

# Realiserad genetisk vinst

Hur många planterade plantor överlever? En studie från Götaland.

Rasmus Sörensen, Helena Gålnander, Jon Ahlinder.



Plantor som väntar på plantering. Fotograf: Rasmus Sörensen, Skogforsk.

# Innehåll

<b>Förord</b> .....	<b>3</b>
<b>Summary</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>5</b>
<b>Bakgrund</b> .....	<b>6</b>
<b>Syfte och Mål</b> .....	<b>7</b>
<b>Material och metod</b> .....	<b>7</b>
Urval.....	7
Inventeringar .....	9
Statistiska analyser .....	10
<b>Resultat och analys</b> .....	<b>11</b>
Traktegenskaper .....	11
Plantantal, -täthet och -överlevnad.....	11
Vitalitet över tid .....	14
Inverkan på vitalitet.....	15
<b>Diskussion</b> .....	<b>22</b>
Traktareal.....	22
Planthöjd.....	24
Vitalitet .....	24
<b>Konklusion</b> .....	<b>25</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>27</b>
<b>Bilaga 1 - SCA:s skogliga register och fältinventering</b> .....	<b>28</b>



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

---

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 19 januari 2024 av Johan Sonesson, processchef Samhällsnytto. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 26 februari 2024.

Redaktör: Caroline Rothpfeffer, caroline.rothpfeffer@skogforsk.se  
©Skogforsk 2024 ISSN 1404-305X

# Förord

Denna andra del av projektet *Realiserad genetisk vinst* har finansierats av skogsägarföreningen Södras forskningsstiftelse.

Författarna riktar ett stort tack till Södras forskningsstiftelse för finansiering och till företagen Södra och Skogssällskapet som har bidragit med trakter till nyanläggning av denna försöksserie belägen i södra Sverige. Tack till SCA för möjlighet att fortsätta nyttja den elektroniska infrastrukturen. Ett särskilt erkännande riktas till Michael Krook, Skogforsk, som noggrant har samlat in ett sju­siffrigt antal datapunkter i studien.

Uppsala, januari 2024

Rasmus Sörensen, Helena Gålnander och Jon Ahlinder.

# Summary

In this study, primarily two phenomena have been investigated. The first is the outcome of genetic gain in forest regeneration, that is, the percentage of planted seedlings that constitute the stand. The second is about the causes of variation in plant vitality, including plant mortality.

On each of 37 regenerated sites in southern Sweden, 10 sample plots of 100 m<sup>2</sup> each were established in 2016, 2017 and 2018. The plots were placed on productive forest land within pure planting areas, without features such as slash piles, retention patches or obstacles hindering planting. During the initial inventory, various site factors were noted, spanning the scale from tract to planting spot. The height and vitality of the planted seedlings were inventoried on all occasions, along with the number, species, and height of the self-regenerated plants.

After six growth seasons, the average number of living planted seedlings had decreased to 69 percent, from 2400 to slightly less than 1700 plants per hectare. The survival of planted seedlings in this study, and thus the possibility of gain from the breeding, was significantly lower than expected after only six growth seasons. Survival was lower for spruce than for pine, constituting just under 65 percent of the stand's planted coniferous plants. In addition to conifers, stands consisted of 33 percent self-regenerated deciduous trees.

Of the 69 percent remaining planted seedlings, 63 percentage points of spruce seedlings and 56 percentage points of pine seedlings were healthy or slightly impaired, corresponding to 1500 and 1350 planted plants per hectare, respectively. The rest were severely impaired.

The height of the plant after one growth season was the strongest factor for high vitality after six growth seasons for both spruce and pine. Several other factors influenced vitality for spruce, including the quality of the planting spot and the plant's placement in it.

The presence of grass in the planting spot also had an impact on vitality for both spruce and pine, likely due high competition. Soil thickness influenced vitality positively and can be partially affected by soil preparation and choice of planting spot.

Other factors affecting vitality were of a nature that cannot be influenced by management, such as soil type, vegetation type, elevation, humidity and more. However, areas with poorer conditions still need to be regenerated, and the information gathered in this study may possibly improve regeneration planning and small-scale site adaptation.

Many factors play a role individually, and together their effect on vitality can be significant. Therefore, the quality of the planting can ultimately have a significant impact on growth. Decisions made during planting have consequences for the entire lifespan of the plant's and stands, and it may be considered whether the quality of plantings should be subjected to larger degree of control. The cost of this can be seen as an investment.

It is recommended to follow up this study with calculations on investment costs and production forecasts for different models of procurement criteria for planting contractors. The study is designed to continue the inventories until after thinning. Therefore, we recommend maintaining the inventories so that we in the near future can evaluate what percentage of future thinned stands that consist of genetically improved seedlings in the southern part of Sweden. Based on such results, the actual realized genetic gain can be estimated, providing a basis for decisions on future regenerations and management.

# Sammanfattning

I denna studie har i huvudsak två fenomen undersökts. Det ena är den realiserade genetiska vinsten i föryngringar, det vill säga hur stor andel av de planterade plantorna som utgör beståndet. Det andra är orsaker till variation i plantvitalitet, inklusive plantdöd.

På vardera av 37 föryngrade trakter i Södra Sverige lades 10 provvytor på 100 m<sup>2</sup> ut under åren 2016, 2017 och 2018. Ytorna placerades på produktiv skogsmark inom rena planteringsytor utan till exempel grot-högar (grenar och toppar), hänsyn eller block som hindrade planteringen. Vid första inventeringen noterades åtskilliga ståndortsfaktorer, inom hela skalan från traktegenskaper till planteringspunkt. De planterade plantornas höjd och vitalitet inventerades vid alla inventeringstillfällen tillsammans med antalet självföryngrade plantor, deras trädslag och höjd.

Efter sex tillväxtsåonger (TvS) hade antalet levande planterade plantor i genomsnitt sjunkit till 69 procent, från 2400 till knappt 1700 plantor per hektar. Planterade plantors överlevnad, och därmed även möjligheten att dra nytta av skogsträdsförädlingen, har i denna studie visat sig vara betydligt lägre än väntat redan efter sex tillväxtsåonger. Överlevnaden var lägre för gran än för tall. Gran utgjorde knappt 65 procent av beståndens planterade barrplantor. Förutom barrplantor bestod bestånden av 33 procent självföryngrat löv.

Av de 69 procent kvarvarande planterade plantorna var 63 procentenheter av granplantorna och 56 procentenheter av tallplantorna friska eller lätt nedsatta, vilket motsvarar 1500 respektive 1350 planterade plantor per hektar. Resterande var svårt nedsatta.

Plantans höjd efter en tillväxtsåong var den starkaste faktorn för hög vitalitet efter sex tillväxtsåonger för både gran och tall. Flera faktorer som kan påverkas av skötseln hade betydande inverkan på vitalitet för gran, bland annat planteringspunktens kvalitet och plantans placering i den. Gräsförekomst i planteringspunkten hade en negativ inverkan på vitaliteten, både för gran och tall, troligen på grund av konkurrens. Mineraljordens mäktighet påverkade också vitaliteten positivt, vilken till viss del påverkas av markberedningens utförande och val av planteringspunkt. Övriga faktorer som påverkade vitaliteten var av en karaktär som inte går att påverka genom skötsel, till exempel jordart, markvegetationstyp, höjd över havet och luftfuktighet. Mer information om dessa faktorer kan eventuellt förbättra föryngringsplaneringen och småskalig ståndortsanpassning.

Många faktorer som var för sig har liten inverkan på vitaliteten, kan tillsammans ge en betydande effekt. Vid planteringstillfället tas beslut som får konsekvenser för plantans och beståndets hela livslängd. Därför bör det övervägas att kvalitetssäkra planteringarnas utförande. Kostnaden för det kan betraktas som en investering.

Det rekommenderas att denna studie följs upp med kalkyler på investeringskostnader och produktionsprognoser för olika modeller av upphandlingskriterier för planteringsentreprenörer.

Studien är designad för fortsatta inventeringarna fram till och med bestånden röjs. Vi rekommenderar därför att inventeringarna upprätthålls för att vi inom snar framtid ska kunna utvärdera hur stor andel av framtida röjda bestånd som utgörs av förädlade plantor. Utifrån sådana resultat kan den verkliga realiserade genetiska vinsten uppskattas och ge underlag till beslut om framtida föryngringar och skötselmetoder.

# Bakgrund

Samhällets beroende av skogens förnybara produkter ökar under omställningen till en ekonomi baserat på förnybara och icke-fossila resurser. De ingrepp vi gör i skogen idag får inverkan på framtida generationers möjlighet att skörda produkter av bra kvalitet och volym. Efter avverkning av skog ska det säkerställas att ny skog etableras (Skogsstyrelsen, 2011). I många fall räcker självföryngring med frön från närliggande träd för att uppfylla lagkravet gällande föryngring. Men det är väsentlig skillnad på kvalitet och volymer i ett framtida bestånd som har lämnats åt självföryngring jämfört med ett bestånd som har skötts för optimal kvalitet och utbyte (Jonsson m.fl., 2022).

Vid föryngring med plantering är det möjligt att välja bland olika plantmaterial från oförädlade plantor som har fördelen att ha fått en bra start i plantskolan och därmed bör ha en bättre chans att överleva än självföryngrade plantor, till förädlade<sup>1</sup> plantor som dessutom är anpassade för olika ståndorter och klimat. Förädlade plantor beräknas för närvarande ha 10-12 procent högre tillväxt än icke-förädlade plantor, och inom en snar framtid finns nästa generations förädlade frön tillgängliga som förväntas ge uppåt 30 procent högre tillväxt under rätt förutsättningar och med rätt skötsel (Berlin, 2022). Därför får investeringen i plantmaterialet stor inverkan på framtida skördar. Under 2018 användes förädlade frön till 99 procent av planterade tallplantor och till 56 procent av planterade granplantor<sup>2</sup>. Dessa siffror gäller på plantnivå. Utfallet på beståndsnivå är beroende av hur stor andel av beståndets träd som är förädlade. För att översätta dessa tillväxtökningar till beståndsnivå behöver hela beståndet bestå av förädlade plantor.

Även på planterade områden kommer en del uppslag av självföryngrade plantor vilka kommer bli en naturlig del av beståndet genom hela omloppstiden. Dessutom är plantöverlevnaden olika, både mellan trakter och inom olika delar av samma trakt. Bland annat är planteringspunktens kvalitet av stor betydelse för plantans överlevnad och framtida tillväxt.

Vid röjning tas viktiga beslut om vilka stammar som ska utgöra huvudstammar i det framtida beståndet, och det finns inte, enligt vår kännedom, röjningsinstruktioner som tar hänsyn till huruvida en stam är planterad eller självföryngrad. De självföryngrade plantorna kan vara svåra att urskilja vid röjningen och vissa av dem kommer därmed utgöra huvudstammar i kvarvarande bestånd.

