

Hur många planterade plantor försvinner?

Jonas Öhlund, Mattias Berglund, Märtha Wallgren, Rasmus Sörensen
& Jon Ahlinder



Innehåll

Förord	3
Summary	4
Sammanfattning	5
Bakgrund	6
Syfte och mål	7
Material och metoder	7
BETT-försöket	8
Planteringsuppföljningar i Norra Sverige	9
Planteringsuppföljningar i Södra Sverige	11
Beräkningar och statistiska analyser	12
Resultat	12
BETT-försöket	12
Planteringsuppföljningar i Norra Sverige	15
Planteringsuppföljningar i Södra Sverige	18
Diskussion	21
Slutsatser	23
Referenser	23



skogforsk

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

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 9 april 2024 av Line Djupström, biträdande programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 10 april 2024.

Redaktör: Caroline Rothpfeffer, caroline.rothpfeffer@skogforsk.se

©Skogforsk 2024 ISSN 1404-305X

Förord

I detta projekt analyserades tre tidigare insamlade dataset från pågående och avslutade förnygringsstudier med totalt närmare 40 000 GPS-positionerade planterade tall- och granplantor. Det primära målet med projektet var att undersöka hur många av de planterade plantorna som dör och försvinner, respektive dör och återfinns i sin planteringspunkt, efter en och två vegetationsperioder. Resultaten har stor betydelse för att kunna skatta hur många av de döda plantorna som aldrig hittas i Förnygringskollens inventeringar.

Stort tack till markägarna Holmen AB, Häradsmarkens AB, SCA (Svenska Cellulosa Aktiebolaget), Stora Enso Skog och Mark AB, Sveaskog AB, Södra Skogsägarna ekonomisk förening och Växjö stift som generöst upplåtit mark till försöken. Vi tackar även SCA och Helena Gålnander på Stora Enso som hjälpt oss med avkodningen av plantuppföljningarna i norra och södra Sverige. Och inte minst vill vi tacka fältinventerarna Göran Nordkvist, Leif Oscarsson, Michael Krook, Mats Jonasson, Staffan Williamsson och Hagos Lundström. Ett särskilt tack riktas avslutningsvis till Gunnar Hedlunds minnesfond som finansierat studien.

Sävar, februari 2024

Jonas Öhlund, Mattias Berglund, Märtha Wallgren, Rasmus Sörensen & Jon Ahlinder

Summary

Since the beginning of 2022, Skogforsk has been running the project Föryngringskollen. It is a five-year collaborative initiative between Skogforsk and eight forest companies/owner associations: Sveaskog, Stora Enso, Holmen Skog, Södra Skog, Mellanskog, Norra Skog, SCA and Skogssällskapet. The goal is to increase the understanding of the causal relationships that underlie early mortality of planted Scots pine and Norway spruce seedlings. During the project's five years, extensive annual inventories are carried out in randomly selected plantations at the participating forest companies.

The results from the first year's inventories were recently published in a report on Skogforsk website. One surprising result from the inventories was the low number of registered planted seedlings, especially in Norrland and Svealand, with 1,300 and 1,400 seedlings per hectare respectively, compared to the expected 2,000–2,500 seedlings per hectare.

Due to the results above, a discussion has arisen as to whether there may be a risk that planted seedlings that have died shortly after planting have had time to disappear by the time the Föryngringskollen inventory is carried out in the autumn after the first growing period. If so, this could be a partial explanation for the low measured number of seedlings and could have a major implication on what measures should be taken to improve the situation.

By using three previously collected datasets with a total of almost 40,000 GPS-positioned planted seedlings where "missing seedlings" were carefully registered, the goal was to be able to get a better picture of how large this proportion of missing seedlings is and in the long run how much this group of seedlings contributes to the low numbers registered in the Föryngringskollen inventories.

The analyses in this study showed that the total proportion of missing planted seedlings is relatively low, between 1 and 3 per cent after one and two growing seasons, both in northern and southern Sweden. Dissolved and missing seedlings can therefore not be interpreted as a main reason for the low number of seedlings registered in Föryngringskollen inventories in 2022.

Sammanfattning

Sedan början av 2022 driver Skogforsk projektet Föryngringskollen. Projektet är ett femårigt samverkansprojekt mellan Skogforsk och åtta skogsföretag/skogsägarföreningar: Sveaskog, Stora Enso, Holmen Skog, Södra Skog, Mellanskog, Norra Skog, SCA och Skogssällskapet. Målet är att öka förståelsen för de orsakssamband som ligger bakom den tidiga plantdöden hos planterade tall- och granplantor. Under projektets fem år utförs omfattande årliga inventeringar i slumpmässigt utvalda planteringar hos de medverkande skogsföretagen.

Resultaten från det första årets inventeringar presenterades nyligen i en arbetsrapport, publicerad i Kunskapsbanken på Skogforsks webb. Ett överraskande resultat från inventeringarna var de låga registrerade plantantalen framför allt i Norrland och Svealand med 1 300 resp. 1 400 plantor per hektar mot det förväntade 2 000–2 100 plantor per hektar.

Med anledning av resultaten ovan har en diskussion uppstått om det kan finnas en risk att planterade plantor som dött kort efter planteringen har hunnit försvinna till dess att Föryngringskollens inventering utförs på hösten efter den första vegetationsperioden/tillväxtsåongen. Detta skulle i så fall kunna vara en delförklaring till de låga uppmätta plantantalen och kunna få stor betydelse för vilka åtgärder som bör sättas in för att förbättra situationen.

Genom att i detta projekt nyttja data från tre tidigare fleråriga inventeringar med totalt närmare 40 000 GPS-positionerade planterade plantor, där ”saknade plantor” noga registrerats, var målet att kunna få en bättre uppfattning av hur stor denna andel döda plantor utgör samt i förlängningen, hur mycket denna grupp av plantor bidrar till de låga plantantalen som registrerats i Föryngringskollens inventeringar.

Samtliga analyserade dataset i studien visade att den totala andelen försvunna plantor är förhållandevis låg, mellan 1 och 3 procent efter en och två vegetationsperioder sedan plantering, både i norra och södra Sverige. Förmultnade och helt försvunna plantor kan därför inte tolkas som en huvudsaklig orsak till det låga plantantal som registrerats i Föryngringskollens inventeringar 2022.

Bakgrund

Markberedning följt av plantering är den helt dominerande förnygringsmetoden inom det svenska skogsbruket och årligen planteras ca 400 – 450 miljoner plantor. Merparten av de planterade plantorna är förädlade tall- eller granplantor (Skogsstyrelsens statistikdatabas).

På senare tid har flera undersökningar påvisat att mortaliteten för planterade plantor under etableringsfasen är hög. Gålnander m.fl. (2020) och Holmström m.fl. (2019) visade att 20–30 procent av de planterade plantorna hade dött under de tre första åren efter plantering. Samtidigt har nyligt publicerade studier både från norra och södra Sverige påvisat ett betydligt lägre antal planterade plantor än förväntat i förnygringarna (Sörensen m.fl 2023, Sörensen m.fl. 2024). Även i Skogsstyrelsens omfattande uppföljningar av återväxtens kvalitet, där också självföryngrade plantor ingår, syns oroväckande tecken på en nedgång i andelen godkända förnygringar (Skogsstyrelsen 2023, Skogsstyrelsen 2022). I den senaste inventeringen låg andelen godkända förnygringar på 80 procent vilket är en minskning med 4 procentenheter från förra inventeringen och den lägsta andelen godkända förnygringar på 10 år (Skogsstyrelsen 2023).

Mot den bakgrunden startade Skogforsk, tillsammans med åtta skogsföretag och skogsägarföreningar, under 2022 det femåriga projektet Förnygringskollen. Inom ramen för projektet genomförs under flera år en landsomfattande, storskalig surveystudie i slumpmässigt utvalda planteringar med syfte att hitta viktiga orsakssamband till varför planterade plantor dör (Berglund m.fl. 2022). Resultaten från inventeringarna analyseras och presenteras årligen under projektets gång för att på så sätt ge förutsättningar för en snabb implementering av nyvunnen kunskap i det praktiska skogsbruket, och om möjligt visa på förbättringar redan under projektets gång.

