



# Samband mellan förnygringsresultatet år 5 och kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder på SCA:s fasta provytor i norra Sverige

---

Andreas Karlstrand

Examensarbete • 30 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för skogsvetenskap

Jägmästarprogrammet

Master's theses / Examensarbeten, 2022:12 • ISSN 1654-1898

Umeå 2022





# Samband mellan föryngringsresultatet år 5 och kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder på SCA:s fasta provytor i norra Sverige.

Andreas Karlstrand

**Handledare:** Göran Hallsby, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel  
**Bitr. handledare:** Leif Johansson, SCA Skog AB  
**Examinator:** Tommy Mörling, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

**Omfattning:** 30 HP  
**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E  
**Kurstitel:** Master thesis in Forest Science, A2E - Forest Science - Master´s Programme  
**Kurskod:** EX0912  
**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för skogens ekologi och skötsel  
**Utgivningsort:** Umeå  
**Utgivningsår:** 2022  
**Omslagsbild:** Andreas Karlstrand  
**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.  
**Serietitel:** Master's thesis / Examensarbeten  
**Delnummer i serien:** 2022:12  
**ISSN:** 1654-1898

**Nyckelord:** Föryngringsresultat, Mikroklimat, Höjdtillväxt, Överlevnad, Klassificeringssystem

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
Fakulteten för skogsvetenskap  
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

## Sammanfattning

De enskilt viktigaste skogliga åtgärderna i dagens skogsbruk sker under ungskogsfasen. Det är i ungskogsfasen grunden för det framtida beståndets struktur och ekonomiska avkastning läggs, men även landskapsstrukturen i helhet. Att anlägga skog på ett kostnadseffektivt och betryggande sätt är därför en grundprincip för att säkerställa skogsbrukets framtida hälsa och ekonomi.

Bedömningen av föryngringskvaliteten baseras idag ofta på olika mätbara indikatorer, men hur stor inverkan dessa indikatorer egentligen har på föryngringsresultaten är endast vid ett fåtal tillfällen studerat. Dessa studier påvisade generellt sätt att en ökad areal påverkad mark runt om en planta hade en positiv inverkan på plantornas överlevnad som ett resultat av minskad vegetationskonkurrens och snytbaggeangrepp.

Syftet med denna studie var därför att analysera hur indikatorerna i SCA:s kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder påverkar höjdtillväxten och överlevnaden hos plantor efter fem år i fält beroende på trädslag, planttyp och markens bördighetsklass. Vidare studerades hur höjdtillväxten och överlevnaden skiljer sig mellan de olika kvalitetsklasserna och slutligen återkopplas resultaten till SCA:s riktlinjer för återbeskogning.

Studien är baserad på data från SCA:s fasta provytor utlagda 2008–2013 bestående av en databas med över 36 000 plantor. Analyser i form av ”general linear model” och binära logistiska regressioner möjliggjorde jämförelser och interaktioner för tillväxt och överlevnad gentemot de olika uppmätta indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder.

Resultaten visade att samtliga indikatorer som används vid kvalitetsklassningen under olika förhållanden hade en statistisk signifikant inverkan på höjdtillväxten och överlevnaden i fält efter fem år. De enskilda indikatorerna hade däremot en låg förklaringsgrad för variansen i höjdtillväxt. Vidare visade resultaten att plantor planterade i de godkända kvalitetsklasserna generellt sätt erhöll en högre höjdtillväxt och överlevnad jämfört med plantor planterade i de ej godkända planteringspunkterna. Resultaten varierade även beroende av markens bördighetsklass. Jackpotplantor hade en högre överlevnad än powerpotplantor på samtliga bördighetklasser, skillnaderna på medelgoda marker (SI 18–22) var däremot låg.

Utifrån dessa resultat kan slutsatsen dras att indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder hade en statistisk signifikant

inverkan på höjdtillväxten och överlevnaden efter fem år. Den låga förklaringsgraden gjorde att indikatorerna inte kunde användas för att förklara variansen i höjdtillväxt mellan plantorna.

För att vidare utvärdera indikatorernas betydelse för föryngringsresultatet bör vetenskapligt utvecklade studier i kontrollerade miljöer vara nästa steg i det kontinuerliga arbetet att ytterligare kostnadseffektivisera och ståndortsanpassa ungskogfasen.

*Nyckelord:* Föryngringsresultat, mikroklimat, höjdtillväxt, överlevnad, klassificeringssystem

## Abstract

The most important forest operations in forest management regimes are performed during the regeneration phase. It is, at this stage in forest management, the future structure and financial return of the forest, as well as the whole landscape structure, is determined. To be able to regenerate forests in a cost-efficient and adequate way is the fundamental principle to secure the health and economics of forestry. Measurable theoretical indicators often characterize the evaluation of regeneration quality, but studies on how these theoretical indicators affect regeneration results are few.

The purpose of this study is to analyze how the theoretical indicators in SCA:s classification on site preparation and planting quality affect seedlings height growth and survival after five years depending on tree species, seedling stock size and soil fertility. The study also investigates how height growth and survival varies between different quality classes. Finally, the results are compared with SCA:s guidelines for regeneration to highlight possible areas of improvement.

This study is based on data collected from SCA:s fixed plots between 2008-2013 and consists of over 36000 individual plants. Mathematical models, such as general linear models and binary logistic regressions, enabled comparisons and interaction between the theoretical indicators and the growth and survival of plants.

Interactions between the indicators used in SCA:s quality classification on site preparation and planting showed a statistically significant relation with height growth and survival under certain conditions. However, the individual indicators had a low coefficient of determination for the variance in height growth. The results also showed that seedlings planted in the theoretically high-quality classes generally obtained a higher height growth than seedlings planted in the theoretically lower quality classes. Soil fertility also had an impact on the results. The larger and more expensive containerized Jackpot seedling had a higher survival rate than the smaller powerpot seedling independent of fertility class. The difference, was, however, small on soils with site index of 18-22.

In conclusion, based on the result from this study, the theoretical indicators in SCA:s classification on site preparation and planting quality has a significant effect on seedlings height growth and survival during the first five years after regeneration. Because of the low coefficient of determination, the indicators should not be used to explain the variance in height growth between the seedling.

More scientifically developed studies in controlled environments should be the next step to further investigate these indicators impact on regeneration results. This could provide important information for future evaluation to improve cost efficiency and site adapting during the regeneration phase.

*Keywords:* regeneration results, microclimate, height growth, seedling survival, quality classification.

## Förord

Detta examensarbete är på uppdrag av SCA Skog AB och omfattar 30 högskolepoäng på avancerad nivå. Arbetet skrevs under vårterminen 2019 och delvis under höstterminen samma år vid SLU (Sveriges lantbruksuniversitet) på institutionen för Skogens ekologi och skötsel.

Jag vill rikta ett tack till min handledare Göran Hallsby vid institutionen för Skogens ekologi och skötsel för bra feedback under arbetets gång. Tack till Hilda Edlund på institutionen för skoglig resurshållning för statistisk vägledning.

Jag vill också tacka SCA Skog AB för möjligheten att få en insikt i deras förvaltande av skogsresurser. Stort tack till Leif Johansson, Göran Nordkvist och Niklas Borgh för ert närvarande under arbetsprocessen.

Slutligen vill jag tacka min livskamrat och sambo Hanna Kankainen för kloka ord.





# Innehållsförteckning

Tabellförteckning	i	
Figurförteckning	iii	
1	Introduktion	1
1.1	Inledning	1
1.2	SCA:s klassificeringssystem	2
1.3	Ståndortsanpassade åtgärder	2
1.3.1	Markberedning	4
1.3.2	Trädslag	5
1.3.3	Planttyp	5
1.3.4	Planteringslokalens förhållande	6
1.4	Problemformulering	6
1.4.1	Syfte	7
2	Material och metod	8
2.1	Odlingsmaterial	8
2.2	Insamling av data	8
2.3	Kategorisering av data	10
2.4	Bearbetning av data	11
3	Resultat	13
3.1	Höjdtillväxt	13
3.1.1	Tall	13
3.1.2	Gran	14
3.1.3	Contortatall	15
3.1.4	Ståndortsindex	17
3.2	Överlevnad	18
3.2.1	Tall	18
3.2.2	Gran	19
3.2.3	Contortatall	20
3.2.4	Ståndortsindex	22
3.3	Övriga resultat	23
4	Diskussion	26
4.1	Planteringspunktens indikatorer	26
4.2	SCA:s klassificeringssystem	27
4.3	Övriga resultat	28
4.4	Styrkor och svagheter	28

4.5	Framtida studier	29
4.6	Grad av generalisering	29
4.7	Slutsats	30

Referenslista31



## Tabellförteckning

- Tabell 1. Specifikationer för de två planttyperna powerpot och jackpot 8
- Tabell 2. Registrerade variabler med enheter/klasser som mättes på varje planta i varje cirkelprovyta 9
- Tabell 3. Antal 5-åriga plantor fördelat på trädslag och planttyp 10
- Tabell 4. Klassificering av kvalitetsklasser för markberedning och planteringsåtgärder baserat på SCA:s instruktion för uppföljning av plantering 10
- Tabell 5. P-värde för höjdtillväxt för de olika indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder för respektive trädslag och planttyp 16
- Tabell 6. P-värden för höjdtillväxten beroende på indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder för respektive bördighetsklass 18
- Tabell 7. P-värden för sannolikheten för att en planta var vital efter fem år i fält beroende på indikatorerna för kvalitetsklassning och markberedning och planteringsåtgärder för respektive trädslag och planttyp 21
- Tabell 8. P-värden för sannolikheten för att en planta var vital efter fem år i fält beroende på indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder för respektive bördighetsklass 23
- Tabell 9. Andelen vitala (friska och lätt skadade) plantor efter fem år i fält. Tillväxten omfattar vitala plantors höjdtillväxt under fem år utifrån trädslag, planttyp och kvalitetsklass. Bokstäverna A-E symboliserar parvisa jämförelser (Tukey's test) för de olika planttypernas tillväxt mellan de olika kvalitetsklasserna. Olika bokstäver indikerar en signifikant skillnad i höjdtillväxt 24
- Tabell 10. Andelen vitala plantor efter fem år i fält. Tillväxten omfattar vitala plantors höjdtillväxt under fem år utifrån trädslag, planttyp och bördighetsklass. Bokstäverna A-E symboliserar parvisa jämförelser (Tukey's test) för de olika planttypernas tillväxt mellan de olika kvalitetsklasserna. Olika bokstäver indikerar en signifikant skillnad i höjdtillväxt 25



## Figurförteckning

- Figur 1.* Generaliserad modell som illustrerar den relativa betydelsen av fyra olika faktorer som påverkar överlevnaden i fält för plantor. Varje faktor kan enskilt vara anledningen till en plantas död under specifika förhållanden (South, 2000). 4
- Figur 2.* Kvalitetsklassningens indikatorers påverkan på höjdtillväxten för jackpot- och powerpotplantor av tall. Den gråstreckade linjen symboliserar medelhöjdtillväxten för respektive planttyp. 14
- Figur 3.* Kvalitetsklassningens indikatorers påverkan på höjdtillväxten för jackpot- och powerpotplantor av gran. Den gråstreckade linjen symboliserar medelhöjdtillväxten för respektive planttyp. 15
- Figur 4.* Kvalitetsklassningens indikatorers påverkan på höjdtillväxten för jackpot- och powerpotplantor av contortatall. Den gråstreckade linjen symboliserar medelhöjdtillväxten för respektive planttyp. 16
- Figur 5.* Kvalitetsklassningens indikatorers inverkan på höjdtillväxten på svaga, medelgoda och goda marker för samtliga trädslag och planttyper. Den gråstreckade linjen symboliserar medelhöjdtillväxten för plantor planterade på dessa marker. 18
- Figur 6.* Kvalitetsklassningens indikatorers påverkan på sannolikheten för att en planta är vita för jackpot- och powerpotplantor av tall. 19
- Figur 7.* Kvalitetsklassningens indikatorers påverkan på sannolikheten för att en planta är vital för jackpot- och powerpotplantor av gran. 20
- Figur 8.* Kvalitetsklassningens indikatorers påverkan på sannolikheten för att en planta är vital för jackpot- och powerpotplantor av contortatall. 21
- Figur 9.* Kvalitetsklassningens indikatorers inverkan på sannolikheten för att en planta är vital efter fem år på svaga, medelgoda och goda marker för samtliga trädslag och planttyper. 23





# 1 Introduktion

## 1.1 Inledning

Idag är markberedning följt av plantering med täckrotsplantor den helt dominerande förnygringsmetoden inom virkesinriktat skogsbruk i Sverige (Hjelm et al., 2014) liksom i övriga Norden (Nilsson et al., 2010) och i Nordamerika (Thiffault et al., 2003; MacDonald & Owens, 2006).