Målet för föryngringen är att ha så många huvudstammar som möjligt med förädlade plantor för att dra nytta av dessa plantors högre tillväxt och kvalitet, det vill säga att realisera den genetiska vinst som dessa plantor har potential att leverera. I dagsläget görs ingen etablerad uppföljning av hur stor del av det röjda eller gallrade beståndet som utgörs av förädlade träd, varken hos Skogsstyrelsen eller hos de enskilda skogsföretagen.

För att undersöka den förädlade andelen av planteringsföryngrade bestånd, har Skogforsk tidigare analyserat inventeringar utförda av SCA på 32 trakter (Gålnander m.fl., 2020) som planterades för upp till 25 år sedan. Resultaten visade att 61 procent av de planterade plantorna var kvar i beståndet efter röjning och att dessa utgjorde 85 procent av det röjda beståndets huvudstammar. De flesta plantor planterades i omvänd torva och knappt en fjärdedel i markberedningsfläcken. Överlevnaden var högre för plantor som planterats i

---

<sup>1</sup> Denna förädling sker via klassisk Mendelsk korsbefruktning. Ingen genmodifiering förekommer i svenska skogar.

<sup>2</sup> Mats Berlin, Skogforsk, personlig kommentar, 2023.

en markberedningsfläck än i punkter som endast var påverkade av markberedaren på annat sätt såsom hjulspår. Plantor med mineraljord runt hela plantan klarade sig bättre än de med kontakt med humus eller annat organiskt material. Trakterna i denna studie återfinns i norra Sverige och planterades för upp till 25 år sedan. På den tiden användes bekämpningsmedel mot svampar och insekter, medel som idag har tagits ur bruk, och som kan ha påverkat överlevnaden hos träden positivt.

Vilka faktorer som påverkar plantöverlevnaden för planterade plantor undersöks ytterligare i andra projekt (Berglund, 2022).

En del av det ovan nämnda projektet innebar att anlägga liknande inventeringsytor inom produktiv skog i södra Sverige. Hittills har de inventerats fram till efter 6 tillväxtsånger på samma sätt som för ytorna i norra Sverige. Det är resultaten från de inventeringar som redovisas här i denna rapport.

## Syfte och Mål

Projektets syfte var att:

- undersöka planterade plantors andel i ungskogar i södra Sverige för att få veta vilken genomslagskraft den genetiska förädlingen får i framtida bestånd.
- ge bättre förståelse för plantornas överlevnad i det praktiska skogsbruket utifrån faktorer såsom ståndort, terrängförhållanden och planteringspunkt.

Målet var att kvantifiera:

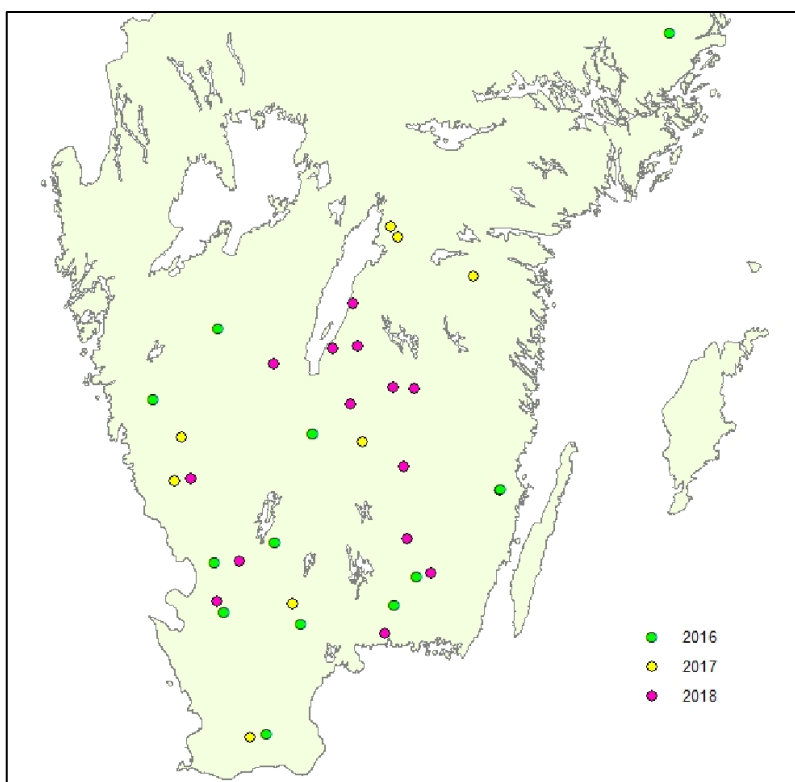
- antal och andel planterade plantor i ett urval av bestånd i södra Sverige upp till sex tillväxtsånger efter plantering
- plantöverlevnadens koppling till olika faktorer i förnygringens utförande.

Resultaten förväntas ge bättre underlag för planteringsinstruktioner och markberedningsinstruktioner. De kan också bidra till hållbar tillväxt genom bättre förnygringsresultat och ökad realiserad genetisk vinst och i förlängningen, större utbyte från skogen.

## Material och metod

### Urval

Skogforsk har under åren 2016–2018 lagt ut cirka 10 provytor på 37 förnygringar i södra Sverige (Figur 1). Varje provyta utgjordes av en 100 m<sup>2</sup> stor cirkel (radie: 5,64 meter, omkrets: 35,4 meter):



Figur 1. De inventerade trakternas placering i Sverige. Punkternas färg anger året då trakten planterades och började inventeras. Vissa punkter överlappar varandra i figuren.

Urvalet av trakter gjordes av skogsägarföreningen Södra<sup>3</sup>, år 2016 av respektive distrikts skogsvårdsledare, år 2017 och år 2018 av Södras skogsskötselspecialist, enligt följande kriterier:

- - Jämn fördelning mellan Södras regioner.
- - Ståndortsindex högre än G24 och T22.
- - Traktens yta större än två hektar, men fick bestå av flera åtskilda delar.
- - Plantering utförd inom tre år från avverkning.
- - Plantering skett på våren samma år som inventeringen genomfördes.
- - Inga begränsningar avseende planttyp.
- - Jämn fördelning mellan antalet tall- och grantrakter.

Respektive skogsägare kontaktades efter urvalet och tillfrågades om de tillät att fasta provytor skulle anläggas på deras föryrgringar, majoriteten gav sitt godkännande och där anlades ytorna.

Ytorna fördelades jämt över hela den planterade delen av trakten. Vid inventeringen markerade inventeraren en GPS-position när denna kom till traktgränsen första gången. Med början i denna punkt gick inventeraren i parallella slag fram och tillbaka över trakten och lade ut provytorna med jämnt avstånd kontrollerat med GPS. Avstånden mellan slagen och mellan provpunkter var lika långt inom varje trakt och optimerades så att provytorna fördelades jämnt. På så sätt kunde ytorna tillsammans representera så

<sup>3</sup> Förutom en trakt som ställdes till förfogande av Skogssällskapet och var belägen i Uppland.



stora delar av trakten som möjligt. Om ytan innehöll grot-högar (grenar och toppar), block, hänsyn eller liknande, flyttades ytan längs slaget tills en ren planteringsyta nåddes.

Registrering genomfördes med samma instrument och databas som SCA nyttjade till sina långsiktiga förnygringsförsök. Planterade plantor i provytorna inventerades också enligt SCA:s uppföljningsprogram (Gålnander m.fl., 2020). Vitalitet och planthöjd inventeras år 0, 1, 2, 3, och 5 efter plantering samt efter slutröjning, cirka 10 år efter plantering.

I detta projekt utfördes planteringen under våren, och första inventeringen genomfördes efter knappt en tillväxtsång, i juli månad. Ytterligare inventeringar utfördes sedan efter 2, 3, 4, och 6 tillväxtsång, vilket är en förskjutning jämfört med det tidigare projektet som genomfördes i norra Sverige (Gålnander m.fl., 2020). Ytor anlagda år 2016 och 2017 inventerades fram till sex tillväxtsång efter plantering och ytor planterade år 2018 inventerades fram till fyra tillväxtsång efter plantering.

## Inventeringar

Inventeringarna utfördes i flera steg. Först kontrollerades om hela provytan bestod av planterad produktiv skogsmark utan hänsyn eller impediment och att hela ytan var innanför trakten, annars flyttades ytan in på trakten vinkelrätt från hyggeskanten. Ytans mittpunkt markerades med ett metallrör och alla planterade plantor inom provytan markerades med en plastpinne. Varje markerad planta koordinatsattes relativt mittpunkten med instrumentet Haglöf Postex Laser (noggrannhet 4 cm och 0,1°).

Traktens ståndort och utförd åtgärd dokumenterades enligt SCA:s framgångssätt (Bilaga 1) och varje provyta inventerades för bland annat:

- höjd över havet
- markberedningsmetod
- ytstruktur
- lutning
- vegetationstyp
- jordart
- humustjocklek
- fuktighet
- rörligt markvatten
- lutning
- vindexponering
- antal och trädslag av självföryngrade plantor (mättes vid varje inventering)
- gräsförekomst

Varje planta och planteringspunkt mättes eller bedömdes enligt följande:

- **Plantans**
  - höjd (mättes vid varje inventering)
  - vitalitet (mättes vid varje inventering)

- eventuell skadeorsak (mättes vid varje inventering)
- avstånd till humus
- avstånd till av markberedaren opåverkad mark
- planteringsdjup
- typ (barrot, täckrot eller sådd)
- **Planteringspunktens**
  - kvalitet
  - mineraljordstyp
  - mineraljordstjocklek

Planteringspunktens bedömda kvalitet utgick från SCA:s instruktioner och bedömdes vara godkänd om följande tre villkor uppfylldes:

- Plantan är djupplanterad, det vill säga att torvproppen är mer än 3 cm under markytan och övermyllad.
- Plantans avstånd från ytterkant av markberedningen är minst 10 cm.
- Avståndet mellan varje planta är  $\geq 1$  m.

Plantans vitalitet bedömdes på en femgradig skala med kategorierna *frisk*, *lätt skadad*, *svårt skadad*, *död* och *saknas*. Vid fältkalibreringarna fick den fältansvarige utbildning i kriterierna för kategorierna och denne fick sedan utföra samtliga inventeringar i denna studie.

All data registrerades i en databas framtagen av SCA för ändamålet.

## Statistiska analyser

I de fall en planta en gång hade observerats död fortsatte den att figurera som död i statistiken vid kommande inventeringar. Enbart plantor som vid senaste inventering levde men som vid nästa inventering inte alls hittades i sin planteringspunkt, angavs som saknade. En saknad planta fortsatte också att synas som saknad i statistiken i följande års inventeringar.

