



Ytstrukturen och lutningens påverkan på tidsåtgången vid motormanuell röjning

*Effects of surface structure and slope on
time consumption during motor-manual
precommercial thinning*

AXEL KINDÅKER

CARL SÖDERLÖV



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2026:06

SLU-Skogsmästarskolan

Herrgårdsvägen 8

739 31 SKINNSKATTEBERG

www.slu.se/skogsmastarskolan

Ytstrukturen och lutningens påverkan på tidsåtgången vid motormanuell röjning

Effects of surface structure and slope on time consumption during motor-manual precommercial thinning

Axel Kindåker

Carl Söderlöv

Handledare: Back Tomas Ersson, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Elisabeth Wallin, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

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

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2026

Omslagsbild: Röjning av parcell 15. Foto: Carl Söderlöv

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

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2026:06

Nyckelord: Terräng, skogsvård, tidsstudie, ungskog



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Röjning är en av de mest kostnadskrävande skogsvårdsåtgärderna i svenskt skogsbruk och utförs idag nästan uteslutande motormanuellt med röjsåg. Tidigare forskning visar att tidsåtgången vid röjning främst påverkas av röstammarnas stamantal och medelhöjd, medan terrängens betydelse har studerats i begränsad omfattning. Flera prestationsprognoser för röjning tar därför inte hänsyn till terrängfaktorer. Kunskapen är särskilt begränsad för mer extrema terrängförhållanden med krävande ytstruktur och lutning.

Syftet med detta examensarbete var att undersöka ytstrukturen och lutningens påverkan på tidsåtgången vid motormanuell röjning i konventionell slutröjning av ungskogar. Ytstruktur och lutning klassades enligt terrängtypsschemat för att analysera hur olika terrängklasser påverkade tidsåtgången. Studien fokuserade särskilt på de högre klasserna.

Studien genomfördes i Finspångs kommun i Östergötlands län. Totalt anlades 32 parceller om 100 m² som fördelades över olika terrängklasser enligt terrängtypsschemat. Försöksytorna stratifierades utifrån ytstruktur respektive lutning, med särskild vikt vid de högre klasserna. En frekvensstudie utfördes när parcellerna röjdes, där arbetsmoment registrerades var tionde sekund samt där total tidsåtgång mättes per parcell. Beståndsdata såsom stamantal och medelhöjd registrerades före och efter åtgärd. Resultaten analyserades genom regressionsanalys och variansanalys (ANOVA) för att undersöka sambanden mellan tidsåtgång och ytstruktur respektive lutning.

Resultaten visade en signifikant påverkan av lutning på tidsåtgången, där en statistiskt säkerställd ökning av tidsåtgång mellan lutningsklass 1 och klass 4 respektive klass 5 påvisades. Däremot kunde inget statistiskt säkerställt samband mellan ytstruktur och tidsåtgång påvisas.

Slutsatser från studien är att lutning kan ha en större betydelse för tidsåtgången vid motormanuell röjning än vad tidigare forskning har kunnat påvisa. Ytstrukturens påverkan var däremot mindre tydlig. Resultaten indikerar att lutning bör beaktas tydligare i framtida prestationsprognoser för motormanuell röjning men ytterligare studier krävs för att fastställa tillägg för olika lutningsklasser.

Nyckelord: Terräng, skogsvård, tidsstudie, ungskog

Abstract

Precommercial thinning is one of the costliest silvicultural operations in Swedish forestry and is currently carried out almost exclusively through motor-manual work using brushsaws. Previous research has shown that the time consumption required for precommercial thinning is primarily influenced by stems removed per hectare and their average height, while the influence of terrain conditions has been studied only to a limited extent. Consequently, several productivity models for precommercial thinning do not account for terrain related factors. Knowledge is particularly limited regarding more extreme terrain conditions characterized by challenging surface structure and steep slopes.

The objective of this study was to investigate the effects of surface structure and slope on the time consumption required for motor-manual precommercial thinning during conventional precommercial thinning of young forest stands. Surface structure and slope were classified according to the Swedish Terrain Classification System in order to analyze how different terrain classes affected work time. Particular emphasis was placed on the higher terrain classes.

The study was conducted in the municipality of Finspång in Östergötland County, Sweden. A total of 32 plots of 100 m² were established and distributed across different terrain classes according to the Swedish Terrain Classification System. The plots were stratified based on surface structure and slope, with particular emphasis on the higher classes. During the precommercial thinning operations, a time study was conducted in which the performed work activity was recorded every ten seconds, and the total time consumption was measured for each plot. Stand variables such as stems per hectare and mean tree height were recorded before and after treatment. The results were analyzed using regression analysis and analysis of variance (ANOVA) to examine the relationship between time consumption and surface structure and slope, respectively.

