



Underväxtröjningens inverkan för ett lyckat föryngringsresultat och en effektiv föryngringsavverkning

Josefin Karlsson & Isak Wendel Hedegård

Självständigt kandidatarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Skogsvetarprogrammet 22/25
Kandidatarbeten i Skogsvetenskap • 2025:01
Umeå 2025



Underväxtröjningens inverkan för ett lyckat föryngringsresultat och effektiv föryngringsavverkning

The impact of undergrowth clearance on successful regeneration results and efficient regeneration felling

Josefin Karlsson & Isak Wendel Hedegård

Handledare:	Alfred Deutgen, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap
Bitr. handledare:	Leif Johansson, Skogsvårdsspecialist, SCA Skog AB
Examinator:	Torgny Lind, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i Skogsbruksvetenskap
Kurskod:	EX1015
Program/utbildning:	Skogsvetarprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Utgivningsort:	Umeå
Utgivningsår:	2025
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Kandidatarbeten i Skogsvetenskap
Delnummer i serien:	2025:01
Nyckelord:	Konkurrerande vegetation, underväxt, plantvitalitet, tillväxt, underväxtröjning

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Sammanfattning

Denna kandidatuppsats ämnade att undersöka hur plantors vitalitet och tillväxt hos trädslagen tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*) påverkas av konkurrerande vegetation, samt hur förekomsten av underväxt inverkar på skördarförarens produktivitet vid en föryngringsavverkning. Eftersom en lyckad föryngring är avgörande för att skapa livskraftiga och ekonomiskt hållbara framtida skogar med en hög gagnvirkesproduktion är det viktigt att identifiera och förstå de olika hinder som negativt påverkar skogens utveckling. Genom statistiska analyser och jämförelser med tidigare studier visar resultaten på ett samband mellan en hög täthet av konkurrerande vegetation och minskad plantvitalitet för både tall och gran, samt nedsatt tillväxt hos tall och en lägre produktivitet för skördare vid föryngringsavverkning. Gran var genomgående mindre negativt påverkad av konkurrerande vegetation jämfört med tall. Baserat på resultaten i denna studie tillsammans med tidigare studier framstår en underväxtröjning som motiverad vid en stamtäthet över 4000 underväxstammar per hektar för tall och 5000 för gran.

Nyckelord: konkurrerande vegetation, underväxt, plantvitalitet, tillväxt, underväxtröjning

Abstract

This bachelor's thesis aimed to investigate how the vitality and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spruce (*Picea abies*) seedlings are affected by competing vegetation, as well as how the presence of understory vegetation impacts harvester operator productivity during regeneration felling. Since successful regeneration is crucial for establishing vigorous and economically sustainable future forests with high merchantable timber production, therefore it is important to identify and understand the various obstacles that negatively impact forest development. Through statistical analyses and comparisons with previous studies, the results show a correlation between high densities of competing vegetation and reduced seedling vitality for both pine and spruce, as well as decreased growth in pine and lower productivity for harvesters during regeneration felling. Spruce was consistently less negatively affected by competing vegetation compared to pine. Based on the findings of this study, together with previous research, pre-commercial thinning of the understory appears to be justified at a stem density exceeding 4,000 understory stems per hectare for pine and 5,000 for spruce.

Keywords: competing vegetation, understory vegetation, plant vitality, seedling growth, understory thinning, pre-commercial thinning of the understory

Förord

Detta kandidatarbete i skogsbruksvetenskap, omfattande 15 högskolepoäng, genomfördes under vårterminen 2025 vid institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå.

Vi vill börja med att rikta ett stort tack till Leif Johansson på SCA Skog som möjliggjorde detta arbete. Vi vill tacka för den tilltro som gavs till oss och för ditt kontinuerliga stöd under arbetets gång.

Och sist men absolut inte minst vill vi rikta ett stort tack till vår handledare Alfred. Din hjälp har varit ytterst värdefull, speciellt när det kommer till databehandlingen. Det har varit en stor trygghet att ha dig som handledare och tack för att du varit tillgänglig och engagerad genom hela arbetet.

Umeå, juni 2025

Josefin Karlsson & Isak Wendel Hedegård

Innehållsförteckning

Förord	5
Innehållsförteckning	6
Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	11
1. Inledning	12
1.1 Syfte och frågeställningar	12
1.1.1 Avgränsningar	12
1.1.2 Begreppsanvändning av underväxt och konkurrerande vegetation	13
2. Bakgrund	14
2.1 Konkurrerande vegetation och underväxt i relation till föryngringsarbetet	14
2.2 Underväxtröjning	15
2.3 Den ekonomiska kostnaden och vinsten av åtgärden	16
2.4 Underväxtröjning och hyggesrensning enligt SCA	17
3. Material och metod	19
3.1 Metod	19
3.2 Dataunderlag	19
3.2.1 Godkänd planteringspunkt enligt SCA	19
3.3 Prognosverktyg för prestation och bortsättning	20
3.4 Dataunderlag	20
3.5 Statistisk analys	20
3.5.1 Vitalitet	20
3.5.2 Tillväxt	22
3.6 Etiskt övervägande	23
4. Resultat	24
4.1 Plantvitalitet	24
4.1.1 Tall	24
4.1.2 Gran	30
4.2 Tillväxt	36
4.2.1 Tall	36
4.2.2 Gran	39
4.3 Skördarens produktivitet	41
5. Diskussion	43
5.1 Plantvitalitet och tillväxt	43

5.2	Tidigare kunskap.....	44
6.	Slutsats	46
	Referenser.....	47
	Bilaga 1	51

Tabellförteckning

Tabell 1 Antal stammar av konkurrerande vegetation per provyta, per ha och dess parameter i databehandlingen	21
Tabell 2 Höjddifferensen mellan plant och konkurrerande vegetation	22
Tabell 3 Modell för prediktering av vitalitet för gran. Linjär, kvadratisk och kubisk innebär att klassindelningen för övrig konkurrerande vegetation behandlades som linjär, kvadratisk eller kubisk.	24
Tabell 4 Resultat från vitalitets modellen för tall.	25
Tabell 5 Sammanfattning av de mest gynnsamma respektive minst gynnsamma scenarier för tallens predikterade vitalitet år 1.	30
Tabell 6 Modell för prediktering av vitalitet för gran. Linjär, kvadratisk och kubisk innebär att klassindelningen för övrig konkurrerande vegetation behandlades som linjär, kvadratisk eller kubisk.	30
Tabell 7 Resultat från ANOVA-analys typ 2 för clmm-modellen för gran.....	31
Tabell 8 Sammanfattning av de mest gynnsamma respektive minst gynnsamma scenarier för granens predikterade vitalitet år 1	35
Tabell 9 Resultat från tallens tillväxtmodell och dess signifikanta variabler	37
Tabell 10 ANOVA LME tillväxtmodell tall	37
Tabell 11 Sammanfattning av mest gynnsamma respektive minst gynnsamma för tallens tillväxt	39
Tabell 12 Modellresultat tillväxt Gran	40
Tabell 13 ANOVA LME tillväxt gran	40
Tabell 14 Sammanfattning av mest gynnsamma respektive minst gynnsamma scenarier för granens tillväxt.....	41

Figurförteckning

Figur 1 Den sannolika vitaliteten i procent hos tallplantor vid godkända planteringspunkter och harvning som markberedning år 1. Vitalitetsklasserna är frisk, död och skadad. Den konkurrerande vegetationens klasser återfinns på vänstra y-axeln. Överskärmande konkurrerande vegetation betecknas som "ÖS-UVÄXT" och betyder att den konkurrerande vegetationen är 50 cm högre än plantan. Ej överskärmande konkurrerande vegetation betecknas "Ej ÖS-UVÄXT" och betyder att den konkurrerande vegetationen är 25 cm lägre än plantan. De värden som återfinns bredvid beteckningarna anger antalet konkurrerande vegetation per provyta. Observera att x-axeln börjar på 60%.	26
Figur 2 Den sannolika vitaliteten i procent hos tallplantor vid icke godkända planteringspunkter och harvning som markberedning år 1.	27
Figur 3 Den sannolika vitaliteten i procent hos tallplantor vid godkända planteringspunkter och högläggning som markberedning år 1.	28
Figur 4 Den sannolika vitaliteten i procent hos tallplantor vid icke godkända planteringspunkter och högläggning som markberedning år 1.	29
Figur 5 Den sannolika vitaliteten i procent hos granplantor vid godkända planteringspunkter och harvning som markberedning år 1. Vitalitetsklasserna är frisk, död och skadad. Den konkurrerande vegetationens klasser återfinns på vänstra y-axeln. Överskärmande konkurrerande vegetation betecknas som "ÖS-UVÄXT" och betyder att den konkurrerande vegetationen är 50 cm högre än plantan. Ej överskärmande konkurrerande vegetation betecknas "Ej ÖS-UVÄXT" och betyder att den konkurrerande vegetationen är 25 cm lägre än plantan. De värden som återfinns bredvid beteckningarna anger antalet konkurrerande vegetation per provyta Observera att x-axeln börjar på 80%...	32
Figur 6 Den sannolika vitaliteten i procent hos granplantor vid icke godkända planteringspunkter och harvning som markberedning år 1.	33
Figur 7 Den sannolika vitaliteten i procent hos granplantor vid godkända planteringspunkter och högläggning som markberedning.....	34
Figur 8 Den sannolika vitaliteten i procent hos granplantor vid icke godkända planteringspunkter och högläggning som markberedning år 1.	35
Figur 9 Residualdiagram för tillväxt-modellen för tall.	36
Figur 10 Tillväxt för tallplantor i en godkänd planteringspunkt med markberedningsmetod harvning. Figuren visar tillväxten på tallplantor i cm för år 1 på y-axeln. Vitalitetsklasserna frisk, lätt skadad och svårt skadad går att utläsa på x-	

axeln. Klasstillhörighet går att utläsa med hjälp av siffrorna och pilarna tillhörande respektive linje.	38
Figur 11 Tillväxt för tallplantor i en ej godkänd planteringspunkt med markberedningsmetod harvning. Figuren visar tillväxten på tallplantor i cm för år 1 på y-axeln. Vitalitetsklasserna frisk, lätt skadad och svårt skadad går att utläsa på x-axeln. Klasstillhörighet för antal konkurrerande stammar markeras ut med siffrorna 0-5 i de vågräta linjerna.	38
Figur 12 Residualdiagram för LME-modellen för gran.	40
Figur 13 Skördarproduktivitet vid en förnygringsavverkning i m ³ per G0-timme på vänster y-axel. Den relativa produktiviteten visas på högra y-axeln över ett ökande antal underväxtstammar på x-axeln.....	42

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
AB	Aktiebolag
ANOVA	Analysis of Variance
BNP	Bruttonationalprodukt
Cm	Centimeter
CLMM	Cumulative linked mixed models
Dbh	Diameter i bröst höjd
Dm ³	Kubikdecimeter
Grot	Grenar och toppar
Ha	Hektar
M	Meter
M ³ sk	Skogskubikmeter
LME	Linear Mixed-Effects models
Rase	Rönn Asp Sälgt Ek
SCA	Svenska Cellulosa Aktiebolaget
SLU	Sveriges Lantbruksuniversitet
St	Stammar

1. Inledning

I Sverige är skogsnäringen ett av landets största näringar och utgör cirka 2,5% av landets BNP (Skogsindustrierna, 2022). För att Sveriges framtida skogar ska hålla en hög gagnvirkesproduktion är en låg plantmortalitet kombinerat med en hög tillväxt viktig (Jonsson, 2024). Tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*) är de två barrträden i Sverige som dominerar på produktiv skogsmark (Roberge et al., 2024). De två barrträden besitter olika ekologiska egenskaper vilket har resulterat i skilda växtplatspreferenser och hur pass motståndskraftig arterna är mot annan vegetation. Tallen är ljuskrävande och har svårt att etablera sig i skuggiga miljöer, vilket en överskärmande vegetation kan orsaka (Nilsson, 2020).

Idag är mortaliteten för plantor så hög som en femtedel under de tre första åren efter plantering (Öhlund et al., 2024). Konkurrerande vegetation är en utav orsakerna till att en planta kan få sämre vitalitet och tillväxt (Hynynen et al., 2011). Vegetation som förekommer som underväxt inför en föryngringsavverkning kan försvåra drivningsarbetet för skördaren (Lundqvist et al., 2014). Om underväxten sedan överlever avverkningen kan den även försämra drivningsarbetet för markberedaren i nästa skede (Sundström, 2021). Därefter kan samma vegetation konkurrensutsätta plantorna och öka plantmortalitet (Hynynen et al., 2011). Trots dessa negativa effekter utförs underväxtröjning inför föryngringsavverkning endast på en begränsad andel av skogsarealen i Sverige (Forsberg & Lodén, 2020).

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med studien är att undersöka vilken påverkan antalet stammar av konkurrerande vegetation har på föryngring sett utifrån ett trädphysiologiskt perspektiv och ett ekonomiskt perspektiv.

För att uppnå studiens syfte har följande frågeställningar undersökts:

- Hur påverkar mängden stammar av konkurrerande vegetation plantvitalitet och tillväxt hos tall respektive gran?
- Vilken inverkan har olika stamantal av underväxt på skördarens produktivitet vid en föryngringsavverkning?

1.1.1 Avgränsningar

Avgränsningar som gjorts i studien är att endast fokusera på trädslagen gran och tall. Dessa två trädslag utgör störst del utav de observationer i datasetet som användes i studien. Den ekonomiska aspekten begränsades till att enbart undersöka hur varierande mängd underväxt påverkar produktiviteten hos en

skördare i en föryngringsavverkning. Kostnader för underväxtröjning eller långsiktiga ekonomiska konsekvenser behandlades inte.

Studien genomfördes på uppdrag av SCA Skog AB. Det dataunderlag som användes i studien tillhandahölls av SCA. Detta medförde att dataunderlaget endast omfattade trakter från norra Sverige där företaget är beläget.

1.1.2 Begreppsanvändning av underväxt och konkurrerande vegetation

Konkurrerande vegetation och *underväxt* är två begrepp som har använts i denna studie. För att bibehålla studiens transparens gjordes valet att använda båda begreppen. *Underväxt* används för den vegetation som finns i beståndet inför en föryngringsavverkning. I studien används begreppet *konkurrerande vegetation* i största möjliga mån, i synnerhet den period efter plantetableringen. Däremot används terminologin även i enlighet med den hänvisade litteraturen. Begreppet *underväxt* förekom frekvent i källmaterialet, även i det material som berörde föryngringsfasen och hur plantvitaliteten förändrades.

2. Bakgrund

För att förstå hur konkurrens från omgivande vegetation påverkar enskilda gran- och tallplantor krävs en förståelse för trädens fysiologiska egenskaper och ståndortspreferenser. Enligt Jonsson (2024) är en vital föryngring avgörande för att erhålla en långsiktig volymproduktion. Hon nämner även vikten av att plantera plantor på ståndorter som motsvarar trädslagets krav.