Beskrivande statistik är extraherad i MS Office verktyg Excel och i mjukvaran R. Korrelationer mellan ståndortsegenskaper och vitalitet är analyserade i R, paketet *asremlr* (D G Butler m.fl., 2009), genom att använda en multivariat linjär *mixed effect* modell och applicera ett *Wald test* för att undersöka vilka faktorer som är signifikant associerade med plantvitalitet. Vitalitet var responsvariabel, medan provtytor inom trakten är modellerad som en *random effect* eftersom de inte anses oberoende av varandra. Alla övriga faktorer (ståndortsegenskaper) i modellen är definierade som *fixed effects*. Wald-testet är skapat just för att utvärdera hur olika faktorer var och en för sig hämmar optimal funktion av ett objekt, i detta fall optimal vitalitet av en planta. Eftersom tall och gran förväntas ha olika samband mellan ståndortsegenskaper och plantvitalitet gjordes trädslagsvisa separata analyser.

Enstaka ståndortsegenskaper är mätbara på en kvotskala, det vill säga en kontinuerlig skala som mäts i siffror, till exempel planthöjd eller mineraljordens tjocklek. Andra

egenskaper är inte mätbara med absoluta värden, utan mäts längs en ordinalskala med bedömd kvalitet, till exempel planteringspunktens kvalitet. Även faktorer som markberedningsmetod värderas på detta sätt, där den inbördes ordning är baserad på resultat av tidigare studier och beprövad erfarenhet. Också responsvariabeln vitalitet, från samtliga tillväxtsåonger, analyserades som en linjär, kontinuerlig respons.

Det är inte möjligt att kvantifiera avståndet mellan punkterna på ordinalskalan, men den inbördes ordningen är allmänt vedertagen längs skalorna i denna undersökning. I statistiska analyser som denna, blir det ändå nödvändigt att göra om ordinalskalan till siffror. Även om den omständigheten ska tas i beaktande vid tolkning av resultaten, anses Wald-testet tillräckligt robust för att hantera denna osäkerhet.

## Resultat och analys

### Traktegenskaper

De inventerade trakterna var mellan två och 16 hektar stora med ett genomsnitt på sex hektar och en standardavvikelse på fyra hektar. Det medför att de 10 provytorna om vardera 100 kvadratmeter på varje trakt, tillsammans utgör olika stora andelar av de studerade trakterna, från cirka 1/20 till cirka 1/160. Provytornas placering anses vara slumpmässig inom varje trakt.

Trakterna var belägna på mellan 40 och 325 meter över havsnivå.

Information om ståndortsindex fanns för 12 av trakterna och varierade där mellan T24 och G36.

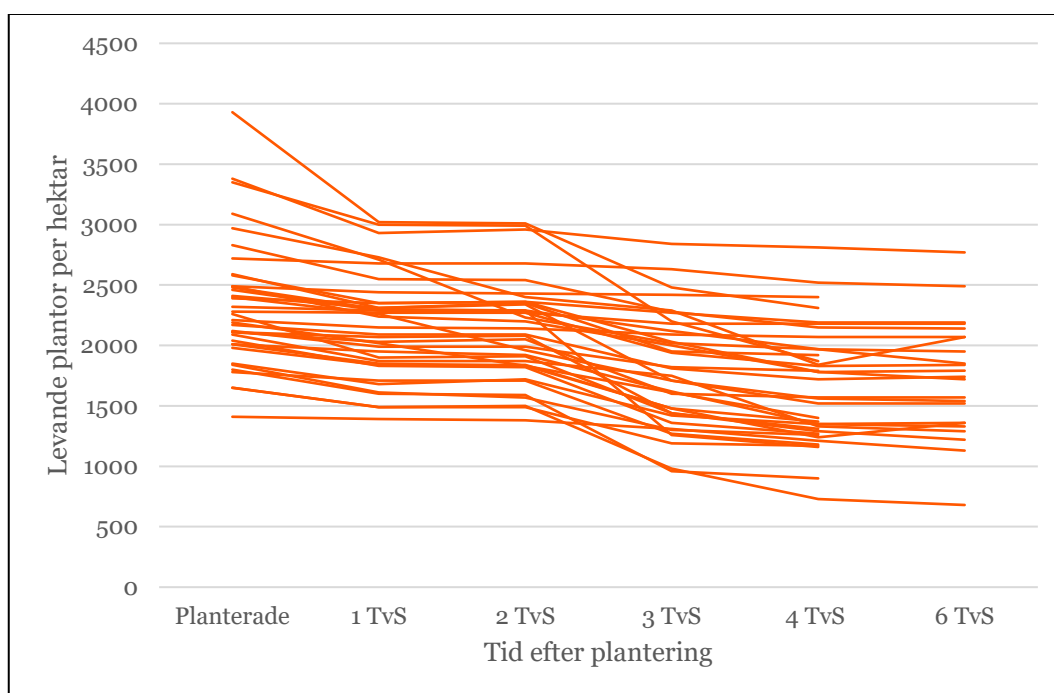
### Plantantal, -täthet och -överlevnad

På de 37 trakterna anlades sammanlagt 360 provytor. Inom dessa fanns 8 644 planterade plantor fördelade på olika marktyper med olika vegetation och olika markberedningsmetoder. I provpunkterna var 6 277 granar och 2 366 tallar planterade<sup>4</sup>. Tio av ytorna hade både tall och gran planterade, 22 hade bara gran, och fem bara tall. I genomsnitt planterades 2 400 plantor per hektar. Detta värde är extrapolerat från det genomsnittliga antalet provpunkter per provyta om 100 kvadratmeter. Lägsta och högsta plantantal per trakt var motsvarande 1 410 och 3 930 plantor per hektar, räknat på samtliga provytor inom varje trakt. Standardavvikelsen var 516 plantor per hektar.

Antal levande plantor per hektar minskade över åren (se Figur 2). Variationen var stor mellan de olika trakterna, skillnaden mellan högsta och lägsta antal var ca 2500 plantor per hektar vid plantering, vilket sjönk till ca 2200 efter sex tillväxtsåonger.

---

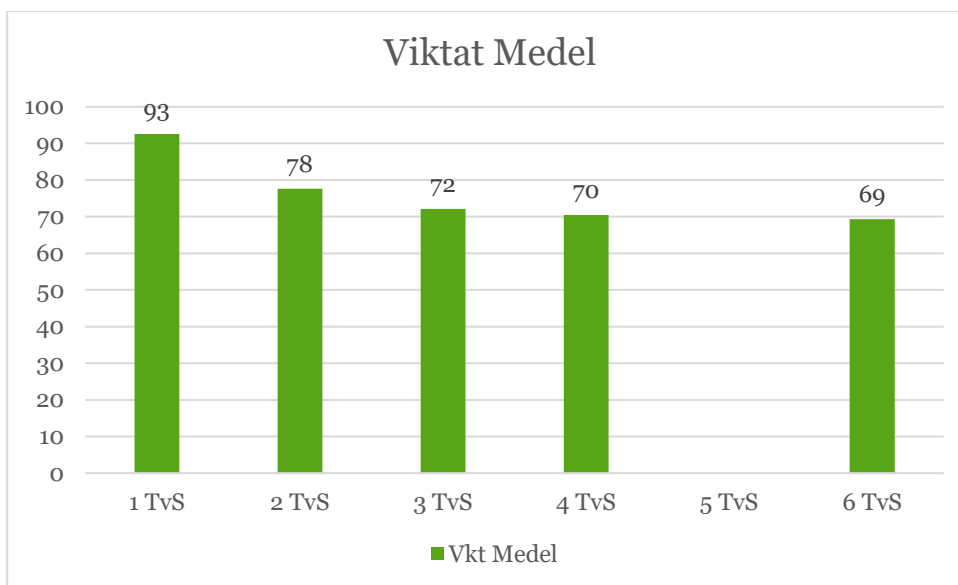
<sup>4</sup> I en planteringspunkt var trädslag inte registrerat.



Figur 2. Antal levande plantor per hektar under studiens tid, för var och en av samtliga 37 trakter. Cirka en tredjedel av trakterna inventerades till och med sex tillväxtsåonger efter plantering, resterande till och med fyra tillväxtsåonger efter plantering.

I denna undersökning inventerades samtliga trakter varje år i de första fyra åren efter plantering. Cirka två tredjedelar av trakterna inventerades ytterligare en gång, efter tillväxtsåong sex. Överlevnaden i Figur 3 är beräknad på alla 5 412 plantor från de 220 provtytor på 23 trakter som har inventerats ända fram till och med år sex efter plantering, jämfört med totala antalet plantor vid planteringstidpunkten oavsett vitalitet<sup>5</sup>.

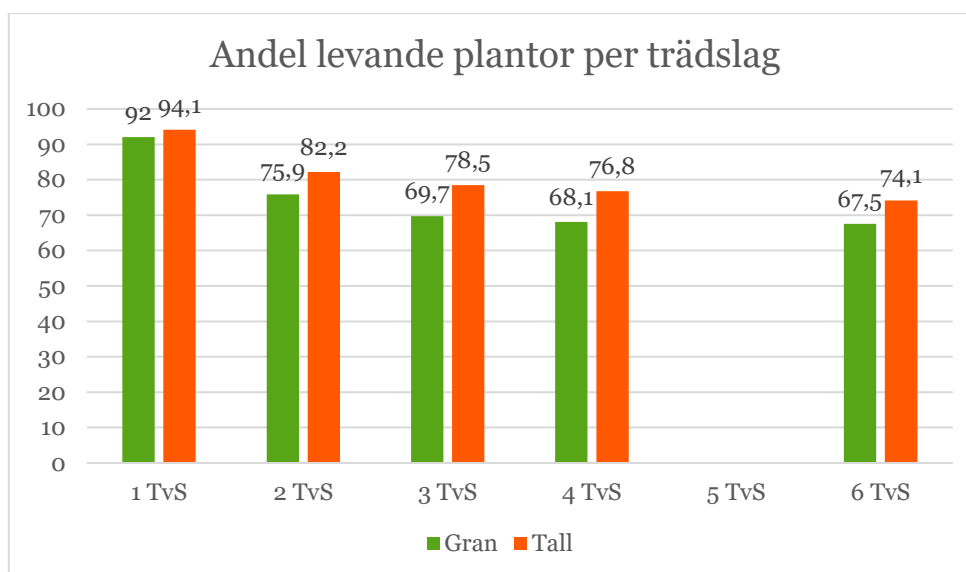
<sup>5</sup> Det antogs att inga döda plantor planterades.