The results showed a significant effect of slope on the time consumption, with a statistically significant increase in work time observed between slope class 1 and slope classes 4 and 5. In contrast, no statistically significant relationship was found between surface structure and time consumption.

We conclude that slope may have a greater influence on the time consumption for motor-manual precommercial thinning than previous research has demonstrated. The effect of surface structure was less pronounced. The results indicate that slope should be more explicitly considered in future productivity models for motor-manual precommercial thinning. However, further studies are needed to establish adjustment factors for different slope classes.

Key words: Terrain, silviculture, time study, young forest stands

Förord

Detta är ett kandidatarbete skrivet inom Skogsmästarprogrammet på Sveriges lantbruksuniversitet och avser ämnet skogshushållning. Datainsamling genomfördes genom fältstudier som bedrevs under våren 2026.

Vi vill rikta ett stort tack till universitetslektor Back Tomas Ersson på SLU Skogsmästarskolan i Skinnskatteberg för värdefull vägledning, stöd och konstruktiv återkoppling under arbetets gång. Vi vill även rikta ett stort tack till Gustav Petersson och Holmen Skog för att vi fick nyttja deras fastigheter till fältförsöket samt ett gott samarbete under arbetets gång. Slutligen vill vi rikta ett tack till universitetsadjunkt Hilda Edlund för god statistisk konsultation.

Finspång och Kinna maj 2026

Axel Kindåker & Carl Söderlöv

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 RÖJNING	1
1.1.1 RÖJNINGSFORMER	1
1.1.2 MOTORMANUELL RÖJNING	2
1.2 PRESTATIONSPROGNOSER	2
1.3 TERRÄNGENS BETYDELSE	3
1.4 SYFTE OCH MÅL	4
2. MATERIAL OCH METODER	5
2.1 STUDIENS DESIGN	5
2.2 TERRÄNGTYPSSCHEMA	5
2.3 FÖRSÖKSOMRÅDE	5
2.4 INLEDANDE OCH AVSLUTANDE MÄTNINGAR	8
2.5 GENOMFÖRANDE	11
2.5.1 RÖJNINGSFORM OCH ARBETSPLANERING	11
2.5.2 TIDSSTUDIE	13
2.6 DATAANALYS	13
3. RESULTAT	15
3.1 ARBETSRESULTAT	15
3.2 MOMENTINDELNING	16
3.3 TIDSÅTGÅNG	17
4. DISKUSSION	21
4.1 HUVUDRESULTAT	21
4.2 JÄMFÖRELSE MED BEFINTLIG KUNSKAP	21
4.3 FÖRKLARING AV DEN NYA KUNSKAPEN	21
4.4 STUDIENS STYRKOR OCH SVAGHETER	22
4.5 REKOMMENDATIONER	23
4.6 SLUTSATSER	23
REFERENSER	24
PERSONLIG KOMMUNIKATION	27
BILAGOR	28
BILAGA 1: TABELL MED MATERIEL SOM NYTTJADES TILL STUDIEN	29
BILAGA 2: FÄLTBLANKETT FÖR INLEDANDE MÄTNINGAR	30
BILAGA 3: FÄLTBLANKETT FÖR FREKVENSSSTUDIE	31

BILAGA 4: FÄLTBLANKETT FÖR AVSLUTANDE MÄTNINGAR	32
BILAGA 5: TIDSÅTGÅNG FÖR PARCELLERNA	33
BILAGA 6: TIDSÅTGÅNG OCH STAMMAR/HA	34
BILAGA 7: RESIDUALANALYS FÖR YTSTRUKTUR	35
BILAGA 8: RESIDUALANALYS FÖR LUTNING	36
BILAGA 9: TUKEY POST HOC ANALYS	37
BILAGA 10: FOTON TAGNA FÖRE OCH EFTER RÖJNING PÅ YTSTRUKTURPARCELLERNA DEL 1	38
BILAGA 11: FOTON TAGNA FÖRE OCH EFTER RÖJNING AV YTSTRUKTURPARCELLERNA DEL 2	39
BILAGA 12: FOTON FRÅN YTSTRUKTURPARCELLERNA	40
BILAGA 13: FOTON FRÅN LUTNINGSPARCELLERNA	41
	41

1. Inledning

1.1 Røjning

Røjning är den mest omfattande skogsvårdsåtgärden i Sverige och den totala kostnaden landar på omkring 900 miljoner kronor varje år (Skogsstyrelsen 2024; Nilsson et al. 2025). Røjning ger ingen intäkt utan innebär en ren kostnad. Åtgärden får ses som en investering för framtiden, då en røjning höjer värdet på det framtida beståndet (Huuskonen & Hynynen 2006; Pettersson et al. 2012).

