

Beståndsanläggningskedjan

– KUNSKAPSUNDERLAG FÖR UTVECKLING AV STRATEGIER

The regeneration chain

– Knowledge base for the development of strategies



FOTO: ERIK VIKLUND/SKOGFORSK

Abstract

After regeneration felling, forest cultivation by planting is the most common way to establish new forests in Sweden. This kind of stand establishment usually includes site preparation, planting and cleaning. Therefore, these measures are extensively applied annually in Swedish forestry and the costs are relatively high. The aim of this project was to develop a knowledge base to develop strategies for more cost-effective stand establishment by an integrated approach for the three main measures site preparation, planting and cleaning, i.e. the "regeneration chain", and not as three separate measures. The project had three targets: (1) summarize existing knowledge and identify knowledge gaps by an interview study and a literature review; (2) from the knowledge compilation (target 1) disclose examples of various stand establishment chains and analyze the costs; (3) based on targets 1 and 2 provide suggestions on research and design an experimental plan for field trials and establish a field trial.

A conclusion from the interview study was that the lowest possible cost for each forest management action in the regeneration chain is usually given priority at stand establishment today. Some obstacles to work with the entire regeneration chain integrated are reported.

According to the literature, there are no Swedish studies analyzing and reporting on the regeneration chain concept, but well Finnish ones. A central part of this study was to compile how different site preparation methods affect seedling survival and growth of planted seedlings, as well as the emergence of broadleaves (mainly birch). It was found that there are large gaps in knowledge on these effects related to different soil types and different climate, as well as the interaction between different measures in the regeneration chain. That was especially true for pine.

The reported synthesizing economic calculations for some regenerations chains suggest that when site preparation was a part of the chain, usually, the total cost was higher, but in return denser young forests were obtained in less time. The total cost per surviving seedling was usually lowest in the chains where site preparation was included.

An experimental plan was developed and a field experiment established in Västerbotten. In the experiment, the interaction between site preparation methods and two seedling sizes of pine was studied (survival and growth).

Finally, some knowledge gaps and related research needs were identified and reported.

Förord

Denna rapport redovisar resultat från projektet ”Kostnadsoptimering av beståndsanläggningskedjan”. Projektet finansierades av Skogssällskapets forskningsstiftelse under tiden september 2014 till juni 2016.

Projektet var uppdelat i flera olika delmoment där ett flertal personer och företag har medverkat på olika sätt. Framförallt vill vi rikta ett tack till Holmen Skog AB som är markvärd för det fältförsök som anlagts inom ramen för projektet. Även ett tack till de personer som medverkade i intervjustudien. Tack!

De som medverkade i projektgruppen var Gustav Friberg, Helena Gålnander, Jörgen Hajek, Karin Hjelm, Ulf Sikström och Lars-Göran Sundblad. Alla är verksamma vid Skogforsk. Lars-Göran Sundblad initierade studien.

Beträffande den genomförda litteraturstudien i detta projektet är den på väg att utökas i ett nu pågående nordiskt samarbete. Därför redovisas inte alla sammanställda grunddata i denna rapport, eftersom ambitionen är att publicera en mer fullständig review-artikel i någon vetenskaplig tidskrift som avrapportering av det nya pågående samarbetsprojektet.

Uppsala 2017-08-06

Ulf Sikström, Helena Gålnander, Karin Hjelm, Jörgen Hajek,
Gustav Friberg och Lars-Göran Sundblad

Innehåll

Abstract.....	2
Förord	3
Sammanfattning	5
Inledning.....	7
Intervjustudie	9
Syfte	9
Metod.....	9
Resultat.....	10
Planering och organisation.....	10
Upphandling	10
Ekonomisk uppföljning	10
Val av metod	11
Beståndsanläggningskedjan	12
Diskussion	12
Slutsats	14
Litteraturstudie.....	14
Syfte och avgränsning	14
Plantering som aktiv skogsvårdsåtgärd.....	15
Beståndsanläggningskedjor och beslutsstöd för val av förnygringsmetod.....	17
Markbehandling	19
Överlevnad.....	20
Tillväxt	21
Markpåverkan – andel påverkad mark	21
Lövvuppslag.....	22
Betydelsen av olika plantstorlek vid plantering	23
Röjning	24
Tidpunkt för röjning	24
Kalkyler beståndsanläggningskedjor	25
Markberedning.....	25
Plantering	26
Röjning	26
Resultat – ungskog vid tre meters höjd	28
Slutsatser	32
Försöksplan och anläggning av ett fältförsök	32
Syfte och hypoteser	32
Genomförande.....	33
Försökslokal.....	33
Försöksdesign	33
Mätprogram.....	35
Andel påverkad mark av markberedningen.....	35
Planterade tallplantor.....	35
Självföryngrade plantor	36
Tidsplan och åtgärder	37
Översiktskarta	37
Detaljerad karta.....	38
Kunskapsluckor och forskningsbehov	39
Referenser	40
Övrig litteratur.....	43
Bilaga 1. Stöd inför intervjuerna	46

Sammanfattning

Efter förnygringsavverkning är skogsodling genom plantering det vanligaste sättet att etablera ny skog i Sverige. Vid denna beståndsanläggning ingår vanligtvis markberedning, plantering och röjning. Dessa åtgärder tillämpas således årligen i stor omfattning i svenskt skogsbruk. Kostnaderna för åtgärderna är relativt höga och kostnadsutvecklingen för skogsvårdsåtgärder har på senare år varit mindre gynnsam än för avverkning av skog. Mot den bakgrunden är det viktigt att bryta den pågående kostnadsökningen för skogsvård samtidigt som kvalitén i förnygringarna måste bibehållas eller höjas.

I projektet har ett helhetsperspektiv applicerats på beståndsanläggning vid plantering av tall och gran. Syftet var att ta fram kunskapsunderlag för utveckling av strategier för mer kostnadseffektiv beståndsanläggning genom att betrakta de tre huvudmomenten markberedning, plantering och röjning integrerat och inte som tre separata av varandra oberoende åtgärder. Dessa åtgärder sammantaget benämner vi ”beståndsanläggningskedjan”.

Projektet bestod av tre delar med följande delmål:

- 1) Sammanställa befintlig kunskap och identifiera kunskapsluckor genom en intervjustudie och en litteraturstudie.
- 2) Utifrån kunskapssammanställningen (delmål 1) redovisa exempel på olika beståndsanläggningskedjor och analysera kostnaderna för de olika alternativen.
- 3) Utifrån delmål 1 och 2 ge förslag på forskning för att fylla några av de identifierade kunskapsluckorna samt utforma en försöksplan för fältförsök och anlägga ett fältförsök.

När ett bestånd ska anläggas idag prioriteras vanligtvis lägsta möjliga kostnad för respektive skogsvårdsåtgärd istället för att se till kostnaden för hela beståndsanläggningskedjan. Det var en slutsats i **intervjustudien** vars syfte bland annat var att kartlägga om och i så fall hur olika företag i skogsbranschen arbetar med ett helhetsperspektiv i beståndsanläggningskedjan. Några hinder som framfördes för detta arbetssätt var:

- 1) Bolags- och ägarform; enklare för företag med egen skog att se till helheten.
- 2) Skogsvårdens låga status jämfört med virkesanskaffning.
- 3) Upphandling, planering, uppföljning samt ekonomisk styrning och redovisning är inte anpassad för en helhetsstrategi.
- 4) Det finns en stark tradition om hur skog ska förnygras.
- 5) Tillgång till rätt resurser, exempelvis passande markberedningsaggregat för olika marktyper.

Det framkom dock tankar och intresse hos de intervjuade att förändra skogsvårdsarbetet till att se till hela beståndsanläggningskedjan, men att mer forskning krävs som visar på fördelarna.

I **litteraturstudien** gjordes en kunskapsöversikt av konceptet. Det finns inga svenska studier där olika beståndsanläggningskedjor jämförs, men väl från Finland. Ett resultat från dessa studier är att olika kedjor kan få olika rangordning beroende på vilket mått man använder för rangordningen – enbart biologiska faktorer (överlevnad och tillväxt

hos plantor), om sannolikheten för att uppnå ett visst biologiskt resultat ingår eller om även ekonomiska aspekter inkluderas i jämförelserna. En central del av litteraturstudien var att sammanställa olika markberedningsmetoders effekter på planterade plantors överlevnad och tillväxt samt lövuppslag (främst björk). Ansatsen var att kvantifiera dessa effekter för att få nödvändiga indata till analyser av olika kombinationer av skogsvårdsåtgärder, d.v.s. olika beståndsanläggningskedjor. En viktig slutsats från litteraturstudien är att det finns stora kunskapsluckor, dels om olika markberedningsmetoders effekter på olika marktyper och i olika klimatlägen, dels om interaktionen mellan olika åtgärder i beståndsanläggningskedjan. Detta är speciellt tydligt för tall. Avsaknaden av denna typ av kvantitativa effekter för de ingående åtgärderna i kedjorna är ett hinder för att kunna utveckla konceptet.

De redovisade syntetiserande **ekonomiska kalkylerna** för några beståndsanläggningskedjor antyder bland annat att när markberedning ingår i kedjan blir totala kostnaden oftast högre, men i gengäld erhålls i regel en tätare ungskog på kortare tid. Räknat som kostnad per överlevande planta var den oftast lägst i kedjorna där markberedning ingick. Kalkylerna baseras på en del försöksdata, men även många bedömningar, vilket gör att resultaten ska ses som några exempel och betraktas med stor försiktighet.

I syfte att täppa till identifierade kunskapsluckor utarbetades en **försöksplan** och anlades ett fältförsök i Västerbotten. I försöket studeras bland annat interaktionen mellan markberedningsmetod och två plantstorlekar av tall (överlevnad och tillväxt).

Några **kunskapsluckor** och därtill kopplade **forskningsbehov** identifierades, nämligen:

- 1) Orsaker till avgångar för planterade plantor, ofta förädlade, behöver tydligt klargöras för att kunna vidta adekvata åtgärder i syfte att förbättra överlevnaden.
- 2) För att kunna analysera, värdera och jämföra olika beståndsanläggningskedjor behövs bättre kunskap om; a) hur gran- och tallplantors överlevnad och tillväxt påverkas av olika markberedningsmetoder, b) etablering av och tillväxt för icke önskad självföryngring samt röjningsbehov efter olika typer av markberedning, c) interaktionen mellan olika planttyper (exempelvis storlek) och markberedningsmetod.
- 3) Befintliga relevanta fältförsök behöver underhållas och följas upp regelbundet. Nya fältförsök behöver också etableras. Försöken måste följas under lång tid.
- 4) Utveckla modeller för, och relevanta mått på, uppnått ungskogstillstånd för olika beståndsanläggningskedjor.
- 5) Utveckla nya och vidareutveckla befintliga markberedningsmetoder i syfte att minska andelen påverkad markyta utan att tumma på kravet på bra planteringspunkter.

Inledning

I Sverige finns en skyldighet att anlägga ny skog efter avverkning (Skogsstyrelsen, 2015). Kravet är att det, vid senaste tidpunkt för hjälpplantering, ska i allmänhet finnas ett lägsta plantantal på 900–2 300 plantor per hektar beroende på trädslag och markens bördighet (ståndortsindex H100). Enligt Nilsson m.fl. (2010) är dock en vanlig målsättning hos svenska skogsägare att ha 1 800–2 500 levande plantor i slutet av föryngringsskedet (cirka 1,3 meter medelhöjd för huvudträdslaget) vid plantering av tall (*Pinus sylvestris* L.) och gran (*Picea abies* L. Karst).

Av den föryngringsavverkade arealen under perioden 2011–2013 planterades 75 procent, 18 procent föryngrades naturligt, 5 procent såddes och på 2 procent vidtogs ingen åtgärd. År 2013 planterades totalt 176 000 hektar och 84 procent av denna planterade areal uppfyllde kraven för godkänd föryngring enligt skogsvårdslagens krav (Skogsstyrelsen, 2014). Den totala markberedda arealen i landet var 185 000 hektar och markberedning utfördes på 92 procent av den planterade arealen. Denna andel har ökat under de senaste cirka 15 åren, i slutet av 1990-talet var andelen 87 procent (Skogsstyrelsen, 2014). Enligt samma källa hjälpplanterades 28 000 hektar 2013. Omfattningen av rökning var 392 000 hektar enligt uppgifter från Skogsstyrelsen medan Riksskogstaxeringen uppger 265 000 hektar (Skogsstyrelsen, 2014).

De ovan nämnda skogsvårdsåtgärderna – markberedning, plantering och rökning – är således omfattande årliga återkommande åtgärder i svenskt skogsbruk. Det är även känt att kostnaderna för dessa åtgärder är relativt höga i Sverige och att kostnadsutvecklingen inte har varit lika gynnsam för skogsvårdsåtgärder som för avverkning av skog (Brunberg, 2014). Därför är det angeläget att hålla nere kostnaderna men samtidigt beakta vilka resultat som uppnås, d.v.s. utföra åtgärder på ett kostnadseffektivt sätt. Även om föryngringsresultatet i termer av antal plantor per hektar och andel godkända föryngringar ökat de senaste decennierna finns det en potential att ytterligare förbättra föryngringsresultatet. Skogsstyrelsen menar att variationen i föryngringarnas kvalitet är stor (Bergqvist m.fl., 2016). De flesta håller god kvalitet men fortfarande finns föryngringar med bristfällig kvalitet och kalmarkstiden är i många fall för lång i förhållande till vad som är lämpligt enligt Skogsstyrelsen. Det borde också vara angeläget för skogsägarna att kunna välja och tillämpa rätt skogsvårdsåtgärder för att verkligen uppnå ett resultat i paritet med de mål man satt upp för föryngringsarbetet.

Det vanligaste sättet att etablera ny skog i Sverige efter föryngringsavverkning är alltså plantering, som för det mesta föregås av markberedning. Ett antal år senare utförs vanligtvis rökning, vilken i vissa fall behöver upprepas. Syftet med rökning är att gynna de framtida beståndsbildande huvudstammarna. Dessa tre åtgärder sammantaget kallar vi i fortsättningen ”beståndsanläggningskedjan”. Kostnaden för de olika delmomenten kan variera beroende på exempelvis vilken markberedningsmetod som används, hur många och hur stora plantor som planteras samt hur många icke önskade stammar som måste röjas bort för att erhålla ett lämpligt stamantal av önskade trädslag. När ett bestånd ska anläggas i dagens skogsbruk finns det en strävan efter lägsta möjliga kostnad för respektive skogsvårdsåtgärd istället för att se till den totala kostnaden för hela bestånds-anläggningskedjan. Detta har framkommit i intervjuer med företrädare för det operativa skogsbruket (se s. 12). Det kan innebära att en åtgärd med låg kostnad i början av kedjan leder till en högre totalkostnad för hela kedjan eftersom utformning och utförande av en tidig åtgärd påverkar resultat, tidsåtgång och kostnad för en senare åtgärd.

Omfattande forskning har sedan länge bedrivits kring de olika delmomenten i bestånds-
anläggningskedjan. Det finns många vetenskapliga studier som beskriver effekter på över-
levnad och tillväxt hos tall och gran efter olika typer av markbehandling (exv. Hansson
och Karlman, 1997, Mäkitalo, 1999, Johansson m.fl., 2013). Den tidiga utvecklingen för
tall- och granplantors beroende av plantstorlek vid plantering finns också studerad (exv.
Johansson m.fl. 2015), liksom att det finns studier om etablering av och höjdtutveckling
för lövplantor efter hyggesupptagning och hur dessa variabler påverkas av olika skogs-
skötselåtgärder i samband med återbeskogning av hyggen (exv. Karlsson m.fl., 2002;
Johansson m.fl., 2013). Det finns även studier som belyser höjdförhållandet mellan
planterade plantor och naturligt föryngrade björkar i föryngringsskedet på hyggen (exv.
Lehtosalo m.fl., 2010, Holmström, 2015). Det sista är viktig information för att kunna
bestämma behov av och lämplig tidpunkt för eventuell ungskogsröjning. Alla dessa
åtgärder och effekterna av dessa på plantornas överlevnad och tillväxt är nödvändiga
pusselbitar för att utforma och utvärdera olika typer av beståndsanläggningskedjor (exv.
Uotila m.fl., 2010). Vad vi känner till finns det inga rapporterade försök eller studier som
beaktar hela beståndsanläggningskedjan och utvärderar alternativa ”kedjor” för svenska
förhållanden.

