



Röjningsstrategiers effekt på stubbskottsutveckling och granmedelhöjd i blandbestånd av gran och björk

Max Lindhe och Jonathan Samuelsson

Kandidatarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Jägmästarprogrammet
Kandidatarbete | Skogsvetenskap • 2023:14
Umeå 2023



Röjningsstrategiers effekt på stubbskottsutveckling och granmedelhöjd i blandbestånd av gran och björk

Max Lindhe och Jonathan Samuelsson

Handledare: Mikolaj Lula, SLU, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap
Examinator: Marcus Klaus, SLU, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: G2E
Kurstitel: Självständigt kandidatarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX 0911 VT2023
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2023
Omslagsbild: Jonathan Samuelsson
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel: Kandidatarbeten i skogsvetenskap
Delnummer i serien: 2023:14

Nyckelord: röjningsstrategi, stubbskott, björk, gran

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Sammanfattning

Olika röjningsstrategier förväntas påverka stubbskottsbildning hos röstubbar av vårtbjörk (*Betula Pendula* Roth) och glasbjörk (*Betula Pubescens* Ehrh), men relativt få studier har gjorts på området, varför det finns utrymme för vidare forskning. Det huvudsakliga syftet med den här uppsatsen var att undersöka skillnaderna i stubbskottsutveckling till följd av olika röjningsstrategier. Detta gjordes genom ett fältförsök. Försöket utgjordes av ett randomiserat blockförsök på tre olika lokaler i södra Sverige, tre år efter röjningsbehandling. Det kontrollerades därtill om röjningsstrategi hade någon effekt på höjdtvecklingen hos huvudstammar av gran (*Picea abies* L.Karst). Resultatet visade att vårtbjörkens stubbskott var i genomsnitt 0,17 m lägre i skärröjning, jämfört med totalröjning, och att skillnaden var signifikant. Trender som inte uppvisade signifikanta samband observerades mellan röjningsstrategi och stubbskottshöjd, medelantal stubbskott per stubbe och granmedelhöjd. För att skapa en tydligare bild av de olika röjningsstrategiernas effekt på björkstubbsskott och granhuvudstammar föreslås att framtida studier har ett större dataunderlag, genomförs över en längre tid och att data rörande ståndortegenskaper inkluderas i beräkningarna.

Nyckelord: röjningsstrategi, stubbskott, björk, gran

Abstract

Different pre-commercial thinning (PCT) strategies are expected to affect the formation of stump sprouts from birch stumps of both silver birch (*Betula Pendula* Roth) and downy birch (*Betula Pubescens* Ehrh), but relatively few studies have looked into this, and therefore there is a need for a greater understanding. Thus, the main purpose of this paper was to investigate the differences in stump sprouts responses to the different PCT treatments. This was done through a field trial which used a randomized block design applied to three different test sites in southern Sweden, and the data was collected three years after the PCT strategies were performed. In addition to examining the effect of the PCT strategies on the height and number of the stump sprouts, the impact on the height development of the main stems of Norway spruce (*Picea abies* L.Karst) was analyzed. The results showed that the mean height of the silver birch stump sprouts was 0.17 m lower in the PCT-mix treatment than it was in the PCT-total treatment. This difference was statistically significant. Statically non-significant trends between PCT treatment and stump sprout height, mean number of stump sprouts per stump and mean spruce height were observed. To better be able to determine the effects of the PCT strategies on birch stump sprouts and spruce main stems, it is suggested that future studies would benefit from a larger dataset, longer time frame and that information regarding locality factors is included in the calculations.

Keywords: PCT strategies, stump sprouts, birch, Norway spruce

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning.....	9
1. Inledning	10
1.1 Röjning och röjningsstrategier	10
1.2 Stubbskott och stubbskottsutveckling.....	11
1.3 Röjningsstrategiers effekt på björkens stubbskottsutveckling	12
1.4 Huvudstammarnas utveckling.....	13
1.5 Syfte, avgränsningar och hypotes	13
1.5.1 Syfte.....	13
1.5.2 Avgränsningar.....	13
1.5.3 Hypotes.....	14
2. Materiel och Metod	15
2.1 Försöksdesign och datainsamling.....	15
2.2 Databehandling.....	17
2.3 Statistiska analyser	17
3. Resultat	19
3.1 Vårtbjörkens stubbskottshöjd.....	19
3.2 Glasbjörkens stubbskottshöjd	20
3.3 Stubbskott per stubbe	21
3.4 Granens medelhöjd.....	23
3.5 Datavärdering.....	24
4. Diskussion	25
4.1 Resultatdiskussion	25
4.1.1 Vårtbjörkens stubbskottshöjd	25
4.1.2 Glasbjörkens stubbskottshöjd.....	26
4.1.3 Antal stubbskott per stubbe hos vårtbjörk	26
4.1.4 Granens medelhöjd	27
4.2 Metoddiskussion	28
4.2.1 Försöksdesign	29
4.3 Slutsatser	30
Referenser.....	32

Tack till	34
Bilaga 1.....	35

Tabellförteckning

Tabell 1. Tabell över vilka indata som användes som målvariabel i modellen	18
Tabell 2. Resultat av ANOVA för vårtbjörkens stubbskottsmedelhöjd beroende på behandling och jämförelse av p-värde mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans.....	20
Tabell 3. Skillnader i vårtbjörkens stubbskottsmedelhöjd mellan röjningsstrategierna och jämförelse av tillhörande p-värden mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans.....	20
Tabell 4. Resultat av ANOVA för glasbjörkens stubbskottsmedelhöjd beroende på behandling och jämförelse av p-värde mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans.....	21
Tabell 5. Resultat av ANOVA för antal stubbskott per vårtbjörksstubbe beroende på behandling och jämförelse av p-värde mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans.....	22
Tabell 6. Resultat av ANOVA för granens medelhöjd beroende på behandling och jämförelse av p-värde mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans.....	23

Figurförteckning

Figur 1. Karta över södra Sverige där de tre försökslokalerna är markerade.....	15
Figur 2. Försöksytornas design för varje lokal (block), uppdelat efter behandling. Varje blå cirkel representerar en cirkelprovyta (1,78 m radie) från vilka data samlades in.	16
Figur 3. Vårtbjörkens stubbskottsmedelhöjd för varje lokal och behandling tre år efter utförd åtgärd.....	19
Figur 4. Glasbjörkens stubbskottsmedelhöjd för varje lokal och behandling tre år efter utförd åtgärd.....	21
Figur 5. Det genomsnittliga antalet stubbskott per stubbe uppdelat i lokal, behandling och art, där V=Vartorp, G=Göteborg och T=Tagel.....	22
Figur 6. Granmedelhöjd för varje lokal och behandling tre år efter utförd åtgärd.	23

1. Inledning

Trakthyggesbruket är det dominerande skötselsystemet i det svenska skogsbruket (Andersson 2013). En omloppstid i trakthyggesbruket brukar delas upp i fyra olika faser med tillhörande skötselåtgärder och de olika faserna är förnygringsfasen, ungskogsfasen, gallringsfasen och slutavverkningsfasen (Albrektson et al. 2012). I ungskogs- och förnygringsfasen är røjning en åtgärd som ofta utförs (Hallsby 2007). Vid røjning av vissa lövträd skjuter de kvarvarande stubbarna nya skott, så kallade stubbskott (Pettersson et al. 2012; Holmström et al. 2016).

Stubbskott är "bladbärande skott som utvecklas från färska stubbar av vissa lövträd." (Skogsencyklopedin 2000). Enligt Riksskogstaxeringen (2023) röjs årligen cirka 260 000 ha i Sverige och det vanligaste trädslaget i ungskogar är björk (*Betula pendula* Roth., *B. pubescens* Ehrh.) Lövträden och dess stubbskott betraktas på grund av deras konkurrens med planterade barrträdsplantor stundom som ett problem i skogsbruket (Andersson 1984) och i den røjning som sker i Sverige är det vanligt att björk röjs bort (Johansson 1984; Ara et al. 2022). Björk är ett av trädslagen som har förmågan att skjuta rikliga mängder stubbskott (Andersson & Björkdahl 1984).

I den fortsatta inledningen av denna uppsats förklaras begreppet røjning och några utvalda røjningsstrategier. Det rådande kunskapsläget gällande björkens stubbskott och stubbskottsbildning presenteras. Därefter resoneras kring möjliga effekter på stubbskottsbildning vid olika røjningsstrategier samt hur røjningsstrategi och stubbskott påverkar ett bestånds huvudstammar. Till sist preciseras studiens syfte och hypotes.

1.1 Røjning och røjningsstrategier

Røjning kan utföras kemiskt eller mekaniskt, där kemisk innebär besprutning av träd med gifter eller tillväxthormoner som dödar ett urval av träden och mekanisk betyder att stammarna på träd som utglesas kapas av (Pettersson et al. 2012; Ashton & Kelty 2018). Kemisk røjning används i mycket begränsad omfattning, främst på grund av strikt reglering, och motormanuell røjning med burens röjsåg är den dominerande røjningsmetoden i Sverige (Pettersson et al. 2012).

