⁵ Simak, M. 1986. Chromosome aberrations in stored seeds of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* and their consequences on plant properties. SLU, inst. för skogsskötsel. *Rapporter* 20.

Mekaniskt skadade frön kan gro men är i allmänhet försvagade och kan ha abnorm groning som inte resulterar i normala groddplantor. Frön som har utsatts för frost under mognaden, höga temperaturer under klängning är mekaniskt skadade eller har lagrats under många år, kan vara döda och har därmed förlorat förmågan att gro.

Frön med hög vitalitet gror snabbt och fullständigt även när förhållanden som temperatur och fukt inte är optimala. Det minskar risken att de blir ligande ogrodda i marken under lång tid och därmed blir försvagade eller uppätta av till exempel fåglar och smågnagare²⁶. En snabb groning ger dessutom plantorna lång tid för rottillväxt, etablering och invintring under den första sommaren, vilket är positivt för den senare överlevnaden.

Tunga frön har ett stort embryo och en stor mängd reservnäring. Sådana frön ger upphov till stora groddplantor med högre överlevnad och tillväxt än plantor från små och lätta frön. Frön från fröplantager är i allmänhet tyngre än beståndsfrön, och ger därför vanligen upphov till större groddplantor²⁷.

Frökonditionering

Med *frökonditionering*²⁸ avses alla behandlingar som har till syfte att förbättra groningsförmågan och plantutbytet från ett fröparti. Om behandlingen ska ge önskat resultat, måste valet av behandlingsmetod alltid baseras på en analys av fröegenskaperna följd av en diagnos av kvalitetsstatus.

Fraktionering

Att sortera frö efter egenskaper som till exempel vikt, storlek eller densitet kallas att *fraktionera*. Förutsatt att det finns ett samband mellan sorterings-egenskaperna och frökvaliteten (grobart, vitalitet, m m) kan man genom fraktionering dela upp fröpartiet i frökvalitetsklasser. Generellt är till exempel tyngre frö mer grobart, har högre vitalitet samt ger upphov till större groddplantor.²⁹ De vanligaste fraktioneringsmetoderna är *sållning* (storleks-sortering) och *sortering i luftström* (ibland i kombination med skakbord). I en luftström sorteras fröet efter egenskaper som påverkar frönas förmåga att sväva i luften, i första hand storlek och vikt, men även form, densitet och ytstruktur. Genom att sortera fröna i storleksklasser, underlättas en mera exakt utmatning av önskat antal frön vid maskinell sådd i fält och i plantskolor.

²⁶ Nystand, O. 1988. Post-dispersal predation on conifer seeds and juvenile seedlings in boreal forest. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae, Silvestria* 6.

²⁷ Wennström, U., Bergsten, U. och Nilsson, J.-E. 1999. Mechanized microsite preparation and direct seeding of *Pinus sylvestris* in boreal forests – a way to create desired spacing at low cost. *New Forests* 18, s 179–198.

²⁸ Simak, M. 1985. Konditionering av skogsfrö. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 1985:1, s 3–7.

²⁹ Wennström, U. 2001. Direct seeding of *Pinus sylvestris* (L.) in the boreal forest using orchard or stand seed. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 204.

Bortsortering av ej produktivt frö

Med *ej produktivt frö* menas både frö som gror eller inte gror men som inte bildar livsdugliga plantor. Ej produktivt frö kan vara av olika typer:

- **Tomma, insektsskadade frön som blivit kvar trots rensning.** Om fröpartiet innehåller mycket insektsskadat frö kan en extra omsorgsfull rensning behövas. Denna efterrensning kan göras med samma metoder som vid konventionell rensning, alltså med fläktning, fraktionering, flotation, sällning, etc.
- **Grobara frön som ej bildar livsdugliga plantor.** Ett nyskördat fröparti kan innehålla en liten andel (vanligen mindre än 1 %) så kallade abnorma frön. Det kan till exempel vara frön med omvänt embryo, med död rotspets eller med albino-embryo. I lagrade eller skadade fröpartier är andelen abnorma frön vanligen högre än i färska oskadade fröpartier. För närvarande finns det inte något sätt att avlägsna abnormt frö ur ett parti.
- **Matade men mekaniskt skadade frön.** Under fröhanteringen, till exempel vid mekanisk avvingning, kan det uppstå skador på fröet. Bortsortering av denna typ av skadat frö utförs med den så kallade PREVAC-metoden.³⁰ Principen bygger på att vatten under tryck tränger in snabbare i skadade än i oskadade frön. Om man placerar frön i en trycksatt vattenbehållare sjunker alltså skadade frön snabbare än oskadade. Fröna kan efter behandlingen torkas och lagras.
- **Matade men döda frön.** Liksom alla andra levande organismer så åldras och dör frön med tiden. Fröets livstid påverkas av många faktorer, till exempel den anatomiska och fysiologiska mognadsgraden, eventuella hanteringsskador och lagringsbetingelserna. Vare sig de är levande eller döda har matade frön oftast samma vikt, storlek, färg med mera, vilket gör det svårt att rensa bort döda frön ur ett fröparti. Det har dock visat sig att dött frö vid torkning avger vatten snabbare än levande frö. Genom att låta frön ta upp vatten och därefter torka en viss tid får levande frön högre densitet än döda frön, och de döda fröna kan då avlägsnas, eftersom de flyter. Metoden kallas IDS efter de tre behandlingsstegen (Incubation, Drying, Separation).³¹ Efter separeringen kan fröna torkas till 4–7 procents vattenhalt och lagras på konventionellt sätt.

³⁰ Bergsten, U. och Wiklund, K. 1987. Some Physical Conditions for Removal of Mechanically Damaged *Pinus sylvestris* L. Seeds by using the PREVAC method. *Scand. J. For. Res.* 2(3), s 315–323.

³¹ Simak, M., Bergsten, U. och Lönneborg, M. 1985. Bortsortering av ej produktivt frö ur ett fröparti. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 83 (1), s 45–55.

Vitalitetstest och vitalisering

Med *vitalitet*³² menas fröpartiets förmåga att gro snabbt och enhetligt samt ge upphov till normala plantor under vida ekologiska förhållanden. En annan definition på *frövitalitet* är ”summan av de egenskaper som bestämmer nivå på aktivitet och slutligt resultat under groningen och plantbildning”.

Frövitaliteten påverkas av genetiska egenskaper, fröets mognad och människans hantering av det. Hög vitalitet är ofta, men inte alltid, förknippat med hög grobarhet. Två fröpartier som har samma grobarhet vid standardtest på laboratoriet kan uppvisa stora skillnader i plantbildning när groningsförhållandena inte är optimala, till exempel vid skogssådd.

För att få fram ett mått på vitaliteten krävs alltså speciella test utöver det normala groningstestet.

- Vid så kallade *direkta vitalitetstest* utsätts fröna för stress på ett sätt som ska imitera de betingelser fröet möter i naturen. Ett exempel är *drivkraft*, som är fröets förmåga att tränga igenom ett täckmaterial, exempelvis sand.
- Vid *indirekta vitalitetstester* mäter man en fröegenskap och försöker korrelera den med fältresultat för plantbildning. Exempel på ett indirekt test är *groningsenergin*, som är antalet grodda frön efter sju dagar i procent av antalet grodda efter 21 dagar vid standardtest, och som används för att beskriva groningshastigheten. Ett annat sätt att beskriva groningshastigheten är att ange det genomsnittliga antalet dagar det tar till groning för de testade fröna.

Andra metoder att bestämma frövitalitet är *konduktivitetstest*, med vars hjälp läckaget av ämnen ut ur fröet under vattenupptagning kan mätas. *Enzymaktivitet* under groningen kan vara ytterligare ett mått på frövitaliteten.

Vitalisering fördelaktig

Fröpartier med låg vitalitet kan *vitaliseras*. De metoder som används för att vitalisera tall- och granfrö går ut på att styra fröets vattenupptagning och vattenhushållning och därigenom åstadkomma snabb och enhetlig groning. Detta kan vara fördelaktigt både vid plantskoleodling och sådd i fält.

Vitaliseringsmetoder som kan användas för tall- och granfrö idag är följande:

- **Vatteninkubation** vid kontrollerad temperatur och fukthalt med kontinuerligt lufttillträde. Med inkubation menas att man låter fröet ta upp vatten, så att groningsprocesserna sätter igång, men avbryter behandlingen innan fröskalen öppnas. Fröna kan sedan antingen torkas tillbaka till lagringstorrhet (4–7 %) eller bara yttorkas och sås direkt. Vid sådd gror inkuberat frö snabbare och mer enhetligt än obehandlat. Vid behandlingen får fröna först absorbera en bestämd mängd vatten, oftast

³² Bergsten, U. och Simak, M. 1985. Frövitalitet och vitalisering. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 1, s 65–74.

till ca 30 % fukthalt, och därefter placeras fröna i ett inkubationsskåp med kontrollerad luftfuktighet och temperatur (10–15 °C) samt fritt lufttillträde under 1–3 veckor.

- **Osmotisk priming (PEG-behandling).** Frö som får ligga i en vattenlösning av polyetylenglykol (PEG) fullbordar groningen processen fram till det stadium då rotspetsen är redo att tränga igenom fröskalet. Den låga osmotiska potentialen (dvs att vattenhalten i lösningen sänkts) gör att embryots celledelning förhindras, så att groningen inte kan ske under behandlingen. PEG-behandlat frö gror snabbt och samtidigt vid sådd i fält, samt har en högre kraft att tränga genom ett substrat vid täckning.
- **Kall-våt behandling (pre-chilling).** Förvaring vid låg temperatur (ofta +4 °C) och hög fukthalt under ett antal veckor används som metod för att bryta frövila hos många växtarter, där fröet behöver en upplevelse en ”vinter” för att få förmåga att gro. Tall- och granfrö har normalt ingen sådan frövila, men kall-våt-behandling har ändå visat sig vitaliserande på ofullständigt mogna, nordsvenska fröpartier av både tall och gran. För contortafnö, som ska användas för sådd i fält, har en sådan behandling visat sig ge kraftigt förbättrad groningen³³, och är därför nödvändig vid skogssådd för att de flesta fröna ska gro under den första sommaren. Metoden är robust och lämpar sig för storskalig behandling. Vid IDS-sortering kan metoden användas som I-steg.³⁴

Val av frömaterial för sådd

Vid sådd kan frön av olika ursprung och art användas. Man kan samla in det lokalt producerade beståndsfröet i samband med slutavverkningen för senare föryngring med sådd. Man kan dessutom ta frö från andra bestånd eller plantager med frö av annat ursprung. Även blandningar av olika trädarter och bestånds- och plantagefrö är tänkbara. Valet av frömaterial påverkas av tillgång och fröpris, såväl som av ståndortsegenskaper och önskat föryngringsresultat.

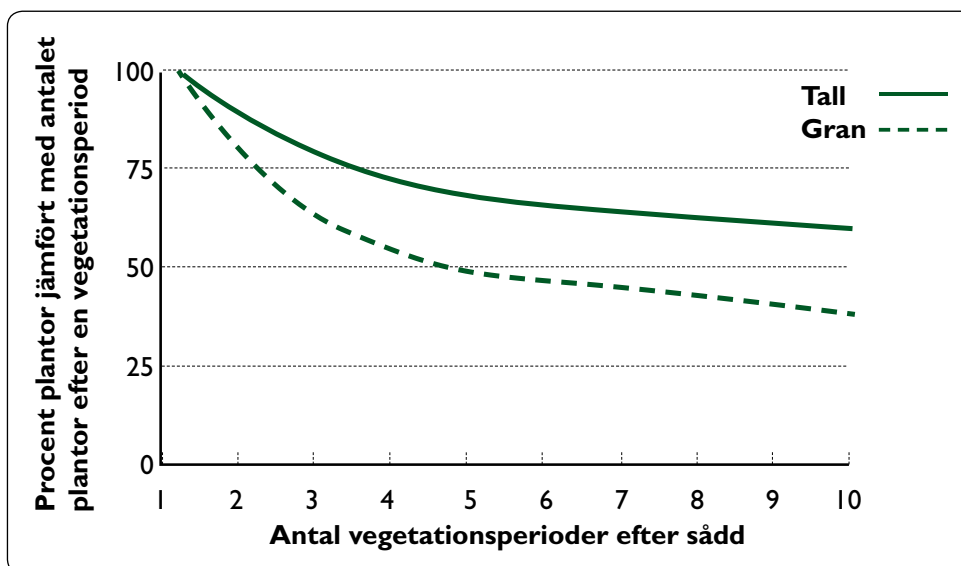
Tall och gran

Av de svenska trädarterna har framförallt tall föryngrats med hjälp av skogssådd. Sådd av gran har testats i försöksskala, och resultaten visar att plantbildningen efter den första sommaren är ungefär lika stor som för tall. Plantornas långsiktiga överlevnad är däremot avsevärt lägre för gran³⁵ (figur S7). Gransådd har inte fått någon större praktisk tillämpning på grund av att granmarker i allmänhet är mera vegetationsrika och uppfrysningbenägna, och därför mindre lämpliga för sådd.

³³ Fries, C. 1981. Förbehandling av contortafnö före groningen vid olika temperaturer. SLU, inst. för skogsskötsel. *Examensarbete i ämnet skogsskötsel* 1981:16.

³⁴ Se avsnittet: Bortsortering av ej produktivt frö.

³⁵ Tirén, L. 1952. Om försök med sådd av tall- och granfrön i Norrland. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 41:7.



Figur S7 Överlevnad hos såddplantor av tall och gran.³⁶

Contortatall är lämplig för sådd

Sådd av contortatall har tillämpats på försök sedan 1970-talet med tillfredsställande förnyngningsresultat. Groningen i fält är annorlunda än för svensk tall. För att de flesta sådda fröna ska gro under den första sommaren i fält, krävs att fröna kall-våt behandlas före sådden. Obehandlade frön kan ligga upp till fyra år i marken innan de gror, vilket resulterar i stor variation i plantstorlek.³⁷ Plantbildning och överlevnad är hög även vid lägre temperaturer och den tidiga tillväxten är snabb.

En av fördelarna med sådd av contortatall i stället för plantering, är att rot-systemen blir avsevärt mera symmetriska och välförgrenade än hos planterad contorta.³⁸ Det resulterar i att plantor uppkomna efter sådd är mera stabilt förankrade i marken och saknar den krök i stammens nedersta del, som är vanligt förekommande bland planterade plantor när träden blir några meter höga.

Bestånd som såddes med contortatall under 1980-talet uppvisar idag både hög biomassaproduktion och användbara vedegenskaper. För närvarande ökar sådd av contortatall i omfattning i norra Sverige. Contortatall är det enda barrträdet i Sverige som med framgång kan sås även på hösten.³⁹

Björkfrön är känsliga

Av lövträden är det främst björk som prövats i skogssådd. Liksom för barrträden är mark- behandlingen av stor betydelse för plantbildningsresultatet. Björkens små frön och plantor är mycket känsliga för mekaniska störningar från vind,

³⁶ Sahlén, K. och Abbing, K. 1995. Effects of artificial environmental conditions on anatomical and physiological ripening of *Pinus sylvestris* L. seeds. *New Forests* 9, s 205–224.

³⁷ Yring, D. 2008. Plantantal och planthöjd i SCA:s contortasådder i Västerbotten inom åldersintervallet 1 till 6 år efter sådd. SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel. *Examensarbeten* nr 2008:35.

³⁸ Rune, G. och Mattsson, M. 1998. Rotutveckling hos sådd och planterad contortatall. I: ”Rotutveckling och stabilitet: Konferens i Garpenberg 1997”. Skogforsk *Redogörelse* nr 7, s 86–91.

³⁹ Se avsnittet: Såddens utförande.

regn och mikroerosion. Därför är det bra om markbehandlingen utförs så att det finns kvar organiskt material i ytskiktet som kan fungera som energiupptagande ”stötdämpare” vid störtregn och även reducera uppfrysningsrisken.

En potatis- eller stubbåker som ogräsrensats och bearbetats i många år, och fått en hög inblandning av organiskt material, utgör ett exempel på en bra fröbädd för björk.⁴⁰

Predation på ek och bok

För bland annat ek och bok i Sydsverige har skogssådd setts som en möjlighet att sänka kostnaderna för föryngringen. Ett stort problem är dock att en stor andel av ollonen blir uppätta efter sådden av framförallt gnagare. För att sådd ska kunna bli en praktiskt tillämpbar föryngringsmetod, krävs att denna fröpredation kan förhindras.^{41,42}

Förflyttning av skogsodlingsmaterial

Som regel utnyttjar man inte ortens proveniens⁴³ vid skogsodling. Vid skogsodling på kalavverkade objekt utsätts frön och plantor för mera varierande klimatförhållanden än vid föryngring inne i en naturlig skog. Dessutom har skogsträden invandrat till Sverige efter istiden och har ännu inte fullt ut anpassat sig till rådande klimat.

