



En jämförelse av förnygringsmetoderna mekanisk sådd av tall och naturlig förnygring av tall

A comparison of the rejuvenation methods: mechanical seeding of Scots pine and natural rejuvenation of Scots pine

FELIX JOHANSSON

SOEREN MEYER-BOTHLING



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2023:08

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

En jämförelse av förnygringsmetoderna mekanisk sådd av tall och naturlig förnygring av tall

A comparison of the rejuvenation methods: mechanical seeding of Scots pine and natural rejuvenation of Scots pine.

Felix Johansson

Soeren Meyer-Bothling

Handledare: Tommy Abrahamsson, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2023

Omslagsbild: Treårig tallplanta i markberedningspår. Foto: Felix Johansson

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2023:08

Nyckelord: Förädling, Plantantal, Vitalitet



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Föryngring med mekanisk sådd och naturlig föryngring är välbeprövade föryngringsmetoder i svenskt skogsbruk och uppgår idag till tre respektive åtta procent av den totala föryngringsarealen. För att ge en god kvantitativ effekt på plantornas överlevnad och höjdtillväxt används det i stor omfattning någon form av markberedning för att blottlägga mineraljorden och skapa en bättre gröningspunkt för plantan. Sådd med förädlat frö är ett bra alternativ om markägaren vill använda genetiskt förädlat material för bättre tillväxt samtidigt som denne inte behöver invänta goda fröår och korta ner kalmarsperioden. Vid naturlig föryngring är tall ett utmärkt trädslag med egenskaper som lämpar sig bra för friställning och något som kan ge upphov till höga plantantal med jämn spridning över föryngringsarealen.

Syftet med denna studie är att analysera hur mekanisk sådd med förädlat material och naturlig föryngring av tall skiljer sig åt i föryngringsresultatet för givna trakter i närheten av den 59:e breddgraden. Mer specifikt ska arbetet analysera höjdskillnad, vitalitet, plantantal och åldersfördelning.

Studien bygger på en introducerande litteraturstudie och en fältstudie där sammanlagt 160 objektiva provytor manuellt inventerades. Provytorna är jämnt fördelade över åtta trakter (20 provytor per trakt), fyra föryngrade med metoden mekanisk sådd och fyra med naturlig föryngring av tall. Trakterna filterades fram ur Sveaskogs trakt databas och förbereddes i programmet ArcMap. Under hela fältinventeringen användes en fältblankett som vidare analyserades i Microsoft Excel där även hypotesprövningarna genomfördes.

Totalt inventerades 1 629 plantor varav 84 procent var tall, 13 procent gran och 3 procent löv. Studien visar att naturlig föryngring på området åstadkom ett högre plantantal per kvadratmeter markpåverkad areal i området, jämfört med mekanisk sådd efter tre växtsäsonger för föryngringsåret 2020 ($p < 0,001$). Vidare visar studien att fler treåriga tallplantor är friska vid naturlig föryngring än vid mekanisk sådd ($p < 0,001$). Slutligen kunde studien på försöksområdet bevisa att friska treåriga tallplantor är signifikant längre vid mekanisk sådd med förädlat material jämfört med naturlig föryngring ($p < 0,001$).

Studiens slutsats är att för växtsäsongen 2020 i norra Bergslagen så genererar mekanisk sådd av förädlat tall signifikant längre tallplantor vid analys utav tre år gamla friska plantor. Vidare kunde studien bevisa att på olika signifikansnivåer så åstadkommer naturlig föryngring fler friska plantor och ett högre plantantal.

Nyckelord: Höjdskillnad, Pinus sylvestris, Återbeskogning

Abstract

Regeneration with mechanical sowing and natural rejuvenation are well-proven regeneration methods in Swedish forestry and currently amount to three and eight percent of the total regeneration area. To provide a quantitative effect on the survival and height growth of the seedlings, some form of soil preparation is widely used to expose the mineral soil and create a better germination point for the seedling. Sowing with improved seeding is a favorable alternative if the forest owner wants to use genetically improved material for better growth while not having to wait for good seed years and shorten the bare ground period. In natural regeneration, pine is an excellent tree species with characteristics that are well suited for as an overstorey tree species which can produce high number of plants with even distribution over the regeneration area.

The aim of this study is to analyze how mechanical seeding with improved material and natural regeneration of pine differ in regeneration results for given areas near the 59th latitude. More specifically, the work will analyze height difference, vitality, plant number and age distribution.

The study is based on an introductory literature study and a field study where a total of 160 objective sample plots were manually inventoried. The sample plots are evenly distributed over eight tracts (20 plots per tract), four rejuvenated with the mechanical seeding method and four with natural rejuvenation of Scots pine. The tracts were filtered from Sveaskog's tract database and prepared in the program ArcMap. During the entire field inventory, a field form was used which was further analyzed in Microsoft Excel where the hypothesis tests were also carried out. Finally, the results were compared and discussed with the help of previous studies.

A total of 1 629 plants were inventoried, of which 84 percent were Scots pine, 13 percent Norway spruce and 3 percent deciduous tree species. The study proves that on the test site natural regeneration achieves a higher number of seedlings per square meter of soil prepared land area compared to mechanical seeding after three growing seasons for the regeneration year 2020 ($p < 0,001$). Furthermore, the study shows that more three-year-old pine seedlings are healthy in natural regeneration than mechanical seeding ($p < 0,001$). Finally, the study was able to prove that on the site, healthy three-year-old pine seedlings are significantly longer in mechanical seeding with genetically improved material compared to natural regeneration ($p < 0,001$).

The study concludes that for the 2020 growing season in northern Bergslagen, mechanical seeding of improved Scots pine generates significantly taller pine seedlings when analyzing three-year-old healthy seedlings. Furthermore, the study could prove that at different significance levels, natural regeneration produces more healthy seedlings and a higher seedling number.

Keywords: Difference in height, *Pinus sylvestris*, Reforestation

Förord

Vi vill rikta ett tack till Viktor Holmberg, Skogsskötselledare på Sveaskog för att ställa trakt databasen för oss till förfogande. Vi vill även tacka honom för att han ställde upp för en intervju där han besvarade alla våra frågor och hjälpte oss granska de utvalda trakterna.

Vi vill även tacka vår handledare, Tommy Abrahamson universitetsadjunkt och jägmästare vid Skogsmästarskolan i Skinnskatteberg för en god vägledning i frågor om förberedning och utförandet av vårt arbete. Vi vill även tacka för all ditt tålamod och engagemang.

Sist men inte minst vill vi även tacka Prefekt Staffan Stenhag Universitetslektor på Skogsmästarskolan för stödet vi har fått gällande statistiken.

Skinnskatteberg, Maj 2023.

Felix Johansson & Soeren Meyer-Bothling

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 HUR FÖRYNGRAR SVERIGE SKOGSMARK?	1
1.2 SÅDD	2
1.2.1 FÖRYNGRING MED SÅDD	2
1.3 NATURLIGT FÖRYNGRING	3
1.3.1 ÅTERBESKOGNING MED NATURLIG FÖRYNGRING	3
1.4 INTERVJU MED SKOGSKÖTSELLEDARE PÅ SVEASKOG	3
1.4.1 SVEASKOGS ANVÄNDNING AV SÅDD OCH NATURLIG FÖRYNGRING.....	3
1.5 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING	5
2. MATERIAL OCH METODER	6
2.1 MATERIAL	6
2.2 FÖRBEREDELSE AV KARTMATERIALET	8
2.3 FÄLTINVENTERING	9
2.3.1 GENOMFÖRANDE AV FÄLTINVENTERINGEN.....	9
2.3.2 FÖRFLYTTNING AV PROVYTAN	10
2.4 DATAANALYS	10
3. RESULTAT	11
3.1 PLANTANTAL TALL	11
3.2 VITALITET TALL	12
3.3 HÖJDSKILLNAD TALL	13
3.3.1 HÖJDSKILLNAD AV SAMTLIGA VITALA TALLPLANTOR VID 3 ÅRS ÅLDER	13
3.3.2 HÖJDSKILLNAD AV ENBART FRISKA TALLPLANTOR VID 3 ÅRS ÅLDER	15
4. DISKUSSION	17
4.1 BEFINTLIGA STUDIER	17
4.2 DEN NYA KUNSKAPEN OCH DESS KONSEKVENSER	18
4.3 STUDIENS STYRKOR	18
4.4 STUDIENS SVAGHETER	18
4.5 REKOMMENDATIONER FÖR FRAMTIDA STUDIER	19
4.6 SLUTSATSER	20
REFERENSER	21
BILAGOR	23
BILAGA 1	23

BILAGA 2.....	24
BILAGA 3.....	25
BILAGA 4.....	26

1. Inledning

Sverige är ett skogsrikt land med 23,4 miljoner hektar produktiv skogsmark vilket motsvarar 57 procent av den totala landarealen (SCB 2022. A.). Vid slutavverkning återbeskogas kalhyggen med olika förnygringsmetoder beroende på vilket resultat som eftersträvas eller vad som är lämpligast för den givna trakten. Det som påverkar valet är givetvis vad markägaren vill åstadkomma med den framtida skogen men bidragande faktorer är ståndortsförhållandena, bonitet, temperaturklimat, markvegetation eller jordart (Albrektsson et al. 2012).

1.1 Hur förnygrar Sverige skogsmark?

Enligt skogsvårdslagen (SFS 1979:429) så är markägaren förpliktad till att anlägga ny skog på produktiv skogsmark om markens virkesproducerande förmåga inte längre tas tillvara på ett godtagbart sätt. I samma lag definieras produktiv skogsmark som mark, i förmåga att kunna i genomsnitt producera minst en kubikmeter virke per hektar och år.