I Skogsstyrelsens publicering *Skogsskötselserien* kapitel 6, *Röjning* skriven av (Pettersson et al. 2012) definieras röjning som en beståndsvårdande, utglesande åtgärd där tillväxtresurser fördelas på ett mindre antal stammar och där de avkapade stammarna generellt inte tas till vara som gagnvirke. Åtgärden utförs som en del av trakthyggesbruket för ökad diametertillväxt, för att röja bort träd med icke eftertraktade egenskaper, samt för att skapa önskad träslagsblandning eller skiktning (Hallsby 2007).

Motormanuell röjning kan utföras enligt olika röjningsstrategier. En strategi klargör vilka kriterier som gäller vid urvalet av träd som ska sparas respektive röjas bort. Exempelvis kan urvalet grundas på kvalitetsegenskaper, art, höjd, placering och storlek (Pettersson et al. 2012). Några vanliga röjningsstrategier är punktröjning, totalröjning och skärröjning. Punktröjning innebär att alla konkurrerande träd inom en given radie runt huvudstammarna i en ungskog röjs bort, vid totalröjning sparas endast huvudstammarna och vid skärröjning sparas stammar av snabbväxande träd för att tillåtas växa upp och bilda en lågskärm över huvudstammarna (Hallsby 2007).

Punktröjning utförs ofta i omgångar för att undvika att konkurrensen mellan icke önskade träd och huvudstammar tilltar allt för fort och den största fördelen med punktröjning är dess, relativt totalröjningen, låga ekonomiska kostnader (Andersson 1984; Pettersson et al. 2012). Beroende på beståndets tillstånd, det vill säga hur konkurrensutsatta huvudstammarna är, kan totalröjning trots den höga kostnaden vara en lämplig strategi (Pettersson et al. 2012).

Vid skärröjning kan de ekologiska förutsättningarna nyttjas optimalt genom att primärträdslag i en lågskärm kombineras med ett underbestånd av en skuggföredragande art (Mård 1997). I Sverige är en möjlig och ofta använd variant av skärröjning med ovanstående trädslagsuppdelning att låta stammar av björk bilda lågskärm över huvudstammar av gran (*Picea Abies* L. Karst) (Mård 1997; Hallsby 2007).

1.2 Stubbskott och stubbskottsutveckling

Olika faktorerers inverkan på skottens storlek och antal har studerats länge i den skandinaviska skogsforskningen (Johansson 1984). Vid röjning av björk, samt somliga andra lövträd, skjuter det röjda trädet ett antal stubbskott, vilka skiljer sig i växtsätt från skott som växer upp från frö (Kauppi et al. 1988). Björkar vilka utvecklats från frö benämns hädanefter i uppsatsen som fröbjörkar. Stubbskotten utvecklas från adventiva knoppar som finns vid den nedersta delen av stubben (Andersson & Björkdahl 1984; Ashton & Kelty 2018). Vid en jämförelse av

tillväxten mellan stubbskott och fröbjörkar framgår att stubbskotten har en större höjdtillväxt i ett initialt utvecklingskede (Elfving & Nyström 1984; Kauppi et al. 1988; Johansson 1991).

Vidare så finns det skillnader mellan vårtbjörk och glasbjörk med avseende på hur dessa utvecklas från frö och hur de skjuter stubbskott, där glasbjörken generellt skjuter fler stubbskott per stubbe (Johansson 2008), fröbjörkar av glasbjörk etablerar sig bättre (Hytönen et al. 2014) och den har en högre överlevnadsgrad av röjda stubbar (Johansson 2008). Glasbjörkens stubbskott är dock klenare och växer långsammare, varför den ofta konkurreras ut av vårtbjörken när båda trädslagen är närvarande (Andersson & Björkdahl 1984; Johansson 2008).

Hur stubbskotten hos björk utvecklas beror på ett flertal faktorer, såsom trädslag, temperatur, ljusintensitet, röjningstidpunkt, stubbhöjd och stubbgrovlek, och dessa faktorer påverkar hur stor andel av stubbarna som skjuter skott, hur långa skott som skjuts, antal skott som skjuts och hur grova skott som skjuts (Elfving & Nyström 1984; Johansson 1987, 2008).

Johansson (1987) fann att temperatur och ljusintensitet inverkar på stubbskottsutvecklingen hos björk där det påvisades att andelen stubbar som skjuter stubbskott sjunker vid för låga temperaturer eller för svaga ljusintensiteter. I en annan studie av Johansson (1991) visas att ljusintensiteten har en positiv effekt på vårtbjörkens stubbskottshöjd, -grovlek och -vikt. Vidare så påverkas andelen stubbar som skjuter skott även av stubbhöjden, där högre stubbar har en högre frekvens av skottskjutning än lägre (Johansson & Lundh 2009). Elfving & Nyström (1984) konstaterade att grovleken på stubben påverkar stubbskottslängden, där en grövre stubbe ger längre skott. De fastslog i samma artikel att antalet skott per stubbe var som störst ett till två år efter beskärning.

1.3 Röjningsstrategiers effekt på björkens stubbskottsutveckling

Olika röjningsstrategier kan tänkas leda till varierande antal och höjd hos stubbskott. De tidigare beskrivna röjningsstrategierna skärm-, total- och punktröjning skulle, med tanke på variation av de ovan nämnda stubbskottspåverkande faktorerna, kunna påverka hur stubbskott utvecklas. Holmström et al. (2016) presenterar ingen signifikant skillnad i vare sig antal eller höjd på stubbskotten mellan olika röjningsstrategier där antingen endast gran, eller en blandning av gran och björk, röjts fram och jämförts. Det finns emellertid andra försök som visar på tydlig minskning av antalet stubbskott (Andersson & Björkdahl 1984) och dess medelhöjd (Andersson 1984) vid skärröjning, jämfört med

totalröjning, och detta ca 10 år efter röjningstillfället. En skillnad mellan dessa studier är att Andersson & Björkdahl (1984) talar om skärnröjning där björken är väsentligt högre än granen och i studien av Holmström et al. (2016) är granen och björken jämnhöga.

1.4 Huvudstammarnas utveckling

Andersson (1984) menar att lövslyets höjd och grundyta i röjningsbestånd tydligt påverkar barrhuvudstammars diameter, grundyta och höjd negativt. Holmström et al. (2016) påvisar att det finns en signifikant skillnad i granens tillväxt beroende på om stubbskott i ungskogen röjdes bort varje år eller om de tilläts växa upp, oberoende av röjningsstrategi. Granen fick i den studien i genomsnitt 21% sämre tillväxt omgiven av uppväxta stubbskott än utan. Skillnaden som låg till grund för den signifikanta effekten återfanns, efter post-hoc test, dock endast i en av tre behandlingar relativt kontrolllytorna. Röjning påverkar huvudstammars tillväxt positivt (Holmström et al. 2016; Ara et al. 2022) men någon skillnad i tillväxt hos granen beroende på röjningsstrategi, så länge det totala stamantalet understiger 3000 st/ha, hittades inte av (Holmström et al. 2016). Uotila & Saksa (2014) fann ingen signifikant effekt på granens medelhöjd av röjning.

1.5 Syfte, avgränsningar och hypotes

1.5.1 Syfte

Syftet med den här studien var att undersöka hur olika röjningsstrategier inverkar på stubbskottsutvecklingen hos björk, samt att utreda hur röjningsstrategierna påverkar gran i bestånd med en trädslagsblandning av gran och björk.

1.5.2 Avgränsningar

Undersökningen genomfördes genom statistisk analys av insamlade data från ett skogligt försök i södra Sverige. Det kontrollerades för om det fanns signifikanta samband mellan olika röjningsstrategier och stubbskottsmedelhöjd, genomsnittligt stubbskottsantal per stubbe samt granmedelhöjd. Röjningsstrategierna som undersöktes var totalröjning, punktröjning och skärnröjning. Strategierna jämfördes sinsemellan och mot kontrolllytor där ingen röjning utfördes.