Snabb och kostnadseffektiv återbeskogning framhålls ofta som avgörande för att säkerställa hög, uthållig och ekonomisk hållbar virkesförsörjning (Streyffert 1957; Hetsch, 2009). Skogsstyrelsens delrapport *Samverkan för ökad skogsproduktion; Effektiv skogsskötsel* (Skogsstyrelsen 2018) konkretiserar förnygringsmålet på följande vis: ”den planterade skogen når vid en ålder av 5 till 7 år 1 meters medelhöjd” samt att ”Beståndet håller de trädslag samt den täthet som är lämpligt för ståndorten”.

Enligt Skogsstyrelsens återväxtuppföljning mellan 1999–2016 (Bergqvist et al., 2017) är trenden tydlig att andelen tillfredställande förnygringsresultat ökat. Skogsstyrelsens databas visar att 89 % av den förnygrade arealen i Sverige uppnår skogsvårdslagens krav, nivåer som tidigare inte uppmätts.

Inom storskogsbruket kontrolleras vanligen måluppfyllnaden och behovet av eventuell komplettering genom just återväxtkontroller 1–3 år efter plantering. Dessutom görs regelmässigt kvalitetsuppföljningar direkt efter utförd markberednings och planteringsarbete (Hallsby, 2013). Det är troligt att dessa kontrollrutiner bidragit till måluppfyllnaden men det är oklart vilka indikatorer (mätbara variabler) för kvalitet på markberednings och planteringsåtgärder som är utslagsgivande för godtagbart förnygringsresultat.

SCA Skog är inget undantag, företagets instruktion för egenkontroll inleder med ”För att vi i framtiden ska få skogar med god kvalitet och hög tillväxt måste markberedningen och planteringen vara av så hög kvalité som förutsättningarna medger på varje trakt”. SCA kräver vidare att samtliga entreprenörer ska göra kvalitetsdeklarationer på utförd arbete på varje trakt. Utöver entreprenörernas kvalitetsdeklaration utför även SCA stickprov för att säkerställa kvaliteten på entreprenörens arbete, allt för att säkerställa framtida skogars produktion, ekonomiska avkastning och kvalitet.

Vad som anses som ett kvalitetsmässigt godkänt jobb bedöms av olika aktörer med stöd av liknande kriterier men de specifika indikatorerna eller gränsvärdena varierar något. I SCA:s fall baseras kraven för ett godkänt markberednings- och planteringsarbete på ett antal mätbara indikatorer. I vilken mån indikatorerna som används åter speglar verkliga skillnader i förnygringsresultatet är emellertid otillräckligt utrett.

Avsikten med detta examensarbete är att genom statistiska analyser söka samband mellan använda indikatorer och föryngringsresultat baserat på årligen insamlat data.

## 1.2 SCA:s klassificeringssystem

Idén om en kvalitetsklassning av planteringspunkter kom som ett resultat av SCA:s strävan att höja kvaliteten i hela föryngringskedjan. Innan fanns inga definitioner på vad som var ett godkänt arbete för en markberedare eller en plantör, endast olika åsikter. Därför fick Mats-Åke Lantz och Dan Rönnkvist (SCA) tillsammans med Erland Charlesworth (Bracke) uppdraget att jobba fram ett betygssystem för att bedöma kvaliteten i föryngringsarbetet (Muntlig kommunikation – Lantz, 2019).

Syftet med att ta fram de olika klassificeringarna var att definiera vad som är ett godkänt markberedningsresultat. Konceptet utkristalliserades till en betygsskala från 1–5 där 3 var godkänt, 4 var bättre och 5 var bäst. Klasserna 1 och 2 användes endast för att kunna beskriva om markberedaren av någon anledning inte lyckats prestera ett tillfredställande markberedningsresultat. För att kunna göra en klassifikation av planteringspunkterna var det viktigt att de utvalda indikatorerna för kvalitet var mätbara. Därför användes kriterierna mineraljordstjocklek, mineraljordstäckning, areal påverkat område och plantans placering (Muntlig kommunikation – Lantz, 2019). I dagens klassificeringssystem ingår utöver tidigare nämnda indikatorer även avståndet till humuskant.

Vid framtagning av indikatorer för uppföljning och utvärdering används generellt idag SMART-principen (Oliver et al., 2013). För att uppnå kraven för SMART krävs det att indikatorerna är specifika, mätbara, accepterade, relevanta och tidsbundna. Specifika i den mening att indikatorer är tydligt formulerade och relaterade direkt till resultatet. Mätbara genom att mätningen är tydligt definierad och möjliggör att flera personer genomför mätningen på samma sätt. Med accepterad menas att indikatorerna ska vara accepterade av samtliga involverade i arbetet. Relevanta indikatorer betyder att indikatorer ska kunna ge relevant information om arbetet. Tidsbundna indikatorer är slutligen indikatorer som kan förändras över tiden och således spegla förändringar.

## 1.3 Ståndortsanpassade åtgärder

Flera olika fältförsök och vetenskapliga studier stödjer att de använda indikatorerna i kvalitetsklassningen är relevanta för etablering (Örlander et al., 1991; Örlander & Nordlander 1998; Mäkitalo 1999; Burton et al., 2000; Nordlander 2000; Sahlén & Goulet 2002; Hansson et al., 2014; Wallertz et al., 2018). Det har däremot gjorts få uppföljningar i praktisk skala inom det tillämpade skogsbruket.

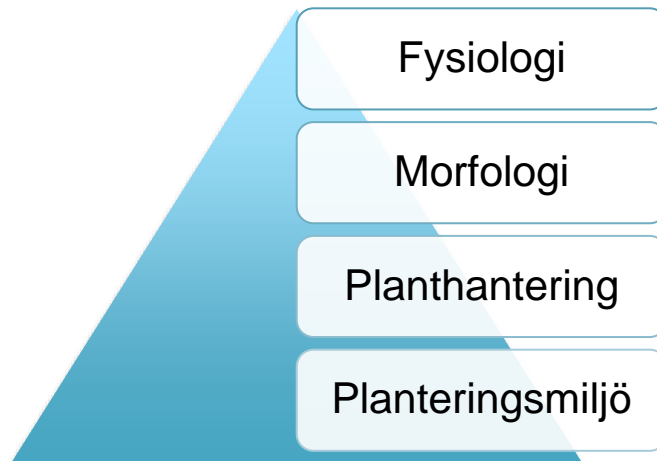
En plantas etablering och överlevnad i fält efter utplantering påverkas av många olika faktorer (Grossnickle, 2000). South (2000) illustrerar detta i form av en pyramid som symboliserar hur stor relativ betydelse olika faktorer har på en plantas förutsättningar (Figur 1). Enligt South (2000) påverkas en plantas initiala prestation efter utplantering främst av fyra faktorer, i fallande ordning av relevans; planteringsmiljö, planthantering, morfologi och fysiologi.

Den enskilt viktigaste faktorn anses vara i vilken miljö plantan är planterad. Markfuktighet, mark- och lufttemperatur, nederbörd, jordtextur, jorddjup, konkurrerande vegetation, insektsangrepp och betestryck är samtliga exempel på variabler som kan variera beroende på val av planteringsmiljö. Samtliga av dessa variabler kan tillsammans eller enskilt påverka en nyetablerad plantas prestation (South, 2000).

Även planthanteringen har stor inverkan på en plantans förutsättningar. Både plantskolans olika odlingsregimer och plantentreprenörens hantering av plantorna kan ha en stor inverkan på plantans framtid. Rowan, (1987) visade att plantöverlevnaden kunde variera mellan 5% och 85% beroende på plantörens hantering av plantorna under planteringen.

Plantors olika morfologiska attribut vid utplantering har även det en inverkan på plantors förutsättningar att överleva och växa. Initial rotmassa, rothalsdiameter och planthöjd är samtliga faktorer som flertalet tidigare studier (Ritchie & Dunlap 1980; Johansen et al., 1988; Williams et al., 1988; Grossnickle & Major 1994) påvisat har en inverkan på tillväxt och överlevnad i ungsöksfasen.

Slutligen är också en plantas fysiologi viktig för tillväxten och överlevnaden. Fysiologin påverkas främst under plantornas tid i plantskolan. Under frilands-, kyl- eller fryslagring av plantor kan extrema väderomslag eller skadesvampar och insekter ha en negativ inverkan på plantornas fysiologiska status. Generellt sätt är det däremot väldigt svårt att utvärdera individuella plantors fysiologi vid tid för utplantering (South, 2000).



*Figur 1.* Generaliserad modell som illustrerar den relativa betydelsen av fyra olika faktorer som påverkar överlevnaden i fält för plantor. Varje faktor kan enskilt vara anledningen till en plantas död under specifika förhållanden (South, 2000).

### 1.3.1 Markberedning

För att optimera den viktiga planteringsmiljön och säkerställa etableringen markbereds årligen 90 % av förnygringsarealen i Norra Sverige (Örlander et al., 1990). Syftet med markberedningen är att avlägsna konkurrerande vegetation, begränsa angrepp av snytbagge (Nordlander et al., 2011; Wallertz et al., 2018), öka näringstillgången, höja marktemperaturen, förbättra rottillväxten (Mackenzie et al., 2005) samt att förbättra syre- och markförhållandena i marken (Örlander et al., 1990).

Tidigare studier har påvisat att plantering på markberedda ytor leder till en ökad överlevnad och tillväxt jämfört med omarkberedda ytor på kort (Örlander et al., 1991; Nordlander et al., 2011) och lång sikt (Örlander et al., 1996). Hjelm et al. (2012) undersökte skillnaderna i mortalitet och höjdtillväxt för granplantor planterade på marker med olika markberedningsmetoder efter 5, 14 och 18 år. Resultaten visade att mortaliteten var lägre (15–27 %) för granplantor planterade på markberedda ytor jämfört med granplantor planterade på omarkberedda ytor (34 %) efter 5 år. Vidare visade resultaten att granplantorna planterade i markberedda ytor efter 14 år i genomsnitt var >50 cm högre än granplantorna som planterades i omarkberedda ytor.

Användningen av avstånd till humuskant, avstånd till opåverkad mark och mineraljordstäckning som indikatorer för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder styrks av Örlander et al. (1991) som konstaterade att plantöverlevnaden var lägre för plantor planterade i opåverkad mark, i humus eller i en blandning

av mineraljord och humus jämfört med plantor planterade i ren mineraljord. Flera tidigare studier (Nordlander et al., 2000; Nordlander et al., 2011; Wallertz et al., 2018) har visat att markberedning kan minska skador från snytbagge då snytbaggen tenderar att undvika områden med en hög mineraljordstäckning (Wallertz et al., 2018). Ett avstånd till humuskant mellan 5–10 cm anses enligt Nordlander et al. (2000) vara ett tillräckligt avstånd för att uppnå ett bra skydd mot snytbaggeskador. Även en plantas placering påverkar överlevnaden och tillväxten i fält. Örlander et al. (1991) påvisade att planteringspunkter i eller över markytan erbjöd plantorna de bästa förutsättningarna för lyckad etablering.

I praktiken varierar dock etableringsresultatet mest på grund av det komplicerade samspelet mellan ståndort, mikroklimat, markberedningsmetod, planteringspunkt och planta (Örlander et al., 1991) som omöjliggör en generell bild av den optimala planteringspunkten. Etableringsresultatet kan utöver dessa variabler även påverkas av operatörens skicklighet, motivation och utrustning (Wallertz et al., 2018). Detta stämmer väl överens med Souths (2000) pyramid (Figur 1) som beskriver den relativa betydelsen av olika faktorer för en plantans framtida etablering. Samtliga av de fyra faktorerna (planteringsmiljö, planthantering, plantmorfologi och plantfysiologi) kan enskilt vara anledningen till en misslyckad föryngring men ingen av de enskilda faktorerna kan säkerställa framtida etableringsresultat. För att uppnå ett tillfredställande föryngringsresultat krävs därför ett samspel samtliga faktorer i Souths pyramid

### 1.3.2 Trädslag

Ett av de viktigaste valen vid etablering av ett nytt bestånd är valet av trädslag. Det är viktigt att noggrant avväga olika faktorer innan man tar ett beslut då valet av trädslag inte bara påverkar ett bestånds egenskaper, framtida skötsel och ekonomiska avkastning utan även den biologiska mångfalden och landskapets utveckling på lång sikt (Hallsby, 2013).

Nästan all plantering som sker i norra Sverige utförs med tall (*Pinus Sylvestris*), gran (*Picea Abies*) eller contortatall (*Pinus Contorta*) (Skogsdata 2018) vars egenskaper är mer eller mindre anpassade till olika planteringslokaler. Kännedom om trädslagets olika egenskaper är därför en viktig förutsättning för att uppnå ett tillfredställande föryngringsresultat (Hallsby, 2013).