För att tillgodose lagkravet används i dag huvudsakligen tre förnygringsmetoder, plantering (87 procent), naturlig förnygring (8 procent) och sådd (3 procent). Det förekommer även ingen åtgärd, som då innebär att det inte genomförs någon förnygringsåtgärd överhuvudtaget utan man låter kalmarken vara som den är. Andelen förnygrad areal som bedöms godkänd ha en fortsatt stabil utveckling enligt skogsvårdslagens krav, förutom naturlig förnygring som indikerar en fallande trend (Skogsstyrelsen 2022).

Mekanisk markbehandling vars ändamål är förberedning av mark genom blottläggning av mineraljord för den kommande förnygringen. Det är en skogsvårdsåtgärd som synnerligen ger en positiv effekt på plantors överlevnad och höjdtillväxt (Sikström et al 2020). Den vanligaste markberedningsmetoden är kontinuerlig markberedning följt av intermittent. Valet av vilken metod man använder beror på vilka resultat man vill åstadkomma samt traktens grundförhållanden, ytstruktur och lutning (Karlsson et al. 2017) I Sverige markbereddes cirka 174 000 hektar år 2021, där andelen markberedda trakter varierar mellan förnygringsmetoderna. Utav trakterna som förnygrades med metoden naturlig förnygring, markbereddes enbart 60 procent medan 90 procent av trakterna markbereddes vid förnygringsåtgärden plantering (Skogsstyrelsen 2022). Det utförs även grönsisplantering som innebär då att plantering sker senast nästkommande vår efter förnygringsavverkning för att undvika konkurrerande markvegetation som kan försvåra förnygringen och dess etableringsfas (Hallsby 2013).

Jämförelsevis ger markberedningen flertalet argument till varför det idag användas i så stor omfattning. Minskad risk för angrepp av skadeinsekter, högre marktemperatur då mineraljorden blir solexponerat. Förbättrad tillgång på vatten och växtnäringssämnen som kväve, fosfor och kalium bidrar till fröet eller plantans nödvändiga funktioner för de biokemiska processerna (Hallsby 2013).

1.2 Sådd

Att använda sådd som förnygringsmetod kan vara ett väl fungerande alternativ till naturlig förnygring, där tall är det dominerande trädslaget vid skogssådd i Sverige (Bergsten & Sahlén 2013). Metoden medger att man blir oberoende utav goda fröår och att ha lämpliga fröträd i tillräckligt stort antal. Dessutom ges möjlighet till användning utav förädlad frömateriale och därmed kunna korta ner på omloppstiden. Förnygringsresultatet avgörs dock i stor grad utav samspelet mellan frömaterialet och ståndorten. Faktorer som till exempel frögrobarheten, groddplantornas tillväxt och invintring kan variera mellan ståndorterna och åren (Bergsten & Sahlén 2013).

Vid förnygringsmetoden sådd så skiljer man i första hand mellan manuell och mekanisk sådd av frömaterialet men även såddpuckar och såddbriketter har använts i försök. Dock har dessa visat sig vara icke ekonomiskt lönsamma ännu (Bergsten & Sahlén 2013).

1.2.1 Förnygring med sådd

Fröets grobarhet är beroende av vattentillgång som sker via kapillärt stigande vatten och nederbörd vilket bibehålls i det tillgängliga växtsubstratet. Detta får en avgörande påverkan för fröet och beståndets fortsatta utveckling (Winsa 1995). En forskningsstudie visar att såddbäddens substrat har varierande förmåga att binda den relativa luftfuktigheten och indikerar att uppkomsten av fröplantor är som högst för jordarten silt jämfört med sand och organiskt material (Oleskog et al. 2000). En likartad studie påvisar resultat med mineraljord som bästa såddbäddsubstrat då fuktförhållandena är som mest gynnsamma i substratet och för fröet. Högst troligt på grund av det kapillärt stigande vattnet och en tämligen liten avdunstning vid temperaturskillnader, samt bättre kontakt mellan fröet och substratet vilket ökar groddbarheten (Oleskog & Sahlén 2000).

Syretilgången och vattnets ledningsförmåga bestäms av jordartens textur. Vid sådd är sandig-moig morän lämpligast då det är en medelgrov textur som kan bevara fukt samtidigt som det inte genererar vattenmättad jord vilket kan leda till syrebrist för plantan (Bergsten & Sahlén 2013). Det bör dock beaktas att för stor påverkad markyta (Bergsten et al. 2001) och jordsammansättning medför sämre isolerande egenskaper och ökar därmed risken för uppfrysning av plantorna (Bergsten & Sahlén 2013).

En fördel med sådd är möjligheten till att anpassa fröet till lokalklimatets förutsättningar. Skog med krävande klimat, till exempel vid frostsänt terräng eller förekomst av skadegörare som gremmeniella, kan valet av hårdigt frö från förädlade träd vara den avgörande faktorn för plantornas vitalitet (Rosvall et al. 2016). Med rätt proveniens eller förädlad material framtaget via fröplantager kan man på så sätt nyttja marken oberoende av de givna omständigheterna (Bergsten & Sahlén 2013). Sådd kan kombineras med skärm för att säkerställa förnygringsresultatet, särskilt kring sydligare breddgrader då markvegetationen är

konkurrenskraftig, men även ge skydd mot frostsador och angrepp från snytbaggen (Bergsten & Sahlén 2013). Skärmträden bör däremot inte placeras för tätt då en alltför stark beskuggning påverkar plantans utveckling negativt (Erefur 2010).

1.3 Naturlig föryngring

Naturlig föryngring är en beprövad skötselmetod som bedrivits och förekommer mest frekvent för trädslaget tall då dess egenskaper lämpar sig bra för metoden. För att föryngringen ska uppnå goda resultat kräver det dock aktiv skötsel och god kunskap hos markägaren för en lyckad etablering (Karlsson et al. 2017).

Trädslaget är således lämpligt som frö- och skärmträd vid friställning utifrån flera aspekter, dels en bättre stormfasthet, vilket beror på ett välutvecklat rotsystem där rottillväxten ökar och stabiliserar trädet. En treårig reproduktionscykel där kott- och fröproduktionen ökar, varvid fröfallet under tidig sommar kan ge upphov till höga plantantal och en jämn spridning över hygget. Träden får dessutom en större volymtillväxt vilket är värdefullt ur en ekonomisk synvinkel (Karlsson et al. 2017).

1.3.1 Återbeskogning med naturlig föryngring

Vid sådd görs en aktiv placering av ex antal gram frö per löpmeter med hjälp av markberedningsaggregat, på sådant sätt kan man justera beståndstätheten (Ersson 2021), medan vid naturlig föryngring förlitar man sig på en naturlig fördelning av fröfallet från frö- eller skärmträd. Vad som avgör antal kvarlämnade träd per hektar är ståndortindex, för sämre marker krävs inte lika många träd då konkurrensen från markvegetationen är betydligt lägre. Vanligtvis lämnas mellan 50 – 150 fröträd per hektar, antal per hektar avgörs av ståndortsindex. För att räkna ut sannolika antal frön som torde utvecklas till plantor och därmed säkerställa att en godkänd föryngring uppnås beräknas utifrån olika parametrar, i) den frilagda mineraljorden, ii) opåverkad mark, iii) plantbildningsprocenten, iv) antal kottar och frön per träd (Karlsson et al. 2017).

Tidigare års forskning kunde påvisa en positiv effekt av ökad markpåverkning på tallens (*Pinus sylvestris*) plantantal. Samma studie kunde även påvisa att en ökad markpåverkning resulterar i en lägre löpande tillväxt under föryngringens första år dock är det oklart om denna negativa effekt kvarstår under hela omloppstiden (Saursaunt et al. 2018).

1.4 Intervju med Skogskötselledare på Sveaskog

1.4.1 Sveaskogs användning av sådd och naturlig föryngring

Den 2 mars 2023 genomfördes en intervju med Viktor Holmberg skogskötselledare på Sveaskog angående föryngringen av Sveaskogsinnehav i norra Bergslagen.

Sveaskog den största aktören på marknaden om man ser på andelen ägd skogsmark, med sina 3,9 miljoner hektar. Det innebär i sin tur ett stort ansvar att skogen sköts och uppfyller skogsvårdslagens krav vad gäller godkända föryngringar. I norra Bergslagen föryngringsavverkar man cirka 1 500 hektar årligen och av dessa återbeskogas ungefär en tredjedel med mekanisk sådd eller naturlig föryngring, varav resterande arealer planteras. Det är numera endast ett fåtal objekt som föryngras med naturlig föryngring, eftersom det vanligtvis kräver en bättre planering och förutsättningar för tillfredsställande resultat.

Markberedning utförs på alla trakter som är lämpliga, det vill säga där mark- och terrängförhållandena inte utgör ett större hinder. Harvning och högläggning är de markberedningsmetoder som förekommer i störst utsträckning. I vissa fall bestäms markberedningsmetoden inte utifrån det aktiva valet. Istället blir det den tillgängliga entreprenören i området som nyttjas på Sveaskogs tillhörande innehav.

På Sveaskogs marker i Bergslagen används sådd utifrån de lokala förutsättningarna, och föregående beståndshistorik. I fält bedöms främst jordart, textur, markfuktighetsklass, höjd över havet och ståndortsindex för att avgöra om objektet är lämpligt för sådd. I regel är det viktigast att marken inte är för bördig för att undvika konkurrerande markvegetation, därför är valet av magrare marker att föredra. Ansvarig för att bistå med frömaterial till område Bergslagen är Svenska Skogsplantors fröstation i Lagan. Där testas grobarheten och förädlingsgraden innan utskick.