1.5.3 Hypotes

Hypotesen rörande studiens resultat var att det skulle finnas effekt på stubbskottshöjd, granhöjd och antalet stubbskott per stubbe, beroende av röjningsstrategi. Specifikt för respektive röjningsstrategi förväntades att

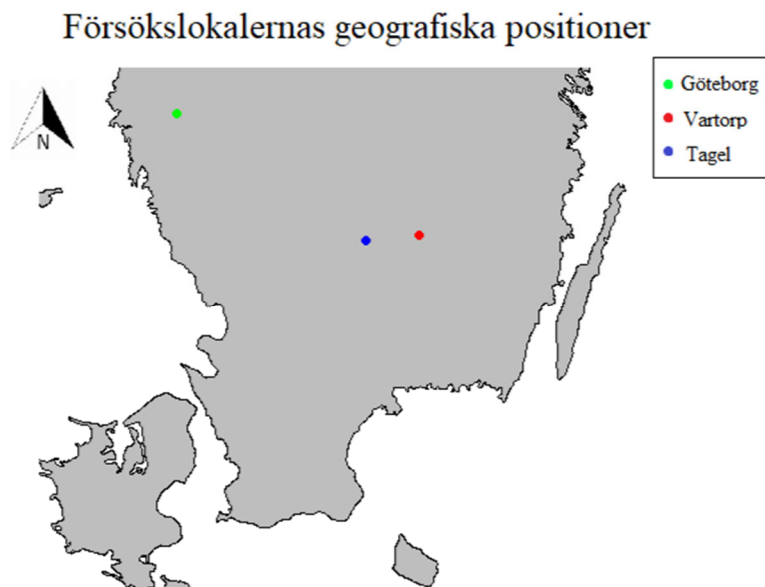
- totalröjningen skulle leda till högre stubbskottshöjd, högre granhöjd och ett högre medelantal stubbskott per stubbe jämfört med övriga strategier.
- punktröjning skulle leda till högre stubbskottshöjd, högre granhöjd och högre medelantal stubbskott per stubbe jämfört med skärröjning och kontroll.
- skärröjningen skulle följaktligen leda till lägst stubbskottshöjd, lägst granhöjd och lägst medelantal stubbskott per stubbe jämfört med övriga röjningsstrategier medan granhöjden skulle vara högre än i kontrollytorna.

2. Materiel och Metod

Alla data tillhandahålls av Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Den försöksplan som beskrev hur försöket skulle utföras har granskats och de för uppsatsen relevanta delarna återges under följande rubrik. Datasetet återfinns i bilaga 1.

2.1 Försöksdesign och datainsamling

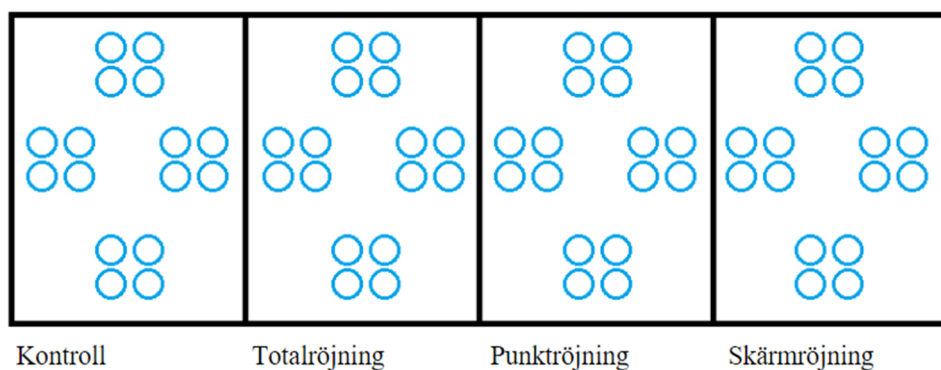
Data som låg till grund för analyserna i denna uppsats samlades in från ett försök utplacerat på tre lokaler i södra Sverige, i Vartorp, Tagel och Göteborg (Figur 1). Bestånden på varje lokal hade etablerats med plantering av gran, och björk hade naturligt förnygrats på platserna. Røjning utfördes 2013 och 2014 då genomsnittshöjden för gran i bestånden var mellan 1 och 2 m och något högre för björk. Björk var det vanligaste förkommande naturligt förnygrade trädslaget på platserna.



Figur 1. Karta över södra Sverige där de tre försökslokalerna är markerade.

Försöket hade slumpmässig blockdesign med ett block per lokal. I försöket ingick tre block, som benämndes efter lokalernas namn: Vartorp, Göteborg och Tagel. Blocken placerades med så låg variation av ståndortsegenskaper inom respektive block som möjligt. Varje block bestod av fyra behandlingsytor varav en kontrollyta och tre ytor som röjts med olika röjningsstrategier (figur 2). Arealen på varje behandlingsyta var mellan 0,5 och 0,8 ha. Röjningsstrategierna var totalröjning, punktröjning och skärröjning. I kontrollen vidtogs ingen åtgärd, vid totalröjning röjdes alla stammar som inte betraktades som huvudstammar av gran ned, vid punktröjning röjdes alla stammar inom en radie av 0,75 m från varje granhuvudstam och vid skärröjning lämnades ett större antal lövträd för att bilda en lågskärm över granarna. Björkarna som lämnades i skärröjningen bedömdes utvecklingsbara och i ungefär samma höjd som granarna. I ytorna med kontroll, totalröjning och punktröjning fanns ca 3000 granstammar per hektar vid inventering efter åtgärd och i skärröjning lämnades ca 2000 granar och ca 2900 björkar, varav ca 200 var glasbjörk.

Försöket inventerades före behandling och återinventerades ett halvår efter behandling, samt 3 år senare. Varje yta på de tre blocken inventerades med 16 fasta cirkelprovytor med en radie på 1,78 meter, vilket gav en provytearea på tio m². Cirkelprovytorna lades ut i kluster om fyra i ett systematiskt mönster, se figur 2. Det samlades in data om trädhöjder och stamantal per trädslag samt huruvida stammarna var stubbskott eller ej, i alla behandlingsytor. Trädhöjden inmättes i 0,5 m-klasser. Medelvärden för höjd och stubbskottsantal per hektar och trädslag sammanställdes för varje behandlingsyta.



Figur 2. Försöksytornas design för varje lokal (block), uppdelat efter behandling. Varje blå cirkel representerar en cirkelprovyta (1,78 m radie) från vilka data samlades in.

2.2 Databehandling

Först åskådliggjordes datasetet genom att skapa grafer över intressanta variabler vid olika lokaler och behandlingar. En värdering av datasetet gjordes och eventuella svagheter noterades. När data på själva stubbskotten beaktades fanns inga värden tillgängliga i kontrollen, eftersom ingen röjning skett där. För stubbskott kunde alltså endast tre behandlingar jämföras.

Genom att använda data för antal stammar före behandling och antal stammar efter behandling för vårt- och glasbjörk kunde antalet stubbar och därefter antalet stubbskott per stubbe beräknas. Detta gjordes enligt ekvation (1) för respektive björkträdsdrag.

$$\frac{n_{ss}}{(n_{fb1} - n_{fb2})} = \frac{n_{ss}}{st} \quad (1)$$

där n_{ss} är antalet stubbskott 3 år efter behandling,

n_{fb1} är antalet fröbjörkar före behandling,

n_{fb2} är antalet fröbjörkar efter behandling och

$\frac{n_{ss}}{st}$ är medelantalet skott per stubbe.

Det genomsnittliga antalet stubbskott per stubbe för respektive lokal och behandling tre år efter behandling beräknades och åskådliggjordes i ett diagram.

2.3 Statistiska analyser

Det givna datasetet analyserades genom variansanalys i programmet R (Rstudio Team 2022). Fyra olika analyser gjordes beroende på vilket samband som kontrollerades. Antalet stubbskott per stubbe och höjden på respektive trädsdrag ansågs alla vara beroende av lokal och det var behandlingens effekt som utreddes. Det antogs inte finnas någon interaktionseffekt mellan lokal och behandling. Samma modell användes för att undersöka om det existerade sambanden mellan behandling och de fyra olika målvariablerna. Modellen beskrivs i ekvation (2).

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + B_j + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

Där Y_{ijk} är modellens målvariabel, som antar ett värde för lokal i , behandling j och observation k ,

μ är det totala medelvärdet,

L_i är effekten av lokal i på Y_{ijk} ,

B_j är effekten av behandling j med avseende på Y_{ijk}

och ε_{ijk} är slumpterm.

$i \in I, j \in J$ där $I = \{\text{Vartorp, Göteborg, Tagel}\}$ är mängden lokaler och $J = \{\text{Kontroll, Totalröjning, Punktröjning, Skärmröjning}\}$ är mängden behandlingar.

Modellen testades med ANOVA. I de fyra olika testerna antog Y variabler beroende vilket test som gjordes, enligt tabell 1.