Tall, som invandrat söderifrån, kan förflyttas söderut, medan granen, som invandrat från norr och öster, kan förflyttas norrut. Anledningen till att granen flyttas norrut är att den nordförflyttade granen startar sin tillväxt senare på våren än ortens granar, vilket gör den mindre utsatt för vårfrost.

Val av hårdiga provenienser resulterar i jämnare föryngringar till följd av minskade klimatskador på plantorna. Förekomsten av träd med sprötkvist, som ofta orsakas av frostsador på toppskotten, kan minskas genom val av lämplig proveniens. Skogforsk har utvecklat ett datorverktyg som ger stöd i valet av proveniens.^{44,45}

⁴⁰ Karlsson, A., Albrektson, A., Forsgren, A. och Svensson, L. 1998. An analysis of successful natural regeneration of downy and silver birch on abandoned farmland in Sweden. *Silva Fennica* 32(3), s 229–240.

⁴¹ Madsen, P. och Löf, M. 2005. Reforestation in southern Scandinavia using direct seeding of oak (*Quercus robur* L.). *Forestry* 78(1), s 55–64.

⁴² Birkedal, M. 2010. Reforestation by direct seeding of beech and oak. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2010:13.

⁴³ Proveniens anger antingen det område som ett trädbestånd växer i eller det område som ett plantmaterial kommer ifrån då det flyttas.

⁴⁴ Rosvall, O., Andersson, B. och Ericsson, T. 1998. Beslutsunderlag för val av skogsodlingsmaterial i norra Sverige med trädslagsvisa guider. Skogforsk. *Redogörelse* nr 1.

⁴⁵ Se även: www.skogforsk.se/Kunskap/Direkt/Verktyg/Plantval.

Sådd med plantagefrö

För långsiktig förädling av skogsträd är *konventionell urvalsförädling* den mest tillämpade tekniken. Den innebär att ympris samlas från *plusträd* med rak stam, liten avsmalning och liten grenvinkel och grendiameter, och planteras ut i plantager i klimatiskt gynnsamma områden för framtida skörd av frö. I fröplantagerna kan dessutom frö erhållas till klimatiskt karga områden, där träden sällan producerar frö av hög kvalitet.

Plantagefrö har i allmänhet högre mognadsgrad, tusenkornvikt och vitalitet än beståndsfrö och ger därför vid sådd en högre plantbildning, överlevnad och planttillväxt än beståndsfrö. Det används i första hand för produktion av plantor i plantskolorna. För gran finns i stort sett inget överskott av plantagefrö, men för tall finns det, förutom de allra härdigaste provenienserna, ett överskott av plantagefrö i stora delar av landet. Därför kan plantagefrö användas för sådd i viss utsträckning. Om man sår en blandning av plantage- och beståndsfrö blir åtgången på plantagefrö och frökostnaden lägre.

Handel med kott och frö

Som markägare får man utan formaliteter plocka och klänga kott för att så på egen mark. Den som vill handla med kott, frö och plantor måste däremot följa de handelsregler som finns, och den som vill bedriva yrkesmässig handel ska vara registrerad hos Skogsstyrelsen.

Nedan följer en kort beskrivning av några viktiga regler för handel med skogsodlingsmaterial.

- Den som vill plocka och sälja kott bör kontakta Skogsstyrelsen för att få fullständig information.
- Handel med kottar, frön och plantor är tillåten bara om fröet hämtats från godkända frökällor, vilka finns registrerade i den så kallade Rikslängden.⁴⁶
- Varje frö- och plantparti som säljs, ska ha ett stambrev med uppgifter om bland annat insamlingsår och frötäktsområde.
- Fröpartier ska åtföljas av resultat från fröanalyser som visar artrenhet, grobarhet, 1000-kornvikt, antal grobara frön per kilogram, och datum för analysen.

⁴⁶ Se Skogsstyrelsens hemsida: www.skogsstyrelsen.se och *Skogsskötselserien* del 2, Produktion av frö och plantor.

Ståndorten

Resultatet av sådden bestäms av samspelet mellan frönas egenskaper och förhållandena på ståndorten. Såddresultatet kan därför variera kraftigt mellan år och ståndorter till följd av variation mellan att förutsättningarna för frögroning, groddplantornas tidiga tillväxt och invintring.⁴⁷

Eftersom skogsförnyngningsmetoderna måste ge acceptabla resultat under varierande förhållanden för att vara praktiskt användbara, har skogssådd därför tidigare betraktas som en ganska osäker förnyngningsmetod. Omfattande forsknings- och utvecklingsarbete under de senaste decennierna har dock avsevärt förbättrat förutsättningarna att praktiskt tillämpa sådd.^{48,49,50,51}

Med frö av hög kvalitet, eventuellt i kombination med frövitalisering, och med en riktigt utförd sådd på lämpliga marker, kan skogssådd numera ge ett lika säkert resultat som plantering.

Marken

Fröets tillgång på vatten påverkas av markens substrat och textur. Den viktigaste förutsättningen för bra frögroning och plantöverlevnad under den första tiden är att fröna har jämn och god tillgång till vatten och syre. Vatten kan tillföras via regn, kapillärt stigande markvatten eller dagg under natten.

Det är i första hand tillgången till kapillärt stigande vatten som har betydelse (figur S8), eftersom vattentillförseln då kan bibehållas även under perioder utan nederbörd.⁵²

Vattentillgången i den ostörda markvegetationen är oftast för ojämn för att medge god frögroning. Även om groning kan förekomma till exempel i mosa under längre nederbördsrika perioder, har groddplantorna små möjligheter att överleva eftersom det är stort avstånd till säker markvattentillgång. Roten och frönas upplagsnäring räcker endast till cirka 2 cm rottillväxt.

Även det lågförmultnade övre humusskiktet och förnan har dålig kapillär vattenledningsförmåga och torkar ofta ut.

⁴⁷ Wennström, U., Bergsten, U. och Nilsson, J.-E. 2007. Seedling establishment and growth after direct seeding with *Pinus sylvestris*: effects of seed type, seed origin, and seeding year. *Silva Fennica* 41(2), s 299–314.

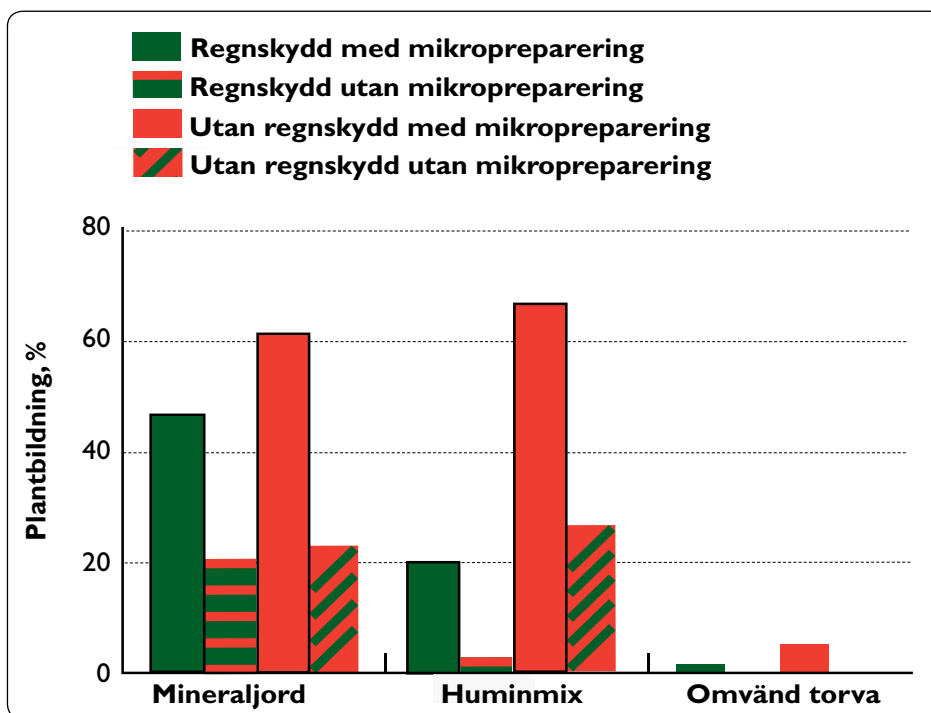
⁴⁸ Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

⁴⁹ Oleskog, G. 1999. The effects on seed bed substratet on moisture conditions: germination and seedling survival of Scots pine. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 99.

⁵⁰ Wennström, U. 2001. Direct seeding of *Pinus sylvestris* (L.) in the boreal forest using orchard or stand seed. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 204.

⁵¹ Pamuk, G. 2004. Controlling Water Dynamics in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seeds Before and During Seedling Emergence. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 305.

⁵² Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.



Figur S8 Inverkan av regnskydd och mikropreparering på plantbildning i olika fröbäddar.⁵³ Som regnskydd användes i detta experiment ett tak som hindrar regn från att nå fröbädden. Det betyder att det främst är kapillärt vatten som fröet kan använda till groningen.

I mineraljorden varierar vattenhållande och vattentransporterande förmåga (kapillaritet) mellan jordarter. Finkorniga jordarter som lera och mjåla har hög vattenhållande och kapillär förmåga, men kan vid hög vattenhalt lätt ge upphov till förhållanden med syrebrist.

I grovkorniga jordarter (grov sand och grövre), är det liten risk för syrebrist, eftersom de dräneras lätt, men kapillariteten är å andra sidan otillräcklig för att försörja ytligt liggande frön med vatten.

Med hänsyn till både vatten- och syretillgång är därför jordar med medel-grov textur som till exempel moig och sandig-moig morän lämpligast för sådd. Om groningssubstratet pressas ihop, ökar dess vattenledningsförmåga genom att storleken på och mängden av luftfyllda porer i substratet minskar. Humusinblandning kan öka den vattenhållande förmågan på grova jordar, och ger minskad vattenledningsförmåga och ökad syretillgång på finkorniga jordar till följd av ökad porositet.⁵⁴

Avgörande för en fullständig groningen är att fröna både kan ta upp vatten och att detta vatten sedan kan behållas. Avdunstningen från ytligt liggande frön kan vara så stor under soliga varma dagar, att de inte kan gro, även om tillgången på kapillärt upptagbart vatten i marken är obegränsad. Förhållanden som medför hög avdunstning är låg luftfuktighet, hög temperatur, stor solinstrålning och luft rörelser. Denna avdunstning kan minskas

⁵³ Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

⁵⁴ Oleskog, G., Grip, H., Bergsten, U. och Sahlén, K. 2000. Seedling emergence of *Pinus sylvestris* in characterized seedbed substrates under different moisture conditions. *Can. J. For. Res.* 30, s 1766–1777.

om frönas kontaktyta mot luft minskas genom till exempel nedmyllning eller övertäckning.⁵⁵

Det gäller generellt att sträva efter att så stor yta av fröet som möjligt är i kontakt med fukt, och så liten yta som möjligt exponerad för direkt uttorkning. En något lucker markyta ger större kontaktyta mellan frö och mark än en slät, och verkar även bromsande på uttorkande luftrörelser. Detsamma gäller för frön som ligger i mikrofordjupningar.

Groningen och plantbildning under tiden fram till dess att plantan rotat sig ordentligt kan störas av regn.⁵⁶ Groende frön är mycket känsliga, och kan mycket lätt förlora förmågan att rota sig om de rubbas ur sitt läge av regndroppar.

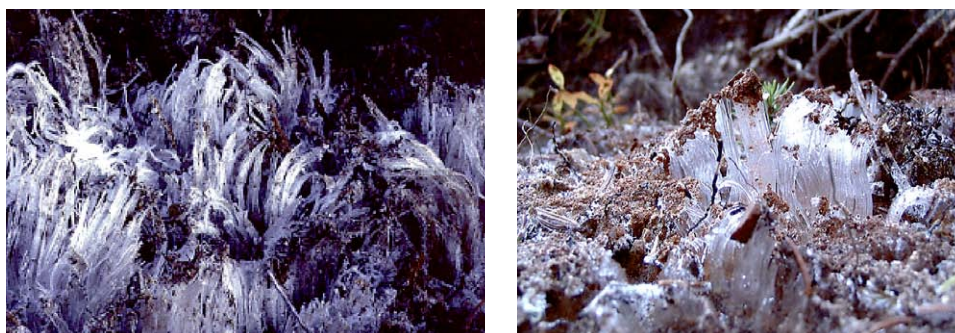
Vid häftiga regn riskerar både frön, groddar och jord att förflyttas och ansamlas i lågt liggande partier, vilket kan få till följd att plantorna blir mycket ojämnt fördelade med områden som helt saknar plantor. Om fröna hamnar i de små fördjupningar som skapas i markytan av mikroreparering förhindras den sortens förflyttning av frön.

Uppfrysning dödar groddplantor

Uppfrysning av plantor beror oftast på bildning av så kallad *pipkrake* i markytan, nålförmiga iskristaller som tillväxer genom tillförsel av kapillärt vatten underifrån, så att markytan lyfts uppåt (figur S9).⁵⁷

I samband med uppflytningen eller när iskristallerna smälter och markytan sjunker tillbaka igen, kan plantorna få rötterna avslitna eller exponerade för uttorkning. Små groddplantor är känsligare än stora plantor.

För att uppfrysning ska ske krävs att lufttemperaturen är någon eller några grader under 0 °C, att markfuktigheten är hög och att tillförsel av kapillärt vatten kan ske.⁵⁸ Jordar med stort innehåll av finmo och mjåla samt högförmultnad torv, är därför särskilt uppfrysningsbenägna.



Figur S9 Vänster: Pipkrake på en finkornsrik mark. Pipkraken, som är ca 1 dm, har lyft upp groddplantor. Foto Urban Bergsten. Höger: Växande pipkrake med vattenförsörjning nerifrån. Foto Michelle de Chantal.

⁵⁵ Wiersma, N. 1972. Skadeinsekter på kottar och frö i granfröplantager. Institutet för skogsförbättring. *Information 1 1972/73*. 4 s.

⁵⁶ Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

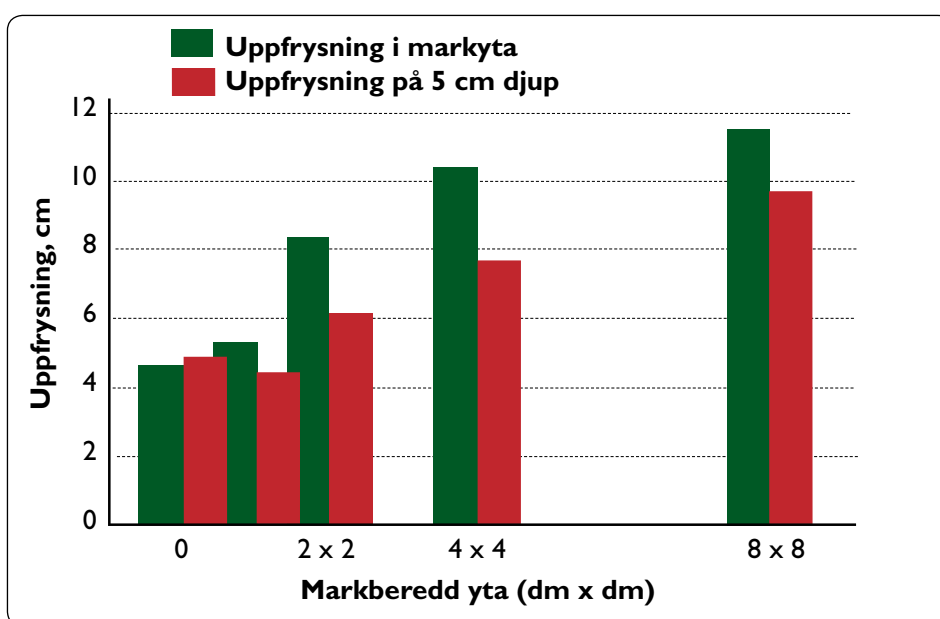
⁵⁷ Goulet, F. 1995. Frost heaving of forest tree seedlings: A review. *New Forests* 9, s 67–94.

⁵⁸ de Chantal, M., Rita, H., Bergsten, U., Ottosson-Löfvenius, M. och Grip, H. 2006. Effects of soil properties and soil disturbance on frost heaving of mineral soil: a laboratory experiment. *Can. J. For. Res.* 36(11), s 2885–2893.