Enligt Holmberg är fördelen med sådd, användningen av förädlad frömaterial. Därigenom kan man få en eftertraktad kvalitet och högre tillväxt på plantan jämfört med beståndfröet vid naturlig föryngring. En högre tillväxt kan innebära att plantorna når en säker viltbeteshöjd i ett tidigare stadiet, och på så sätt minska riskerna för försämrade tillväxt och virkesegenskap. Sådd kan också ge upphov till stamrika bestånd där viltet får ett större urval och betesskadorna förhoppningsvis inte blir lika omfattande. Nackdelen med sådd är att föryngringsmetoden är känslig för torra somrar och att det sås vid rätt tidpunkt. I vissa fall har det uppkommit behov av hjälpplantering då plantantalet inte uppfyller skogsvårdslagens krav.

Numera satsar Sveaskog i Bergslagen enbart på sådd med tall eftersom blandsådd med gran inte har gett det resultat man förväntat sig. Sådden sker främst i april månad när tjälen har släppt ur marken och uppslaget från markvegetationen fortfarande är låg. Såddgivan per trakt är som standard 0,35 kg per hektar och allt är förädlad material. Sveaskog använder sig inte av fröträd i utförandet av sådd men det förekommer likväl att sparad generell hänsyn blir en naturlig frögivare i samband med slutavverkning. Trakter med sådd grotanpassas endast vid enstaka tillfällen, detta på grund av att man får en förskjutning på ett år på föryngringen. Att vänta ett år med föryngringsåtgärden medför ökad risk för uppkomst av markvegetation och undviks följaktligen.

Vid återbeskogning med naturlig föryngring av tall i Bergslagen väljer Sveaskog traker likt sådden utifrån lokalens förhållanden och ståndortindex, markfuktighet etc. Dock används metoden framförallt vid grunda jorddjup och steniga traker. Planeraren måste även ta hänsyn till vindutsatta områden för att minimera risken för stormfällning. Antal lämnade fröträd per hektar uppgår till i genomsnitt mellan 60 – 70 efter slutavverkning. Vid bedömning av återväxtkontroll uppskattas antal fröträd närmre 40 – 50 på grund av stormfällning. Avvecklingen av fröträden styrs mycket av industrins behov av virket, men vanligtvis avverkas dessa inom loppet av 5 – 6 år efter deras friställning.

Föryngringsmetoden naturlig föryngring används idag sällan inom Sveaskog. Logistiken för transport av virke från fröträd blir svårhanterlig, stämmer inte in i kvoter och blir ofta liggande för länge vid skogsbilväg. Man går även miste om förädlingseffekten. Sveaskogs erfarenhet av naturlig föryngring är att föryngringsmetoden är mer skötselkrävande och ställer höga krav på ståndorten jämförelsevis med plantering och sådd. Ytterligare faktorer är den efterföljande avvecklingen av fröträden som riskerar att skada föryngringen, risken att skapa ojämna föryngringar, bildandet av fröträdsbrunnar samt upparbetning av eventuella vindfällen.

Bortsett från Sveaskogs egna produktionsskogar köper de därutöver virke från privata markägare. Här är inställningen mer positiv till användningen av fröträd som föryngringsåtgärd och brukas i högre utsträckning, ofta i kombination med sådd. (Personlig kommunikation, skogsskötselredare Viktor Holmberg, Sveaskog 2023-03-02)

1.5 Syfte och frågeställning

Syftet med detta examensarbete är att analysera hur mekanisk sådd med förädlat material och naturlig föryngring av tall skiljer sig åt i föryngringsresultatet för givna trakter i närheten av den 59:e breddgraden. Mer specifikt ska arbetet undersöka vilken skillnad föryngringsmetoderna ger i frågan om plantantal höjdskillnad och vitaliteten hos plantorna.

Frågor som examensarbetet ska ge svar på är:

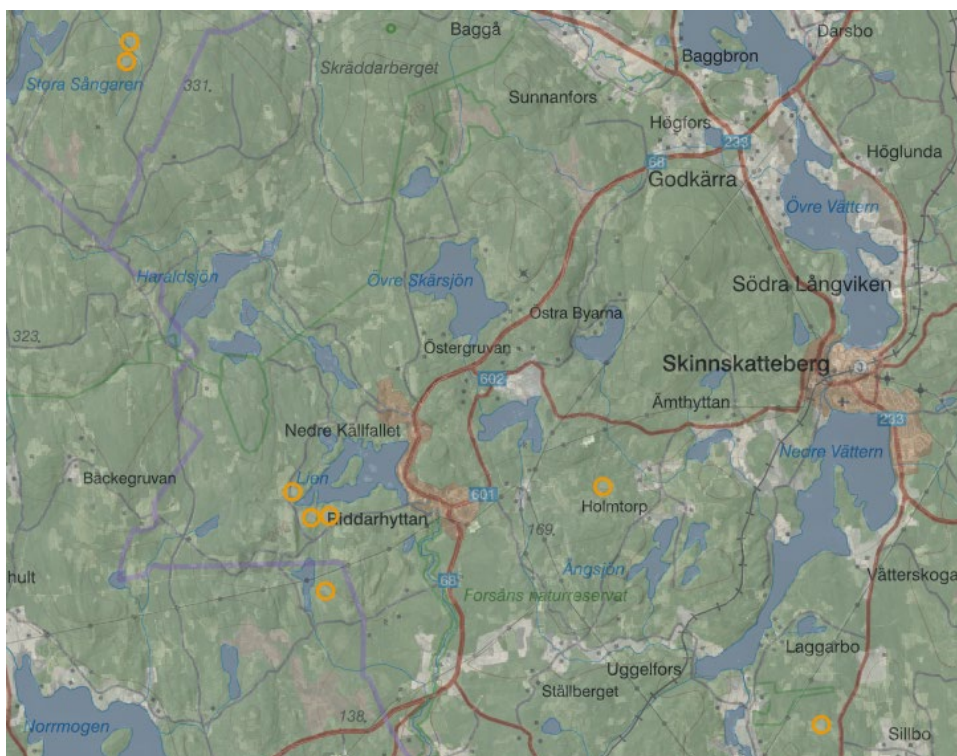
- Vilket plantantal per hektar åstadkommer mekanisk sådd jämfört med naturlig föryngring efter tre växtsäsonger även med hänsyn till träslag (TGL)?
- Skiljer sig tallplantornas vitalitet åt bland de två föryngringsmetoderna?
- Kan en signifikant höjdskillnad mellan föryngringsåtgärderna fastställas bland tallplantorna som har etablerat sig först efter markberedningsåtgärden?
- Finns det skillnader i åldersfördelningen mellan mekanisk sådd och naturlig föryngringens tallplantor?

2. Material och metoder

Arbetet bygger på en grundläggande litteraturstudie som presenterar aktuell kunskap och tidigare års statistik och forskningsresultat samt på en fältstudie som utfördes under barmarksförhållande 2023. Fältstudien ägde rum mellan den 2023-03-22 och den 2023-04-13.

2.1 Material

Fältstudien genomfördes på Sveaskogs trakter (2,3 till 10,9 hektar stora, hänsynsytor exkluderade) lokaliserade i norra Bergslagen och framgår i nedanstående Figur 1 och Tabell 1. Sammanlagt inventerades åtta trakter, fyra med mekanisk sådd av tall och fyra med naturlig föryngring av tall. Trakterna för naturlig föryngring markbereddes med en harv under hösten 2019 och såddtrakterna inför såddåret 2020 (efter tjällossningen). Valet av trakterna resulterar i att år 2020 är föryngringens första växtsäsong, det vill säga att första växtsäsongens plantor har uppnått treårsåldern vid inventeringstillfället.



Figur 1. Geografiskt läge av trakterna.

Tabell 1. Koordinater och storlek på valda trakter.

*1 Traktstorlek som exkluderar den lämnade hänsynen.

Föryngringsmetod	Trakt Nr.	Objekt ID	Storlek, ha	ha *1	N_koord.	E_koord.
Sådd, tall	1	5192190	3,52	3,34	6 630 383	527 389
Sådd, tall	2	5214305	4,84	4,4	6 630 519	533 687
Sådd, tall	3	5219071	5,38	5,06	6 625 789	537 965
Sådd, tall	4	5200233	5,31	4,83	6 628 434	527 975
Naturlig föryngring, tall	5	4193616	12,16	10,86	6 630 013	528 119
Naturlig föryngring, tall	6	4193617	3,88	3,59	6 629 876	527 728
Naturlig föryngring, tall	7	4224660	2,33	2,26	6 639 383	524 115
Naturlig föryngring, tall	8	4224673	4,52	4,31	6 639 023	524 033

Vid all fältinventering används en rektangulär mätram med innermått 1 000 × 1 500 millimeter som är byggd i trä (Figur 2). Lokaliseringen till provytans centrum genomförs med hjälp utav Avenza Maps och en instruktion om utläggning och förflyttning av provytan.



Figur 2. Bild som illustrerar provytan och dess positionering.

Av Tabell 2 framgår samtliga material som användes för att upprätta arbetet.

Tabell 2. Material som används under studien.