Tabell 1. Tabell över vilka indata som användes som målvariabel i modellen

Test nr	Målvariabel som Y antar i de fyra testerna
1	Stubbskottshöjd vårtbjörk
2	Stubbskottshöjd glasbjörk
3	Stubbskott per stubbe, vårtbjörk
4	Granens höjd

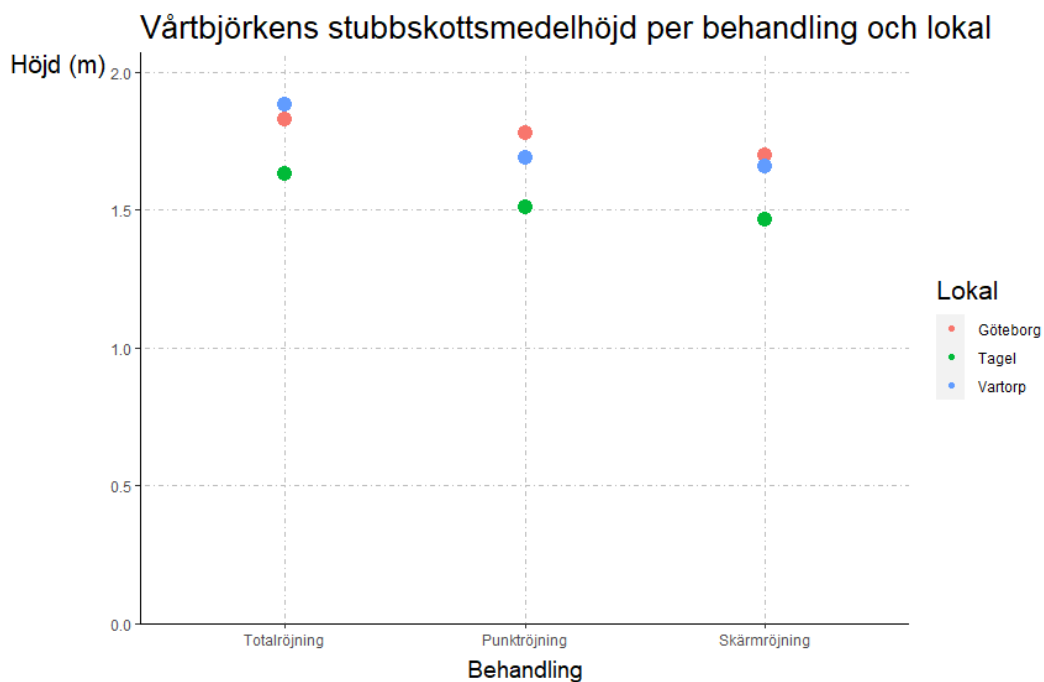
Alla data som användes i testerna hade samlats in tre år efter behandling. Värdena i datasetet betraktades som normalfördelade. Signifikansnivån sattes till 5%. För alla tester var hypoteserna att det inte fanns något beroende mellan målvariabelns medelvärde och behandling, det vill säga nollhypoteser. Det testades således först om det fanns någon statistisk säkerställd skillnad i medelvärden för målvariablerna någonstans i varje analys.

Det gjordes därefter en signifikansjustering enligt Holm-Bonferroni-metoden (Holm 1979). Efter justeringen kunde det avgöras om någon av analyserna gav signifikanta resultat. R-studios funktion *TukeyHSD* (Rstudio Team 2022) användes sedan för att genom ett Tukey Honest Significance Test (Tukey 1949) parvis undersöka vilka behandlingar som gav upphov till signifikanta skillnader i de test som inledningsvis visade på signifikanta samband.

3. Resultat

3.1 Vårtbjörkens stubbskottshöjd

För samtliga lokaler var den genomsnittliga stubbskottshöjden för vårtbjörk högst i totalröjning, något lägre i punktröjning och lägst i skärmröjning (figur 3). Alla behandlingar i Tagel resulterade i tydligt lägre medelhöjd än i motsvarande ytor i Vartorp och Göteborg.



Figur 3. Vårtbjörkens stubbskottsmedelhöjd för varje lokal och behandling tre år efter utförd åtgärd.

Det fanns en signifikant skillnad för vårtbjörkens stubbskottshöjd beroende på behandling (tabell 2). Lokal hade en signifikant effekt på vårtbjörkens stubbskottshöjd efter Holm-Bonferroni korrektion ($p = 0,003$).

Tabell 2. Resultat av ANOVA för vårtbjörkens stubbskottsmedelhöjd beroende på behandling och jämförelse av p-värde mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans

Målvariabel	F-värde	p-värde	p < 0,05	H-B-signifikans p < (0,05/4)
Stubbskottshöjd vårtbjörk	17,45	0,01057	JA	JA

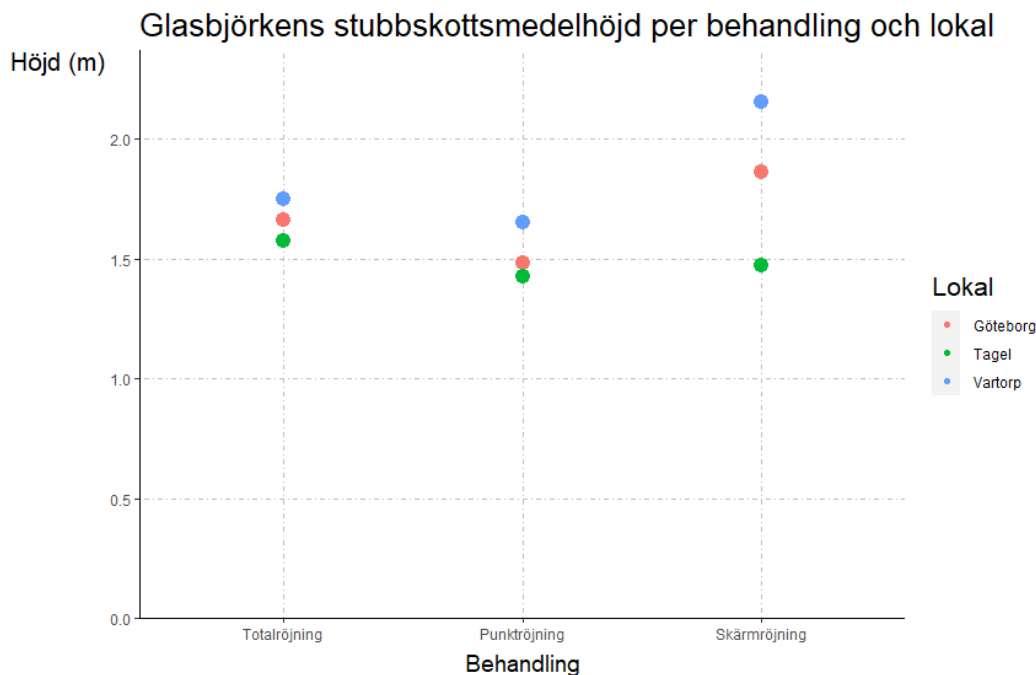
Resultatet av efterföljande TukeyHSD visar att det efter Holm-Bonferroni-justering endast fanns en signifikant skillnad mellan totalröjning och skärnröjning (tabell 3). Medelhöjden för vårtbjörkens stubbskott var 17 cm lägre i skärnröjning än i totalröjning. Det fanns även en relativt tydlig skillnad mellan totalröjning och punktröjning, där stubbskottshöjden var 12 cm lägre i punktröjning än i totalröjning, men efter Holm-Bonferroni-justering var denna skillnad ej signifikant.

Tabell 3. Skillnader i vårtbjörkens stubbskottsmedelhöjd mellan röjningsstrategierna och jämförelse av tillhörande p-värden mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans

Jämförelse	Genomsnittlig differens (m)	Justerat p-värde	H-B-signifikans p < (0,05/4)
Totalröjning - Punktröjning	0,12	0,033	NEJ
Totalröjning - skärnröjning	0,17	0,001	JA
Punktröjning - Skärnröjning	0,05	0,32	NEJ

3.2 Glasbjörkens stubbskottshöjd

I Vartorp och Göteborg var stubbskottshöjden lägst i punktröjningsytorna och högst i skärnröjning. Försöket i Tagel uppvisar inte samma mönster. Totalröjning ger där högst stubbskottshöjd och punktröjning lägst. Hur medelhöjden varierar med lokal och behandling visas i figur 4.



Figur 4. Glasbjörkens stubbskottsmedelhöjd för varje lokal och behandling tre år efter utförd åtgärd.

Det fanns ingen signifikant effekt av röjningsstrategi på glasbjörkens stubbskottsmedelhöjd (tabell 4). Lokal hade inte en signifikant effekt på glasbjörkens stubbskottshöjd ($p = 0,09$).