Tallens ståndortspreferenser motsvarar torra till friska marker med svag till medelgod mark (Nilsson, 2020). Arten har dessutom höga krav på ljustillgång och är känslig för skugga från omgivande vegetation. Hynynen et al. (2011) menar att tallens diameter- och höjdtillväxt påverkas negativt i ett blandbestånd med björk jämfört med rena tallbestånd. I tidigt skede hade björken en snabbare tillväxt än de svenska barrträden och tallplantor kunde därmed lätt bli eftersatt vid för hög konkurrens.

Granen, är ett mer skuggtåligt trädslag än både tallen och björken. Granen trivs på frisk till blöt mark med högre finjordighet och bördighet (Skogskunskap, 2024). Hynynen et al. (2011) undersökte tillväxtskillnaderna mellan gran och björk och tack vare granens skuggtålighet klarade den av att växa när björk överskärade för att sedan växa ikapp björken. Granen klarade i regel överskärmande konkurrens betydligt bättre än tallen, även om tillväxten kunde hämmas.

Tillsammans utgjorde tall och gran 78,4 % av landets totala virkesförråd under åren 2019-2023. (Skogsdata, 2024), vilket motsvarar nästan fyra femtedelar av virkesförrådet under den perioden. En förståelse för trädslagets behov ökar plantornas överlevnad tillsammans med den långsiktiga volymtillväxten (Jonsson, 2024). För såväl gran- som tallplantor kan åtgärder som minskar konkurrensen från annan vegetation därför innebära en lönsam investering (Berglund et al., 2024; Jonsson, 2024).

2.1 Konkurrerande vegetation och underväxt i relation till föryngringsarbetet

Förekomst av konkurrerande vegetation och graden av markpåverkan har ett direkt samband till hur väl förutsättningarna är för en lyckad plantetableringen (Sundström, 2021). Vid hög vegetationstäckning och svåra markförhållanden minskar markberedarens förmåga att skapa godkända markberedningspunkter. I en studie av Sundström (2021) analyserades sambandet mellan godkända markberedningspunkter, antalet underväxtstammar och valet av markberedningstyp. Resultatet visade att en högre andel underväxtstammar

korrelerade med att andelen ej godkända markberedningspunkter ökade. När underväxtens höjd var högre än 1,3 meter visades en liknande signifikant påverkan på markberedningspunkterna. Harvning däremot påvisade en betydligt högre tolerans för underväxt. En högkvalitativ markberedningspunkt uppvisade en högre vitalitet och tillväxt för plantan i ett senare skede. (Sundström, 2021).

Vidare har andra studier undersökt hur konkurrerande vegetation påverkar plantornas vitalitet. I arbetsrapporterna från Skogforsks projekt *Föryngringskollen* benämns den konkurrerande vegetationen som underväxt och definieras som ”förvedad växtlighet 0,5-5 m ovan mark” (Öhlund et al., 2023). Resultaten indikerade att en hög förekomst av underväxt (>25% täckningsgrad av provytan) har en direkt negativ effekt på antalet plantor. Detta samband har bekräftats särskilt tydligt i rapporterna från 2024 och 2025 (Berglund et al., 2024; Öhlund et al., 2025). För tallmarker påvisades det negativa signifikanta sambandet mellan underväxtens omfattning och planttätheten i Norrland och Svealand. För gran observerades liknande negativa signifikanta samband i Götaland och Svealand. I båda rapporterna konstaterades att en högre grad av underväxt är negativt korrelerad med planttätheten för både gran och tall (Berglund et al., 2024; Öhlund et al., 2025).

Enligt den senaste rapporten (Öhlund et al., 2025) varierade antalet levande plantor av gran och tall beroende på hur stor markpåverkan varit och förekomsten av underväxt. Antalet gran- och tallplantor, på nationell nivå, visade ett genomsnitt på 1786 st/ha vid en hög markpåverkan (>25%), en låg förekomst av underväxt samt en låg förekomst av död ved (<50%). När endast underväxtens förekomst förändrades, från låg till hög, minskade plantgenomsnittet till 1576 st/ha. En liknande trend observerades när markpåverkan var lägre än 25%. En låg förekomst av underväxt resulterade då i ett plantgenomsnitt på 1240 st/ha medan en hög förekomst av underväxt resulterade i 854 st/ha. (Öhlund et al., 2025). Det lägsta antalet observerades alltså när markpåverkan var låg och andelen underväxt som täckte provytan var hög (Öhlund et al., 2025).

2.2 Underväxtröjning

Underväxtröjning inför en föryngringsavverkning är en åtgärd som kan tillämpas för att reducera antalet underväxtstammar (Lundqvist et al., 2014). Åtgärden innebär att avlägsna de stammar som saknar ett ekonomiskt värde i form av gagnvirke. Underväxtröjning underlättar även arbetet för skördaren genom att förbättra sikten och förenkla hanteringen av skördaraggregatet. När åtgärden utförs inför en föryngringsavverkning minskar den dessutom risken för kontaminering av grot med mineraljord, vilket annars kan försämra kvaliteten på biobränsle (Lundqvist et al., 2014). Underväxten kan även avlägsnas efter en

föryngringsavverkning och benämns då som hyggesrensning. Nackdelen med hyggesrensning är att avverkningsarbetet inte drar nytta utav att underväxten redan blivit avlägsnad (Lundqvist et al., 2014).

Underväxtröjning kan däremot ha en negativ effekt på den biologiska mångfalden i skogen (Lundqvist et al., 2014). Buskar, sly och annan underväxt skapar skikt i skogen och fungerar som skydd och boplatser för flertalet arter, såsom markhäckande fåglar. Utöver att erbjuda skydd mot rovdjur och oväder erbjuder underväxten även föda till klövvilt. (Lundqvist et al., 2014). Utan underväxt kan dessutom skogen utvecklas till en homogen monokultur i högre utsträckning vilket i sin tur kan göra skogen mer utsatt för olika typer av skador (Holm, 2015). Dessutom kan underväxten utgöra ett ekonomiskt värde då den i vissa fall kan utvecklas till nästa beståndsgeneration (Lundqvist et al., 2014).

Utöver att underväxtröjning kan underlätta för maskinförarna vid en avverkning eller vid en markberedning, har olika skogsbolag sina egna riktlinjer och motiv för när och varför underväxtröjning bör utföras. Sveaskog anger att det är av arbets- och miljömässiga skäl de väljer att utföra åtgärden (Forsberg & Lodén, 2020). Stora Enso utför underväxtröjning för att sänka avverkningskostnader, minska skador och skapa förutsättningar för bättre stamval och genomgallring. SCA utför underväxtröjning för att förenkla gallring (Forsberg & Lodén, 2020).

Generella riktlinjer för när en underväxtröjning bör beställas skiljer sig också åt mellan de olika bolagen. Enligt Södra Skogsägarnas instruktion bör underväxten uppgå till åtminstone 1500 st/ha medan Billerud Korsnäs rekommenderar åtminstone 1500-2000 st/ha (Forsberg & Lodén, 2020). Sveaskog föreskriver 4000 st/ha och SCA anger ett riktvärde 5000 st/ha sett till enbart antal underväxstammar (Forsberg & Lodén, 2020; Johansson, 2021). Däremot ska andra parametrar vägas in såsom den ökade arbetsbelastningen hos skördarförarna (Johansson, 2021).

2.3 Den ekonomiska kostnaden och vinsten av åtgärden

Underväxtröjning sett till enbart åtgärden är sällan kostnadseffektiv, då inget gagnvirke tas till vara. Kostnaden för åtgärden beror främst på antalet stammar som ska röjas samt storleken på dessa. Enligt Wiklund (2019) krävdes det att skördaren har en nedsatt produktivitet med åtminstone 20% för att underväxtröjning ska rättfärdigas ekonomiskt. Wiklund berörde dessutom några av de indirekta kostnaderna kopplade till den ökade andelen stamskador som förekommer i ett bestånd som inte underväxtröjts. Stora stamskador innebär en ekonomisk förlust på grund av en försämrad virkeskvalitet. Enligt Kärhä (2006)

resulterade däremot en utebliven underväxtröjning att antalet stamskador inte övergick 5% oavsett hur tät och hög underväxten var, förklaringsvis för att skördarföraren avlägsnade underväxten i täta bestånd.

Sundström (2021) utförde långsiktiga analyser i simuleringsprogrammet Heureka StandWise. Resultatet påvisade att nuvärdet vid en kalkylränta på 3% påverkades negativt av att en underväxtröjning inför en föryngringsavverkning utfördes, sålänge stamantalet var över 4000 underväxstammar/ha på tallmark. Oberoende valet mellan harvning eller högläggning samt vilket ståndortsindex som gällde för trakten.

2.4 Underväxtröjning och hyggesrensning enligt SCA

SCA:s riktlinjer gällande underväxtröjning inför föryngring instruerar att åtgärden ska utföras på ”all underväxt som kan ha en betydande påverkan på kommande markberedning och plantering” (SCA Skog och Skötsel, 2022). Underväxt som är klenare än 8 cm i dbh (diameter i brösthöjd) och som står inom 1,5 m radie intill en huvudstam ska röjas bort. Stubbarna från underväxten får inte vara högre än 5 cm då de kan hindra skördaraggregatet. (SCA Skog och Skötsel, 2022).

Den interna instruktionen gällande underväxtröjning berör främst åtgärden inför gallring. Röjningen bör endast ske på den underväxt som utgör ett hinder. Den underväxt som definieras som hindrande anses vara all underväxt som är i belägen intill huvudstammar och som hindrar skördaraggregatet. I regel utförs inte röjning på bistammar och hänsynsstammar som RASE. (Johansson, 2021).

Åtgärden bör också vara ekonomiskt motiverad, enligt SCA:s nuvarande interna instruktioner ska skördarens produktivitet förväntas minska med 20–25 procent för att en röjning ska bedömas som ekonomiskt försvarbar. Det framgår också att ett stamantal på upp till 4000–5000 stammar/ha vid en höjd på cirka 1,3 meter inte nödvändigtvis motiverar röjningskostnaden sett enbart ur ett produktivitetssperspektiv. En generell tumregel är därmed att åtgärden inte ska utföras på trakter där stamantalet understiger 5000/ha. Detta med anledning till att det i de flesta fall inte är ekonomiskt försvarbart. Däremot ska andra parametrar vägas in såsom den ökade arbetsbelastningen hos skördarförarna samt eventuella stamskador som huvudstammarna kan förväntas få vid en alltför trång trakt. Underväxtröjning bör också beställas enligt instruktionerna om det finns ytterligare faktorer, exempelvis trakter som är syftar till att gynna social hänsyn eller rennäringen. (Johansson, 2021).

Hyggesrensning sker på de marker enligt instruktion där markvegetationen bedöms ha en tillväxthämmande effekt i det nya beståndet. Åtgärden sker med fördel på pionjärträdslagsmarker dvs marker som kommer domineras av tall, contortatall eller lärk. Framtida granmarker och frostlänta marker hyggesrensas i regel inte. (Johansson, 2021).

3. Material och metod

3.1 Metod

Studien är en kvantitativ, empirisk undersökning baserad på ett befintligt inventerat material. Materialet består utav ekologiska fältobservationer insamlade mellan år 2013 och år 2023 i norra Sverige, upp till 5 år efter utförd plantering. Datat har bearbetats statistiskt med en CLMM-modell (*cumulative link mixed model*) för vitalitet och med en LME-modell (*linear mixed effects model*) för tillväxt. Resultaten av den statistiska analysen har sedan vägts samman med tidigare forskning och resultat från ett prognosverktyg vilket tillåter att resultaten från den statistiska analysen kan sättas in i ett större sammanhang.

Datasetet som studiens statistiska analys grundar sig på saknar en direkt koppling till underväxtröjning. Det vill säga att det inte går att utläsa om trakterna har underväxtröjts eller inte. Istället har databehandlingen inneburit en analys av hur plantvitalitet och tillväxt har påverkats av konkurrerande vegetation, vegetationstyp, fuktighet, markberedningsmetod och planteringspunktens kvalitet.

3.2 Dataunderlag

I studien har dataunderlag från företaget SCA Skog AB använts. Företaget bedriver en långsiktig uppföljning av nyetablerade plantor och deras utveckling under de första tio åren efter plantering. Uppföljning genomförs på ett urval av trakter där uppgifter om provytorna samlas in under fem inventeringstillfällen: år 0, år 1, år 3, år 5 och år 10.

Inventeringen utförs på produktiv skogsmark och omfattar tio provytor med radien 5,64 meter. Traktens storlek avgör hur stora avstånden blir mellan provytorna, vilka placerades ut i en kvadratisk formation. Centrum för varje provyta och samtliga plantor inom ytan markerades ut i fält. Förutom detta noterades även andra parametrar för provytan, exempelvis om plantan var placerade i en godkänd eller icke godkänd planteringspunkt.

3.2.1 Godkänd planteringspunkt enligt SCA

SCA tillämpar ett klassificeringssystem med fem kvalitetsnivåer för planteringspunkter i samband med föryngring. En planta som placeras i en planteringspunkt av hög kvalitet bedöms ha bättre förutsättningar för god vitalitet och tillväxt. De fem kvalitetsklasserna är 5, 4, Mineral 3, Torv 3 och Humus 3. Kvalitetsklass 5 utgör den mest optimala planteringspunkten, följt av klass 4 och därefter Mineral 3, som är den lägsta godkända punkten på torr och frisk mark.

Torv 3 och Humus 3 betraktas generellt som olämpliga på denna marktyp, men kan användas om antalet godkända planteringspunkter från markberedningen är otillräcklig. På fuktig mark är kvalitetsklasserna 5 och 4 godkända planteringspunkter. Om det saknas tillräckligt många punkter klassade som 5 och 4 är Torv 3 och Humus 3 tillåtet att plantera i. Mineral 3 bör undvikas på trakter där det finns risk för uppfrysning. Återigen är resterande punkter godkänt om det saknas tillräckligt många godkända punkter från markberedningen. (SCA Skog och Skötsel, 2025).

Utöver kvalitetsklasserna bör plantan planteras på ett sådant sätt att den får tillgång till markbundet vatten. Detta utförs genom att plantera plantan tillräckligt djupt och medför en lägre risk för att plantan utsätts för torkstress. För att öka skyddet mot snytbagge om inväxande vegetation bör plantan planteras i blottlagd mineraljord. Mineraljorden bör utgöra en cirkeldiameter som är åtminstone 10 cm runtom plantan för att öka skyddet. SCA Skog och Skötsel, 2025).

3.3 Prognosverktyg för prestation och bortsättning

Effekten på produktiviteten hos skördare visualiserades med hjälp av ett prognosverktyg (SCA, 2006), vilken återfinns i Bilaga 1. Verktöget användes för att analysera skördarens produktivitet med ett varierande antal underväxtstammar. Samma grundinställningar användes i Sundströms studie (2021).