Uppfrysningen hindras om markytan är ostörd, eftersom humustäcket isolerar marken och minskar risken för att temperaturen ska bli kritisk, eller om vattnets kapillära stigning är bruten genom att till exempel delar av humusen lämnats kvar vid markberedningen (figur S10). Uppfrysningen ökar även med ökande storlek på den blottlagda mineraljordsytan.

Vattnets kapillära stighöjd i mineraljorden påverkas av markpartikelstorleken och jordens kemiska sammansättning. I en podsol⁵⁹ är uppfrysningsrisken mycket större i rostjorden än i blekjorden, eftersom rostjorden innehåller anrikade substanser som ökar kapillariteten.

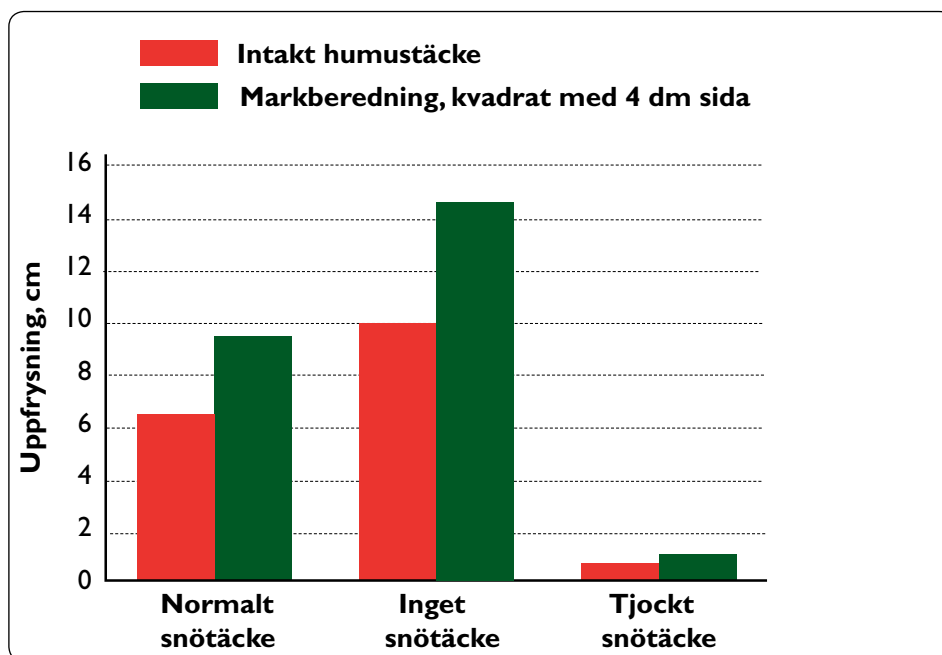
I norra Sverige sker uppfrysning framför allt under sen höst och tidig vår, då snötäcket är tunt, temperaturen pendlar mellan plus- och minusgrader, och marken är fuktig. Längre söderut, där marken sällan är snötäckt, kan uppfrysning förekomma i större omfattning under hela vintern (figur S11).



Figur S10 Inverkan av markberedningens storlek (blottlagd mineraljordsyta) på uppfrysning på uppfrysningsbenägen mark.⁶⁰ Med ökad exponering av mineraljorden är det ökad risk för uppfrysning.

⁵⁹ Podsolen är Sveriges vanligaste jordmån, ordet stammar från ryskans *pod* (under) och *zola* (aska). Podsolen karakteriseras av en vit eller gråaktig urlakningshorisont (E-horisont, även kallad blekjord) som normalt är ca en decimeter tjock, och av en 2–3 dm tjock anrikningshorisont som kan vara röd eller brunsvart (B-horisont, rostjord). Under B-horisonten finns den opåverkade mineraljorden, C-horisonten. Oftast finns en några cm tjock O-horisont ovanpå, bestående av *förna* och *mårskikt*, där den överst liggande förnan utgörs av onedbrutna växtdelar, medan mårskiktet består av *humus* och delvis nedbrutna växtrester.

⁶⁰ Bergsten, U., Goulet, F., Lundmark, T. och Ottosson-Löfvenius, M. 2001. Frost heaving in a boreal silt soil in relation to soil scarification and snow cover. *Can. J. For. Res.* 31, s 1084–1092.



Figur S11 Inverkan av snö och markberedning på uppfrysning på uppfrysningensbenägen mark.⁶¹ Snötäckt mark är mindre utsatt för uppfrysning än snöfri mark, speciellt om mineraljorden är exponerad genom markberedning.

Markbehandlingen påverkar risken för uppfrysning

Med markbehandlingen kan man påverka risken för uppfrysning på tre sätt:

- Hur stor mineraljordsyta som blottläggs.
- Hur djupt markbehandlingen sker.
- Hur mycket kapillärbrytande material som finns kvar i markberedningspunkten där fröna ska gro och groddplantorna etablera sig.

Med ökad blottläggning av mineraljorden på uppfrysningensmark, ökar uppfrysningensrisken. Om ytan utgörs av blekjord och endast är 1 dm i sida, är uppfrysningen förmodligen inte större än för ej markberedd mark. På uppfrysningensmark bör man inte markbereda ner till rostjorden, utan låta blekjorden vara intakt, eftersom rostjordens sammansättning gynnar bildningen av pipkrake. Om kapillärbrytande organiskt material finns med, minskar risken för uppfrysning ännu mer.

Snöns isolerande inverkan har stor betydelse för att minska uppfrysningen. Ett tjockt snötäcke tidigt under hösten och under hela vintern, bör väsentligt minska risken för uppfrysning (figur S12).^{62,63}

⁶¹ de Chantal, M., Holt Hanssen, K., Granhus, A., Bergsten, U., Ottosson Löfvenius, M. och Grip, H. 2007. Frost-heaving damage to one-year-old *Picea abies* seedlings increases with soil horizon depth and canopy gap size. *Can. J. For. Res.* 37, s 1236–1243.

⁶² Bergsten, U., Goulet, F., Lundmark, T. och Ottosson-Löfvenius, M. 2001. Frost heaving in a boreal silt soil in relation to soil scarification and snow cover. *Can. J. For. Res.* 31, s 1084–1092.

⁶³ de Chantal, M., Holt Hanssen, K., Granhus, A., Bergsten, U., Ottosson Löfvenius, M. och Grip, H. 2007. Frost-heaving damage to one-year-old *Picea abies* seedlings increases with soil horizon depth and canopy gap size. *Can. J. For. Res.* 37, s 1236–1243.

Klimatet

Sådd är inte på samma sätt som naturlig föryngring begränsad av lokalens fröproduktion och förutsättningar för frömognad. I kärva lägen kan dock lokalklimatet ha stor inverkan på såddresultatet. Det är därför mycket viktigt att hårdigt frö av hög kvalitet används i sådana områden. I de södra och östra delarna av Sverige, där försommartorka är vanligt förekommande, krävs kunskap och praktisk erfarenhet om vilken såddtidpunkt och markbehandling som är lämplig.

I Sverige söder om Dalälven kan såddresultatet förbättras om sådden görs under en skärm av stora träd, som skyddar mot frost och snytbagge samt verkar dämpande på konkurrerande hyggesvegetation.

Makroklimat

Nordliga klimatlägen

Om man har tillgång till frö av tillräckligt hårdig proveniens, kan sådd utföras i kyligare klimatlägen än där man kan erhålla naturlig föryngring från fröträd. För att en god plantbildning ska erhållas, måste dock temperaturen vara tillräckligt hög för frögroning och rottillväxt. Sensommarfroster får inte slå ut de nybildade groddplantorna om de ska hinna invintra innan höstfrosterna.

Erfarenheterna av sådd i extremt kärva klimatlägen är dock begränsad, men det finns exempel på lyckade sådder på hög höjd. Sannolikt är lokalklimatet starkt utslagsgivande. I söderslutningar kan förutsättningarna för plantbildning vara goda, även på höga höjder över havet, medan det i nordslutningar kan vara mycket svårt att få plantorna att överleva i tillräckligt hög omfattning. I dagsläget bör den som vill så i kärva lägen ha goda lokala erfarenheter och använda frö av hög vitalitet och med tillräcklig hårdighet. En temperatursumma⁶⁴ på 600 dygngrader vara vägledande som gräns för när det inte längre är lämpligt att använda sådd.

Sydliga klimatlägen

Tidigare studier har visat på sämre såddresultat i södra än i norra Sverige, vilket har tolkats som en effekt av den större konkurrensen från hyggesvegetationen i södra Sverige. En annan faktor är den korta varaktigheten av snö, och därmed stor risk för uppfrysningsskador (jämför ovan). De negativa effekterna av konkurrens kan motverkas genom noggrant val av ståndorter för sådd, bra såddteknik, samt utnyttjande av frö med hög vitalitet.

I södra Sverige kan det ofta rekommenderas att man sår under en tallskärm. Skärmen ger skydd mot frost och snytbagge, håller tillbaka hyggesvegetationen samt ger ett extra tillskott av frö. Sådd under skärm ger en snabbare och jämnare plantbildning än om man enbart förlitar sig på den naturligt uppkommande föryngringen.

I de mest försommartorra delarna av Sydsverige, där man ofta fått varierande såddresultat, krävs lokal kunskap om vilken såddtidpunkt och markbehandling som är lämplig för att använda sådd.

⁶⁴ Temperatursumman är summan av medeltemperaturerna hos alla dygn under en period. Oftast anges den i dygngrader med tröskelvärde +5 °C.

Mikroklimat

Marktemperaturen påverkar både frögroningen och plantans tillväxt. Hos tall startar de inre processer som leder till groningen inte förrän temperaturen överstiger ca 5 °C. Vid så låg temperatur går groningen mycket långsamt och många frön fullbordar inte groningen (figur S12)⁶⁵. Vid optimal temperatur för frögroning hos tall (ca 20–25 °C) tar groningen 5–9 dagar att fullborda, och vid temperaturer över ca 30 °C skadas fröet och andelen grodda frön minskar.

Vid skogssådd är marktemperaturen sällan så låg att det helt hindrar groningen. Däremot bromsas hastigheten för frögroning ofta av låga marktemperaturer. Om marktemperaturen är under ca 10–15 °C reduceras groddplantans rottillväxt betydligt.⁶⁶

Marktemperaturen varierar mellan substrat. Det intakta humustäcket är mörkt till färgen, har dålig värmeledningsförmåga och kan vid låg fuktighet därför bli så varmt att groddplantor skadas. Hög värme kan orsaka skador på hypokotylen⁶⁷ just i markytan. Bar mineraljord blir sällan lika varm som en torr humusyta eftersom mineraljorden har bättre värmeledningsegenskaper och kan kylas av avdunstande fukt.

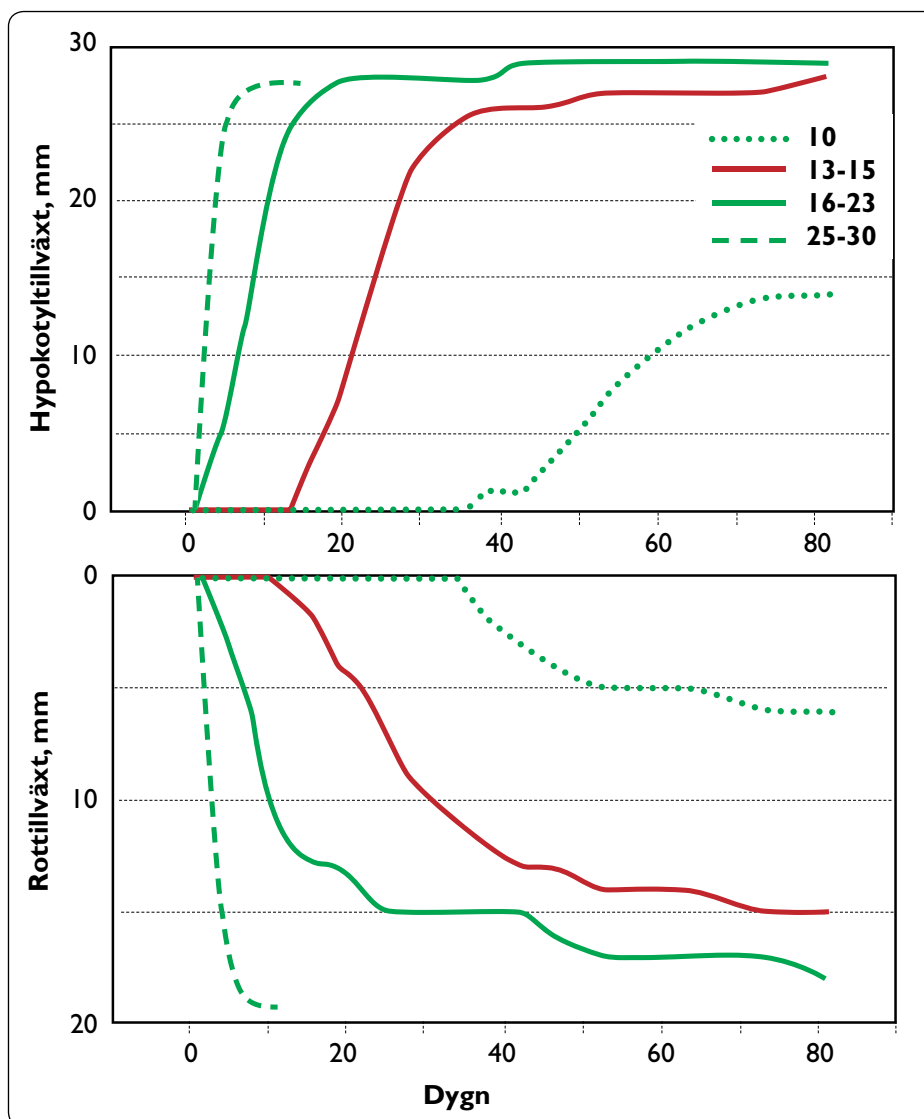
Under markytan är temperaturen jämnare och frön som täckts med några millimeter jord eller humus utsätts sällan för mycket höga temperaturer. Om en gles skärm (t ex 50 träd per hektar) av höga träd lämnats, minskar utstrålningen under klara, kalla nätter och temperaturen vid markytan sjunker inte lika mycket som på en kalavverkad yta.⁶⁸

⁶⁵ Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

⁶⁶ Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

⁶⁷ Stammen under hjärtbladen.

⁶⁸ Ottosson Lövvenius, M. 1993. Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area. SLU, inst. för skogsekologi. *Doktorsavhandling*,



Figur S12 Tillväxt för hypokotyl och rot hos tall efter groningen vid temperaturerna 10, 13–15, 16–23 och 25–30 °C. Vid låg temperatur sker speciellt rottillväxten mycket långsamt, dessutom kan inte tid ”ersätta temperatur”.

Skärmträd kan även reducera gräsvegetationens konkurrens men mycket stark beskuggning leder till låg överlevnad hos groddplantor, exempelvis för groddplantor som etableras i mer slutna skogsbestånd.⁶⁹

Mycket stark beskuggning leder dock redan efter några veckor till negativa effekter på tillväxt, förvedning och invintring hos groddplantorna, särskilt hos tall. Plantor som försvagats av brist på ljus, skadas lättare av frost och uttorkning, vilket leder till låg överlevnad hos groddplantor som etableras i slutna skogsbestånd.

En förlängd tid från groningen till förvedning, ökar också risken för att groddplantan ska angripas av skadegörare, framförallt sniglar.⁷⁰ Skärmarnas

⁶⁹ Erefur, C. 2010. Regeneration in continuous cover forestry systems. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2010:42.

⁷⁰ Nystrand, O. 1998. Post-dispersal Predation on Conifer Seeds and Juvenile Seedlings in Boreal Forest. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 61.

utjämnande påverkan på mikroklimatet kan under snöfria perioder även leda till att uppfrysningsrisken minskar.⁷¹

Eftersom snötäckets tjocklek och varaktighet har stor inverkan på uppfrysningen, kan kvarstående träd som samlar upp snö i sina kronor och därmed indirekt minskar snötjockleken, även bidra till att risken för uppfrysning ökar.

Vegetationskonkurrens och allelopati

Konkurrerande vegetation på hyggen kan vara ett svårt föryngringshinder för små plantor, och styr i viss mån valet av objekt för sådd. I de flesta fall är det inte beskuggningen (konkurrensen ovan jord) som är det stora problemet, utan rotkonkurrensen.⁷²

I fältförsök har det visat sig att klippning av vegetationen runt plantor inte ger någon positiv effekt på tillväxten jämfört med ostörd vegetation. Växterna konkurrerar om både vatten och näring i marken, och det är sannolikt näringstillgången som är mest begränsande för tillväxten.