Det första året i Förnygringskollen var ett testår, då projektets infrastruktur byggdes upp och dataflöden provades. Inventeringen under teståret genomfördes i mindre skala än vad som utförs under de efterföljande åren. Totalt inventerades 119 planteringar, jämnt fördelade mellan Götaland, Svealand och Norrland. Inventeringen utfördes under hösten 2022, en vegetationsperiod/tillväxtsång efter plantering, i tall- och granförnygringar som planterats antingen hösten 2021 eller våren 2022.

Resultaten från det första årets inventeringar presenterades i en arbetsrapport (Öhlund m.fl. 2023), publicerad i Kunskapsbanken på Skogforsks webb. Ett överraskande resultat var de låga registrerade genomsnittliga plantantalen framför allt i Norrland och Svealand (1 300 resp. 1 400 plantor per hektar). I dessa två regioner var också överensstämmelsen mellan det antal plantor som enligt företagets register hade planterats och det antal som hittades vid inventeringen låg, i medeltal saknades 800 och 670 plantor per hektar i Norrland respektive Svealand. Resultaten ledde till en diskussion om huruvida det finns en risk att planterade plantor som dött kort efter planteringen har hunnit försvinna till dess att Förnygringskollens inventering utförs. Detta skulle i så fall kunna vara en delförklaring till de låga uppmätta plantantalen, och ha stor betydelse för vilka åtgärder som bör sättas in för att förbättra situationen. Eftersom de döda plantorna också tillför mycket information till Förnygringskollen, exempelvis om vilka planteringspunkter som ger högst mortalitet, är det också viktigt för projektet att så många som möjligt av de döda plantorna återfinns.

Även om det finns ett stort antal studier som har undersökt plantmortalitet efter plantering (Sikström m.fl. 2020) har vi inte hittat någon rapport som specifikt redovisar hur många plantor som helt försvunnit från planteringsstillfället fram till inventering efter en vegetationsperiod. I flertalet studier (t.ex. Nordin m.fl. 2022, Nordin m.fl. 2023, Häggström m.fl. 2021) har ”försvunna plantor” registrerats vid inventering, men i analyserna av resultaten endast räknats som ”döda” (personlig kommunikation Per Nordin PC skog).

Bakgrunden till att saknade plantor normalt räknas in bland de döda är att andelen försvunna plantor kort efter plantering generellt uppfattas som låg bland både föryngringsforskare och de som utför fälтарbetet och har lång fälterfarenhet. Om andelen saknade plantor i försök generellt hade varit hög hade det sannolikt uppmärksammats mer inom föryngringsforskningen (personlig kommunikation Urban Nilsson SLU, Mikael Andersson SLU).

Resonemanget ovan gäller kontrollerade föryngringsförsök och det är inte säkert att samma mönster finns för praktiska planteringar vilket är fokus i denna studie. För tolkningen av resultaten gällande plantantal inom Föryngringskollen är det andelen saknade plantor i just praktiska planteringar som är relevant.

Syfte och mål

Projektets primära syfte var att undersöka hur stor andel av planterade plantor som dör och försvinner mellan tidpunkten för plantering och hösten efter den första respektive andra vegetationsperioden samt hur detta påverkas av:

- Trädslag: tall och gran
- Plantstorlek: planttyp där så är möjligt
- Geografiskt läge (norr mot syd)

I de tre dataseten har plantor registrerats årligen tillsammans med kategorisering av om plantan är död men finns kvar på platsen, eller om den är helt försvunnen från planteringspunkten där den satt året innan.

Resultaten från projektet kommer att användas i samband med tolkningen av de registrerade plantantalen i Föryngringskollen.

Material och metoder

I projektet har tre befintliga dataset från praktiska planteringar utnyttjats;

1. BETT-försöket (Betets Effekter för Tallens Tillväxt).
2. Plantuppföljning i Norra Sverige (delar av SCA:s årliga planteringsuppföljningar).
3. Plantuppföljning i Södra Sverige (Södras och Skogssällskapets planteringar).

Försöken anlades mellan åren 1998–2018 och innehåller tillsammans närmare 40 000 positionsbestämda plantor geografiskt spridda över landet. Det finns vissa skillnader

mellan dataseten, bland annat gällande den tid som fortlöpt mellan plantering och det första inventeringstillfället, vilket medför att direkta jämförelser av resultaten mellan de olika dataseten bör tolkas med motsvarande förbehåll. Nedan beskrivs de tre dataseten var för sig.

BETT-försöket

Skogforsk driver sedan 2012 det så kallade BETT-försöket (Betets Effekter för Tallens Tillväxt) (Wallgren 2023). Syftet är att studera viltbetets långsiktiga effekter på produktionsskogens tillväxt och kvalitet. Försöket anlades mellan 2012 och 2014 och finns replikerat på 21 lokaler, fördelade på sju inventeringsområden från Västerbotten i norr till Småland i söder (Figur 1). Försöket består av 30 x 30 kvadratmeter stora hägnade och ohägnade provytor och innehåller totalt cirka 25 000 plantor, varav cirka 2/3 är tall och 1/3 är gran. Försöket lades ut i samband med planteringen då också en första registrering av samtliga plantor gjordes. Tidsspannet mellan plantering och första registrering varierade men låg normalt mellan 1–4 veckor efter plantering. Den information som samlades in om varje planta vid etableringen var position med en noggrannhet på några centimeter (TopCon-GPS med hög precision och upplösning), samt höjd och vitalitet. Varje planta fick då ett unikt ID-nummer och en exakt position, vilket möjliggör att följa den år efter år. Efterföljande inventeringar har genomförts årligen på hösten efter varje vegetationsperiod och har då även inkluderat variabler som beskriver bete och andra skador, samt mer detaljerade tillväxtmått som toppskottslängd, antal sidoskott och brösthöjdsdiameter (när plantorna kommit över 130 cm).

Vitaliteten registreras i BETT-försöket i tre klasser för de levande plantorna och tre klasser för de döda plantorna och det är de sistnämnda som är av särskilt intresse i den här studien:

1. Död planta som står kvar i sin planteringspunkt
2. Död planta som ligger på marken bredvid planteringspunkten
3. Försvunnen planta som ej går att återfinna

Försökets storlek, geografiska spridning, långa uppföljning och detaljerade information om varje enskild planta, inte minst de tre olika klasserna av döda plantor, gör det till ett värdefullt material för att studera hur fort döda plantor försvinner och blir omöjliga att hitta vid inventeringar. Plantsortimentet utgjordes av markvärdarnas standard för området, det vill säga inga särskilda plantor valdes att ingå i försöket utan instruktionen löd att samma plantor skulle sättas som om forskningsförsöket inte fanns där. Planteringen utfördes av markägarens egen personal eller entreprenörer anlitade av markägaren.



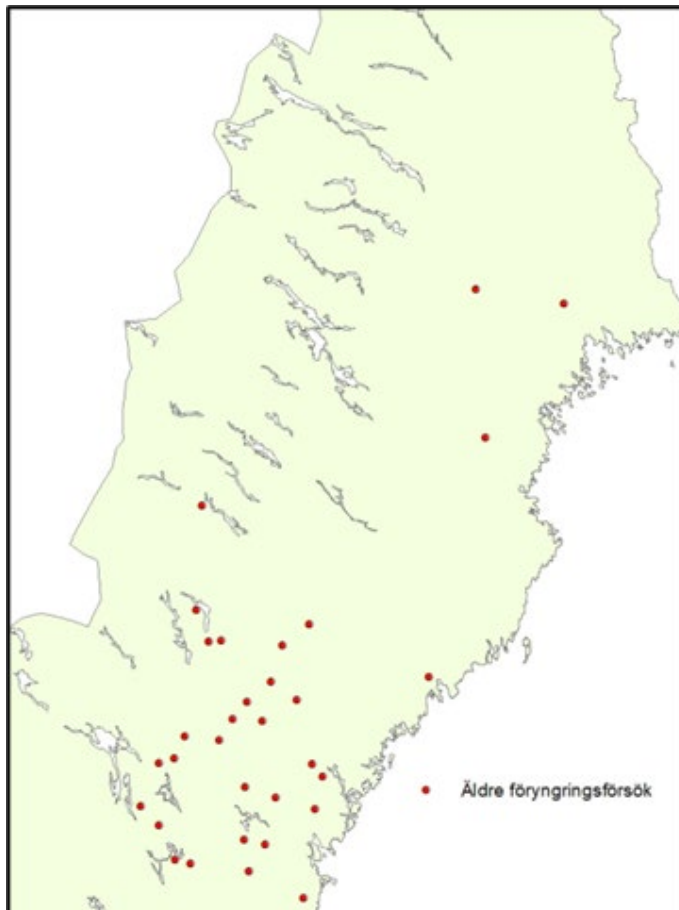
Figur 1. De 21 inventeringsbestånden i BETT-försöket, fördelade på 7 områden. Inom varje inventeringsområde ingår tre bestånd med varierande bördighet. I vissa fall ligger bestånden så nära varandra att punkterna överlappar varandra på kartan.