### 1.3.3 Planttyp

Valet av planttyp bör göras efter plantlokalens förhållande för att i största mån ståndortsanpassa föryngringen. En planta med en initialt högre krukvolym möjliggör en potentiellt högre rotmassa vid utplantering jämfört med en planta med mindre krukvolym vilket enligt flera studier (Johansen et al., 1988; Williams et al., 1988;

Grossnickle & Major 1994) är nära relaterat till RGC (Root growth capacity). Ritchie & Dunlap, (1980) menade att RGC är en generell indikator på att samtliga system hos en planta är funktionella och kan ses som ett mått på en plantas potentiella prestation. Generellt sett lämpar sig planttyper med högre RGC till bördiga marker med hög vegetativ konkurrens (Pinto et al., 2011; Thiffault, 2004) och planttyper med lägre RGC till mer utsatta lokaler med begränsad tillgång på vatten och större abiotiska påfrestningar där ett mer balanserat förhållande mellan biomassa och rotmassa är att föredra (Pinto, 2011; Pinto et al., 2011).

Lösamheten att plantera planttyper med en högre krukvolym diskuteras i Souths (2000) artikel om morfologiskt förbättrade tallplantor. Han konstaterar att plantor med större krukvolym potentiellt genererar en högre volymtillväxt men att de samtidigt kostar mer att producera än plantor med mindre krukstorlek då odlingstätheten är lägre och odlingstiden längre. I South et al (1985) förklaras att avkastningen varierar beroende på plantdensitet och gallringstidpunkt men att den förväntade ökade volymproduktionen hos plantor med högre krukvolym kan vara så pass hög att extrakostnaderna vid odlingen betalas tillbaka redan vid en första gallring (Tabell 6: South et al., 1985).

#### 1.3.4 Planteringslokalens förhållande

Planteringslokalens vegetationstyp (Hägglund & Lundmark 1999), fuktighetsklass, jordart, rörligt markvatten och topografiska skillnader är samtliga faktorer i planteringsmiljön som kan förändra plantornas möjlighet att växa och överleva. Vegetationstyp, fuktighetsklass, jordart och rörligt markvatten är samspelande variabler som tillsammans kan påverka plantornas tillgång på vatten och den vegetativa konkurrensen (Grossnickle, 2000), vilket i många fall är helt avgörande för plantornas överlevnad och tillväxt. Grossnickle, (2000) beskriver vidare att lokalklimatet på en etableringsyta generellt sätt speglar det regionala klimatet, däremot kan de mikroklimatiska förhållandena variera betydligt beroende på topografiska skillnader på etableringsytan och det är därför viktigt att förstå att topografiska skillnader kan påverka föryngringsresultatet.

### 1.4 Problemformulering

Denna studie är ett uppdrag av SCA Skog AB och är en del i deras kvalitetsuppföljningsarbete som syftar till att kostnadseffektivisera och kontinuerligt förbättra överlevnaden och tillväxten under ungskogsfasen. Klassificeringssystemet för markberedning och planteringsåtgärder är baserat på ett antal mätbara indikatorer. Med data från SCA:s fasta provytor utlagda 2008–2013 analyseras dessa indikatorer med avseende på trädslag, planttyp och bördighetsklass för att undersöka möjligheten att ytterligare ståndortsanpassa och kostnadseffektivisera föryngringsprocessen. Databasen består av tre olika trädslag (contortatall, tall och gran)

och två olika planttyper (powerpot och jackpot). Många olika studier har jämfört plantors tillväxt och överlevnad beroende av markberedningsmetod men få studier har jämfört hur de faktiska, mätbara indikatorerna för ett utfört markberednings eller planteringsarbete enskilt och tillsammans påverkar tillväxten och överlevnaden i fält efter etablering beroende av trädslag, plantstorlek och bördighetsklass.

#### 1.4.1 Syfte

Syftet med denna studie var att utifrån data från SCA:s fasta provvytor utlagda 2008–2013 analysera hur indikatorerna i kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder påverkade höjdtillväxten och överlevnaden i fält. Vidare ville jag undersöka huruvida höjdtillväxten och överlevnaden i de olika kvalitetsklasserna varierade beroende av trädslag, planttyp och planteringslokalens bördighetsklass. Slutligen ville jag sammankoppla resultaten från de fasta provvytorna med SCA:s riktlinjer för återbeskogning. Detta ville jag göra genom att besvara följande frågeställningar:

- Vilken betydelse har indikatorerna i kvalitetsklassningen av markberedning och planteringsåtgärder för höjdtillväxt och överlevnad efter fem år?
- Hur väl överensstämmer klassificeringen med verkligheten?
- Skiljer sig indikatorernas relevans beroende på trädslag, planttyp och bördighetsklass?
- Kan resultaten användas för att utveckla SCA:s riktlinjer för återbeskogning?

## 2 Material och metod

### 2.1 Odlingmaterial

Studien behandlade tre olika trädslag; tall, gran och contortatall och två planttyper; jackpot och powerpot (Tabell 1). Samtliga plantor är odlade enligt standard för ettåriga täckrotsplantor i någon av SCA:s plantskolor.

Tabell 1. *Specifikationer för de två planttyperna powerpot och jackpot*

Planttyp	Antal plan- tor/kassett	Krukvo- lym (ml)	Diame- ter (mm)	Djup (mm)	Kassettstorlek (b x h, mm)	Odlingstäthet, plan- tor/m <sup>2</sup>
PowerPot	128	25	23	85	216*352	1680
JackPot	67	50	33	85	216*352	880

Den högre krukvolymen gör att jackpotplantorna odlas med en lägre odlingstäthet och att det får plats färre antal plantor per kassett jämfört med powerpotplantor. Det leder i sin tur till en mer ekonomiskt krävande transport och utplantering då samma antal jackpotplantor som powerpotplantor kräver nästan dubbla antalet kassetter. Medelvärdet för höjden vid utplantering för de två planttyperna var för powerpot 11,03 cm och för jackpot 13,15 cm.

### 2.2 Insamling av data

I denna studie använde jag data från SCA:s fasta provytor planterade 2008–2013 (SCA, 2012). Varje år lottades 4–6 provtrakter med en areal på minst 4 hektar ut på företagets 5 olika förvaltningar (Jämtland, Medelpad, Ångermanland, Västerbotten och Norrbotten). Provtrakterna var jämt fördelade över förvaltningens distrikt med en trädslagsfördelning motsvarande förvaltningens skogsinnehav. Utläggningen av



provytorna utfördes av personal på förvaltningen innan inventeringstillfället. Inventeringar av provytorna utfördes mellan maj – augusti och skedde i regel två veckor efter utplanteringen, därefter följde ytterligare inventeringar 1, 2, 3, 5 och 10 år efter första inventeringen.

10 provytor med powerpotplantor och 5 provytor med jackpotplantor lades ut i kvadratförband jämt fördelat över hela trakten. Varje provyta var 100 m<sup>2</sup> (5,64 meter i radie). Inventeringen gick till på följande sätt; (1) utplacering av centrumstolpe och positionering av Pos-TeX (trearmat positioneringsinstrument från Haglöf) rakt över centrumstoplen. (2) Därefter markerades nordpunkten med hjälp av en kompass och en av armarna på Pos-TeX instrumentet ställdes mot norr. (3) Norrpunkten markerades med en gul eller blå metalstolpe ca 5,64 meter från centrumstoplen och inventeringen utfördes medsols från norrpunkten.

(4) Provytevariabler så som vegetationstyp, markfuktighet, rörligt markvatten och höjd över havet registrerades i en fältdator och (5) slutligen mättes plantplacering, planthöjd och eventuella skador på varje planta. En sammanfattning med de uppmätta variablerna och dess enheter/klasser kan ses i tabell 2.

Tabell 2. Registrerade variabler med enheter/klasser som mäts på varje planta i varje cirkelprov-  
yta

Variabel	Enheter/klasser
Trädslag	Tall, Gran, Contortatall
Planttyp	Jackpot, Powerpot
Planthöjd	cm
Plantplacering	Omvänd torva, Fläck, Omarkberedd
Kvalitet	Godkänd, Ej godkänd
Avstånd till humuskant	0, 1–10, 10–20, 20–30, 30–40, >40 cm från plantan
Avstånd till opåverkad mark	0, 1–10, 10–20, 20–30, 30–40, >40 cm från plantan
Mineraljordstäckning	0, 1–25, 25–50, 50–75, 75–99, 100%, inom en cirkel med radie av 10 cm, plantan är mittpunkt
Mineraljordstjocklek	0, 1–3, 3–6, 6–9, >9 cm
Vitalitet	Frisk, Lätt skadad, Svårt skadad, Död, Död sedan tidigare, Saknas

Efter insamlingen förvarades data i en databas bestående av över 70 000 plantor. Denna studie är baserad på plantor vars 5-års inventering registrerats i databasen, vilket är över 36 000 plantor (tabell 3).

Tabell 3. Antal 5-åriga plantor fördelat på trädslag och planttyp

Trädslag	PowerPot	Jackpot	Totalt antal
Tall	9177	4141	13 318
Gran	7484	3937	11 421
Contortatall	8261	3170	11 431
<b>Totalt</b>	<b>24 922</b>	<b>11 248</b>	<b>36 170</b>

## 2.3 Kategorisering av data

För att urskilja de olika kvalitetsklasserna kategoriserade jag, utifrån de mätbara indikatorerna, in varje planta i olika klasser baserat på SCA:s instruktion för uppföljning av markberedning och plantering (tabell 4).

Tabell 4. Klassificering av kvalitetsklasser för markberedning och planteringsåtgärder baserat på SCA:s instruktion för uppföljning av plantering

Planteringspunkt	Placering	Avstånd till humus (cm)	Avstånd till opåverkat (cm)	Mineraljordstäckning (%)	Mineraljordstjocklek (cm)	Klassning
GK 5	Omvänd torva	>10	>10	100	>0	Godkänd
GK 4	Omvänd torva	1–9	>10	25–100	>0	Godkänd
GK Mineral 3	Fläck i/ovan mark	>10	>10	100	>0	Godkänd
GK Humus 3	Fläck i/ovan mark	Inga krav	>10	0–99	Inga krav	Godkänd
GK Torv 3	Omvänd torva	Inga krav	>10	0–99	Inga krav	Godkänd
EJ GK	Ej godkänd	-	<10	-	-	Ej godkänd

Vitaliteten för varje planta bedömdes vid varje inventeringstillfälle som frisk, lätt skadad, svårt skadad, död, död sedan tidigare eller saknas. För att underlätta analyserna grupperade jag in plantor med vitalitetsstatus ”död”, ”död sedan tidigare”, ”saknas” och ”svårt skadad” som död/svårt skadad och ”lätt skadad” tillsammans med ”frisk” som vitala.

## 2.4 Bearbetning av data

De dataanalyser jag utförde gjordes med hjälp av statistikverktyget Minitab 18. Analyserna av hur de olika indikatorerna påverkade plantornas höjdtillväxt mellan inventeringstillfällena år 0 och 5 gjordes med hjälp av en ANOVA (Analysis of Variance), närmare bestämt en "General Linear Model" (GLM). En GLM möjliggjorde analyser av hur medelvärden i höjdtillväxt varierade beroende på ett flertal olika kategoriska responsvariabler så som exempelvis planttyp, trädslag och de mätbara indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder. Modellen beräknade p-värden för samtliga enskilda variabler i modellen tillsammans med hela modellens förklaringsgrad. P-värde  $<0,05$  användes som gräns för signifikanta samband. Variansanalysens tillförlitlighet bygger på att datamaterialet ska uppvisa en någorlunda konstant varians, det ska vara normalfördelat och slutligen ska data vara kvantitativt eller kontinuerligt. Denna studies datamaterial uppfyllde samtliga av dessa kriterier.

Resultaten för höjdtillväxt är baserade på plantor vars vitalitet varit stabil under de två senaste inventeringstillfällena (år 3 och 5) vilket motsvarade 23 040 plantor.

Modellen för skillnader i höjdtillväxt för de olika trädslagen och planttyperna på olika kvalitetsklasser var följande:

$$Y = \mu + \alpha_{Trädslag} + \beta_{Planttyp} + \gamma_{Kvalitet} + (\alpha\beta)_{Trädslag,Planttyp} + (\alpha\gamma)_{Trädslag,Kvalitet} + (\beta\gamma)_{Planttyp,Kvalitet} + (\alpha\beta\gamma)_{Trädslag,Planttyp,Kvalitet} + \varepsilon$$

Där responsvariabeln (Y) betecknade höjdtillväxten i cm mellan inventeringstillfället år 0 och år 5 för vitala plantor och  $\varepsilon$  betecknade individuella avvikelser från det förväntade värdet på Y.

Modellen för höjdtillväxtskillnader för de olika mätbara indikatorerna i kvalitetsklassningen för de olika trädslagen, planttyperna och bördighetsklasserna var följande:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_{Trädslag} + \beta_{Planttyp} + \gamma_{Bördighetsklass} + (\alpha\beta)_{Trädslag,Planttyp} + \varepsilon$$

Där responsvariabeln (Y) betecknade höjdtillväxten i cm mellan inventeringstillfällena år 0 och 5 för de olika mätbara indikatorerna (i) förutsatt värde (j) och  $\varepsilon$  betecknade individuella avvikelser från det förväntade värdet på Y.