Förkortningar: mm millimeter, m meter, mp markpåverkan

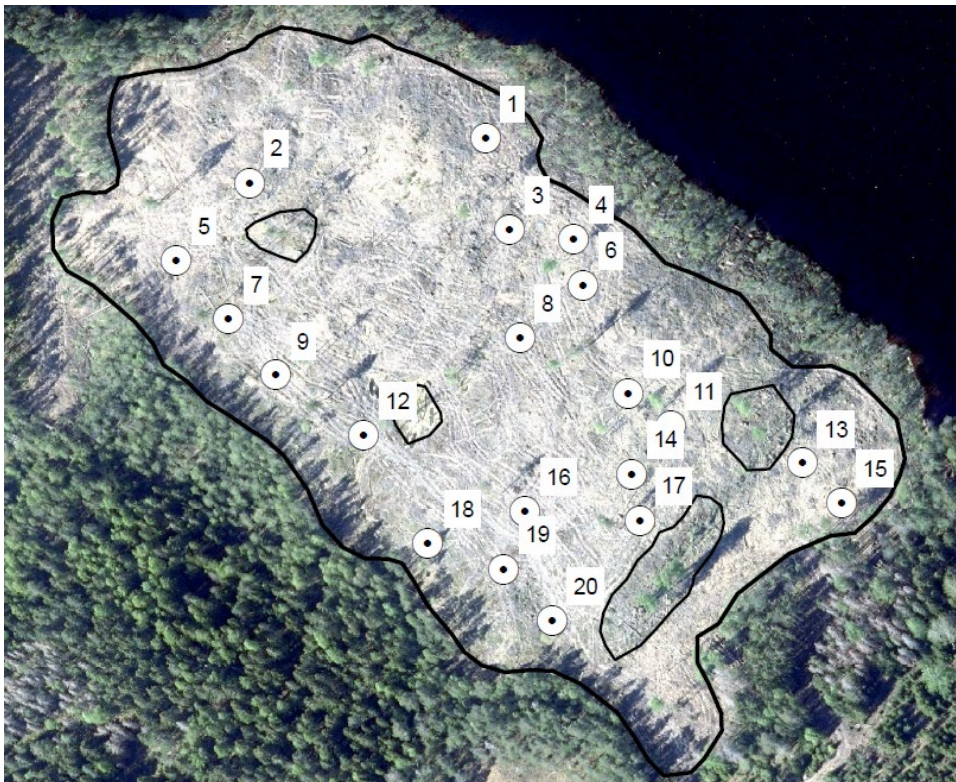
	Antal	
Förberedelse av trakter	4	Sådda trakter
	4	Naturligt föryngrade trakter
	1	Microsoft Excel
	1	ArcMap
Fältinventering	1	Mättram i trä 1000 x 1500 mm
	1	Cirkelprovyta med radien 10 m
	1	Fältblankett (Bilaga 1)
	1	Instruktion om mätning av mp (Bilaga 2)
	1	Fältdator
	1	Måttband
	1	Linjal
	1	Avenza Maps
Analys	1	Microsoft Excel
	1	Formler för statistisk utvärdering (Bilaga 3)

2.2 Förberedelse av kartmaterialet

Kartmaterialet som ställdes till förfogande av Sveaskog filtreras i ett första steg med hjälp av Microsoft Excel för att få fram trakter som uppfyller kraven om föryngringsåret, traktstorlek och målträds slag. I ett nästa steg granskas trakterna både med hjälp av historiska flygfoton och i fält för att kontrollera och om nödvändigt uppdatera informationen om hyggesgränserna, använd markberedningsmetod och antal lämnade träd. Utöver det skedde en avstämning med Sveaskog där traktuppgifter kontrollerades.

Efter en första prövning av trakterna och beslutet om vilka trakter som ska användas förbereddes kartmaterialet i ArcMap. I det här steget infogas en buffertzona på 10 meter som förhindrar att provytorna överlappar beståndsgränsen. Vidare markeras hänsynsytor som ska exkluderas vid utläggningen av provytorna.

För varje trakt lottas 20 objektiva provytor ut med hjälp av ArcMap. För att förhindra en lokal ansamling och därmed åstadkomma en jämn fördelning av provytorna upprättas med hänsyn till traktens storlek ett minimumavstånd mellan provytornas centrum, vid utlottningen av provytorna i ArcMap. På objekt mindre än fem hektar uppgår detta avstånd till minst 15 meter och på objekt större än fem hektar till minst 20 meter. Slutligen konverteras kartorna till koordinatsatta pdf-er för att kunna användas i mobilapplikationen Avenza Maps. Figur 3 visar ett exempel på hur trakten efter bearbetningen kan se ut.



Figur 3. Exempel på utlotning av provytorna för en 4,4 ha stor trakt.

2.3 Fältinventering

2.3.1 Genomförande av fältinventeringen

För varje trakt inhämtas ett antal olika parameter enligt fältblanketten (Bilaga 1) och inventeringsinstruktionen nedan. På samtliga trakter används mobilapplikationen Avenza Maps för att kunna orientera sig till provytornas centrum. Varje provyta inventeras som den påträffas, dvs. att det inte flyttas på löst material som ris, löv, humus, med mera. Inventeringen är tidsatt att i medel uppgår till två minuter per provyta och inkluderar inte förarbete av trakterna.

Efter en okulär mätningen av antal lämnade träd och trädslaget (TGL) på trakten mäts markpåverkan för hela trakten enligt Bilaga 2. Detta genomförs på totalt fyra provytor per trakt (provyta med nummer 5, 10, 15 och 20) och noteras i fältblanketten upprättat i Microsoft Excel.

När inventeringen av trakten är avslutad börjar inventeringen av de rektangulära provytorna. Varje provyta placeras enligt Figur 2, längs med markberedningsspåret så att ena kanten ligger jämnt med kanten av markberedningsspåret och provytan utgörs av både mineraljord, omvänd torva och opåverkad mark. Hamnar provytans centrum inte automatisk i ett markberedningsspår så placeras mätramen i det markberedningsspåret som

medger kortast möjliga förflyttning och därmed säkerställer den objektiva utläggningen av provytorna.

I varje rektangulär provyta inhämtas sedan data om trädslaget (TGL) och plantantalet där det skiljs emellan tallplantor som har vuxit i tre växtsäsonger och dessa som är yngre. Vidare mäts höjden av tallplantor som har etablerat sig först efter markberedningsåtgärden och därmed vuxit i tre växtsäsonger. Slutligen bestäms plantornas vitalitet (frisk, betat, nedsatt och död) och substratet som dessa växer i (blekjord, rostjord, humusblandad mineraljord (humix) och humus) efter en okulär bedömning.

Efter att ha mätt och noterat den rektangulära provytans parameter används samma provytecenrum för att mäta ståndortsindex, markfuktighet och vegetationstyp. Datan mäts enligt vedertagen standard på en cirkelprovyta med en radie på tio meter och noteras i fältblanketten.

2.3.2 Förflyttning av provytan

Vid all fältinventering används kriterierna nedan om förflyttning av provytan. För en standardiserad inventering bestäms att om provytan utgörs till 50 procent eller mer av hinder så ska provytan förflyttas till närmsta godkända punkt. Mätningen sker objektivt med måttband där hinder definieras som block, berg, stubbar, vindfällor, kvarstående träd, hänsynsytor men även omätbara ytor som utgörs av snö, basstråk och basväg.

2.4 Dataanalys

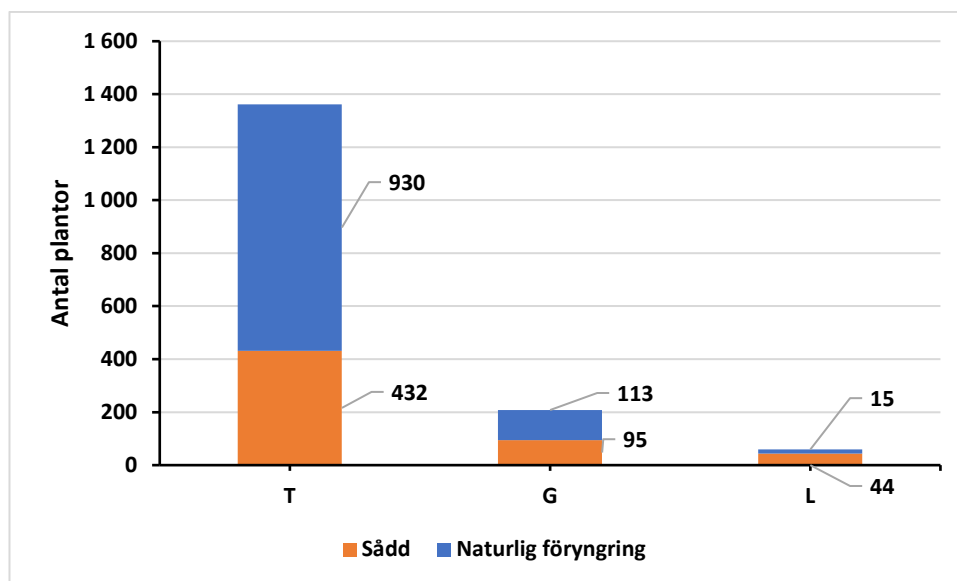
Datamaterialet sammanställs i Microsoft Excel där denna förbereds för att vidare kunna användas i enkelsidiga hypotesprövningar enligt Bilaga 3. Resultatet illustreras i tabeller och figurer som besvarar syftet och frågeställningar utifrån relevant data.

3. Resultat

Totalt inventerades 160 provytor fördelat på åtta trakter. Ståndortsindex fastställdes för varje trakt och uppmättes med en median på T22 med ett lägsta värde på T21 och högsta T24. Likaså beaktades antal lämnade träd för sådd respektive naturlig föryngring. Där påvisade sådden i genomsnitt nio träd per hektar i jämförelse med naturlig föryngring med 31 träd per hektar. Träden inventerades att vara jämfördelade över föryngringsarealen och samtliga som inventerades var av träslaget tall.