Figur 3. Andel levande plantor sedan inventeringen initierades. Till levande räknas även skadade plantor så länge de fortfarande lever. Efter sex tillväxtsåonger levde 69% av de planterade plantorna. Siffrorna är beräknade utifrån inventeringar av 220 provvytor fördelat på 23 trakter efter sju tillväxtsåonger, totalt 5 412 plantor.

Efter en tillväxtsåong hade sju procent av plantorna dött. Efter två och tre tillväxtsåonger hade 12 respektive 18 procent dött, och efter fyra och sex tillväxtsåonger hade 30 och 31 procent av plantorna dött. Motsvarande överlevnad av planterade plantor (69 procent efter sex tillväxtsåonger) motsvarar resultaten i den tidigare undersökningen som utfördes i norra Sverige (Gålnander m.fl., 2020).

Uppdelat per trädslag framgår det att överlevnaden är högre för tall än för gran (Figur 4).



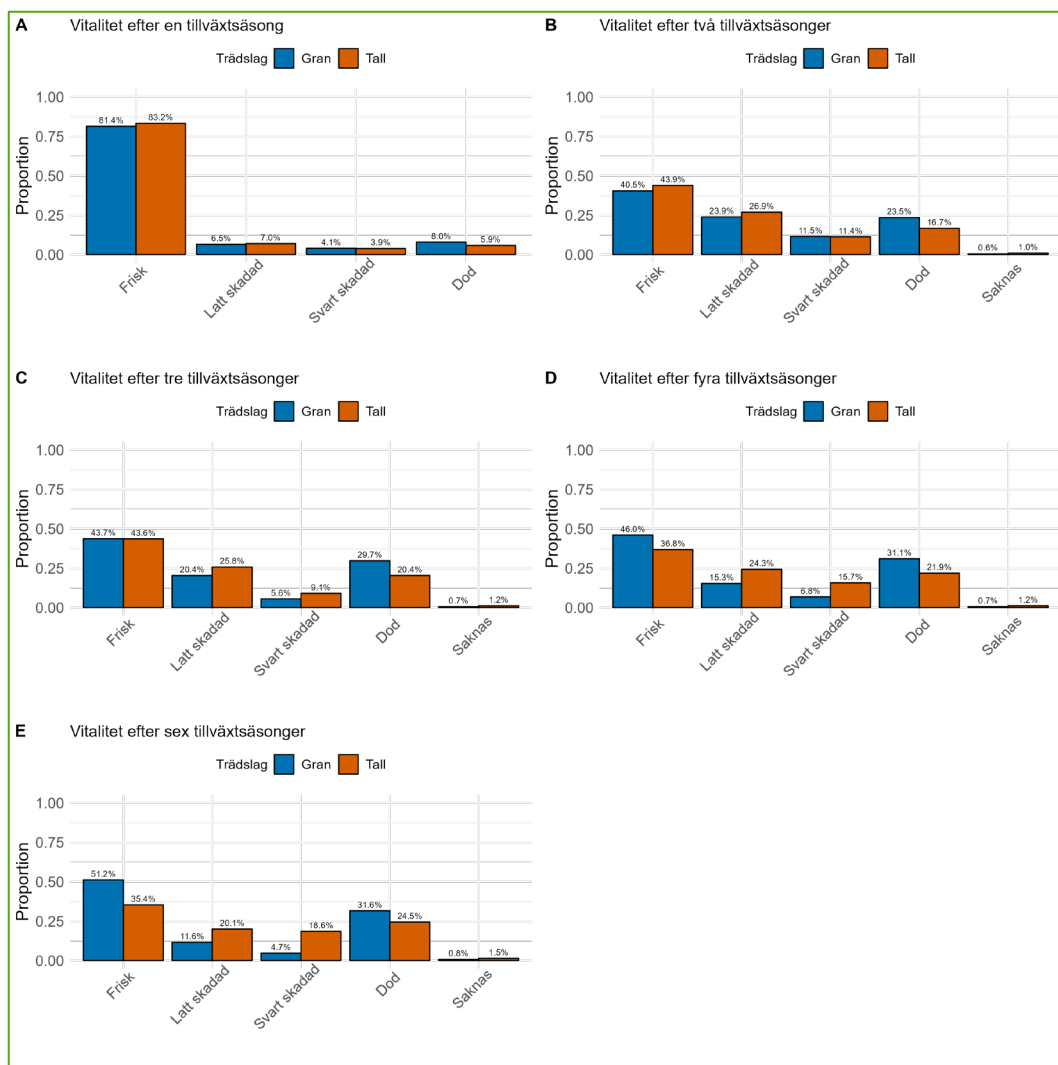
Figur 4. Överlevnad över tid (tillväxtsåonger=TvS) av planterade plantor fördelat på trädslag.

Vid inventeringen räknades antalet självföryngrade plantor per provyta vilka sedan angavs inom ett av följande sex intervall: 0, 0–10, 11–20, 21–50, 51–100 eller mer än 100 plantor per provyta.

Inom de 220 provytor som inventerades efter sex tillväxtsånger fanns 2 115 självföryngrade plantor av tall och gran och 3 869 levande planterade plantor, samtliga av tall och gran. Det vill säga att i genomsnitt 65 procent av barrplantorna i bestånden var planterade. Notera att detta utgör ett urval av samtliga 360 provytor. Övriga självföryngrade trädslag var samtliga av löv, framför allt björk. Denna lövandel utgjorde 2 940 plantor, eller 33 procent.

## Vitalitet över tid

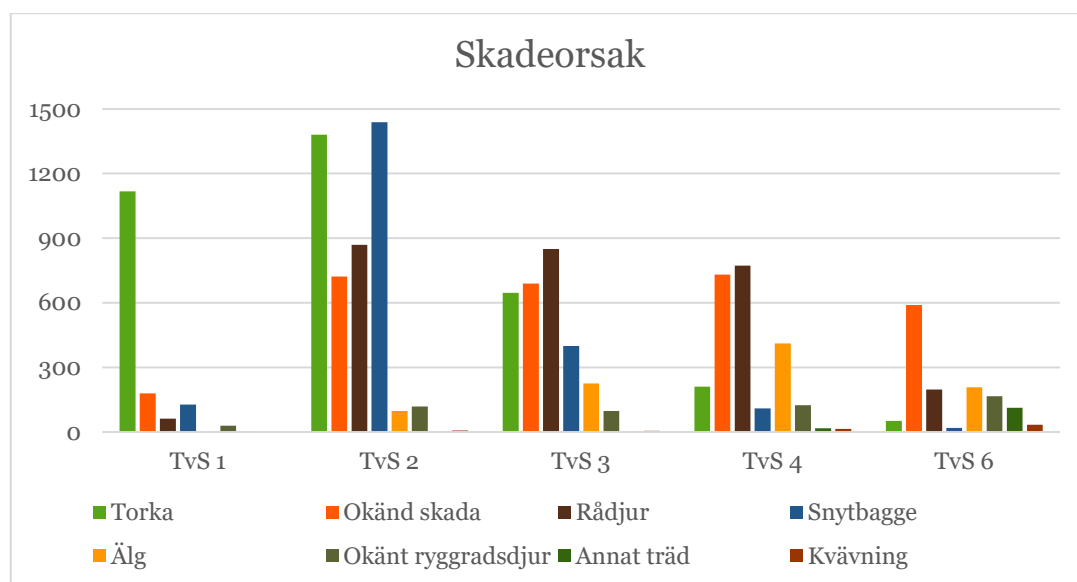
En mer högupplöst presentation av resultaten för vitalitet finns i Figur 5, där plantornas indelning i vitalitetsklasser anges per trädslag (tall och gran) och över tillväxtsånger (TvS).



Figur 5. Proportion plantor per vitalitetsklass för gran (blått) och tall (orange) efter olika antal tillväxtsånger. A: efter en tillväxtsång efter plantering, B: efter två tillväxtsånger, C: efter tre tillväxtsånger, D: efter fyra tillväxtsånger och E: efter sex tillväxtsånger.

Efter sex tillväxtsåsonger var det 51,2 procent av granplantorna och 35,4 procent av tallplantorna som klassificerades som friska, och 11,6 och 20,1 procent som lätt skadade. Döda eller saknade plantor utgjordes av 32,4 och 26 procent för gran- respektive tallplantor. Det är framför allt mellan första och andra tillväxtsång som andelen friska plantor minskar, från ca 81–83 procent till ca 41–44 procent, för gran respektive tall. Vissa granplantor återhämtade sig och återgick vid senare inventeringar till att klassificeras som friska. Andelen döda plantor ökade stadigt under de sex tillväxtperioderna. Saknade plantor utgjorde 1–2 procent efter sex tillväxtsåsonger.

Orsaken till registrerade skador framgår av Figur 6. Torka och snytbagge dominerar under de första tillväxtsångerna, bete från rådjur är högt från andra tillväxtsången, och älgbete under fjärde och femte. Av figuren framgår att orsaken till många skador inte gick att fastställa, dessa registrerades då som "okänt."



Figur 6. De åtta vanligaste orsaker till skada uppdelade per tillväxtsång (TvS).

## Inverkan på vitalitet

Vissa uppmätta faktorer sorterades bort vid beredningen av data till de statistiska analyserna. Till exempel var 97 procent av plantorna av typen täckrot. De resterande andelarna blir för få för att använda i statistiska modeller som denna eftersom de kan introducera slumpmässiga signifikanser (stokastiska fel). Likaså användes inte planteringsdjup i statistiken på grund av att 99 procent av plantorna ansågs vara djupt planterade. Inte heller eller markfuktighet togs med då endast en av de 37 trakterna klassades som torr, resterande klassades som friska.

De ståndortsfaktorer som med Wald-test framträdde som statistiskt signifikanta framgår av Tabell 1, fördelade på trädslag. Som komplement till Tabell 1 redovisar Figur 7 vilken av faktorernas värden som har starkast inverkan på vitalitet.