Det finns således ett stort behov av studier som beaktar hela beståndsanläggningskedjan
vid föryngring i Sverige. I Skogforsk-projektet ”Kostnadsoptimering av beståndsanlägg-
ningskedjan” var syftet att belysa tillämpning av ett helhetsperspektiv vid bestånds-
anläggning genom plantering av tall och gran. Med beståndsanläggning avses att uppnå ett
definierat önskat tillstånd på ungskogen vid en tidpunkt i samband med eller strax efter
sista röjning (cirka 3 meters höjd). Helhetsperspektivet handlar om att minimera totala
kostnaden för hela beståndsanläggningskedjan, d.v.s. från första föryngringsåtgärd efter
föryngringsavverkning fram till att det definierade ungskogstillståndet är uppnått, genom
en optimal fördelning av kostnaderna på de olika föryngringsåtgärderna markberedning,
plantering och röjning. Exempelvis kan en markberedningsmetod med låg kostnad eller
en billig planttyp ge en långsammare plantutveckling jämfört med en dyrare mark-
behandlingsmetod eller planttyp, vilket leder till en längre tid för att uppnå det önskade
ungskogstillståndet. Ett annat exempel är att olika markberedningsmetoder kan ge olika
omfattande lövuppslag och därmed olika hög kostnad för ungskogsröjning. En förutsätt-
ning för denna typ av analyser är att ha god kännedom om olika skogsvårdsåtgärder och
dess effekter.

Det övergripande syftet för hela projektet var att bidra till en mer kostnadseffektiv
beståndsanläggning av tall- och granskog vid plantering. Ansatsen var att belysa hur
kostnaden för de olika åtgärderna markberedning, plantering och röjning kan fördelas
optimalt för att minimera den totala kostnaden för beståndsanläggning. Projektet bestod
av tre delar med följande delmål:

- 1) Sammanställa befintlig kunskap och identifiera kunskapsluckor
genom en intervjustudie och en litteraturstudie.
- 2) Utifrån kunskapssammanställningen (delmål 1) redovisa exempel
på olika beståndsanläggningskedjor och analysera kostnaderna
för de olika alternativen.
- 3) Utifrån delmål 1 och 2 ge förslag på forskning för att fylla några
av de identifierade kunskapsluckorna samt utforma en försöksplan
för fältförsök och anlägga ett fältförsök.

Intervjustudie

I detta avsnitt redovisas resultaten från den genomförda intervjustudien (se delmål 1 för projektet, s. 8).

SYFTE

Syftet med intervjustudien var att kartlägga om och i så fall hur olika företag i skogsbranschen arbetar med ett helhetsperspektiv i beståndsanläggningskedjan samt att fånga in den kunskap som finns om ämnet hos respondenterna.

METOD

Intervjuerna gjordes som enskilda och ostrukturerade intervjuer (Denscombe, 2009). I en ostrukturerad intervju presenterar intervjuaren ett ämne som respondenten sedan får tala fritt om. Genom att intervjuaren inte ställer direkta frågor samt ingriper i så liten omfattning som möjligt antas respondentens tankar komma fram relativt opåverkade av intervjuaren. Utgångspunkten för denna intervjustudie var att samla in ett så brett material som möjligt från skogssektorn och täcka in den kunskap branschen har om beståndsanläggningskedjan och dess resultat och kostnader. En lista över ämnesområden och frågor som användes som stöd under intervjuerna återfinns i Bilaga 1.

I intervjustudiens initiala fas konstaterades att en bred ansats behövdes vid urvalet av respondenter för att täcka in branschens kunskap. Därför behövdes olika bolagsformer och hierarkiska nivåer inom organisationerna representeras. De utvalda respondenterna representerade skogsägarföreningar, myndigheter samt stora och små skogsföretag. De hierarkiska nivåerna utgjordes av stabsnivå (skogschefer), distriktsnivå (skogsvårdsledare) och utförare (entreprenörer). Den kvalitativa ansatsen på studien, i kombination med en begränsad tillgång på personer med kunskap om operativt föryngringsarbete, gjorde att respondenter passande i de olika kategorierna av organisationer och hierarkier valdes ut av författarna efter respondentens godkännande att delta i studien.

Tillvägagångssättet för att hitta lämpliga respondenter var att med telefon kontakta personer med kunskap och erfarenhet av föryngringsfrågor. Strävan var att hitta respondenter med minst ett års erfarenhet av skogsvård. Utöver det gjordes besök på en konferens med inriktning på skogsföryngring för att där ta personlig kontakt med redan kända respondenter och finna nya respondenter. Utöver detta förväntades ytterligare namn på lämpliga kandidater att erhållas av redan tillfrågade respondenter.

Utfallet blev 14 stycken respondenter att intervjua och varje intervju varade i genomsnitt 1,5 timmar. Respondenterna fördelades på följande organisationer:

- 1) 2 skogsägarföreningar.
 - 2 tjänstemän på stabsnivå.
 - 1 skogsvårdsledare.
- 2) 4 stora skogsbolag.
 - 6 tjänstemän på stabsnivå.
 - 2 skogsvårdsledare.
- 3) 1 förvaltare från ett litet skogsbolag.
- 4) 1 skogsvårdsentreprenör.
- 5) 1 tjänsteman från myndighet på stabsnivå.

Av respondenternas arbetsgivare var sex stycken verksamma i både norra och södra Sverige, tre enbart i norra Sverige och fyra stycken i södra Sverige. Dalälven avses som gräns mellan norra och södra Sverige.

Intervjuerna genomfördes vid tolv intervjutillfällen varav ett tillfälle genomfördes som en gruppintervju med tre respondenter. Totalt intervjuades fjorton respondenter. En person utförde samtliga tolv intervjuer, vid nio av dessa tolv intervjuer medverkade en extra intervjuande person. Den extra personen var inte densamma vid alla tillfällen, utan totalt tre personer var inblandade.

RESULTAT

Planering och organisation

På de företag som ingick i intervjustudien fanns det ofta flera tjänstemän som ansvarade för skogsvården på olika sätt. Skogsvårdsledare och förvaltare var typer av befattningar som på ett eller annat sätt arbetade med skogsvård. Skogsvårdsledaren var oftast stationerad på distrikts- eller regionnivå inom aktuellt företag och hade det övergripande ansvaret för skogsvården. Andra befattningshavare som inte direkt ansvarade för skogsvården (exv. virkesköpare och skogsinspektör) upphandlade dock vanligtvis skogsvården av markägare och planerade åtgärderna i fält.

Skillnaden i arbetssätt hos skogsvårdsledare påverkade möjligheten att arbeta med hela beståndsanläggningskedjan. En skogsvårdsledare som hade ansvar för all nyanläggning av skog inom ett distrikt på ett skogsbolag hade större möjlighet att välja markberedningsmetod, storlek på planta, antal plantor etc. jämfört med en skogsvårdsledare på en skogsägarförening. Inom skogsägarföreningarna gjordes inte valet av återbesogningsmetod av skogsvårdsledaren utan av markägaren i samband med försäljningen av en förnygringsavverkning. Enligt skogsvårdsledaren var det skogsinspektorn som gav råd och kunde påverka markägaren, men tog inte det slutgiltiga beslutet.

Upphandling

Upphandlingen av skogsvård skedde i stort sett alltid per enskild skogsvårdsåtgärd (markberedning, plantering och röjning) oavsett bolagsform. Dessutom omförhandlades avtalen mellan beställare och entreprenör varje år. En respondent berättade om ett exempel där upphandlingen skett per objekt vilket av respondenten ansågs ineffektivt. Hur upphandlingen av entreprenör utfördes hade ingen gemensam nämnare mellan de deltagande respondenterna. Inte heller internt inom företagen, eller mellan geografiskt indelade områden, fanns en likhet i upphandling av entreprenörer. Upphandlingen kunde ske som små lokala upphandlingar på distriktskontoret likväl som stora centrala upphandlingar på huvudkontoret. Alla företag vittnade om att fokus var på minskade kostnader för respektive åtgärd snarare än ökad kvalitet på arbetet. Ingen av respondenterna upphandlade flera skogsvårdsåtgärder gemensamt, t.ex. markberedning och plantering i ett paket.

Ekonomisk uppföljning

Den ekonomiska uppföljningen hanterades olika i olika företag. Den vanligaste uppföljningsmetoden var per skogsvårdsåtgärd (markberedning, plantering och röjning) med olika detaljeringsgrad t.ex. per markbehandlingsmetod eller för plantering om marken var markberedd eller inte. Uppföljning av alla skogsvårdsåtgärder per förnygringsavverkning förekom.

Val av metod

Markberedning

Beslutet vid val av markberedningsmetod styrs av flera olika faktorer. Tillgång till markberedningsresurser, tradition, kostnad, kvalitet, ståndort och marktyper samt förelägganden som renskötsel eller tätortsnära skogsbruk var det som respondenterna nämnde. Just tillgång till olika typer av markberedningsaggregat utmärkte sig som den mest styrande faktorn vid val av metod följt av tradition.

Skillnader i val av markberedningsmetod kunde urskiljas mellan respondenter verkssamma i norra respektive södra Sverige. I norr användes harv och högläggning frekvent medan det i södra Sverige var harvning som dominerade markberedningen. Andra metoder som inversmarkberedning och högläggning i kombination med planteringsaggregat förekom i enstaka fall.

Plantering

Antalet plantor per hektar som planterades på en förnygringsyta var 1 400–2 500 stycken, beroende på markens beskaffenhet (Tabell 1). Flera av företagen hade interna diskussioner om att minska antalet plantor per hektar och några hade redan initierat detta. Osäkerhet och brist på kunskap om hur många plantor som behövs för att uppnå ett godkänt förnygringsresultat gjorde beslutet att minska antalet plantor per hektar svårt.

Även storleken på plantorna varierade mellan norra och södra Sverige med en tendens till mindre plantor i norr och större plantor i söder. En standardstorlek nyttjades av några företag, medan andra använde sig av flera olika plantstorlekar. Dock vittnade flera av respondenterna om att en lyckad markberedning är en förutsättning för att kunna minska plantstorleken.

Tabell 1. Några av de intervjuade företagens angivna mål gällande antal plantor som planteras per hektar. För Företag A och B intervjuades två personer som uppgav olika siffror, därav två separata rader i tabellen.

Företag	Antal plantor/ha	Plantstorlek	Kommentar
A1	2 100–2 300	SP30 (liten planta)	Plantantal beroende på bördighet
A2	2 500	SP90 (stor planta)	Beslut taget att minska plantantal med 10 procent
B1	2 200	Liten (5–10 cm) Mellan (15–25 cm) Stor (20–40 cm) Extra stor (40–60 cm)	Plantantal eller skötselinstruktion
B2	1 600–1 700 (minsta antal)	Barrot och täckrot	Tycker att minskning av antal plantor/ha har skett
C	2 000–2 500	–	
D	2 200	Conniflex, täckrotsplantor	
E	2 500	PowerPot	
F	2 000–2 300	SP50	Plantantal beroende av bonitet och ståndort
G	1 400–2 000 Gran 1 400–2 200 Tall	–	

Röjning

Val av röjningsobjekt styrs utifrån antalet röststammar och medelhöjden på beståndet. Både små och stora skogsbolag använde traktregistret vid urvalet. Skogsägarföreningar valde objekt vid besök hos markägaren. Röjningsmetoder som brukades var brunnsröjning, lövröjning och slutröjning. De kombinerades med varandra och utfördes i olika åldrar beroende på markens bördighet.

Brunnsröjning innebär en röjning i form av en cirkel med cirka 0,5–0,7 meter radie runt huvudstammen och lövröjning inriktades på bortröjning av allt löv. Brunnsröjning och lövröjning utfördes vid 1–2 meters höjd i bestånd där det var rikligt lövuppslag (>10 000 stammar per hektar). Slutröjning utfördes vid medelhöjd 2–4 meter och innebär friställande av huvudstammarna enligt olika stamantal per hektar beroende på beståndets bonitet (Tabell 2).

Tabell 2. Några av de intervjuade företagens angivna mål gällande antal huvudstammar per hektar efter slutröjning. Värdena inom parentes anger ståndortsindex i meter för trädslagen gran (G) och tall (T). Om inget trädslag anges gäller värdet för både gran och tall.

Företag	Bördig mark	Medelgod mark	Mager mark	Kommentar
A	2 500 (24+)	2 300 (22–20)	2 100 (–18)	Huvudstammar efter skötselinstruktion
B	2 800 (T27+) 2 500 (G31+)	2 500 (T23–T26) 2 200 (G27–G30)	2 200 (–T22) 2 000 (–G26)	Huvudstammar efter skötselinstruktion
D	2 000			
E	1 600–2 500			Bonitet ej angiven
G	1 600–1 700			
H	2 500 (T26–T30; G30–G34)	2 000 T20–T24; (G24–G28)	1 500 (T14–T18); (G18–G22)	Huvudstammar efter skötselinstruktion

Beståndsansläggningskedjan

Betydelsen av ordet ”beståndsansläggningskedjan” fick förklaras för respondenterna. Ordet nyttjades inte i dagligt tal och skogsvården ansågs inte vara en hel kedja. Kopplingen mellan utförandet av markberedningen och planteringsresultatet var något tydligare än mellan markberedning och röjning enligt majoriteten av respondenter.

Större delen av respondenterna påstod att skogsvården har låg status i skogsbruket. Arbetet med virkesanskaffningen premierades mycket högre än arbetet med skogsvården i de flesta av skogsbolagen och skogsägarföreningarna. Strävan att höja statusen fanns och några hade genomfört förändringar för att höja statusen. Staben på ett av de större bolagen arbetade aktivt med att öka kunskapen och kvalitén på utförd skogsvård för att öka statusen. Skogsägarföreningarna hade påbörjat ett förändringsarbete avseende skogsvård och premierade skogsinspektorer i form av ökad lön utifrån ökad kontraktering av skogsvård (plantering, markberedning och röjning).

DISKUSSION

Alla respondenter vittnar om att kostnadsoptimering avseende hela beståndsansläggningskedjan inte görs ute i näringen. Arbetet fokuserar på att effektivisera och kostnadsoptimera varje åtgärd för sig istället för att se till helheten. Flera anledningar och svårigheter lyftes upp som förklarande faktorer. Många menade att budgetering och ekonomisk uppföljning har stor påverkan på val av metod i beståndsansläggningskedjan.

Ett exempel som gavs var ett företag som ändrade sitt val av markberedningsmetod när det ekonomiska målet ändrades. Målet var tidigare att minska den totala kostnaden för markberedning, vilket resulterade i att den billigaste metoden (harv) blev den mest förekommande markberedningsmetoden. När det ekonomiska målet i stället ändrades till att minska kostnaden per markberedningsmetod, anpassades valet av markberedningsmetod mer efter ståndortsfaktorer och fler metoder brukades. Det ekonomiska målet som sätts kan således styra valet av skogsvårdsmetod.

Ytterligare exempel på hur ekonomisk uppföljning kan bli styrande för val av markberedningsmetod gavs av flera respondenter som talade om svårigheten att inför högre chef motivera ökade markberedningskostnader på grund av nyttjande av dyrare markberedningsmetoder. Ska ett helhetsperspektiv över beståndsanläggningskedjan användas kan inte varje åtgärd för sig följas upp med avseende på ökade eller minskade kostnader. Det krävs att varje bestånd följs upp ekonomiskt efter det att hela beståndsanläggningskedjan har genomförts. Detta kan dock innebära en svårighet i det årliga budgetarbetet om det är stora skillnader mellan åren avseende vilka typer av markberedning som används och om kostnaden skiljer mellan de olika metoderna.

Flera respondenter vittnade om en stark tradition i skogsbruket i frågan om hur skogsmark ska förnygras. Inom vissa områden i södra Sverige används inte markberedning alls, utan återbeskogning sker med grönnisplantering på grund av gamla traditioner. Traditioner hos såväl markägare, virkesköpare/skogsinspektorer och skogsvårdsledare spelar en stor roll för hur marken återbeskogas. Det är inte alltid företagets standarder eller forskningens råd som följs utan parollen är snarare ”så här har vi alltid gjort”. Denna inställning försvårar införandet av nya metoder inom många företag. Samtidigt är det viktigt att nya metoder som förs ut bygger på relevanta och väl genomförda studier.

Skogsbrukets fokus är i dag oftast på virkesanskaffning, vilket gör att skogsvården blir nedprioriterad i resurstilldelning. Samtidigt är förnygring av skogen det som säkrar den framtida råvaran, vilket i det långa perspektivet gör skogsvården och beståndsanläggningen oundgänglig för en fungerande råvaruförsörjning. Flera företag har därför tagit ett krafttag för att öka intresset för skogsvård och beståndsanläggning. Detta är av vikt för skogsnäringens framtid och därför krävs det att alla skogsägare och skogsbolag hjälps åt att sätta fokus på frågan och skapa förutsättningar för att ge skogsvården en central roll i skogsbrukandet.