De mätbara indikatorerna (i) bestod av avstånd till humus, avstånd till opåverkad mark, mineraljordstjocklek, mineraljordstäckning och plantplacering. De olika värdena (j) för indikatorerna kan ses i Tabell 2.

Om modellen påvisade ett signifikant resultat användes Tukey's HSD (honest significant difference) test för parvisa jämförelser.

Överlevnadsanalyserna är baserade på samtliga plantor där inventeringstillfället år 5 var utförd, vilket motsvarade 36 170 plantor. I överlevnadsanalyserna delades plantorna in i två grupper, vitala samt döda/svårt skadade. De vitala plantorna var plantor som under inventeringstillfället år 5 ansågs vara friska eller lätt skadade och de döda/svårt skadade plantorna registrerades som död, död sedan tidigare, saknad eller svårt skadad.

Överlevnadsanalyserna gjorde jag med hjälp av en binär logistisk regression där sannolikheten för att ett visst event ska ske beräknades. Eventet jag valde att beräkna var sannolikheten för att en planta var vital efter inventeringstillfället år 5. Likt en GML möjliggjorde en binär logistisk regression jämförelser mellan olika kategoriska responsvariabler.

Modellen för sannolikheten för att en planta var vital beroende på de använda indikatorerna för kvalitetsklassningen av markberedning och planteringsåtgärder för varje trädslag, planttyp och bördighetsklass såg ut på följande sätt:

$$P_i = \Pr(Y = Vital \mid X = x_i)$$

Utifrån ovanstående antagande kunde vi skriva modellen:

$$\text{Log} \left( \frac{P_i}{1 - P_i} \right) = \text{logit}(P_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i \dots + \beta_n x_i$$

Där sannolikheten för att en planta är vital ( $P_i$ ) är beroende av en av de använda indikatorerna ( $x_i$ ). Parametern  $\beta_0$  visar de logaritmiska oddsen för att en planta är vital vid  $x_i=0$  och  $\beta_1$  visar hur oddsen skiljer sig om  $x_i=1$ . Antalet värden ( $n$ )  $x_i$  kan erhålla varierar beroende på indikator. För plantans placering kan exempelvis  $x_i$  erhålla tre värden,  $x_i=0$  (ej markberett),  $x_i=1$  (fläck) och  $x_i=2$  (omvänd torva).

Modellen visar oddsen för att en planta är vital efter fem år  $P_i$  förutsatt minst ett värde på  $x_i$ :

$$\frac{P_i}{1 - P_i} = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_i \dots + \beta_n x_i)$$

Modellen som visar sannolikheten för att en planta är vital efter fem år ( $P_i$ ) förutsatt minst ett värde på  $x_i$ :

$$P_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_i \dots + \beta_n x_i) / (1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_i \dots + \beta_n x_i))$$

Utifrån denna modell erhåller  $P_i$  ett värde mellan 0–1 och ju högre värde desto högre sannolikhet att en planta är vital under just de förutsättningarna.

## 3 Resultat

Resultatdelen är indelad i tre kapitel. De första två innehåller resultat om de använda indikatorernas inverkan på höjdtillväxten och sannolikheten för överlevnad med trädslag, planttyp och bördighetsklass i beaktning. Tredje delen är en översiktsdel där sammanfattande resultat beroende på kvalitetsklassningen för trädslag och planttyp presenteras tillsammans med höjdtillväxt och överlevnadsskillnader beroende av bördighetsklass.

### 3.1 Höjdtillväxt

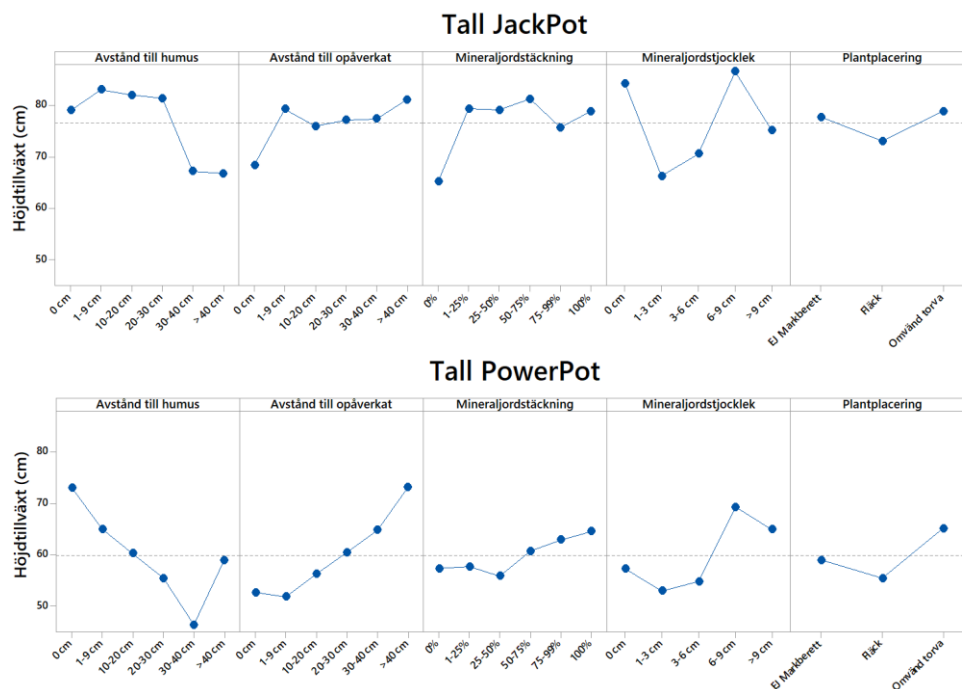
I detta kapitel presenteras skillnader i höjdtillväxt beroende av de indikatorer som SCA:s klassificeringssystem bygger på. Resultaten presenteras trädslagsvis. Samtliga jämförelser inom grupper har analyserats med Tukey's HSD test. P-värden för samtliga indikatorer för respektive trädslag och planttyp kan ses i tabell 5.

#### 3.1.1 Tall

Inga signifikanta skillnader i höjdtillväxt för varken jackpot- eller powerpotplantorna kunde tydas med avseende till mineraljordstäckningen. För jackpottplantorna hade inte heller avståndet till humus, avståndet till opåverkad mark eller plantplaceringen en signifikant inverkan på höjdtillväxten.

Mineraljordstjockleken hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för båda planttyperna. Inomgruppsvariationen för jackpotplantorna visade att en mineraljordstjocklek mellan 6–9 cm hade en signifikant högre höjdtillväxt än en tjocklek mellan 1–6 cm. En mineraljordstjocklek över 6 cm hade en signifikant högre höjdtillväxt för powerpotplantorna än en tjocklek mellan 0–6 cm. Avståndet till humus hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för powerpotplantorna och där inomgruppsvariationen visade att plantor med ett avstånd till humus mellan 30–40 cm hade en signifikant lägre höjdtillväxt än plantor planterade i direkt kontakt med humus. Även avståndet till opåverkad mark hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för powerpotplantorna. Plantor planterade med ett avstånd över 30 cm

hade en signifikant högre höjdtillväxt än planterade med ett avstånd under 30 cm. Slutligen påvisade analyserna att plantplaceringen hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för powerpotplantorna. Inomgruppsvariationen visade att planterade i omvända torvor hade en signifikant högre höjdtillväxt än planterade i fläck eller omarkberedda punkter (figur 2).



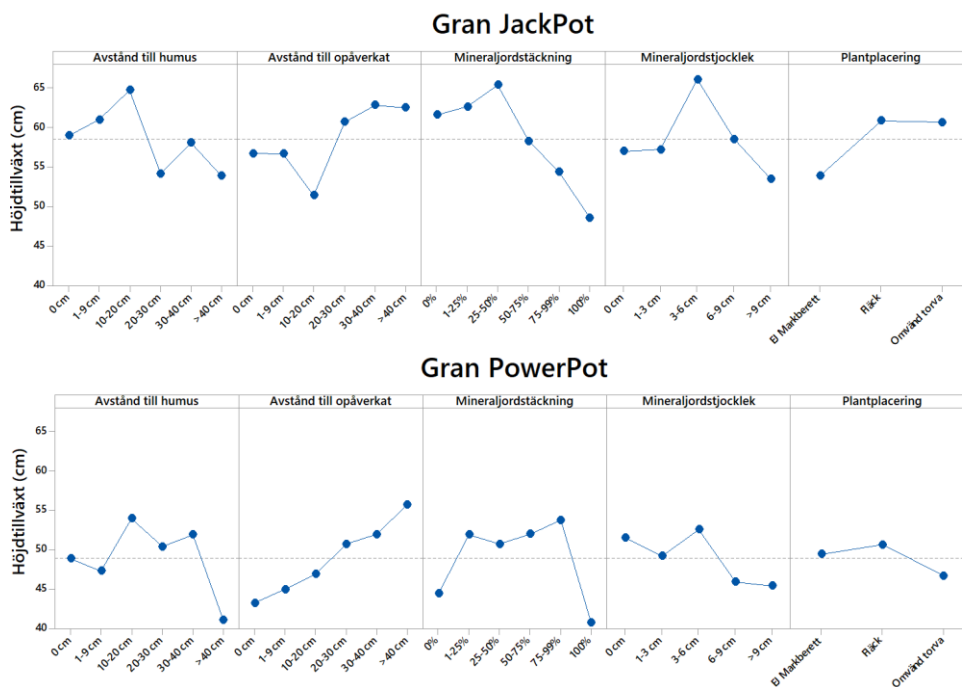
Figur 2. Kvalitetklassningens indikatorers påverkan på höjdtillväxten för jackpot- och powerpotplanter av tall. Den gråstreckade linjen symboliserar medelhöjdtillväxten för respektive planttyp.

### 3.1.2 Gran

Inga signifikanta skillnader i höjdtillväxt för varken jackpot- eller powerpotplantorna kunde tydas med avseende på avståndet till humuskant och mineraljordstäckningen. För powerpotplantorna hade inte heller plantplaceringen en signifikant inverkan på höjdtillväxten.

Avståndet till opåverkad mark hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för båda planttyperna. För jackpotplantorna genererade ett avstånd över 20 cm signifikant högre höjdtillväxt än 10–20 cm. Inomgruppsvariationen för powerpotplantorna påvisade att planterade med ett avstånd över 30 cm till opåverkad mark hade en signifikant högre höjdtillväxt än planterade med ett avstånd under 20 cm. Även mineraljordstjockleken hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för båda planttyperna. Plantplaceringen för jackpotplantorna hade en signifikant inverkan på

höjdtillväxten där planter i omvänd torva och fläck hade en högre höjdtillväxt än planter i omärkberedda punkter (figur 3).



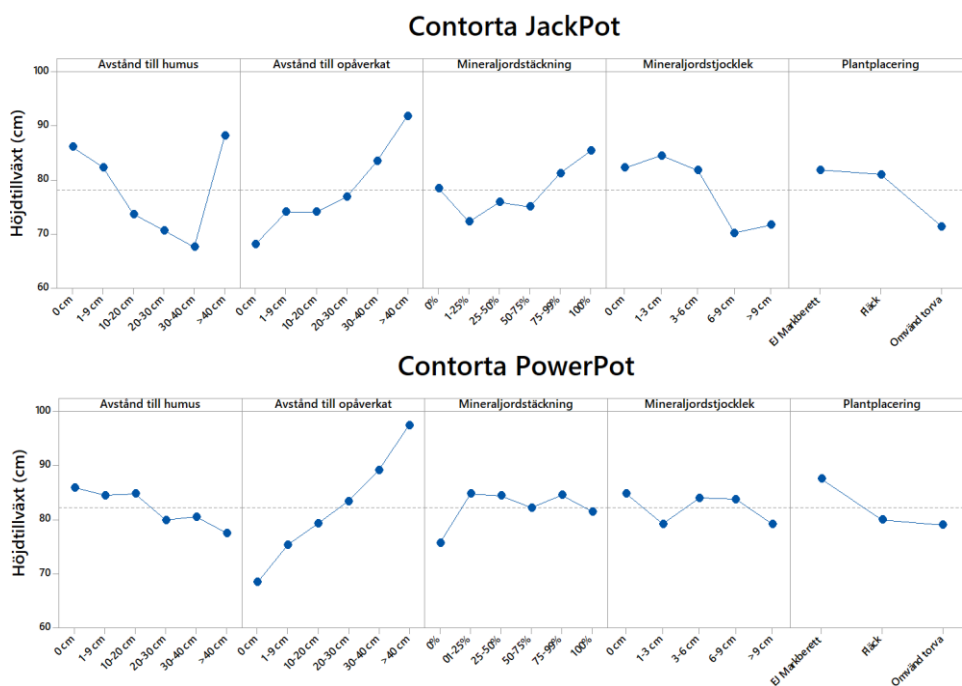
Figur 3. Kvalitetsklassningens indikatorers påverkan på höjdtillväxten för jackpot- och powerpotplanter av gran. Den gråstreckade linjen symboliserar medelhöjdtillväxten för respektive planttyp.