3.4 Dataunderlag

Dataunderlaget från de fasta provytorna innefattar inventeringsdata inhämtad mellan åren 2013-2023. Av de tillgängliga variabler som fanns har de som bedömts vara relevanta för studiens syfte valts ut. Trakterna som analyserades kopplades till följande variabler: planthöjd, plantvitalitet, plantplacering, markberedningsmetod, kvalitet på planteringspunkt, förekomst av konkurrerande vegetation med dess tillhörande höjd, vegetationstyp och fuktighetsklass.

Totalt analyserades 117 trakter, varav 83 av dessa var talldominerade och 34 grandominerade. Studien omfattade 832 provytor (660 i tallbestånd och 172 i granbestånd). Totalt inkluderades 16235 plantor (12898 tall och 3337 gran).

3.5 Statistisk analys

3.5.1 Vitalitet

De statistiska analyserna utfördes i R Studio. Plantans vitalitet analyserades utifrån de olika variablerna användes en *Cumulative Link Mixed Model* (CLMM) från Ordinal paketet i R studio (Christensen, 2019). Denna modelltyp valdes för

att möjliggöra analys av vitalitet utifrån en ordinalskala där plantans vitalitet kunde kategoriseras in i fyra klasser: frisk, lätt skadad, svårt skadad och död. Plant-observationerna är beroende av varandra i analysen vilket modellen måste ta hänsyn till vilket är anledningen till att CLMM valdes som regressionsmodell då slumpmässiga effekter kunde inkluderas.

Parametern för stamantalet av konkurrerande vegetation som användes i den statistiska analysen utgjordes av en sammanslagning av två variabler från SCA:s provyteinventering. Inventeringsdata var där uppdelade i dominerande trädslag respektive övriga trädslag inom varje provyta. För att skapa en samlad variabel för den konkurrerande vegetationen sammanfogades dessa två kategorier. Det dominerande trädslagets stamantal inkluderades som konkurrerande vegetation endast i de fall där det inte utgjordes av det planterade trädslaget, det vill säga gran eller tall.

Stamantalet konkurrerande vegetation per provyta är uppdelat i fem klasser enligt tabell 2 och gett ett givet värde mellan 0-4. Fortsättningsvis i denna rapport kommer detta värde presenteras som konkurrerande vegetation klass x .

Tabell 1 Antal stammar av konkurrerande vegetation per provyta, per ha och dess parameter i databehandlingen

Parameter Konkurrerande vegetationsstammar	Antalet konkurrerande vegetationsstammar per provyta	Antalet konkurrerande vegetationsstammar/ha
0	0	0
1	1-10	100-1000
2	11-20	1100-2000
3	21-50	2100-5000
4	>51	>5100

Det fanns tre nivåer för kvaliteten för planteringspunkten; godkänd, icke godkänd och användbar. Användbar kvalitet på planteringspunkter var till stor del kopplade till en markpåverkan som ej var definierbar och uteslöts därmed då resultatet riskerade att bli missvisande. I resultatanalysen behandlades punkterna enbart utifrån om de var godkända respektive ej godkända. Ej godkända markberedningspunkter korrelerade med ej markberedda planteringspunkter och dessa utgjorde därmed en proxyvariabel för misslyckad markberedning.

För att fånga in effekten av undertryckta plantor skapades en variabel för höjdskillnaden mellan planterat trädslag och övrigt trädslag. Fyra höjdskillnader valdes subjektivt ut för att användas vid prediktering av plantvitalitet.

Tabell 2 Höjddifferensen mellan plant och konkurrerande vegetation

Variabel Övrig höjd	Höjdskillnad mellan plant och konkurrerande vegetation
25	Vegetationen är 25 cm lägre än plantan
0	Ingen höjddifferens mellan planta och vegetation
-25	Vegetationen är 25 cm högre än plantan
-50	Vegetationen är 50 cm högre än plantan

Innan resultatet kan analyseras skapades en prediktion utifrån modellen. Detta med anledning för att kunna analysera plantans vitalitet under olika kombinationer av förutsättningar.

En brist vid prediktering av data är att det i vissa fall är helt extrapolerade värden. Exempelvis finns vitalitet predikterad för antal konkurrerande vegetation = 0 samtidigt som höjdskillnaden mellan planthöjd och konkurrerande vegetations höjd beräknas från +25 till -50. Detta är ett scenario som inte är möjligt i verkligheten. Vid prediktion av CLMM-modellen predikterades vitalitet vid antal konkurrerande vegetation = 0 men samtidigt med en överskärning av plantan. Detta är en ren extrapolering och ett scenario som ej kan förekomma i verkligheten.

Dataunderlaget för gran innehåller inte några observationer med noll konkurrerande vegetation.

3.5.2 Tillväxt

För att effektivt kunna analysera tillväxten användes en *Linear mixed effects model* (LME) från paketet lme4 i RStudio (Bates et al., 2015). Då plantorna påverkar varandra och därmed inte är oberoende av varandra krävdes det att slumpmässiga effekter kunde inkluderas för att hantera variationen inom och mellan grupper, såsom unika plantor och provytor. Därmed valdes LME som modell för tillväxtanalysen.

Indatat för tillväxtanalysen utgår ifrån samma dataunderlag som användes i vitalitetsanalysen. Innan tillväxtmodellen kördes exkluderades dock alla döda plantor och alla plantor som registrerats med negativ tillväxt. Detta med anledning till att säkerställa att samtliga observationer som inkluderas i analysen var relevanta.

Endast provytor med blåbärstyp inkluderades i resultaten med syftet att vara konsekvent i vilken typ av vegetationstyp som presenteras i både vitalitets- och tillväxtanalysen.

3.6 Etiskt övervägande

Enligt god forskningssed bör företag, organisationer och individer anonymiseras (Vetenskapsrådet, 2024). I denna studie har däremot inte detta genomförts av flera anledningar. Företaget i fråga har godkänt att nämnas med namn. Företaget bedömdes ha en central roll i att metodbeskrivningen redovisades tydligt och öppet. Några av de refererade källorna har inte anonymiserat företag vilket innebär att en anonymisering i denna text ej skulle ha någon vidare effekt.

4. Resultat

4.1 Plantvitalitet

4.1.1 Tall

Resultaten indikerar att det inte finns någon väsentlig skillnad mellan vegetationstyperna eller de olika fuktighetsklasserna och deras påverkan på vitalitet. Ett undantag noterades för fattigris-typen men enligt analysen var skillnaderna mellan vegetationstyperna ej signifikanta ($p > 0,05$). Dock uteslöts vegetationstypen fattigristyp från den fortsatta analysen eftersom det fanns för få observationer. I stället valdes blåbärstyp ut som referens för att användas vid prediktering. Detta med anledning att blåbärstyp var den vegetationstyp med flest observationer.

Tabell 3 och 4 visar resultaten för vitalitetsmodellen för tall med signifikanta variabler presenterade med signifikanskoder.

Tabell 3 Modell för prediktering av vitalitet för gran. Linjär, kvadratisk och kubisk innebär att klassindelningen för övrig konkurrerande vegetation behandlades som linjär, kvadratisk eller kubisk.

Effekt	Värde	Standardfel	Df	t-värde	p-värde	Signifikans
(Intercept)	5.334	0.548	20303	9.733	<0.0001	***
Planthöjd	0.726	0.016	20303	45.272	<0.0001	***
TimePeriod	7.481	0.140	20303	53.544	<0.0001	***
Kval_plantpunk - Ej godkänd	-2.502	0.310	9496	-8.062	<0.0001	***
Kval_plantpunk - Användbar	-1.559	0.303	9496	-5.155	<0.0001	***
Vegtyp - Smalbladig grästyp	0.046	0.763	77	0.061	0.9516	
Vegtyp - Lingontyp	0.584	0.467	77	1.251	0.2148	
Vegtyp - Kråkbär-Ljung	-1.827	0.747	77	-2.447	0.0167	*
Vegtyp - Lågörtstyp	1.227	1.496	77	0.820	0.4148	

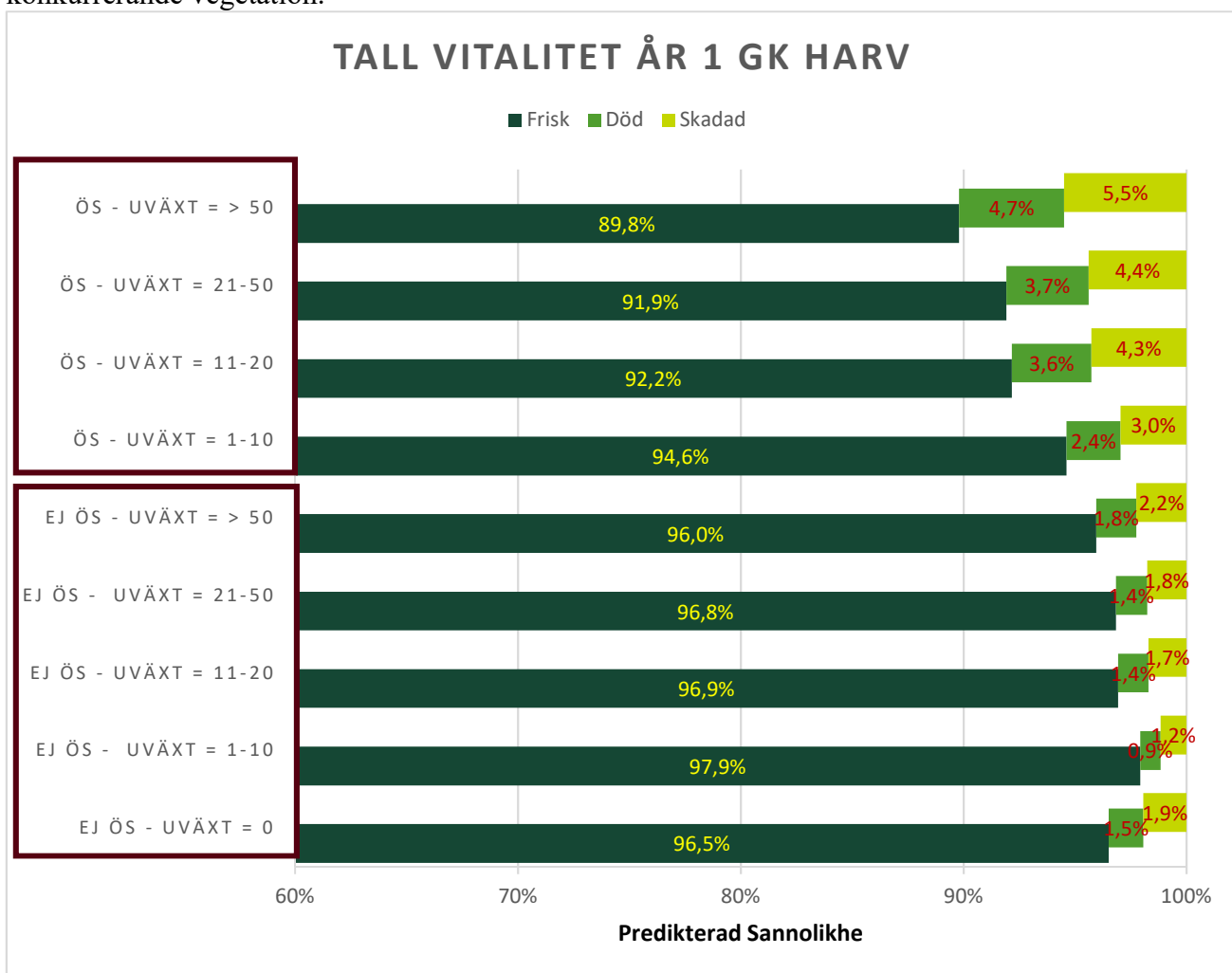
Effekt	Värde	Standardfel	Df	t-värde	p-värde	Signifikans
Vegtyp - Fattigristyp	0.180	1.098	77	0.164	0.8703	
Markberedningsmetod - Harvning	0.573	0.392	576	1.459	0.1451	
Övrigt_antal2.Linjär	4.035	0.929	20303	4.343	<0.0001	***
Övrigt_antal2.Kvadratisk	-3.873	0.752	20303	-5.153	<0.0001	***
Övrigt_antal2.Kubisk	-0.072	0.491	20303	-0.146	0.8840	
Övrigt_antal2^4	-0.521	0.283	20303	-1.842	0.0654	
hjd_dif_plantvsövrig	-0.002	0.006	20303	-0.258	0.7961	
vit_klass2	0.082	0.408	20303	0.200	0.8411	
vit_klass3	-4.126	1.371	20303	-3.009	0.0026	**
Planthöjd:TimePeriod	-0.137	0.005	20303	-26.950	<0.0001	***
Planthöjd:hjd_dif_plantvsövrig	0.0002	0.0001	20303	1.715	0.0863	
Planthöjd:vit_klass2	-0.096	0.020	20303	-4.802	<0.0001	***
Planthöjd:vit_klass3	-0.233	0.085	20303	-2.733	0.0063	**

Tabell 4 Resultat från vitalitets modellen för tall.