Konkurrens från gräs

Under de första åren är konkurrensen från olika gräsarter svår för barrträdsplantorna. Mängden av det smalbladiga gräset *kruståtel* ökar kraftigt efter avverkning på de flesta medelgoda, friska skogsmarker i Sverige. Om kruståtel växer utspritt i äldre bestånd i form av glesa, ej blommande skott antyder det att gräset har ett vidsträckt rotsystem i beståndet. Det kan då snabbt expandera när utbudet av näring och ljus ökar.

På fuktigare mark är det främst *tuvåteln* samt olika *rörarter* (piprör, bergrör m fl) som blir dominerande. Om kruståtel inte finns i beståndet före avverkning, hinner gräset oftast inte bli något stort problem för föryngringen, även om gräset frösår sig i markberedningsfläckarna. Hård bränning reducerar effektivt kruståteln, som har yttligt liggande jordstammar.

Allelopati

På magra, lavhävdade marker är konkurrens från vegetationen oftast inget större problem, men om kråkbär är det dominerande riset kan det försvåra plantbildningen genom *allelopati*. Vissa växter producerar så kallade allelopatiska ämnen som hämmar frögroning och rottillväxt hos andra växter.

I den svenska floran har särskilt *kråkris*⁷³ visat sig ha dessa egenskaper, men effekterna finns även hos *örnbräken*⁷⁴ och *ljung*⁷⁵. Hos kråkriset finns

⁷¹ Wennström, U., Bergsten, U. och Nilsson, J.-E. 1999. Mechanized microsite preparation and direct seeding of *Pinus sylvestris* in boreal forests - a way to create desired spacing at low cost. *New Forests* 18, s 179–198.

⁷² Björkman, E. 1945. On the influence of light on the height-growth of pine plants on pine-heaths in Norrland. *Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt* 34(10), s 497–542.

⁷³ Nilsson, M.C., Zackrisson, O., Sterner, O. och Wallstedt, A. 2000. Characterisation of the differential interference effects of two boreal dwarf shrub species. *Oecologia* 123 (1), s 122–128.

⁷⁴ Dolling, A., Zackrisson, O. och Nilsson, M.-C. 1994. Seasonal variation in phytotoxicity of bracken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). *J. Chem. Ecol.* 20 (12), s 3163–3172.

⁷⁵ Norberg, G., Dolling, A. och Jäderlund, A. 2001. Control of heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) by steam treatment: Effects on establishment and early growth of Scots pine. *New Forests* 21 (2), s 187–198.

det aktiva ämnet i körtlar på bladen, och såväl gröna blad som förna har allelopatisk effekt. På hyggen som domineras av kråkbär kan allelopati allvarligt hindra barrträdsföryngringen. Markberedning är inte alltid en tillräckligt effektiv motåtgärd. Bränning däremot slår ut risväxterna och deaktiverar eller förstör allelopatiska ämnen i förnan. Bränning, gärna i kombination med skonsam markberedning, är därför det bästa sättet att undvika skador av allelopati på hyggen med tätvuxen kråkbär.

Predation ⁷⁶

Många av de vanligaste arterna av sorkar, skogsmöss, finkar och skalbaggar ur familjen jordlöpare äter barrträdsfrön på marken efter fröspridningen. De groende fröna och unga groddplantorna angrips också av djur och insekter, framför allt av brun skogssnigel och öronvivlar.

Möss och sorkar är betydande fröätare. Inga omfattande studier har gjorts i Sverige under något stort sorkår, men enligt studier i bland annat Nordamerika är det sannolikt att skadegörelsen på sådda frön då är mycket stor. Smågnagare söker föda främst med hjälp av luktsinnet, och finner enkelt frön som täckts av några millimeter jord eller humus.

Vissa *finkar* (främst bergfink och bofink) äter gärna barrträdsfrön från marken. Skadegörelsen är störst under våren och försommaren, innan ungarna kläckts fram.

Fåglar och *jordlöpare* finner bara frön som ligger synligt, och deras skadegörelse kan ibland motverkas genom täckning av fröna. Fåglar kan dock knipsa även fröskal som sitter kvar på uppresta groddplantor vilket ofta medför att plantan dör.

Predationen på groddplantor kan bli avsevärd under täta skärmbestånd på frisk-fuktig mark, eftersom sådana miljöer kan vara gynnsamma för *sniglar*. Efter kalavverkning på frisk och torr mark är risken för svårare snigelangrepp liten. Även skonsam markberedning reducerar risken för snigelskador på alla marktyper.

En svår skadegörare på stambasen på större plantor i Sverige är *snytbaggen*. I allmänhet anses snytbaggeproblemet vara något mindre vid sådd och naturlig föryngring än vid plantering eftersom groddplantor/små plantor inte är lika attraktiva för snytbaggen som större plantor. Några år efter en avverkning är inte stubbegenskaper och hyggesmiljö tilltalande för snytbaggar och små plantor kan då utvecklas vidare utan att angripas hårt av snytbagge.

Det bör dock observeras att om snytbaggepopulationen är hög och ståndorten är gynnsam för snabb tillväxt kan angrepp ske redan andra året efter sådd. Markberedning, liksom skärmträd, reducerar snytbaggeangreppen.

Även andra insekter, som är kända för att vara allvarliga skadegörare på planterade plantor, angriper även såddplantor. *Svart bastborre* ger liknande skador som snytbaggen, men barknaget är koncentrerat till rötterna.

Svampar

Skadesvampar kan finnas i marksubstratet eller på fröskalet. Svampinfektionen kan ske redan vid fröspridningen, på marken eller vid hantering av frö med dåligt rengjord utrustning.

⁷⁶ Nystrand, O. 1998. Post-dispersal Predation on Conifer Seeds and Juvenile Seedlings in Boreal Forest. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 61.

Fallsjuka är ett kollektivnamn för flera svamparter som får cellerna i hypokotylen att kollapsa just vid markytan, och plantan ”faller av” trots att ovanjordsdelen kan se frisk ut. Angreppen sker bara under det första levnadsåret. Skadan kan vara svår att skilja från värmeskador, som också uppstår precis vid markytan.

Efter skogseld och hyggesbränning kan man få en invasion av svampen *rotmurkla* (*Rhizina undulata*) som angriper rötterna på barrträdsplantor och dödar dem. Rotmurkleproblemet anses vara större vid plantering än vid sådd och naturlig föryngring.

Praktisk sådd

Tillgång till kapillärt stigande vatten är avgörande för frögroningen och groddplantornas etablering.

Grovkorniga jordarter har dålig vattenledningsförmåga, och är dessutom erosionskänsliga. Finkorniga jordar har bättre kapillaritet, men är mera utsatta för uppfrysning. Jordar med medelgrov textur (t ex sandig-moig morän) är lämpligast för sådd. Vattentillgången i ostörd markvegetation är i allmänhet otillräcklig för frögroning. Genom blottläggning av mineraljord, humusblandning i mineraljorden, kompaktering, mikropreparering och övertäckning och kan fuktförhållandena för frögroning förbättras.

Markbehandling

Markbehandlingen har i allmänhet stor betydelse för föryngringsresultatet, eftersom den påverkar alla länkar i kedjan groning, plantbildning, överlevnad och tillväxt.⁷⁷

Under 1930-talet och tidigare dominerade manuellt utförd markberedning, men efter andra världskriget etablerades bränning som markbehandlingsmetod för naturlig föryngring, sådd och plantering. I takt med den tekniska utvecklingen, problem med rotmurkla och rapporter om minskad produktion på brända marker, minskade bränningen under 1960-talet, samtidigt som maskinell fläckmarkberedning användes i allt större utsträckning. Den mer radikala plogningen, som utvecklades i Finland, introducerades i Sverige under 1960-talet i första hand på fuktiga marker med tjocka inaktiva humustäcken som inte är lämpliga för sådd.

Den idag dominerande metoden harvning, som även den är utvecklad i Finland, började användas i Sverige under senare delen av 1960-talet. Fördelen med denna teknik är att ett kontinuerligt spår med tilla skapas, vilket ger många lämpliga planteringspunkter och enklare plantering.

I början av 1970-talet utvecklades i Sverige högläggningen, en metod som lämpar sig för samma marktyper som plogning, men med avsevärt mindre markpåverkan. Under 1990-talet började planlagd bränning användas igen, främst för att det kan vara positivt för bevarande eller återskapande av den biologiska mångfalden.⁷⁸

Av hänsyn till naturvård, kulturmiljövård och annat nyttjande av skogen än skogsbruk, har man under de senaste åren även börjat utveckla mer skonsamma markbehandlingsmetoder. För rennärningen är det angeläget att skonsam markberedningsteknik används på viktiga renbetesmarker.⁷⁹

⁷⁷ Örlander, G. och Gemmel, P. 1989. Markberedning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 89:3.

⁷⁸ Se: *Skogsskötselserien* del 14, Naturhänsyn. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

⁷⁹ Roturier, S., Sundén, M. och Bergsten, U. 2011. Re-establishment rate of reindeer lichen species following conventional disc trenching and HuMinMix soil preparation in Pinus-lichen clear-cut stands: a survey study in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 26, s 90–98.

Principer för markbehandling

Det finns ett stort antal mer eller mindre beprövade markbehandlingsmetoder avsedda främst för plantering av skogsträd, men bara ett fåtal används praktiskt idag.

Konventionell markberedning

Det vanligaste tillvägagångssättet innebär att vegetation och humuslager skalas av så att mineraljorden friläggs i fläckar eller spår. Detta görs i allmänhet maskinellt med harv eller fläckmarkberedare, men kan också göras för hand med hacka eller andra redskap.

Vissa av de markberedningstyper som ger bra resultat vid plantering, är inte lämpliga för föryngring från frö. Ett exempel på detta är mineraljordshög på omvänd torva (som kan åstadkommas med harv eller högläggare). Genom att kapillariteten har brutits, blir mineraljordshögens yta alltför torr för att bra frögroning skall erhållas. Samtidigt blir det en grop där jorden till högen tagits, vilket ofta ger de groddplantor som etablerats där, en dålig tillväxtmiljö till följd av ökad uppfrysningrisk och risk för stående vatten och syrebrist för rötterna. En planta däremot, som planteras så djupt i den omvända torvan att rötterna hamnar i det orörda humustäcket eller i den underliggande mineraljorden, kan få goda betingelser för överlevnad och tillväxt.

Om plantering och sådd eller naturlig föryngring ska kombineras på samma lokal, ger grund harvning, eller hög i kombination med en lång, grund mineraljordsfläck utan gropbildning, acceptabla betingelser för groning, överlevnad och tillväxt.

Fräsning

En blandning av humus och blekjord, populärt kallad humix eller huminmix, har i vetenskapliga försök visat sig vara lämplig som fröbädd vid sådd om inte humustäcket är alltför tjockt.⁸⁰

Denna typ av fröbädd är svår att framställa med konventionella typer av markberedare, varför ny teknik har utvecklats. Den går ut på att man med roterande tand- eller borstförsedda hjul fräser sönder humustäcket och blandar humus med mineraljord.

Eftersom tekniken baseras på skärande principer i stället för avflående, blir markpåverkan betydligt mindre än vid konventionell markberedning.

Hyggesbränning

Användningen av eld för att skapa bra groningsmiljöer för skogsfrö har gamla anor i Norden, och är en väl beprövad metod.

För bra plantbildning efter bränning, utan annan markbehandling, krävs i allmänhet en kraftig bränningsinsats, där hela den övre delen av humuslagret bränns av. Detta uppnås bara om bränningen utförs när markens yta är tämligen torr. Det bästa resultatet brukar uppnås om bränningen görs under våren eller försommaren eftersom markvegetation och avverkningsrester då är som torrast.

Bränning är dock inte lämpligt på marker som är viktiga renbetesområden.

⁸⁰ Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

Mikropreparering

Vid mikropreparering skapas i den markberedda ytan små pyramidformade fördjupningar, liknande ett våffelmönster, där fröna hamnar vid sådd.⁸¹ Mikroprepareringen förbättrar kapillär stigning, minskar avdunstningen och ökar kontakten för de groende fröna med substratet.

Mikropreparering kan utföras manuellt med en så kallad mikropreparerings-sko, eller maskinellt. Då utförs maskinell markberedning, mikropreparering och sådd i samma moment, genom att man ansluter ett mikroprepareringshjul och en såddapparat till markberedaren. Mikropreparering kan även göras som ett smalt streck eller spår, med hjälp av ett spetsigt föremål i markberedningen.

Markbehandlings effekter för sådd⁸²

En bra fröbädd för sådd måste i första hand ge goda förutsättningar för frönas vattenupptagning, groning och groddplantornas överlevnad under det första året. För att plantorna ska bli vitala och motståndskraftiga mot påfrestningar som exempelvis vegetationskonkurrens och angrepp av skadegörare, måste dessutom betingelserna för plantutveckling vara goda även under de efterföljande åren.

Markkompaktering och övertäckning ger fröet säkrare vattentillgång⁸³

Det är viktigt att vatten kan nå fröna genom kapillär stigning i marken, eftersom det kapillära markvattnet svarar för en större del av vattenförsörjningen under groning än den direkta nederbörden. Vattentillförseln via regn varierar mycket och går inte att säkert förutsäga.

Vanligen åstadkoms kontakten mellan fröna och det kapillära vattnet när man markbereder och avlägsnar det kapillärbrytande humustäcket och blottlägger mineraljorden. Blottläggningen kan göras manuellt med hacka eller med mekaniserade markberedare. Även hård bränning kan göra att mineraljorden blottläggs.

Fuktbetingelserna för groning kan ytterligare förbättras med hjälp av en kompakterande mikropreparering, då både den kapillära vattenstigningen i marken och kontaktytan mellan frö och fuktigt marks substrat ökas. Genom att fördjupningens kanter rasar igen när ytan torkar, täcks även fröna snabbt, vilket medför att de lättare kan behålla upptaget vatten.

En liknande effekt kan erhållas om fröna täcks över lätt i samband med sådden. Övertäckningen måste vara mycket tunn, eftersom groddplantorna vanligtvis inte kan ta sig igenom mer än 1 cm tjockt täckningsmaterial. Täckning är inte alltid positivt. Om det är mycket fuktigt, kan övertäckta frön hamna helt under vatten och skadas av syrebrist.

Vid kraftig kompaktering av mineraljord, kan rotutvecklingen senare hämmas, och då i synnerhet på finkorniga jordarter. Motsatsen till kompaktering är luckring, som vanligtvis medför förbättrad rot- och skotttillväxt, men ef-

⁸¹ Bergsten, U. 1988. Pyramidal indentations as a Microsite Preparation for Direct Seeding of *Pinus sylvestris* L. *Scand. J. For. Res.* 3, s 493–503.

⁸² Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

⁸³ Oleskog, G. 1999. The effects on seed bed substratet on moisture conditions: germination and seedling survival of Scots pine. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 99.

fekten är oftast kortvarig i svensk skogsmark. Den humusinblandning i mineraljorden som erhålls efter fräsning, ger efter mikropreparering i allmänhet goda fuktbedingungen för groningen.

Temperaturen ökas med markberedning

Marktemperaturen i den boreala skogsmarken i Sverige är, även under vegetationsperioden, vanligtvis under det optimala för både groningen och plantbildning samt plantans ovanjords- och rottillväxt.

Speciellt groddplantor är beroende av att temperaturen överskrider en viss nivå för att rottillväxten ska ske snabbt.⁸⁴ Markberedning som frilägger mineraljorden eller lägger mineraljord ovanpå humustäcket, medför i allmänhet en marktemperaturhöjning under stora delar av dygnet.

Ljuset är sällan begränsande

Under groningen råder för tall och gran ingen ljusbrist i skogsmarken. Groddplantor och små plantor, i synnerhet tallplantor, är dock ljuskrävande, och kan därför gynnas av en markberedning som minskar ljuskonkurrensen från omgivande markvegetation.

Näringsutbudet är störst i humus⁸⁵

Fröets eget näringsförråd räcker endast till ca två centimeters rottillväxt, vilket innebär att markberedningen bör utformas så att fröna hamnar nära substrat med bra näringsutbud.

Humustäcket utgör under nedbrytning lager för lättillgängliga näringsämnen. Om humustäcket sönderdelas och blandas med mineraljord, skapas ett substrat (huminmix) med god tillgång på näringsämnen.