Markpåverkan uppmättes till att i medel vara 45 procent, med en hög andel blottlagd mineraljord. Det kunde fastställas att den naturliga föryngringen uppvisade en högre andel (i medel 46 procent) markpåverkad areal än sådden (i medel 43 procent markpåverkat areal).

Av nedanstående Figur 4 kan utläsas att totalt 1 629 plantor inventerades fördelade över trädslagen tall, gran och löv. Den procentuella andelen tall uppgår till 84 procent, gran 13 procent och löv 3 procent.



Figur 4. Trädslagsfördelning för antal plantor i sådd (n = 571) och naturlig föryngring (n = 1 058).

3.1 Plantantal tall

I Tabell 3 framgår antal tallplantor per kvadratmeter markpåverkad areal och per hektar. Resultatet visas för både noll till tre år gamla tallplantor och för enbart tre år gamla tallplantor. Tabellen visar ytterligare varje trakts uppmätta ståndortsindex.

Tabell 3. Sammanställningen av plantantalet för noll till tre år gamla, samt enbart tre år gamla tallplantor per m² markpåverkad areal och per hektar. Trakt 1 till 4 förnygrades med sådd och trakt 5 till 8 med naturlig förnygring.

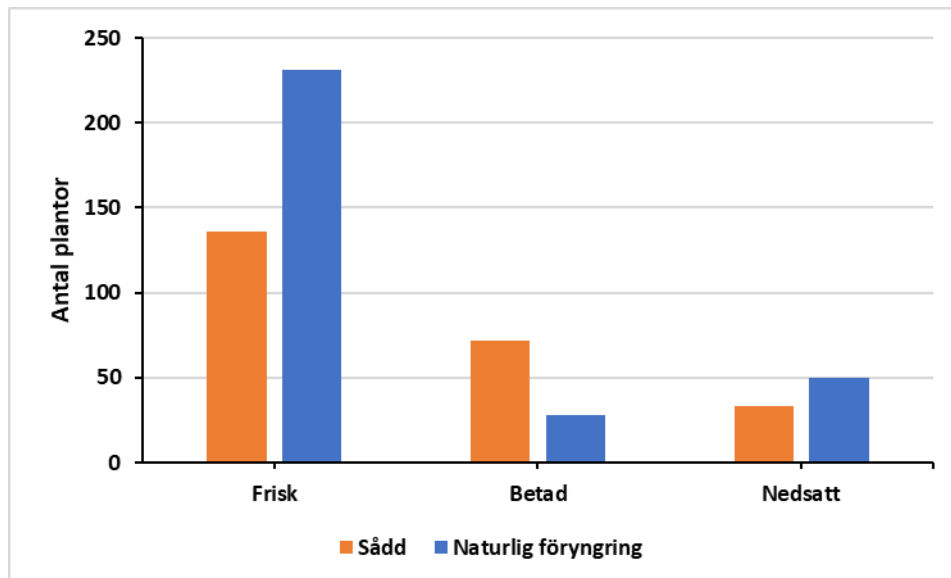
Trakt	Ståndorts-index	0 - 3 år gamla tallplantor		enbart 3 år gamla tallplantor	
		pl. per m ²	per ha	pl. per m ²	per ha
1	T24	5,15	26 700	3,09	16 000
2	T22	2,39	11 000	0,66	3 000
3	T21	2,34	10 000	1,65	7 100
4	T22	5,26	20 000	3,34	12 700
5	T24	7,45	34 300	2,81	12 900
6	T22	11,43	40 000	3,39	11 900
7	T22	9,46	50 600	2,78	14 800
8	T23	5,12	24 600	2,24	10 700

I det här arbetet kunde det med 99,9 procent säkerhet ($Z = 6,07$, $p < 0,001$) bevisas att naturlig förnygring åstadkommer ett högre plantantal efter tre växtsäsonger på området. Om man däremot betraktar enbart tre år gamla tallplantor så kan man bara med 95 procent säkerhet ($Z = 1,77$, $p < 0,05$) bevisa att naturlig förnygring åstadkommer ett större plantantal.

3.2 Vitalitet tall

Av Figur 5 framgår att 56 procent utav såddens tre år gamla tallplantor är friska, 30 procent betade och 14 procent uppmättes som nedsatt i vitaliteten. Vid naturlig förnygring inventerades 75 procent utav de tre år gamla tallplantorna som friska, 9 procent betade och 16 procent med nedsatt vitalitet.

Det kunde även bedömas att den nedsatta vitaliteten bland de inventerade tallplantorna orsakades utav huvudsakligen två faktorer, tallskyttesvampen och knäckesjukan.



Figur 5. Antal tre år gamla friska, betade och nedsatta tallplantor för både sådd (n = 241) och naturlig föröngning (n = 309).

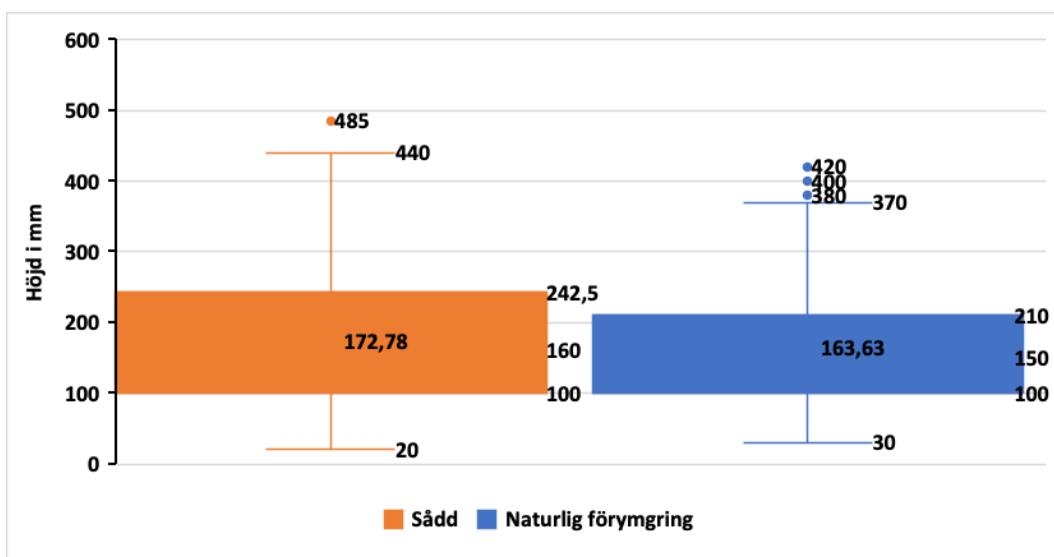
Utav inhämtade data kan med 99,9 procent säkerhet ($Z = 4,53$, $p < 0,001$) bevisas att naturlig föröngning på området åstadkom fler friska plantor än sådd vid betraktande av tre år gamla tallplantor.

Om det förutsätts att varje provyta kan generera en huvudplanta som återfinns efter sista röjningen och att varje trakt markberetts med en markpåverkan på 45 procent, så kan resultatet omräknas till antal huvudplantor av trädslaget tall per hektar. För sådd beräknas under dessa förutsättningar ett intervall mellan 1 800 och 2 800 plantor per hektar för trakt ett, tre och fyra och ett lägsta plantantal för trakt två som bestäms till 300 friska tre år gamla plantor per hektar. Motsvarande kan det även beräknas för naturlig föröngning där en intervall mellan 2 700 och 2 800 friska tre år gamla tallplantor erhålls.

3.3 Höjdskillnad tall

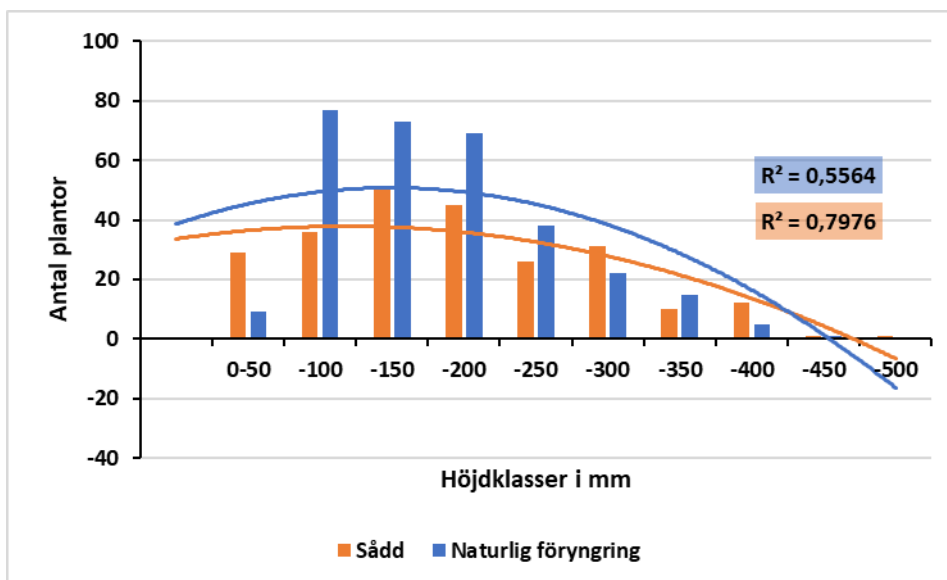
3.3.1 Höjdskillnad av samtliga vitala tallplantor vid 3 års ålder

Av Figur 6 framgår att vid analys av samtliga, vitala, tre år gamla tallplantor beräknas såddens medellängd till 173 och naturlig föröngningens till 164 millimeter. Vidare framgår att 50 procent utav såddens 241 tre år gamla tallplantor uppmättes med en längd mellan 100 och 243 millimeter. Respektive intervall beräknades för naturlig föröngningen (totalt 309 tre år gamla tallplantor) vara mellan 100 och 210 millimeter.