Variabel	Df	Chi²	p-värde	Signifikans
hjd_dif_plantvsövrig	1	769.75	< 0.001	***
TimePeriod	1	216.71	< 0.001	***
Markberedningsmetod	1	6.66	0.0098	**
Övrigt_antal2	4	37.79	< 0.001	***
Kval_plantpunk	2	239.99	< 0.001	***

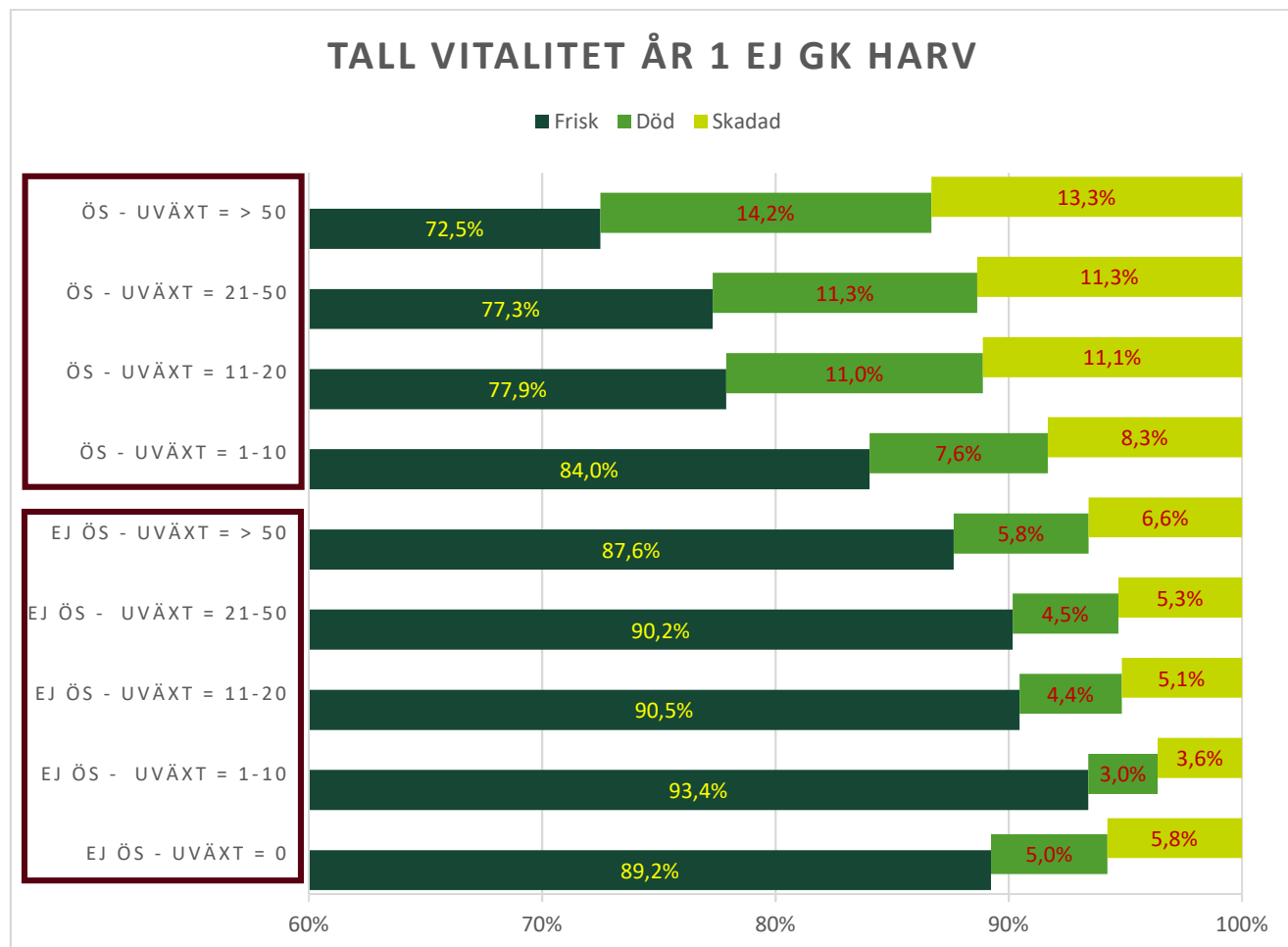
Variabel	Df	Chi²	p-värde	Signifikans
Vegtyp	5	9.95	0.0767	.
Fuktighet	2	3.14	0.2081	

Figur 1 visar den predikterade sannolikheten att vara frisk vid harvning när plantan sitter i en godkänd planteringspunkt beroende på olika antal konkurrerande vegetation.



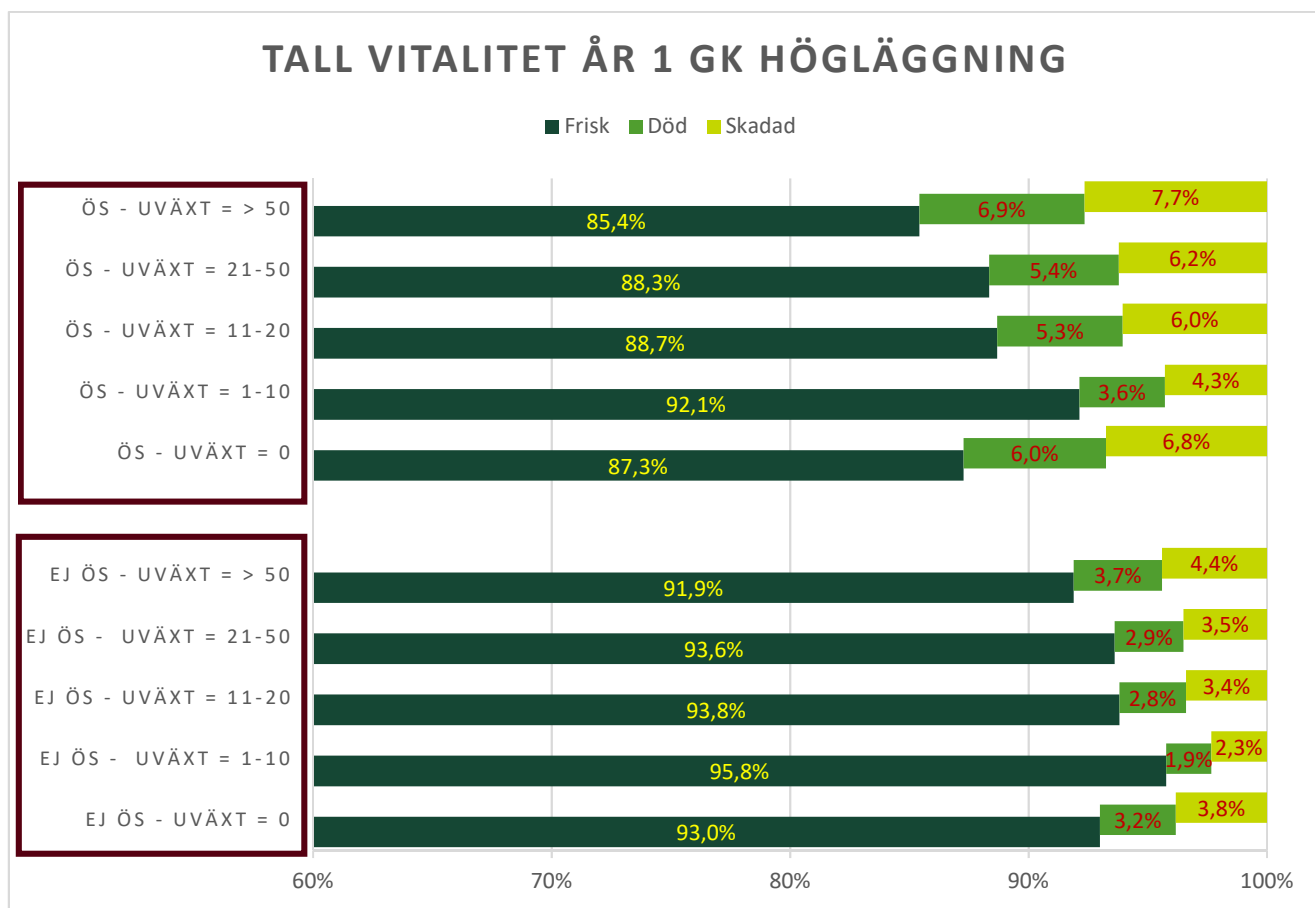
Figur 1 Den sannolika vitaliteten i procent hos tallplantor vid godkända planteringspunkter och harvning som markberedning år 1. Vitalitetsklasserna är frisk, död och skadad. Den konkurrerande vegetationens klasser återfinns på vänstra y-axeln. Överskärmande konkurrerande vegetation betecknas som "ÖS-UVÄXT" och betyder att den konkurrerande vegetationen är 50 cm högre än plantan. Ej överskärmande konkurrerande vegetation betecknas "Ej ÖS-UVÄXT" och betyder att den konkurrerande vegetationen är 25 cm lägre än plantan. De värden som återfinns bredvid beteckningarna anger antalet konkurrerande vegetation per provyta. Observera att x-axeln börjar på 60%.

Figur 2 visar ett liknande mönster som i figur 1. Dock är den predikterade vitaliteten lägre för plantor i en ej godkänd planteringspunkt. De mest gynnsamma scenarier för en tallplanta i en ej godkänd planteringspunkt är i nivå med de minst gynnsamma scenarierna för en tallplanta i en godkänd planteringspunkt. Resultaten indikerar även att en tallplanta som är överskärnad har en lägre predikterad vitalitet än en ej överskärnad tallplanta när allt annat är lika.



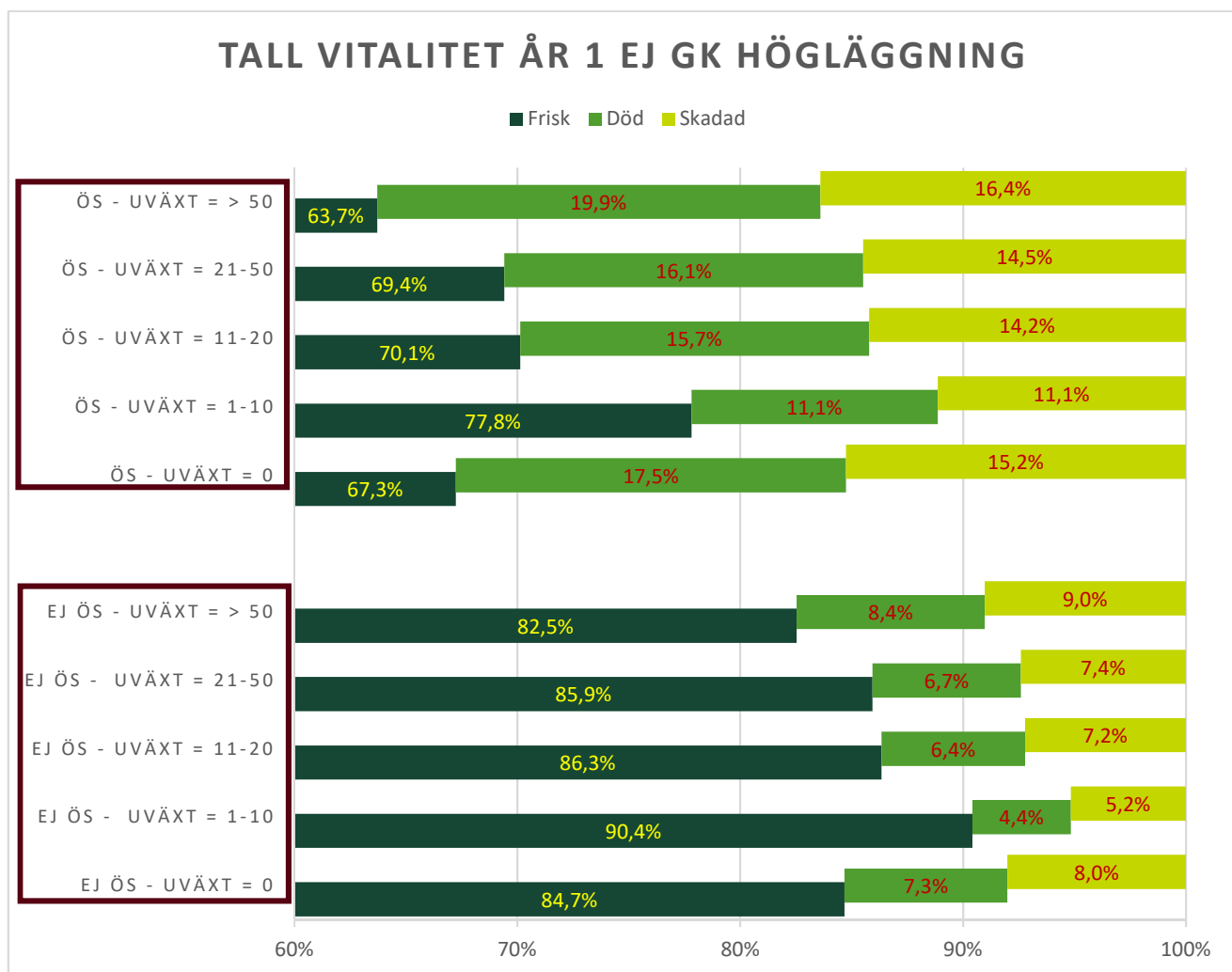
Figur 2 Den sannolika vitaliteten i procent hos tallplantor vid icke godkända planteringspunkter och harvning som markberedning år 1.

Figur 3 visar den predikterade sannolikheten att vara frisk vid högläggning när plantan sitter i en godkänd planteringspunkt beroende på olika antal konkurrerande vegetation.



Figur 3 Den sannolika vitaliteten i procent hos tallplantor vid godkända planteringspunkter och högläggning som markberedning år 1.

Figur 4 visar den predikterade sannolikheten att vara frisk vid högläggning när plantan sitter i en ej godkänd planteringspunkt beroende på olika antal konkurrerande vegetation.



Figur 4 Den sannolika vitaliteten i procent hos tallplantor vid icke godkända planteringspunkter och högläggning som markberedning år 1.

Sannolikheten för att en planta ska vara frisk är endast 63,7% vid överskrärande konkurrerande vegetation och när den konkurrerande vegetationen överstiger 5000 st/ha som visas i figur 4. Sannolikheten att en planta är död i samma scenario är 19,9 %. Det scenario som är mest gynnsamt i icke godkända planteringspunkter utfört med högläggning är ej överskrärande konkurrerande vegetation på 100-1000 st/ha. Den predikterade vitaliteten för tallplantor vid högläggning följer samma mönster som vid harvning. Dock visar figur 3 och 4 på en lägre predikterad sannolikhet att plantan är frisk vid högläggning jämfört med harvning.

5 år efter plantering visar resultaten samma mönster som vid år 1 med skillnaden att den predikterade vitaliteten är något lägre för att vara frisk.

I tabell 5 presenteras de mest respektive minst gynnsamma scenarierna för tallens vitalitet.

Tabell 5 Sammanfattning av de mest gynnsamma respektive minst gynnsamma scenarier för tallens predikterade vitalitet år 1.

Bäst/Sämst resultat	Markberednings metod	konkurrerande vegetation st/ha	Överskärning	Kvalitet på planteringspunkt	Sannolikhet att vara frisk
Bäst	Harvning	100-1000	Nej	Godkänd	97,9%
Sämst	Harvning	>5000	Ja	Ej godkänd	72,5%
Bäst	Högläggning	100-1000	Nej	Godkänd	95,8%
Sämst	Högläggning	>5000	Ja	Ej godkänd	63,7%

Oavsett markberedningstyp var sannolikheten för att plantan skulle vara frisk i godkända punkter högst när den konkurrerande vegetationen ej överskärade och stamantalet var 100-1000 st/ha. Skillnaden mellan markberedningsmetoderna var endast 2,1% sannolikhet att vara frisk.

4.1.2 Gran

Resultaten indikerar att skillnaden för granens vitalitet på frisk eller fuktig mark ej är signifikant skild från varandra. De resultat som presenteras är alla observationer på marker av blåbärstyp och av antingen frisk eller fuktig fuktighetsklass.

Tabell 6 och 7 visar resultaten för CLMM-analysen för gran med signifikanta variabler presenterade med signifikanskoder.

Tabell 6 Modell för prediktering av vitalitet för gran. Linjär, kvadratisk och kubisk innebär att klassindelningen för övrig konkurrerande vegetation behandlades som linjär, kvadratisk eller kubisk.