Mekaniska störningar bör förhindras⁸⁶

Ytligt placerat och finfördelat organiskt material minskar risken för att frön och groddplantor ska förflyttas eller skadas av regndroppar. Ett sådant lager minskar även uppfrysningen, samtidigt som god vattentillförsel bibehålls. Uppfrysningsrisken blir även mindre om ett huminmix-substrat skapas.

På podsolmarker kan uppfrysningsrisken också minskas, om man vid markberedning undviker att exponera den mer uppfrysningsbenägna rostjorden, och istället strävar efter att skapa fröbäddar av tunn humus eller blekjord.^{87,88}

⁸⁴ Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

⁸⁵ Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

⁸⁶ Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.

⁸⁷ de Chantal, M., Holt Hanssen, K., Granhus, A., Bergsten, U., Ottosson Löfvenius, M. och Grip, H. 2007. Frost heaving damage to one-year-old *Picea abies* seedlings increases with soil horizon depth and canopy gap size. *Can. J. For. Res.* 37, s 1236–1243.

⁸⁸ de Chantal, M., Bergsten, U., Grip, H. och Ottosson Löfvenius, M. 2009. Frost heaving of *Picea abies* seedlings as influenced by soil preparation, planting technique, and location along gap-shelterwood gradients. *Silva Fennica* 43(1), s 39–50.

Biotiska faktorer⁸⁹

Markbehandling reducerar starkt konkurrensen från omgivande vegetation, vilket är av särskild vikt vid föryngring från frö.

Exponering av mineraljord har dessutom visat sig verksamt som skydd mot flera av de djur som angriper frön, groddar och äldre plantor. Snytbaggar, sniglar och jordlöpare tillhör de arter som undviker att röra sig över mineraljordsytor.

Fåglar, framförallt bergfink och bofink får dock lättare att finna frön efter markberedning. Den övertäckning av frön som sker efter mikropreparering, utgör dock i viss mån ett skydd mot de fröätande fåglarna.⁹⁰

Hyggesbränning lockar till sig stora populationer av frö- och plantätande djur, bland annat snytbaggar och olika jordlöpare, och förlusterna i frö och groddplantor kan där bli stora. Även finkar äter gärna frön på brännor.

Bränning, och i viss mån markberedning, reducerar dock risken för allelopatiska effekter av till exempel kråkbär. På marker med mycket örnbräken bör bränning undvikas, eftersom örnbräken gynnas av skogseld.

Markberedning för sådd i praktiken

Markberedare kan delas in i tre huvudgrupper efter vilket sätt de arbetar; kontinuerligt, intermittent eller riktat.

Till de *kontinuerligt* arbetande, som bearbetar marken under hela framryckningen, räknas främst harvar och vissa typer av fräsmaskiner, medan *intermittent* arbetande, som bearbetar i cykler, främst är fläckmarkberedare och variationsaggregat eller högläggare.

Markberedare som arbetar *riktat*, där föraren väljer positionen för varje markberedningspunkt, utgörs av markberedningsaggregat som är monterade i kranspetsen på skördare eller grävmaskiner.

Markens svårighetsgrad avgör

Valet av markberedare bör baseras på markens svårighetsgrad för markberedning och vilken typ av markberedningsställe som eftersträvas. Svårighetsgraden avgörs av förekomsten av block, ris och grenar, stubbar och rötter, samt om hyggesvila ska användas eller om grotuttag görs. Vid markberedning för sådd och naturlig föryngring används oftast så kallad rundkörning, vilket innebär att markberedningen sker genom att objektet körs runt ytterkant och betas av inåt allt eftersom. Om sådden ska ske manuellt bör markberedningen ske i raka rader så långt detta är möjligt, eftersom det därigenom blir lättare att hålla ordning på var det är sått. Om sådd inte kombineras med mikropreparering är det nästan omöjligt att se vilka avsnitt av en markberedning som är sådd eftersom frön är så små.

Den vanligast förekommande typen av markberedare är harven. De första harvarna som kom hade ingen möjlighet till rotation av tallrikarna eller att öka marktrycket, utan trycket begränsades av harvtallrikarnas egen vikt. När äldre harvar används, vid markberedning för naturlig föryngring och sådd, är

⁸⁹ Nystrand, O. 1998. Post-dispersal Predation on Conifer Seeds and Juvenile Seedlings in Boreal Forest. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvicultura* 61.

⁹⁰ Nilsson, M.E. och Hjältén, J. 2003. Covering pine-seeds immediately after seeding: effects on seedling emergence and on mortality through predation. *For. Ecol. Manage.* 176, s 449–457.

det viktigt att kontrollera att harvtallrikarnas vinkel ger breda flacka spår, lämpliga för sådd och naturlig föryngring. På så sätt åstadkoms en stor och ytligt markberedd markyta som består av blekjord i blandning med humus. Med alltför små harvtallrikar, som ställts in med för liten vinkel mot körriktningen, erhålls istället ett smalt och djupt markberett spår.

Dagens moderna harvar har förutom inställbart marktryck även möjlighet till så kallat lättningstryck, vilket innebär att tallrikarna hålls uppe med hydrauliskt tryck, och ställbara tallriksvinklar vilket ger möjligheter till både mild och kraftig markberedning. En funktion för att markbereda intermittent finns även på nyare harvar.

Högläggare vanliga

Vanliga i skogsbruket är också variationsaggregaten, som allmänt kallas högläggare, eftersom de till största delen används till just högläggning före plantering.

Vid markberedning för naturlig föryngring och sådd, ställs variationsaggregaten in för att skapa långa fläckar. När rihjulen är inställda för långfläck, låses rihjulen i ett läge där tänderna lutar antingen bakåt eller står rakt ner mot marken. Detta gör att rihjulet inte gräver ner sig utan endast skrapar markytan och åstadkommer en grund markberedning, lämplig för sådd.

En stor del av de markberedare som används för sådd, är i dagsläget anpassade av flera entreprenörer till att generera en stor andel blekjords- och humusfröbäddar.

Ny teknik för huminmixfröbäddar

Huminmixfröbäddar går inte att framställa med konventionella typer av markberedare, varför ny teknik tagits fram för marker med inte alltför tjocka humustäcken. Tekniken går i stället ut på att man med roterande tandade hjul sönderdelar humustäcket och blandar det med mineraljord. Beroende på inställning av maskinerna, så fräses antingen finfördelad humus ihop med mineraljord, eller också tillskapas ett tunt lager humus eller blekjord. Både frässpår, långfläck och hög kan åstadkommas med mycket låg markpåverkan.

Manuell mikropreparering kan utföras med en mikroprepareringsko. Vid maskinell markberedning kan mikropreparering och sådd utföras i samma moment, genom att man ansluter ett mikroprepareringshjul och en såddapparat till markberedaren. Mikroprepareringshjulen skall ha god följsamhet och vara självrensande, så att mikroprepareringsmönstret erhålls i stor omfattning. Dessutom ska frömatningen ske så att fröutsläppet kommer nära marken. På steniga marker där mikroprepareringsmönstret inte kan åstadkommas, finns inga fördelar med hjulet.

Uppföljning av markberedningsresultatet

Genom att räkna antalet markberedningsrader per 100 meter längs slumpvis valda sträckor vinkelrätt mot markberedningsraderna och registrera markberedningens medelbredd, kan man beräkna hur stor andel av arealen som påverkats av markberedningen. Då kan man även registrera fröbädds-

typen och fördelningen av olika frøbäddstyper. Med hjälp av dessa inventeringsdata kan markberedningens kvalitet för sådd värderas.

Markberedningsresultatet kan lämpligen klassificeras i följande frøbäddstyper:

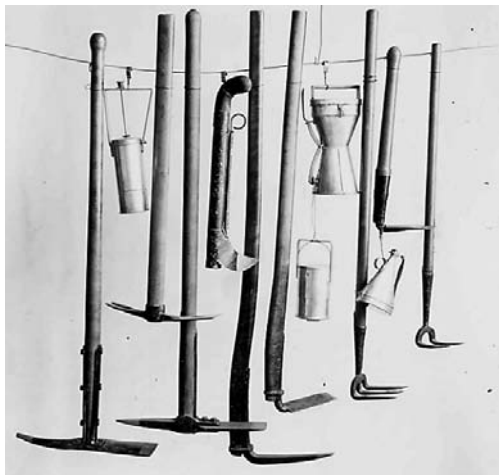
- omarkberett
- omvänd torva
- humus
- humix
- blekjord
- rostjord

Med humus menas att större delen frøbädden består av ett tunt lager högförmultnad humus, med humix att den består av en blandning av humus och blekjord, och med blekjord respektive rostjord menas att frøbädden domineras av dessa substartyper.

Lämpliga frøbäddstyper för sådd och naturlig föryngring är främst tunn humus och blekjord. Om rostjord är den dominerande frøbäddstypen tyder det på att markberedningen varit alltför kraftfull och bearbetat alltför djupt i markprofilen. För bra föryngringsresultat vid naturlig föryngring krävs att större andel av arealen är påverkad av markberedningen, än vid sådd och plantering.

Såddutrustning

Såddutrustningar finns för såväl maskinellt som manuellt bruk. I såddens barndom var det vanligt med lokal utveckling av förhållandevis enkla såddredskap (figur S13). Även dagens redskap är enkla i sin uppbyggnad.



Figur S13 Exempel på hackor och såddkannor från den tidiga såddepoken. Foton från Skogsbibliotekets arkiv.

Maskinell utrustning

Maskinella utrustningar för sådd är i Sverige till största delen anpassade för montering på kontinuerligt och intermittent arbetande markberedare.

Utrustning finns för sådd i långfläck, där fröet portioneras ut i fläckar (helst bör det bli radspridning i fläcken), och för radsådd, där frön sås ut kontinuerligt, vanligtvis efter harvning. Teknisk utveckling av fröutmatningsutrustningen har medfört att maskinell sådd blivit mer frösnål med jämnare frögiva. Fortsatt utveckling är dock angelägen för att ytterligare öka tillförlitligheten, medge hög prestation med jämn frögiva utan avbrott, undvika fröskador och minimera risken för så kallad klumpsådd.

I figurerna S14–17 visas några ekipage som används för sådd och hur såddapparater monteras.



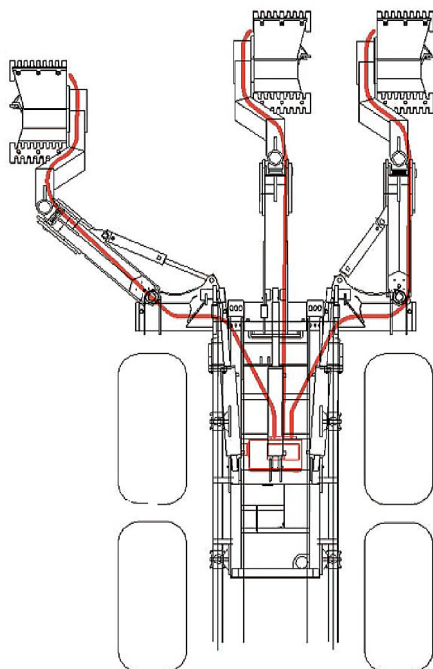
Figur S14 Maskinell mikropreparering och sådd efter ett såddanpassat Leno fläckmarkberedningsaggregat (långfläck). Fröna matas ut och hamnar på den mikropreparerade markytan efter mikroprepareringshjulet. Foto ForeCare AB.



Figur S15 Variationsaggregat med intermittert körsätt (både högläggning och fläckning kan utföras). Vid markberedning för sådd görs en grund så kallad långfläck som är 3–4 meter lång. Foto ForeCare AB.



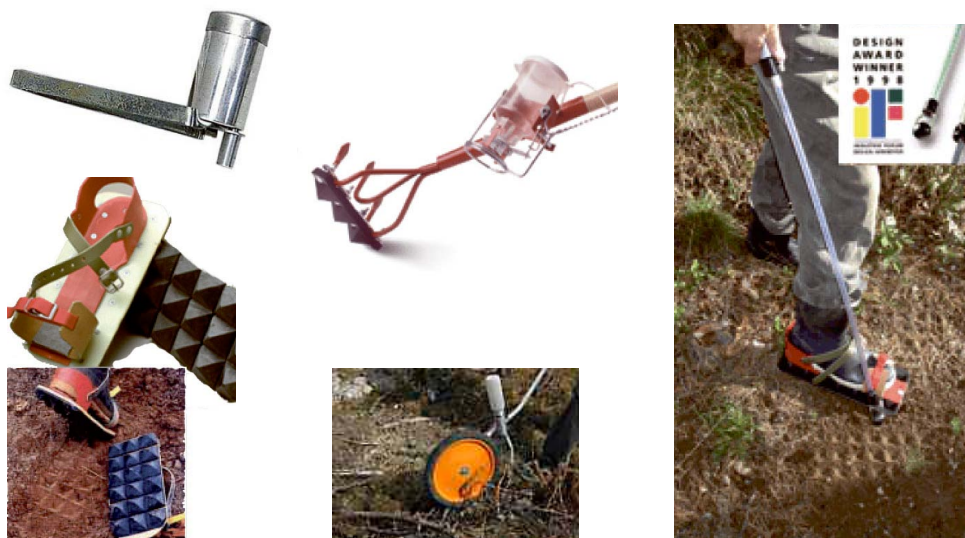
Figur S16 HuMinMix-aggregat för skonsam markberedning och mekaniserad sådd. Frässpår, långfläck och högläggning (för manuell plantering) kan utföras genom olika inställningar av det första fräshjulets rotationshastighet och rotationsriktning. Det vingförsedda andra hjulet reglerar tjockleken och finfördelningen på det skapade substratet. Frö matas ut bakom mikrorepareringshjulet (det tredje hjulet). Såddapparaten är monterad längst bak på basmaskinen. Foto Thomas Bergsten.



Figur S17 Princip för montering av såddapparater på ett 3-radigt variationsaggregat (www.brackeforest.se). En fläkt transporterar fröet i slangar till utsläppet längst ut på markberedningsaggregatet. Individuella frömatarhjul kontrollerar flödet av frön till varje såddkanal.

Manuell utrustning

Även med enkla redskap för manuell sådd, kan goda såddresultat erhållas med låg fröåtgång. Manuell sådd möjliggör att fröna kan placeras enbart på fröbäddssubstrat med goda betingelser för groningen och plantetablering. De flesta utrustningar som används i dag är utvecklade för radsådd. Exempel på sådan utrustning är såddstav, rör för radsådd och såddhjul (figur S18). Gamla metoder som att så för hand eller från en fröflaska med ett lagom stort hål i korken kan även vara fullt användbara om man är noga med giva och spridning.



Figur S18 Såddkanna (www.skogma.se). Så-Dan klokratta utrustad med såddapparat och mikroprepareringsplatta. SilviCon såddrör för sådd på markberedda och mikropreparerade områden. Mikroprepareringssko för användning på markberedd mark (www.silvitec.se). Såddhjul för manuell radsådd med mikropreparering.

För- och nackdelar med manuell och maskinell sådd

Vid manuell sådd kan man i en större utsträckning själv påverka var i det markberedda området som fröna kommer att hamna. Därigenom kan såddresultatet bli säkrare och jämnare vilket medför att man kan använda sig av mindre frögiva än vad som krävs vid maskinell sådd. Effekten är störst på ståndorter där andelen såddbäddar med bra betingelser för plantbildning och överlevnad är liten.

Som exempel kan nämnas finjordsrika marker, där man kan befara problem med uppfrysning vid sådd i rostjord, samt stenig mark där markberedaren kan ha svårighet att åstadkomma lämpliga fröbäddar.

Den största nackdelen med manuell sådd är att arbetskraftskostnaderna blir större än vid maskinell sådd, i de fall då inhyrd arbetskraft måste utnyttjas. Det kan också vara svårt att få tag på kompetent arbetskraft. Med dagens redskap och kostnadsbild för manuell sådd är det dock en metod som kan lämpa sig väl för en kunnig privat skogsägare.

Såddens utförande

Såddens resultat beror på många faktorer. Såddtidpunkt, fröval, fröhantering, frögivans storlek och såddsättet är faktorer som påverkar slutresultatet.

Såddtidpunkt

Den högsta plantbildningen och överlevnaden får man vid *försommarsådd*, det vill säga efter sådd under tidig vår och försommar. Det har länge funnits ett intresse av att utöka såddsäsongen, och man börjar därför även i praktisk sådd att testa *sensommarsådd* och *höstsådd*.