Planteringsuppföljningar i Norra Sverige

Företaget SCA följer årligen upp vitalitet och tillväxt på ett urval av sina förnygringar och delar av detta material har tidigare används för att studera hur stor andel av de planterade plantorna som överlever fram till röjning (Gålnander m.fl. 2020). I varje bestånd läggs tio stycken 100 kvadratmeter stora cirkelprovytor ut slumpmässigt, vilka inventeras 0, 1, 3, 5 och 10 år efter plantering. Avståndet mellan cirkelprovytorna varierar beroende på beståndets storlek och samtliga provytor placeras på enbart produktiv skogsmark helt utan impediment, hänsyn, avsättningar eller blöta partier. Om de helt eller delvis hamnar utanför produktiv skogsmark flyttas de vinkelrät från hyggeskanten in på hygget. I denna studie analyserades totalt 7 060 koordinatsatta plantor (4 142 gran- och 2 918 tallplantor) fördelade på 38 bestånd. Försöken anlades under åren 1998–2003 och är spridda över Norrland, med huvudparten i mellersta Norrland (Figur 2).

Plantmaterialet utgjordes av direktodlade (plantor i tillväxt) täckrotsplantor av typen Jackpot (50 cm³ krukvolym) och PowerPot (25 cm³ krukvolym) från SCA:s plantskola i Bogrundet. Av de 38 analyserade bestånden var enbart två planterade med PowerPot och resterande med Jackpot.

Markberedningsmetoden dominerades av högläggning och harvning men även fläckmarkberedning förekom i ett fåtal bestånd. Fuktighetsklassen var frisk i samtliga bestånd utom i ett och fältvegetationen dominerades av blåbärstyp. Ståndortsindex (H100) varierade mellan 15 och 27 meter och medelvärdet på den beräknade temperatursumman var 943.



Figur 2. Geografisk placeringen av de 38 försöksytorna som ingår i datasetet "Plantuppföljningar i Norra Sverige". Observera att en del prickar överlappar varandra.

Utläggning och inventering genomfördes i enlighet med SCA:s uppföljningsprogram (Söderbäck 2012). Cirkelprovyternas centrum markerades med ett metallrör och därifrån kordinatsattes varje planterad planta med hjälp av Haglöfs Postex Laser (med en noggrannhet på 4 cm). Ytorna anlades och inventerades första gången i samband med planteringen och därefter 1, 3, 5 och 10 vegetationsperioder efter plantering. Vid varje inventeringstillfälle registrerades plantornas höjd och vitalitet och därefter beskrevs planteringspunkten i enlighet med SCA:s uppföljningsprogram (Söderbäck 2012). Vitaliteten registrerades i fem klasser: 1) Frisk, 2) Lätt skadad, 3) Svårt skadad, 4) Död, och 5) Saknad. I detta projekt är främst registreringen av saknade plantor efter första vegetationsperioden av intresse då dessa uppföljningar tidsmässigt motsvarar Förnygringskollens inventeringar och därför ger indikationer på hur stor andel av plantorna som försvinner.

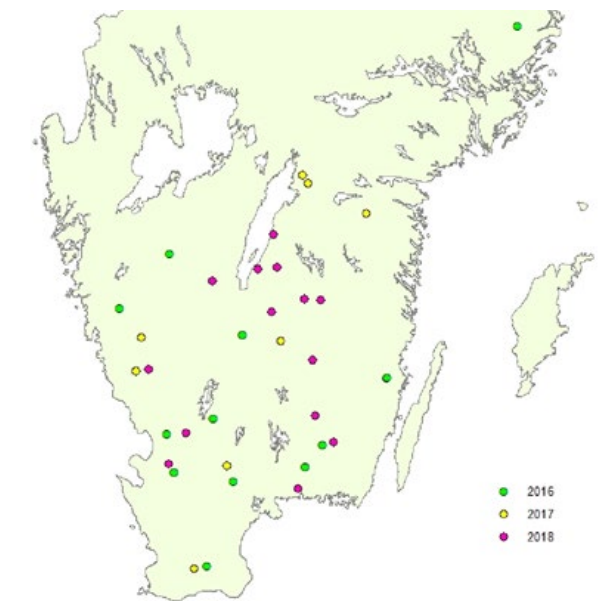
Planteringsuppföljningar i Södra Sverige

Detta dataset består av 8 644 GPS-positionerade plantor (6 277 gran- och 2 366 tallplantor¹) fördelade på 37 bestånd med 10 provytor i varje, där planteringen utförts av Södra och Skogssällskapet (Figur 3). Till skillnad från det norra datasetet utgjordes plantmaterialet av flera olika planttyper och plantorna var generellt större (över 50 cm³ i krukvolym) än i det norra datasetet.

Försöken etablerades under åren 2016, 2017 och 2018 på breddgrader mellan 55°35 N och 59°45 N. Urvalet av bestånd genomfördes enligt följande kriterier:

- Endast tall- och granplanteringar.
- Ståndortsindex högre än G24 och T22.
- Beståndets yta större än två hektar, men fick bestå av flera åtskilda delar.
- Avverkning har skett mindre än tre år innan plantering.
- Plantering har skett samma vår som inventeringen genomfördes.
- Inga begränsningar avseende planttyp.
- Jämn fördelning mellan antalet tall- och granbestånd.

Registrering och inventering utfördes enligt SCA:s uppföljningsprogram för långsiktiga förnyringsförsök (Söderbäck 2012). I detta sydliga delprojekt utfördes planteringen under våren, men den första inventeringen genomfördes först i juli månad, efter cirka en halv tillväxtsäsong då också gps-positionering av plantorna skedde. Ytterligare inventeringar utfördes sedan efter 2, 3, 4, och 6 tillväxtsäsonger. Mätningar har hittills genomförts till och med år 2022, vilket innebär att ytor anlagda år 2016 och 2017 har inventerats fram till 6 tillväxtsäsonger efter plantering, och ytor planterade år 2018 inventerats fram till 4 tillväxtsäsonger efter plantering. Till skillnad från det norra datasetet inventerades aldrig plantorna direkt i anslutning till planteringen då detta inte harns med som planerat.



Figur 3. Geografisk placering av de 37 inventerade bestånden som ingår i datasetet "Plantuppföljningar i södra Sverige". Punkternas färg anger året då trakten började inventeras. Observera att en del prickar överlappar varandra.

¹ I en planteringspunkt var trädslag inte registrerat.