I studiens målbeskrivning nämns det att intervjuerna är till för att få förståelse för om och i så fall hur branschen arbetar med ett helhetsperspektiv inom skogsvård. Noteras ska att det handlar om en sammanställning av befintlig kunskap och befintliga arbetssätt som praktiseras i skogsbranschen och att dessa antagits att inte vara särskilt väl dokumenterade i studier eller andra skrifter. Studiens strategi blev därför att försöka erhålla så spridd och bred kunskapsinsamling som möjligt inom området för att skapa en plattform av kunskap som kommande forskning sedan kan utgå från. Utöver att bredd på kunskap premierades före djup och detaljnivå valdes ett spritt klientel av respondenter med olika befattningar istället för att fokusera på ett antal personer med samma typ av befattning och arbete. Genom att få en stor spridning hos respondenterna förväntades en bredare och mer helhetsomfattande kunskap om hela beståndsanläggningskedjan erhållas och eventuella meningsskiljaktigheter synliggöras. Trots fokus på bredd och en omfattande datainsamling är det viktigt att poängtera att denna studie inte fullständigt dokumenterar den svenska skogsbranschens arbetssätt inom skogsvården. Ansatsen var kvalitativ och dokumentationen skall ses som exempel på vilka beslut som tas ute i det operativa skogsbruket rörande beståndsanläggning och på vilken grund de tas.

SLUTSATS

Kostnadsoptimering av hela beståndsanläggningskedjan förekommer inte fullt ut i något företag i dagens skogsbruk enligt denna intervjustudie. Men det framkom dock från vissa respondenter en del tankar, resonemang och vilja att jobba i den riktningen. Minskning av plantantal och plantstorlek är två exempel som genomförts i vissa företag i syfte att minska kostnaden för skogsodlingen, men kunskapen om hur dessa förändringar påverkar hela beståndsanläggningskedjan är liten. Likväl är kunskapen liten i skogsbruket om hur markberedning påverkar lövuppslag och röjningskostnaden. Även om det finns en del utländska studier (Uotila m.fl., 2010) som tyder på att det kan vara kostnadseffektivt och rationellt att beakta hela beståndsanläggningskedjan vid anläggning krävs det svenska studier som tydligt visar på eventuella fördelar med detta arbetssätt om det ska få stor genomslagskraft. Detta med tanke på att det finns flera hinder som måste överbyggas, exempelvis redovisningsmässiga, vilket framkommit i denna studie.

Den främsta slutsatsen som kan dras av denna studie är att det finns ett engagemang och intresse att förändra skogsvården till att se hela beståndsanläggningskedjan men mer forskning krävs.

Litteraturstudie

I detta avsnitt redovisas resultaten från den genomförda litteraturstudien (se delmål 1 för projektet, s. 8).

SYFTE OCH AVGRÄNSNING

Syftet med litteraturstudien var att sammanställa kunskap om åtgärderna markbehandling (markberedning), plantering och röjning samt interaktionseffekter metoderna emellan. Studien avgränsades till plantering av gran och tall. Ansatsen var att kvantifiera effekter av och skillnader mellan olika mekaniska markberedningsmetoder på plantornas överlevnad och tillväxt. Dessutom sammanställdes de olika metodernas markpåverkan och effekter på icke önskat naturligt föryngrat plantuppslag, av främst lövplantor. Även betydelsen av plantstorlek och lämplig tidpunkt för röjning har belysts.

Den insamlade kunskapen och data skulle sedan utgöra underlag för att belysa om totala kostnaden för hela beståndsanläggningskedjan kan minimeras genom att optimera fördelningen av kostnaden för de olika åtgärderna genom att beakta delmomenten integrerat och inte som i dag minimera kostnaden för varje åtgärd separat. Samtidigt måste även uppnått resultat beaktas. Se vidare avsnittet ”Kalkyler beståndsanläggningskedjor” (s. 25).

De avsnitt som ingår i litteraturstudien är:

- 1) Plantering som aktiv skogsvårdsåtgärd.
- 2) Beståndsanläggningskedjor och beslutsstöd för val av föryngringsmetod.
- 3) Markbehandling – effekter av olika markberedningsmetoder på plantors överlevnad och tillväxt samt påverkan på marken i form av andel påverkad markyta och lövuppslag (främst björk).
- 4) Betydelsen av olika plantstorlek vid plantering.
- 5) Lämplig tidpunkt för röjning.

Genomgången begränsades till studier utförda inom Fennoscandia och till fastmark enligt den svenska definitionen, d.v.s. att det ska finnas mineraljord inom 30 centimeters djup från markytan. De markberedningsmetoder som ingick var fläckmarkberedning ("fläck"), harvning ("harv"), högläggning ("hög") och inversmarkberedning ("invers"). Plogning ingick inte i studien eftersom metoden inte får användas i Sverige (Skogsstyrelsen, 2015). Beträffande olika planteringskoncept avgränsades studien till plantering av tall- och granplantor samt effekter av olika storlek på plantor. Røjning avsåg motormanuell ungskogs-røjning till och med sista røjning.

Beträffande punkterna 3–5 ovan redovisas inte hela det framtagna grundmaterialet med referenser i denna rapport, utan de huvudsakliga slutsatser som dragits och antalet studier slutsatserna bygger på.

PLANTERING SOM AKTIV SKOGSVÅRDSÅTGÄRD

Det finns flera studier som visar att en stor andel av planterade plantor inte finns kvar efter några år och att ett lyckat förnygringsresultat många gånger är beroende av naturligt insådda plantor. Under perioden 2007–2009 var cirka 20 procent av huvudplantorna på planterade hyggen naturligt förnygrade enligt rikstäckande inventeringar 5–7 år efter avverkningsanmälan (Bergquist m.fl., 2011). Det fanns en gradient över landet med drygt 30 procent i norra Norrland, cirka 25 procent i S Norrland och Svealand samt knappt 15 procent i Götaland. En generell trend under det första årtiondet på 2000-talet var dock att andelen naturligt förnygrade plantor minskade. Enligt Bergquist m.fl. (2011) skulle 63 procent av de planterade hyggena vara godkända (åren 2007–2009) enligt Skogsvårdslagens krav om man inte räknade med naturligt förnygrade barrhuvudplantor jämfört med 80 procent om de räknades in. Om inga naturligt förnygrade plantor togs med var endast 52 procent av hyggena godkända. En nackdel i denna surveystudie var att de planterade plantorna inte var permanentmarkerade, vilket ger osäkerhet i resultaten.

Däremot inventerade Ackzell m.fl. (1994) fasta provytor, med permanent markerade planterade plantor, på 97 hyggen (ståndortsindex 11–23 meter) i mellersta och norra Norrland planterade i praktiskt skogsbruk. De rapporterar 44 procent avgång av de planterade tall- och granplantorna och i genomsnitt var 17 procent av huvudplantorna naturligt förnygrade 10 år efter plantering. De planterade plantorna var då 2–3 gånger högre än de naturligt förnygrade barrplantorna. Hyggena hade hyggesrensats, markberetts och planterats med 2 200–2 500 plantor per ha (Ackzell m.fl., 1994). Även Persson (1990) redovisar liknande värden på avgångar (38 procent) i 10–14 år gamla tallplanteringar och något lägre för contorta, 24 procent. Det materialet innefattade 85 hyggen, också planterade i praktiskt skogsbruk, i ungefär samma geografiska område som i studien av Ackzell m.fl. (1994).

I ett material med 50 trakter från praktiskt skogsbruk, också belägna i mellersta och norra Norrland, redovisar Söderbäck (2012) en avgång på cirka 25 procent för både tall och gran tio år efter markberedning (harvning eller högläggning) och plantering. Även i denna studie var de planterade plantorna säkert identifierade eftersom de koordinatsattes vid planteringen. Baserat på 15 trakter [några samma som i Söderbäck (2012)], lokaliserade främst till mellersta Norrland, var det totala antalet huvudstammar i genomsnitt 1 970 stycken per hektar (min 1 190; max 3 000). Av dessa var andelen naturligt förnygrade huvudstammar 27 procent i medeltal efter røjning, vilka var relativt jämnt fördelade på tall, gran och löv (Kullström, 2015). I bestånd som planerats med tall var andelen naturlig förnygring 24 procent och i planterade granbestånd 30 procent. Detta talar för relativt höga avgångar för de planterade plantorna. Förekomsten av naturligt förnygrade

huvudplanter ökade med ökad markfuktighet samt minskade med ökad höjd över havet och med ökad beståndshöjd. Förekomsten påverkades även av markberedningsmetod (Harv 43 procent; Hög 23 procent) och jordart (mer naturlig föryngring på sandig-moig morän och moig-mjällig-lerig morän än på sandig morän). Planterade planter hade högre medelhöjd än naturligt föryngrade. Inventeringarna gjordes 12–17 år efter plantering (Kullström, 2015).

I en studie av Hallsby m.fl. (2015) med 14 försökslokaler över hela Sverige, redovisas resultat där tre olika grader av "intensitet" i föryngringsarbetet jämfördes – hög intensitet (HI), normal (NI) och låg intensitet (LI). LI föryngrades naturligt utan några åtgärder. NI var praktiskt utförd föryngring enligt "lokalpraxis". Vanligen utfördes markbehandling (harvning vanligast, men även fläckmarkberedning och högläggning) med efterföljande plantering två-tre år efter avverkning med 1-åriga täckrotsplanter för det mesta. HI var försöksmässigt anlagd och innehöll liknande markbehandling som NI (ungefär samma andel fläck, harv och hög) med efterföljande plantering av huvudsakligen 2–3-åriga täckrotsplanter direkt efter avverkning. I NI och HI planterades tall eller gran (i några fall contorta), 2 000–3 000 planter per hektar. Rönjning utfördes när det ansågs nödvändigt. Fyra till sju år efter avverkning var totala stamantalet dubbelt så högt i HI (3 490 stammar per hektar) än i LI (1 684 stammar per hektar) och NI låg där emellan (2 339 stammar per hektar).

Alla tre behandlingar var statistiskt signifikant skilda. I HI och NI var andelen planterade planter 57 procent respektive 51 procent, naturligt föryngrade barrplanter stod för cirka 30 procent (ny insåning plus beståndsföryngring) och lövplanter för 14 procent respektive 17 procent. I LI var andelen beståndsföryngring cirka 40 procent av totala plantantalet och lövandelen 33 procent. Efter 24–27 år var stamvolymen signifikant högre i HI (90 m³ per hektar) än i LI (36 m³ per hektar), men inte signifikant högre än i NI (65 m³ per hektar). Medeltillväxten under omloppstiden, simulerad i Heureka, beräknades vara 22 procent respektive 25 procent högre i NI och HI än i LI och dessutom kulminerade medeltillväxten 10 år tidigare i NI och 20 år tidigare i HI jämfört med LI. Författarna drar dock slutsatsen att en ökad intensitet i skogsvårdsåtgärder inte alltid ger påtagligt högre skogsproduktion och då inte kan motiveras strikt ekonomiskt. Samtidigt pekar man på att det finns många brister i studien eftersom utförda åtgärder i många fall är bristfälligt dokumenterade och att försöken har inventerats mycket sparsamt under försöksperioden, vilket bidrar till stora osäkerheter i försöksresultaten. Några egna reflexioner är att skillnaden i "intensitet" i utförda åtgärder mellan HI och NI är dåligt dokumenterad, men tycks vara ganska marginell samt att den stora skillnaden i uppnådd tillväxt och virkesförråd (faktisk uppmätt och potentiell simulerad) ligger i skillnaden mellan HI/NI och LI. Det vill säga det biologiska resultatet ur virkesproduktionssynpunkt var betydligt bättre i HI och NI med aktiva åtgärder än i LI. Om alla dessa skogsvårdsinsatser är ekonomiskt motiverade är en annan sak, vilket dock inte behandlas i studien av Hallsby m.fl. (2015).

De ovan refererade studierna, med i många fall stora avgångar av planterade, ofta förädlade planter, planterade efter markberedning, väcker frågor om noggrannhet och kostnadseffektivitet i utförda åtgärder. Om överlevnaden inte klaras bättre med befintliga plantantal och åtgärder är en möjlig väg att öka plantantalet eller att förbättra metoderna och bli noggrannare med de planter man faktiskt planterar. En annan väg kan vara att minska plantantalet vid plantering och i större utsträckning lita till naturlig föryngring. De olika alternativen beror på vad skogsägaren vill uppnå och kan leda till olika strategier för exempelvis markberedning och ge upphov till olika beståndsanläggningskedjor beroende på målen med beståndsanläggningen och det framtida beståndet.

Skogsskötaren måste även väga in ekonomiska aspekter i förnygringsarbetet i form av kostnader för olika kedjor i förhållandet till uppnått resultat.

Förutom ekonomiska överväganden framförs ibland farhågor om negativa biologiska konsekvenser av olika skogsskötselåtgärder. Ett exempel är markberedning, särskilt radikal sådan. I regel ger markberedning en gynnsam effekt för barrplantors överlevnad och tidiga tillväxt (exv. Hansson och Karlman, 1997; Mäkitalo, 1999; Johansson m.fl., 2013). Frågan är om dessa tidiga skillnader kvarstår över tiden, vilket en studie av Johansson m.fl. (2013) talar för, i alla fall upp till cirka 20 år efter plantering. En farhåga är om radikal markbehandling skulle kunna leda till minskad bördighet hos marken på ännu längre sikt och därmed minskad trädutväxt p.g.a. ökad näringsomsättning och en större förlust av näring än där det inte är markberett. En studie av Örlander m.fl. (1996) talar dock inte för detta, i alla fall inte upp till cirka 70 år efter markberedning, där tillväxten jämfördes i form av trädens övre höjd (genomsnittlig höjd för de 100 grävsta träden per hektar). I de fem redovisade försöken var övre höjden lika eller något högre på de markerade ytorna. Detta trots att de totala förråden av kol (C) och kväve (N) var märkbart lägre i den översta delen av marken. Det i sin tur indikerar att det snarare är flödet av växttillgänglig näring (främst N; jmf. Binkley och Högberg, 2016) som har stor betydelse för trädens tillväxthastighet än det totala förrådet av näring i marken som är mer eller mindre tillgängligt för träden.

BESTÅNSANLÄGGNINGSKEDJOR OCH BESLUTSSTÖD FÖR VAL AV FÖRYNGRINGSMETOD

Det finns studier baserade på empiriska data från fältförsök som belyser olika typer av förnygringsalternativ, främst utifrån biologiska aspekter på skogsproduktion (exv. Ackzell, 1993, Nilsson m.fl., 2006). Det finns även studier som redovisar såväl biologiska effekter som olika typer av kriterier för att jämföra och rangordna olika beståndsanläggningskedjor. Rangordningen baseras ibland på enbart biologiska aspekter som plantantal och planthöjd, men ibland ingår även en värdering av osäkerhet och risk för det biologiska utfallet och ibland även kombinerat med ekonomiska aspekter för olika kedjor (exv. Ahtikoski m.fl., 2010). Vissa studier beskriver endast den tidiga plantetableringen i beståndsanläggningskedjan (exv. Miina och Saksa, 2006, 2008, 2013) medan andra beaktar hela omloppstiden för olika förnygringsalternativ (Zhou, 1999; Hyytiäinen m.fl., 2006, Uotila m.fl., 2010).

Baserat på inventeringar av tallförnygringar i södra Finland har Miina och Saksa (2008) utvecklat modeller för val av förnygringsmetod för tall. Modellerna kan användas för att simulera och jämföra utfall i form av sannolikheter för att erhålla olika plantantal och dess medelhöjd 3, 4 och 5 år efter förnygringsavverkning för de olika metoderna plantering, sådd och naturlig förnygring. Några beroende variabler i modellen är temperatursumma, höjd över havet, markens bördighet och markberedningsmetod. Enligt författarna är modellen mest användbar för att jämföra utfall av de olika förnygringsmetoderna på olika ståndortstyper och betydelsen av markberedning. Deras slutsats är att plantering är den mest effektiva metoden på frisk mark av blåbärstyp (*Myrtillus*) och att sådd är effektivast på torr mark av lingon- (*Vaccinium*) och ljung- (*Calluna*) typ. Naturlig förnygring rekommenderas endast på torr ljungtyp och sämre vegetationstyper.