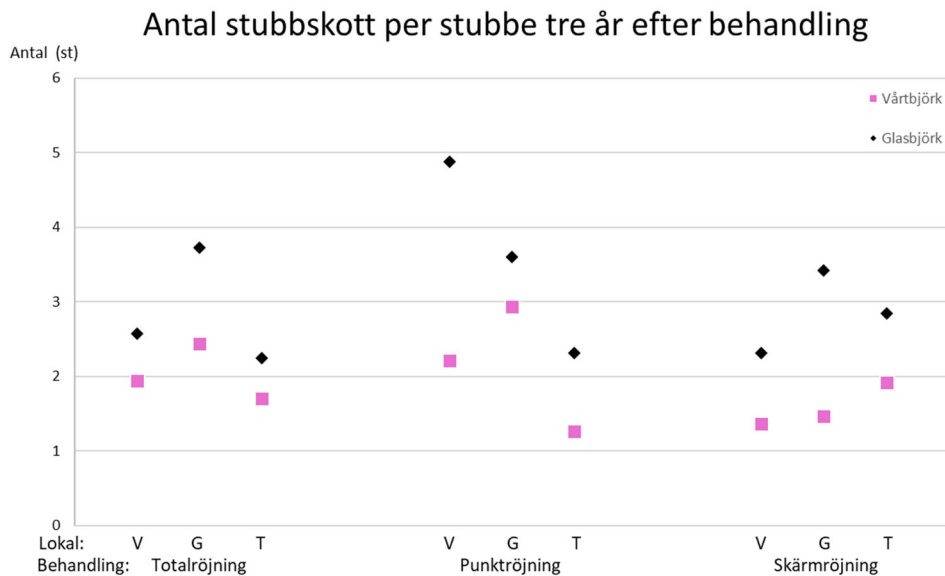
Tabell 4. Resultat av ANOVA för glasbjörkens stubbskottsmedelhöjd beroende på behandling och jämförelse av p -värde mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans

Målvariabel	F-värde	p-värde	$p < 0,05$	H-B-signifikans $p < (0,05/3)$
Stubbskottshöjd glasbjörk	3,429	0,1357	NEJ	NEJ

3.3 Stubbskott per stubbe

Det genomsnittliga antalet stubbskott per stubbe uppdelat i lokal, behandling och björkart tre år efter röjning presenteras i figur 5. I alla behandlingar hade glasbjörksstubbar fler skott än stubbar av vårtbjörk. Vårtbjörk hade i medeltal 1,9 stubbskott per stubbe och glasbjörk 3,1. Det är en relativt stor spridning inom varje behandling. Det kan noteras att lokalen Tagel hade lägst antal stubbskott för båda arterna både i totalröjning och punktröjning för att sedan ha flest stubbskott av

vårtbjörk i skärmröjningen. Det allra högsta antalet stubbskott uppmättes för punktröjd glasbjörk i Vartorp, närmare fem stycken per stubbe och det lägsta antalet uppmättes för punktröjd vårtbjörk i Tagel, med ett värde på något mer än ett skott per stubbe. I Vartorp och i Göteborg gav skärmröjning ett tydligt lägre antal skott per stubbe, för båda arterna, än i både totalröjning och punktröjning. Detta mönster syns inte i Tagel, utan där rådde motsatt förhållande.



Figur 5. Det genomsnittliga antalet stubbskott per stubbe uppdelat i lokal, behandling och art, där V=Vartorp, G=Göteborg och T=Tagel.

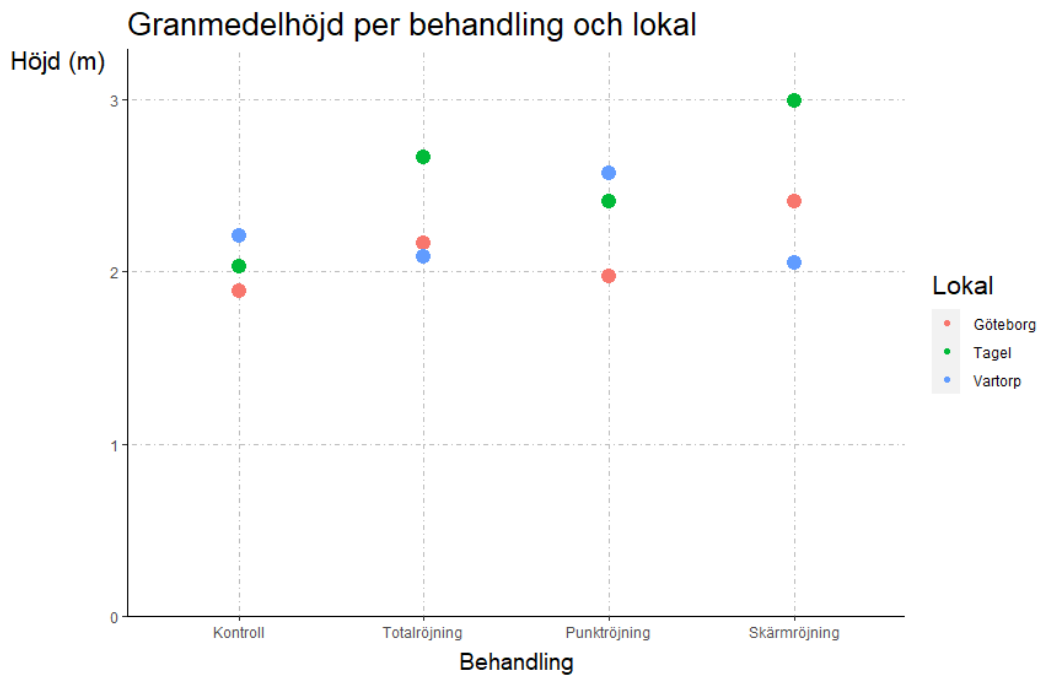
Den ANOVA som gjordes för att testa om den genomsnittliga variationen i stubbskottsantal per stubbe för vårtbjörk mellan behandlingsytor berodde på behandling visade inte på någon signifikant effekt (tabell 5). Lokal hade ej en signifikant effekt ($p = 0,41$) på antalet stubbskott per vårtbjörksstubbe

Tabell 5. Resultat av ANOVA för antal stubbskott per vårtbjörksstubbe beroende på behandling och jämförelse av p-värde mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans

Målvariabel	F-värde	p-värde	p-värde<0,05	H-B-signifikans: p-värde<(0,05/1)
Stubbskott per stubbe, vårtbjörk	0,851	0,492	NEJ	NEJ

3.4 Granens medelhöjd

De uppmätta medelvärdena, tre år efter rövning, för granens medelhöjd uppdelade i behandling och lokal visas i figur 6. I Göteborg och Tagel har de röjda behandlingsytorna högre granar än i kontrollen medan detta inte kunde uppvisas i Vartorp. Den allra högsta granmedelhöjden, ca 3 m, uppmättes i skärmrövning i Tagel och den lägsta, strax under 2 m, fanns i kontrollytan i Göteborg.



Figur 6. Granmedelhöjd för varje lokal och behandling tre år efter utförd åtgärd.

Skillnaden i medelgranhöjd kunde inte uppvisa någon signifikans för rövningstrategi (tabell 6). Lokal hade ej en signifikant effekt på granens medelhöjd ($p = 0,21$).

Tabell 6. Resultat av ANOVA för granens medelhöjd beroende på behandling och jämförelse av p-värde mot Holm-Bonferroni-justerad signifikansnivå, kallad H-B-signifikans

Målvariabel	F-värde	p-värde	p < 0,05	H-B-signifikans: p < (0,05/2)
Granmedelhöjd	1,125	0,411	NEJ	NEJ

3.5 Datavärdering

En uppenbart felaktig observation noterades. Den gjorde gällande att det i Vartorp tre år efter behandling registrerades 200 stubbskott från gran med en medelhöjd på 3,08 m i skärmröjningsytan, se bilaga 1.

4. Diskussion

4.1 Resultatdiskussion

Signifikant samband påvisades för vårtbjörkens stubbskottshöjd mellan skärmröjning och totalröjning medan icke signifikanta trender för hur röjningsstrategi påverkar stubbskottshöjd, granhöjd och stubbskottsantal i stort överensstämmer med hypotesen.

4.1.1 Vårtbjörkens stubbskottshöjd

Stubbskottens höjd hos vårtbjörken uppvisade skillnader mellan de olika röjningsstrategierna, vilket var i linje med hypotesen. Både skärm- och punktröjning ledde till lägre stubbskottshöjd i förhållande till totalröjning. Enligt de statistiska testerna fanns en signifikant lägre stubbskottshöjd i skärmröjda ytor än i totalröjda tre år efter röjningstillfället. Detta stämmer överens med Andersson (1984), som visade på tydlig skillnad i stubbskottshöjd tio år efter behandling.

Johansson (1991) slog fast att ljusintensitet har en effekt på höjdtvecklingen hos stubbskotten, varför de skuggigare förhållandena i skärmröjningen jämfört med totalröjningen kan tänkas förklara den signifikanta skillnaden mellan de två behandlingarna. Skuggigare förhållanden leder enligt Johansson (1991) till kortare stubbskott och den lägre ljusintensiteten påverkar stubbskottshöjden negativt i större utsträckning ju längre tid som går. Förhållandena för stubbskott lär också med tiden bli allt mer skuggiga i takt med att beståndet sluter sig, vilket skulle kunna förstärka skuggeffekten på stubbskotten ytterligare. Värt att notera är att försöket ej samlade in någon data med avseende på aktuella ljusförhållanden. Detta var något som hade behövts för att med säkerhet kunna bekräfta att substantiella skillnader mellan ljusförhållandena rådde.

En annan aspekt som kan ha bidragit till vårtbjörkens lägre stubbskottshöjd i skärmröjningsytorna är det större antal huvudstammar som lämnats på dessa ytor. I total- och punktröjningsytorna lämnades 3000 granar, medan det i

skärmröjningsytorna lämnades 2000 granar och ca 2900 björkar, vilket torde innebära skillnader i konkurrensförhållandena. Det är dock svårt att värdera hur mycket av effekten på stubbskottshöjden som kan tillskrivas dessa förändringar av konkurrensförhållandena.