Beräkningar och statistiska analyser

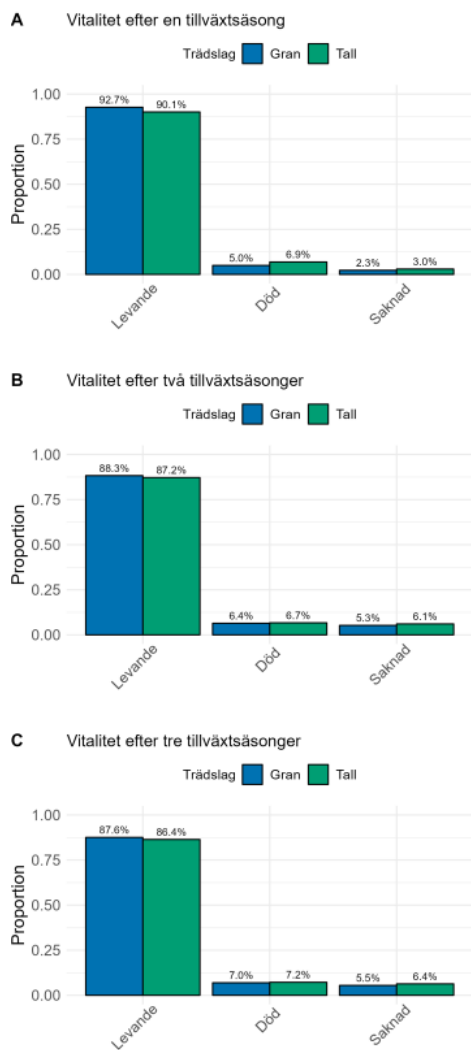
För att testa förekomst av skillnader mellan tall och gran samt mellan planttyperna PowerPot och JackPot för de olika vitalitetsklasserna skapades en generalised linear mixed model (GLMM) av respektive dataset summerat på provytanivå (för norra respektive södra Sverige), där antalet observerade plantor per vitalitetsklass och provyta var responsvariabel. Varje vitalitetsklass analyserades var och en för sig. Som prediktorer i modellerna användes planttyp, trädslag, trakt och totala antalet plantor (över alla vitalitetsklasser) per provyta. Totala antalet plantor ingick som en offset i modellen för att ta hänsyn till att data är kompositionellt (det vill säga att vitalitetsstatusen hos varje planta måste ingå i de fördefinierade vitalitetsklasserna). Det gör att responsvariabeln kommer att bli proportion av plantorna i en given vitalitetsklass snarare än faktiskt antal. För att analysera resultaten användes lme4 paketet i programvaran R. I enstaka fall så konvergerade inte modellen, vilket innebär att algoritmen inte kunde anpassa modellen till data och det leder till att skattningarna inte är pålitliga. I dessa fall användes en förenklad linjär modell med proportion som respons och utan offset. Resultatet av regressionsanalysen är skattad effekt av prediktorerna på responsen och för varje prediktor (planttyp/trädslag) sattes en nollnivå för att göra modellen identifierbar. Resultaten kunde plottas som skattad medeleffekt och medelfel runt skattningen för varje prediktor. Detta gjordes med ggplot2-paketet i R. Signifikansnivå erhöles för varje prediktor i modellen med ett Wald-test, där olika prediktorer testas sekventiellt och teststatistiken (avstånd mellan skattningar) för noll-hypotesen antas följa en chi²-fördelning och kan utnyttjas för att testa vilka prediktorer som signifikant ökar förklaringsgraden.

Resultat

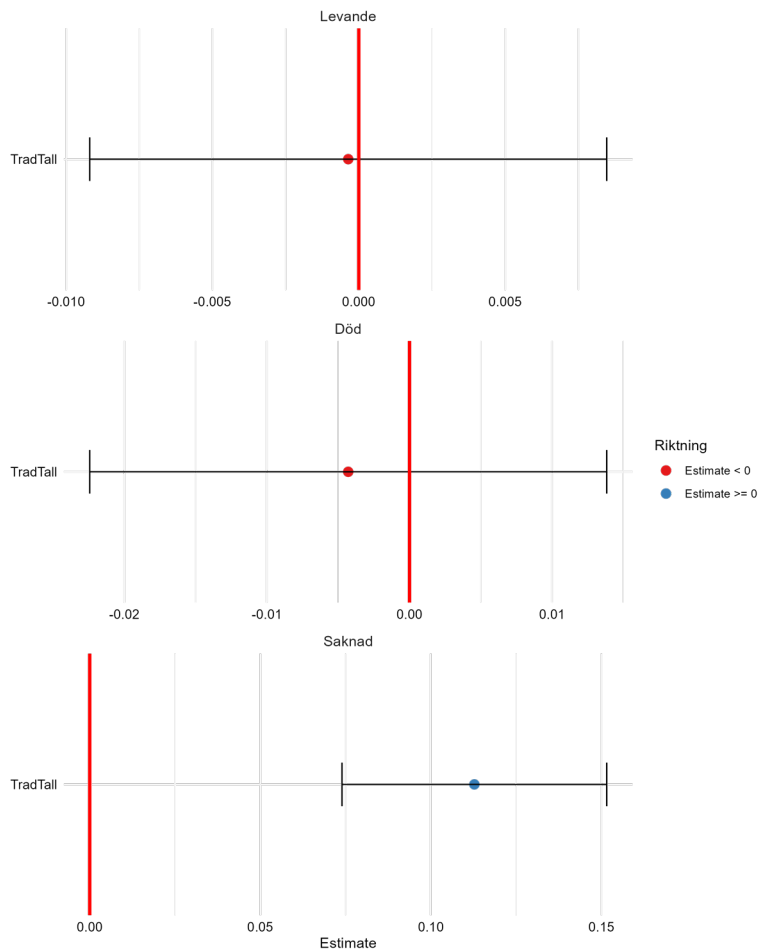
BETT-försöket

Efter en vegetationsperiod var andelen saknade plantor i BETT-försöket i genomsnitt 3,0 procent för tall och 2,3 procent för gran och andelen döda plantor 6,9 procent för tall och 5,0 procent för gran (figur 4 A). Statistiska jämförelser mellan trädslagen påvisade signifikant fler saknade tallplantor jämfört med saknade granplantor ($p=0,004$) medan inga signifikanta skillnader mellan trädslagen kunde styrkas för vitalitetsklasserna levande och döda plantor (Figur 5).

Mellan den första och andra vegetationsperioden dubblerades den ackumulerade andelen saknade tall- och granplantor för att sedan bara öka marginellt till efter den tredje vegetationsperioden (Figur 4 B, C). Analysen visar att 18,0 respektive 21,6 procent av de döda tall- och granplantorna från den första vegetationsperioden gått över till gruppen saknade efter den andra vegetationsperioden. Däremot gick endast ett par procent av de döda tall- och granplantor över från döda till saknade mellan den andra och tredje vegetationsperioden.

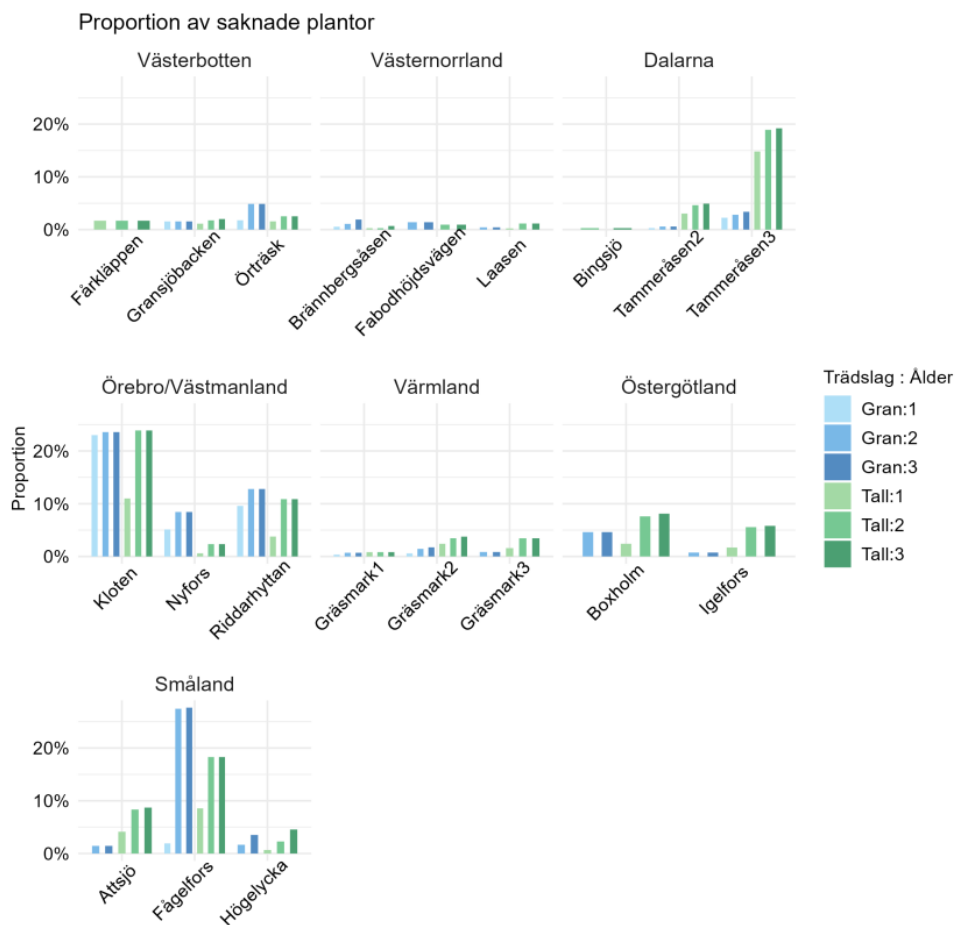


Figur 4. Sammanslagna proportioner levande, döda och saknade gran- och tallplanter i BETT-försöket en (A), två (B) och tre (C) vegetationsperioder efter plantering.