Under det senaste decenniet har kostnaden för røjning ökat med ungefär 45 procent (Nilsson et al. 2025). Detta tros bero på flera orsaker, som att ungsogor som är tätare och högre vid røjningstillfället har en högre kostnad (Uotila et al. 2020). Andra anledningar kan vara att det blir allt svårare att locka personal (Manner et al. 2018; Skogsaktuell 2020). Maskiner har utvecklats kraftigt de senaste åren, medan den manuella röjsågen har sett likadan ut i decennier utan några egentliga stora tekniksprång (Ligné et al. 2005b; Hjelmqvist 2016), vilket kan ha bidragit till ökade kostnader.

Røjning utförs framför allt för att fördela tillväxten på ett mindre antal stammar, styra trädslagsvalet genom att ta bort mindre önskvärda träd samt ta bort stammar med oönskade trädegenskaper (Ahnlund Ulvcróna et al. 2014). Åtgärden är en central del för att styra beståndens framtida utveckling och lönsamhet. Ju tidigare røjningen utförs desto mer volym finns det vid tiden för förstagallringen (Varmola & Salminen 2004; Huuskonen & Hynynen 2006).

1.1.1 Røjningsformer

Røjning kan utföras på flera olika sätt, och kallas för røjningsformer. De delas huvudsakligen upp i två kategorier, selektiv och schematisk. Selektiv røjning innebär att träd med de bästa egenskaperna gynnas och schematisk røjning innebär att träd gynnas beroende på sin placering, för att gynna ett geometriskt förband (Iwarsson 2001; Eriksson 2012; Pettersson et al. 2012).

Selektiv røjning är vanligast i Sverige och kan delas upp i två former. Topprøjning, vilket innebär att stammarna kapas ungefär i midjehöjd och är effektivt i eftersatta bestånd (Iwarsson 2001; Ligné 2004; Eriksson 2012; Pettersson et al. 2012). Enkelställning är den andra formen, vilket innebär att de kvarlämnade träden ställs i någorlunda förband. Det är en välstuderad, etablerad och normerande røjningsform inom nordiskt skogsbruk (Varmola & Salminen 2004; Ahnlund Ulvcróna et al. 2007; Ahnlund Ulvcróna 2011; Eriksson 2012). Schematisk røjning utförs vanligen i form av korridorsrøjning, vilket innebär att förbestämda korridorer röjs i beståndet och att mellanzonerna lämnas orörda (Iwarsson 2001; Eriksson 2012; Pettersson et al. 2012).

Stråkrøjning är en røjningsform som är en blandning av selektiv- och schematisk form. Metoden går ut på att raka korridorer med en bredd av 2–2,5 meter röjs

maskinellt och schematiskt, vilket lämnar mellanzoner på 5 till 10 meters bredd. Därefter röjs mellanzonerna manuellt och med selektiv röjningsform. Metoden har visat sig ha en lägre tidsåtgång och är mindre kostnadskrävande (Bergkvist 2006; Bergkvist 2007; Eriksson 2012).

1.1.2 Motormanuell röjning

I dag genomförs röjning nästan uteslutande med burna motormanuella redskap, främst med konventionell klingröjsåg (Pettersson et al. 2012). Eftersom röjning är en ren kostnad så har det gjorts en del försök att få fram mindre kostnadskrävande typer av röjning (Ligné et al. 2005a). Klingröjsågen har inte haft någon teknisk utvecklingspotential så fokus har riktats mot mekaniserad röjning i stället (Ligné et al. 2005b).

Mekaniserad röjning har testats och jämförts med motormanuell röjning. Tidsåtgången har visat sig vara högre än vid motormanuell röjning och är därmed mer kostnadskrävande (Ligné et al. 2005b). Nyare forskning visar fortfarande liknande resultat, att maskinell röjning kan vara konkurrenskraftigt med motormanuell röjning i eftersatta bestånd men annars inte (Storm 2017).

Andra alternativ till den konventionella röjsågen är kedjeröjsågen och studier har visat att den kan ha lägre kostnader vid eftersatta röjningar (Ligné 2004; Ligné et al. 2005a). Genom att nyttja kedjeröjsåg kan stammarna kapas i midjehöjd och därmed sänka kostnaderna för röjning.

1.2 Prestationsprognoser

På grund av att röjning endast är en kostnad där den framtida ekonomiska vinsten är osäker så leder det till att många, främst privata markägare, tvekar med att röja (Willén 2022). För att kunna veta vad röjningen kommer att kosta redan innan utförandet så har det tagits fram en rad prestationsprognoser/bortsättningsmallar.