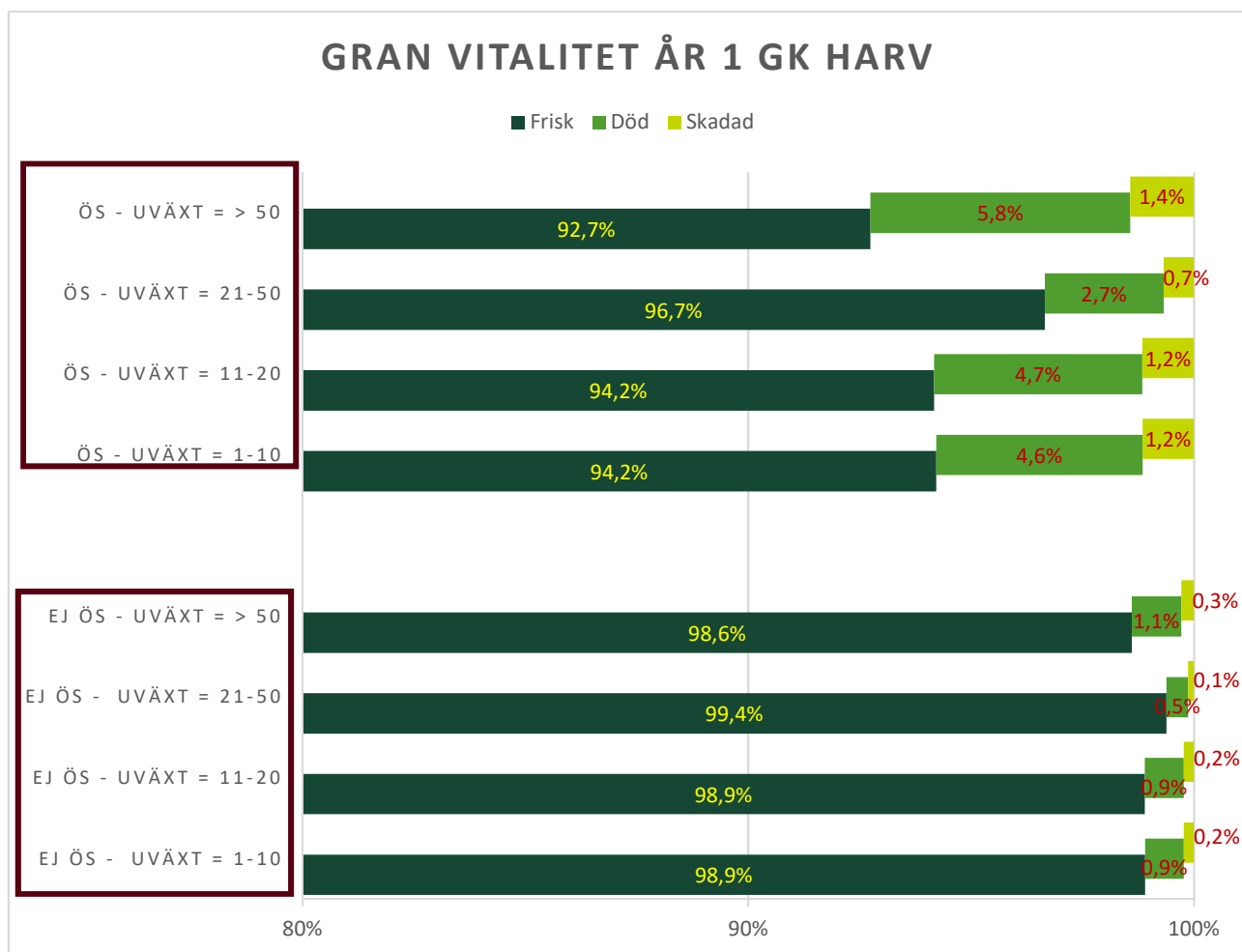
Variabel	Estimat	Std. fel	z-värde	p-värde	Signifikans
hjd_dif_plantvsövrig	-0.0230	0.0014	-15.85	< 0.001	***
TimePeriod	0.0070	0.0354	0.20	0.8431	
Markberedningsmetod: Högläggning	-0.5885	0.2635	-2.23	0.0255	*
Övrigt_antal2 (linjär)	0.0060	0.1850	0.03	0.9739	

Variabel	Estimat	Std. fel	z-värde	p-värde	Signifikans
Övrigt_antal2 (kvadratisk)	-0.5746	0.1106	-5.19	< 0.001	***
Övrigt_antal2 (kubisk)	0.2435	0.0814	2.99	0.0028	**
Kval_plantpunk: Användbar	0.7129	0.1881	3.79	< 0.001	***
Kval_plantpunk: Ej godkänd	0.6679	0.2022	3.30	0.0010	***
Vegtyp: Blåbärstyp	-0.7568	0.3237	-2.34	0.0194	*
Vegtyp: Smalbladig grästyp	-1.2240	0.5601	-2.19	0.0289	*
Vegtyp: Ej fältskikt	0.5467	0.9050	0.60	0.5458	
Fuktighet: Fuktig	-0.1177	0.3907	-0.30	0.7632	

Tabell 7 Resultat från ANOVA-analys typ 2 för clmm-modellen för gran.

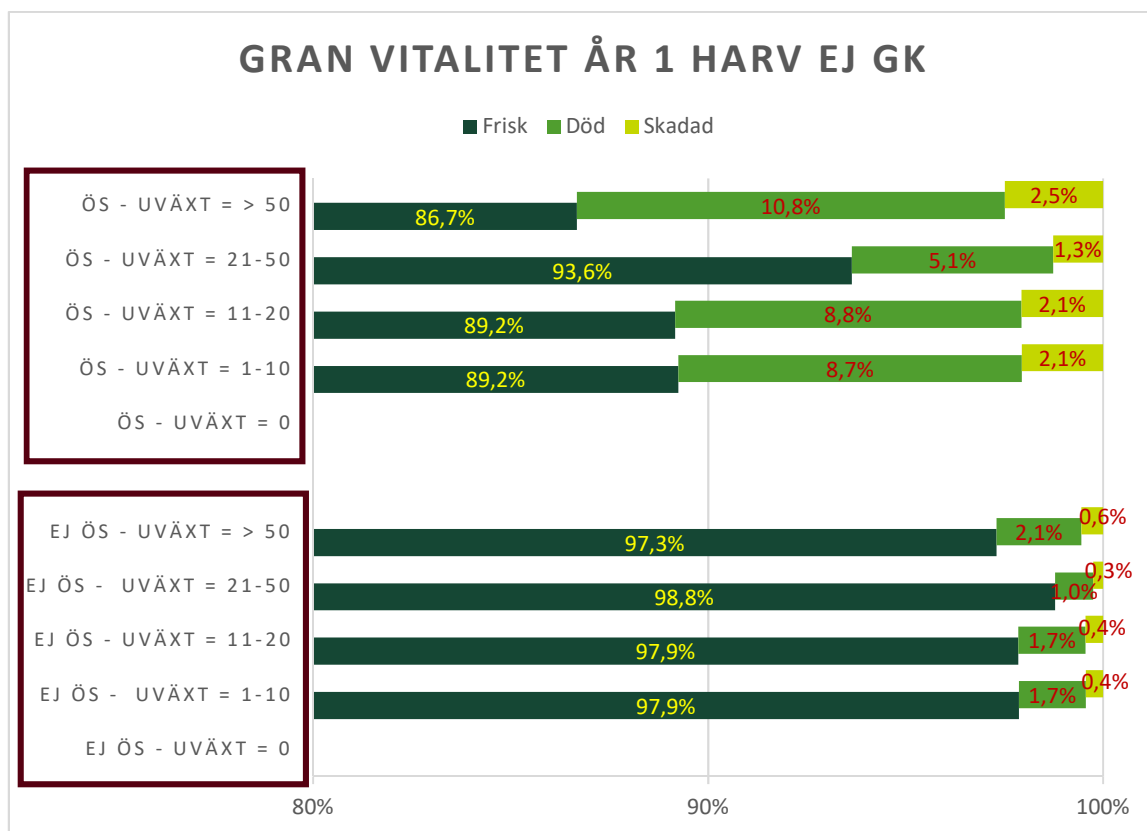
Variabel	Df	Chi²	p-värde	Signifikans
hjd_dif_plantvsövrig	1	251.09	< 0.001	***
Markberedningsmetod	1	4.99	0.0255	*
Övrigt_antal2	3	60.92	< 0.001	***
Kval_plantpunk	2	22.43	< 0.001	***
Vegtyp	3	10.17	0.0172	*

Figur 5 visar den predikterade sannolikheten att vara frisk vid harvning när plantan sitter i en godkänd planteringspunkt.



Figur 5 Den sannolika vitaliteten i procent hos granplantor vid godkända planteringspunkter och harvning som markberedning år 1. Vitalitetsklasserna är frisk, död och skadad. Den konkurrerande vegetationens klasser återfinns på vänstra y-axeln. Överskärmande konkurrerande vegetation betecknas som "ÖS-UVÄXT" och betyder att den konkurrerande vegetationen är 50 cm högre än plantan. Ej överskärmande konkurrerande vegetation betecknas "Ej ÖS-UVÄXT" och betyder att den konkurrerande vegetationen är 25 cm lägre än plantan. De värden som återfinns bredvid beteckningarna anger antalet konkurrerande vegetation per provyta Observera att x-axeln börjar på 80%.

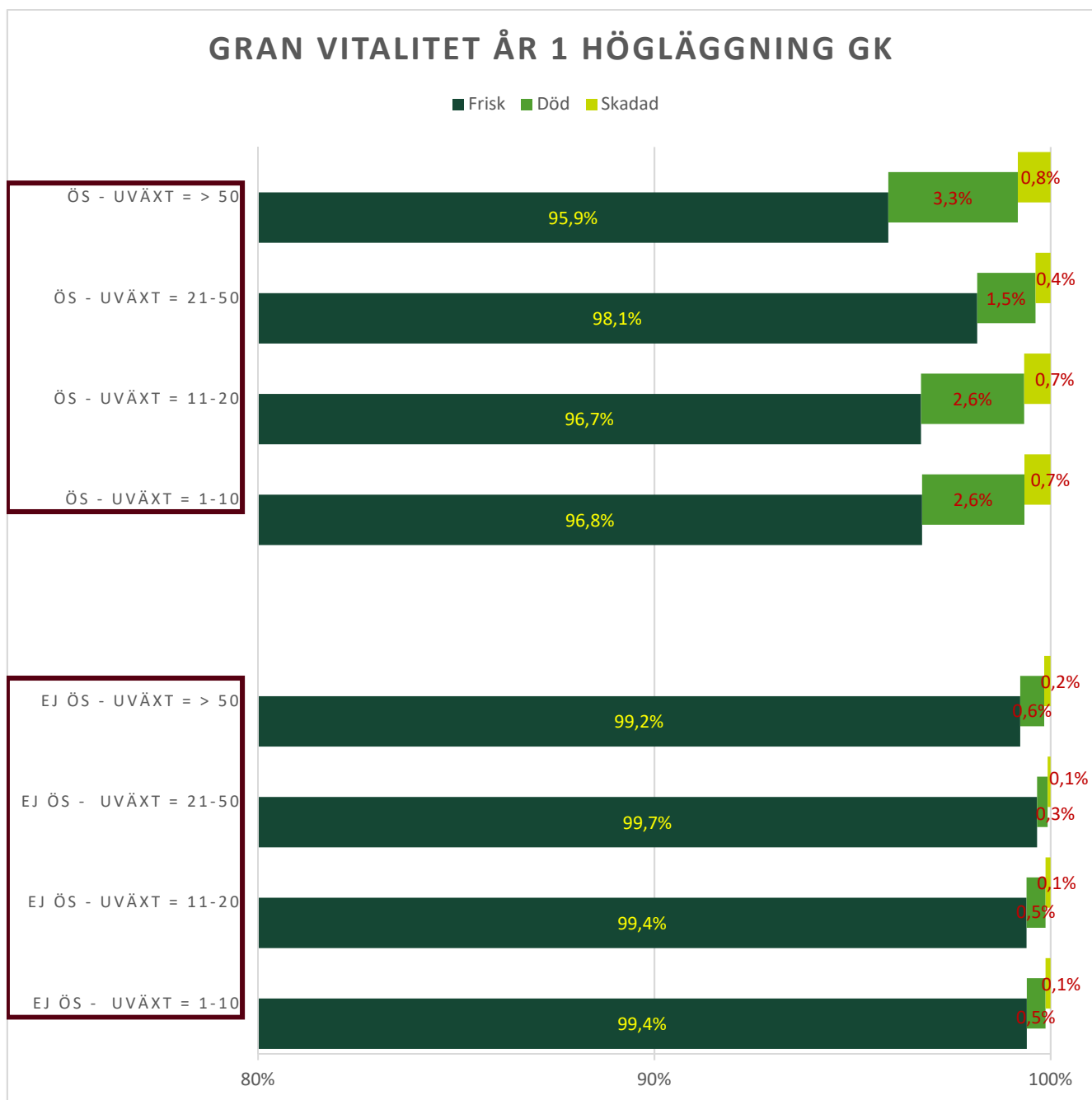
Figur 6 visar den predikterade sannolikheten att vara frisk vid harvning när plantan sitter i en ej godkänd planteringspunkt.



Figur 6 Den sannolika vitaliteten i procent hos granplantor vid icke godkända planteringspunkter och harvning som markberedning år 1.