Figur 6. Höjdfördelning av samtliga vitala, tre år gamla tallplantor i kvartiler för sådd (n = 241) respektive naturlig förömgning (n = 309). I figuren framgår även min, max, medel och extremvärdena.

Utav nedanstående Figur 7 framgår de tre år gamla tallplantornas längd för sådd respektive naturlig förömgning, fördelade i 50 millimeters höjdklasser. Att sådden visar en flackare kurva än naturlig förömgning förklaras med att ett lägre plantantal uppmättes.

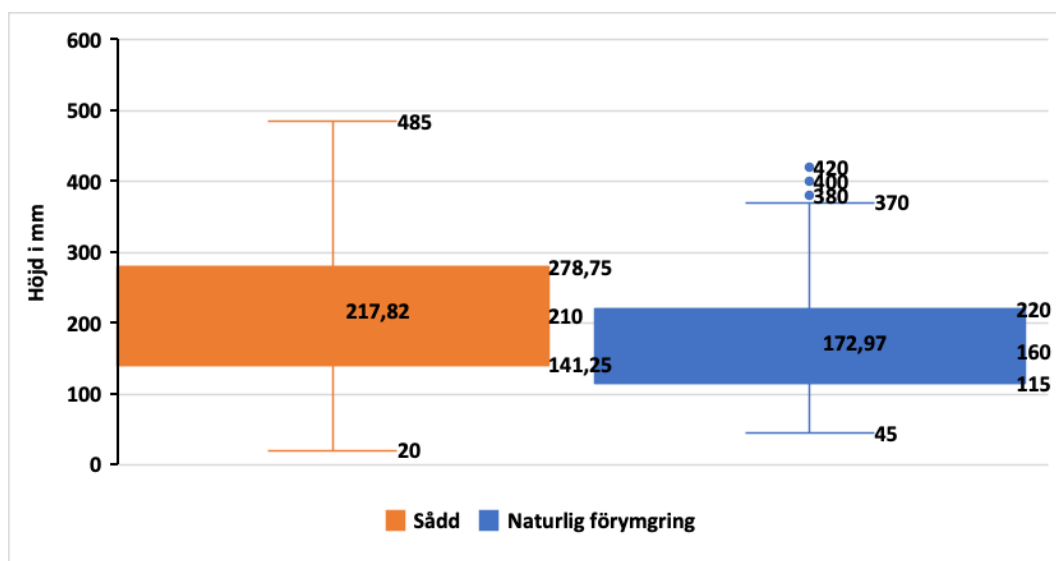


Figur 7. Fördelning av samtliga vitala, tre år gamla tallplantor i 50 mm höjdklasser för sådd (n = 241) respektive naturlig förömgning (n = 309).

Trots att det vid beräkningen kunde registreras en marginell högre medellängd vid förömgningsåtgärden sådd jämfört med naturlig förömgning så kunde ingen statistiskt signifikant höjdskillnad påvisas ($Z = 1,18$).

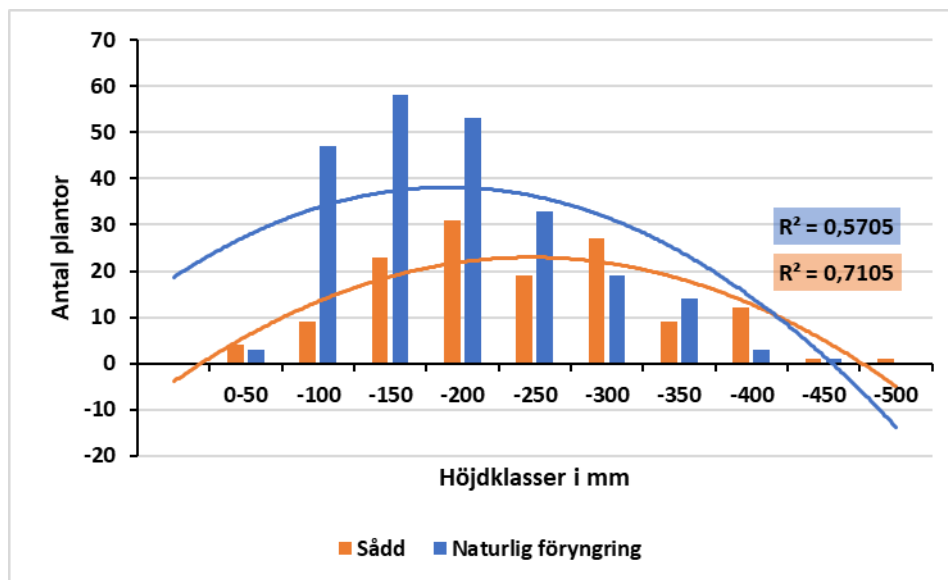
3.3.2 Höjdskillnad av enbart friska tallplantor vid 3 års ålder

Figur 8 visar enbart friska tre år gamla tallplantor. Vid analys av dessa plantor så beräknas att 50 procent utav såddens 136 friska plantor registrerades inom ett intervall mellan 141 och 279 millimeter. Respektive intervall för naturlig förnygring (totalt 231 friska tre år gamla tallplantor) beräknades vara mellan 115 och 220 millimeter. Utav Figur 8 framgår vidare att även medellängden förskjuts om enbart friska plantor analyseras. För sådd beräknas medellängden till 218 respektive 173 millimeter för naturlig förnygring.



Figur 8. Höjdfördelning av enbart friska, tre år gamla tallplantor i kvartiler för sådd (n = 136) respektive naturlig förnygring (n = 231). I figuren framgår även min, max, medel och extremvärdena.

I nedanstående Figur 9 framgår de tre år gamla, enbart friska tallplantornas längd för sådd respektive naturlig förnygring, fördelade i 50 millimeters höjdklasser. Att sådden visar en flackare kurva än naturlig förnygring förklaras även här med att ett lägre plantantal uppmättes. Det framgår även att antal sådda plantor kulminerar senare jämfört med naturlig förnygring.



Figur 9. Fördelning av enbart friska, tre år gamla tallplantor i olika höjdklasser för sådd (n = 136) respektive naturlig förnygring (n = 231).

Med stöd utav inhämtade data kan en statistiskt signifikant skillnad i höjden för enbart friska tre år gamla tallplantor konstateras. Med 99,9 procent säkerhet ($Z = 4,75$, $p < 0,001$) åstadkommer förnygringsmetoden sådd längre plantor än naturlig förnygring vid analys av friska tre år gamla tallplantor.

4. Diskussion

Syftet med denna studie var att analysera om det finns någon statistisk signifikant skillnad mellan sådd och naturlig föryngring med fokus på plantantal, åldersfördelning, vitalitet och höjdskillnad för föryngringsåret 2020. Studiens resultat visar att mekanisk sådd med förädlat material och naturlig föryngring av tall har som störst statistisk signifikant skillnad vid analys av plantantalet, där naturlig föryngring genererar ett större plantantal tre växtsäsonger efter markberedningen. Studien kunde även påvisa att signifikant fler tallplantor uppkomna i en naturlig föryngring är friska än sådana som etablerades på de sådda trakterna. Denna studie bevisar att med 99,9 procent säkerhet att tre år gamla tallplantor på sådda trakter är signifikant längre än dessa uppkomna i en naturlig föryngring.

4.1 Befintliga studier

En föregående studie som jämför mekanisk sådd och naturlig föryngring av tall i Härjedalen visar att det inte finns någon skillnad i medelhöjden mellan föryngringsmetoderna (Wallin 2013). Vad som inte framgår är dock om resultatet utgår från samtliga plantor eller enbart friska, vilket jämfördes i denna studie och gav en statistisk signifikant skillnad i resultatet. Samma resultat erhöles för plantantal per hektar där ingen statistisk signifikant skillnad kunde bevisas.

Vid en annan studie undersöktes resultatet av blandsådd med förädlat frömaterial (tall och gran), där skillnaden mellan tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*) analyserades. Ett av studiens resultat är att tre år gamla blandsådder har en medelhöjd på 179 millimeter som ligger nära vår studies resultat. I just denna studie har man dock inte skiljt åt trädslagen mellan varandra och det kan därmed inte sägas vilken medelhöjd enbart tallen har. Däremot har studien kommit fram till att tallen etablerar sig bättre inom det valda geografiska områdets växtplats. I och med detta är det därför sannolikt att tallen styr den för denna studies beräknade medelhöjd (Åhlén & Jakobsson 2021).

Enligt Skogsstyrelsens rekommendationer (Karlsson et al. 2017) beträffande antal kvarlämnade fröträd per hektar som tidigare nämnts i arbetet, utgår man främst ifrån ståndorten. Bättre marker beskrivs som ståndortindex T24 och kräver generellt fler fröträd på föryngringsarealen då konkurrensen från markvegetationen ökar och utveckling i plantstadiet kan försämrats. Det lägsta enligt Skogsstyrelsen rekommenderade antalet fröträd per hektar är 50 per hektar och gäller för sämre boniteter ($SI < T18$). I intervjun med Sveaskog framgick att företaget har som mål att lämna mellan 60 – 70 träd per hektar vid föryngringsavverkningen. Företaget anger vidare att vid återväxtkontrollen så finns cirka 40 träd per hektar kvar. I vår studie kom vi dock fram till att det i medel fanns cirka 31 tallar per hektar vid inventeringstidpunkten som därmed inte är i linje med Skogsstyrelsens rekommendationer.