### 3.1.3 Contortotal

Avstånd till humuskant och mineraljordstäckning hade ingen signifikant inverkan på höjdtillväxten för varken jackpot- eller powerpotplantorna. För powerpotplantorna var inte heller mineraljordstjockleken signifikant för höjdtillväxten.

Avstånd till opåverkad mark hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för båda planttyperna. För jackpotplantorna hade planter planterade med ett avstånd över 40 cm till opåverkad mark en signifikant högre höjdtillväxt än planter planterade med ett avstånd under 40 cm. För powerpotplantorna var ett avstånd över 30 cm signifikant bättre för höjdtillväxten än ett avstånd under 30 cm. Även plantplaceringen hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för båda planttyperna. Jackpotplanter planterade i fläck hade en signifikant högre höjdtillväxt än jackpotplanter planterade i omvänd torva. För powerpotplantorna hade planter planterade i omärkberedd mark en signifikant högre höjdtillväxt än planter planterade i fläck och omvänd torva.

Mineraljordstjockleken hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för jackpotplantorna och en mineraljordstjocklek, däremot kunde inga signifikanta skillnader inom gruppen tydas (figur 4).



Figur 4. Kvalitetsklassningens indikatorers påverkan på höjdtillväxten för jackpot- och powerpotplanter av contortatall. Den gråstreckade linjen symboliserar medelhöjdtillväxten för respektive planttyp.

Tabell 5. P-värde för höjdtillväxt för de olika indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder för respektive trädslag och planttyp

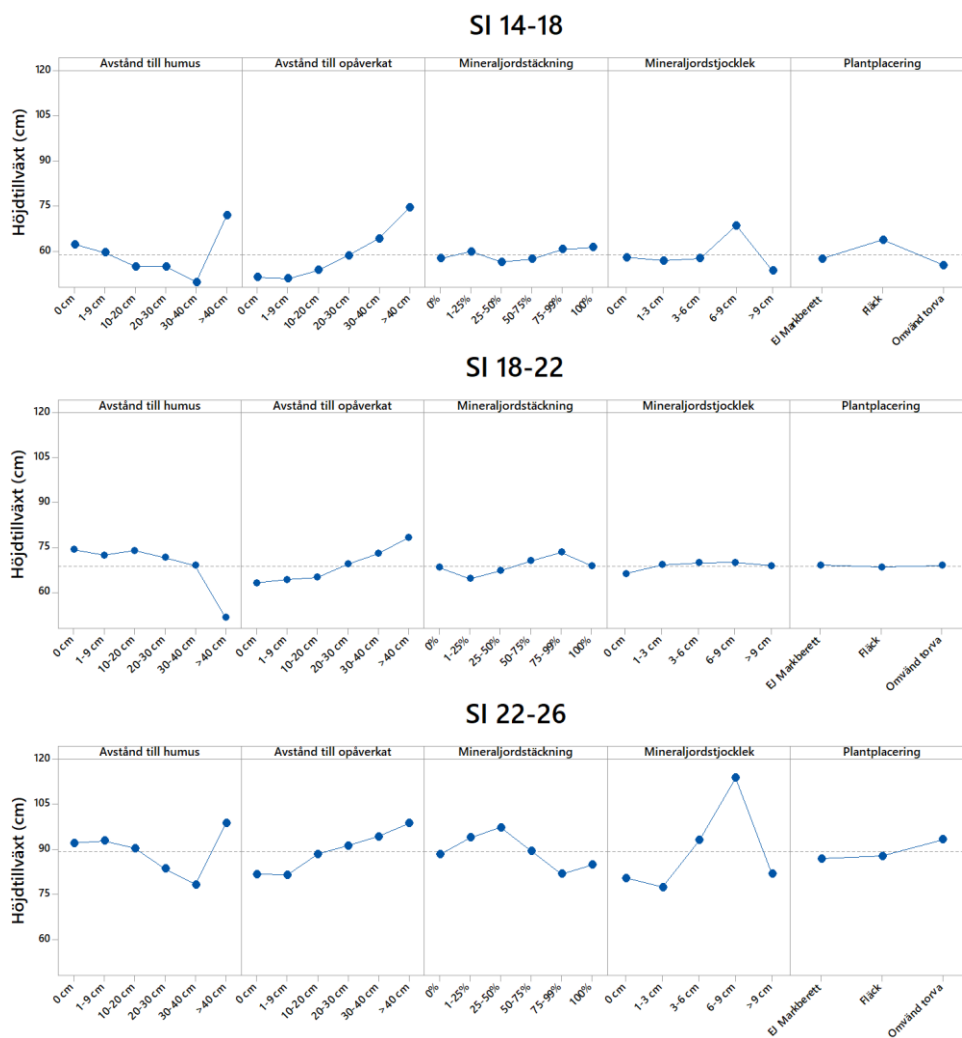
P-VÄRDE FÖR RESPEKTIVE TRÄDSLAG & PLANTTYP						
TRÄDSLAG	Planttyp	Avst.Humus	Avst.Opåv	Min.täckning	Min.tjocklek	Placering
PINUS S.	JackPot	0,181	0,126	0,272	0,000	0,188
	PowerPot	0,000	0,000	0,115	0,000	0,000
PICEA A.	JackPot	0,109	0,000	0,059	0,001	0,032
	PowerPot	0,155	0,000	0,170	0,007	0,060
PINUS C.	JackPot	0,505	0,000	0,455	0,008	0,013
	PowerPot	0,365	0,000	0,573	0,056	0,007



### 3.1.4 Ståndortsindex

Variationen i höjdtillväxt beroende av planteringspunktens indikatorer analyserades även för olika bördighetsklasser. Bördighetsklasserna delades in i tre olika klasser, svaga (SI 14–18), medelgoda (SI 18–22) och goda (SI 22–26). I tabell 6 ses p-värden för planteringspunktens indikatorer för respektive bördighetsklass.

Avståndet till opåverkad mark hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för samtliga bördighetsklasser. På svaga marker hade även indikatorerna mineraljordstjockleken och plantplacering en signifikant inverkan på höjdtillväxten. Avståndet till humuskant och mineraljordstäckningen hade en signifikant inverkan på höjdtillväxten för planteringspunkter på medelgoda marker. På goda marker visade sig även mineraljordstjockleken ha en signifikant inverkan på höjdtillväxten.



Figur 5. Kvalitetsklassningens indikatorers inverkan på höjdtillväxten på svaga, medelgoda och goda marker för samtliga trädslag och planttyper. Den gråstreckade linjen symboliserar medelhöjdtillväxten för plantor planterade på dessa marker.

Tabell 6. P-värden för höjdtillväxten beroende på indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder för respektive bördighetsklass

P-VÄRDE FÖR RESPEKTIVE BÖRDIGHETSKLASS					
SI	Avst.Humus	Avst.Opåv	Min.täckning	Min.tjocklek	Placering
14–18	0,148	0,000	0,249	0,001	0,000
18–22	0,000	0,000	0,000	0,904	0,892
22–26	0,745	0,004	0,090	0,000	0,323

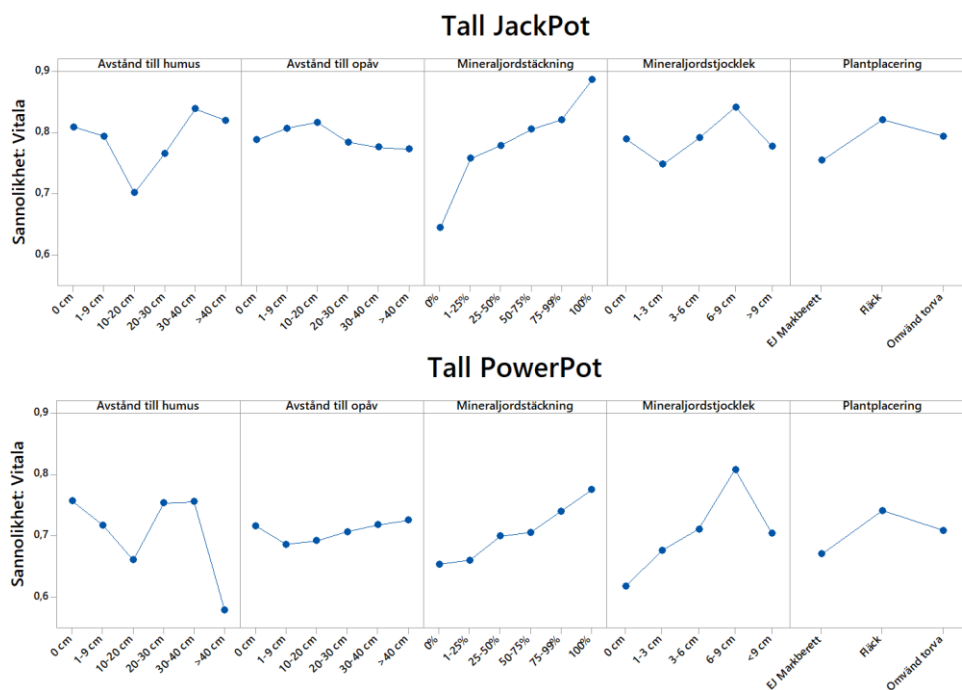
## 3.2 Överlevnad

I detta kapitel presenteras skillnader i sannolikheten för att en planta är vital beroende av de indikatorer som SCA:s klassificeringssystem bygger på. Resultaten presenteras trädslagsvis. Samtliga resultat är baserade på binära logistiska regressioner som uppskattade sannolikheten för att en planta är vital efter fem år under olika förutsättningar. P-värden för samtliga indikatorer för respektive trädslag och planttyp kan ses i tabell 7.

### 3.2.1 Tall

Avståndet till opåverkad mark har ingen signifikant inverkan på sannolikheten för att en planta är vital efter fem år. För jackpotplantorna hade inte heller avståndet till humuskant, mineraljordstjockleken eller plantans placering en signifikant inverkan på sannolikheten för vitala plantor.

En ökad mineraljordstäckning ökade sannolikheten för vitala plantor efter fem år för båda planttyperna. För powerpotplantorna ökade även sannolikheten med en ökad mineraljordstjocklek från 0–9 cm. Sannolikheten för att en planta är vital efter fem år var lägre i de omarkberedda punkterna jämfört med fläckar och omvända torvor (figur 6).

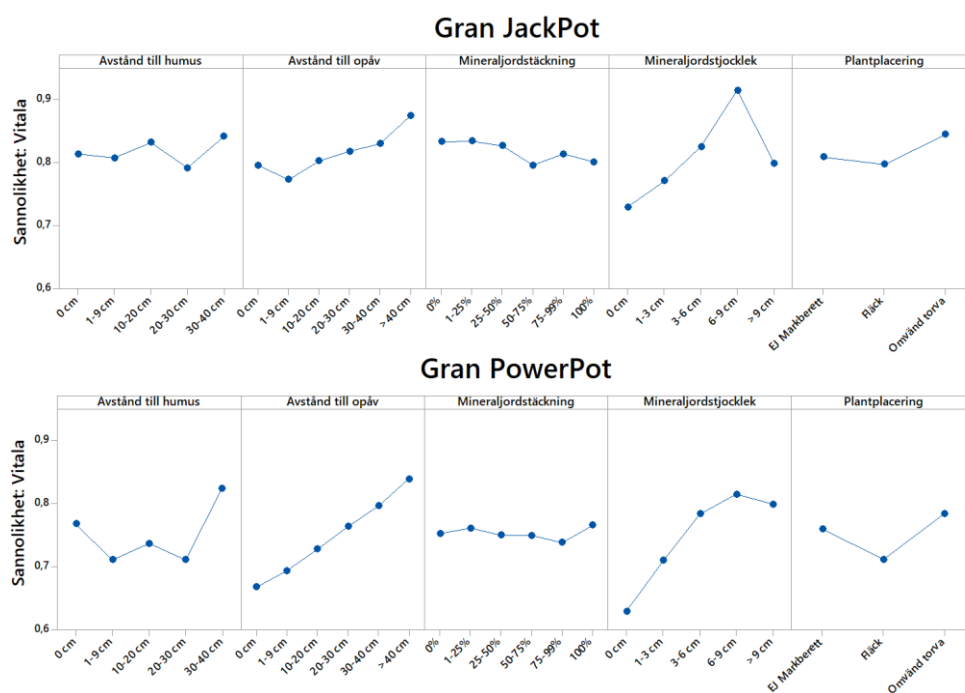


Figur 6. Kvalitetklassningens indikatorers påverkan på sannolikheten för att en planta är vital för jackpot- och powerpotplantor av tall.

### 3.2.2 Gran

Mineraljordstäckningen för båda planttyperna hade ingen signifikant inverkan på sannolikheten för att en planta var vital efter fem år. För jackpotplantorna hade inte heller avståndet till humuskant eller plantplaceringen en signifikant inverkan.