Miina och Saksa (2006, 2013) har även utvecklat liknande modeller som ovan för granförnygring i södra Finland. Deras huvudslutsats är att plantering efter högläggning är den mest effektiva och säkra metoden vid förnygring av gran. Däremot sådd och naturlig förnygring av gran är inte att rekommendera p.g.a. den höga risken att misslyckas.

Utifrån data från åtta föryngringsförsök (4 ”tallmarker” och 4 ”granmarker”) rangordnade Ahtikoski m.fl. (2010) 12 olika beståndsanläggningskedjor för föryngring av tall i norra Finland. Kedjorna jämfördes och värderades utifrån såväl total föryngringskostnad, sannolikhet för ett visst biologiskt resultat och ett index för kostnadseffektivitet baserat på både kostnad och sannolikhet för att nå ett visst resultat. I de studerade föryngringskedjorna ingick fyra markbehandlingsmetoder (fläck, plogning, bränning och harvning) kombinerade med tre föryngringsalternativ (sådd, plantering med täckrotsplantor och plantering med barrotsplantor). Resultaten visade att rangordningen för de olika kedjorna var olika beroende på vilka kriterier som användes. Om endast totala kostnaden beaktades var de flesta alternativen med sådd högt rankade för att nå ett mål på 1 100 plantor per hektar drygt 20 år efter åtgärden. Däremot om sannolikheten för samma resultat (1 100 plantor per hektar), eller kombinationen av sannolikhet och kostnad beaktades, kom alternativet med plogning och plantering med täckrotsplantor alternativt sådd högt i rankningen. Det gällde även harvning och täckrotsplantor, men då endast på ”tallmarker”. Med ”tallmarker” avsågs ståndorter där den föregående skogen var talldominerad.

Uotila m.fl. (2010) rapporterar en studie med en jämförelse av två olika beståndsanläggningskedjor. De redovisar att den totala kostnaden var lägre för beståndsanläggningskedjan efter högläggning än efter harvning med efterföljande plantering av gran. Investeringen i högläggning var mer lönsam än harvning i termer av nuvärde fram t.o.m. efter första gallring (0–5 procent ränta). Det förklarades av att högläggning gav högre överlevnad och högre tillväxt för granarna (huvudträdslaget) samt mindre lövuppslag med lägre tillväxt än efter harvning. En slutsats var att studien indikerade att det fanns en interaktion mellan markbehandlingsmetod och senare skogsskötselåtgärder som är betydelsefull för olika beståndsanläggningskedjors lönsamhet (Uotila m.fl., 2010).

Kankaanhuhta och Saksa (2013) undersökte sambandet mellan nedlagda kostnader och uppnått resultat (antal huvudplantor) tre år efter plantering i 409 granföryngringar hos privata markägare i södra Finland. I de inventerade föryngringarna fann man cirka 1 800 plantor per hektar i medeltal (min 500; max 3 000) fördelade på cirka 1 500 planterade plantor och 300 självföryngrade. De fann ett svagt samband mellan uppnått föryngringsresultat och nedlagda kostnader som i dessa ”beståndsanläggningskedjor” inkluderade markberedning och hela planteringsåtgärden (plantor och plantering), men inte röjning. En extra investering på 100 € per hektar ökade antal plantor med 33 stycken per hektar. I medeltal var föryngringskostnaden 854 € per hektar (min 167; max 1 374) och kostnadsfördelningen enligt följande; markberedning 194 € (23 procent), plantkostnad 375 € (44 procent), kostnad för plantering 270 € (31 procent) och övriga kostnader 15 € per hektar (2 procent). Av de objekt som ingick i materialet var 47 procent fläckmarkberedda, 33 procent harvade, 19 procent höglagda och 1 procent inte markberedda. Motsvarande fördelning på använda plantor var att 21 procent av objekten var planterade med 1-åriga täckrot, 69 procent med 1,5 år eller äldre täckrot och 10 procent med barrotsplantor.

Hyytiäinen et al. (2006) redovisar ekonomiska analyser för hela omloppstiden för fyra olika föryngringsmetoder (plantering, sådd, naturlig föryngring med 100 fröträd per hektar och naturlig föryngring med 25 fröträd per hektar) innehållande tre olika intensitet i markbehandlingen (ingen, konventionell harvning och intensiv harvning), d.v.s. totalt 12 olika föryngringsalternativ för tall i södra Finland. Det alternativ som gav högsta nuvärdet berodde till stor del på använd ränta i den ekonomiska analysen. Vid 1 procent ränta gav plantering och sådd högsta nuvärdet, vid 3 procent naturlig föryngring och vid 5 procent gav sådd och naturlig föryngring de högsta nuvärdena. En slutsats författarna

drar är att investeringar i markberedning och föryngring bidrar till ökad sannolikhet att lyckas med beståndsetableringen och därmed minskad variation i erhållet nuvärde sett över hela omloppstiden, i alla fall vid en ränta på 1–3 procent. Men, samtidigt framhålls att den optimala investeringen i beståndsanläggning är känslig för kostnaden för olika föryngringsåtgärder och använd ränta i kalkylen. Studien baserades på experimentella data från ett föryngringsförsök (10 års data) i kombination med en processbaserad modell för beståndstillväxt (PipeQual) samt en ekonomisk optimeringsmodell (Hyytiäinen m.fl., 2006).

De ovan refererade finska studierna belyser samt ger underlag för rangordning och val av olika beståndsanläggningskedjor med olika kombinationer av åtgärder. Vi har inte hittat några liknande studier för svenska förhållanden. Det finns en del studier i form av optimerande modellering av ekonomiskt utfall som exempelvis belyser val av olika föryngringsmetoder för tall (Zhou, 1999) och bästa sätt att föryngra tall med fröträd (Zhou, 1998). Men, det finns inga heltäckande studier och analyser av hela alternativa beståndsanläggningskedjor med olika ingående enskilda skogsvårdsåtgärder.

För att kunna kombinera ihop olika åtgärder och utvärdera det slutgiltiga resultatet – i form av total kostnad och uppnått resultat – av alternativa beståndsanläggningskedjor är det nödvändigt att känna till och kunna kvantifiera effekter av de enskilda ingående åtgärderna, exempelvis hur gran- och tallplantors överlevnad och tillväxt påverkas av olika markberedningsmetoder, liksom uppslaget av löv samt behov av och tidpunkt för röjning.

MARKBEHANDLING

Markbehandling eller markberedning definieras som ”bearbetning av skogsmark i avsikt att åstadkomma en gynnsam grobädd för frön eller växtplats för plantor” (Skogsencyklopedin, 2011). I detta avsnitt dras slutsatser och görs bedömningar utifrån publicerade markberedningsstudier med avseende på överlevnad och tidig höjdtutveckling för planterade gran- och tallplantor samt påverkan på marken och lövuppslag. Slutsatserna bygger i första hand på experimentella försök, men dessa data jämförs även med uppföljningar av föryngringar anlagda av skogsbruksföretag. Syftet är att kvantifiera effekter av olika typer av konventionell mekanisk markberedning (fläckmarkberedning, harvning, högläggning och inversmarkberedning) med avseende på de ovan nämnda variablerna. Jämförelser görs även mot ej markberedd mark.

Några generella problem för dessa slutsatser och bedömningar är att: (i) det finns få försök, särskilt med effektperioder redovisade tills dess att föryngringen är säkerställd; (ii) det finns få försök med jämförelser av olika markbehandlingsmetoder och inga där samtliga metoder i denna sammanställning ingår; (iii) i vissa försök finns ingen obehandlad kontroll som jämförelse; (iv) det finns få försöksserier som täcker in och belyser betydelsen av geografiskt läge (klimat), ståndort och trädslag (gran jämfört med tall); (v) markberedningsmetoderna är inte standardiserade utan har i många fall utförts på olika sätt i de olika försöken (jmf. Sutton, 1993), vilket gör att data från olika studier inte är helt jämförbara; (vi) vissa metoder har utförts manuellt eller med utrustning som inte lämpar sig för rationell, praktisk drift och därigenom inte alltid går att direkt över-sätta till praktisk tillämpning; (vii) resultatet för en plantas etablering beror inte enbart på resultatet av en specifik markberedning utan även på egenskaper hos plantan och hur planteringen utförs (exv. planttyp, planthantering, val av planteringspunkt och planteringsdjup) (jmf. Sutton, 1993). Slutligen bör man även beakta att ofta är överlevnaden något högre i väl anlagda försök än i storskaliga planteringar.

Överlevnad

Det ser ut att finnas en generell effekt av markberedning på planterade gran- och tallplanter i form av ökad överlevnad i jämförelse med ej markberett. Däremot finns inga tydligt påvisbara skillnader mellan de olika markbehandlingsmetoderna – fläck, harv, hög och invers. Slutsatserna ovan bygger på 11 studier där totalt 42 försök ingår samt uppföljningar av cirka 50 praktiska planteringar. Försök med en effektperiod på minst fyra år ingår. Planteringar i södra Sverige kan vanligtvis antas vara säkerställda med avseende på överlevnad efter cirka fyra år (Elfving, 1992 i Hallsby, 2013). I kärva klimatlägen i norra Sverige kan det handla om uppemot 20–25 år efter plantering innan en för yngning är säkerställd (Elfving, 1992 i Hallsby, 2013, Hansson och Karlman, 1997).

Gran

I den genomgångna litteraturen var överlevnaden för gran i storleksordningen 10–20 procentenheter (p.e.) högre för de markbehandlingsmetoder som testats i försök jämfört med plantering utan markbehandling. I de fall statistisk analys finns redovisat har det påvisats signifikanta effekter för harvning, högläggning och inversmarkberedning. Studierna med gran är i huvudsak lokaliserade till södra Norge och södra Sverige, förutom en studie av Johansson m.fl. (2013) med två försökslokaler i södra Götaland och resterande åtta i mellersta och norra Sverige. Granstudierna visar överlevnaden 4–18 år efter plantering, vilket talar för att den mest kritiska perioden för plantornas överlevnad har passerats i samtliga försök med hänsyn taget till försökens geografiska läge.

En generaliserad bedömning är att cirka 60 procent av planterade granplanter överlever utan markberedning efter praktisk plantering i mellersta och södra Sverige. Efter harvning, högläggning eller inversmarkberedning torde överlevnaden kunna bli 75–80 procent. Alla dessa bedömda värden bygger på att plantorna är skyddade mot angrepp av snytbagge på ett ändamålsenligt sätt. Fläckmarkberedning ingick endast i en studie vilket gör det svårt att ge en generaliserad bedömning av överlevnaden för den metoden.

Tall

För sex försök med tall i södra Sverige gav harvning och inversmarkberedning cirka 20 p.e. statistiskt påvisbar högre överlevnad jämfört med icke markberett. Överlevnaden var 90 procent (medeltal) 4–5 år efter plantering, vilket var högre än för de icke markberedda kontrollerna, som hade cirka 70 procent överlevnad.

Två nordliga försök med tall hade generellt en väsentlig lägre överlevnad än de i södra Sverige. I ett av försöken var överlevnaden högre efter fläckmarkberedning (+ cirka 20 p.e.) än utan markberedning. För både harvning och högläggning var effekten större (+ 30–35 p.e.). Överlevnader på 20–60 procent, 20–30 år efter harvning och högläggning, i försöken i norra Sverige och Finland var dock lägre än i en inventering av praktiskt planterade för yngningar i mellersta och norra Sverige med en genomsnittlig överlevnad på 75 procent tio år efter plantering när samma markbehandlingsmetoder (harv och hög) hade använts (även några hyggen med contorta ingick) (Söderbäck, 2012).

Liksom för granförsöken ovan är vår bedömning att inga stora ytterligare avgångar kan förväntas i de studerade tallförsöken med tanke på inventeringstidpunkten i förhållande till utförd plantering och geografiskt läge. En bedömd överlevnad för planterad tall i södra Sverige torde vara cirka 70 procent om ståndorten inte är markberedd medan den kan bli 90 procent efter harvning eller inversmarkberedning. Dessa värden förutsätter att plantorna är ändamålsenligt skyddade mot snytbagge.

Med utgångspunkt från redovisad överlevnad på 75 procent från praktiskt anlagda tallföryngringar, i kombination med försöksdata, är vår bedömning att plantöverlevnaden för tall i norra Sverige kan vara cirka 40 procent till dess att föryngringen är säkerställd, om marken inte är markberedd. För harv och hög är bedömd överlevnad cirka 70 procent och något lägre för fläck. Viktigt att notera att vi endast fann två försök med tall i norra Sverige och det finns inga data för tall planterad efter utförd inversmarkberedning.

En annan bedömning är att den redovisade större markberedningseffekten för överlevnad för tall än gran mest troligt beror på skillnader i klimatiskt läge för studiernas lokalisering än på en trädslagseffekt. Detta med tanke på att överlevnaden för tall i södra och mellersta Sverige var liknande som för gran i samma region och betydligt högre än i norra Sverige.

Tillväxt

Effekter av markberedning på gran- och tallplantors höjd har också sammanställts från 10 studier där 34 försök ingår samt från uppföljningar av cirka 50 praktiska planteringar. Dessa försök har effektperioder på minst fem år och upp till 27 år, d.v.s. en liknande kortaste effektperiod som för överlevnad ovan. I samtliga försök har markberedning ökat de planterade trädens höjd jämfört med icke markberedda provytor. Det gäller för både gran och tall, oberoende av geografiskt läge. För de praktiskt tillämpbara metoderna har markberedning i genomsnitt ökat trädens höjd med cirka 20 procent efter 5–27 år i de sammanställda studierna.

Utifrån de här sammanställda studierna går det inte att dra några generella slutsatser om skillnader i tillväxt mellan olika markberedningsmetoder. I survey-studien av Söderbäck (2012) var det heller ingen påvisbar skillnad mellan harvning och högläggning avseende trädens höjd tio år efter plantering. Det tycks dock finnas en viss tendens till att mer intensiva markberedningsmetoder som hög och invers ger något högre tillväxt (+20–25 procent) än fläck och harv (+10–15 procent), i samtliga fall jämfört med icke markberett. De intensivare metoderna karaktäriseras av att planteringspunkten är mer utpräglad med mineraljord på en omvänd torva och där aggregaten ofta gått djupare ner i marken. Att en intensiv metod som hyggesplöjning, särskilt djupplöjning ner till 40–60 centimeter, ger högre tillväxt har visats i några försök.

Vi bedömer att, upp till 3–5 meters trädhöjd, jämfört med ingen markberedning, ger fläckmarkberedning cirka 15 procent högre trädhöjd samt harvning, högläggning och inversmarkberedning cirka 20 procent högre höjd för planterade granplantor i södra Sverige. För planterade tallplantor i norra Sverige bedöms motsvarande effekter vara +10 procent för fläck och +25 procent för harv, hög och invers.

Markpåverkan – andel påverkad mark

Som tidigare nämnts är syftet med markberedning att ”åstadkomma en gynnsam grobädd för frön eller växtplats för plantor”. Med syftet att skapa en stabil och säker miljö för en planterad plantas etablering på skogsmark handlar det i princip om att ta bort markens översta organiska skikt och blottlägga mineraljord alternativt tillskapa en blandning av organiskt material och mineraljord helst överlagrad av bar mineraljord. På många marktyper finns det flera fördelar om planteringspunkten blir något högre än omgivande mark. Men, förutom att skapa en gynnsam miljö för önskade planterade plantor kan etablering av icke önskad naturlig föryngring gynnas, vanligtvis lövplantor och särskilt björk (se avsnittet ”Lövuuppslag” s. 22). Detta talar för att minimera påverkan på marken i form av areal blottlagd mineraljord.

Vid plantering av 2 000–2 500 plantor per hektar och med antagandet att en planta behöver omgivande bar mineraljord med en radie på 0,1 meter (från snytbaggessynpunkt) ger ett teoretiskt behov av 0,6–0,8 procent bar mark (mineraljord). En mer praktiskt realistisk minsta storlek på bar mineraljordsyta som kan tillskapas på ett hygge i rationell drift ligger nog i storleksordningen 0,5 meter × 0,5 meter eller en radie på cirka 0,3 meter (0,25–0,30 m²; vanligt mått för intermittenta metoder) motsvarande 5–8 procent av markytan. Dessutom kan det tillkomma en markpåverkan i varierande grad utöver ren blottlagd mineraljord i form av omblandad mineraljord och organiskt material i exempelvis högar och tiltor samt p.g.a. körning. Med dagens metoder blir dock andelen påverkad mark betydligt större än de 5–8 procenten enligt en sammanställning av de studier vi funnit.