Figur 5. General linear mixed model (GLMM) analysresultat för de olika vitalitetsklasserna i BETT-försöket efter den första vegetationsperioden. Punkten visar skattad medeleffekt av trädslag på motsvarande proportion av plantor i vitalitetsklassen, och horisontella linjer visar medelfel runt skattningen. Ett större värde på x-axeln ger alltså en högre förväntad proportion av trädslaget i den testade vitalitetsklassen. Nolleffekten, dvs ingen effekt, är markerad som en röd linje, och färgen på punkten visar om den skattade effekten är positiv (blå) eller negativ (röd) för proportion plantor i vitalitetsklassen. Förekomst av signifikanta skillnader mellan trädslagen testades med hjälp av ett Wald test där "trädslag tall" testades mot nollvärdet, "trädslag gran". Signifikant fler tallplantor registrerades som saknade jämfört med granplantor i analysen ($p = 0,004$).

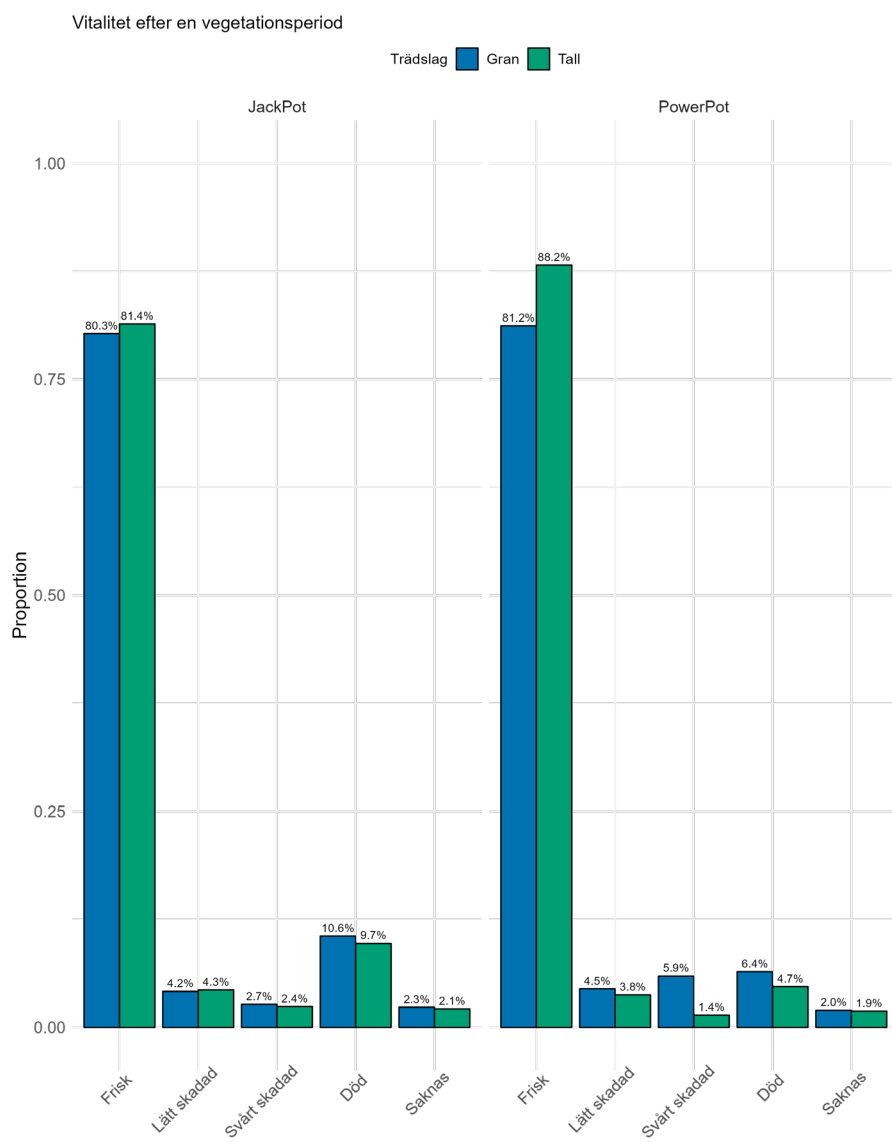
Även om den genomsnittliga andelen saknade plantor var låg efter den första vegetationsperioden var variationen mellan enskilda bestånd stor där vissa bestånd stack ut med en stor andel saknade plantor (Figur 6). Ett av dessa bestånd var Klotten i Örebro/Västmanland med en andel saknade gran- och tallplantor på 23 procent respektive 11 procent. Ett annat bestånd var Tammeråsen 3 i Dalarna där närmare 15 procent av tallplantorna registrerades som saknade efter den första vegetationsperioden. I vissa bestånd var däremot andelen saknade plantor mycket liten som exempelvis i Brännbergsåsen i Västernorrland där andelen pendlade mellan 0 och 1 procent efter samma tidsperiod. En stor variation i andelen saknade plantor återfanns inte bara mellan olika bestånd utan även mellan olika år inom ett och samma bestånd. Det tydligaste exemplet på detta är Fågelfors i Småland där andelen saknade granplantor ökade från 2 till 27 procent mellan den första och den andra vegetationsperioden.



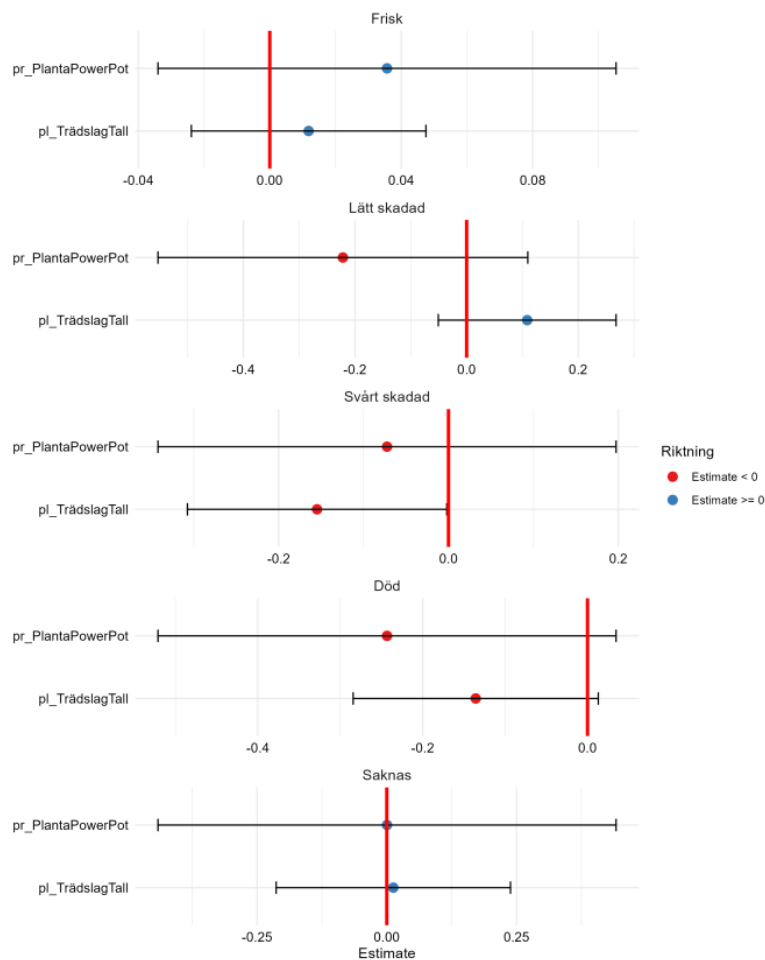
Figur 6. Ackumulerad proportion saknade gran-och tallplanter uppdelat per bestånd i BETT-försöket en till tre vegetationsperioder efter plantering.