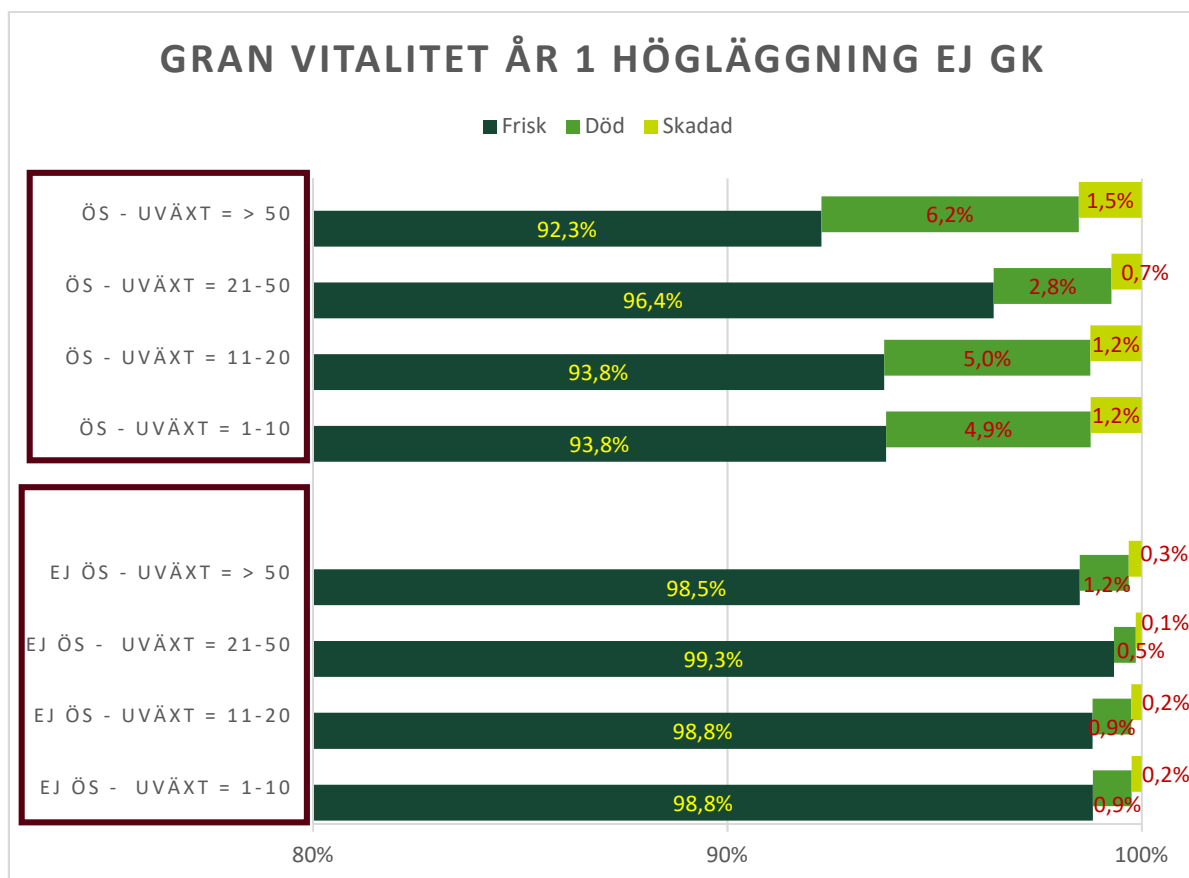
Ett liknande mönster som observerades för tallen syns även här för granen i figur 5 och 6. Granplantor som ej överskärmas påverkas mycket lite utav antalet konkurrerande stammar och först vid fler än 5000 konkurrerande st/ha påverkas granen negativt. De plantor som överskärmas har en lägre predikterad sannolikhet att vara friska oavsett antal konkurrerande stammar jämfört om de ej var överskärmade. Resultaten indikerar även att granen är känsligare för flera konkurrerande stammar vid ett lägre antal om den samtidigt är överskärmad än om den ej är överskärmad.

Figur 7 visar den predikterade sannolikheten att vara frisk vid högläggning när plantan sitter i en godkänd planteringspunkt.



Figur 7 Den sannolika vitaliteten i procent hos granplantor vid godkända planteringspunkter och högläggning som markberedning.

Figur 8 visar den predikterade sannolikheten att vara frisk vid högläggning när plantan sitter i en ej godkänd planteringspunkt.



Figur 8 Den sannolika vitaliteten i procent hos granplantor vid icke godkända planteringspunkter och högläggning som markberedning år 1.

Högläggning visar ett bättre resultat än harvning för gran, särskilt vid ej godkända planteringspunkter.

Vid 5 år efter plantering visar resultaten samma mönster som vid år 1 med skillnaden att den predikterade vitaliteten är något lägre för att vara frisk i alla scenarier.

De mest och minst gynnsamma scenarierna för granens vitalitet presenteras nedan i tabell 8. Granens mest gynnsamma förhållanden är kopplade till en täthet av konkurrerande vegetation på 2100-5000 st/ha.

Tabell 8 Sammanfattning av de mest gynnsamma respektive minst gynnsamma scenarier för granens predikterade vitalitet år 1

Bäst/Sä mst resultat	Markberednings metod	Konkurrer ande st/ha	Överskär ning	Kvalitet på planteringsp unkt	Sannoli khet att vara frisk
Bäst	Harvning	2100-5000	Nej	Godkänd	99,4%

Sämst	Harvning	>5000	Ja	Ej godkänd	86,7%
Bäst	Högläggning	2100-5000	Nej	Godkänd	99,7%
Sämst	Högläggning	>5000	Ja	Ej godkänd	92,3%

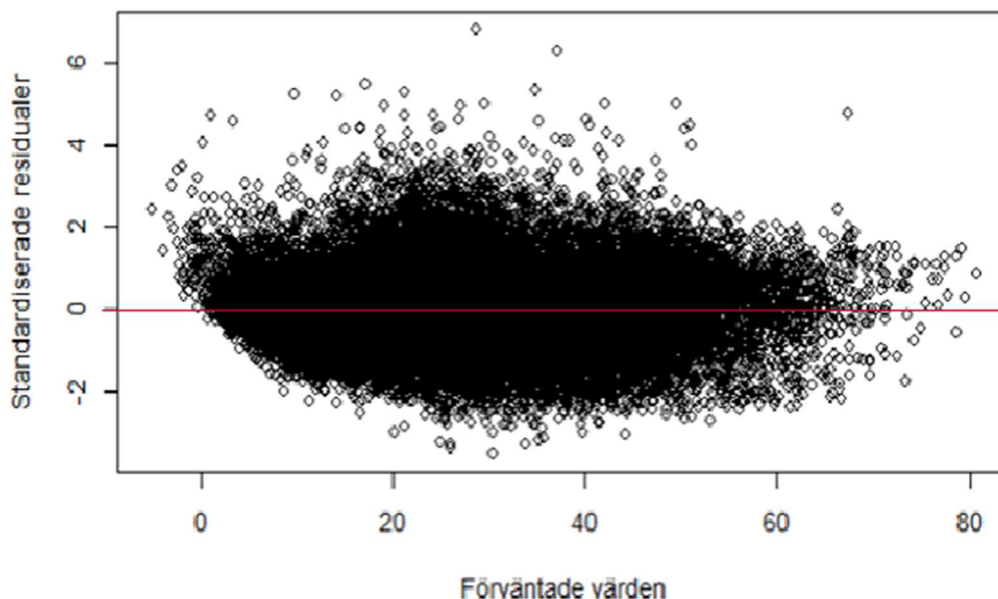
4.2 Tillväxt

LME-modellerna som tillämpades för både tall och gran visade små tecken på heteroskedasticitet vid analys av standardiserad residual diagram för respektive modell. Däremot kunde inga tydliga mönster tydas utifrån dessa.

4.2.1 Tall

Resultatet vid tillväxtanalysen för tall visade på att konkurrerande stammar (Övrigt_antal2), tid (TimePeriod), markberedningsmetod och plantvitalitet (vit_klass) hade en signifikant påverkan på plantans tillväxt. ANOVA tar dock inte hänsyn till slumpmässiga effekter då en traditionell anova förutsätter att alla observationer är oberoende. Detta förklarar varför markberedningsmetod är signifikant i ANOVA-resultatet men ej i modellresultatet. Av denna anledning exkluderas markberedningsmetod exkluderas i vidare analys.

Figur 9 visar standardiserade residualer för tillväxtmodellen för tall.



Figur 9 Residualdiagram för tillväxt-modellen för tall.

Tabell 9 visar resultatet från LME-modellen och tabell 10 visar utförd ANOVA-analys av LME modellen med tillhörande signifikanskoder.

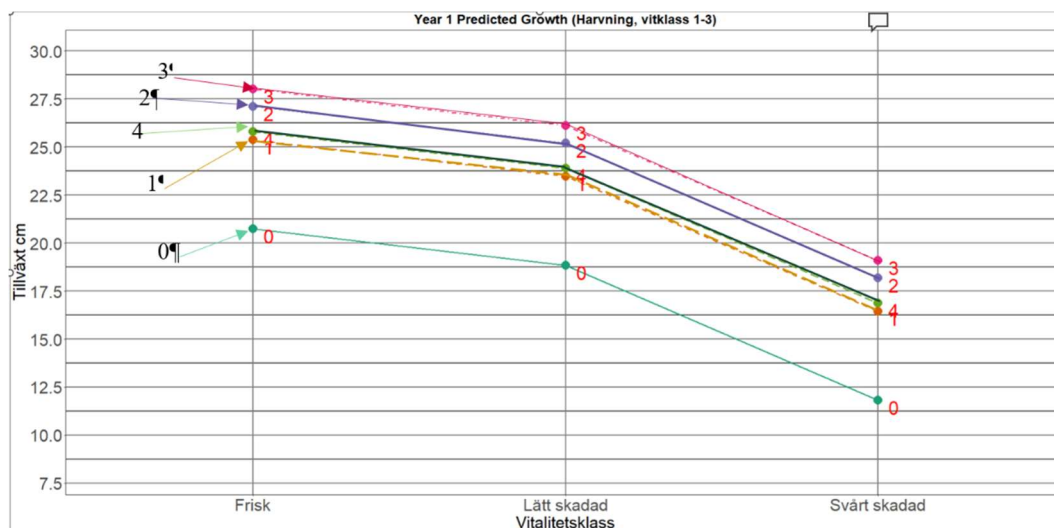
Tabell 9 Resultat från tallens tillväxtmodell och dess signifikanta variabler

Effekt	Värde	Standardfel	Df	t-värde	p-värde	Signifikans
(Intercept)	5.334	0.548	20303	9.733	<0.0001	***
Planthöjd	0.726	0.016	20303	45.272	<0.0001	***
TimePeriod	7.481	0.140	20303	53.544	<0.0001	***
Kval_plantpunk - Ej godkänd	-2.502	0.310	9496	-8.062	<0.0001	***
Övrigt_antal2.L	4.035	0.929	20303	4.343	<0.0001	***
Övrigt_antal2.Q	-3.873	0.752	20303	-5.153	<0.0001	***
vit_klass3	-4.126	1.371	20303	-3.009	0.0026	**
Planthöjd:TimePeriod	-0.137	0.005	20303	-26.950	<0.0001	***
Planthöjd:vit_klass2	-0.096	0.020	20303	-4.802	<0.0001	***
Planthöjd:vit_klass3	-0.233	0.085	20303	-2.733	0.0063	**

Tabell 10 ANOVA LME tillväxtmodell tall

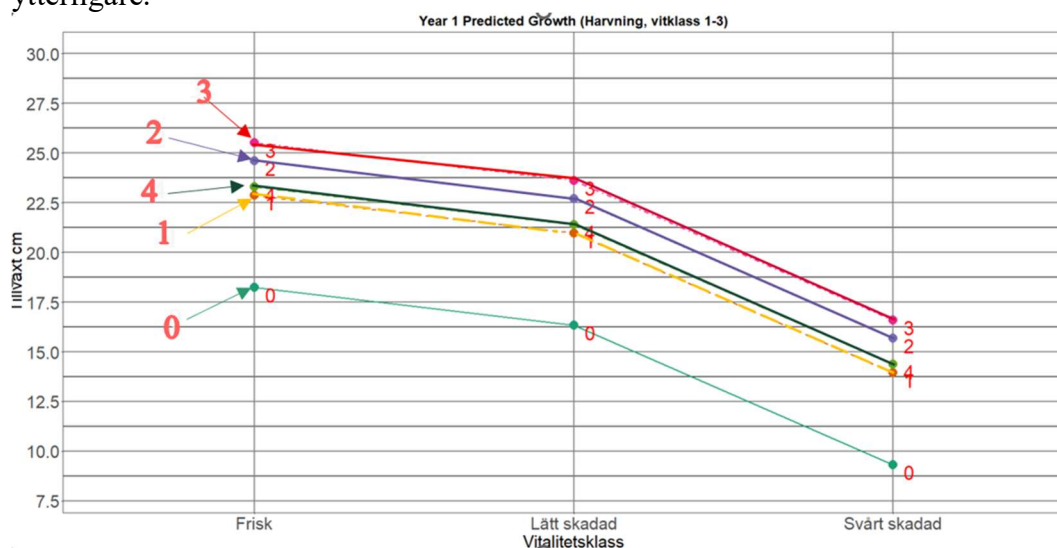
Effekt	numDF	denDF	F-värde	p-värde	Signifikans
(Intercept)	1	20303	9408.75	<0.0001	***
Planthöjd	1	20303	25924.17	<0.0001	***
TimePeriod	1	20303	3513.87	<0.0001	***
Kval_plantpunk	2	9496	40.05	<0.0001	***
Vegtyp	5	77	4.76	0.0008	***
Markberedningsmetod	1	576	8.18	0.0044	**
Övrigt_antal2	4	20303	197.09	<0.0001	***
hjd_dif_plantvsövrig	1	20303	5.53	0.0187	*
vit_klass	2	20303	64.14	<0.0001	***
Planthöjd:TimePeriod	1	20303	712.17	<0.0001	***
Planthöjd:vit_klass	2	20303	14.89	<0.0001	***

Figur 10 visar att tillväxten för tall i godkända planteringspunkter har ett positivt samband med konkurrerande vegetation upp till 5000 konkurrerande st/ha. Dock påverkas tillväxten negativt av konkurrerande vegetation som överstiger 5000 st/ha. Sämst tillväxt observeras vid 0 konkurrerande stammar. Figur 10 visar även på sambandet mellan tillväxt och vitalitet där en skadad planta växer sämre än en frisk.



Figur 10 Tillväxt för tallplantor i en godkänd planteringspunkt med markberedningsmetod harvning. Figuren visar tillväxten på tallplantor i cm för år 1 på y-axeln. Vitalitetsklasserna frisk, lätt skadad och svårt skadad går att utläsa på x-axeln. Klasstillhörighet går att utläsa med hjälp av siffrorna och pilarna tillhörande respektive linje.

Figur 11 visar tillväxten för icke godkända planteringspunkter utförd med harv. Högst tillväxt har friska plantor i godkänd planteringspunkt. Tillväxten för frisk planta planterad i ej godkänd och lätt skadad planta planterad i godkänd motsvarar liknande tillväxthastighet. För svårt skadade plantor sjunker tillväxthastigheten ytterligare.



Figur 11 Tillväxt för tallplantor i en ej godkänd planteringspunkt med markberedningsmetod harvning. Figuren visar tillväxten på tallplantor i cm för år 1 på y-axeln. Vitalitetsklasserna frisk, lätt skadad och svårt skadad går att utläsa på x-axeln. Klasstillhörighet för antal konkurrerande stammar markeras ut med siffrorna 0-5 i de vågräta linjerna.

Resultaten i figur 10 och 11 visar att tillväxten är som högst för friska plantor för att sedan bli sämre för lätt skadade och allra sämst för svårt skadade. De godkända planteringspunkterna resulterar i en högre tillväxthastighet inom varje vitalitetsklass än vad de icke godkända planteringspunkterna gör. I samtliga scenarier påvisar plantor med övrigt stamantal 3, det vill säga 2100-5000 st/ha, den högsta tillväxten. Detta representeras av den rosa linjen märkt med siffran 3. Därefter är det plantan med övrigt stamantal 2 som har den högsta tillväxten för att sedan efterföljas av 4, 1 och lägst tillväxt återfinns vid övrigt stamantal 0.

Tabell 11 visar det mest och minst gynnsamma scenariot år 1 för friska tallplantor samt bästa scenariot för en lätt skadad tallplanta.