Sammanställningen visar på stor variation i andel påverkad markyta, både mellan och inom markberedningsmetod. Enligt dessa data orsakar hög vanligtvis minst andel påverkad markyta, i medeltal cirka 35 procent (n = 13 studier), harv låg på 50 procent (n = 7). I studierna där invers ingår var markberedningen inte utförd på ett sådant sätt att de kan betraktas som en renodlad inversmetod, varför funna värden på 36 procent och 51 procent kan vara missvisande. Den enda studien av fläck visade på 49 procent påverkad markyta.

I de refererade studierna är inte alltid den använda inventeringsmetodiken fullständigt beskriven. Det gör det svårt att jämföra och värdera resultaten från de olika studierna. Man ska också ha i åtanke att många av de äldre studierna gjordes med den tidens maskiner och aggregat som idag kan vara modifierade eller inte längre är i drift. En faktor som har avgörande betydelse för resultatet är hur täta slag maskinen kör. Även marktypen påverkar resultatet olika för olika metoder.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att det är stor variation i redovisade resultat för andel påverkad mark vid olika typer av markberedning och andelen påverkad areal för olika metoder överlappar varandra. Men, vanligtvis torde en intermittent metod som högläggning kunna ge en mindre påverkan än en kontinuerlig harvning.

Lövuppslag

I detta avsnitt belyser vi markberedningens effekter på uppslag av naturlig föröngring, främst björkuppslag. Det beror på att björk frekvent självsår sig på hyggen i princip i hela landet, vilket betyder att röjning ofta blir en nödvändig del av beståndsanläggningskedjan vid anläggning av barrträdsbestånd.

En markstörning som bidrar till att det översta marklagret rörs om och mineraljord blottläggs, såsom vid markberedning, bidrar oftast till att skapa en bra grogrund för självföryngring av en mängd olika trädslag (exv. Agestam m.fl., 2003). Bar mineraljord blottlagd vid markberedning ger ofta väsentligt ökad uppkomst och överlevnad av plantor (Nilsson m.fl. 2002 och referenser där), även björkplantor (Karlsson m.fl., 2002 och referenser där). På torr-frisk mark anses det nödvändigt att blottlägga mineraljorden för att erhålla naturlig föröngring av björk (Hagner, 1962, Fries, 1984).

Markberedning kan vara ett sätt att styra andelen självföryngrade plantor vid föröngring (exv. Karlsson m.fl., 2002; Karlsson och Nilsson, 2005). Valet av markberedningsmetod har mest troligt betydelse för utfallet eftersom ju mer en metod stör markytan desto större blir vanligtvis antalet naturligt föröryngrade plantor och därmed även andelen naturlig föröngring av totala antalet plantor.

Enligt data från alla de studier som vi sammanställt, fanns det i medeltal 6 400 stycken ($n = 8$) självföryngrade plantor per hektar (främst björk) på icke markberedda provytor, på harvade 11 200 stycken ($n = 8$), på höglagda 10 800 stycken ($n = 9$) och 3 600 stycken per hektar ($n = 2$) på invers-/fläckmarkberedda provytor. Det ger cirka 70–75 procent fler självföryngrade plantor på harvade och höglagda hyggen och drygt 40 procent mindre stammar av invers-/fläck, i samtliga fallen jämfört med icke markberett. Dessa data var registrerade 5–14 år efter plantering. Motsvarande medelvärden för de studier som inkluderade både icke markberedda och markberedda ytor var: ej markberett 6 400 ($n = 8$) stammar per hektar, harv 9 200 ($n = 6$; +44 procent), hög 10 800 ($n = 2$; +69 procent) och invers 2 100 ($n = 1$; -67 procent) stammar per hektar.

Detta sammanställda materialet bekräftar att markberedning vanligtvis gynnar lövuppslag i förhållande till icke markberedd mark. Det går dock inte att dra några generella slutsatser om skillnader i lövuppslag beroende på markberedningstyp, eftersom det är alltför få studier och haltande jämförelser i de data som vi har hittat. Det är även viktigt att påtala att de olika typerna av markberedning lämpar sig och rekommenderas för olika ståndortsförhållanden. Det kan ge viss bias i jämförelser av olika metoder som inte är testade på exakt samma ståndort.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att i många fall verkar markberedning gynna uppkomsten av självföryngrade plantor i jämförelse med icke markberedd mark. Beträffande en bedömning av förekomsten av frösådda lövplantor, främst björk, på hyggen i Sverige torde vanligt förekommande antal ligga inom de intervall för min- och maxvärden som vi hittat, d.v.s. 1 000–15 000 lövplantor per hektar på icke markberedd mark och 2 000–23 000 på markberedd mark.

BETYDELSEN AV OLIKA PLANTSTORLEK VID PLANTERING

Vid jämförelser av plantstorlek måste en rad faktorer beaktas. Plantor av olika storlek skiljer sig rent morfologiskt och har till exempel olika skott-rot-kvot, diameter, höjd och biomassa. Plantans morfologi beror inte bara på dess storlek, utan också på hur den odlats, d.v.s. vilken planttyp det är (barrot, täckrot eller hybridplanta) och vilket trädslag. Barrotsplantor odlas på friland och täckrotsplantor i krukor. Hybridplantor är täckrotsplantor som efter en tid planteras ut och växer på friland, vilket gör att de är en kombination av de båda tidigare beskrivna planttyperna. De tre planttyperna har därmed utvecklats olika, både under och ovan mark, under odlingstiden och dessa olikheter har betydelse när det gäller skadefrekvens och -grad (exv. snytbagge, vegetation och frost). Även ståndortsförhållanden i form av bl.a. geografiskt läge, bördighet samt förekomst av markvegetation och väderlek (exv. torkepisoder) i föryngringsskedet har betydelse för valet av plantstorlek (Johansson m.fl., 2015). Barrotsplantor kan på grund av en lägre andel finrötter i jämförelse med täckrotsplantor vara känsligare för torka det första året efter plantering, medan de tack vare en större stamdiameter och mer biomassa är mindre känsliga mot snytbaggar, frost och betesskador (Nilsson m.fl., 2000). Deras resultat baseras på inventeringar av 20 hyggen i Småland och Halland.

En generell slutsats som kan dras av de åtta genomgångna publikationerna om betydelsen av plantstorlek vid plantering, främst studier i fältförsök, är att en stor planta kan vara ett sätt att kompensera för en markberedning med undermåligt resultat eller då ingen markberedning utförts, d.v.s. kompensera i bemärkelsen att erhålla en acceptabel överlevnad. En stor planta är dock både dyrare i inköp och att plantera. Därför kan det löna sig att satsa på en lite dyrare och bättre markberedning samt att kombinera denna med en mindre och mer välbalanserad planta. Ovan nämnda slutsatser baseras på studier som

rapporterats 3–5 år efter plantering, vilket är alltför kort tid för att kunna värdera mer långsiktiga effekter, exempelvis på tillväxt. Därför är det angeläget att bättre utreda interaktioner mellan olika plantstorlekar och markberedningsmetoder, både genom att fortsättningsvis följa redan etablerade försök och att etablera nya långtidsförsök.

RÖJNING

Den gängse betydelsen av röjning är en ”Beståndsvårdande utglesning av plant- och ungskog utan att gagnvirket tas tillvara” (Skogsencyklopedin, 2011). Under senare tid har följande tillägg gjorts, ”Röjningsavfallet kan dock under vissa omständigheter tas tillvara som biobränsle.” Syftet med röjning är ”främst att gynna önskade trädslag eller individer och att uppnå ett ändamålsenligt produktionsförband. Med röjningen läggs tillväxten över på färre stammar, vilka bedöms vara utvecklingsbara. Träden uppnår en jämnare och grövre medelstam. Detta sänker framtida skötselkostnader. Beståndskvaliteten höjs genom att skadade, grovkvistiga eller krokiga individer tas bort” (Skogsencyklopedin, 2011).

Tidpunkt för röjning

En viktig fråga i röjningssammanhang är lämplig tidpunkt för åtgärden. Vid vilken höjd på det planterade barrbeståndet ska man röja lövträden och senare även eventuella stubbskott? Målet med röjningen är dels att så tidigt som möjligt minska konkurrensen från befintliga icke önskade lövträd, dels att de planterade barrplantorna ska få minimal konkurrens av stubbskott efter röjningen (Andersson, 1984). Att lämna en lågskärm med björk i granföryngring kan vara ett sätt att reducera antalet stubbskott (Andersson, 1984).

För att bedöma behovet av röjning och insatsen vid röjningen bör man inte bara ta antalet plantor i beaktande utan även deras rumsliga fördelning samt ta hänsyn till dessa plantors storlek och tillväxt i förhållande till de planterade plantorna. Valet av markberedningsmetod och tidpunkten när den utförs kan vara av stor betydelse eftersom dessa faktorer påverkar både de planterade plantornas tillväxt, etablering av självföryngrade plantor samt kan ha effekter på redan befintlig hyggesvegetation.

I Uotila m.fl. (2010) bestämdes röjningstidpunkten utifrån att två kriterier skulle vara uppfyllda. Det första var att medelhöjden av björkstammarna skulle vara högre än granplantornas övre höjd av gran och det andra att efter röjningen skulle granarnas medelhöjd vara minst en meter högre än stubbskotten av björk fram till tidpunkten för första gallring.

De röjningskriterier som användes för planterade granbestånd i en studie av Miina och Saksa (2013) var följande: (i) bestånden med $\geq 1\,500$ huvudstammar per hektar röjdes om lövträden (frösådda björkar och andra lövträd) i beståndet var $>2\,000$ per hektar och >50 procent högre än granarna; (ii) i de fall antalet huvudstammar var $<1\,500$ per hektar utfördes röjning om antalet lövträd var $>1\,000$ per hektar och övre höjden var $>0,75$ meter högre än de planterade granarna.

Vanliga rekommendationer inom det praktiska skogsbruket är att lövröjning i barrbestånd med rikligt lövuppslag bör utföras när barrstammarnas höjd är 1–2 meter. Röjningen görs då till ett produktionsförband på mellan 2 000 och 2 500 stammar per hektar beroende på huvudträdslag (tall eller gran) och ståndortsindex. Ibland behövs ytterligare en röjning, särskilt på bördig mark och om det bildas mycket stubbskott. Denna slutröjning görs normalt när barrhuvudstammarna är 2–4 meter höga. Även denna röjning görs till samma stamantal som vid den första röjningen (se ovan).

Kalkyler beståndsanläggningskedjor

I detta avsnitt redovisas ekonomiska beräkningar för fyra olika beståndsanläggningskedjor (se delmål 2 för projektet, s. 8).

I två fall baseras kedjorna på en svensk försöksserie med tio försök där två olika markberedningsmetoder testas (högläggning och inversmarkberedning) med efterföljande plantering av gran (Hallsby och Örlander, 2004). Resultat finns redovisade upp till 18 år efter försöksanläggningen (Johansson m.fl. 2013). Den ena beräkningen representerar plantering av gran i norra Sverige baserat på åtta av försöken som är lokaliserade i Norrland (GRAN, N Sverige, G18; ”FÖ-G18-N”) och den andra på två av försöken som ligger i södra Götaland (GRAN, S Sverige, G30; ”FÖ-G30-S”).

De två övriga kalkylerna är av mer hypotetisk karaktär baserade bl.a. på data sammanställda i litteraturstudien i denna rapport (avsnittet ”Litteraturstudie”). I dessa fall representerar det ena fallet plantering av tall i norra Norrland (TALL, N Sverige, T20; ”T20-N”) och det andra fallet granplantering i södra Götaland (GRAN, S Sverige, G30; ”G30-S”). Dessa två kalkyler innefattar fler markberedningsmetoder och dess effekter avser bedömda generaliserade effekter baserade på slutsatserna i litteraturstudien.

Nedan beskrivs förutsättningar och använda kostnader i kalkylerna. I kalkylerna har nuvärden för de tre ingående åtgärderna markberedning, plantering och röjning beräknats. Samtliga kostnader har diskonterats till år 0, d.v.s. tidpunkten för föryngringsavverkning. Den använda räntan var 2,5 procent.

MARKBEREDNING

Markberedning utfördes en växtsäsong efter avverkning. Överlevnaden i kalkylerna för planterade gran och tallplantor anges nedan.

FÖ-G18-N:	Ej mb 57 procent; Hög 70 procent; Invers 80 procent [medeltal från Johansson m.fl. (2013)].
FÖ-G30-S:	Ej mb 58 procent; Hög 71 procent; Invers 79 procent [medeltal från Johansson m.fl. (2013)].
T20-N:	Ej mb 40 procent; Alla typer av mb 70 procent (se s. 22).
G30-S:	Ej mb 60 procent; Alla typer av mb 80 procent (se s. 22)

Kostnaderna baseras på uppgifter från skogsbruksföretag (Tabell 3).

Tabell 3. Kostnader för markberedning (kronor per hektar).

	Harv	Hög-Kontinuerligt driven	Hög - Grävmaskin Invers - Grävmaskin	Kicken	Karl-Oskar
N Sverige	2 100	2 000	4 000	2 400	–
S Sverige	2 400	2 200	4 200	–	4 500

PLANTERING

Plantering utfördes en växtsäsong efter markberedning, d.v.s. två växtsäsonger efter avverkning.

FÖ-G18-N: 2 500 plantor per hektar; 1-årig täckrot
(Hiko V 50 cm³) [enl. Johansson m.fl. (2013)].

FÖ-G30-S: 2 500 plantor per hektar; 3-årig (1,5/1,5) barrot
[enl. Johansson m.fl. (2013)].

T20-N: 2 200 plantor per hektar; 1-årig täckrot (cc 50 cm³).

G30-S: 2 500 plantor per hektar; 2-åriga täckrot (cc 90 cm³)
om markberett; 2-årig ”Plugg+ett” (täckrot omskolad
till friland efter 1 år) om ej markberett.

Kostnaderna baserades på uppgifter från skogsbruksföretag (Tabell 4).

Tabell 4. Kostnader för plantering (kr per planta).

	Plantkostnad	Planteringskostnad	Snytbaggebehandling
N Sverige	1,30 (täckrot)	1,14 (om mb) 1,40 (ej mb)	0,52
S Sverige	2,58 (täckrot) 3,65 (plugg+ett)	1,70 (om mb) 2,60 (ej mb)	0,90

RÖJNING

Tidpunkter för röjning fastställdes med stöd av höjdtutvecklingsfunktioner för tall, gran och björk (Elfving, 1982) samt av granarnas och självföryngringens höjdtutveckling i försöksserien redovisad av Johansson m.fl., (2013). För tall var principen att röja tidigast vid cirka 1 meter medelhöjd på huvudplantorna av tall eller vid en senare tidpunkt när både huvudstammar av tall och röstammar (främst glasbjörk) nått ungefär samma medelhöjd. För gran var principen att röja tidigast när huvudplantorna av gran var cirka 1 meter i medelhöjd och röstammarnas medelhöjd kunde accepteras att vara cirka 50 procent högre. I alternativet ”G30-S” gjordes en andra röjning när huvudplantornas (gran) medelhöjd var cirka 3 meter.

Antal röstammar i de två kalkylerna baserade på försök (FÖ-G18-N; FÖ-G30-S) var data från inventeringar (Johansson m.fl., 2013) och i de två hypotetiska exemplen var antalet röstammar rena uppskattningar, delvis baserade på data sammanställda i litteraturstudien (se s. 23).

Röjningsprogrammen för de olika alternativen var:

FÖ-G18-N: Ej mb – 11 år efter avverkning; 520 röjstammar per hektar med 1,20 meter medelhöjd.

Hög/Kont – 14 år efter avverkning; 1 970 röjstammar per hektar med 1,87 meter medelhöjd.

Invers/Gräv – 14 år efter avverkning; 1 830 röjstammar per hektar med 1,95 meter medelhöjd.

FÖ-G30-S: Ej mb – 7 år efter avverkning; 2 180 röjstammar per hektar med 1,0 meter medelhöjd.

Hög/Kont – 7 år efter avverkning; 1 830 röjstammar per hektar med 1,0 meter medelhöjd.

Invers/Gräv – 7 år efter avverkning; 2 440 röjstammar per hektar med 1,0 meter medelhöjd.

T20-N: Ej mb – 10 år efter avverkning; 3 000 röjstammar per hektar med 1,0 meter medelhöjd.

Harv – 10 år efter avverkning; 6 000 röjstammar per hektar med 1,0 meter medelhöjd.

Hög/Kont – 10 år efter avverkning; 6 000 röjstammar per hektar med 1,0 meter medelhöjd.

Hög/Gräv – 10 år efter avverkning; 6 000 röjstammar per hektar med 1,0 meter medelhöjd.