Planteringsuppföljningar i Norra Sverige

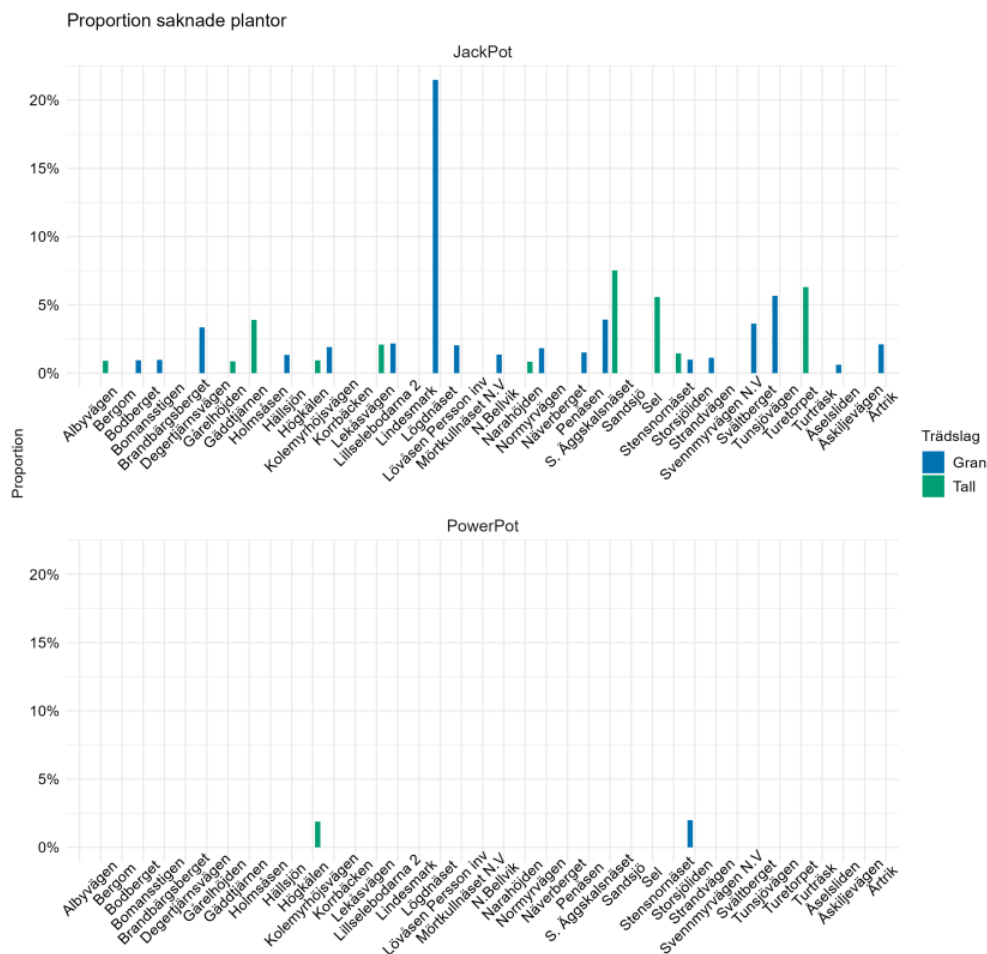
I likhet med BETT-försöket var andelen saknade planter efter en vegetationsperiod i planteringsuppföljningarna i norra Sverige ca 2 procent för både tall- och granplantorna medan andelen döda planter varierade mellan 4,7 och 10,6 procent (Figur 7). Inga signifikanta skillnader kunde registreras mellan trädslagen eller mellan JackPot och PowerPot plantorna för någon av de fem vitalitetsklasserna (Figur 8). I likhet med resultaten från BETT-försöket återfanns också i dessa nordliga plantuppföljningar enskilda bestånd med stor andel saknade planter (Figur 9). Allra tydligast var detta i Lögdnäset där över 20 procent av de planterade JackPot granarna registrerades som saknade. Eftersom enbart två bestånd planterades med PowerPot kunde ingen meningsfull jämförelsen i andel saknade planter mellan enskilda bestånd göras för denna planttyp.



Figur 7. Fördelning av vitalitetsklasser hos gran- och tallplantor i det norra datamaterialet en vegetationsperiod efter plantering.



Figur 8. General linear mixed model (GLMM) analysresultat för de olika vitalitetsklasserna i de norra plantuppföljningarna. Punkten visar skattad medeleffekt av trädslag och planttyp på motsvarande proportion av plantor i vitalitetsklassen, och horisontella linjer visar medelfel runt skattningen. Ett större värde på x-axeln ger alltså en högre förväntad proportion av trädslaget eller planttypen i den testade vitalitetsklassen. Nolleffekten, dvs ingen effekt är markerad som en röd linje, och färgen på punkten visar om den skattade effekten är positiv (blå) eller negativ (röd) för proportion plantor i vitalitetsklassen. Förekomst av signifikanta skillnader mellan planttyperna och trädslagen testades med hjälp av ett Wald-test där "planttyp Power Pot" testades mot nollvärdet "planttyp JackPot" och "trädslag tall" testades mot nollvärdet "trädslag gran". Inga signifikanta skillnader mellan planttyperna eller trädslagen kunde registreras i analysen.

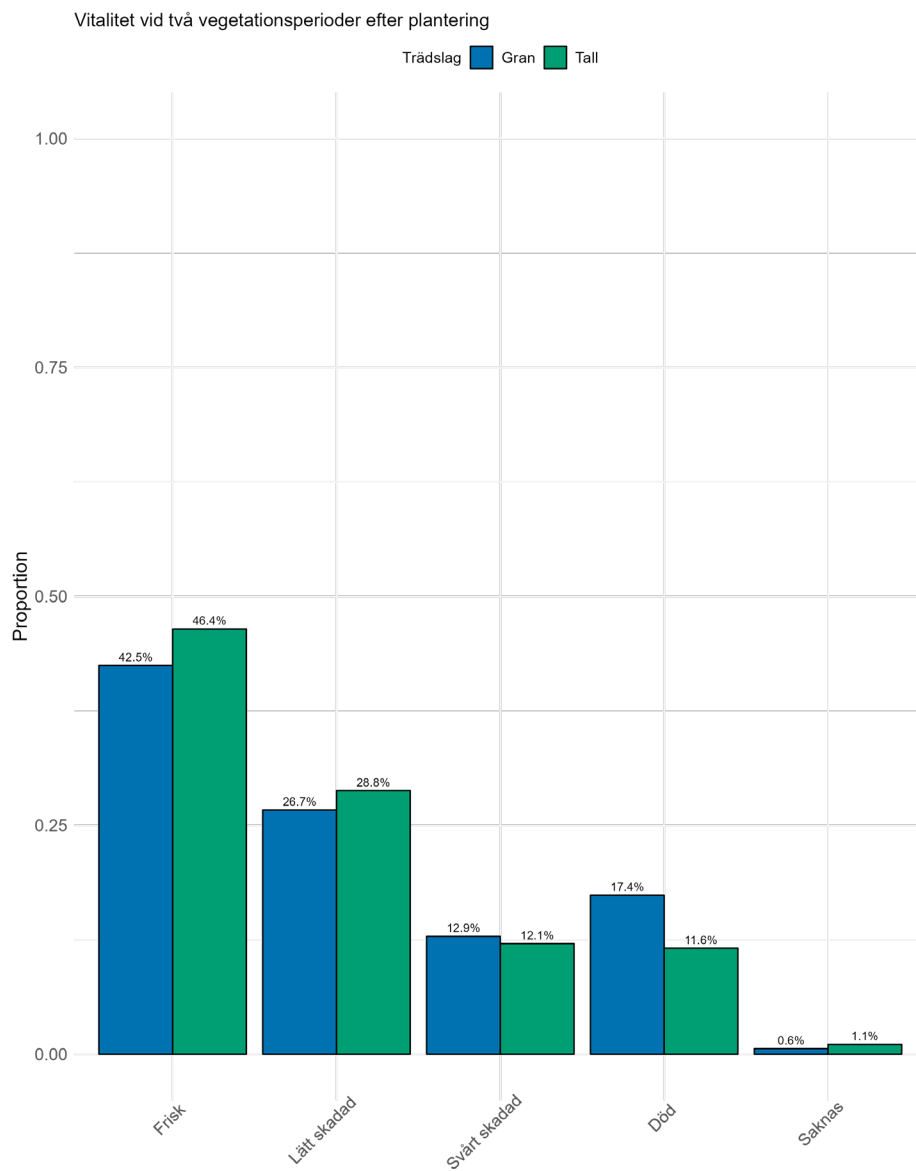


Figur 9. Proportion saknade planter i de 38 inventerade bestånden i den norra plantuppföljningen en vegetationsperiod efter plantering. Notera den höga andelen saknade planter i Lögdnäs. Observera att enbart två bestånd planterades med PowerPot planter.