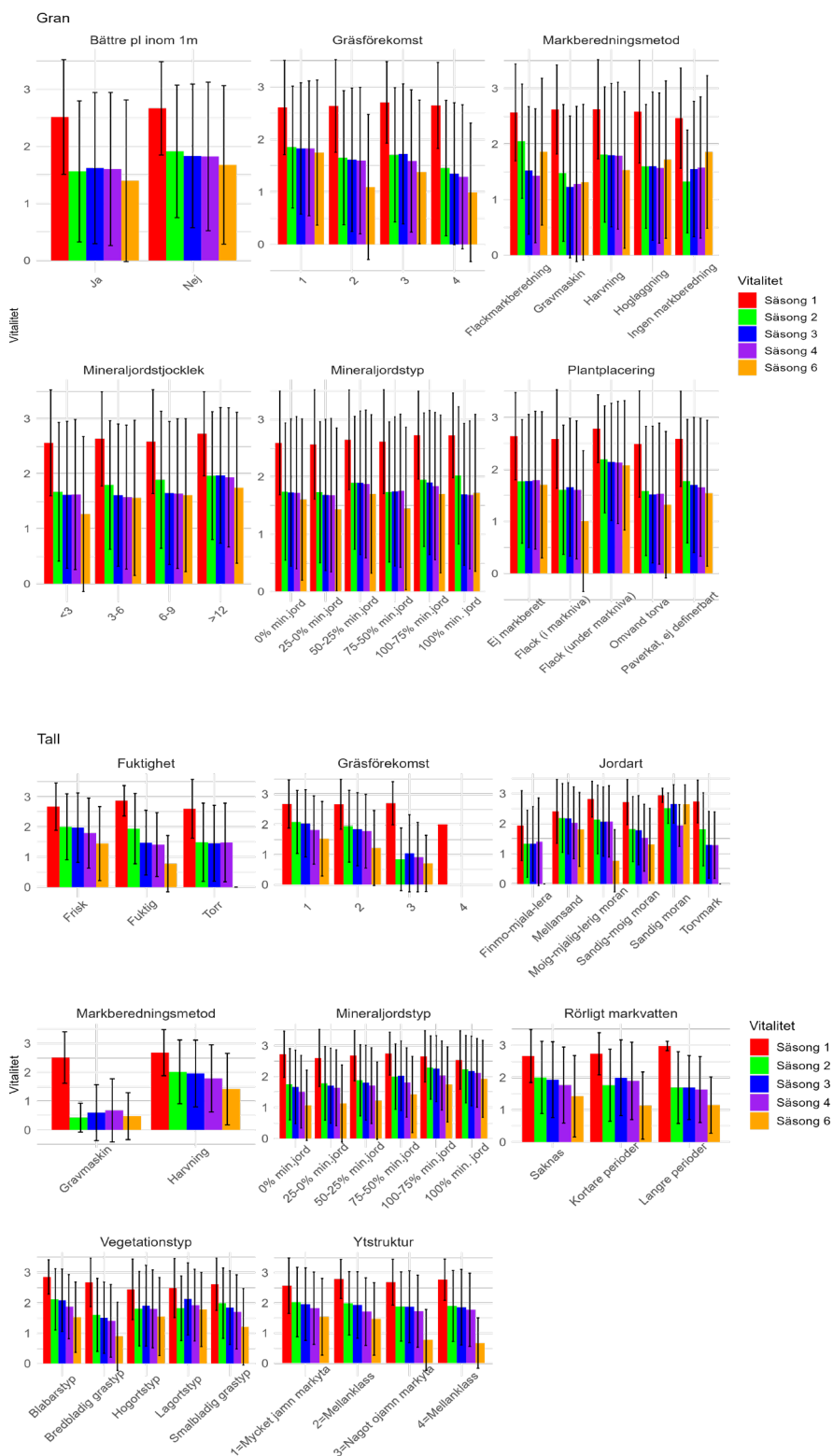
Tabell 1. Skattade effekter av miljö- och skötsselfaktorer på vitalitet, fördelat på trädslag. Med ett Wald-test prövas huruvida faktorerna i modellen (prediktorerna) har en signifikant påverkan på vitaliteten (responsvariabeln). P-värde lägre än 0,05 anses statistiskt signifikanta. FG=förklaringsgrad anger hur stor del av variationen i vitalitet som kan förklaras av denna faktor. Plp=planteringspunkt. Signifikanta värden och motsvarande förklaringsgrader är markerade i fetstil.

	Gran		Tall	
	P-värde	FG	P-värde	FG
Planthöjd	<b>2,2E-16</b>	<b>12,7%</b>	<b>2,2E-16</b>	<b>3,4%</b>
Kvalitet Plp	<b>2,2E-16</b>	<b>10,0%</b>	0,48	0,02%
Plantplacering	<b>5,6E-16</b>	<b>2,6%</b>	0,10	0,13%
Bättre Plp inom 1 m	<b>2,2E-16</b>	<b>2,1%</b>	0,13	0,04%
Mineraljordsmäktighet	<b>2,5E-11</b>	<b>2,1%</b>	0,23	0,11%
Mineraljordstyp	<b>6,2E-05</b>	<b>1,5%</b>	<b>1,4E-05</b>	<b>0,35%</b>
Gräsförekomst	<b>4,4E-05</b>	<b>1,2%</b>	<b>2,0E-04</b>	<b>0,24%</b>
Jordart	0,087	0,78%	<b>2,2E-16</b>	<b>0,87%</b>
MB-metod	<b>0,045</b>	<b>0,71%</b>	<b>0,00043</b>	<b>0,11%</b>
Vegetationstyp	0,35	0,61%	<b>2,6E-12</b>	<b>0,46%</b>
Höjd över havet	0,84	0,05%	<b>2,2E-16</b>	<b>0,42%</b>
Fuktighet	0,23	0,29%	<b>4,7E-05</b>	<b>0,22%</b>
Ytstruktur	0,35	0,37%	<b>0,016</b>	<b>0,14%</b>
Rörligt markvatten	0,94	0,17%	<b>0,013</b>	<b>0,14%</b>
Lutningsriktning	0,69	0,68%	0,054	0,18%

Det skulle vara missvisande att summera förklaringsandelarna eftersom effekten av vissa parametrar i viss mån överlappar varandra (autokorrelation). Till exempel är plantvitalitet beroende av om en planta har betats, samma planta blir då lägre i höjdmätningen. Så även om Wald-testet är robust, blir det inte möjligt att korrigera för all autokorrelation.

För gran hade åtta av de inventerade faktorerna mätbar inverkan på plantvitalitet, för tall hade 10 faktorer inverkan. Endast fyra av faktorerna var signifikanta för båda trädslag.



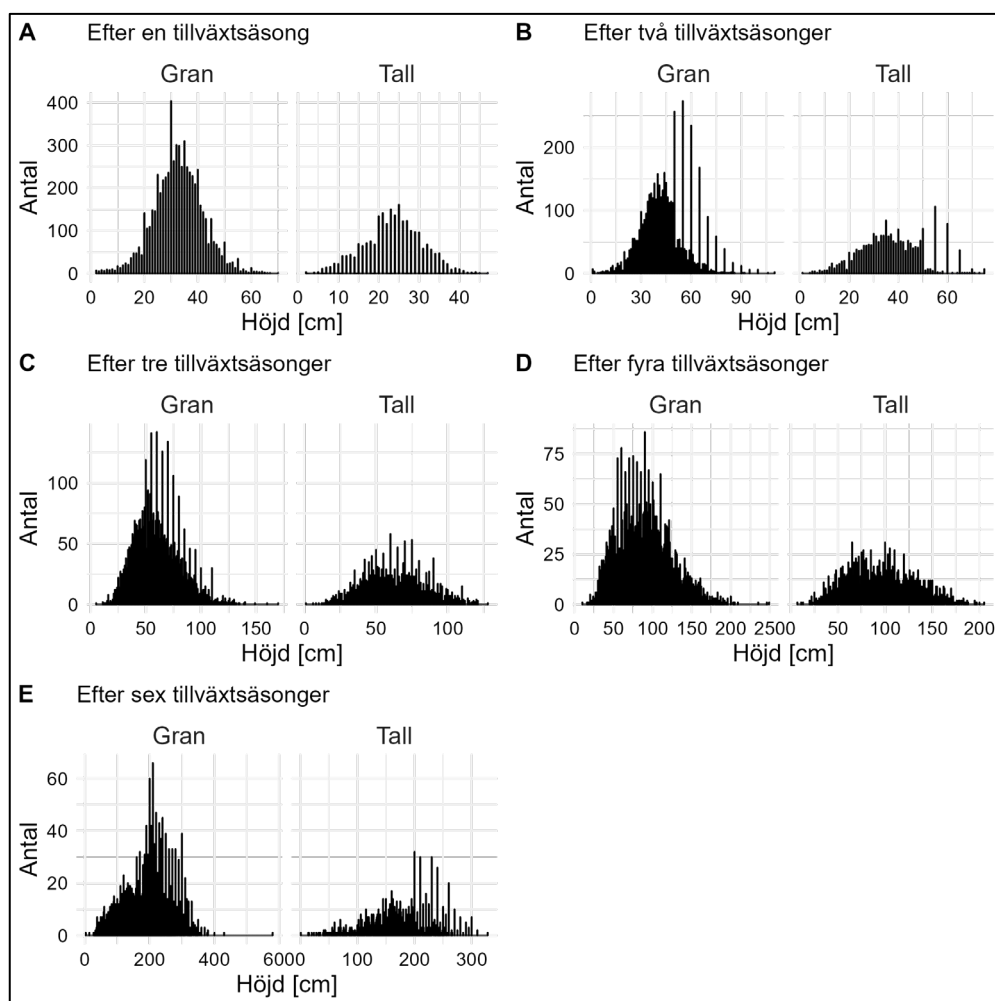


Figur 7. Observerad medelvitalitet av ett urval av de ingående faktorer i modellen över alla tillväxtsåsonger. Standardavvikelse runt skattningen visas som svarta intervall. Observationerna är ordnade efter antal tillväxtsåsonger och behandlingar per faktor. Skalan för vitalitet är 0 = död, 1 = svårt skadad, 2 = lätt skadad och 3 = frisk.

## Höjd och vitalitet

Planthöjd vid första mätningstillfället (efter en tillväxstsäsong) var den starkaste faktorn för vitalitet för både gran och tall. Av variationen i vitalitet kunde 12,7 procent hos gran och 3,4 procent hos tall förklaras av den planterade plantans höjd (Tabell 1).

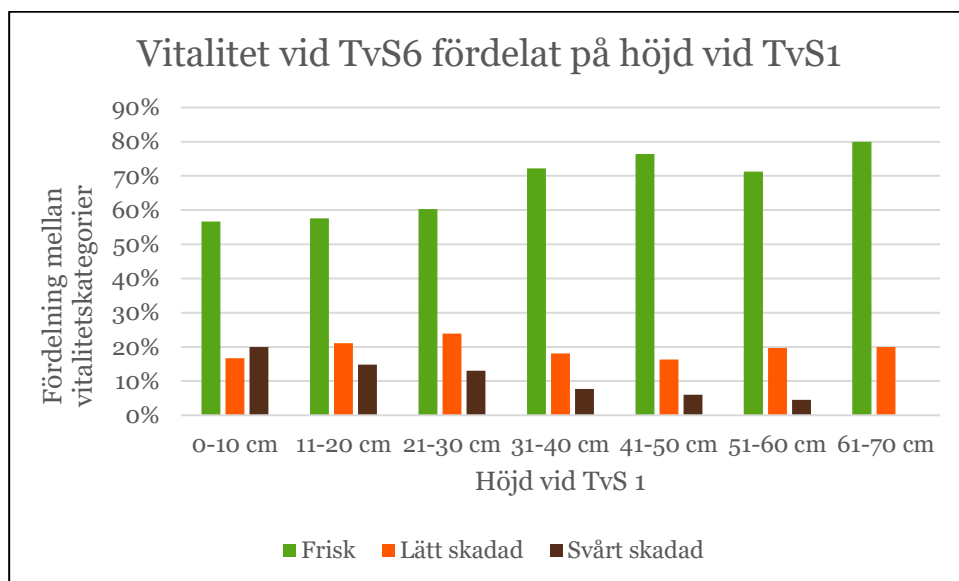
Plantornas fördelning avseende höjd över åren illustreras i Figur 8. Plantornas medelhöjd ökade från cirka 25–30 centimeter efter en tillväxstsäsong till cirka 200 centimeter efter sex tillväxstsäsonger. Figuren visar totalantal och det är tydligt att fler granar än tallar ingår i inventeringen.