Med sensommarsådd avses sådd under slutet av juli fram till senare delen av augusti. Under denna period kan gröningsbetingelserna vara gynnsamma till följd av att marktemperaturen fortfarande är hög, daggbildning sker under natt/morgon och grundvattennivåerna har höjts igen, efter de låga nivåer som är vanliga i juli.

Plantavgångarna under höst och vinter är i allmänhet högre efter sensommarsådd än efter försommarsådd, beroende på att vegetationsperioden blir kortare vid sensommarsådd. Detta medför att groddplantorna, på grund av otillräcklig rot- och skotttillväxt, blir mycket känsliga för uppfrysning och mekaniska störningar, exempelvis av regn. De blir även mindre frosthärdiga.

Om nya markbehandlingsprinciper tillämpas, där organiskt material och mineraljord blandas, bör emellertid uppfrysningsrisken minska, vilket kan medföra bättre förutsättningar för sensommarsådd. Även om såddresultatet blir något sämre, kan sensommarsådd vara ekonomiskt motiverad, om speciellt utvecklade tekniska utrustningar därmed får en högre nyttjandegrad.

Höstsådd, dvs sådd sent under hösten med syfte att frö enbart ska övervintra och gro först påföljande vår, kan vara ytterligare ett sätt att öka det tekniska utnyttjandet. I dagsläget är det emellertid inte möjligt att tillämpa höstsådd för gran och tallfrö, eftersom de har mycket begränsad förmåga att överleva i marken över vintern. Det finns dock forskning som visar på möjligheter att artificiellt skapa ett extra fröskal som förbättrar resultatet efter höstsådd av tall (figur S19).⁹¹

Contortatall, som är naturligt anpassad att tolerera vinterlagring i skogen, är däremot möjlig att höstså redan idag. Sådd på snö kan inte rekommenderas, eftersom merparten av fröna kommer att hamna där det inte är markberett, eller transporteras iväg av smältvattnet, med risk för ojämna, gruppställda föryngringar.

Ett praktiskt problem vid manuell sådd är risken att missa någon del av objektet. Det kan förhindras om man delar upp och markerar såddobjektet med hjälp av snitselband som följer markberedningsslagen. Det är också viktigt att hålla reda på åtgången av frö vid användning av olika redskap. Detta kan enkelt göras genom att man till exempel sår på en ljus tygbit, och kontrollerar mängden frö per meter eller per fläck.

⁹¹ Pamuk, G. 2004. Controlling Water Dynamics in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seeds Before and During Seedling Emergence. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvicultura* 305.

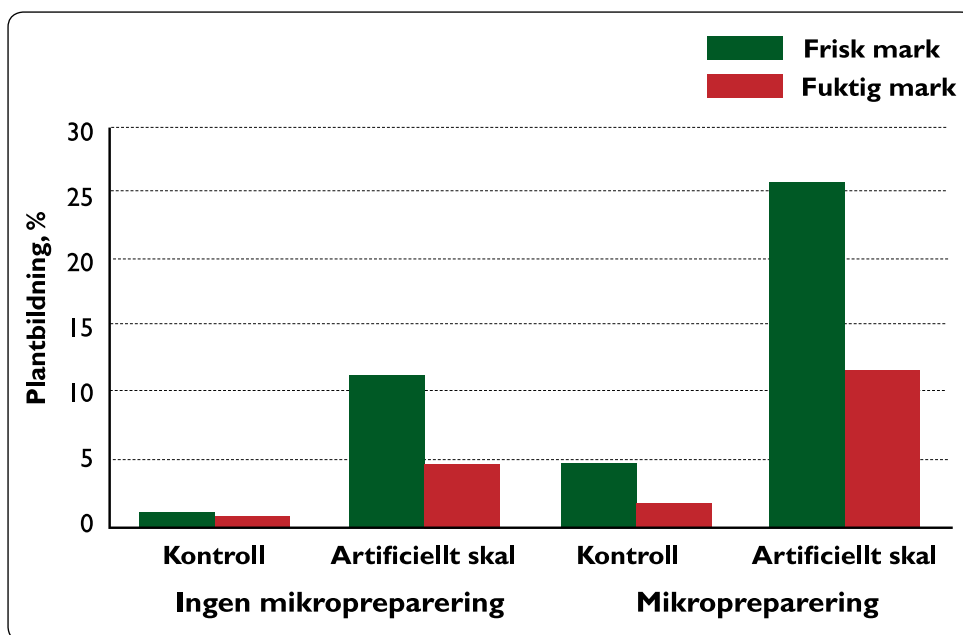
Metoder

- **Radsådd:** Frön sprids längs ett markberedningsspår på ställen där man anser fröbäddstypen vara av lämpligt slag, eller med jämna mellanrum oavsett fröbäddstyp.
- **Fläcksådd:** Man sår ett visst antal frön i markberedda fläckar, idag vanligtvis i långfläck. Fröna bör spridas väl i en rad även vid fläcksådd för att undvika att en extra, tidig, röjning behöver utföras.

Mikroprepareringsredskap kan med fördel användas både i samband med rad- och fläcksådd för att åstadkomma en gynnsammare groningsmiljö.

Såddtidpunkt

Bästa såddresultatet erhålls vid *försommarsådd*, vilket innebär till början av juli. Sådd kan även lyckas senare under sommaren, men plantöverlevnaden efter den första vintern är då i allmänhet mycket lägre. *Höstsådd*, där fröna skall övervintra och gro först påföljande vår, kan för närvarande endast rekommenderas för contortatall.



Figur S19 Plantbildning året efter höstsådd av tallfrö med ett extra artificiellt skal.⁹²

⁹² Pamuk, G. 2004. Controlling Water Dynamics in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seeds Before and During Seedling Emergence. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 305.

Fröhantering

Enbart frö av rätt härkomst och hög kvalitet (rent frö, hög grobarhet och om möjligt vitaliserat) ska användas. Man bör spara alla uppgifter om använt frö. Frö ska alltid förvaras kallt och torrt. Kontrollera alltid att fukthalten på frö som hanterats i fält är under 6–7 procent innan det stoppas in i lager igen. Spara alltid ett fröprov av det frö som använts till sådden för eventuell senare analys.

Utförare och planering

Ett flertal markberedningsentreprenörer kan erbjuda maskinell sådd direkt vid markberedning. Det är dock viktigt att försäkra sig om att den man anlitar har det kunnande som krävs. Man bör därför begära referenser från andra skogsägare, och gärna be att få se något objekt som entreprenören sått tidigare.

Om manuell sådd utnyttjas, är det viktigt att sådden görs så snart som möjligt efter markberedningen. Helst skall man inte vänta mer än en vecka efter markberedning, innan sådd görs. Eftersom såddsäsongen är kort, krävs bra planering av sådden. Det är viktigt för såddentreprenören att kunna börja så i de områden som får vår först.

Man bör även tänka på att vid såddtidpunkten på våren kan många hyggen vara fuktiga eller blöta, trots att de normalt inte är det under övriga delar av året. På sådana objekt är det risk för att markberedningen blir för radikal om den görs för tidigt på våren.

Fröåtgång

Vid bestämning av frögivan bör måttet vara *antalet grobara frön per meter*. Vid beställning av frö kan rätt mängd i kilogram beräknas med följande formel:

$$M = (A \times S \times G_m \times T_{kv}) / (G\% \times 10\,000)$$

M: Mängd frö i kg som krävs för att så den givna arealen

A: Areal (hektar) som ska sås

S: Såddsträcka per hektar (oftast ca 4 500 m/ha)

G_m: Frögiva (antal grobara frön per meter såddsträcka)

T_{kv}: Fröets tusenkornvikt (i gram, vanligen mellan 4 och 7)

G%: Fröets groningsprocent

Om manuell sådd tillämpas kan 20–50 procent lägre frögiva användas än vid maskinell sådd, eftersom fröet lättare kan placeras på lämpliga fröbäddstyper. Kostnaden blir då betydligt lägre.

Fröanskaffning och förvaring

Helt avgörande för såddresultatet är att det frö som används har hög förmåga att gro och bilda plantor med hög överlevnad och tillväxt. Därför är det viktigt att frö av lämplig proveniens och hög grobarhet och vitalitet används. Det är likaså viktigt att fröet hanteras under sådden så att kvaliteten inte försämras.

- Tänk på att beställa fröet i god tid före sådden. Våren är hektisk hos fröhandlarna och det blir dyrt om entreprenören tvingas vänta på frö.
- Fröets fysiologiska kvalitet och genetiska ursprung är avgörande för förnygringsresultatet. Skogsstyrelsen och Skogforsk kan ge råd om lämpliga härkomstområden. Man bör försäkra sig om att det frö som används verkligen har den kvalitet som krävs.
- Fröet måste vara ordentligt rensat för att såddaggregaten ska fungera problemfritt. Bitar av kotten samt barr får absolut inte förekomma i fröpartiet.
- Den information som alltid ska krävas vid köp av frö för skogssådd är: stambrevsnummer (lagkrav), proveniens/ursprung, insamlingsår, groningsprocent, groningsenergi och tusenkornvikt samt partiets vikt.
- Kontrollera också från vilket år analysresultaten kommer och om analyserna utförts av ett auktoriserat laboratorium. Begär gärna en förnyad analys om resultaten är några år gamla eller verkar tveksamma. Groningsprocenten skall vara minst 70 % och helst över 90 % för skogssådd. En låg grobarhet innebär i allmänhet också en låg vitalitet (se avsnittet *Frökonditionering*), vilket får till följd att resultatet kan försämras ganska mycket om groningsförhållandena är ogynnsamma.

Om man som kompensation för dålig frökvalitet ökar frögivan, får man även en ökad gruppställdhet, med ökat framtida röjningsbehov som följd.

Frö med hög tusenkornvikt har i allmänhet både hög vitalitet och ger upphov till plantor med hög överlevnadsförmåga. Plantagefrö har i de flesta fall högre tusenkornvikt och vitalitet än motsvarande beståndsfrö och kan därför ge upp till 20 procent högre plantbildning än beståndsfrö med samma härkomst och gröningsprocent.

Genom att använda vitaliserat frö, kan man ytterligare öka resultatsäkerheten, särskilt då frön av lägre vitalitet från kärva lägen i norra Sverige används, och då sådden utförs i kombination med mikropreparering.

För att man enkelt skall kunna förvara frö för sådd är det bra om fröhandlaren kan leverera det i vakuumpförpackade enkilos påsar. Frö skall alltid förvaras i kyla. Att direkt lägga fröpartiet i frysen när man fått det från försäljningsstället är därför ett bra sätt att hålla det så vitalt som möjligt (se avsnittet *Frölagring*).

När det är dags för sådd tas fröpartiet direkt från frysen till den som ska så. Såddentreprenörer som använder stora mängder frö har ofta tillgång till kylskåp eller kylväskor för att hålla fröet kallt fram till såddtidpunkten.

Frögivans storlek kan beräknas

Frögivan bör beräknas utifrån vilket mål man har med skogsodlingen, (t ex uttryckt i antalet plantor per hektar efter 4–5 år, när det är liten risk för ytterligare avgångar), samt vilken plantbildningsprocent man förväntar sig vid sådden.

Vid radsådd har tidigare rekommendationer varit att frögivan inte bör understiga 16 grobara frön per meter såddsträcka, vilket motsvarar en frötäthet på 72 000 grobara frön per hektar vid 4 500 meter såddsträcka. Med de nya kunskaper och den förbättrade teknik som nu finns är det möjligt att både minska och anpassa frögivan till den strategi som man har för sitt skogsbruk.

Vid optimala förutsättningar (högkvalitativt frö, lämpliga fröbäddar, mikropreparering, väl utförd sådd, liten predation, etc) bör det vara möjligt att reducera frögivan till ca 10 frön per meter vid 4 500 meter såsträcka, även om strävan är att ha så många som 5 000 plantor per hektar efter 4–5 år. Frögivan kan också reduceras där man räknar med tillskott från naturligt fröfall.

Om sådden utförs under ett bra fröår kan man markbereda, utan att så, upp till cirka en trädängds avstånd från en beståndskant och räkna med naturlig föryngring där. Observera att det intilliggande beståndet måste vara av rätt trädslag och ha god fröproduktion.

Dokumentera utförd sådd

Kunskapen om skogssådd är idag begränsad i praktiskt skogsbruk, men en snabb utveckling av teknik för markbehandling och sådd pågår. För att de praktiska erfarenheterna av sådd skall kunna tas tillvara och utnyttjas i skogsbruket, krävs bra dokumentation av utförda åtgärder. Frögiva och såddsträcka dokumenteras för varje såddobjekt. Frödata och frögivor markeras även på en karta över såddobjektet. Uppgifter från maskinell sådd om kördsträcka, markberedd sträcka och antal eller vikt av sådda frön per meter och per objekt sparas även.

Uppföljning, analys och kompletterande åtgärder

Naturlig föryngring och sådd är skogsföryngringsmetoder som ger mer varierande resultat än plantering. Plantbildningen vid föryngring från frö kan variera beroende på väderlek, ståndort, fröets kvalitet, med mera. Man bör därför, i större utsträckning än för plantering, använda sig av uppföljning där man samlar in data som på bästa sätt beskriver föryngringens aktuella tillstånd för att kunna ge beslutsunderlag för fortsatt skötsel.

Vid föryngring från frö har man ofta stora plantavgångar de första åren. Det är därför inte möjligt att utifrån resultatet redan efter bara en växtsäsong dra säkra slutsatser om föryngringsresultatet vid en senare tidpunkt då avgångarna avtagit. Inventeringsmetoderna måste därför anpassas till den aktuella föryngringens ålder och skogsskötselmålen.

De förslag till uppföljningsmetoder som presenteras nedan kan modifieras efter egna behov och lokala erfarenheter. Ett exempel på detta är att vi förutsätter att sådden har stabiliserat sig efter 3–4 växtsäsonger. Detta är dock ingen fast åldersgräns, utan beror bland annat på klimat- och väderförutsättningar, ståndortsegenskaper, predationstryck och markberedningsresultat.

Uppföljning under såddåret

Första året efter sådd är plantorna mycket små (ca 1–2 cm), vilket innebär att man måste undersöka marken mycket noga vid en inventering. Man bör arbeta knästående eftersom varje del av en provyta måste undersökas i detalj. Om alla plantor ska upptäckas, måste kvistar, kottar och annat material flyttas försiktigt och eventuell vegetation hållas undan.

Ett enkelt sätt att följa tillväxten efter sådd är att dela upp markberedningen i fröbäddstyper, och koppla plantbildningsresultatet till dessa. En lämplig metod är att man i kvadratförband över objektet lägger ut minst 30 stycken 1-meters mätsträckor i markberedningsraderna och delar in mätsträckan i decimeterklasser med fröbäddstyperna omarkberett, omvänd torva, humus, humix, blekjord eller rostjord.

Antalet groddplantor inom varje typ av fröbädd antecknas, liksom medelbredden på markberedningen, och det totala antalet meter markberedning per hektar. Olika fröbäddstyper ger olika överlevnad och tillväxt, och med erfarenhetstal kan man förutsäga framtida resultat om man vet fördelningen av fröbäddstyper. Antalet markberedningsmeter per hektar behövs för att räkna ut antalet plantor per hektar och medelbredden på markberedningen kan användas för att skatta markpåverkan.

Fördelen med en tidig uppföljning är att markberedningen, i de fall för få groddplantor finns, är så färsk att den duger vid eventuell hjälpplantering.

En tidig inventering gör det också möjligt att bedöma om markberedningen utförts på lämpligt sätt. Är plantbildningen mycket låg, bör det användas fröpartiet analyseras för att utröna om frökvaliteten varit låg. Om frökvaliteten inte motsvarar den som uppgivits vid köpet, kan man ta upp frågan om ekonomisk kompensation med säljaren.

Nackdelen med en tidig uppföljning är att den är tids- och kostnadskrävande och att den på grund av senare avgångar inte är tillräcklig för att resultatet efter 3–4 år, när beståndet är mer etablerat, säkert ska kunna bedömas.



Figur S20 Utvecklingsstadier för såddplantor i norra och mellersta Sverige. Från vänster: En växtsäsong (sådd på våren, fotografering på hösten), två växtsäsonger, fyra växtsäsonger. Foto ForeCare AB.

Uppföljning efter tre till fyra växtsäsonger

Efter tre till fyra växtsäsonger har i normala fall den årliga plantavgången sjunkit till låga nivåer. En inventering vid denna ålder ger en uppfattning om framtida möjligheter beträffande volymproduktion och vedegenskaper och kan därmed utgöra ett beslutsstöd för beståndets framtida skötsel.