4.2 Den nya kunskapen och dess konsekvenser

Förädlingseffekten för den mekaniska sådden resulterade i en signifikant längre medelhöjd för såddårets tallplantor jämfört med beståndsfrön i den naturliga föryngringen. Eftertraktas det således en bättre tillväxt på plantorna är sådd ett bra alternativ som föryngringsmetod. Har markägaren dock andra mål med föryngringen som kvantitet av friska plantor, plantantal eller åldersfördelning är det enligt vår studie naturlig föryngring som ger bättre resultat. Med naturlig föryngring får man med fröträd på föryngringsarealen ett naturligt återkommande fröfall som kan fördela åldersspridningen mer jämnt över hygget. Jämförelsevis med sådd förlitar man sig på att fröna är vitala med bra groddbarhet. Om markberedningsårets påföljande växtsäsong leder till större avgång bland plantorna så har naturlig föryngring enligt vår studie enklare att kunna kompensera för avgången i de näst påföljande växtsäsongerna.

Fastän ett för lågt antal lämnade fröträd enligt Skogsstyrelsens rekommendationer, blev samtliga trakter med naturlig föryngring som inventerades i denna studie godkända enligt Skogsstyrelsens krav på minsta antal plantor vid återväxtkontroll. Det kan då diskuteras om det verkligen finns behov utav minst 50 fröträd per hektar vid sämre boniteter eller om kantbestånden har större inverkan i föryngringsresultaten än tidigare antagits.

4.3 Studiens styrkor

Studien är enkelt att duplicera och därmed lätt att kunna jämföra med framtida studier. Det krävs inte mycket material för att kunna genomföra studien och vid rätt förberedelse av fältblanketten kan en smidig dataanalys genereras.

Studien kom fram till tydliga resultat på höga signifikansnivåer. Det kunde påvisas att det förädlade materialet vid sådden resulterade i signifikant längre plantor och därmed går i linjen med tidigare studier och forskningsresultat.

Även om enbart ett föryngringsår analyserades i studien så kan resultaten vara vägledande i frågan om vilken föryngringsmetod markägaren bör använda sig utav i norra Bergslagen. Vidare kunde det fastställas att fröåret 2020 i norra Bergslagen har varit sämre än medelvärdet för de senaste åtta åren (se Bilaga 4), dvs. att det troligen kan förväntas högre resultat gällande till exempel plantantal under bättre fröår (Personlig kommunikation, seniorforskare Ulfstand Wennström, Skogforsk 2023-05-08). Beroende på vilka mål markägaren har med sitt brukande så ger denna studie en indikation vilken föryngringsmetod som kan vara mest lämpligt.

4.4 Studiens svagheter

Studien förhåller sig enbart till fröåret 2019/2020 och utesluter hur olika fröår skiljer åt sig vilket kan vara av stort intresse. Vid ett nytt dock mer omfattande arbete finns möjligheten att undersöka och jämföra ytterligare år efter

markberedning och inte enbart ett enda som denna studie tillägnat sig åt. Dessutom med fler antal trakter och över ett större geografiskt område. Faktorer som i en sådan studie kan analyseras kan till exempel vara hur förnygringsmetoderna skiljer sig på bättre marker. På så vis blir man inte bunden av ett resultat utan kan lättare jämföra studiens slutsats gentemot andra studieresultat. Därefter kan även bidragande faktorer som påverkar plantornas utvecklingsstadium analyseras utifrån exempelvis nederbörd, medeltemperatur, höjd över havet, frostnätter/uppfrysningsskador etc.

I det här arbetet så har markpåverkan vid flera tillfällen överstigit provytearealen som då innebär att delar utav den omvända torvan har hamnat utanför, samtidig som alltid hela mineraljorden ingått i provytan. Vid mätning av markpåverkan för hela trakten (Bilaga 2) mäts däremot alltid hela den påverkade marken (mineraljord plus den uppflikade humusen). Detta innebär att mineraljorden blir överrepresenterad medan den omvända humusen blir underrepresenterad, som slutligen resulterar i en överskattning av plantor per hektar för respektive trakt. Detta påverkar dock inte de två hypotesprövningar om plantantalet då dessa inte bygger på plantor per hektar utan utgår ifrån varje provytas antal plantor per kvadratmeter påverkad mark.

Fältinventeringen som genomfördes i denna studie bygger som tidigare nämnt på objektiv utlottade provytor. Trots att utlottningen skedde objektivt och krav på minsta avstånd mellan provytorna upprättades så kan provytorna av en slump ändå hamnat på trakternas bästa eller sämsta förnygringsplatser. Denna risk bedöms dock vara minimal dels för att en jämn fördelning av provytorna erhöles och för antalet utlagda provytor.

4.5 Rekommendationer för framtida studier

Som tidigare nämnts så kan det vara bra att vid framtida studier hämta in fler data både med tanken på antal förnygringsår, geografiskt läge och kvalitén av lämnade(frö-)träd. Detta för att lättare kunna jämföra data med tidigare studier och forskning och för att kunna styrka datas resultat. Givetvis kommer det leda till en mer omfattande och mer tidskrävande studie som med stor sannolikhet inte kommer att kunna rymmas i ett examensarbete.

I studien kunde det konstateras att det finns en viss felmarginal bland företagens rapportering om förnygringsåtgärden. Vidare kunde det läggas märke till att ett antal trakter behövdes filtreras ur traktdatabasen med anledning av deras form, blockighet, förekomsten av gräs med mera för att kunna komma fram till jämförbara trakter. Med anledning av de nu nämnda faktorerna så är det att rekommendera att förbereda ett antal reservtrakter inför fältinventeringen för att enkelt kunna byta ut för studien olämpliga trakter.

4.6 Slutsatser

Slutsatserna gäller för föryngringsåret 2020 och i Bergslagen (breddgrad 59). Studien visar att mekanisk sådd av tall med förädlat frömaterial åstadkommer ett statistisk signifikant lägre plantantal per m² markpåverkad areal än vad naturlig föryngring gör. Detta resultat gäller för både noll till tre år gamla tallplantor och för enbart tre år gamla tallplantor. Vidare kunde studien bevisa med 99,9 procent sannolikhet att naturlig föryngring leder till fler friska plantor än vad sådd gör.

Vid analys av samtliga vitala, tre år gamla, tallplantor kunde ingen statistisk signifikant skillnad påvisas. Däremot kunde studien med 99,9 procent säkerhet bevisa att friska tre år gamla tallplantor uppkomna efter mekanisk sådd med förädlat frömaterial är signifikant längre än vad friska tre år gamla tallplantor i en naturlig föryngring är.

Sammanfattningsvis kan det sägas att studien ger en god indikation om skillnaden mellan mekanisk sådd och naturlig föryngring av tall. Dock behövs det fler upprepade studier för att kunna säkerställa resultaten.

Referenser

- Albrektsson, A., Elfving, B., Lundqvist, L., Valinger, E. (2012). *Skogsskötselserien - skogsskötselns grunder och samband*. Andra upplagan. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på: [Skogsskötselns grunder och samband \(skogsstyrelsen.se\)](https://www.skogsstyrelsen.se) [2023-02-14]
- Bergsten, U., Goulet, F., Lundmark, T., Ottosson-Löfvenius, M. (2001). Frost heaving in a boreal silt soil in relation to soil scarification and snow cover. *Canadian Journal of Forest Research*. 31 (6), 1084 – 1092. <https://doi.org/10.1139/x01-042>
- Bergsten U., Sahlén K. (2013). *Skogsskötselserien - sådd*. Andra upplagan. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-5-sadd.pdf> [2023-02-14]
- Boström M., Carlsson L. (2014). *Skog och ren*. Projektet Kompetensutveckling Skogsbruk och Rennäring. Tillgänglig på: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/rennaring/skog-och-ren-2014.pdf> [2023-02-12]
- Erefur, C. (2010). Diss. *Regeneration in continous cover forestry systems*. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2010:42. <https://res.slu.se/id/publ/29200>
- Erson, B.T. (2021). *Mekaniserad skogssådd: goda exempel på bra skogsbruk – sammanställt inom ett EU Erasmus+ projekt*. Net4Forest.
- Hallsby, G. (2013). *Skogsskötselserien - Plantering av barrträd*. Andra upplagan. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på: [PLANTERING AV BARRTRÄD \(skogsstyrelsen.se\)](https://www.skogsstyrelsen.se)
- Holmberg V. Skogsskötselledare. Sveaskog. Intervju (2023-03-02)
- Karlsson, C. Hannerz, M., Hånell, B., Sikström, U, Örlander, G. (2017). *Skogsskötselserien - Naturlig förnygring av tall och gran*. Andra upplagan. Tillgänglig på: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotselserien-04-naturlig-foryngring-av-tall-och-gran-2017.pdf> [2023-02-17]
- Oleskog, G., Grip, H., Bergsten, U., Sahlén, K. (2000) Seedlings emergence of *Pinus sylvestris* in characterized seedbed substrates under different moisture conditions. *Canadian Journal of Forest Research*. 30 (11), 1766 – 1777. <https://doi.org/10.1139/x00-111>
- Oleskog, G., Sahlén K. (2000). Effects of Seedbed Substrate on Moisture Conditions and Germination of *Pinus sylvestris* Seeds in a Clearcut. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 15 (2), 225 – 236.