Det som har betydelse för tidsåtgången vid röjning är främst antal röstammar och medelhöjden på dessa (Bergstrand et al. 1986; Needham & Hart 1991; SLA Norr 1991; Labbé 1995; Ligné et al. 2005b; Lebel & Dubeau 2007; Uotila et al. 2014; Gustavsson 2015; Arnič et al. 2021). Av dessa faktorer är det antal stammar som har den allra största påverkan (Bergstrand et al. 1986; Needham & Hart 1991; SLA Norr 1991; Lebel & Dubeau 2007; Uotila et al. 2014).

Andra faktorer som kan påverka tidsåtgången är kvoten mellan höjd och diameter (Ligné et al. 2005b), eller att antal tidigare ingrepp spelar en stor roll för produktiviteten (Arnič et al. 2021). Storleken på objektet kan också påverka tidsåtgången, mindre bestånd tar kortare tid att röja per ytenhet än större (Uotila et al. 2014). Även årstiden har en betydelse, tidsåtgången är högre på sommaren än på våren (Uotila et al. 2020). Barmark eller snötäckt mark har ingen signifikant skillnad i tidsåtgång (Sahlén 2005). Det har dessutom visat sig att tidsåtgång varierar kraftigt mellan olika utförare och att den kan vara så hög som 35 procent (Uotila et al. 2020).

SLA Norr (1991) är en normerande svensk prestationsprognos som vanligen används (Sahlén 2005; Gustavsson 2015; Karlsson et al. 2015; Sundström & Svensson 2019; Fahlvik et al. 2024). Normen bygger på Bergstrand et al. (1986) beräkningsmall med vissa ändringar. Enligt SLA Norr (1991) bestäms tidsåtgången för effektiv röjningstid av röstammar per hektar och medelhöjd. Därefter är det procenttillägg för andel røjgranar med lågt sittande grenar, förflyttningshinder (terräng och avverkningsrester) och andra hinder. Det är den bortsättningsmallen som detta arbete kommer att fokusera på.

Idag arbetar inte skogsbolagen praktiskt med prestationsprognoser. Vid ackordssättning på objektsnivå så utgår priset oftast från røjstammar per hektar och höjden. Prestationsprognoser kan finnas med i bakgrunden om det behövs göras rimlighetsbedömningar på fakturerad tidsåtgång. (pers. komm. Forsberg 2026; pers. komm. Persson 2026; pers. komm. Petersson 2026).

Det har visat sig att bortsättningsmallarna fungerar bäst vid normalrøjningar. Eftersatta bestånd är mycket svårare att prognosera med mallarna (Gustavsson 2015).

1.3 Terrängens betydelse

Trots att terrängen återkommande nämns som påverkande faktor saknas i stor utsträckning kvantifierade och jämförbara objektiva mått som kan integreras i prestationsprognoserna. Terrängen nämns ofta i diskussionen eller som en faktor som kan påverka tidsåtgången (Uotila et al. 2014; Arnič et al. 2021). Flera modeller tar inte med terrängfaktorn eftersom den anses vara insignifikant och för att kunna ha förenklade modeller (Needham & Hart 1991; Labbé 1995; Ligné et al. 2005b; Lebel & Dubeau 2007; Uotila et al. 2020).

SLA Norr (1991) är den enda prestationsprognos som tar med terrängen som en variabel för tidsåtgången. Det görs i form av ett procentuellt tillägg för ”förflyttningshinder (Terräng och avverkningsrester etc.)”, där det går från ”Inga små hinder” med inget tillägg till ”Mycket starkt hindrande” med ett tillägg på 50 procent. Tilläggen finns i fem klasser men det finns ingen direkt förklaring på vad det innebär, utan mer hur mycket det anses hindra. I Bergstrand et al. (1986) som SLA Norr (1991) bygger på, framgår det att inga av de inventerade ytorna som låg till grund för prestationsprognosen hade ytstruktur 5 och inte heller lutning 4.

Flera studier nämner terrängen och det verkar ha en varierande betydelse. Ingen studie kvantifierar och simplifierar det till variabler som går att jämföra objektivt. De som har med terräng som en påverkande faktor har inte gjort försök i krävande terräng. Därmed saknas kunskap om hur ytstruktur och lutning påverkar tidsåtgången vid motormanuell røjning. För att bidra till att fylla denna kunskapslucka undersöker det aktuella arbetet hur tidsåtgången påverkas vid de olika klasserna av ytstruktur och lutning enligt terrängtypschemat. Fokus kommer att ligga på de övre klasserna av terrängklasserna och därmed fånga upp och förklara hur tidsåtgången påverkas.