Figur 8. Höjdtillväxt hos gran och tall efter olika antal tillväxstsäsonger. A: efter en tillväxstsäsong efter plantering, B: efter två tillväxstsäsonger, C: efter tre tillväxstsäsonger, D: efter fyra tillväxstsäsonger, och E: efter sex tillväxstsäsonger. Att vissa värden är överrepresenterade antas bero på inventerarens tendens att avrunda till "runda" siffror. Observera de varierande skalorna.

I Figur 9 visas hur stor andel av de levande plantorna som var friska eller skadade efter tillväxstsäsong sex fördelade på deras höjd efter tillväxstsäsong ett (se även Tabell 1, planthöjd). Plantor som var högre efter tillväxstsäsong ett var oftare friska efter tillväxstsäsong sex, och plantor som var lägre efter tillväxstsäsong ett var oftare svårt skadade efter tillväxstsäsong sex. Inget tydligt mönster framträdde för lätt skadade

plantor. Notera att dessa siffror enbart redovisar plantor som fortfarande levde efter tillväxtsång sex.

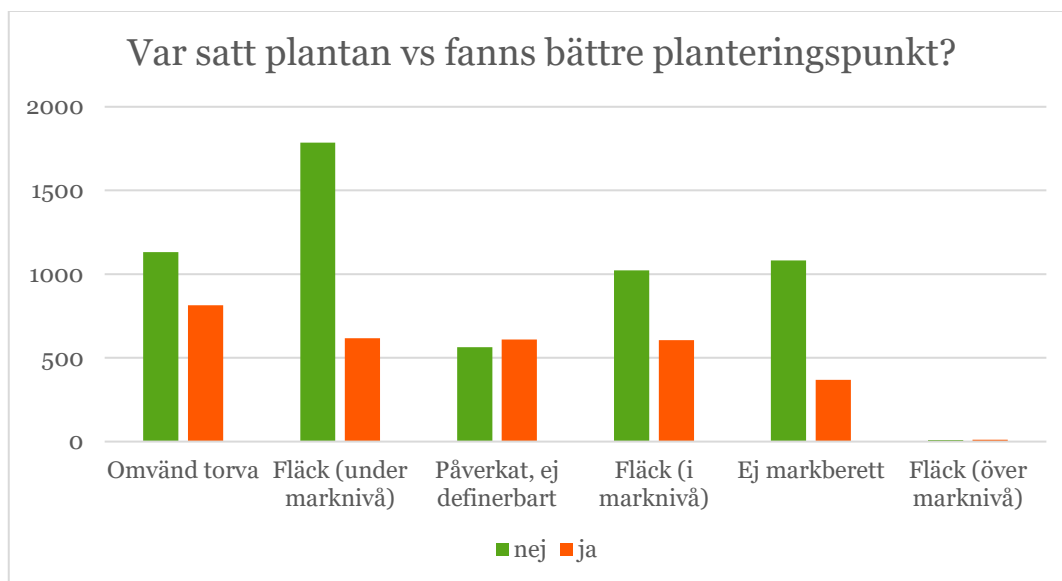


Figur 9. Andel levande plantor efter tillväxtsång (TvS) sex (y-axeln) fördelat på höjdivtervall efter tillväxtsång ett (x-axeln).

### Övriga faktorerers inverkan på vitalitet

Det är som sagt viktigt att notera att flera av faktorerna samvarierar (autokorrelation), det vill säga att det finns en överlappning mellan olika förklaringsgrader. Av Tabell 1 framgår att planteringspunktens kvalitet förklarade 10 procent av variationen i vitalitet för gran. Denna faktor överlappar med plantplacering, dock endast för gran. Hur plantans placering påverkar vitaliteten framgår av Figur 7 (för gran) där fläck under marknivå generellt ger högst plantvitalitet. Där framgår också att en planteringspunkt i en fläck i marknivå och på omvänd torva gav lägre vitalitet än övriga placeringar.

Vid första inventeringen värderades om en bättre planteringspunkt fanns inom en meter från den planterade plantan. Det gjorde det i 32 procent av fallen (se Tabell 1 och Figur 10) och det förklarade 2,1 procent av variationen. I dessa fall var plantans placering spritt på olika planteringspunkter, framför allt i omvänd torva. Fördelningen skiljer sig från de plantor som inte hade en bättre planteringspunkt i närheten.



Figur 10. Antal noteringar om plantans placering då en bättre planteringspunkt fanns (ja) eller inte fanns (nej) inom 1 m från plantan.

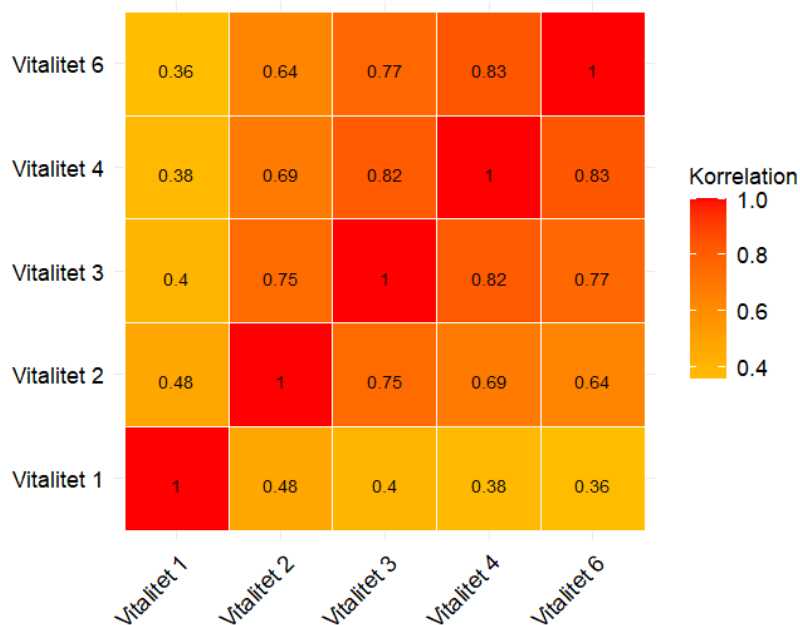
I de fall där det fanns en bättre planteringspunkt hade 40 procent av plantorna dött eller var svårt skadade efter sex tillväxtsåsonger, 60 procent var friska eller lätt skadade. I de fall plantan däremot satts i den bästa planteringspunkten (det fanns ingen bättre punkt inom 1 m) hade 34 procent av plantorna dött eller var svårt skadade och 66 procent levde eller var lätt skadade. Vikten av rätt planteringspunkt fångades också upp av den relativt trubbiga tregradiga ordinalskalan, från *ej godkänt*, via *användbar*, till *godkänt* på frågan om planteringspunkten var godkänt, där planterade i *ej godkända* punkter hade dött i större utsträckning än för de övriga planteringspunkterna.

Mineraljordstyp, gräsförekomst och markberedningsmetod var alla signifikanta för vitaliteten, för både gran och tall, men förklarade mindre än två procent av variationen. Mineraljordens mäktighet förklarade två procent av vitalitetsvariationen för gran, där större mäktighet gav högre vitalitet. Det är känt sedan tidigare att mineraljord runt plantan minskar risken för snytbaggengrepp. Gräsförekomst i närheten av plantan visade sig också signifikant negativt för plantvitaliteten. Antagligen är det ett mått på samma fenomen som mineraljord runt plantan: att snytbaggar inte ska ha tillgång till organiskt material nära plantan eftersom de då är mer benägna att krypa fram till plantan. Gräset kan också konkurrera med plantan om näring.

Slutligen hade följande faktorer inverkan på vitaliteten för tall: jordart (kornstorleksfördelning), vegetationstyp, höjd över havet, markfuktighet, ytstruktur och rörligt markvatten. Flera ståndortsegenskaper är kopplade till dessa faktorer, bland annat markens dräneringsförhållanden och vattenhållande förmåga, samt annan inverkan på mikroklimatet och även på konkurrerande växtlighet.

I Figur 11 visas hur starkt sambandet i vitalitet är mellan de olika åren. Ju fler tillväxtsåsonger desto större är sambanden mellan åren. Svaga plantor dör tidigt. Senare, när plantorna har ökat i höjd och etablerat fler rötter, är chansen större att de överlever ytterligare en tillväxtsåsong. Denna effekt framgår som ett mått på korrelation mellan vitalitetsmått mellan åren. De skattade korrelationerna ger även en viktig indikation på när det är optimalt att inventera ett bestånd, vid inventering efter två tillväxtsåsonger i stället för efter en, ökar korrelationen till vitalitet efter sex tillväxtsåsonger med nästan

det dubbla ifrån 0.36 till 0.64. Detta ger en avsevärt bättre chans att vitalitetsinventeringen stämmer överens med vitaliteten senare i omloppstiden.