Avståndet till opåverkad mark och mineraljordstjockleken hade en signifikant inverkan på sannolikheten för vitala plantor efter fem år. Analyserna visade att sannolikheten för att en planta var vital ökade med ett ökat avstånd till opåverkad mark för powerpotplantorna. För jackpotplantorna ökar sannolikheten från 10 cm och uppåt. En ökad mineraljordstjocklek från 0–9 cm ökade sannolikheten för att en planta var vital för båda planttyperna efter fem år i fält (figur 7).

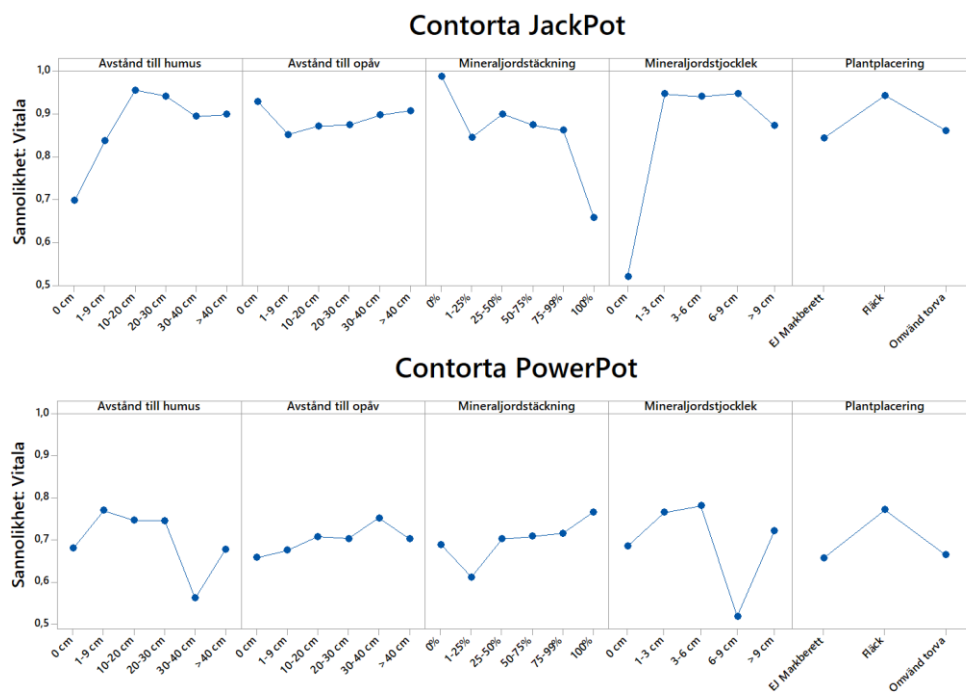


Figur 7. Kvalitetklassningens indikatorers påverkan på sannolikheten för att en planta är vital för jackpot- och powerpotplantor av gran.

### 3.2.3 Contortotal

Samtliga indikatorer i planteringspunktens kvalitetsklassning hade en signifikant inverkan på sannolikheten för att en planta ska vara vital efter fem år.

Tydliga, signifikanta skillnader i sannolikhet för vitala plantor efter fem år i fält kunde tydas med avseende på avståndet till humuskant (jackpot), mineraljordstäckningen (jackpot), mineraljordstjockleken (jackpot) och plantplaceringen (jackpot & powerpot). För jackpotplantorna hade plantor planterade med ett avstånd till humuskant under 10 cm en lägre sannolikhet för att vara vitala än plantor planterade med ett avstånd över 10 cm. Vidare hade jackpotplantor med en mineraljordstäckning med 0% en högre sannolikhet för att vara vitala än plantor med 100% mineraljordstäckning. Även mineraljordstjockleken påverkar sannolikheten för att en planta var vital efter fem år i fält, plantor planterade i 0 cm mineraljordstjocklek hade en lägre sannolikhet för att vara vitala än plantor planterade i >1cm mineraljord. För båda planttyperna har plantor planterade i fläck en högre sannolikhet för att vara vital jämfört med plantor i omvända torvor eller omärkberedda punkter efter fem år (figur 8).



Figur 8. Kvalitetklassningens indikatorers påverkan på sannolikheten för att en planta är vital för jackpot- och powerpotplantor av contortatall.

Tabell 7. P-värden för sannolikheten för att en planta var vital efter fem år i fält beroende på indikatorerna för kvalitetklassning och markberedning och planteringsåtgärder för respektive trädslag och planttyp

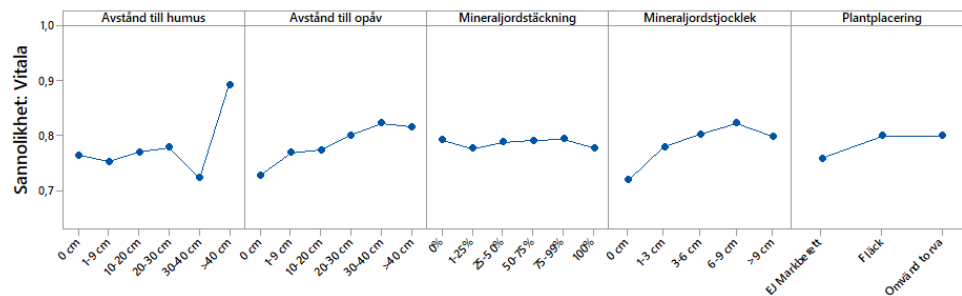
P-VÄRDE FÖR RESPEKTIVE TRÄDSLAG & PLANTTYP						
TRÄDSLAG	Planttyp	Avst.Humus	Avst.Opåv	Min.täckning	Min.tjocklek	Placering
PINUS S.	JackPot	0,420	0,196	0,000	0,256	0,089
	PowerPot	0,007	0,263	0,000	0,007	0,023
PICEA A.	JackPot	0,821	0,015	0,254	0,011	0,057
	PowerPot	0,015	0,000	0,822	0,000	0,002
PINUS C.	JackPot	0,000	0,004	0,001	0,000	0,000
	PowerPot	0,000	0,005	0,017	0,000	0,000

### 3.2.4 Ståndortsindex

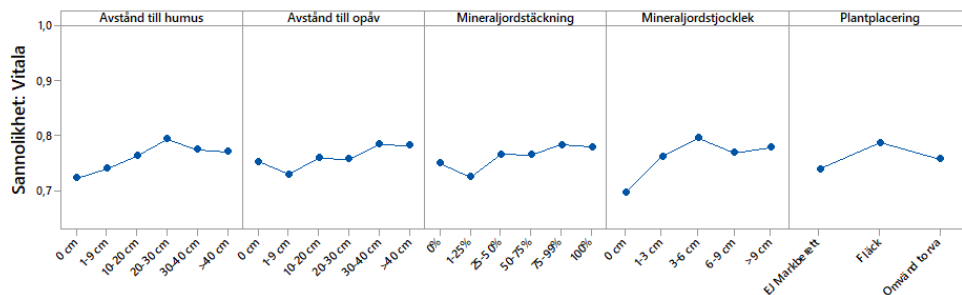
Variationen i sannolikheten för att en planta är vital efter fem år i fält beroende av planteringspunktens indikatorer analyserades även för olika bördighetsklasser. Bördighetsklasserna delades in i tre olika klasser, svaga (SI 14–18), medelgoda (SI 18–22) och goda (SI 22–26). I tabell 8 ses p-värden för planteringspunktens indikatorer för respektive bördighetsklass.

Avståndet till opåverkad mark hade en signifikant inverkan på sannolikheten för vitala plantor efter fem år i fält på samtliga bördighetsklasser. På medelgoda marker var även avståndet till humuskant, mineraljordstäckningen, mineraljordstjockleken och plantplaceringen signifikanta. För plantor planterade på goda marker var förutom avståndet till opåverkad mark hade även mineraljordstjockleken en signifikant inverkan på sannolikheten för att en planta är vital efter fem år.

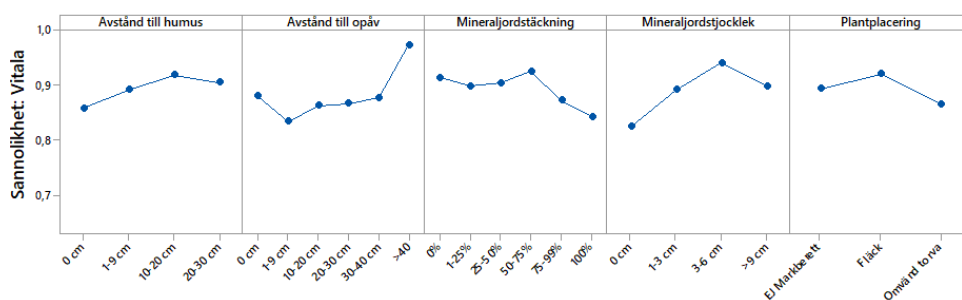
SI 14-18



SI 18-22



SI 22-26



Figur 9. Kvalitetsklassningens indikatorers inverkan på sannolikheten för att en planta är vital efter fem år på svaga, medelgoda och goda marker för samtliga trädslag och planttyper.

Tabell 8. P-värden för sannolikheten för att en planta var vital efter fem år i fält beroende på indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder för respektive bördighetsklass

<i>P-VÄRDE FÖR RESPEKTIVE BÖRDIGHETSKLASS</i>					
<i>SI</i>	<i>Avst.Humus</i>	<i>Avst.Opåv</i>	<i>Min.täckning</i>	<i>Min.tjocklek</i>	<i>Placering</i>
14–18	0,722	0,000	0,919	0,065	0,035
18–22	0,025	0,000	0,000	0,000	0,003
22–26	0,593	0,003	0,254	0,037	0,400

### 3.3 Övriga resultat

Höjdtillväxten mellan inventeringstillfällena år 0 och 5 varierade beroende på trädslag och planttyp. Jackpotplantor av gran och tall hade i genomsnitt en högre höjdtillväxt än powerpotplantor på samtliga kvalitetsklasser. På kvalitetsklass Ej GK hade även jackpotplantor av contortatall en genomsnittligt högre höjdtillväxt än powerpotplantorna. Powerpotplantor av contortatall hade en högre höjdtillväxt på kvalitetsklasserna GK5 och GK4 än jackpotplantorna, på kvalitetsklass GK3 var skillnaderna små.

Även kvalitetsklassningen av planteringspunkten hade en inverkan på höjdtillväxten för de olika trädslagen och planttyperna. För samtliga trädslag och planttyper bortsett från jackpotplantor av contortatall hade plantor planterade i kvalitetsklassen GK5 en signifikant högre höjdtillväxt än plantor planterade i kvalitetsklass Ej GK.

Andelen vitala plantor vid inventeringstillfället år 5 var beroende av trädslag, planttyp och planteringspunktens kvalitetsklass. Plantor planterade i kvalitetsklass Ej GK hade en lägre vitalitetsandel än plantor planterade i någon av de godkända planteringspunkterna oberoende av trädslag eller planttyp. Andelen vitala jackpot-

plantor var generellt högre än powerpotplantor för samtliga trädslag och kvalitetsklasser. Skillnaden i andelen vitala plantor mellan jackpot- och powerpotplantan var högst i den underkända kvalitetsklassen Ej GK (tabell 9).

Tabell 9. Andelen vitala (friska och lätt skadade) plantor efter fem år i fält. Tillväxten omfattar vitala plantors höjdtillväxt under fem år utifrån trädslag, planttyp och kvalitetsklass. Bokstäverna A-E symboliserar parvisa jämförelser (Tukey's test) för de olika planttypernas tillväxt mellan de olika kvalitetsklasserna. Olika bokstäver indikerar en signifikant skillnad i höjdtillväxt

Trädslag	Planttyp	Kvalitetsklass							
		GK5		GK4		GK3		Ej GK <sup>1)</sup>	
		Vitala (%)	Tillväxt (cm)	Vitala (%)	Tillväxt (cm)	Vitala (%)	Tillväxt (cm)	Vitala (%)	Tillväxt (cm)
Pinus s.	JackPot	83,50	86,02 <sup>A</sup>	75,56	78,31 <sup>B</sup>	75,85	78,87 <sup>B</sup>	66,67	74,66 <sup>B</sup>
	PowerPot	77,29	70,78 <sup>A</sup>	67,55	71,43 <sup>A</sup>	70,70	71,94 <sup>A</sup>	60,81	62,60 <sup>B</sup>
Picea a.	JackPot	86,19	63,26 <sup>AB</sup>	82,77	66,15 <sup>A</sup>	<b>77,08</b>	60,35 <sup>BC</sup>	69,33	55,81 <sup>C</sup>
	PowerPot	83,39	49,75 <sup>AB</sup>	76,15	52,67 <sup>A</sup>	72,08	46,95 <sup>BC</sup>	58,58	44,97 <sup>C</sup>
Pinus c.	JackPot	<b>86,48</b>	82,59 <sup>A</sup>	<b>86,42</b>	83,64 <sup>A</sup>	75,91	<b>86,13<sup>A</sup></b>	<b>72,56</b>	<b>82,52<sup>A</sup></b>
	PowerPot	81,44	<b>87,78<sup>A</sup></b>	82,89	<b>87,70<sup>A</sup></b>	72,37	85,18 <sup>A</sup>	60,14	77,06 <sup>B</sup>

1) På fuktig och blöt mark = i mineraljordsfläck eller harvspår; på torr mark = humusfläck eller omvänd torva utan mineraljord, samt; oavsett markfuktighet = ej markberett eller <10cm till opåverkad humus.