Kicken – 10 år efter avverkning; 6 000 röjstammar per hektar med 1,0 meter medelhöjd.

G30-S: **Röjning 1:**

Ej mb – 6 år efter avverkning; 6 000 röjstammar per hektar med 1,5 meter medelhöjd.

Harv – 6 år efter avverkning; 12 000 röjstammar per hektar med 1,5 meter medelhöjd.

Hög/Kont – 6 år efter avverkning; 12 000 röjstammar per hektar med 1,5 meter medelhöjd.

Hög/Gräv – 6 år efter avverkning; 12 000 röjstammar per hektar med 1,5 meter medelhöjd.

Karl-Oskar – 6 år efter avverkning; 12 000 röjstammar per hektar med 1,5 meter medelhöjd.

Röjning 2:

Ej mb – 11 år efter avverkning; 3 000 röjstammar per hektar med 2,5 meter medelhöjd.

Harv – 12 år efter avverkning; 6 000 röjstammar per hektar med 3,0 meter medelhöjd.

Hög/Kont – 12 år efter avverkning; 6 000 röjstammar per hektar med 3,0 meter medelhöjd.

Hög/Gräv – 12 år efter avverkning; 6 000 röjstammar per hektar med 3,0 meter medelhöjd.

Karl-Oskar – 12 år efter avverkning; 6 000 röjstammar per hektar med 3,0 meter medelhöjd.

Tidsåtgång för röjning uppskattades med prognosfunktioner av Torbjörn Brunberg, Skogforsk (SLA Norr, 1991), vilka är vidareutvecklade funktioner för röjningsprestationer ursprungligen framtagna av Bergstrand m.fl. (1986). Tidsåtgången är beroende av röjstammarnas antal och deras medelhöjd (se ”Kunskap direkt” daterad 2015-10-13).

Kostnaden för röjning beräknades utifrån en dagsverkskostnad på 2 800 kronor. Denna kostnad multiplicerades med tidsåtgången i dagsverken per hektar beräknad med prognosfunktionen ovan.

RESULTAT – UNGSKOG VID TRE METERS HÖJD

Baserat på data från de åtta nordliga försöken i försöksserien redovisad av Johansson m.fl. (2013) uppskattades den totala diskonterade kostnaden för granföryngringen till cirka 20 procent och cirka 40 procent högre för beståndsanläggningskedjorna med kontinuerlig högläggning respektive inversmarkberedning utförd med grävare (Tabell 5). Detta jämfört med kedjan utan markberedning. För samma jämförelse på ”intäktssidan” var granarnas överlevnad vid 3 meter medelhöjd cirka 20 procent högre efter högläggning och cirka 40 procent högre efter inversmarkberedning samt att medelhöjden uppnåddes 3,5–4,0 år tidigare enligt Johansson m.fl. (2013). Kostnaden per överlevande planta var ungefär lika stor i alla beståndsanläggningskedjor (Tabell 5).

Tabell 5. Kostnader (kr/ha) och ”intäkter” (olika mått på ungskogen vid 3 meters höjd) för några beståndsanläggningskedjor när gran planteras på frisk fastmark med ståndortsindex G18 meter i norra Sverige (FÖ-G18-N). Värden inom parentes anger den relativa nivån till ”Ej mb”, som satts till 100.

Varibel	Ej mb	Hög – kont	Invers – gräv
Kostnader			
Total kostnad, diskonterad till år 0	8 240 (100)	9 790 (119)	11 730 (142)
- andel markberedning (procent)	0	20	33
- andel plantering (procent)	93	72	60
- andel röjning (procent)	7	8	7
Total kostnad ”fullföryngrat” ¹	14 020 (100)	12 810 (91)	13 490 (96)
”Intäkter”			
Tidsvinst till 3 meters höjd ² (år)	–	4,0	3,5
Överlevande plantor			
- plantor/ha	1 425 (100)	1 750 (123)	2 000 (140)
- kr/planta	5,79 (100)	5,60 (97)	5,86 (101)

¹Kostnad med hänsyn taget till det antal plantor som krävs att uppnå ett plantantal på ”100 procent överlevnad” vid 3 meter medelhöjd för det normala antalet plantor planterade (2 500 plantor/ha). Inkluderar endast ökad plant- och planteringskostnad.

²Tidsvinst enligt Johansson et al. (2013).

Kalkylerna baserade på data från de två sydliga försöken (Johansson m.fl., 2013) gav totala diskonterade förnygringskostnader som var drygt 10 procent högre för kedjan med invers jämfört med kedjorna med högläggning och utan markberedning (Tabell 6). För dessa kedjor på "intäktssidan" gav högläggning cirka 20 procent och inversmarkberedning cirka 35 procent högre antal överlevande granar vid 3 meters medelhöjd och en tidsvinst på cirka 1 år till den höjden enligt Johansson m.fl. (2013). Kostnaden per överlevande planta var dock liknande för de båda kedjorna där markberedning ingick och knappt 20 procent lägre än för alternativet utan markberedning (Tabell 6).

För alla kalkylresultat baserade på Johansson m.fl. (2013) var röjningens kostnadsandel i stort sett konstant för både det nordliga alternativet (7–8 procent) och det sydliga (5–6 procent). Markberedningens andel av totala kostnaden var cirka 20–30 procent i norr och 15–25 procent i söder (Tabell 5 och 6).

Tabell 6. Kostnader (kr/ha) och "intäkter" (olika mått på ungskogen vid 3 meters höjd) för några bestånds-
anläggningskedjor när gran planteras på frisk fastmark med ståndortsindex G30 meter i södra Sverige
(FÖ-G30-S). Värden inom parentes anger den relativa nivån till "Ej mb", som satts till 100.

Varibel	Ej mb	Hög – kont	Invers – gräv
Kostnader			
Total kostnad, diskonterad till år 0	15 350 (100)	15 300 (100)	17 340 (113)
- andel markberedning (procent)	0	14	24
- andel plantering (procent)	94	81	71
- andel röjning (procent)	6	5	5
Total kostnad "fullförnygrat" ¹	25 830 (100)	20 340 (79)	20 620 (80)
"Intäkter"			
Tidsvinst till 3 meters höjd ² (år)	–	1,0	1,0
Överlevande plantor			
- plantor/ha	1 450 (100)	1 775 (122)	1 975 (136)
- kr/planta	10,59 (100)	8,62 (81)	8,78 (83)

¹Kostnad med hänsyn taget till det antal plantor som krävs att uppnå ett plantantal på "100 procent överlevnad" vid 3 meters medelhöjd för det normala antalet plantor planterade (2 500 plantor/hektar). Inkluderar endast ökad plant- och planteringskostnad.

²Tidsvinst enligt Johansson m.fl. (2013).

För den hypotetiska tallplanteringen i norra Sverige uppskattades den totala diskonterade förnygringskostnaden till att vara 25-30 procent högre för beståndsanläggningskedjorna som inkluderade harvning, kontinuerlig högläggning och Kicken jämför med icke markberett (Tabell 7). När högläggning med grävmaskin ingick i kedjan var den totala kostnaden cirka 50 procent högre. På "intäktssidan" skattades alla alternativ med någon form av markberedning att ha 75 procent fler levande tallar när ungskogen nått 3 meters medelhöjd och denna höjd nåddes 2,5 år tidigare än utan markberedning.

Kostnaden för en överlevande tall var 15 procent lägre med "Hög-gräv" och knappt 30 procent lägre där de tre övriga markberedningsalternativen ingick i kedjorna jämfört med plantering utan markberedning (Tabell 7). Røjningens andel av totala kostnaden var liknande i alla tallkedjor i norra Sverige (12–14 procent) (Tabell 7). Markberedningens andel av totala kostnaden var cirka 20–25 procent för alla markberedningstyper utom för "Hög-gräv" (34 procent).

Tabell 7. Kostnader (kr/ha) och "intäkter" (olika mått på ungskogen vid 3 meters höjd) för några beståndsanläggningskedjor när tall planteras på frisk fastmark med ståndortsindex T20 meter i norra Sverige (T20-N). Värderna inom parentes anger den relativa nivån till "Ej mb", som satts till 100.

Varibel	Ej mb	Harv	Hög-kont	Hög-gräv	Kicken
Kostnader					
Total kostnad, diskonterad till år 0	7 670 (100)	9 570 (125)	9 480 (124)	11 430 (149)	9 870 (129)
- andel markberedning (procent)	0	21	21	34	24
- andel plantering (procent)	88	65	65	54	63
- andel røjning (procent)	12	14	14	12	13
Total kostnad "fullförnygrat" ¹	17 790 (100)	12 230 (69)	12 130 (68)	14 080 (79)	12 524 (70)
"Intäkter"					
Tidsvinst till 3 meters höjd (år)	–	2,5	2,5	2,5	2,5
Överlevande plantor					
- plantor/ha	880 (100)	1 540 (175)	1 540 (175)	1 540 (175)	1 540 (175)
- kr/planta	8,72 (100)	6,22 (71)	6,15 (71)	7,42 (85)	6,41 (73)

¹Kostnad med hänsyn taget till det antal plantor som krävs att uppnå ett plantantal på "100 procent överlevnad" vid 3 meters medelhöjd för det normala antalet plantor planterade (2500 plantor per hektar). Inkluderar endast ökad plant- och planteringskostnad.

För den hypotetiska granplanteringen i södra Sverige uppskattades den totala diskonterade föröyringskostnaden till att vara cirka 5 procent lägre med de kontinuerliga markberedningsmetoderna harvning och högläggning samt cirka 5 procent högre med högläggning utförd med grävare och för Karl-Oskar (Tabell 8). I dessa grankedjor uppskattades alla markberedningsalternativ ge drygt 30 procent högre plantöverlevnad vid 3 meters medelhöjd på granarna och denna höjd nåddes 1,5 år tidigare jämfört med kedjan utan markberedning. Det var 20–30 procent lägre kostnad per överlevande gran för alla kedjor där markberedning ingick än i kedjan utan markberedning (Tabell 8). I kedjan utan markberedning var rójningens andel av totala kostnaden drygt hälften (14 procent) av den i kedjorna med markberedning (21–23 procent) (Tabell 8). Markberedningens andel av totala kostnaden var cirka 10 procent för de två kontinuerliga metoderna och cirka 20 procent för de två utförda med grävare.

Tabell 8. Kostnader (kr/ha) och "intäkter" (olika mått på ungskogen vid 3 meter höjd) för några bestånds-
anläggningskedjor när gran planteras på frisk fastmark med ståndortsindex G30 meter i södra Sverige
(G30-S). Värden inom parentes anger den relativa nivån till "Ej mb", som satts till 100.

Varibel	Ej mb	Harv	Hög-kont	Hög-gräv	Kicken
Kostnader					
Total kostnad, diskonterad till år 0	19 780 (100)	19 070 (96)	18 880 (95)	20 830 (105)	21 120 (107)
- andel markberedning (procent)	0	12	11	20	21
- andel plantering (procent)	86	65	65	59	58
- andel rójning (procent)	14	23	23	21	21
Total kostnad "fullföröyrat" ¹	31 120 (100)	22 150 (71)	21 960 (71)	23 910 (77)	24 200 (78)
"Intäkter"					
Tidsvinst till 3 meters höjd (år)	–	1,5	1,5	1,5	1,5
Överlevande plantor					
- plantor/ha	1 500 (100)	2 000 (133)	2 000 (133)	2 000 (133)	2 000 (133)
- kr/planta	13,18 (100)	9,54 (72)	9,44 (72)	10,41 (79)	10,56 (80)

¹Kostnad med hänsyn taget till det antal plantor som krävs att uppnå ett plantantal på "100 procent överlevnad" vid 3 meters medelhöjd för det normala antalet plantor planterade (2 500 plantor per hektar). Inkluderar endast ökad plant- och planteringskostnad.

SLUTSATSER

De redovisade kalkylerna för de fyra beståndsanläggningskedjorna visar att:

- När markberedning ingår i kedjan blir totala kostnaden oftast högre, men man erhåller i regel en tätare ungskog av det planterade huvudträdslaget (gran eller tall) vid cirka 3 meters höjd på ungskogen, och den höjden uppnås något eller några år tidigare, jämfört med ett alternativ utan markberedning innan plantering.
- Räknat som kostnad per överlevande planta var den oftast lägst i kedjorna där markberedning ingick.
- Det är viktigt att påpeka att de redovisade kalkylerna ska ses som några exempel, delvis baserade på försöksdata, men även på flera antaganden. Detta ger en viss osäkerhet i resultaten och det finns behov av mer omfattande känslighetsanalyser där bl.a. olika ingående åtgärder, tidpunkt för och effekten av en åtgärd samt kostnad och ränta varierar på olika sätt.

Försöksplan och anläggning av ett fältförsök

I detta avsnitt redovisas en försöksplan för anläggning av ett fältförsök med syftet att studera olika beståndsanläggningskedjor (se delmål 3 för projektet, s. 8). Denna design har i huvudsak använts i det försök (Passagen) som har anlagts inom ramen för projektet (se delmål 3 för projektet, s. 8).

SYFTE OCH HYPOTESER

Denna försöksplan beskriver försöksdesignen för ett fältförsök där olika markberedningsmetoder testas med efterföljande plantering av två plantstorlekar. Huvudsyftet är att studera interaktionen mellan markberedningsmetod och plantstorlek avseende plantutveckling och uppslag av icke önskade plantor, främst löv, vid skogsodling av tall genom plantering.

Delsyftena i en studie baserad på försöksplanen är att; (i) undersöka planterade tallplantor av två olika storlekar och jämföra deras överlevnad och höjdutveckling fram till tidpunkten för sista röjning (cirka 3–4 meters trädhöjd) efter plantering i olika typer av markberedning och i ej markberedd kontroll, (ii) registrera antalet självföryngrade löv- och barrplantor och dess höjd, och (iii) fastställa lämplig/-a tidpunkter för röjning beroende på höjdutvecklingen för de planterade tallplantorna och de självföryngrade plantorna. Insamlade data kan utgöra underlag för att belysa den totala kostnaden för de olika beståndsanläggningskedjorna.

Med den föreslagna försöksdesignen kan nedan angivna hypoteser testas. Hypoteserna gäller för tall planterad på fastmark i norra Sverige.

- Jämfört med icke markberedd mark ger markberedningsmetoderna harvning, högläggning och rabattläggning 30 procentenheter (p.e.) högre plantöverlevnad och 25 procent högre medelhöjd vid tidpunkten för sista rövning (cirka 3-4 meters höjd) (jmf s. 20-21).
- På icke markberedda ytor erhålls samma plantöverlevnad och samma totala medelhöjd vid tidpunkten för sista rövning (cirka 3-4 meters höjd) med en stor planta som med som en liten planta planterad efter samtliga testade markberedningsmetoder (jmf s. 23-24).
- På markbehandlade ytor ger en stor planta något högre överlevnad och tillväxt än en liten planta (jmf s. 23-24).
- Jämfört med icke markberedd mark ger högläggning och rabattläggning 3,5 gånger fler och harvning 5 gånger fler självföryngrade plantor (främst glasbjörk). Dessa skattningar baseras på andel, av markberedningen, påverkad markyta och Nilsson m.fl. (2006) (jmf s. 22-23).

GENOMFÖRANDE

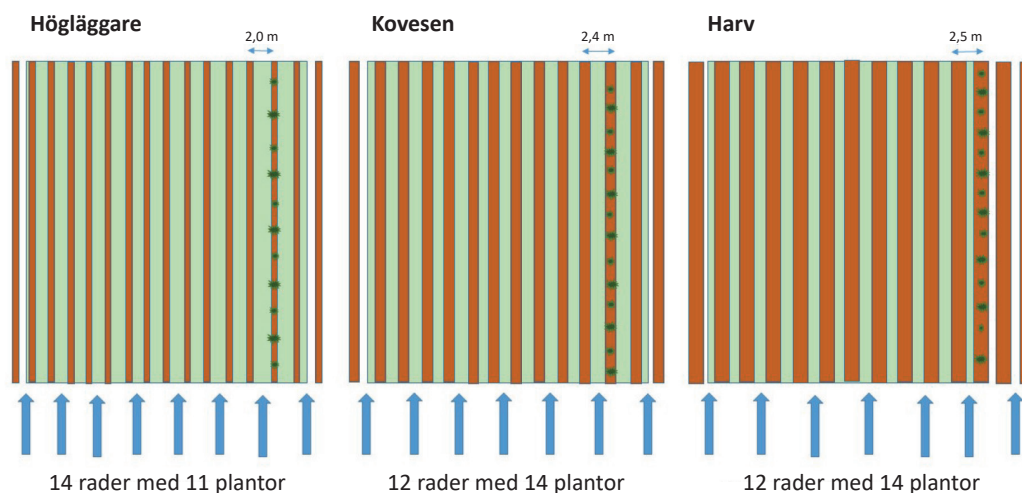
Försökslokal

Det anlagda försöket "Passagen" etablerades på ett hygge beläget 170 meter över havet på Tallmyrberget, 64° 10.214' N, 20° 16.569' O, cirka 1,9 kilometer SV Brattfors, S om Botsmark i Västerbotten. Det tidigare beståndet, ca 9 hektar stort, avverkades i november 2013. Ståndsindex var T21 meter motsvarande en bonitet på 4,7 m³sk per hektar och år. Ståndorten var en för regionen (Västerbottens kustland) relativt vanligt förekommande ståndort karakteriserad av jordarten morän med inslag av yttlig torv och med vegetationstypen "lingon". Markägare var Holmen Skog och trakten sköts av distrikt Umeå.