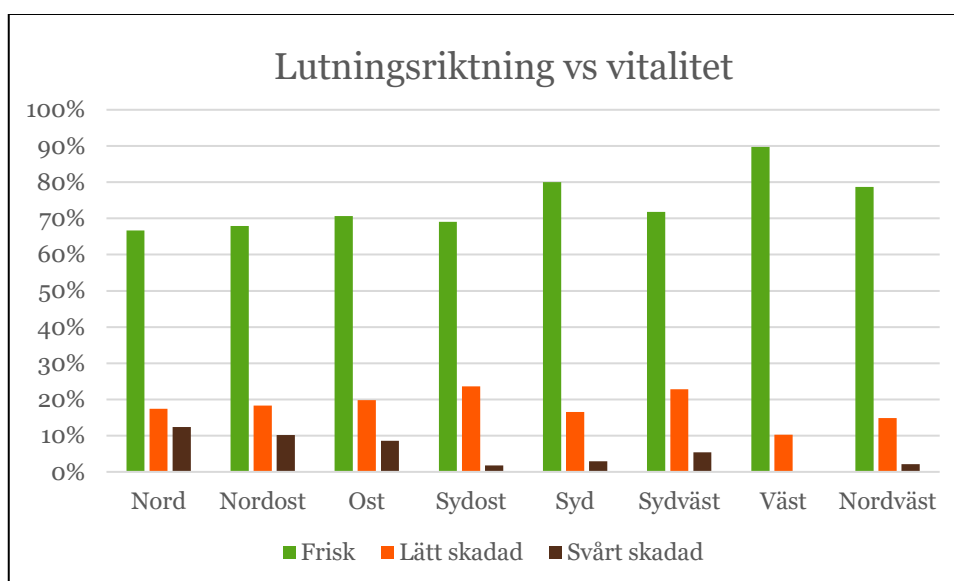
Figur 11. Parvist skattade korrelationer mellan vitalitet efter olika antal tillväxtsånger. Svart text i figuren är skattade korrelationer mellan vitalitetsdata efter olika antal tillväxtsånger.

### Icke signifikanta faktorer

Övriga mätta faktorer visade sig inte signifikanta i denna undersökning.

Ett exempel på faktorer som inte visade signifikant inverkan på vitaliteten är lutningsriktning<sup>6</sup> (Tabell 1 och Figur 12). Även om tolkningen av figuren skulle vara att sydlig och västlig exponering har högre andel friska plantor än nordlig och nordöstlig exponering, är det inte en effekt som ger sig till känna i statistiken.

<sup>6</sup> Lutningsriktning är det väderstreck markytan lutar emot.



Figur 12. Vitalitet efter 6 tillväxtsåsonger fördelad mellan 8 olika lutningsriktningar.

## Diskussion

### Traktareal

När traktstorlekarna varierar mellan 2 och 16 hektar men har lika många provytor blir mindre trakter starkare representerade i denna studie. Det anses dock inte ha någon inverkan på tolkningen av resultaten eftersom det inte finns någon känd skillnad i skötsel mellan stora och små trakter, varken vid avverkning, hyggesvila, markberedning eller plantering. Eventuellt kan etableringen av självföryngrade plantor påverkas av traktstorleken eftersom självföryngringspunkter på större hyggen generellt har större medelavstånd till fröträd belägna på intilliggande skogsområden. Sådana effekter går dock inte att utläsa ur inventeringarna i detta projekt, då hyggesstorleken inte hade effekt på självföryngringen.

### Planttäthet och överlevnad

Den genomsnittliga planttätheten på 2 400 planterade plantor per hektar vid plantering var som väntad. Efter sex tillväxtsåsonger hade tätheten minskat till cirka 1 700, vilket är mycket lägre än förväntat, det motsvarar att 31 procent av de planterade plantorna hade dött. Efter tillväxtsång sex var 63 procent av de planterade granplantorna och 56 procent av tallplantorna friska eller endast lätt skadade, vilket motsvarar 1500 respektive 1350 planterade plantor per hektar. De levande planterade plantorna utgjorde i genomsnitt 65 procent av beståndets levande barrträd<sup>7</sup> efter sex tillväxtsåsonger.

<sup>7</sup> Övriga 35% var självföryngrade.

Vid slutröjning bevaras i genomsnitt 2000 stammar per hektar<sup>8</sup>, det vill säga att maximalt 68-75 procent av de röjda bestånden består av förädlade stammar.

De lätt skadade plantorna kan visserligen repa sig och överleva, men hälften av dem hade dubbelstam, vilket innebär att de löper risk att röjas bort till förmån för friskare självföryngrade stammar av bra kvalitet. Självföryngrade barrträd var generellt kortare än planterade, men längre individer förekom regelbundet och kommer att utgöra en andel av det framtida beståndet.

Inventeringsytorna i denna undersökning innehöll helt och hållet planterad föryngringsyta utan småimpediment eller hänsyn. Diskussioner pågår (Berghlund, 2022) om hur stor andel av ett föryngrat hygge som egentligen räknas som föryngringsyta, men som innehåller till exempel småimpediment eller naturhänsyn som är mindre än 200 kvadratmeter<sup>9</sup>, eller helt enkelt grothögar, och därför ska räknas in i nettoytan men ändå inte planteras. Den diskussionen fortsätter annorstädes, men det betyder att andelen planterade plantor i det röjda beståndet minskar ytterligare.

Fortsatta inventeringar i planteringspunkterna till efter slutröjning kan ge svar på frågan om huruvida planterade stammar gynnas vid röjning.

Generellt sett växer de förädlade plantorna bättre än de självföryngrade, i genomsnitt. Samtidigt är den genetiska variationen bland de självföryngrade plantorna stor, och de bästa exemplaren av självföryngrade plantor kan växa bättre än de sämsta exemplaren av de planterade. Denna aspekt bör tas i beaktande vid tolkningen av resultat som dessa, och särskilt av eventuella beräkningar av den genetiska vinsten.

Inga röjningsinstruktioner, som vi känner till, skiljer på planterade och självföryngrade plantor, utan enbart på plantans synliga egenskaper av storlek, vitalitet och kvalitet. Visserligen har planterade plantor ofta en fördel av att ha haft goda betingelser för tillväxt i plantskolan och de bör planteras i gynnsamma planteringspunkter, men å andra sidan kan självföryngrade plantor ha haft en eller flera tillväxtsåsonger mer på sig att etablera sig, beroende på varaktighet mellan avverkning och plantering. Vid röjningsmogen ålder kan det vara omöjligt att skilja på planterade plantor och självföryngrade, men har en planta varit skadad är risken stor för att den röjs bort, särskilt om den varit svårt skadad.

Orsaken till skadorna var framför allt torka och snytbaggeangrepp. Det är skador som är möjliga att påverka i föryngringsfasen genom att plantera plantorna i de bästa planteringspunkterna. I denna studie framgick att det i 32 procent av samtliga planteringspunkter fanns en bättre planteringspunkt inom en meter från den valda, det bör därför vara möjligt att förbättra planteringsens utförande. Studien räknade inte antal godkända planteringspunkter per ytenhet, och kan därför inte utröna om förutsättningarna för markberedning, eller dess kvalitet är en faktor som har spelat in.

Betesskadorna kan också minskas, men det är framför allt i samband med röjning inom beståndet, eller i intilliggande områden (Johansson m.fl., 2022), och således inte en faktor att bedöma i denna studie.

---

<sup>8</sup> De generella riktlinjerna för röjning är att skapa bestånd med 1 500–2 500 stammar per hektar efter sista röjning, beroende på bonitet. Efter första röjning, där en sådan anses lämplig, rekommenderas 3 000–5 000 stammar per hektar.

<sup>9</sup> Detta är Skogsstyrelsens gräns för när ett impediment ska räknas bort från föryngringsyta enligt deras inventeringsinstruktion: *INSTRUKTION för fältinventering vid Återväxtuppföljning*

## Planthöjd

Måttet planthöjd kan betraktas som ett integrerat mått på flera faktorer. Den initiala planthöjden är gynnsam för att plantan ska klara sig i konkurrensen med övrig vegetation, den blir ett uttryck för huruvida plantan är skadad, framför allt på toppskottet, för hur tillväxtbetingelserna är på trakten samt var i planteringspunkten den är planterad. De uppmätta värdena för höjd ger en förväntad bild av tillväxttakten och höjdfördelningen i södra Sverige.

Planthöjd var den starkaste enskilde faktorn för vitalitet vid plantering. I denna studie utfördes första inventeringen efter knappt en tillväxtsång, vilket betyder att effekten kan ha påverkats antingen av ståndortsfaktorer under den första tillväxtsången, men effekten är ändå övertygande. Skillnaden i vitalitet mellan korta och långa plantor är upp till 23 procentenheter inom kategorin ”friska plantor.”

## Vitalitet

Vitaliteten påverkades i betydande grad även av planteringspunktens kvalitet. Värderingen var trubbig, en tregradig skala med kategorierna ”Ej godkänt,” ”Användbar,” och ”Godkänt,” och analysen visade en signifikant högre överlevnad för godkända planteringspunkter. Värderingen av denna faktor baserades på inventerarens långa fältvana. Det var samma inventerare på samtliga punkter, och därför bör värderingen ha varit så likvärdig som möjligt på samtliga punkter. Det är viktigt att notera att det i mer än en tredjedel av punkterna fanns en bättre planteringspunkt inom en meter från plantan. Andra studier har visat att förbandet, avståndet mellan planterade plantor, kan vara mer flexibelt än 1 meters distans från den först tilltänkte planteringspunkten utan att tillväxt och virkeskvalitet missgynnas (Ara m.fl., 2021). I denna studie har vi dock hållit oss till det avstånd som har använts i tidigare studier, för att kunna jämföra resultaten. Det betyder dock att denna faktor är mer konservativ än vad verkligheten tillåter, och det kan tas i beaktande vid utformningen av planteringsinstruktioner.

Att planteringspunkten inverkar på vitaliteten var förväntat, men det var överraskande vilka punkter som gav högst vitalitet, att plantering i markberedningspunkter under marknivå gav bättre resultat än omvänd torva. Anledningen är troligen att plantorna var stressade av torka. Framför allt 2018 var ett väldigt torrt år, och då kan plantan missgynnas av att vara höjd över marknivån i en omvänd torva som riskerar att vara för torr.

Mineraljord, jordart, gräsförekomst, markberedningsmetod samt plantans placering i markberedningspunkten inverkar på vitaliteten. Flera av dessa kan påverkas av skötselns planering och utförande. För tall fanns det dessutom fler faktorer som hade bevisad inverkan på vitaliteten såsom vegetationstyp, höjd över havet, fuktighet, ytstruktur och rörligt markvatten. Emellertid är väldigt få av dessa faktorer möjliga att laborera med vid föryngring, plantor måste ändå planteras där, men det kan få inverkan på val av trädslag och planttäthet i framtiden, då högupplösta föryngringsplaneringar kan nyttja terrängens småskaliga variation för bättre ståndortsanpassning. Detta är svårt att genomföra vid dagens manuella planteringsförfarande, men kan bli verklighet när automatiserad plantering vinner mark (Hansson, 2023).

Att endast fyra faktorer visade sig vara signifikanta för både gran och tall var överraskande vid en första anblick. Men vid närmare eftertanke är det logiskt eftersom gran och tall trivs bäst vid olika optimala betingelser. För att ytterligare undersöka övriga faktorer inverkan på vitalitet skulle fler observationer krävas. Delvist baserat på denna studie har ett annat projekt startats ”Föryngringskollen” där antalet observationer är



tillräckligt högt för att kunna undersöka hur flera av planteringspunktens egenskaper inverkar på överlevnad (Berglund, 2022).