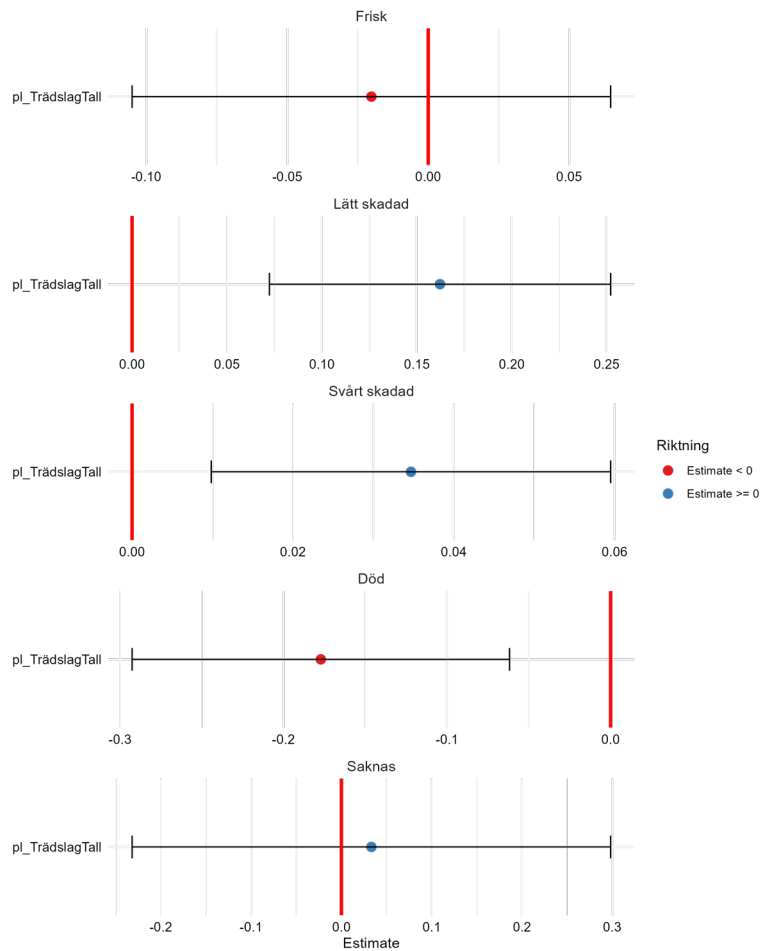
Planteringsuppföljningar i Södra Sverige

Plantuppföljningarna för södra Sverige skilde sig från den norra genom att den första fullständiga inventeringen utfördes först efter två vegetationsperioder. Denna längre tidsperiod från plantering fram till första inventering kan vara en orsak till att en högre andel döda tall- (11,6 procent) och granplantor (17,4 procent) registrerades jämfört med det norra datasetet (Figur 10). Däremot återfanns endast 0,6 till 1,1 procent saknade gran- respektive tallplantor vilket var lägre än i det norra datasetet. En möjlig förklaring till detta mönster är att de större plantorna som normalt används i syd tar längre tid på sig att multna och försvinna efter att de dött jämfört med de mindre norrlandsplantorna.

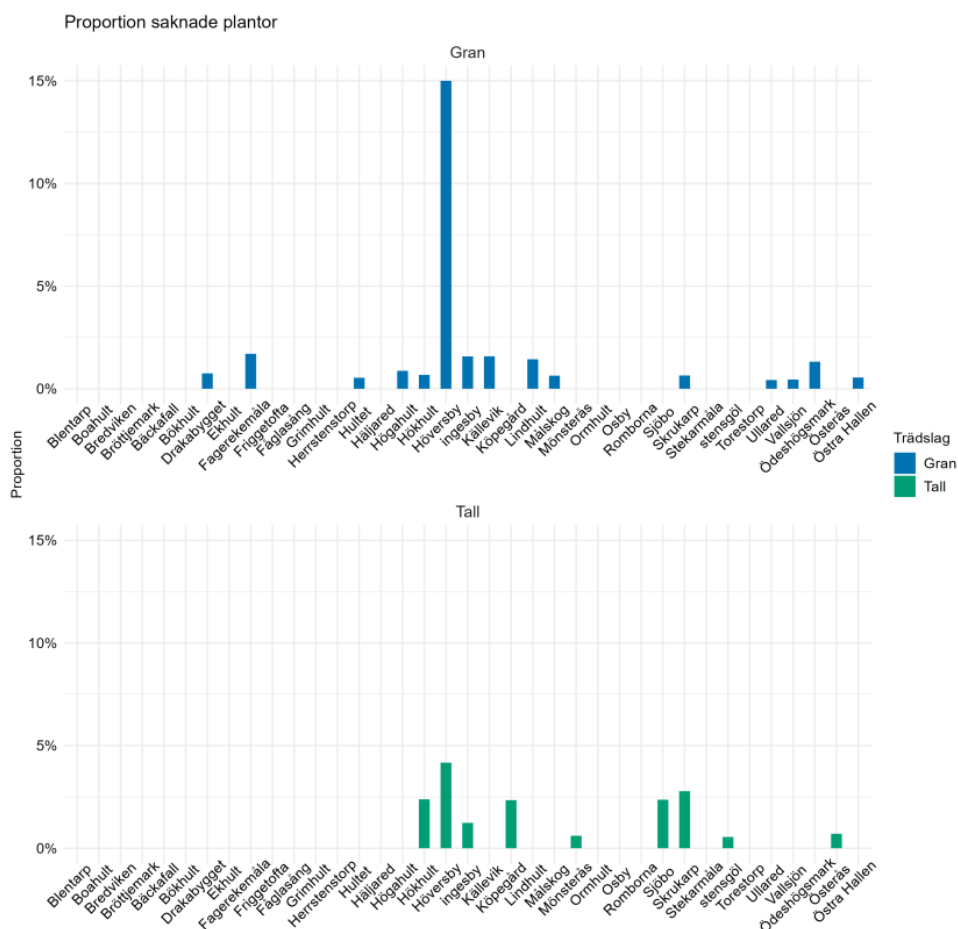
Eftersom det saknades uppgifter om vilka specifika planttyper som användes i datasetet kunde endast statistiska jämförelser mellan tall- och granplantor utföras. För tallplantorna registrerades signifikant lägre andelar döda plantor jämfört med granplantorna ($p=0,032$). I likhet med de två andra dataseten återfanns också här enstaka bestånd med relativt höga andelar saknade planter där det granplanterade beståndet Höversby stack ut med 15 procent saknade planter (Figur 12).



Figur 10. Fördelning av vitalitetsklasser hos gran och tallplantor i det norra datamaterialet två vegetationsperioder efter plantering.



Figur 11. General linear mixed model (GLMM) analysresultat för de olika vitalitetsklasserna i de södra plantuppföljningarna. Punkten visar skattad medeleffekt av trädslag på motsvarande proportion av plantor i vitalitetsklassen, och horisontella linjer visar medelfel runt skattningen. Ett större värde på x-axeln ger alltså en högre förväntad proportion av trädslaget i den testade vitalitetsklassen. Nolleffekten, dvs ingen effekt är markerad som en röd linje, och färgen på punkten visar om den skattade effekten är positiv (blå) eller negativ för proportion plantor i vitalitetsklassen. Förekomst av signifikanta skillnader mellan trädslagen testades med hjälp av ett Wald test där "trädslag tall" testades mot nollvärdet (baseline), "trädslag gran". Signifikant lägre andelar döda tallplantor jämfört med granplantorna registrerades i analyserna. ($p = 0,032$).