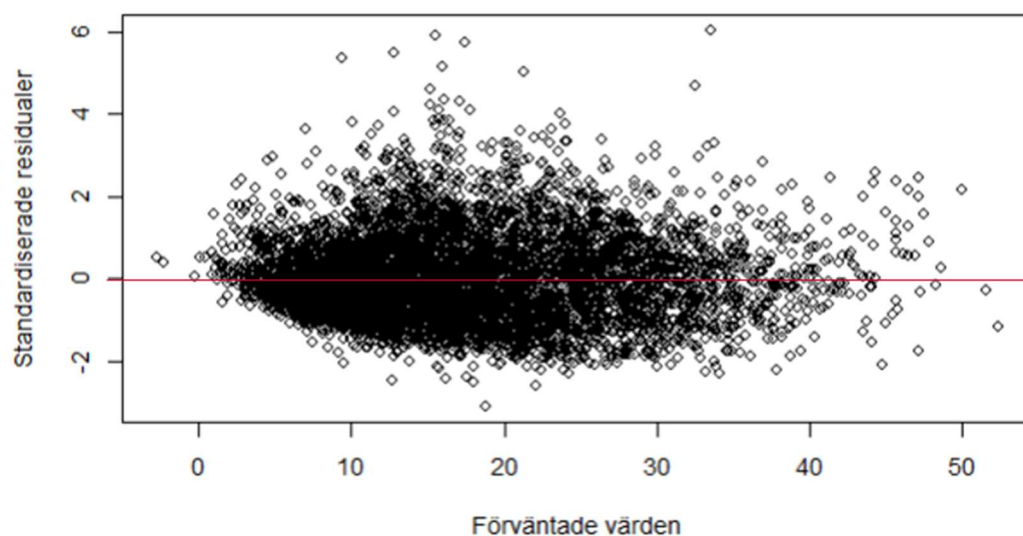
Tabell 11 Sammanfattning av mest gynnsamma respektive minst gynnsamma för tallens tillväxt

Godkänd markberedningspunkt	Konkurrerande st/ha	Vitalitet	Tillväxt/år (cm)
Godkänd	2100-5000	Frisk	28
Ej godkänd	>5000	Frisk	21,25
Godkänd	2100-5000	Skadad	23,25
Ej godkänd	>5000	Skadad	21,25

4.2.2 Gran

Resultatet vid tillväxtanalysen för gran visade på att endast plantans vitalitet, plantans höjd, kvaliteten på planteringspunkten och tiden hade en signifikant påverkan. Vegetationstyperna påvisar signifikanta skillnader inom gruppen för tillväxten men även som grupp påverkar vegetationstyp tillväxten.

Figur 12 visar på spridningen av standardiserade residualer för tillväxtmodellen för gran.



Figur 12 Residualdiagram för LME-modellen för gran.

Tabell 12 visar resultatet från LME-modellen och tabell 11 visar utförd ANOVA-analys av LME modellen.

Tabell 12 Modellresultat tillväxt Gran

Effekt	Estimate	Standardfel	Df	t-värde	p-värde	Signifikans
(Intercept)	8.160	1.435	4846	5.687	<0.0001	***
Planthöjd	0.351	0.029	4846	12.039	<0.0001	***
TimePeriod	3.087	0.276	4846	11.171	<0.0001	***
Kval_plantpunk - Ej godkänd	-1.022	0.445	2255	-2.300	0.0216	*
Vegtyp - Blåbärstyp	-4.202	1.291	28	-3.254	0.0030	**
vit_klass2	6.361	1.503	4846	4.232	<0.0001	***
Planthöjd:vit_klass2	-0.629	0.121	4846	-5.200	<0.0001	***

Tabell 13 ANOVA LME tillväxt gran

Effekt	numDF	denDF	F-värde	p-värde	Signifikans
(Intercept)	1	4846	708.72	<0.0001	***
Planthöjd	1	4846	2896.50	<0.0001	***
TimePeriod	1	4846	424.18	<0.0001	***
Kval_plantpunk	2	2255	4.06	0.0174	*
Vegtyp	3	28	4.27	0.0133	*
vit_klass	2	4846	7.29	0.0007	***

Effekt	numDF	denDF	F-värde	p-värde	Signifikans
Planthöjd:vit_klass	2	4846	13.88	<0.0001	***

Resultaten för gran visar att tillväxten är beroende av vitalitetsklasserna frisk och lätt skadad och om planteringspunkten är godkänd eller ej. För godkända planteringspunkter visar resultatet att tillväxten är strax under 19 cm/år för friska plantor oavsett markberedningstyp i år 1. För plantor planterade i icke godkända planteringspunkter är tillväxten något sämre i år 1 och strax under 18 cm/år. Lätt skadade plantor har en kraftigt sänkt tillväxt jämfört med friska. Samma mönster för godkända och ej godkända planteringspunkter ses även för lätt skadade plantor. Minskningen mellan godkänd och ej godkänd är i båda fallen ca 1 cm/år.

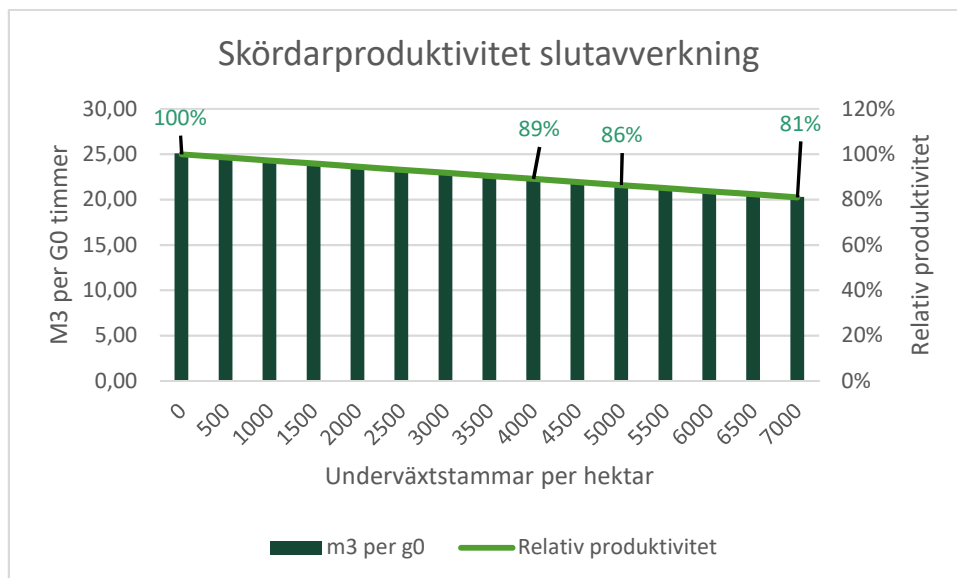
Tabell 14 visar skillnaden i tillväxt för en frisk och skadad granplanta år 1.

Tabell 14 Sammanfattning av mest gynnsamma respektive minst gynnsamma scenarier för granens tillväxt

Bäst/Sämst resultat	Kvalitet planteringspunkt	Vitalitet	Tillväxt/år (cm)
Bäst	Godkänd	Frisk	19
Sämst	Godkänd	Lätt skadad	11
Bäst	Ej godkänd	Frisk	18
Sämst	Ej godkänd	Lätt skadad	10

4.3 Skördarens produktivitet

Figur 13 visar resultatet från prognosverktyget. Skördaren har en negativ linjär trend för produktiviteten vid ett ökande antal underväxtstammar. Vid 4000 underväxtstammar/ha har produktiviteten för skördaren sjunkit med 11%. När underväxttätheten nått 5000 st/ha är produktiviteten hos skördaren 86% och vid 7000 sjunker den ytterligare till 81% vid medelstamvolym om 0,25 m³fub.



Figur 13 Skördarproduktivitet vid en förnygringsavverkning i m3 per G0-timme på vänster y-axel. Den relativa produktiviteten visas på högra y-axeln över ett ökande antal underväxtstammar på x-axeln.

5. Diskussion

5.1 Plantvitalitet och tillväxt

Plantor utan omkringliggande konkurrerande vegetation (0 konkurrerande st/ha) uppvisar i genomsnitt sämre vitalitet än plantor omgivna av upp till 5000 konkurrerande vegetation. Detta kan initialt framstå som motsägelsefullt, då en högre andel konkurrerande stammar generellt förknippas med en negativ påverkan på plantans vitalitet och tillväxt. Rimligtvis beror detta på att dessa plantor planterats i formellt godkända planteringspunkter men där det finns begränsningar, exempelvis markens bördighet. Resultatet blir en ogynnsam planteringspunkt vilken förklarar avsaknaden av annan vegetation i provytan. Ytterligare skulle detta kunna förklaras av kanteffekter. Närliggande bestånd med mogna träd utsätter annan vegetation för rotkonkurrens. Detta ger upphov till en lägre inväxning då mindre näring finns tillgänglig i marken vilket också innebär sämre förutsättningar för tallens tillväxt (Häggström et al., 2024).

Resultaten visar även att plantvitaliteten är högre i godkända än i ej godkända planteringspunkter, oavsett trädslag. En jämförelse med studien Sikström et al. (2020) gällande markberedningens påverkan på plantmortalitet, visar ett likartat mönster som för denna studie. För tall observerades en högre vitalitet vid harvning än för högläggning medan granen uppvisade en högre vitalitet för högläggning. Denna skillnad kan förklaras med att harvning dränerar marken i högre utsträckning än intermittenta metoder som högläggning (Skogsencyklopedin, 2000a). Tallen föredrar torrare marker än granen vilket skulle kunna förklara resultatet (Skogsencyklopedin, 2000b). Detta resulterar då i att när en planta placeras i en ej godkänd punkt är sannolikheten för döda eller skadade plantor högre (Holmström et al, 2019). Vikten av att markberedningen resulterar i tillräckligt många godkända markberedningspunkter är vital för att öka sannolikheten för friska plantor. Detta stöds även av Öhlund et al. (2024) som påvisar ett lägre antal levande plantor om markpåverkan understiger 25%. Mängden underväxt har dessutom ett direkt negativt samband med antalet godkända markberedningspunkter vilket Sundström (2021) uppvisar.

Antalet konkurrerande stammar och huruvida de överskärmar plantorna eller inte har även en direkt påverkan på vitaliteten hos plantorna. Tallen visade en betydligt högre mortalitet vid konkurrens än vad granen gjorde. Resultaten visar att tillväxten är högst för tallplantor vid en förekomst av 2100–5000 konkurrerande st/ha. Detta kan delvis förklaras av att en bördigare mark stödjer högre tillväxt hos plantan samtidigt som den kan bära fler stammar totalt (Albrektson et al., 2012). Vid fler än 5000 stammar/ha uppträder en tydligt

negativ tillväxttrend. Även här speglar tillväxtresultaten mönstret som kan ses i vitalitetsanalysen, nämligen att tallen påverkas negativt av både överskärning och hög konkurrens. Trots god tillväxt vid 2100–5000 stammar/ha är risken för skada högre för tall än vid 1100–2000 stammar/ha, vilket i förlängningen påverkar tillväxten negativt. Granen, som är bättre anpassad för konkurrenssituationer, har en högre sannolikhet att bibehålla både tillväxt och vitalitet under överskärmande konkurrerande stammar (Hallsby, 2013). Något som bekräftas i resultaten då granplantorna påverkades i lägre grad utav överskärmande konkurrerande stammar än tallen. För gran är tillväxten inte signifikant påverkad av vare sig överskärning eller antalet konkurrerande stammar under de tre första åren. Det enda tydliga sambandet är att en ökad risk för skada vid fler än 5000 konkurrerande stammar/ha vilket indirekt kan påverka tillväxten negativt.

5.2 Tidigare kunskap

För att bedöma när en underväxtröjning är motiverad att utföras krävs en sammanvägning av studiens resultat med tidigare forskning. Detta eftersom dataunderlaget delar upp den konkurrerande vegetationen i grova klasser vilket medför svårigheter i att dra en exakt gräns för när en underväxtröjning är optimal att utföras utifrån det trädphysiologiska perspektivet. Ett exempel på detta är klass 3 för konkurrerande stammar. Klass 3 är ett stort intervall som inkluderar 2100–5000 st/ha. Ytterligare ett hinder för att kunna dra denna koppling direkt till underväxtröjning är att dataunderlaget saknar information om hur det såg ut innan en föryngringsavverkning utfördes på de analyserade trakterna. Därmed går det inte att dra några slutsatser kring att utföra en underväxtröjning eller ej enbart utifrån den statistiska analysen.

Tidigare forskning visar att andelen godkända planteringspunkter minskar i takt med ett ökande stamantal av konkurrerande vegetation oavsett stammarnas storlek, vid användning av högläggning. Vid harvning krävs det dock att vegetationen är grövre än 2 cm i diameter vid stubbskåret för att andelen godkända punkter ska påverkas negativt (Sundström, 2021). Detta innebär att beslutet om en underväxtröjning bör utföras eller ej även delvis motiveras utav vald markberedningsmetod.

Analysen av skördarproduktivitet i kombination med tidigare nuvärdesanalyser antyder att en underväxtröjning kan vara ekonomiskt motiverad vid höga nivåer av underväxt. Nuvärdesanalysen i Sundströms (2021) studie indikerar att en underväxtröjning ger ett högre nuvärde om den utförs först när underväxstammarna överstiger 4000 st/ha oavsett markberedningsmetod för tall. SCA:s Prognosverktyg visar samtidigt på en produktivitetsminskning på 11% vid detta stamantal i antal m³fub per G0-timme. Wiklunds (2019) ekonomiska

analyser indikerade att det blir ekonomiskt försvarbart att underväxtröja först när skördaren får en produktivitetssänkning på 20%. En produktivitetssänkning på 20% resulterar då i att underväxtstammar kommer vara minst 7000 st/ha för att motivera en underväxtröjning ekonomiskt.

En potentiell begränsning i studien är användningen av prognosverktyget från 2006. Skogsmaskiner har sedan 2006 genomgått en teknologisk utveckling (Skogforsk, 2017) vilket betyder att resultaten detta verktyg ger inte nödvändigtvis speglar dagens faktiska produktivetsnivå. Förutsättningen för studien var dock att verktyget är tillräckligt tillförlitligt, främst på grund av bristen på andra simuleringsverktyg för skördarproduktivitet. Ytterligare en anledning till att verktyget användes var den upplevda bristen på litteratur som beskriver hur produktiviteten för en skördare förändras beroende på mängden underväxt vid en förnyingsavverkning.

Däremot är det inte nödvändigtvis endast den ekonomiska aspekten som spelar roll, inte heller den plantfysiologiska. Andra aktörer inom skogsnäringen har olika synsätt på varför och vid vilket stamantal en underväxtröjning bör utföras däribland är arbetsmiljön för skördarföraren en viktig aspekt (Forsberg & Lodén, 2020). Hänsyn till denna aspekt skulle kunna resultera i att en underväxtröjning utförs vid lägre stamantal än vad som normalt anses vara ekonomiskt motiverat. Något som talar för att inte utföra en underväxtröjning är att hänsyn måste tas för biologiska värden. Underväxten spelar en viktig roll ur den biologiska aspekten då den bildar ett skydd för djur men även för att förhindra uttorkning av känsliga miljöer (Bengtsson et al., 2024). Dock kan underväxtröjning möjliggöra en god naturhänsyn. Till exempel vid val av markberedningsmetod innebär en harvning en högre total markpåverkan (Bengtson, 2017), vilket inte alltid är önskvärt, särskilt inte på marker med höga naturvärden eller i samband med renbetesmarker där marklaven önskas bevaras. I sådana fall kan andra metoder vara mer lämpliga och en underväxtröjning lämplig trots att en annan metod utan underväxtröjning hade varit mer ekonomiskt fördelaktig.