4.1.2 Glasbjörkens stubbskottshöjd

Att det inte fanns någon signifikant effekt på glasbjörkens stubbskottshöjd av röjningsstrategi motsäger hypotesen. Glasbjörken uppvisar en förväntad skillnad i stubbskottshöjd mellan totalröjning och punktröjning, medan skärmröjning ledde till markant längre skott i Göteborg och Vartorp. En tänkbar aspekt som kan ha bidragit till det avvikande resultatet kan ha varit lokala variationer i ståndortsegenskaper inom blocken i Göteborg och Vartorp. Att inte det signifikanta resultatet för vårtbjörkens stubbskottshöjd återfanns för glasbjörkens kan förklaras med den stora skillnaden i antalet observationer. Eftersom underlaget på vilket glasbjörkens stubbskottsmedelhöjd beräknades utgjordes av betydligt färre stammar än för vårtbjörken, är det möjligt att slumpmässiga och gynnsamma ståndortsvariationer i skärmröjningsytorna fått oproportionerligt stort genomslag på medelvärdena.

4.1.3 Antal stubbskott per stubbe hos vårtbjörk

Enligt hypotesen förväntades att antalet stubbskott skulle sjunka mellan behandlingarna i ordningen totalröjning, punktröjning och skärmröjning. Punktröjningsytorna avvek från det hypotetiska mönstret och hade i två av tre lokaler fler stubbskott per stubbe än i totalröjda ytor. Mellan totalröjning och skärmröjning kunde en tydlig trend med sjunkande antal stubbskott per stubbe visas för både vårt- och glasbjörk i Göteborg och Vartorp. Statistisk signifikans för någon skillnad i stubbskottsantal per stubbe mellan behandlingarna kunde inte påvisas.

Att antalet stubbskott per stubbe blir lägre i skärmröjning än i totalröjda är något som framhölls av Andersson & Björkdahl (1984). Avsaknaden av statistisk signifikans för detta mönster i den här studien överensstämmer med Holmström et al. (2016), som inte heller visade någon signifikant effekt av röjningsstrategi på antalet stubbskott. Det kan som ovan konstateras att det endast var en av tre lokaler, Tagel, som inte följde mönstret som Andersson och Björkdahl (1984) fann för vårtbjörkens stubbskott. Holmström et al. (2016) och den här uppsatsens studie har gemensamt att mätningen gjordes några få år efter röjning och i uppsatsen av Andersson och Björkdahl (1984), där flera försök redovisas, inmättes stubbskottsantalet närmare tio år efter behandling.

De fastslagna sambanden mellan ljusintensitet och stubböverlevnad (Johansson 1987, 1991) kan tänkas vara anledningen till det generellt lägre antalet skott per stubbe i skärnröjningen, där det kan antas ha rått mer skuggiga förhållanden. Tiden efter behandling är potentiellt en avgörande faktor för att kunna se det ovan beskrivna mönstret. Ingen data angående ståndortsegenskaper eller årsmåner vid de olika lokalerna togs i beaktning i denna undersökning. Sådan information skulle kunna ha varit en del i en förklaring av det avvikande mönstret i Tagel.

Antalen skott per stubbe varierade från ca ett till ca fem stycken skott per stubbe med medel på 1,8 skott för vårtbjörk och 3,1 för glasbjörk. Detta är i jämförelse med tidigare forskning (Elfving & Nyström 1984; Johansson 1992) rimliga värden för antalet skott per stubbe några år efter röjning. Antalen uppmätta skott i de tidigare studierna rör stubbskott endast från levande stubbar. Beräkningen som ligger till grund för det genomsnittliga antalet skott per stubbe i den här uppsatsen grundas på det totala antalet stubbar, oavsett om det är levande eller döda. Att datasetet uppvisar ett något lägre medeltal än vad Elfving och Nyström (1984) samt Johansson (1991) presenterar kan antagligen förklaras med denna metodskillnad. Glasbjörken sköt i samtliga behandlingsytor fler stubbskott per stubbe än vad vårtbjörken gjorde, vilket överensstämmer med två studier, gjorda av Johansson (1991, 2008).

4.1.4 Granens medelhöjd

Enligt hypotesen skulle granen vara högst i totalröjning, näst högst i punktröjning, näst lägst i skärnröjning och lägst i kontrollytorna. En viss effekt av röjning i förhållande till kontroll kan identifieras i figur 6, men ingen signifikant skillnad i granhöjd kunde påvisas mellan någon av röjningsstrategierna eller kontrollytorna. Detta är i linje med tidigare forskning rörande barrträd (Burns et al. 1996; Jobidon 2000; Uotila & Saksa 2014) där det framgår att detta inte kan förväntas redan tre år efter röjning. Resultatet visar en tendens i försöksdata från Göteborg och Tagel att röjningen skulle kunna ha effekt på granhöjden, medan det för försöket i Vartorp inte kan avläsas något sådant. Det kan tänkas att längre tid efter röjning skulle leda till signifikanta resultat gällande samband mellan röjningsstrategi och granhöjd, då granen eventuellt hunnit nyttja den näring och det utrymme som frigjorts.

Andersson (1984) redovisar att omgivande lövträds grundyta i ungskogar negativt påverkar barrträdslagets höjd. Den effekten kan inte direkt översättas till att olika röjningsstrategier ger effekt på granhöjden. Variation i röjningsstrategi bör dock kunna resultera i olika lövträdsgrundytor. Om detta vore fallet skulle en effekt på granhöjden av röjningsstrategi, via grundyttepåverkan, ha observerats i denna studie. Följaktligen har röjningsstrategi inte någon effekt på björkens grundyta, eller så är inte sambandet mellan lövträdsgrundyta och granhöjd möjligt att

statistiskt visa i dessa fall. Det har i flera studier fastslagits att granens volymtillväxt påverkas positivt av röjning (Uotila & Saksa 2014; Holmström et al. 2016; Ara et al. 2022). Denna tillväxtökning tillskrivs en ökning i diameter, inte i höjd (Uotila & Saksa 2014; Ara et al. 2022). En volymökningseffekt av röjningen i de röjda bestånden i den här uppsatsen kan därmed inte uteslutas.

4.2 Metoddiskussion

I samtliga jämförelser där någon egenskap hos stubbskott var målvariabel fanns endast tre behandlingar med i analysen. Detta beror på att kontrollytan inte har några stubbskott eftersom ingen röjning genomförts där. Att granhöjd användes som målvariabel i analysen följer av att det var den enda informationen som i det givna datasetet kunde användas för att besvara syftet gällande behandlingarnas effekt på huvudträdslaget.

Varje datapunkt bestod av medelvärden från 16 ytor och de inmätta värdena gällande höjd och antal antogs ha en relativt symmetrisk fördelning. Det var anledningarna till att medelvärdena ansågs vara approximativt normalfördelade. Eftersom datasetet bestod av ett medelvärde per lokal och behandling fanns inga spridningsmått eller möjlighet att visa på spridning i figurerna.

För att analysera hur två kategoriska variabler, behandling och lokal, påverkar kontinuerliga, höjd och antal, var en lämplig analysmetod ANOVA och därför var det den som användes. Det var rimligt att anta att lokal skulle ha effekt på grund av den geografiska spridningen av försöksorter men resultatet motsäger att så var fallet. Att lokal endast hade signifikant effekt på vårtbjörkens stubbskott, indikerar att en ny studie med samma lokaluppsättning skulle kunna undersöka övriga målvariabler utan att lokaleffekten tas med i modellen.

Holm-Bonferroni-justeringen gjordes för att undvika att typ-1 fel vid bedömning av testresultaten. Sannolikheten för ett sådant fel ökar med antalet tester utförda på samma dataset. Det finns alltid en sannolikhet att slumpen ger resultat som bedöms vara signifikanta och med ett stort antal tester blir det troligt att åtminstone något av testerna visar på signifikanta samband. Holm-bonferroni-justeringen rekommenderades av SLU:s statistiksupport och bedömdes därför som passande. Tukey Honest Significance Test valdes som post-hoc test eftersom det testet kräver samma antaganden angående indata som ANOVA gör.

Det utfördes endast fyra tester på datasetet. Skälet till detta var att undvika att tvinga ner nivån på signifikanskravet, genom Holm-Bonferroni-justeringen, till en nivå

där resultaten var tvungna att vara mycket osannolika för att bedömas som statistisk säkerställda. De fyra testerna valdes för att de ansågs vara de lämpligaste för att besvara uppsatsens syfte med det tillgängliga datasetet.

Testet som behandlade stubbskottsantalen gjordes endast på vårtbjörkens stubbskott. Detta eftersom datasetet innehöll betydligt högre antal av vårtbjörk än av glasbjörk, både gällande fröbjörkar och stubbskott. Den större mängden inmätta vårtbjörkar i observationerna ansågs, i förhållande till glasbjörkar, kunna minska risken för ett slumpmässigt resultat. En analys med medelvärde av de båda björkarternas genomsnittliga stubbskott per stubbe valdes att inte genomföras då individer av glasbjörk i en sådant test skulle haft större vikt än motsvarande vårtbjörkar. Möjligtvis kunde ett viktat totalmedel framtagits för att sedan undersöka behandlingens effekt.