Skogen är ett komplext system att studera, där till exempel plantvitalitet är resultatet av åtskilliga faktorer, hos plantan själv och fram för allt i dess omgivning, båda starkt varierande i olika delar av landskapet och riket. Det finns exempel på att ett högre antal observationer skapar tillräcklig statistisk styrka för att avslöja samband mellan vitalitet och omgivande faktorer. Andra studier med långt fler observationer har till exempel visat att just lutningsriktning har inverkan på markegenskaper (Seibert m.fl., 2007). Men i denna studie är effekten inte tillräckligt stark för att tränga igenom som signifikant för vitalitet, även om det är nära för tall. Betydelsen i praktiskt skogsbruk skulle i detta fall vara att trakter på norrsluttningar generellt kan behöva längre omloppstid än trakter i sydsluttningar. Detta är ett exempel på att mycket data kan behövas för att utröna vilken effekt olika faktorer har.

Den del av vitaliteten som inte förklaras av variablerna i denna inventering styrs av faktorer som inte rymdes inom ramarna för denna studie. Sådana faktorer anses generellt utgöras av tillgång på vatten och näring, temperatur och solinstrålning, konkurrens av annan vegetation, plantmaterialets kvalitet, skötsel och skick innan plantering. Många av dessa faktorer undersöks i andra nyligen initierade projekt (bland annat i "Förnygringskollen" (Berglund, 2022)), men inga andra projekt har i vår kännedom undersökt överlevnad på individskala, med gps-positionerade plantor.

Varje enskild faktor i sig har en viss inverkan på plantans mående och tillväxt. Tillsammans kan effekten bli betydande för utbytet av biomassa vid omloppstidens slut, och således för skogens betydelse för den gröna omställningen

## Konklusion

Planterade plantors överlevnad, den praktiska möjligheten att tillgodogöra sig värdet av skogsträdsförädlingen, har i denna studie från södra Sverige visat sig vara betydligt lägre än väntat redan efter sex tillväxtsåsonger.

Planthöjd vid plantering är föga förvånande den starkaste faktor för ökad vitalitet som ingick i denna studie, men även faktorer kopplade till planteringspunktens egenskaper gick att urskilja som avgörande för vitaliteten. Många faktorer spelar roll var och en för sig, tillsammans kan skillnaden bli betydande. Planteringskvalitet kan i förlängningen få betydande inverkan på beståndets framtida tillväxt. Vid plantering tas beslut som får konsekvenser för plantans hela livslängd, och det bör övervägas om planteringarna måste kvalitetssäkras i större utsträckning än idag. Kostnaden för det kan betraktas som en investeringskostnad, för en död planta är en bortkastad investering.

Det rekommenderas att följa upp denna studie med kalkyler på investeringskostnader och produktionsprognoser för olika modeller av upphandlingskriterier för planteringsentreprenörer. Det rekommenderas även att undersöka plantornas skick vid planteringsstillfället och hur det påverkar vitalitet och överlevnad.

Studien är designad för att fortsätta inventeringarna tills efter rövning. Vi rekommenderar därför också att inventeringarna fortsätts för att vi inom snar framtid ska kunna utvärdera hur stor andel av framtida röjda bestånd som utgörs av förädlade plantor i

sydliga Sverige. Utifrån sådana resultat kan den verkliga realiserade genetiska vinsten uppskattas och ge underlag till beslut om framtida förnygringar och skötsel.

Det kan inte nog betonas att förnygringarna är av största vikt för skogsnäringen och för samhället. Skötseln är avgörande för volym och kvalitet på virke, miljöhänsyn och sociala värden i överskådlig framtid.

## Referenser

Ara, M., Barbeito, I., Elfving, B., Johansson, U., & Nilsson, U. (2021). Varying rectangular spacing yields no difference in forest growth and external wood quality in coniferous forest plantations. *Forest Ecology and Management*, 489, 119040.

Berglund, M. (2022). Föryngringskollen. Retrieved from <https://www.skogforsk.se/kunskap/projekt/foryngringskollen/>

Berlin, M. (2022). Klimatanpassade och högproduktiva plantor för framtidens skogar. In *Skogens värden - forskaren reflektioner* (pp. 62-63): Mittuniversitet.

D G Butler, B R Cullis, A R Gilmour, & Gogel, B. J. (2009). ASReml-R reference manual. *The State of Queensland, Department of Primary Industries and Fisheries, Brisbane.*

Gålnander, H., Berlin, M., & Sonesson, J. (2020). *Framtidens skogar - Består de av planterade plantor eller naturligt föryngrade träd?* Arbetsrapport 1052-2020, Skogforsk. 34 s.

Hansson, L. (2023). Autoplant. Retrieved from <https://www.skogforsk.se/kunskap/projekt/autoplant/>

Johansson, F., Fredriksson, E., & Sørensen, R. (2022). *Skogsskötsel för minskade viltbetesskador - En handledning för viltanpassad skogsskötsel*. Skogforsk.

Jonsson, A., Elfving, B., Hjelm, K., Lämås, T., & Nilsson, U. (2022). Will intensity of forest regeneration measures improve volume production and economy? *Scandinavian Journal of Forest Research*, 37(3), 200-212.

Seibert, J., Stendahl, J., & Sørensen, R. (2007). Topographical influences on soil properties in boreal forests. *Geoderma*, 141(1), 139-148.

Skogsstyrelsen. (2011). Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd till Skogsvårdslagen. 2011:7, 48.

# Bilaga 1 - SCA:s skogliga register och fältinventering

## Beskrivning av variabler på traktnivå

Variabel	Förklaring	Enheter
PlantId	Id på planta	-
ProvyteId	Provyteled	-
TraktId	Id på trakten	-
ny_Planttyp	Typ av planta	Barrot, täckrot, frö
Traktnamn	Namnet på trakten	
Areal (ha)	Arealen utifrån avverkningen	Hektar (kvotskala)
Vegetationstyp	Vegetationstyp utifrån register	Lavtyp, Lavrik, Fattigristyp, Kråkbär-Ljung, Lingontyp, Blåbärstyp, Starr-fräken, Smalbladig grästyp, Bredbladig grästyp, Ej fältskikt, Lågörtstyp, Högörtstyp
Fuktighet	Traktens fuktighet	Torr, Frisk, Fuktig, Blöt
Jordart	Jordarten på trakten	Torvmark, Grusig morän, sandig morän, Sandig-moig morän, Moig-mjällig lerig morän, Grus, Grovsand, Mellansand, Grovmo, Finmo-mjåla-lera
Ytstruktur	Ytstruktur på trakten, bedöms utifrån terrängtypschema för skogsarbeten (Berg, 1995)	1 = Mycket jämn markyta, 2 = Mellanklass, 3 = Något ojämn markyta, 4 = Mellanklass, 5 = Mycket ojämn markyta
Lutning	Traktens lutning, bedöms utifrån terrängtypschema för skogsarbeten (Berg, 1995)	1 = 0–9 % eller 0–5 grader, 2 = 10–19 % eller 6–10 grader, 3 = 20–32 % eller 11–17 grader, 4 = 33 % eller 18 grader
Terrängbärighet	Bedömning av markens hållfasthet utifrån terrängtypschema för skogsarbeten (Berg, 1995)	1 = Mycket goda grundförhållanden, 2 = Mellanklass, 3 = Medelgoda grundförhållanden, 4 = Mellanklass, 5 = Mycket dåliga grundförhållanden.
Höjd över havet	Höjd över havet, tas från traktdirektiv	m
Planteringsmetod	Om planteringen gjorts manuellt eller maskinellt	Manuell, maskinell
Markberedningsmetod	Markberedningsmetod	Fläck, Högläggning, Harvning, Plöjning, Grävmaskin, Bränning
Trädslag	Trädslag	Gran, Tall
Ålder	Ålder på plantorna	År
Proveniens	Proveniensen på fröna	(inte tillgängligt i denna undersökning)

### Beskrivning av variabler på provytanivå

Variabel	Förklaring	Enheter
Höjd över havet	Mäts på plats	Meter
Markberedningsmetod		Fläck, Högläggning, Harvning, Plöjning, Grävmaskin, Bränning
Ytstruktur	Ytstruktur på trakten, bedöms utifrån terrängtypschema för skogsarbeten (Berg, 1995)	1 = Mycket jämn markyta, 2 = Mellanklass, 3 = Något ojämn markyta, 4 = Mellanklass, 5 = Mycket ojämn markyta
Lutning	Traktens lutning, bedöms utifrån terrängtypschema för skogsarbeten (Berg, 1995)	1 = 0–9 % eller 0–5 grader, 2 = 10–19 % eller 6–10 grader, 3 = 20–32 % eller 11–17 grader, 4 = 33 % eller 18 grader
Vegetationstyp	Bedömning av markvegetation	Lavtyp, Lavrik, Fattigristyp, Kråkbär-Ljung, Lingontyp, Blåbärstyp, Starrfräken, Smalbladig grästyp, Bredbladig grästyp, Ej fältskikt, Lågörtstyp, Högörtstyp
Jordart	Jordarten på provytan	Torvmark, Grusig morän, Sandig morän, Sandig-moig morän, Moig-mjällig lerig morän, Grus, Grovsand, Mellansand, Grovmo, Finmo-mjåla-lera
Humustjocklek	tjocklek på humustäcket	cm
Fuktighet	Provytans fuktighet	Torr, Frisk, Fuktig, Blöt
Rörligt markvatten	Grundvattnets flöde	Saknas, Kortare perioder, Längre perioder
Läge	Provytans läge	krön/ås, svacka, sluttning övre, sluttning nedre, dal, plan mark (< 9 %)

## Beskrivning av variabler på plantnivå

Variabel	Förklaring	Enheter
Planteringspunktens bedömda kvalitet		godkänd, ej godkänd, användbar
Avstånd till humus	avstånd mellan stam och humus	cm
Avstånd till opåverkad mark	avstånd mellan stam och opåverkade mark	cm
Mineraljordstyp	Andel mineraljord 10 cm runt stammen	0, 1–25 %, 25–50 %, 50–75 %, 75–99 %, 100 %,
Mineraljordstjocklek	djup på mineraljorden runt plantan	<3, 3–6, 6–9, >12 cm
Planteringsdjup	torvklumpens placering i förhållande till marknivån	Normal (mindre än 3 cm), djup (3 cm ner), högt (ovanför marknivå), liggande
Plantlutning	plantans lutning	Rak, något lutande, kraftigt lutande, liggande
Vitalitet	plantans status	Frisk, Lätt skadad, Svårt skadad, Död, Död sedan tidigare, Saknas
Plantplacering	plantans placering i förhållande till markberedningen	Mineraljord på humus, omvänd torva, fläck (över, under och i marknivå), Påverkat, ej definierbart, ej markberett.