6. Slutsats

Kvaliteten på planteringspunkten spelar en avgörande roll för både vitalitet och tillväxt, särskilt för tall men även för gran. En lyckad markberedning är således en förutsättning för god föryngring. Hindrande underväxt har en direkt påverkan på föryngringsarbetet, framför allt när högläggning implementeras på tallmarker. För tall indikerar resultaten på att en underväxtröjning är motiverad när stamantalet av konkurrerande vegetation överskrider 4000st/ha. Detta stöds utav vitalitets- och tillväxtanalysen, prognosverktyget och tidigare forskning. För gran kunde ingen tydlig gräns för stamantal av konkurrerande vegetation motiveras med hjälp utav resultaten från vitalitets- och tillväxtanalysen. Det kan dock vara motiverat att utföra en underväxtröjning vid 5000st/ha sett till en ökad möjlighet för en lyckad markberedning samt produktivitetssänkning för skördaren och skördarförarens arbetsmiljö.

Det kan konstateras att konkurrerande vegetation har en påverkan på plantornas vitalitet, tallplantors tillväxt och skördarens produktivitet. Trots detta kan ingen exakt gräns för när en underväxtröjning ska utföras dras då det är många andra faktorer som spelar in utöver den konkurrerande vegetationen. Beslutsfattare behöver även väga in andra faktorer såsom biologiska värden vilket ytterligare komplicerar skapandet av en brytpunkt.

För att i framtiden kunna skapa mer exakta gränsvärden skulle mer forskning krävas. Studier om hur skördares produktivitet påverkas utav underväxtens stamantal, höjd och art vid en slutavverkning. Dessutom behövs mer högupplöst data för underväxtens stamantal samt att trakter som har underväxtröjts följs upp specifikt för att möjliggöra en direkt jämförelse mellan trakter som underväxtröjts eller inte.

Referenser

- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). *Skogsskötselns grunder och samband*. Skogsstyrelsen, Jönköping.
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-1-skogsskotselns-grunder-och-samband.pdf> [2025-06-08]
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). *Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4*. Journal of Statistical Software. 67(1), pp.1–48. <https://cran.r-project.org/package=lme4> [2025-06-07]
- Bengtsson, A. (2017). *Skonsam markberedning för virkesproduktion och andra ekosystemtjänster*. Sveriges lantbruksuniversitet. Jägmästarprogrammet.
https://stud.epsilon.slu.se/10250/7/bengtsson_a_170626.pdf
- Bengtsson, J., Lundh, G., Andersson, E., Andersson, M. & Forsberg O. (2024). *Miljöhänsyn vid skogliga åtgärder*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/aga-skog/miljohansyn/miljohansyn-vid-skogliga-atgarder-flipbok.pdf> [2025-06-06]
- Berglund, M., Öhlund, J., Fahlvik, N., Johansson, F., Ahlinder, J., Renman, C., Krook, M. & Vestlund M. (2024). *Årsrapport Föryngringskollen Resultat 2023*. (Arbetsrapport 1198-2024). Skogforsk
https://www.skogforsk.se/cd_20240313082105/contentassets/17c6b25fde2745b697472bae33e90dd2/resultat-foryngringskollen-2023.pdf [2025-05-12]
- Christensen, R.H.B. (2019). *ordinal : Regression Models for Ordinal Data*. R package version 2019.12-10. <https://cran.r-project.org/package=ordinal> [2025-06-07]
- Forsberg, M. & Lodén, H. (2020). *Förröjning i Sverige - en granskning av skogsföretagens strategier för underväxtröjning inför förstagallring*. Sveriges lantbruksuniversitet. Jägmästarprogrammet.
https://stud.epsilon.slu.se/15935/7/forsberg_m_loden_h_200824.pdf
- Hallsby, G. (2013). *Plantering av barrträd*. (Skogsskötselserien nr 3). Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-3-plantering-av-barrtrad.pdf> [2025-06-08]
- Holm, S.-O. (2015). A Management Strategy for Multiple Ecosystem Services in Boreal Forests. *Journal of Sustainable Forestry*. 34 (4), ss. 358–379 Taylor & Francis
- Holmström, E., Gålnander, H. & Petersson, M. (2019). Within-Site Variation in Seedling Survival in Norway Spruce Plantations. *Forests*. 10(2), artikel nr 181.
<https://doi.org/10.3390/f10020181>
- Hynynen, J., Repola, J. & Mielikäinen, K. (2011). The effects of species mixture on the growth and yield of mid-rotation mixed stands of Scots pine and silver birch. *Forest Ecology and Management*. 262 (7), 1174–1183.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.06.006>

- Häggström, B., Gundale, M. J. & Nordin, A. (2023). Environmental controls on seedling establishment in a boreal forest: implications for Scots pine regeneration in continuous cover forestry. *European Journal of Forest Research*. 143(1), pp. 95–106. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01609-1>
- Johansson, L. (2021). *Röjning*. SCA Skog AB. [Internt material]
- Johansson, T. & Lundh, J.-E. (2009). *Upprepad röjning av stubbskott – en metod för minskning av skottmängden*. SLU. https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog09/faktaskog_05_2009.pdf [2025-05-28]
- Jonsson, A. (2024). *Long-term effects of forest regeneration success on volume production, economics and stand structure*. Diss. Sveriges Lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/35367/1/jonsson-a-20241014.pdf>
- Kärhä, K. (2006). Profitability of pre-clearance in first-thinning Scots pine stands. *Scandinavian Forest Economics: Proceedings of the Biennial Meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics*. 2006 (41), 137 – 146. [10.22004/ag.econ.198548](https://doi.org/10.22004/ag.econ.198548) [2025-06-04]
- Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G. & Fries, C. (2014). *Slutavverkning*. (Skogsskötselserien nr 20). Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-20-slutavverkning.pdf> [2025-05-09]
- Nilsson, O. (2020). *Establishment and growth of Scots pine and Norway spruce - A comparison between species*. Diss. Sveriges Lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/18698/1/Oscar%20Nilsson.pdf>
- Petterson, F. (2004). *Röjning- produktionsmässiga skötselmässiga och ekonomiska effekter. I: Ökad produktion i familjeskogsbruket – analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder*. (574). Skogforsk. <https://www.skogforsk.se/contentassets/dc267ec8c9cc437a9344c705fb29aae4/arbetastrapport-574-2004.pdf>
- SCA. (2006). *Prestationsprognos – bortsättning*. Sundsvall: SCA. [Internt material]
- SCA. (u.å.). *Forskning och utveckling i världsklass*. <https://www.sca.com/sv/skog/scas-skogar/ansvarsfullt-skogsbruk/vara-plantskolor/forskning-och-utveckling-i-varldsklass/> [2025-05-23]
- SCA Skog och Skötsel. (2025). *Så här ska du plantera*. SCA. [Internt material]
- SCA Skog och Skötsel. (2022). *Så här ska du röja*. SCA. <https://www.sca.com/siteassets/skog/skogliga-tjanster/roja/instruktion---sa-har-ska-du-roja---anpassad-efter-skogsbruk-certifierat-enligt-fsc-och-pefc.pdf> [2025-05-23]
- 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), artikel nr 10172. <https://doi.org/10.14214/sf.10172> [2025-06-08]
- Skogensencyklopedin. (2000a). *Markberedning*. Skogen.se. <https://www.skogen.se/glossary/markberedning/> [2025-06-08]

- Skogsencyklopedin. (2000b). *Tall (Pinus sylvestris)*. Skogen.se.
<https://www.skogen.se/glossary/tall/> [2025-06-08]
- Skogsindustrierna. (2022). *Skogsnäringens betydelse för välfärden*. Skogindustrierna.
<https://www.skogsindustrierna.se/siteassets/bilder-och-dokument/rapporter/valfard/skogsnaringens-betydelse-for-valfarden-aug-2022.pdf>
 [2025-05-17]
- Skogforsk. (2017). Produktiviteten vid drivning 2008-2016.
<https://www.skogforsk.se/kunskapsbanken/kunskapsartiklar/2017/produktiviteten-vid-drivning-2008---2016/#:~:text=Fr%C3%A5n%20forskning%20till%20till%C3%A4mpning,talet%20indikerade%20att%20utvecklingen%20avstannat.> [2025-05-17]
- Skogskunskap. (2024). *Gran (Picea abies)*. <https://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/foryngra/valj-tradslag-i-barrskogen/gran-picea-abies/#:~:text=Passande%20marker,av%20Sk%C3%A5ne%20och%20s%C3%B6dra%20Blekinge> [2025-05-12]
- Skogskunskap (u.å.). *Ordlista*. <https://www.skogskunskap.se/ordlista/u/undervaxt/> [2025-05-12]
- Skogsstyrelsen. (u.å.). *Avverkningsstatistik*.
<https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/avverkning/avverkning/> [2025-05-12]
- Roberge, C., Dahlgren, J., Nilsson, P., Wikberg, P.-E. & Fridman, J. (2024). *Skogsdata 2024*. SLU Institutionen för skoglig resurshushållning.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2024_web.pdf [2025-05-23]
- Sundström, J. (2021). *Påverkan av beståndsförnygringen på markberedningsresultatet vid högläggning och harvning i Norrbotten*. Sveriges lantbruksuniversitet. Jägmästarprogrammet. https://stud.epsilon.slu.se/16617/1/sundstrom_j_210426.pdf
- Söderström, M. (2024). *Beslutsunderlag för inventeringstidpunkt av röjningsbehov*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Jägmästarprogrammet. [Opublicerat manuskript]
- Valkonen, S. & Ruuska, J. (2003). Effect of *Betula pendula* Admixture on Tree Growth and Branch Diameter in young *Pinus sylvestris* Stands in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18 (5), 416–426.
<https://doi.org/10.1080/02827581.2003.9610645>
- Vetenskapsrådet. (2024). *God forskningssed 2024*. (VR2405). Vetenskapsrådet.
- Wiklund, H. (2019). Effekten av underväxtröjning och gallringsintensitet på skördarens effektivitet i förstagallring. Sveriges Lantbruksuniversitet. Jägmästarprogrammet.
https://stud.epsilon.slu.se/14993/12/wiklund_h_191023.pdf
- Öhlund, J., Berglund, M., Fahlvik, N., Johansson, F., Sörensen, R. & Nilsson, O. (2023). *Årsrapport Föryngringskollen Resultat 2022*. (Arbetsrapport 1144-2023). Skogforsk.
https://www.skogforsk.se/cd_20230203105258/contentassets/71987702bdeb4ea691f4d552ed4c9b37/arbetsrapport_1144-2023_arsrapport_-_2022_foryngringskollen.pdf [2025-05-08]

- Öhlund, J., Berglund, M., Johansson, F., Fahlvik, N., Ahlinder, J., Renman, C., Krook M. & Vestlund, M. (2025). *Årsrapport Föryngringskollen Resultat 2024*. (Arbetsrapport 1241-2025). Skogforsk.
<https://www.skogforsk.se/contentassets/3e05cee0f2f140b3a67af9c1148c013e/foryngringskollen-resultat-2024.pdf> [2025-05-12]
- Öhlund, J., Berglund, M., Wallgren, M., Sörensen, R. & Ahlinder, J. (2024). *Hur många planterade plantor försvinner?*. (Arbetsrapport 1196-2024). Skogforsk.
<https://www.skogforsk.se/contentassets/e7c8254e389e47ed819bf403a031ebe6/1196-2024-hur-manga-plantor-forsvinner.pdf> [2025-05-12]

Bilaga 1. Räknekalkyl för prestation och bortsättning för en skördare

A. GRUNDTABELL, prestation träd / G ₀ -h																													
1. M ³ fu/träd	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.18	.20	.22	.24	.26	.28	.30	Medelstam 0,25														
2. Slutavverkning	170	158	148	140	134	128	124	120	116	113	110	107	104	102															
1. M ³ fu/träd	.32	.34	.38	.42	.46	.50	.54	.58	.62	.66	.70	.74	.78	.82	Träd/timme 109														
2. Slutavverkning	100	97	94	90	87	84	81	79	76	74	72	70	68	67															
C. SUMMA KORREKTION				B. KORREKTIONER, avdrag i %										Procent															
8,00%				1. Terrängfaktorer										Sätt in ystyr.															
D. BERÄKNAD PRESTATION				Ytstruktur										och lutning i två siffror, t.ex 23 för ystyr. 2 och lutning 3															
				Lutning, klass																									
				<table> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> </table>											1	2	3	4											
				1	2	3	4																						
				Slutavverkning																									
<table> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>12</td> </tr> </table>										1	0	1	2	3	2	1	2	3	6	3	2	3	6	9	4	3	6	9	12
1	0	1	2	3																									
2	1	2	3	6																									
3	2	3	6	9																									
4	3	6	9	12																									
25,07 m ³ fu/G ₀ -h														22															
E. ACKORDSPRIS														2,00%															
Kalkylpris 1350 kr/G ₀ -h				Stamtäthet, uttag										Stamtäthet															
53,85 kr/m ³ fu				Träd/ha										800															
				Slutavverkning																									
														2,00%															
				3. Underväxt										U-växtstam.															
F. ÖVRIGA ERSÄTTNINGAR				Röjstam/ha																									
				Korr %																									
Beskrivning				4. Svåra träd										Svåra träd															
				Andel %																									
				Korr %																									
				5. Snöhinder										Snöhinder															
kr/m ³ fu				Klass										antal procent															
				Ej försvårande																									
G. TOTALT ACKORDSPRIS				Försvårande																									
				Mycket försvårande																									
53,85 kr/m ³ fu				Korr. %																									
ANTECKNINGAR				7. Maskintypskorrektion Stor EGS										☐ Stor EGS															
Underväxtrojning, break-even:				M ³ fu/träd																									
kr/ha				Korr %																									
(givet oförändrad medelstam)																													
				8. Sortering										Ant. sortiment															
				Antal sortgrupper										4															
				Slutavverkning										1,00%															
				9. Stråklängd										Stråklängd															
				Stråklängd i m										100															
				Korr %										2,00%															
				10. Avstånd till depå										Depåavstånd															
				Avstånd till depå i m										700															
				Korr %										1,00%															
				11. Övriga korigeringsfaktorer										Antal procent															

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbar på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

Alla författare till arbetet måste kryssa i sitt godkännande. Ta bort eller lägg till rader beroende på antalet författare. Ta bort den här texten när den inte längre behövs.

☒ JA, jag, Josefin Karlsson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Isak Wendel Hedegård har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

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