4.2.1 Försöksdesign

Försökets framgång avsett målsättningen om att minimera variationerna i ståndortsegenskaper mellan de olika försökslokalerna var på grund av avsaknad av mer detaljerade ståndortsdata svår att utvärdera. Värt att notera är dock att för vissa lokaler fanns relativt stora skillnader i utgångsläget inom blocken vad gäller enskilda trädslag, där störst variation sågs för glasbjörk. Det är möjligt att dessa skillnader, vilka potentiellt kan härledas till variationer i ståndortsegenskaper, kan ha en viss påverkan på utfallet av den statistiska analysen. Vårtbjörk och gran varierar betydligt mindre inom blocken och det är därför möjligt att anta att utfallet av de statistiska testerna kring dessa är tillförlitliga. Att det endast anlades ett block på vardera lokalen bidrar till en ökad känslighet för slumpmässiga variationer. En försöksdesign med fler än ett block per lokal hade kunnat stärka resultatets trovärdighet då risken för variationer inom blocken hade reducerats.

All data som analyserades statistiskt var insamlad tre år efter behandling. Det kan anses vara en kort tid om effekten av röjning eller röjningsstrategi ska vara tydlig och det för att träd i allmänhet kräver tid för att anpassa sig till nya förhållanden.

Framtida undersökningar skulle kunna involvera ljusmätning i de olika behandlingsytorna för att undersöka om skillnader i ljusintensitet är en giltig förklaring till varierande stubbskottshöjd.

Att inte samma antal huvudstammar återfanns i samtliga försöksytor efter behandling gör att eventuellt varierande konkurrens från huvudstammarna på stubbskotten inte kan avfärdas som delförklaring till resultaten. En förbättring av försökets design kan vara att se till att antalet huvudstammar per hektar är gemensamt för alla försöksytor.

Eftersom stubbskott från gran inte var med i någon statistisk analys påverkades inte resultatet av studien av den observation vilken bedömdes som orimlig. Grunden till bedömningen var att gran ej är en stubbskottsskjutande art. Att en observation kan ifrågasättas medför dock att datasetets tillförlitlighet kan problematiseras.

4.3 Slutsatser

Skärmröjning hade en statistisk säkerställd effekt på vårtbjörkens stubbskottshöjd i jämförelse med totalröjning, där skärmröjning ger en lägre stubbskottshöjd. Glasbjörkens stubbskottshöjd, antalet stubbskott per stubbe och granens medelhöjd kunde inte fastslås bero på röjningsstrategi, däremot kunde trender som stärker hypotesen observeras.

För samtliga resultat ansågs tidsaspekten vara en förklarande faktor. Det kan tilläggas att om ett signifikant resultat påvisas redan efter tre år kan det indikera att sambandet är starkt.

För att vidare fördjupa förståelsen för effekten av röjningsstrategi på stubbskott och huvudträdsdrag föreslås det att framtida studier utökas i omfattning och görs över längre tid, över fler varierande ståndorter, med fler block per lokal och där även stubbarnas mikroklimat inkluderas. Med ett sådant större dataunderlag skulle de icke signifikanta mönster som ses i resultatet statistiskt kunna vederläggas eller bekräftas, genom att de avvikande resultaten skulle kunna avfärdas som brus eller att de mönster som tycks finnas visas vara slumpmässig korrelation. I en mer utvecklad studie där ståndortsegenskaper beaktas vore det möjligt att avgöra hur giltigheten i eventuella resultat är fördelade beroende på ståndort.

Beroende på syfte med en röjningsåtgärd kan strategin varieras. Enligt resultatet i den här studien kan skärmröjning användas för att minska höjden på vårtbjörksstubbskott och därmed kanske minska risken för att på grund av stubbskott behöva utföra ytterligare röjningar i samma bestånd.

Referenser

- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). Skogsskötselns grunder och samband. Kapitel 1 (2)
- Andersson, R. (2013). *Grundbok för skogsbrukare*. 1. uppl. Skogsstyrelsen.
- Andersson, S.O. (1984). Om lövröjning i plant- och ungskogar. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, 82 (3–4), 69–95
- Andersson, S.O. & Björkdahl, G. (1984). Om björkstubbkottens höjdtutveckling i ungdomsskedet [glasbjörk, vårtbjörk]. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, 82 (3–4), 61–67
- Ara, M., Maria Felton, A., Holmström, E., Petersson, L., Berglund, M., Johansson, U. & Nilsson, U. (2022). Pre-commercial thinning in Norway spruce-birch mixed stands can provide abundant forage for ungulates without losing volume production. *Forest Ecology and Management*, 520, 120364. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120364>
- Ashton, M.S. & Kelty, M.J. (2018). *The Practice of Silviculture: Applied Forest Ecology*. 10. uppl. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Burns, J., Puettmann, K.J. & Perala, D. (1996). Strip Thinning and Spacing Increases Tree Growth of Young Black Spruce. *Northern Journal of Applied Forestry*, 13 (2), 68–72. <https://doi.org/10.1093/njaf/13.2.68>
- Elfving, B. & Nyström, K. (1984). Björkens stubbskottsbildning och höjdtutveckling i ungdomsskedet. Analyser av data från HUGIN's ungskogsytor [glasbjörk, vårtbjörk]. *Sveriges skogsvårdsförbunds Tidskrift*, 51–60
- Hallsby, G. (2007). *Nya tiders skog: skogsskötsel för ökad tillväxt*. Stockholm: LRF Skogsägarna.
- Holm, S. (1979). A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6 (2), 65–70
- Holmström, E., Hjelm, K., Johansson, U., Karlsson, M., Valkonen, S. & Nilsson, U. (2016). Pre-commercial thinning, birch admixture and sprout management in planted Norway spruce stands in South Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31 (1), 56–65. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1055792>
- Hytönen, J., Saramäki, J. & Niemistö, P. (2014). Growth, stem quality and nutritional status of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in pure stands and mixtures. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29 (1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/02827581.2013.838300>
- Håkansson, Michael (2000). Stubbkott. *Skogsencyklopedin*. Sveriges skogsvårdsförbunds Service AB. 466.
- Jobidon, R. (2000). Density-dependent effects of northern hardwood competition on selected environmental resources and young white spruce (*Picea glauca*) plantation growth, mineral nutrition, and stand structural development – a 5-year study. *Forest ecology and management*, 130 (1), 77–97. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00176-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00176-0)
- Johansson, T. (1984). Minskning av lövträdsinslag med förebyggande åtgärder [rotskott, stubbhöjd, stubbskott, stärkelse] = Reducing the number of

- deciduous trees by preventing methods [suckers, stump shoots]. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, 82(3-4), p. 25-33
- Johansson, T. (1987). *The importance of thinning grade in stands of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) and Scots pine (Pinus sylvestris L.) to minimize suckers of birch: Gallringstyrkans inverkan på hämningen av stubbskottsbildning hos björk i gallringsbestånd av gran och tall*. Sveriges lantbruksuniv.
- Johansson, T. (1991). Sprouting ability of two-year-old *Betula pendula* stumps exposed to different light intensities during five years. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 6 (4), 509–518
- Johansson, T. (1992). Sprouting of 2- to 5-year-old birches (*Betula pubescens* Ehrh. and *Betula pendula* Roth) in relation to stump height and felling time. *Forest Ecology and Management*, 53 (1), 263–281. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90046-C](https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90046-C)
- Johansson, T. (2008). Sprouting ability and biomass production of downy and silver birch stumps of different diameters. *Biomass & Bioenergy*, 32 (10), 944–951. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.01.009>
- Johansson, T. & Lundh, J.-E. (2009). Upprepad röjning av stubbskott. *Fakta. Skog*, (2009:5). <https://res.slu.se/id/publ/28843> [2023-03-21]
- Kauppi, A., Kiviniitty, M. & Ferm, A. (1988). Growth habits and crown architecture of *Betula pubescens* Ehrh. of seed and sprout origin. *Canadian Journal of Forest Research*, 18 (12), 1603–1613. <https://doi.org/10.1139/x88-244>
- Mård, H. (1997). *Stratified mixture of young Norway spruce and birch as an alternative to pure stands of Norway spruce*. Swedish Univ. of Agricultural Sciences Sveriges lantbruksuniv.
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Karlsson, A. (2012). Röjning. Kapitel 6 (2). <https://www.skogsstyrelsen.se/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotselserien-rojning/> [2023-03-20]
- Riksskogstaxeringen (2023). *Statistik om skog*. <https://skogsstatistik.slu.se/> [2023-03-20]
- Rstudio Team (2022). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. <http://www.rstudio.com/>
- Tukey, J.W. (1949). Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*, 5 (2), 99–114. <https://doi.org/10.2307/3001913>
- Uotila, K. & Saksa, T. (2014). Effects of early cleaning on young *Picea abies* stands. *Scandinavian journal of forest research*, 29 (2), 111–119. <https://doi.org/10.1080/02827581.2013.869349>

Tack till

Vi vill rikta ett särskilt tack till vår handledare Mikolaj Lula på Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap vid SLU Alnarp för hans vägledning, synpunkter och stöd under arbetet med den här uppsatsen. Därutöver vill vi även tacka Hilda Edlund på Institutionen för skoglig resurshushållning vid SLU Umeå för hennes rådgivning gällande den statistiska analysen.