Försöksdesign

En lämplig försöksdesign för att studera olika beståndsanläggningskedjor med angivna syften ovan är split-plot försök med **storrutor** (markberedningsmetod huvudbehandling), vilka eventuellt kan vara randomiserade inom block. Inom storrutorna jämförs två planttyper i **småror** (halv storruta; plantstorlek som underbehandling), som är fullständigt randomiserade inom storrutorna.¹

¹I försök "Passagen" gjordes planteringen (underbehandlingen) så att varannan planta i raderna inom storrutorna var en "liten" planta (30 cc-planta) och varannan planta en "stor" planta (90 cc-planta).



Figur 1. Principskiss för hur respektive markberedningsmetod (huvudbehandling) har utförts på provytorna i försöket Passagen. Dessutom ingår en obehandlad (ej markberedd) kontroll.

Försöket Passagen innehåller tre block, fyra huvudbehandlingar och två underbehandlingar. Huvudbehandlingarna i storrutorna var:

- Huvudbehandling 1: Harvning (Bracke T26).
- Huvudbehandling 2: Högläggning (Bracke M25).
- Huvudbehandling 3: Rabattläggning - Omvänd överkörd tilta med mineraljord på ytan (Kovesen).
- Huvudbehandling 4: Kontroll (Ej markberett).

De plantstorlekar av tall som testas som underbehandling var:

- Underbehandling A: små 1-åriga plantor odlade i Airblock 196, 30 cc per kruka och 1 322 plantor per m².
- Underbehandling B: stora 1-åriga plantor odlade i Airblock 90, 90 cc per kruka och 526 plantor per m².

Blockindelningen grundade sig på markens lutning och tjockleken på markens ytliga organiska skikt.

Storleken på provytorna i Passagen var 28 meter × 28 meter (provyta = bruttoprovyta), motsvarande 0,0784 hektar. Varje markberedningsmetod markbereddades för att skapa 168 planteringspunkter per provyta, motsvarade drygt 2 100 plantor per hektar. Av Tabell 9 framgår vilka förband som användes för respektive metod. Runt varje bruttoprovyta markbereddades det med samma metod som inom provytan och planteras på samma sätt som på provytan. Det möjliggör mätning av samtliga plantor inom hela bruttoprovytan.

Tabell 9. Beskrivning av varje markberedningsmetods radavstånd och planteringsförband.

Metod	Antal rader	Antal plantor per rad	Radavstånd (m)	Plantförband (m)	Antal plantor per provyta
Harvning	12	14	2,5	2,0 x 2,5	168
Högläggning	14	12	2,0	2,5 x 2,0	168
Rabattläggning	12	14	2,4	2,0 x 2,4	168
Ej markberett	12	14	2,4	2,0 x 2,4	168

Harvningen utfördes med ett tvåradigt aggregat (Bracke T26). Högläggningen utfördes också med ett tvåradigt aggregat (Bracke M25) och rabattläggningen utfördes av Kovesen, ett tvåradigt aggregat under utveckling. Alla markbehandlingar gjordes i augusti år 2015.

Plantorna odlades vid Skogforsks plantskola i Sävar. Odlingen av de stora 90 cc plantorna startade vecka 14 (4–6 april 2016) och odlingsstart för de små 30 cc plantorna var vecka 20 (16–20 maj 2016). Det frö som användes kom från fröplantagen FP-T8 Dal, som är en lämplig proveniens för lokalen. Alla plantor odlades som en vanlig 1-årig planta utan långnattsbehandling. Planteringen av provytorna gjordes första veckan i september 2016.

Provytorna i försöket har hägnats i syfte att undvika viltbetning på planterade plantor och naturlig föryngring.

MÄTPROGRAM

Andel påverkad mark av markberedningen

Andelen påverkad mark inventerades för respektive markberedningsmetod i oktober 2016. Inom varje provyta registrerades markpåverkan på en tjugo meter lång sträcka längs med tre körstråk per markberedd provyta. Längden av markberedningsmetodens påverkan på marken uppmättes och i fyra punkter längs denna sträcka mättes bredden vinkelrätt mot körstråkets riktning samt högsta och lägsta punkt. Markpåverkan registreras i följande sex kategorier; (i) opåverkad mark, (ii) ren mineraljord, (iii) mineraljord på tilla, (iv) omvänd torva eller tilla utan mineraljord, (v) blandning mellan humus och mineraljord och (vi) uppriven humus. Antalet godkända planteringsställen bedömdes på den inventerade sträckan enligt den modifierade SCA-standard som användes i ett annat markberedningsförsök på samma hygge. Dessutom mättes hur stor del av sträckan som utgjordes av hinder som stora stenar, stenblock och lågor.

Planterade tallplantor

Vid planteringen markerades varje ”liten planta” med vit plastpinne och varje ”stor planta” med blå plastpinne för att underlätta framtida identifiering. Varje planta blev dessutom märkt med en etikett (1 = liten planta; 2 = stor planta).

Efter plantering bedömdes kvaliteten på varje planteringspunkt och plantornas vitalitet. För planteringspunkterna användes följande klassificering:

0 = Omarkberett.

1 = Ren mineraljord, låg punkt.

2 = Humusrester på mineraljord.

3 = Omvänd torva utan mineraljord.

4 = Ren mineraljord, hög punkt.

6 = Omvänd torva med mineraljord.

7 = I gångjärnet på den uppvikta torvan (tiltan).

8 = Humix, blandning mellan humus och mineraljord.

9 = Störd eller uppriven humus.

Beträffande mätprogram planeras för årlig inventering av vitalitet (överlevnad), höjdtillväxt och skador för samtliga planterade plantor på bruttoprovytan under de fem första åren efter plantering. År fem mäts även diametern för att beräkna biomassan. Genomförandet av dessa planerade åtgärder beror av framtida finansiering och kan komma att behöva modifieras. Därefter fattas beslut om fortsatt behov och inriktning på uppföljning av plantornas utveckling.

Självföryngrade plantor

Hösten 2016 anlades 16 fasta cirkelprovytor med radien 1,78 meter (10 m²) inom varje bruttoprovyta. Centrum av en cirkelprovyta utgjordes av en målad aluminiumprofil där en etikett med provytans nummer var fastnitad. Cirkelytorna fördelades så att deras sammanlagda yta hade samma andel av de olika typerna av markpåverkan som hela bruttoyten. På varje cirkelprovyta skattas andelen av de olika typerna av markpåverkan (substrattyperna). Dessutom räknades antalet självföryngrade barr- respektive lövplantor samt registrerades i vilken substrattyp plantorna fanns. Höjden på plantorna mättes också.

Därefter mättes humustäckets genomsnittliga tjocklek samt gjordes en registrering av markfuktigheten på bruttoprovytan enligt följande klasser:

1 = Torr; 2 = Frisk; 3 = Fuktig; 4 = Blöt.

Planen är att inventera de självföryngrade barr- och lövplantor årligen under de kommande fem åren och hur dessa plantor fördelar sig på de olika typerna av markpåverkan (substrattyperna).

På vilket sätt och hur länge uppföljning av självföryngrade plantor ska göras beslutas efter de fem första åren och beror på både de planterade plantornas och lövplantornas utveckling samt behovet av lövröjning.

TIDSPLAN OCH ÅTGÄRDER

Av Tabell 10 framgår de utförda åtgärderna i Passagen under åren 2015 och 2016 samt önskvärda åtgärder därefter, om de är möjliga att finansiera.

Tabell 10. Tidplan för de olika åtgärderna i försök Passagen.

År	Månad	Aktivitet
2015	Juli	Stakning av försöksytor.
	Augusti-September	Markberedning – Högläggning 25 aug; Harvning 27 aug; Rabattläggning i september.
2016	April	Odlingsstart SP30-plantor.
	Maj	Odlingsstart SP30-plantor.
	V. 35	Plantering av försöksytorna.
	September-Oktober	Inmätning av plantor, planteringspunkter och markpåverkan.
	Oktober	Uppsättning av hägn.
2017	September	Inventering av tallplantor (vitatlitet och höjdtillväxt) samt lövuppslag (antal och höjd).
2018	September	Inventering av tallplantor (vitatlitet och höjdtillväxt) samt lövuppslag (antal och höjd).
2019	September	Inventering av tallplantor (vitatlitet och höjdtillväxt) samt lövuppslag (antal och höjd).
2020	September	Inventering av tallplantor (vitatlitet och höjdtillväxt) samt lövuppslag (antal och höjd).

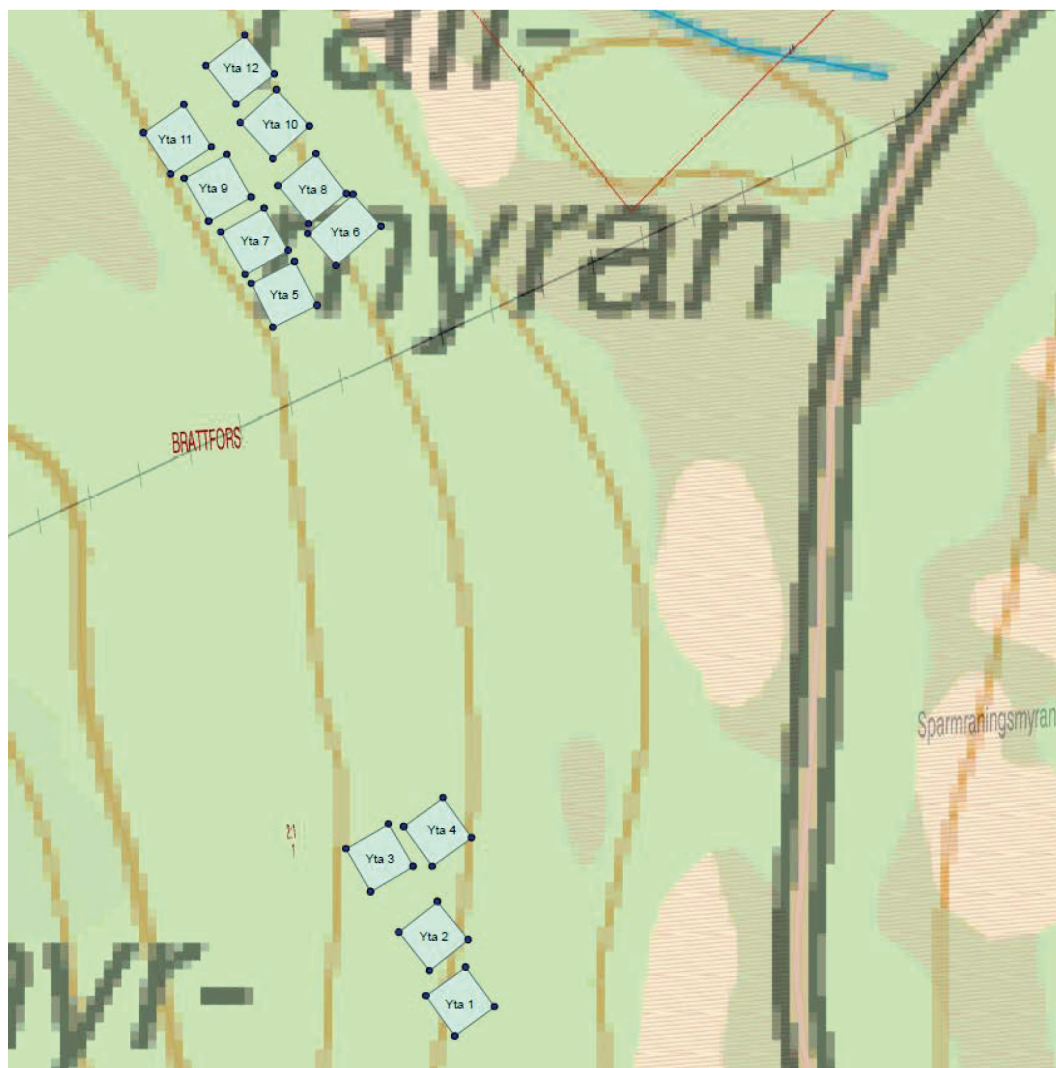
ÖVERSIKTSKARTA

Lokalisering av försöket "Passagen"



DETALJERAD KARTA

Enskilda provvytors läge, yt- och provnummer samt behandling i försöket "Passagen".



Block 1	Block 2	Block 3
Yta 6 – Ej markberett	Yta 5 – Ej markberett	Yta 1 – Högläggning
Yta 8 – Rabattläggning	Yta 7 – Rabattläggning	Yta 2 – Harvning
Yta 10 – Högläggning	Yta 9 – Högläggning	Yta 3 – Ej markberett
Yta 12 – Harvning	Yta 11 – Harvning	Yta 4 – Rabattläggning

Kunskapsluckor och forskningsbehov

I detta avsnitt redovisas förslag på forskning för att fylla identifierade kunskapsluckor (se delmål 3 för projektet, s. 8).

Främst baserat på litteraturstudien har vi identifierat och vill lyfta fram följande kunskapsluckor och därtill kopplat forskningsbehov. Detta bör adresseras i kommande studier och forskningsprogram med syfte att i förlängningen kunna förbättra och effektivisera skogsbrukets förnygringsstrategier och skogsvårdsåtgärder.

- Det faktum att det är stora avgångar av planterade, ofta förädlade plantor, planterade efter markberedning, väcker frågor om förnygringsmetodernas säkerhet, utförandets noggrannhet och kostnadseffektiviteten för utförda åtgärder. Kostnaden för plantor och plantering är den klart största kostnadsposten i de flesta beståndsanläggningskedjor. Därför finns det ett behov av att tydligt klargöra orsaker till avgångar för att komma till rätta med problemen och för att kunna vidta åtgärder i syfte att förbättra plantornas överlevnad.
- För att kunna analysera, värdera och jämföra olika beståndsanläggningskedjor, i form av total kostnad och uppnått resultat, är det nödvändigt att ha god kännedom om de olika ingående åtgärderna. Det gäller inte minst ”intäktssidan” i form av uppnått ungskogstillstånd. Därför behövs bättre kunskap och fler jämförande studier av:
 - hur gran- och tallplantors överlevnad och tillväxt påverkas av olika markberedningsmetoder,
 - etablering av och tillväxt för icke önskad självförnygring samt röjningsbehov (om och när) efter olika typer av markberedning,
 - interaktionen mellan olika planttyper (exempelvis storlek) och markberedningsmetoder.

Forskningsbehovet för dessa frågor är särskilt stort för tall. Befintliga fältförsök behöver säkerställas och följas upp regelbundet. Nya fältförsök behöver etableras systematiskt och på ett standardiserat sätt samt täcka in olika marktyper och klimatlägen. Det är viktigt att försöken inventeras intensivt, särskilt i det tidiga etableringsstadiet. Det är också viktigt att försöken följs långsiktigt tills dess att ett framtida produktionsbestånd är säkerställt ungefär vid tidpunkten för sista röjning, d.v.s. vid några meters medelhöjd på huvudplantorna.

- Det finns behov av att utveckla modeller för, och relevanta mått på, uppnått ungskogstillstånd av olika beståndsanläggningskedjor. Dessa bör vara enkla att följa upp och utvärdera.
- Det finns behov av att utveckla och vidareutveckla markberedningsmetoder i syfte att minska andelen påverkad markyta utan att tumma på kravet att erhålla tillräckligt många och kvalitetsmässigt bra planteringspunkter.