En vanlig metod är en cirkelyteinventering. En cirkelyta med 1,78 m radie (10 m² yta) bör användas, inom vilken man både registrerar plantorna i det markberedda området, och beståndsförnygringen i det utanför liggande området.

Större cirkelytor är från kostnadssynpunkt inte lämpliga att använda, eftersom vissa plantor även vid denna tidpunkt kan vara mycket små, vilket kräver en detaljerad inventering. Som huvudplantor bör man definiera utvecklingsbara plantor, som är av lämpligt trädslag för växtplatsen, och utan allvarligare skador. Man bör vidare bestämma minsta tillåtna avstånd mellan huvudplantor och hur många huvudplantor som maximalt ska räknas per cirkelyta.

Antalet cirkelytor per objekt bör bestämmas utifrån önskad säkerhet i resultatskattningen.

Det förekommer att man har som villkor att plantor får definieras som huvudplantor bara om de är över en viss höjd, till exempel 10 cm, men risken är då att man underskattar förnygringsresultatet, eftersom höjdtillväxten kan variera betydligt mellan olika ståndorter. I kärva klimatområden kan det ta fem till sex växtsäsonger innan medelhöjden i en sådd är 10 cm. För naturligt förnygrade plantor kan det ta ännu längre tid innan plantavgångarna avtagit och motsvarande höjd uppnåtts.

Grundläggande är att man ska inventera det som man själv behöver mer information om, exempelvis trädslagsfördelning, medelhöjd, igenväxning av markberedningen, typ av skador eller plantornas avgångsorsaker. Naturligtvis ingår det i en väl genomförd uppföljning att man dessutom nog-

grant noterar andra saker som kan påverka föryngringens framtida utveckling. Sådana faktorer är bland annat ståndortsegenskaper, och då i synnerhet markfuktighet, humustjocklek och textur. För naturlig föryngring och sådd under fröträäd är det givetvis även viktigt att fröträdens antal och kvalitet bedöms.

Kontroll av godkänd föryngring

Inventeringsresultatet kan användas för att kontrollera om skogsvårdslagens⁹³ krav för godkänd föryngring uppfylls. Lagens krav är olika för marker med olika ståndortsindex. Bedömningen baseras på lägsta antal huvudplantor och högsta andel nollytor med 3 m radie vid senaste tidpunkten för hjälpplantering.

En vanlig tumregel är att senaste tidpunkt för hjälpplantering definieras som tidpunkten när plantor efter naturlig föryngring uppnått 5 dm i medelhöjd, och för sådd när plantorna uppnått tre års ålder.

Har man redan efter en växtsäsong upptäckt att föryngringsresultatet vid sådd inte är bra, kan hjälpsådd i gynnsamma fall användas, men bara om det finns ett tillräckligt antal lämpliga fröbäddar.

Man bör speciellt beakta igenväxningen av markberedningen och hellre använda plantering om annan vegetation redan vuxit in, eller om fröbäddarna har fått en skorpartad hård yta. Det kan vara nödvändigt att göra en ny markberedning som då utformas för plantering. Det är dock på sin plats att varna för att gå in med hjälpplantering för tidigt. Det finns exempel på sådder som dömts ut och hjälpplanterats, där det efter några år visat sig att inventeringsmetodiken inte gett relevant resultat, dvs att hjälpåtgärden varit onödig.

⁹³Skogsstyrelsen. 2012. *Skogsvårdslagstiftningen. Gällande regler 1 januari 2012*. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på: www.skogsstyrelsen.se/Lagen.

Såddens ekonomi

Kostnaden för en skogssådd kan variera men är oftast betydligt lägre än för en plantering. Fröpriset utgör en stor del av kostnaden men även markberedningskostnaden har stor betydelse för totalkostnaden.

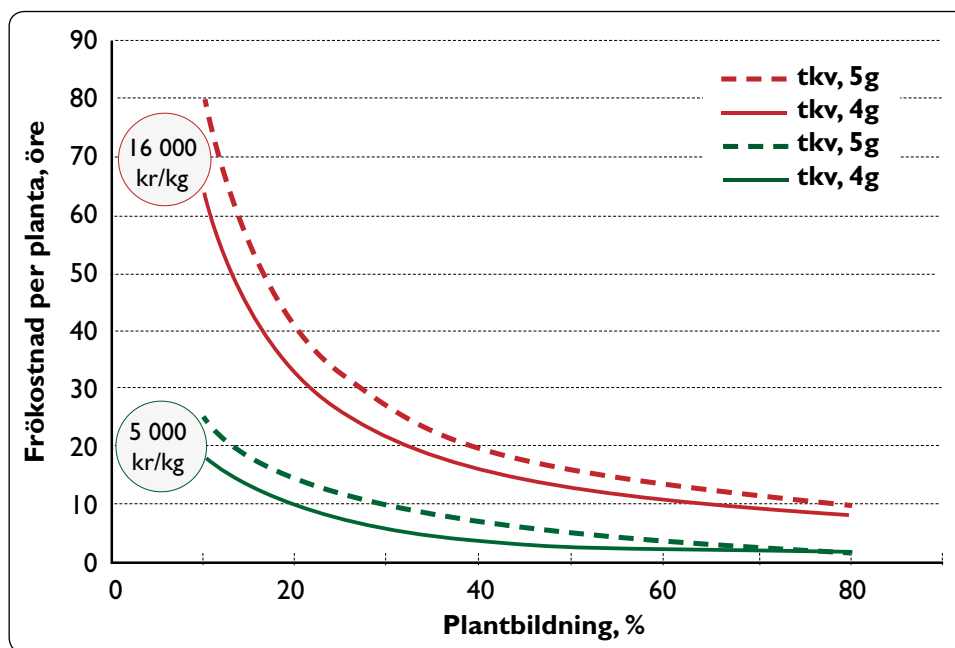
Frökostnad

Frökostnaden är sannolikt den största kostnadsposten vid skogssådd. Marknadspriset för tallfrö varierar idag mellan ca 5 000 kr per kg och 16 000 kr per kg, beroende på frökvalitet och läge i landet.

Generellt är frö från nordliga härkomster dyrare, för att frötillgången är otillräcklig. Plantagefrö är dyrare än beståndsfrö, men även beståndsfrö av hög kvalitet har högt pris.

För frö till skogssådd med >90 procents grobarhet får man räkna med ett fröpris på minst 6 000 kr per kg. Att använda ett dåligt men billigt frö med hög frögiva kan, i jämförelse med att så ett bra och något dyrare frö med lägre giva, ge en något reducerad frökostnad men även medföra högre totalkostnad per etablerad planta (figur S21). Man får till exempel ökad risk för hjälpplantering, lägre tillväxt och kanske sämre vedegenskaper.

Vid egen produktion av frö, beror frökostnaden av metodik och kostnader för bland annat kottinsamling, klängning, avvingning, fröanalyser och frölagering. En ungefärlig kostnad är 3 000–5 000 kr per kg frö.



Figur S21 Frökostnad per planta vid olika fröpriser, tusenkornvikter (tkv) och plantbildning.

Till följd av de höga fröpriserna är åtgärder som kan begränsa fröåtgången av stor betydelse för såddekonomin. Åtgärder som kan minska frökostnaden är bland annat:

- Vitalisering av frö före sådd som kan förbättra plantbildningen och därmed minska fröåtgången.

- Väl utförd markberedning i kombination med mikropreparering som tillåter sådd med minskad frögiva.
- Ingen eller reducerad frögiva närmast beståndskant samt nära fröträd eller naturvärdesträd där man kan räkna med naturlig föryngring.
- Blandning av dyrt plantagefrö med billigare beståndsfrö. Med denna åtgärd kan skogsträdsförädlingens framsteg utnyttjas via användning av plantagefrö. Önskad beståndstäthet uppnås genom att komplettera med beståndsfrö.

Anläggningskostnad

Den andra stora utgiftsposten vid beståndsanläggning via frö är markbehandlingen. Som framkommit i tidigare kapitel är markbehandlingskvaliteten mycket viktig för att ett bra föryngringsresultat ska erhållas. För markberedningsentreprenören är slitaget på maskinen mindre vid markberedning för naturlig föryngring och sådd än vid markberedning för plantering, eftersom man eftersträvar en mindre markpåverkan.

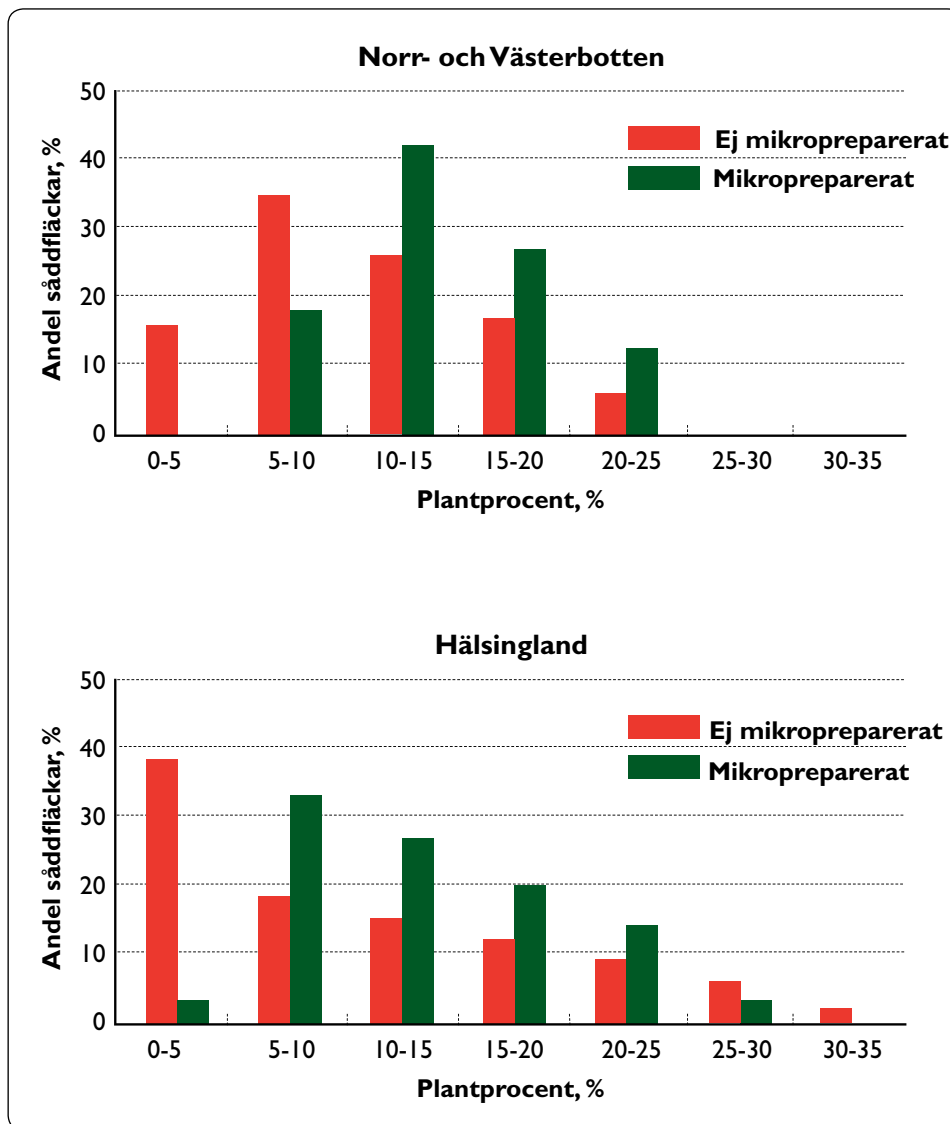
Prestationen vid markberedning för sådd under skärm eller fröträd kan dock bli lägre än vid markberedning för plantering. I skärmar kan de kvarvarande träden vara hinder för utnyttjande av optimala körmönster, samtidigt som körhastigheten måste begränsas för att körskador på träden ska undvikas.

Vid sådd måste hastigheten också hållas relativt låg för att fröna inte ska spridas utanför markberedningen. Dessutom tillkommer också den tid som åtgår för att hämta, lagra och fylla på frö i såddaggregatet. Även mikroprepareringshjulen kräver speciell hänsyn, speciellt med tanke på att de bör monteras av på vissa objekt.

Entreprenören bör ges tillfälle, och få ersättning för, att följa upp sitt resultat och dokumentera det. Detta ger underlag för entreprenören att kontinuerligt anpassa sin utrustning och metodik samt vidareutbilda sina anställda. Allt detta är viktiga faktorer för att föryngringskostnaderna långsiktigt skall kunna sänkas.

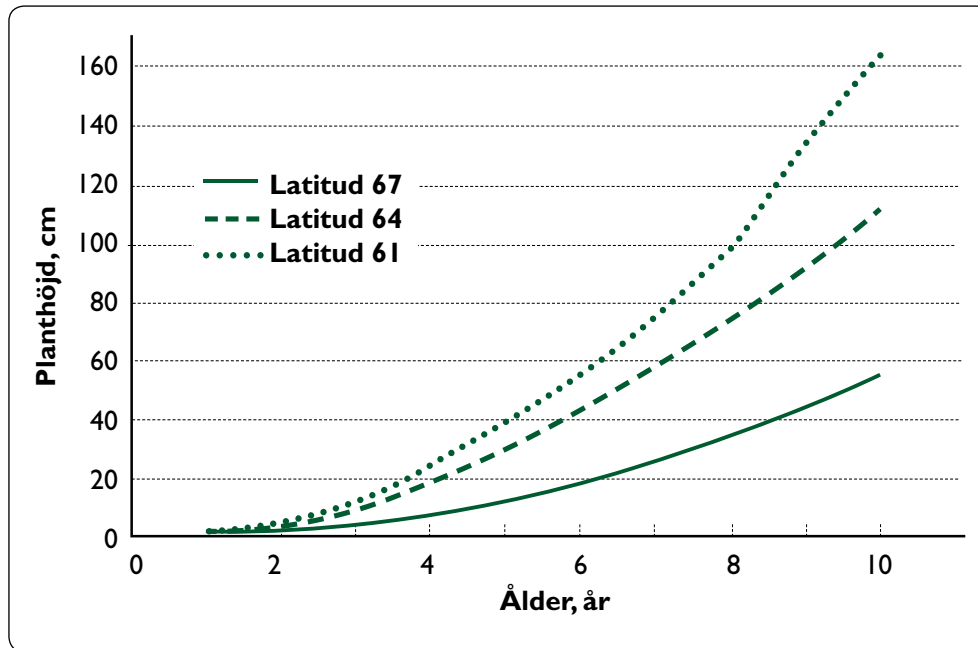
Tabell 2 är ett underlag för att bedöma den direkta kostnadsnivån för olika skogsvårdsåtgärder. Även andra indirekta kostnader bör beaktas, exempelvis kostnader föranledda av ekologiska restriktioner. Den direkta kostnaden är till exempel beroende av markens beskaffenhet, objektstorleken och kvaliteten på utfört arbete.

acceptabelt såddresultat. En avsevärd del av de groddplantor som finns efter den första sommaren kommer att dö under de kommande åren. Avgången är störst i början och avtar sedan med tiden. En enkel tumregel i praktiska sådder för tall är att i medeltal hälften av de plantor som finns den första hösten, finns kvar levande efter 10 år.



Figur S22 Andel såddfläckar med olika plantprocent efter två växtsäsonger i såddförsök som upprepats under 5 år på samma lokaler i norra och mellersta Sverige. Mikropreparerat (gröna staplar) och ej mikropreparerat (gula staplar).

Såddplantornas tillväxt är långsam i början och först efter det tredje året skjuter de tydliga toppskott. Plantorna når en halv meters höjd efter 5–6 år i mellersta Norrland men inte förrän efter 10 år i inre Norrbotten (figur S23). Då är plantorna mellan 1,1 och 1,6 m i mellersta Norrland.



Figur S23 Tillväxt för såddplantor av tall på olika breddgrader i Sverige. Latitud 67 motsvarar mellersta Norrbottens län, latitud 64 södra Västerbottens län och latitud 61 mellersta Gästrikland och mellersta Dalarna.

Hjälpkultur och omkultur

Vid sådd på lämplig mark med bra frö, och med användning av dagens bästa teknik, är risken för misslyckande inte mycket större vid sådd än vid plantering. En viss risk för hjälp- eller omkultur, måste dock kalkyleras med i allt förnyngsarbete.

Plantbeståndets utveckling och skötsel

Tillvägagångssättet vid sådden påverkar hur beståndet utvecklas och vilken skötsel det kommer att kräva i framtiden. Valet av såddapparat kan till exempel vara avgörande för vilka röjningsinsatser som kommer att krävas.