Figur 12. Proportion saknade planter i de 37 bestånden i den södra plantuppföljningen en vegetationsperiod efter plantering. Notera den höga andelen saknade granplanter i Höversby.

Diskussion

Resultatet från denna studie visar att den totala andelen saknade planter var liten en vegetationsperiod efter plantering och varierade mellan 1,9 och 3,0 procent. Även efter två vegetationsperioder var andelen saknade planter förhållandevis liten med som högst 1,1 procent i den södra plantuppföljningen och 6,1 procent i BETT-försöket. Resultaten stödjer därmed utsagor från föryngringsforskare om att saknade planterade planter sannolikt inte utgör någon större grupp av planter kort tid efter plantering (personlig kommunikation Urban Nilsson). Resultaten tillför även trygghet i Föryngringskollens mätningar, där saknade eller försvunna (upplösta) planter mest troligt inte utgör en felkälla som kan förklarar det låga registrerade plantantalet i inventeringarna 2022 (Öhlund m.fl. 2023).

I alla tre dataset fanns emellertid enstaka bestånd där andelen saknade planter översteg 15 procent av de planterade plantorna redan efter den första vegetationsperioden (Figur 5, 9 och 12). För individuella bestånd återfanns de högsta andelarna saknade planter efter en vegetationsperiod bland granplanter i samtliga undersökta dataset. Detta skulle kunna indikera att granplanter kan brytas ner lättare än tallplanter om förutsättningarna är de

rätta men kan även vara kopplat till att olika planttyper eller plantstorlekar för tall respektive gran använts eller till olika ståndortsfaktorer där tall- och gran planterats. Även andra faktorer än nedbrytningen och upplösning kan emellertid också ha spelat in för dessa resultat exempelvis att granplantor ryckts upp av fåglar och andra djur i högre utsträckning än tallplantor i de aktuella bestånden. Mer detaljerade studier behövs för att med säkerhet kunna fastställa om någon skillnad i nedbrytningen och försvinnandet av gran- respektive tallplantor verkligen finns.

Även om datamaterialet i denna studie var omfattande med nästan 40 000 analyserade plantor, planterade under en 20-årig tidsperiod, är underlaget inte tillräckligt högupplöst för att kunna härleda de bakomliggande orsakerna till att vissa bestånd sticker ut med höga andelar saknade plantor. Bland annat saknas viktig information om vilka plantstorlekar och planttyper som nyttjades i de olika bestånden både i BETT-försöket och plantuppföljningarna i södra Sverige. Iakttagelser från fältinventeringen i BETT-försöket indikerar dock olika nedbrytningsförlopp hos plantorna. I vissa bestånd verkade plantorna ruttna upp snabbt och försvinna medan plantorna i andra bestånd i stället torkade ut och stod kvar under längre tid. Troligtvis spelar lokalt knutna faktorer som nederbörd (regn, snö), frost och torka, markegenskaper, skillnader i grästillsväxt och grässvål, förekomst av olika nedbrytare (svampar) samt det använda plantmaterialet en stor roll för nedbrytningsförloppet av plantorna. Det kan också antas att svampsjukdomar (t.ex. gråmögel) och nedsatt vitalitet hos plantorna som uppkommit redan i plantskolorna kan ha stor betydelse för hur stor andelen av plantor som försvinner. En redan nedsatt planta som planteras ut på hygget kan dö relativt snabbt vilket i sin tur kan ge tillräckligt med tid för de döda plantorna att brytas ner redan efter den första vegetationsperioden. Oavsett de bakomliggande orsakssambanden visar den höga variationen i andelen saknade plantor mellan olika bestånd i denna studie att man bör vara mycket försiktig med att dra slutsatser om saknade plantor från enstaka fältförsök och enstaka år.

I både BETT-försöket och plantuppföljningen i norra Sverige låg plantmortaliteten efter en vegetationsperiod på jämförbara nivåer med ett medeltal på runt 7 procent (4,7–10,6 procent) och inga signifikanta skillnader i antalet döda tall- och granplantor kunde registreras. För plantuppföljningen i södra Sverige, där den första fullständiga inventeringen utförts efter två vegetationsperioder, var plantmortaliteten något högre med 11,6 procent döda tall- och 17,4 procent döda granplantor. Dessa högre mortalitetssiffror kan troligtvis förklaras av att den längre tidsperiod som fortlöpt från plantering fram till den första inventering. I relation till tidigare studier ligger mortalitetssiffrorna i detta arbete på liknande nivåer som tidigare föryngringsstudier (Johansson m.fl 2014, Häggström 2024) och även med resultaten i Föryngringskollen 2022 (Öhlund m.fl 2023).

Slutsatser

- Efter en vegetationsperiod varierade andelen saknade planterade tall- och granplantor mellan 1,9 och 3,0 procent. Saknade plantor utgör därför högst troligt inte huvudorsaken till det låga plantantal som registrerats i Föryngringskollens inventeringar.
- Efter två vegetationsperioder varierade andelen saknade planterade tall- och granplantor mellan 1,1 och 6,1 procent.
- I enstaka bestånd kan andelen saknade plantor överstiga 15 procent av de planterade plantorna redan efter den första vegetationsperioden.
- Mortalitetsnivåerna i dataseten låg på jämförbara nivåer med tidigare föryngringsstudier.

Referenser

- Berglund, M., Öhlund, J., Nilsson, O., Sörensen, R., Johansson, F., & Fahlvik, N. 2022. Föryngringskollen – Bakgrund och Metod. Skogforsk Arbetsrapport 1137–2022.
- Gålnander, H., Berlin, M. & Sonesson, J. 2020. Framtidens skogar – Består de av planterade plantor eller naturligt föryngrade träd? Skogforsk arbetsrapport 1052–2020.
- Holmström, E., Gålnander, H. & Petersson, M. Within-Site Variation in Seedling Survival in *Norway Spruce* Plantations. *Forests* 2019, 10, 181.
- Häggström, B., Domevcik, M. & Nordin, A. 2021. Survival and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings in north Sweden: effects of planting position and arginine phosphate addition. *Scandinavian Journal of Forest Research* 423-433.
- Häggström, B. 2024. Improving boreal forest regeneration in a variable climate. Doctoral Thesis No. 2024:24. Faculty of Forest Sciences.
- Nordin, P., Olofsson, E., & Hjelm, K. 2023. Within-site adaptation: growth and mortality of Norway spruce, Scots pine and silver birch seedlings in different planting positions across a soil moisture gradient. *Silva Fennica*: 57 (3).
- Nordin, P., Olofsson, E., & Hjelm, K. 2022. Successful spruce regenerations – impact of site preparation and the use of variables from digital elevation models in decision-making? *Scandinavian Journal of Forest Research* 33-44.
- Sikström, U., Hjelm, K., Hanssen, K.H., Saksa, T., & Wallertz, K. 2020. Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts in Fennoscandia – a review. *Silva Fennica*: 54 (2).
- Skogsstyrelsen. 2023. Återväxternas kvalitet, JO0311 – resultat 2021/22.
- Skogsstyrelsen. 2022. Återväxternas kvalitet, JO0311 – resultat 2019/20.
- 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 17: 36.

- Sörensen, R., Johansson, F., & Gålnander., H. 2023. Ökad skogsproduktion och förbättrad miljöhänsyn. Skogforsk Arbetsrapport 1175–2023.
- Sörensen, R., Gålnander H., Ahlinder, J. 2024. Realiserad Genetisk Vinst, Götaland. Hur många planterade plantor överlever? En studie från södra Sverige. Skogforsk Arbetsrapport 1186–2024. (i tryck)
- Wallgren. M. 2023. BETT-försöket de första tio åren. Skogforsk Arbetsrapport 1144–2023.
- Öhlund, J., Berglund, M., Fahlvik, N., Johansson, F., Sörensen, R. & Nilsson., O. 2023. Årsrapport Föryngringskollen 2022. Skogforsk Arbetsrapport 1144–2023.