Referenser

- Ackzell, L. 1993. A comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* (L.) in boreal Sweden. *Forest Ecology and Management* 16: 229–245.
- Ackzell, L., Elfving, B. & Lindgren, D. 1994. Occurrence of naturally regenerated and planted main crop plants in plantations in boreal Sweden. *Forest Ecology and Management* 65: 105–113.
- Agestam, E., Ekö, P.-M., Nilsson, U. & Welanders, N.T. 2003. The effects of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of *Fagus sylvatica* in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 176: 61–73.
- Ahtikoski, A., Alenius, V. & Mäkitalo, K. 2010. Scots pine establishment with special emphasis on uncertainty and cost-effectiveness, the case of northern Finland. *New Forests* 40: 69–84.
- Andersson, S.-O. 1984. Om lövröjning i plant- och ungskogar. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4: 69–96.
- Bergstrand, K.-G., Lindman, J. & Petré, E. 1986. Underlag för prestationsmål för motormanuell röjning. Skogsarbeten, Redogörelse Nr. 7. 23 s. ISSN 0346–6671.
- Bergquist, J., Eriksson, A. & Fries, C. 2011. Polytax 5/7 återväxttaxering – Resultat från 1999–2009. Skogsstyrelsen, Rapport 1. 31 s. Skogsstyrelsens förlag. Jönköping. ISSN 1100–0295.
- Bergquist, J., Edlund, S., Fries, C., Gunnarsson, S., Hazell, P., Karlsson, L., Lomander A., Näslund, B.-Å., Rosell, S. & Stendahl, J. 2016. Kunskapsplattform för skogsproduktion – Tillståndet i skogen, problem och tänkbara insatser och åtgärder. Skogsstyrelsen, Meddelande 1. 180 s. Jönköping.
- Binkley, D. & Högberg, P. 2016. Revisiting the influence of nitrogen deposition on Swedish forests. *Forest Ecology and Management* 368: 222–239.
- Brunberg, T. 2014. Skogsbrukets kostnader 2014. Skogforsk, Kunskapsbanken, Artikel Nr. 102–2015. <http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2015/skogsbrukets-kostnader-2014/>
- Denscombe, M. 2009. Forskningshandboken för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna. Andra upplagan. Lund: Studentlitteratur.
- Elfving, B. 1982. HUGIN's ungskogstaxering 1976–1979. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten, Projekt HUGIN, Rapport Nr. 27. 87 s. + bilagor. Umeå.
- Fries, C. 1984. Den frösådda björkens invandring på hygget. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4: 35–49.
- Hagner, S. 1962. Naturlig föryngring under skärm – en analys av föryngringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i ett Mellannorrländskt skogsbruk. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut, Band 52, Nr 4. 263 s.
- Hallsby, G. 2013. Plantering av barrträd. Skogsskötselserien nr. 3. 59 s. Skogsstyrelsen. <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/Plantering%20av%20barrtr%c3%a4d%20130130%20-%20of%c3%b6r%20publicering.pdf>

- Hallsby, G. & Örlander, G. 2004. A comparison of mounding and inverting to establish Norway spruce on podzolic soils in Sweden. *Forestry* 77: 107–117.
- Hallsby, G., Ahnlund-Ulvcróna, K., Karlsson, A., Elfving, B., Sjögren, H., Ulvcróna, T. & Bergsten, U. 2015. Effects of intensity of forest regeneration measures on stand development in a nationwide Swedish field experiment. *Forestry*; 0, 1–13, doi:10.1093/forestry/cpv010.
- Hansson, P. & Karlman, M. 1997. Survival, height and health status of 20-year-old *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta* after different scarification treatments in a harsh boreal climate. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12: 340–350.
- Holmström, E. 2015. Regeneration and early management of birch and Norway spruce mixtures in southern Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Doctoral thesis. 55 p. + appendixes. Alnarp. ISSN 1652-6880. ISBN 91-576-6967-8.
- Hyytiäinen, K., Ilomäki, S., Mäkelä, A. & Kinnunen, K. 2006. Economic analysis of stand establishment for Scots pine. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 1179–1189.
- Johansson, K., Nilsson, U. & Örlander, G. 2013. A comparison of long-term effects of scarification methods on the establishment of Norway spruce. *Forestry* 86: 91–98.
- Johansson, K., Hajek, J., Sjölin, O. & Normark, E. 2015. Early performance of *Pinus sylvestris* & *Picea abies* – a comparison between seedling size, species, and geographic location of the planting site. *Scandinavian Journal of Forest Research* 30: 388–400.
- Kankaanhuhta, V. & Saksa, T. 2013. Cost-quality relationship of Norway spruce planting and Scots pine direct seeding in privately owned forests in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28: 481–492.
- Karlsson, M. & Nilsson, U. 2005. The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 205: 183–197.
- Karlsson, M., Nilsson, U. & Örlander, G. 2002. Natural regeneration in clear-cuts: Effects of scarification, slash removal and clear-cut age. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 131–138.
- Kullström, M. 2015. Naturligt förnygrade huvudstammar i röjda bestånd etablerade efter plantering på SCA:s mark. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Examensarbeten 2015:5. 36 s. ISSN 1654-1898.
- Kunskap direkt. Version 2015-10-13. <http://www.kunskapdirekt.se/sv/KunskapDirekt/Roja/Rojningens-ekonomi/ny-Kostnader-och-prestationer/>
- Lehtosalo, M., Mäkelä, A. & Valkonen, S. 2010. Regeneration and tree growth dynamics of *Picea abies*, *Betula pendula* and *Betula pubescens* in regeneration areas treated with spot mounding in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25: 213–223.
- Miina, J. & Saksa, T. 2006. Predicting regeneration establishment in Norway spruce plantations using a multivariate multilevel model. *New Forests* 32: 265–283.

- Miina, J. & Saksa, T. 2008. Predicting establishment of tree seedlings for evaluating methods of regeneration for *Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research 23: 12–27.
- Miina, J. & Saksa, T. 2013. Predicting establishment of tree seedlings in regeneration areas of *Picea abies* in southern Finland. Baltic Forestry 19(2): 187–200.
- Mäkitalo, K. 1999. Effect of site preparation and reforestation method on survival and height growth of Scots pine. Scandinavian Journal of Forest Research 14: 512–525.
- Nilsson, U., Bergqvist, J. & Langvall, O. 2000. Barrot eller täckrot i sydsvenska granplanteringar? Plantaktuellt nr 4, 2000.
- Nilsson, U., Gemmel, P., Johansson, U., Karlsson, M. & Welander, T. 2002. Natural regeneration of Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on a mesic-dry site in southern Sweden. Forest Ecology and Management 161: 133–145.
- Nilsson, U., Örlander, G. & Karlsson, M. 2006. Establishing mixed forests in Sweden by combining planting and natural regeneration – Effects of shelterwoods and scarification. Forest Ecology and Management 237: 301–311.
- Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Örlander, G. & Puttonen, P. 2010. Reforestation with planting in northern Europe. Scandinavian Journal of Forest Research 25: 283–294.
- Persson, P. 1990. Changed conditions open the door to new methods. Sveriges Skogs-vårdsförbunds tidskrift 88(2): 29–37.
- Skogsencyklopedin. 2011. Föreningen Skogen och Skogforsk.
<http://www.kunskapdirekt.se/sv/kunskapdirekt/skogsencyklopedin/>
- Skogsstyrelsen. 2014. Skogsstatistisk årsbok. 368 s. Skogsstyrelsen, Jönköping. ISSN 0491-7847. ISBN 978-91-87535-05-5.
- Skogsstyrelsen. 2015. Skogsvårdslagstiftningen – Gällande regler 18 juni 2015. 92 s. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- SLA Norr, 1991. Prognosunderlag – Motormanuell röjning och förrensning. Centraltryckeriet Skellefteå 91–04.
- Sutton, R.F. 1993. Mounding site preparation: A review of European and North American experience. New Forests 7: 151–192.
- Söderbäck, E. 2012. Utvärdering av markberedning och plantering på SCA:s mark i Norrland 1998–2001 – Föryngringsresultat efter 10 år. Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Examensarbeten 2012:17. 36 s. Umeå. ISSN 1654–1898.
- Uotila, K., Rantala, J., Saksa, T. & Harstela, P. 2010. Effects of soil preparation method on economic result of Norway spruce regeneration chain. Silva Fennica 44(3): 511–524.
- Zhou, W. 1998. Optimal natural regeneration of Scots pine with seed trees. Journal of Environmental Management 53: 263–271.

Zhou, W. 1999. Risk-based selection of forest regeneration methods. *Forest Ecology and Management* 115: 85–92.

Örlander, G., Egnell, G. & Albrektsson, A. 1996. Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. *Forest Ecology and Management* 86: 27–37.

Övrig litteratur

Följande referenser i är inte direkt refererade i texten, men de ingår som underlag för de bedömningar och slutsatser som görs i rapporten.

Adelsköld, G. 1986. Jämförande försök med två högläggare. Skogsarbeten, Resultat Nr. 6. 6 s. ISSN 0280-1884.

Berge, J. 1990. Overlevelse, høydeutveckling og skader hos gran (*Picea abies* L. Karst.) plantet i markberedningshauger og urørt vegetasjon i høyereliggende skog i indre Helgeland. Norsk Institutt for skogforskning, Rapport 6/90. 19 s. Ås.

Bergquist, J., Löf, M. & Örlander, G. 2009. Effects of roe deer browsing and site preparation on performance of planted broadleaved and conifer seedlings when using temporary fences. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24: 308–317.

Bäcke, J., Larsson, M., Lundmark, J.-E. & Örlander, G. 1986. Ståndortsanpassad markberedning – teoretisk analys av några markberedningsprinciper. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse Nr. 3. 48 s. ISSN 0346-6671.

Bärring, U. 1984. Riklig björkförekomst inverkan på tall och grans ungdomsutveckling. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4: 97–105.

Fahlvik, N. 2005. Aspects on precommercial thinning in heterogeneous forests in southern Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Doctoral thesis. 38 p. Alnarp. ISSN 1652-6880. ISBN 91-576-6967-8.

Fries, C. 1993. Development of planted *Pinus sylvestris* and *P. contorta* after soil preparation in a northern climate. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 73–80.

Goulet, F. 1995. Frost heaving of forest tree seedlings: a review. *New Forests* 9(1): 67–94. Government of Canada. 1992. Fundamentals of mechanical site preparation. FRDA Report 178. 27 s. Victoria. ISSN 0835-0752.

Granhus, A., Brække, F.H., Holt-Hanssen, K. & Haveraaen, O. 2003. Effects of partial cutting and scarification on planted *Picea abies* at mid-elevation sites in south-east Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 237–246.

Heiskanen, J. 2004. Effects of pre- and post-planting shading on growth of container Norway spruce seedlings. *New Forest* 27: 101–114.

Heiskanen, J. & Viiri, H. 2005. Effects of mounding on damage by the European pine weevil in planted Norway spruce seedlings. *Northern Journal of Applied Forestry* 22: 154–161.

Heiskanen, J. & Rikala, R. 2006. Root growth and nutrient uptake of Norway spruce container seedlings planted in mounded boreal forest soil. *Forest Ecology and Management* 222: 410–417.

- von Hofsten, H. 1989. Donare 380 MIDAS – nytänkande inom markberedningen. Skogsarbeten, Resultat Nr. 23. 4 s. ISSN 0280–1884.
- von Hofsten H. 1991. Bräcke burna högläggare – ett variationsaggregat med möjligheter. Skogsarbeten, Resultat Nr. 15. 4 s. ISSN 0280-1884.
- von Hofsten, H. och Nordén B. 2002. Kombinerad risskotare och markberedare. Skogforsk, Resultat Nr. 11. 4 s. ISSN 1103–4173.
- Holmström, E., Hjelm K., Johansson U., Karlsson M., Valkonen S. & Nilsson U. 2015. Pre-commercial thinning, birch admixture and sprout management in planted Norway spruce stands in South Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, doi: [dx.doi.org/10.1080/02827581.2015.1055792](https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1055792)
- Johansson, K. 2012. Bättre föryngring med rätt kombination av markberedning och plantor. Skogforsk, Resultat nr 16. 4 s.
- Johansson, T. 1984. Antalet lövträd ökar – En analys av skogstillståndet. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift nr. 3–4: 15–23.
- Johansson, K., Nilsson, U. & Allen, H.L. 2007. Interactions between soil scarification and Norway spruce seedling types. *New Forests* 33: 13–27.
- Karlsson, M. 2001. Natural regeneration of broadleaved tree species in southern Sweden – Effects of silvicultural treatments and seed dispersal from surrounding stands. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. 44 s. Alnarp. ISSN 1401-6230. ISBN 91-576-6080-8.
- Karlsson, C. & Örlander, G. 2000. Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed tree stands of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 256–266.
- Mäkitalo, K., Alenius, V., Heiskanen, J. & Mikkola, K. 2010. Effect of soil physical properties on the long-term performance of planted Scots pine in Finnish Lapland. *Canadian Journal of Soil Science* 90: 451–465.
- Nordborg, F., Nilsson, U., Gemmel, P. & Örlander, G. 2006. Carbon and nitrogen stocks in soil, trees and field vegetation in conifer plantations 10 years after deep soil cultivation and patch scarification. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 356–363.
- Sikström, U. 1997. Avgång i skärmen och plantetablering vid föryngring av gran under högskärm – en surveystudie. Skogforsk, Arbetsrapport nr 369. 80 s. plus bilagor. Uppsala.
- Sikström, U. & Petterson, F. 2005. Föryngring av gran under högskärm – avgångar i skärmen, plantförekomst och planttillväxt. Skogforsk, Arbetsrapport nr 589. 105 s. Uppsala.
- Sjögren, V. 2013. Naturlig föryngring efter markberedning med harv eller Bräcke Planter i Småland. SLU, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Examensarbeten 2013:2. 23 s. Umeå. ISSN 1654–1898.
- Skogsdata 2002. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. 108 s. Umeå.

- Tervo, L. & Kautto, K. 1999. Ennakkotuloksia kuusen 1- ja 2-vuotisten paakkutaimien istutuskokeista ja ahavavioitustsen merkityksestä 1-vuotiailla kuusen paakkutaimilla. In: Poteri, M. (Ed.) Taimitarhatutkimuksen vuosikirja, 1999. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 755: 15–20 (in Finnish).
- Valkonen, S. & Ruuska, J. 2003. Effects of *Betula pendula* admixture on tree growth and branch diameter in young *Pinus sylvestris* stands in southern Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 18: 416–426.
- Wennström, U. 2001. Direct seeding of *Pinus sylvestris* (L.) in the boreal forest using orchard or stand seed. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, *Silvestria* 204. Doktorsavhandling.
- Wennström, U. 2002. Skogssådd med inblandning av plantagefrö ger bättre återväxt. Skogforsk, Resultat Nr. 20. 4 s. ISSN 1103-4173.
- Örlander, G. & Gemmel, P. 1989. Markberedning. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-89. 53 s.
- Örlander, G., Hallsby, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C. 1998. Inverting improves establishment of *Pinus contorta* och *Picea abies* – 10-year results from a site preparation trial in northern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research 13: 160-168.
- Örlander, G., Nordborg, F. & Gemmel, P. 2002. Effects of complete deep-soil cultivation on initial forest development. Studia Forestalia Suecica no. 213. 20 s. ISSN 0039-3150. ISBN 91-576-6294-0.

Bilaga 1. Stöd inför intervjuerna

Inledning

- Vad arbetar du med?
 - Ansvarsområde?
 - Hur länge?

Anläggningskedjan

- Vilka åtgärder räknas till anläggningskedjan inom ditt företag?
 - Varför?
- Finns det en skötselhandbok eller policy som du följer?
 - Vem är ansvarig för vad?
- Hur väljer du anläggningsmetod? Vad grundar du dina beslut på?
 - Hur spelar kostnaden in?
 - Marken?
 - Tillgänglig arbetskraft?
 - Tillväxt?
- Vilka erfarenheter har du/ni från hur val av metod i förnygringskedjan påverkar ett annat?
- Funderar du på hur olika åtgärder påverkar varandra och hur detta påverkar beståndet och beståndsanläggningens kostnadsbild?

Resultat/Målbild

- Vad har ni för målbild vid anläggning av skog?
 - Antal stammar, tillväxt etc.
- Hur följer ni upp anläggningen/målbilden?

Kostnader

- Hur påverkar kostnaden ditt val av metod?
- Hur vet du vilka åtgärder som ger bästa tillväxt och överlevnad?

Data

- Hur hanterar ni uppföljningsdata? Finns det möjlighet att få tillgång till det?
- Kostnader på de olika åtgärderna?

Avslut

Vad anser du om att titta på hela anläggningskedjan kontra att titta på de separata delarna för sig själva?

- Hur skulle du vilja att anläggning av skog skulle se ut?
Kostnader, resultat.