Skillnader i höjdtillväxt och andel vitala plantor efter fem år för de olika trädslagen och planttyperna kunde även ses beroende av bördighetsklass (tabell 10).

För samtliga trädslag och planttyper bortsett från powerpotplantor av contortatall hade plantor på goda marker en signifikant högre höjdtillväxt än plantor på svaga och medelgoda marker. Detsamma gällde för skillnaden i höjdtillväxt mellan svaga och medelgoda marker där höjdtillväxten var signifikant högre på medelgoda marker för samtliga plantor med undantag från jackpotplantor av contortatall.



Contorttallplantor oberoende av planttyp hade på svaga och medelgoda marker en signifikant högre höjdtillväxt än tall- och granplantor. Tallplantor hade i sin tur en signifikant högre höjdtillväxt än granplantor på svaga och medelgoda marker. Jackpotplantor hade en signifikant högre höjdtillväxt än powerpotplantor på svaga och medelgoda marker med undantag från contorttall på svaga marker. Den enda signifikanta skillnaden mellan trädslagen och planttyperna på goda marker var att powerpotplantor av gran hade en signifikant lägre höjdtillväxt än övriga planttyper och trädslag.

Andel vitala plantor efter fem år var högre för jackpotplantor än powerpotplantor för samtliga trädslag oberoende av bördighetsklass. Skillnaderna var större på svaga och goda marker jämfört med på medelgoda marker.

Tabell 10. Andelen vitala plantor efter fem år i fält. Tillväxten omfattar vitala plantors höjdtillväxt under fem år utifrån trädslag, planttyp och bördighetsklass. Bokstäverna A-E symboliserar parvisa jämförelser (Tukey's test) för de olika planttypernas tillväxt mellan de olika kvalitetsklasserna. Olika bokstäver indikerar en signifikant skillnad i höjdtillväxt

		Bördighetsklass					
		SI 14–18		SI 18–22		SI 22–26	
Trädslag	Planttyp	Vitala (%)	Tillväxt (cm)	Vitala (%)	Tillväxt (cm)	Vitala (%)	Tillväxt (cm)
Pinus s.	JackPot	78,38	65,75 <sup>C</sup>	73,76	83,09 <sup>B</sup>	<b>95,60*</b>	93,85 <sup>A</sup>
	PowerPot	70,08	54,28 <sup>C</sup>	69,49	76,55 <sup>B</sup>	90,50*	<b>95,18<sup>A</sup></b>
Picea a.	JackPot	81,99	49,21 <sup>C</sup>	<b>76,23</b>	61,55 <sup>B</sup>	76,74	92,58 <sup>A</sup>
	PowerPot	70,97	39,99 <sup>C</sup>	73,87	49,34 <sup>B</sup>	70,74	78,66 <sup>A</sup>
Pinus c.	JackPot	<b>87,91</b>	71,62 <sup>B</sup>	73,75	77,89 <sup>B</sup>	84,81*	92,92 <sup>A</sup>
	PowerPot	77,33	<b>72,96<sup>B</sup></b>	73,09	<b>89,60<sup>A</sup></b>	71,88	90,12 <sup>A</sup>

\* Analysen baserad på färre än 250 individer.

## 4 Diskussion

### 4.1 Planteringspunktens indikatorer

Samtliga använda indikatorer i SCA:s klassificeringssystem av markberedning och planteringsåtgärder har en sak gemensamt, de har en låg förklaringsgrad för höjdtillväxten för samtliga trädslag, planttyper och bördighetsklasser. Det betyder att de indikatorer som kvalitetsklassningen bygger på inte enskilt kan förklara variansen i höjdtillväxt efter fem år.

Den indikatorn som i högst grad påvisade signifikanta samband med höjdtillväxten var avståndet till opåverkad mark där ett ökat avstånd ökade den potentiella höjdtillväxten. En anledning till detta kan vara att avstånd till opåverkad mark är kopplat till vegetationskonkurrens (Nilsson & Örlander, 1999). Således bör ett ökat avstånd till opåverkad mark minska vegetationskonkurrensen och därmed öka den potentiella höjdtillväxten för en planta. Eftersom förklaringsgraden var låg även för avståndet till opåverkad mark kan däremot inte heller den indikatorn ses som en förklarande indikator för variationen i höjdtillväxt.

Analyserar man istället hur de olika indikatorerna påverkar sannolikheten för att en planta är vital efter fem år i fält kan man tyda olika mönster för de olika trädslagen, planttyperna och bördighetsklasserna.

För tallplantorna är det tydligt att mineraljordstäckningen hade en inverkan på sannolikheten för vitala plantor då en ökad mineraljordstäckning ökade sannolikheten vilket styrks av resultaten från Wallertz et al. (2018) som visade att en ökad mineraljordstäckning förbättrade överlevnaden hos plantor.

För gran är det istället avståndet till opåverkad mark som sticker ut som den tydligaste indikatorn på en ökad sannolikhet för vitala plantor. För både jackpot- och powerpotplantorna ledde ett ökat avstånd en ökad sannolikhet. Nordlander et al. (2000) konstaterade att ett avstånd till opåverkad mark över 10 cm inte gav någon ytterligare effekt på överlevnaden, något som inte går i linje med resultaten från denna studie.

Analysen av sannolikheten för vitala plantor av jackpot- och powerpotplantor av contortatall indikerade att framförallt plantplaceringen hade en inverkan på resultaten. Sannolikheten för vitala plantor var högst i fläckar och det verkade inte vara någon skillnad mellan omarboredda punkter och omvända torvor. För granplantorna är resultaten det motsatta, där är det istället plantplacering omvänd torva som har den högsta sannolikheten för vitala plantor. Detta kan förklaras av de olika lokaler som de olika trädslagen planteras på. Contortatallen planteras mer ofta på torra och friska med lägre bördighetklass (Hallsby, 2013) där plantering i fläck möjliggör en högre tillgång på vatten där plantor i upphöjda lägen kan torka ut och dö (von der Gönna, 1994). Granen används generellt på fuktiga, blöta och mer bördiga marker där plantering i fläck istället kan leda till uppfrysning eller översvämning (Hansson et al., 2014). Detta kan styrkas ytterligare då sannolikheten för vitala plantor är högre i omvända torvor än fläck på marker med hög bördighetklass och tvärtom på marker med medelgod bördighetsklass.

Samtliga resultat kan härledas till Souths (2000) pyramid (Figur 1) där det tydligt framgår att den enskilt viktigaste faktorn för ett tillfredställande förnygringsresultat är planteringsmiljön, vilket styrks av dessa resultat då det är framförallt planteringspunktens egenskaper som påverkat resultaten. Tydligt är också att planthanteringen till viss del påverkat resultaten genom plantörens val av plantplacering och även plantornas morfologi (planttyp) har haft en inverkan på indikatorernas betydelse.

## 4.2 SCA:s klassificeringssystem

Höjdtillväxten och andelen vitala plantor varierade mellan de olika kvalitetsklasserna i SCA:s klassificeringssystem för markberedning och planteringsåtgärder för de olika trädslagen och planttyperna. På den ej godkända kvalitetsklassen "Ej GK" var generellt sett både höjdtillväxten och överlevnaden lägre jämfört med på de godkända kvalitetsklasserna, vilket tyder på att kriterierna för ett godkänt markberednings- och planteringsarbete faktiskt har en inverkan på förnygringsresultatet. Jämför man höjdtillväxten för de olika trädslagen och planttyperna mellan kvalitetsklasserna är däremot skillnaderna generellt sett små. För 3 av 6 plantkombinationer fanns ingen signifikant skillnad i höjdtillväxt mellan de olika kvalitetsklasserna vilket tyder på att plantor planterade i de bättre kvalitetsklasserna generellt sett inte presterar bättre än plantor planterade i de sämre klasserna. Detta kan styrkas av Örlander et al. 1991 som påvisar att den optimala planteringspunkten varierar beroende på bland annat planteringslokal.

Kvalitetsklassningen av markberedning och planteringsåtgärder verkar däremot ha en inverkan på andelen vitala plantor efter fem år i fält. Generellt sett har plantor med kvalitetsklass GK5 högst överlevnad, följt av GK4, GK3 och Ej GK vilket väl motsvarar SCA:s kvalitetsklasser. Kraven på mineraljordstäckning i kvalitetsklas-

serna GK5 och GK4 är med stor sannolikhet anledningen till detta mönster då flertalet studier påvisat att arealen mineraljord runt en planta är starkt relaterat till ska-deomfattningen från snytbaggen (Nordlander et al., 2011; Wallertz et al., 2018).

### 4.3 Övriga resultat

Jackpotplantor av tall och gran har en signifikant högre medelhöjdtillväxt än powerpotplantor under de fem första åren i fält oberoende av kvalitetsklass och markens bördighetsklass. Detsamma gäller inte för contortotalen där powerpot- och jackpotplantor har en liknande medelhöjdtillväxt under de fem första åren. Generellt sett finns det en högre andel vitala jackpotplantor jämfört med powerpotplantor. Detta kan bero på att den större krukstorleken hos jackpotplantorna möjliggör en större rotmassa och ett mer utvecklat rotsystem vid planteringen (Ritchie & Dunlap, 1980) vilket i många fall resulterar i en mer motstånds- och konkurrenskraftig planta på marker med hög vegetativ konkurrens (Thiffault 2004). Att säga att planttypen (plantans morfologi) är den viktigaste faktorn för att erhålla en hög andel vitala plantor efter fem år är däremot missvisande då det framförallt är samspelet mellan de fyra faktorerna i Souths (2000) pyramid som är helt avgörande för ett tillfredställande förnygringsresultat. Resultaten har dock bevisat att plantors olika morfologiska attribut kan leda till skillnader i mortalitet och höjdtillväxt och att skillnaderna varierar beroende på planteringsmiljö och planthantering.

### 4.4 Styrkor och svagheter

SCA:s fasta provtyper, som studien är baserad på, innehåller en stor mängd data men då samtliga uppmätta bestånds- och plantvariabler inkluderades i en förklarande modell för höjdtillväxten kunde knappt 30% av skillnaden i höjdtillväxt förklaras. Det betyder att upp till 70% av variationen i höjdtillväxt ligger utanför studiens träffbild. Ett mer rationaliserat experimentupplägg i mer kontrollerbara miljöer kan eliminera delar av de brus och slumpvariabler som med stor sannolikhet påverkar resultaten i denna studie och ge en tydligare bild av vilka faktorer som faktiskt har en påverkan på höjdtillväxten och överlevnaden i fält.

Datamaterialet i denna studie är insamlat av en och samma person vilket gör att även om den mänskliga faktorn inte är låg, så är den åtminstone konstant. Det är med stor sannolikhet andra ej uppmätta variabler som exempel plantproveniensen, planthantering, planteringstidpunkt, planteringsår, lokalklimat och slumpen som lett till att resultatet har en låg förklaringsgrad.

Den stora mängden data är denna studiers styrka. Resultaten är baserade på över 36 000 plantor vilket får anses som betydande och få har haft möjligheten att studera en så stor databas med kontinuerligt insamlat material under 5 år. Datamängden har möjliggjort omfattande analyser där en del mönster och trender utkristalliserats. Det

går däremot att ifrågasätta om en mindre datamängd från ett mer vetenskapligt upp-  
lagt experiment kunnat ge mer precisa resultat med en lägre spridning.

#### 4.5 Framtida studier

För framtida studier inom området bör interaktionerna mellan de använda indikatorerna för kvalitetsklassning och en plantas tillväxt och överlevnad studeras under mer kontrollerade miljöer för att minimera variansen i data. Man bör också, enligt mig, mer i detalj studera plantornas tillväxt och näringsstatus för att få en tydligare bild av hur plantorna reagerar under olika mikroklimat. Att förklara skillnaderna i tillväxt och överlevnad mellan de olika trädslagen och planttyperna är även det något som jag anser bör vara av stor vikt för att vidare kunna utveckla och ytterligare ståndortsanpassa skogsbruket.

Oberoende om gränsvärdena för ett kvalitetsmässigt godkänt arbete är baserade på vetenskapligt bevisad kunskap eller erfarna tyckare bör dessa indikatorer och gränsvärden kontinuerligt utmanas och utvärderas för att ytterligare kunna spetsa till definitioner och tydliggöra skillnader mellan ett godkänt och ej godkänt arbete.