Bilaga 1

Tabell 1. Förklaring till vad värden i datasetet betyder.

Kolumntitel	Förklaring
lokal	GBG=Tvärsjönäs; Tagel; Vartorp
Stubbskott	1=Stubbskott; 0=frö
trsl	1=tall; 2=gran; 3=vårtbjörk; 4=glasbjörk; 9=övrigt löv
beha	1=obehandlad; 2=totalröjd; 3=brunnsröjning; 4=skärröjning
tid	1=före röjning; 2=första hösten; 6=tredje hösten
hjd_m	Medelhöjd; 16 st 10 m2 ytor per behandling och tidpunkt
n_ha	Medel stamantal; 16 10 m2 ytor per behandling och tidpunkt

Tabell 2. Data som användes i uppsatsen.

lokal	Stubbskott	trsl	beha	tid	hjd_m	n_ha
Gbg	0	2	1	1	1,26	3125
Gbg	0	2	1	2	1,38	3875
Gbg	0	2	1	6	1,89	4750
Gbg	0	2	2	1	1,25	2625
Gbg	0	2	2	2	1,57	2733
Gbg	0	2	2	6	2,17	2500
Gbg	0	2	3	1	1,11	2250
Gbg	0	2	3	2	1,34	2313
Gbg	0	2	3	6	1,97	2563
Gbg	0	2	4	1	1,08	2375
Gbg	0	2	4	2	1,38	2250
Gbg	0	2	4	6	2,41	2313
Gbg	0	3	1	1	1,27	20063
Gbg	0	3	1	2	1,39	25000
Gbg	0	3	1	6	2,36	24875
Gbg	0	3	2	1	1,35	19188
Gbg	0	3	2	2		0
Gbg	0	3	2	6		0
Gbg	0	3	3	1	1,33	15938
Gbg	0	3	3	2	1,40	9750
Gbg	0	3	3	6	2,73	4188

Gbg	0	3	4	1	1,45	15938
Gbg	0	3	4	2	1,82	2938
Gbg	0	3	4	6	3,25	2563
Gbg	0	4	1	1	1,33	1188
Gbg	0	4	1	2	1,56	1938
Gbg	0	4	1	6	2,03	2750
Gbg	0	4	2	1	1,53	3438
Gbg	0	4	2	2		0
Gbg	0	4	2	6		0
Gbg	0	4	3	1	1,27	813
Gbg	0	4	3	2	1,30	500
Gbg	0	4	3	6	3,50	125
Gbg	0	4	4	1	1,32	1313
Gbg	0	4	4	2	1,75	125
Gbg	0	4	4	6	1,25	313
Gbg	1	2	2	2		0
Gbg	1	2	2	6		0
Gbg	1	2	3	2		0
Gbg	1	2	3	6		0
Gbg	1	2	4	2		0
Gbg	1	2	4	6		0
Gbg	1	3	2	2	0,86	36625
Gbg	1	3	2	6	1,83	46750
Gbg	1	3	3	2	0,77	12375
Gbg	1	3	3	6	1,78	18188
Gbg	1	3	4	2	0,77	19063
Gbg	1	3	4	6	1,70	19125
Gbg	1	4	2	2	0,74	7875
Gbg	1	4	2	6	1,66	12813
Gbg	1	4	3	2	0,70	875
Gbg	1	4	3	6	1,48	1125
Gbg	1	4	4	2	0,61	1938
Gbg	1	4	4	6	1,86	4063
Tagel	0	2	1	1	1,43	3000
Tagel	0	2	1	2	1,67	3000
Tagel	0	2	1	6	2,03	2813
Tagel	0	2	2	1	1,61	2750
Tagel	0	2	2	2	1,85	2625
Tagel	0	2	2	6	2,67	2563
Tagel	0	2	3	1	1,53	3000
Tagel	0	2	3	2	1,75	3063
Tagel	0	2	3	6	2,41	2563
Tagel	0	2	4	1	1,70	2563

Tagel	0	2	4	2	1,82	2250
Tagel	0	2	4	6	2,99	2313
Tagel	0	3	1	1	1,78	18875
Tagel	0	3	1	2	1,78	17188
Tagel	0	3	1	6	2,94	14188
Tagel	0	3	2	1	1,73	28313
Tagel	0	3	2	2		0
Tagel	0	3	2	6		0
Tagel	0	3	3	1	1,63	33563
Tagel	0	3	3	2	1,65	11063
Tagel	0	3	3	6	2,67	8125
Tagel	0	3	4	1	1,73	16313
Tagel	0	3	4	2	2,28	2500
Tagel	0	3	4	6	3,78	1750
Tagel	0	4	1	1	1,47	3375
Tagel	0	4	1	2	1,86	2938
Tagel	0	4	1	6	2,31	8875
Tagel	0	4	2	1	1,57	7438
Tagel	0	4	2	2		0
Tagel	0	4	2	6		0
Tagel	0	4	3	1	1,46	9813
Tagel	0	4	3	2	1,75	3938
Tagel	0	4	3	6	2,12	4063
Tagel	0	4	4	1	1,67	3375
Tagel	0	4	4	2	2,25	125
Tagel	0	4	4	6	4,25	313
Tagel	1	2	2	2		0
Tagel	1	2	2	6		0
Tagel	1	2	3	2		0
Tagel	1	2	3	6		0
Tagel	1	2	4	2		0
Tagel	1	2	4	6		0
Tagel	1	3	2	2	0,57	34188
Tagel	1	3	2	6	1,63	48125
Tagel	1	3	3	2	0,54	19063
Tagel	1	3	3	6	1,51	28313
Tagel	1	3	4	2	0,55	16563
Tagel	1	3	4	6	1,47	26500
Tagel	1	4	2	2	0,49	5188
Tagel	1	4	2	6	1,58	16688
Tagel	1	4	3	2	0,50	5563
Tagel	1	4	3	6	1,43	13563
Tagel	1	4	4	2	0,51	3938

Tagel	1	4	4	6	1,47	9250
Vartorp	0	2	1	1	0,98	2938
Vartorp	0	2	1	2	1,29	2938
Vartorp	0	2	1	6	2,21	3625
Vartorp	0	2	2	1	1,13	4750
Vartorp	0	2	2	2	1,34	4200
Vartorp	0	2	2	6	2,09	5800
Vartorp	0	2	3	1	1,12	4188
Vartorp	0	2	3	2	1,36	3813
Vartorp	0	2	3	6	2,57	4438
Vartorp	0	2	4	1	1,00	2000
Vartorp	0	2	4	2	1,23	2188
Vartorp	0	2	4	6	2,05	2063
Vartorp	0	3	1	1	1,18	5563
Vartorp	0	3	1	2	1,39	5125
Vartorp	0	3	1	6	2,72	6188
Vartorp	0	3	2	1	1,64	4250
Vartorp	0	3	2	2		0
Vartorp	0	3	2	6		0
Vartorp	0	3	3	1	1,52	6438
Vartorp	0	3	3	2	1,70	3938
Vartorp	0	3	3	6	4,47	2313
Vartorp	0	3	4	1	1,50	10438
Vartorp	0	3	4	2	1,55	2813
Vartorp	0	3	4	6	3,28	2813
Vartorp	0	4	1	1	1,44	3125
Vartorp	0	4	1	2	1,37	4250
Vartorp	0	4	1	6	2,15	5313
Vartorp	0	4	2	1	1,48	1188
Vartorp	0	4	2	2		0
Vartorp	0	4	2	6		0
Vartorp	0	4	3	1	1,31	938
Vartorp	0	4	3	2	2,08	500
Vartorp	0	4	3	6	3,98	438
Vartorp	0	4	4	1	0,85	1063
Vartorp	0	4	4	2	1,96	313
Vartorp	0	4	4	6	1,50	125
Vartorp	1	2	2	2		0
Vartorp	1	2	2	6		0
Vartorp	1	2	3	2		0
Vartorp	1	2	3	6		0
Vartorp	1	2	4	2		0
Vartorp	1	2	4	6	3,08	200

Vartorp	1	3	2	2	0,51	6000
Vartorp	1	3	2	6	1,88	8250
Vartorp	1	3	3	2	0,47	2625
Vartorp	1	3	3	6	1,69	5533
Vartorp	1	3	4	2	0,49	6938
Vartorp	1	3	4	6	1,66	10400
Vartorp	1	4	2	2	0,56	1667
Vartorp	1	4	2	6	1,75	3063
Vartorp	1	4	3	2	0,50	500
Vartorp	1	4	3	6	1,65	2133
Vartorp	1	4	4	2	0,41	1000
Vartorp	1	4	4	6	2,16	1733

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

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

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

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