<https://doi.org/10.1080/028275800750015046>

Rosvall, O., Andersson Gull, B., Berlin, M., Högberg, K-A., Stener, L-G., Jansson, G. Almqvist, C., Westin, J. (2016). *Skogsskötselserien - Skogsträdsförädling*. Andra upplagan. Tillgänglig på:
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-19-skogstradsforadling.pdf>
[2023-02-25]

Saursaunet M., Mathisen K.M., Skarpe C. (2018). *Effects of Increased Soil Scarification Intensity on Natural Regeneration of Scots Pine Pinus sylvestris L. and Birch Betula spp. L.* Forests, 9(5), 262. <https://doi.org/10.3390/f9050262>

SCB (2022) A. *Marken i Sverige*. (2022-10-31). Statistiska centralbyrån.
<https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/marken-i-sverige/> [2023-02-13]

SFS 1979:429. *Skogsvårdslagen*. Stockholm: Landsbygds- och infrastrukturdepartementet RSL

Sikström U., Hjelm K., Holt Hanssen K., 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), 10172.
<https://doi.org/10.14214/sf.10172>

Skogsstyrelsen (2022) *Återväxternas kvalitet 2021/2022*. (JO0311/2022-11-17). Skogsstyrelsen.
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/statistikfaktblad/jo0311-statistikfaktblad-atervaxternas-kvalitet-2022.pdf> [2023-02-14]

Wallin, M. (2013) *Jämförelse mellan sådd och naturlig förnygring av tall i Härjedalen*. (2013:15). Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsmästarprogrammet.
[wallin_m_131022.pdf \(slu.se\)](http://www.slu.se/wallin_m_131022.pdf)

Wennström U. Seniorforskare. Skogforsk. Intervju (2023-05-08)

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

Åhlén, R. & Jakobsson, G. (2021). *Mekanisk sådd i Bergslagen – en jämförelse mellan tall och gran*. (2021:21). Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsmästarprogrammet. [ahlen_r_jakobsson_g_220204.pdf \(slu.se\)](http://www.slu.se/ahlen_r_jakobsson_g_220204.pdf)

Bilagor

Bilaga 1

Tabell 4: Fältblankett som användes under samtliga inventeringar.

Trakt, nr:	Markpåverkan:	Ståndortsindex:	Ålder		Vitalitet	Substrat	Markfuktighet	Vegetations typ
			0 = 1 - 2 år	1 = 3 år				
					F = Frisk B = Betat N = Nedsatt D = Död	1 = Mineraljord 2 = Humix 3 = Humus	1 = Torr 2 = Frisk 3 = Fuktig 4 = Blöt	1 = Sml. Gräs 2 = Blåbär 3 = Lingon 4 = Fattigris 5 = Lav
Antal lämnade träd:								
TGL:								

Provytan, Nr:	Info provytan:	Tall:				Gran:		Löv:	
		Åldersklass	Höjd, mm	Vitalitet	Substrat	Vitalitet	Substrat	Vitalitet	Substrat
	Ståndortsindex T:								
	Vegetationstyp:								
	Markfuktighet:								
	Markpåverkan:								
	0%								
	Mineraljord:								
	0%								
	Omvänd torva								
	0%								

Bilaga 2

Mätning markpåverkan

Med markpåverkan menas den procentuella andel av marken där fältskikt och bottenskikt är påverkat av markberedningsekipaget och ingen växtlighet längre finns kvar. Definitionen innefattar blottlagd mineraljord, humustäcke utan bottenskikt (mossa och lavar) inklusive eventuella körskador i samband med markberedningen.

Vid högläggning räknar man in gropen, högen och uppfläkt humus m m som täcker bottenskiiktsvegetationen. Vid harvning räknas på motsvarande sätt harvspåret och den mineraljord och humus som täcker bottenskiiktsvegetationen. Om aggregatet slagit i en sten eller vält ett träd räknas även gropen eller rotvältan som påverkad mark.

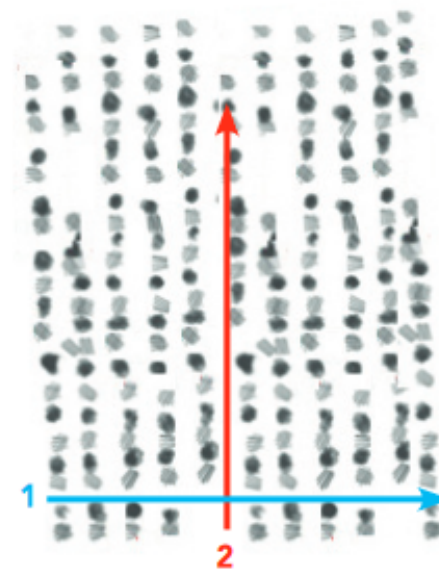
Tillvägagångssätt

Välj ett representativt område inom trakten som är 20 gånger 20 meter, vilket blir totalt 400 m². Välj först en startpunkt som ligger mitt emellan två markberedningsrader. Börja med att göra mätningen vinkelrätt mot markberedningen. Fäst måttbandet och mät genomsnittlig bredd av alla rader/högar du passerar under 20 meter och summera dessa. Därefter väljer du en representativ rad och mäter den markberedda ytan i längsled.

Utrustning: 20 meter långt måttband, tumstock, miniräknare.

Figur 10: Vedertagen standard om mätning av markpåverkan (Boström M., Carlsson L. 2014).

Högläggare



Avläsning

1. Mät och summera den sträcka längs måttbandet där marktäcket är påverkat (mineraljord + uppfläkt humus). = **A**.
2. Summera på samma sätt som ovan. = **B**

Summan: **A** (m) * summan **B** (m) dividerat med 400 (m²) * 100 = **markpåverkan (%)**

Förenklat: Summan **A** * summan **B** dividerat med 4 = **markpåverkan (%)**

Bilaga 3

Enkelsidig hypotesprövning som besvara syftet och frågeställningen.

Vid beräkning används formeln $Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)}}$ och tabellen:

P%	Z
5	1,64
2,5	1,96
1	2,33
0,5	2,58
0,1	3,09
0,05	3,29

Hypotesprövning 1, plantantal för samtliga (0 – 3 år gamla) tallplantor:

H₀: Sådd och naturlig föryngring har samma plantantal ($\mu_{\text{Sådd}} = \mu_{\text{NF}}$)

H₁: Naturlig föryngring åstadkommer ett högre plantantal ($\mu_{\text{Sådd}} < \mu_{\text{NF}}$)

Z = 6,07

H₀ förkastas på samtliga tre signifikantnivåer. Därmed är H₁ med 99,9 procent sannolikhet bevisat.

Hypotesprövning 2, plantantal för enbart 3 år gamla tallplantor:

H₀: Sådd och naturlig föryngring har samma plantantal ($\mu_{\text{Sådd}} = \mu_{\text{NF}}$)

H₁: Naturlig föryngring åstadkommer ett högre plantantal ($\mu_{\text{Sådd}} < \mu_{\text{NF}}$)

Z = 1,77

H₀ förkastas på första signifikantnivå. Därmed är H₁ med 95 procent sannolikhet bevisat.

Hypotesprövning 3, vitalitet av 3 år gamla tallplantor:

H₀: Sådd och naturlig föryngring har lika många friska plantor ($\mu_{\text{Sådd}} = \mu_{\text{NF}}$)

H₁: Naturlig föryngring åstadkommer fler friska plantor ($\mu_{\text{Sådd}} < \mu_{\text{NF}}$)

Z = 4,53

H₀ förkastas på två signifikantnivåer. Därmed är H₁ med 99,9 procent sannolikhet bevisat.

Hypotesprövning 4, höjdskillnad för samtliga 3 år gamla tallplantor:

H₀: Sådd och naturlig föryngring är lika långa ($\mu_{\text{Sådd}} = \mu_{\text{NF}}$)

H₁: Sådda plantor är längre än naturlig föryngrade plantor ($\mu_{\text{Sådd}} > \mu_{\text{NF}}$)

Z = 1,18

H₀ kan inte förkastas på någon signifikansnivå. Därmed antas H₀ vara sant.

Hypotesprövning 5, höjdskillnad för enbart friska 3 år gamla tallplantor:

H₀: Sådd och naturlig föryngring är lika långa ($\mu_{\text{Sådd}} = \mu_{\text{NF}}$)

H₁: Sådda plantor är längre än naturlig föryngrade plantor ($\mu_{\text{Sådd}} > \mu_{\text{NF}}$)

Z = 4,75

H_0 förkastas på samtliga tre signifikantnivåer. Därmed är H_1 med 99,9 procent sannolikhet bevisat.

Bilaga 4

I Tabell 5 visas resultatet av fältinventeringar där antal kott räknades på provträd högre än 10 meter. Inventeringen genomfördes av riksskogstaxeringen och sammanställdes utav Wennström på Skogforsk.

Tabell 5: Frömogsnadsår tall (dvs. fröet faller på marken året efter) för Dalarna-, Örebro- och Västmanlands län mellan 2015 och 2022 (Personlig kommunikation, seniorforskare Ulfstand Wennström, Skogforsk 2023-05-08).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Medel
Dalarna	45,6	35,5	20,9	32,9	27,4	150,6	40,5	36,5	38,1
Örebro	32,0	80,6	31,6	46,0	34,9	74,8	33,6	30,5	44,2
Västmanland	56,0	21,5	59,6	21,2	47,5	25,6	58,7	27,0	54,9

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.