Skillnaderna mellan planttyperna är tydliga. Jackpotplantan har en generellt högre höjdtillväxt och överlevnad oberoende av kvalitetsklass eller bördighetsklass. På medelgoda marker är däremot skillnaderna i överlevnad små mellan jackpot- och powerpotplantor. Detta bör tas i beaktning vid framtida planering av förnygringsåtgärder då powerpotplantor kan vara ett mer kostnadseffektivt alternativ än jackpotplantor på dessa marker.

#### 4.6 Grad av generalisering

Att indikatorerna för kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder hade en låg förklaringsgrad för variansen i höjdtillväxt och sannolikheten för vitala plantor var att förvänta då framförallt geografiska, biotiska och abiotiska faktorer förväntas ha en betydligt större påverkan. Det fanns däremot signifikanta samband mellan indikatorerna för höjdtillväxten och sannolikheten för vitala plantor som jag anser bör förtydligas genom experiment i kontrollerade miljöer.

Den låga förklaringsgraden omöjliggör dock någon grad av generalisering gällande indikatorernas inverkan på höjdtillväxten och överlevnaden för de olika trädslagen, planttyperna och bördighetsklasserna.

De olika kvalitetsklasserna i SCA:s klassificeringssystem av markberednings- och planteringsåtgärder påvisade signifikanta skillnader i höjdtillväxt och sannolikheten för vitala plantor. Den förväntat bästa kvalitetsklassen GK5 var också den planteringspunkten som generellt sett påvisade den högsta andelen vitala plantor vilket,

med avseende till överlevnaden, styrker kvalitetsklassningen i kvalificeringssystemet. Andelen vitala plantor var generellt sett högre i de godkända planteringspunkterna jämfört med de ej godkända vilket antyder att de satta gränserna för ett kvalitetsmässigt godkänt arbete speglar de fysiska resultaten. Skillnaderna i höjdtillväxt mellan kvalitetsklasserna är för små för att i någon grad kunna generaliseras.

## 4.7 Slutsats

Indikatorerna som föreligger i SCA:s klassificeringssystem för markberednings- och planteringsåtgärder har betydelse för en plantas höjdtillväxt och överlevnad i fält beroende på trädslag, planttyp och bördighetsklass. Betydelsen är däremot generellt låg, mycket på grund av den stora spridningen i datamaterialet. Baserat på resultaten från studien anser jag därför att det i dagsläget inte finns tillräckliga belegg att förändra/förnya SCA:s riktlinjer för återbeskogning. Resultaten, med avseende på främst överlevnad, speglar klassificeringssystemets indelning av kvalitetsklasser till stor del. Däremot kan inga slutsatser dras gällande skillnader i höjdtillväxt mellan olika godkända kvalitetsklasser.

För att vidare utvärdera indikatorernas betydelse för förnygringsresultatet bör mer vetenskapligt utvecklade studier i kontrollerade miljöer vara nästa steg i det kontinuerliga arbetet att ytterligare kostnadseffektivisera och ståndortsanpassa ungskogfasen.

## Referenser

- Bergqvist, J., Fries, C., Svensson, L. (2017). Skogsstyrelsens återväxtuppföljning. Resultat från 1999–2016. Rapport nr 6.
- Burton, P & Bedford, L & Goldstein, M. & Osberg, M. (2000). Effects of disk trench orientation and planting spot position on the ten-year performance of lodgepole pine. *New Forests*. 20. 23–44. 10.1023/A:1006796412006.
- Grossnickle S.C. 2000 *Ecophysiology of Northern Spruce Species: The Performance of Planted Seedlings*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 409 pp., ISBN 0-660-17959-8
- Grossnickle, S.C & Major, J.E. (1994). Interior spruce seedlings compared with emblings produced from somatic embryogenesis. III. Physiological response and morphological development on a reforestation site. *Canadian Journal of Forest Research*. 24. 1397-1407. 10.1139/x94-180.
- Hallsby, G. (2013). Plantering av barrträd. Skogsskötselserien, kapitel 3. Andra upplagan. Tillgänglig på: [www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien](http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien). (2019-02-11)
- Hansson, L., Ring, E., Andersson Franko, M. & Gärdenäs, A. (2014). Impacts of mechanical site preparation on soil temperature and moisture content in a boreal forest regeneration area. In: in preparation.
- Hetsch, S. (2009). *Potential sustainable wood supply in Europe*. United Nations Economic Commission for Europe, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hjelm, K & Nilsson, U. & Örlander, G. (2012). A comparison of long-term effects of scarification methods on the establishment of Norway spruce. *Forestry*. 86. 91–98. 10.1093/forestry/cps062.
- Hägglund, B. and Lundmark, J-E (1999). Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. D. 3, Markvegetationstyper, skogsmarksflora. [Ny utg.]. Jönköping: Skogsstyrelsen, 1999. Print.
- Johnsen, K. H., Feret, P., & Seiler, J. (1988). Root growth potential and shoot activity of northern and southern provenances of 1-0 eastern white pine seedlings grown in a Virginia nursery. *Canadian journal of forest research*, volume 18.
- Kerkula, B., Bergqvist, J., Fries, C., Gällerspång, J., Reisek, J., Ringagård, J., Sollander, E., Svensson, L., Wågström, K. (2018). Föreskrifter för anläggning av skog – Regeringsuppdrag. Rapport nr 13.

- MacDonald, J.E., Owens J.N. 2006 Morphology, physiology, survival, and field performance of containerized coastal douglas fir seedlings given different dormancy - induction regimes  
*HortScience*4114161420
- MacKenzie, M.D., Schmidt, M.G. & Bedford, L. (2005). Soil microclimate and nitrogen availability 10 years after mechanical site preparation in northern British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 35(8), 1854-1866.
- Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Örlander, G & Puttonen, P (2010) Reforestation with planting in northern Europe, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25:4, 283-294, DOI: [10.1080/02827581.2010.498384](https://doi.org/10.1080/02827581.2010.498384)
- Nilsson, U & Örlander, G. (1999). Vegetation management on grass – Dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. *Can. J. For. Res.* 1999, 29, 1015-1026.
- Nordlander, G., Hellqvist, C., Johansson, K. & Nordenhem, H. (2011). Regeneration of European boreal forests: Effectiveness of measures against seedling mortality caused by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forest Ecology and Management* 262(12), 2354–2363.
- Nordlander, G., Örlander, G. Petersson, M., Bylund, H., Wallertz, K. Nordenhem, H. & Långström, B. (2000). Snytbaggebekämpning utan insekticider - slutrapport från ett TEMA-forskningsprogram. SLU, Asa försökspark, Rapport 1–2000: 1–77.
- Oliver, J., Leiter, T & Linke, J. (2013). *Adaptation Made to Measure: A guidebook to the design and results-based monitoring of climate change adaptation projects*. Berlin: GIZ, 2013.
- Pinto, J.R. (2011). Morphology targets: What do seedling morphological attributes tell us? In: Riley, L. E.; Haase, D. L.; Pinto, J. R., tech. coords. *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations - 2010*. Proc. RMRS-P-65. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 74-79.
- Pinto, J.R., Dumroese, K.P., Davis, A.S. & Landis T.D. (2011). Conducting seedling stocktype trails: A new approach to an old question. *Journal of Forestry*, Volume 109, Issue 5, July 2011, Pages 293-299, <https://doi.org/10.1093/jof/109.5.293>
- Ritchie, G., & Dunlap, J. (1980). Root growth potential: its development and expression in forest tree seedling. *New Zealand Journal of Forestry Science*, volume 10.
- Rowan, S.J. (1987). Nursery seedling quality affects growth and survival in outplantings. Georgia Forestry Commission, Georgia Forest Research Paper # 70. 15 p.
- Sahlén K, Goulet F (2002) Reduction of frost heaving of Norway spruce and Scots pine seedlings by planting in mounds or in humus. *New For* 24:175–182
- SCA. (2012). Användarmanual ”Fasta Provytor i plantering”. Timrå: SCA Skog AB.
- SCA. (2015). Instruktion för klassificering av markberedningspunkter. Timrå: SCA Skog AB.
- Skogsdata, (2018). Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. Inst f. skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
- Skogsstyrelsen (2018). Effektiv skogsskötsel – delrapport inom samverkan för ökad skogsproduktion. Rapport 2018/2.



- Skogsstyrelsen statistikdatabas. <http://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistikdatabas/> (Utdrag: 2019-03-18, 09:53)
- South, D.B. (2000). Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth. Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station, Forestry and Wildlife Research Series No. 1.
- South, D.B., Boyer, J.N., Bosch, L. (1985). Survival and growth of loblolly pine as influenced by seedling grade: 13-year results. *South. J. Appl. For.* 9:76-81.
- Streiffert, T. (1957). *Världens framtida virkesförsörjning World timber trends and prospects*. Stockholm: Kungl. Skogshögskolan. Print.
- Thiffault, N., Jobidon, R & Munson, A. (2003). Performance and physiology of large containerized and bare-root spruce seedlings in relation to scarification and competition in Québec (Canada). *Annals of Forest Science.* 60. 645-655. 10.1051/forest:2003057.
- Thiffault, N. (2004). Stock type in intensive silviculture: a (short) discussion about roots and size. *For Chron* 80:463-468.
- von der Gönna, M. A. (1994). *Site preparation: microsite selection and planting stock performance. Regen* (No. 5). Note.
- Wallertz, K., Björklund, N., Hjelm, K., Petersson, M & Sundblad, L-G. (2018). Comparison of different site preparation techniques: quality of planting spots, seedling growth and pine weevil damage. *New Forests.* 49. 10.1007/s11056-018-9634-8.
- Williams, H.M., South, D.B & Glover, G.R. (1988). Effects of bud status and seedling biomass on root growth potential of loblolly pine. *Can. J. For. Res.* 18: 1635-1640.
- Örlander, G., Gemmel, P. & Hunt, J. (1990). Site preparation: a Swedish overview. *FRDA Report* (105), 1–61.
- Örlander, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C. (1991). Markberedningsmetodens, planteringsdjupets och planteringspunktens betydelse för plantors etablering i ett område med låg humiditet i södra Sverige. Swedish University of Agricultural Science, Department of Silviculture, Umeå, Sweden, Report no 33, 92 pp.
- Örlander, G., Egnell, G. & Albrektson, A. (1996). Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. *Forest Ecology and Management.* 86. 27–37. 10.1016/S0378-1127(96)03797–8.
- Örlander, G. & Nordlander, G. (1998). Skärmar, markberedning och andra skogsskötselåtgärder - kan de minska snybaggeskadorna? *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 137(15): 59–69.

### **Muntliga referenser**

- Lantz, Mats-Åke. (2019). Lantz skogsvård, utbildningsledare och kvalitetsansvarig för Lantz Skogsvård, tidigare skogsvårdsansvarig SCA skog AB. Personlig kommentar. 2019-03-08.



## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2021:15 Författare: Tim Schacherl  
Evaluating Drought Impacts on Ecosystem Water Use Efficiency of Three Different Boreal Forest Sites
- 2022:01 Författare: Alice Cosatti  
The end of the timber frontier in northern Sweden – Early logging, natural forests and the frontier concept
- 2022:02 Författare: Pontus Nyqvist  
Utvärdering av metod för att morfologiskt särskilja björkarterna *Betula pendula* och *Betula pubescens*
- 2022:03 Författare: Julia Nygårdh  
Mosippans (*Pulsatilla vernalis* L.) reaktion på brandstörning  
– En populationsstudie på en av Sveriges rikaste mosippslokaler
- 2022:04 Författare: Oskar Karlsson  
Effects on natural seed regenerated Silver birch (*Betula pendula* Roth) and Downy birch (*Betula pubescens* Ehrh) by mechanical soil scarification and environmental factors
- 2022:05 Författare: Eric Lundqvist  
Riparian forests – a comparison of tree diversity, deadwood and canopy cover between primary and production riparian forests along headwaters
- 2022:06 Författare: Louise Nordström  
Growth and development of *Eucalyptus grandis* seedlings in response to arginine phosphate application
- 2022:07 Författare: Alice Falk  
Towards climate optimised riparian buffer zones in boreal forests. Investigation of clearcutting effects on soil temperature, soil moisture and greenhouse gas fluxes in riparian buffer zones with different widths
- 2022:08 Författare: Pelle Kronborg  
Biogeochemistry and Peat Properties of Restored Peatlands
- 2022:09 Författare: Andreas Souropetis  
Influence of forest mires on wildfire  
A landscape analysis of the 2014 Västmanland forest fire
- 2022:10 Författare: Leon Hauenschild  
Alteration of the forest structure in historically impacted *Nothofagus* spp. forests on the Brunswick peninsula.  
Recommendations for their protection and management.
- 2022:11 Författare: Axel Strömberg  
The evaluation of novelty kilns: drying msasa wood at a small scale sawmill in Mozambique
- 2022:12 Författare: Andreas Karlstrand  
Samband mellan föryngringsresultatet år 5 och kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder på SCA:s fasta provytor i norra Sverige.