Plantröjning

Ett generellt mål bör vara att minimera alla kostnader efter anläggningen fram till dess att ett lönsamt uttag är möjligt. Därför bör sådden utföras på ett sätt som minimerar behovet av kostnadskrävande plantröjning eller till och med ungskogsröjning, dvs att man sår med så låg frögiva som möjligt för att uppnå önskad planttäthet. Vid radsådd med bra såddapparater och med lagom frögiva minimeras behovet av plantröjning och med utveckling av skördare som blir effektiva även i ungskog är det möjligt att ungskogsröjningen ofta kan ersättas av en skörd.

Om beståndet blivit så tätt att plantröjning trots allt måste utföras, är det speciellt viktigt att röja plantgrupper som innehåller flera jämnstora plantor. I detta fall leder konkurrensen till nedsatt tillväxt hos flertalet plantor.

Om plantruggen består av en stor planta och flera små, så har de undertryckta plantorna ofta liten påverkan på den förväxande plantan. Å andra sidan kan förväxande naturligt förnygrade ”vargar” ha stor negativ påverkan på sådda plantor i närheten.

Idag finns ingen maskinell metod för plantröjning utan den görs vanligen med röjsåg. Plantröjningen bör inte göras förrän plantorna blivit så stora att de framtida avgångarna bedöms vara små, vilket i de flesta fall innebär ungefär en halv meters höjd. Mer om röjning finns i Skogsskötselseriens del om röjning.⁹⁴

Röjning eller skörd i ung skog

En tät förnygring ger stor valfrihet vid skogens skötsel. Vid samma övre höjd ökar den totala volymproduktionen med ökat stamantal, men medelstammens diameter sjunker. I förbandsförsök har det visat sig att diametern hos grövsta kvist minskar tydligt med ökande stamantal.⁹⁵ På en mellanbonitet är effekten tydligast mellan 2 000 och 4 000 stammar per hektar. Även andra kvalitetsmått påverkas positivt av en ökad stamtäthet inom området 2 000–5 000 stammar per hektar, bland annat kan ett tätare ungskogsförband ge en virkesråvara med mindre avsmalning, färre och kortare grenar, rakare rotstock, högre veddensitet, färre sprötkvistar samt mindre andel juvenilved. Det kan således ofta vara fördelaktigt när det gäller vedegenskaper och total gagnvirkesproduktion, att behålla ett högt stamantal fram till första gagnvirkesuttaget efter att skogen anlagts. Med rätt förnygringsförfarande och med utvecklad skördeteknik kan det första ingreppet efter anläggningen bli en skörd av hela träd, dvs en tidig första gallring.⁹⁶

⁹⁴ Se: *Skogsskötselserien* del 6 Röjning. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

⁹⁵ Persson, B., Persson, A., Ståhl, E.G. och Karlsmats, U. 1995. Wood quality of *Pinus sylvestris* progenies at various spacings. *For. Ecol. Manage.* 76, s 127–138.

⁹⁶ Bergström, D. 2009. Techniques and systems for boom-corridor thinning in young dense forests. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 2009:87.

Om det första ingreppet istället ska vara en konventionell ungskogsröjning, sker den vanligtvis när beståndets medelhöjd är 2–3 m, men det är möjligt att senarelägga ingreppet tills beståndet nått cirka 5 m höjd. Senareläggningen ger en betydande minskning av kvistgrovleken. Av de grövsta träden är det en större andel som får klen kvist, men samtidigt blir risken för snöbrott större. Valet av röjningsförband har förstås betydelse för beståndets utveckling.⁹⁷

Beståndets fortsatta utveckling

Enligt analyser baserade på riksskogstaxeringens inventeringar ökade den genomsnittliga kvistgrovleken i våra skogar från mitten av 1960-talet fram till början av 1990-talet. Grov kvist är för många användningsområden liktydigt med låg kvalitet.

Ett tätt ungskogsförband ger förutsättningar för framtida produktion av virke med goda egenskaper för de flesta idag kända användningsområden (hög densitet och hållfasthet, låg kvistandel, bra fiberegenskaper, m m). Det förefaller sannolikt att dessa egenskaper kommer att vara efterfrågade även i framtiden.

Ett tätare ungskogsförband gör att minst en ytterligare gallring kan göras, jämfört med ett bestånd planterat i konventionellt förband (2-2,3 m), vilket leder till ett större volymuttag under gallringsfasen.

För tall kan man räkna med något längre omloppstid vid sådd än vid plantering, eftersom tillväxten efter sådd är långsammare de första åren, och för att värdet av högkvalitativ tall ofta ökar med stamdimensionen. Genom högre antal stammar per hektar kompenseras dessutom för den något lägre tillväxten per individ.

Beståndets fortsatta utveckling påverkas förstås även av hur olika gallringsingrepp görs.⁹⁸ Höggallring minskar andelen juvenilverd mer än låggallring, förutsatt att träden uppnår samma slutliga dimensioner. Hård låggallring kan till exempel öka växtvridenheten, medan höggallring kan minska växtvridenheten. Även vedfibers egenskaper kan påverkas av olika skötselingrepp. Den tillväxtökning som erhålls efter gallring beror ofta på ett ökat antal breda och tunnväggiga vårvedsfibrer.

Genom att välja hur man gallrar kan man också påverka hur kvarstående trädets fiberegenskaper blir, låggallring medför till exempel tunnare fibervägar än höggallring.

⁹⁷Ahnlund Ulvcrona, K. 2011. Effects of silvicultural treatments in young Scots pine-dominated stands on the potential for early biofuel harvests. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 2011:79.

⁹⁸ Briggs, D.G. och Smith, W.R. 1986. Effects of silvicultural practices on wood properties of conifers: A review. I: Oliver, C.D., Hanley, D.P. Och Johnson, J.A. (redaktörer). Douglasfir: *Stand management for the future*. Institute of Forest Resources Contribution 55. Seattle, WA: University of Washington, College of Forest Resources: s 108–117.

Litteratur

- Ahnlund Ulvcrona, K. 2011. Effects of silvicultural treatments in young Scots pine-dominated stands on the potential for early biofuel harvests. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 2011:79.
- Bergsten, U. 1988. Pyramidal indentations as a Microsite Preparation for Direct Seeding of *Pinus sylvestris* L. *Scand. J. For. Res.* 3, s 493–503.
- Bergsten, U., Goulet, F., Lundmark, T. och Ottosson-Löfvenius, M. 2001. Frost heaving in a boreal silt soil in relation to soil scarification and snow cover. *Can. J. For. Res.* 31, s 1084–1092.
- Bergsten, U. och Simak, M. 1985. Frövitalitet och vitalisering. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 1, s 65–74.
- Bergsten, U. och Wiklund, K. 1987. Some Physical Conditions for Removal of Mechanically Damaged *Pinus sylvestris* L. Seeds by using the PREVAC method. *Scand. J. For. Res.* 2(3), s 315–323.
- Bergström, D. 2009. Techniques and systems for boom-corridor thinning in young dense forests. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 2009:87.
- Birkedal, M. 2010. Reforestation by direct seeding of beech and oak. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2010:13.
- Björkman, E. 1945. On the influence of light on the height-growth of pine plants on pineheaths in Norrland. *Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt* 34(10), s 497–542.
- Briggs, D.G. och Smith, W.R. 1986. Effects of silvicultural practices on wood properties of conifers: A review. I: Oliver, C.D., Hanley, D.P. Och Johnson, J.A. (redaktörer). Douglas-fir: *Stand management for the future*. Institute of Forest Resources Contribution 55. Seattle, WA: University of Washington, College of Forest Resources: s 108–117.
- de Chantal, M., Holt Hanssen, K., Granhus, A., Bergsten, U., Ottosson Löfvenius, M. och Grip, H. 2007. Frost-heaving damage to one-year-old *Picea abies* seedlings increases with soil horizon depth and canopy gap size. *Can. J. For. Res.* 37, s 1236–1243.
- de Chantal, M., Rita, H., Bergsten, U., Ottosson-Löfvenius, M. och Grip, H. 2006. Effects of soil properties and soil disturbance on frost heaving of mineral soil: a laboratory experiment. *Can. J. For. Res.* 36(11), s 2885–2893.
- Dolling, A., Zackrisson, O. och Nilsson, M.-C. 1994. Seasonal variation in phytotoxicity of bracken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). *J. Chem. Ecol.* 20 (12), s 3163–3172.
- Elfving, B. 2002. Förbands- och gallringsförsök med contorta: mätdata från 1998–2000. SLU, inst. för skogsskötsel. *Arbetsrapporter* 177.
- Erefur, C. 2010. Regeneration in continuous cover forestry systems. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2010:42.
- Fries, C. 1981. Förbehandling av contortaförö före groning vid olika temperaturer. SLU, inst. för skogsskötsel. *Examensarbete i ämnet skogsskötsel* 1981:16.
- Fries, C., Bergquist, J. och Svensson, L. 2013. Förändringar i återväxtkvalitet, val av föröngningsmetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012. Skogsstyrelsen. *Rapport* 2–2013.
- Goulet, F. 1995. Frost heaving of forest tree seedlings: A review. *New Forests* 9, s 67–94.
- Hagner, M. och de Jong, A. 1982. Radsådd efter harvning. Umeå universitet, inst. för skoglig produktionslära. *Rapport* 122.
- Hagner, M. och Sahlén, K. 1977. Sådd i plastkon på markberedd mark. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 75(1), s 59–89.
- Hultén, H. och Sahlén, K. 1977. *Skogsodlingsanalys. Biologiskt resultat. Hasselfors delproj.* 6217216–8. Skogshögskolan, Stockholm.
- Huss, E. 1954. Undersökningar över vattenhaltens betydelse för barrträdsföröets kvalitet vid föröring. *Meddelande från Statens skogsforskningsinstitut* 44:7.
- Huss, E. 1967. Om långtidsföröring av barrskogsförö (*Pinus sylvestris* L., *Picea abies* Karst., *Abies lasiocarpa* Nutt.). *Studia Forestalia Suecica* 46. 59 s.
- Härjegård, M. 2008. Föröngningsresultat efter en vegetationsperiod med plantering, sådd och såddbrikett för svensk tall (*Pinus Sylvestris* L.) och contortatall (*P. contorta*). SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel. *Examensarbeten* nr 2008:21.
- ISTA. 1999. International Rules For Seed Testing. *Seed Science and Technology*. Vol. 27, Supplement. 333 s.

- Karlsson, A., Albrektson, A., Forsgren, A. och Svensson, L. 1998. An analysis of successful natural regeneration of downy and silver birch on abandoned farmland in Sweden. *Silva Fennica* 32(3), s 229–240.
- Karlsson, L., Bergsten, U., Ulvcrona, T. och Elfving, B. 2013. Long-term effects on growth and yield of corridor thinning in young *Pinus sylvestris* stands. *Scand. J. For. Res.* 28, s 28–37.
- Madsen, P. och Löf, M. 2005. Reforestation in southern Scandinavia using direct seeding of oak (*Quercus robur* L.). *Forestry* 78(1), s 55–64.
- Mattsson, S. 2002. Effects of site preparation on stem growth and clear wood properties in boreal *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 240.
- Nilsson, M.C., Zackrisson, O., Sterner, O. och Wallstedt, A. 2000. Characterisation of the differential interference effects of two boreal dwarf shrub species. *Oecologia* 123 (1), s 122–128.
- Nilsson, M.E. och Hjältén, J. 2003. Covering pine-seeds immediately after seeding: effects on seedling emergence and on mortality through predation. *For. Ecol. Manage.* 176, s 449–457.
- Norberg, G., Dolling, A. och Jäderlund, A. 2001. Control of heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) by steam treatment: Effects on establishment and early growth of Scots pine. *New Forests* 21 (2), s 187–198.
- Normark, E. och Rothpfeffer, C. 2011. *Riktlinjer för uthålligt skogsbruk*. Holmen Skog.
- Nystand, O. 1988. Post-dispersal predation on conifer seeds and juvenile seedlings in boreal forest. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae. Silvestria* 6.
- Oleskog, G. 1999. The effects on seed bed substratet on moisture conditions: germination and seedling survival of Scots pine. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 99.
- Oleskog, G., Grip, H., Bergsten, U. och Sahlén, K. 2000. Seedling emergence of *Pinus sylvestris* in characterized seedbed substrates under different moisture conditions. *Can. J. For. Res.* 30, s 1766–1777.
- Ottosson Löfvenius, M. 1993. Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area. SLU, inst. för skogsekologi. *Doktorsavhandling*.
- Pamuk, G. 2004. Controlling Water Dynamics in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seeds Before and During Seedling Emergence. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 305.
- Persson, A. 1993. Beståndsanläggningens inverkan på kvaliteten. *Skogsfakta Konferens* 6, s 27–32.
- Persson, B., Persson, A., Ståhl, E.G. och Karlsmats, U. 1995. Wood quality of *Pinus sylvestris* progenies at various spacings. *For. Ecol. Manage.* 76, s 127–138.
- Petersson, N. 1992. The effect on stand development of different spacing after planting and precommercial thinning in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. SLU, inst. för skogsproduktion. *Rapport* 34.
- Rosvall, O., Andersson, B. och Ericsson, T. 1998. Beslutsunderlag för val av skogsodlingsmaterial i norra Sverige med trädslagsvisa guider. Skogforsk. *Redogörelse* nr 1.
- Roturier, S., Sundén, M. och Bergsten, U. 2011. Re-establishment rate of reindeer lichen species following conventional disc trenching and HuMinMix soil preparation in *Pinus*-lichen clear-cut stands: a survey study in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 26, s 90–98.
- Rune, G. och Mattsson, M. 1998. Rotutveckling hos sådd och planterad contortatall. I: ”Rotutveckling och stabilitet: Konferens i Garpenberg 1997”. Skogforsk *Redogörelse* nr 7, s 86–91.
- Sahlén, K. och Abbing, K. 1995. Effects of artificial environmental conditions on anatomical and physiological ripening of *Pinus sylvestris* L. seeds. *New Forests* 9, s 205–224.
- Sahlén, K. och Bergsten, U. 1994. Predicting anatomical maturity of *Pinus sylvestris* L. seeds in northern Fennoscandia. *Scand. J. For. Res.* 9, s 154–157.
- Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. SLU, inst. för skogsskötsel. *Rapport* 3.
- Simak, M. 1985. Konditionering av skogsfrö. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 1985:1, s 3–7.

- Simak, M. 1986. Chromosome aberrations in stored seeds of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* and their consequences on plant properties. SLU, inst. för skogsskötsel. *Rapporter* 20.
- Simak, M., Bergsten, U. och Lönneborg, M. 1985. Bortsortering av ej produktivt frö ur ett fröparti. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 83 (1), s 45–55.
- Simak, M. och Gustafsson, Å. 1959. Röntgenanalys och det norrländska tallfröets kvalitetsförbättring. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 3, s 475–486.
- Skogsstyrelsen. 2012. *Skogsvårdslagstiftningen. Gällande regler 1 januari 2012*. Skogsstyrelsen.
- Tirén, L. 1952. Om försök med sådd av tall- och granfrön i Norrland. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 41:7.
- Wennström, U. 2001. Direct seeding of *Pinus sylvestris* (L.) in the boreal forest using orchard or stand seed. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvicultura* 204.
- Wennström, U. 2010. Såddpucken snart i mål. Skogforsk. *Plantaktuellt* nr 2–2010.
- Wennström, U., Bergsten, U. och Nilsson, J.-E. 1999. Mechanized microsite preparation and direct seeding of *Pinus sylvestris* in boreal forests – a way to create desired spacing at low cost. *New Forests* 18, s 179–198.
- Wennström, U., Bergsten, U. och Nilsson, J.-E. 2007. Seedling establishment and growth after direct seeding with *Pinus sylvestris*: effects of seed type, seed origin, and seeding year. *Silva Fennica* 41(2), s 299–314.
- Wiersma, N. 1972. Skadeinsekter på kottar och frö i granfröplantager. *Information* 1 1972/73. Institutet för skogsförbättring. 4 s.
- Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* (L.) after direct seeding. SLU, inst. för skogsskötsel. *Doktorsavhandling*.
- Yring, D. 2008. Plantantal och planthöjd i SCA:s contortasådder i Västerbotten inom åldersintervallet 1 till 6 år efter sådd. SLU, inst. för skogens ekologi och skötsel. *Examensarbeten* nr 2008:35.
- Örlander, G. och Gemmel, P. 1989. Markberedning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 89:3.