1.4 Syfte och mål

Syftet var att undersöka ytstrukturen och lutningens påverkan på tidsåtgången vid motormanuell röjning vid konventionell slutröjning av ungskogar.

Målet var att analysera om terrängens påverkan på tidsåtgången kan beskrivas mer specifikt genom att ersätta tillägget förflyttningshinder ur prestationsprognosen från SLA Norr (1991) med två separata procenttillägg för ytstruktur och lutning enligt terrängtypsschemat.

2. Material och metoder

2.1 Studiens design

Studien genomfördes som en fältbaserad arbetsstudie med syfte att undersöka ytstrukturen och lutningens påverkan vid motormanuell röjning. Upplägget gick ut på att med ett stratifierat urval lägga ut parceller jämnt fördelat på ytstruktur och lutning. All utrustning som användes i studien är listad enligt Bilaga 1.

Därefter, när parcellerna hade lagts ut, gjordes inledande mätningar för att registrera beståndsstrukturen på samtliga ytor. Det gjordes i form av en subjektiv provyta per parcell.

Vid genomförandet av röjningen i ytorna genomfördes en frekvensstudie för att kunna förklara tidsåtgången genom att analysera förekomsten av olika arbetsmoment. Start och stopptid för varje yta mättes för att fastställa den totala tidsåtgången per parcell.

Avslutningsvis genomfördes mätningar efter röjningen, varefter resultaten analyserades för att fastställa samband mellan tidsåtgång och terrängklass för ytstruktur respektive lutning.

2.2 Terrängtypsschema

Terrängtypsschemat enligt Berg (1982) är ett normerande system som används i svenskt skogsbruk för att klassificera terrängförhållanden. Syftet är att ha ett enhetligt system för hela skogsbruket att klassificera terrängförhållanden på. Terrängbeskrivningssystemet bygger huvudsakligen på tre delar: grundförhållande (G), ytstruktur (Y) och lutning (L). Dessa klassas var för sig i fem klasser, där klass 1 representerar hög bärighet (G), inga terräng eller hinder (Y) och ingen lutning (L). Klass 5 avser mycket dåligt grundförhållande (G), mycket hindrande terräng eller hinder (Y) och mycket hög lutning (L).

Klassningen är avsedd att vara tillämpbar och används bland annat i skogsbruksplaner och vid planering av skogliga åtgärder. Terrängtypsklassningen benämns GYL och skrivs som tre på varandra efterföljande siffror exempelvis 222. Hur GYL:en klassas finns det tydliga instruktioner på enligt Berg (1982).

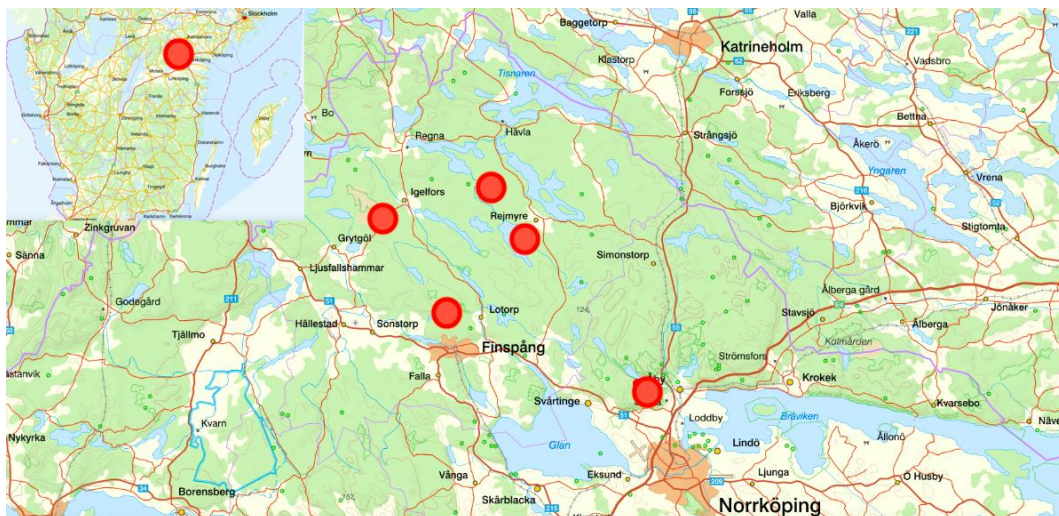
2.3 Försöksområde

Arbetsstudien är genomförd i Finspångs kommun, Östergötlands län med omnejd (Figur 1) och skogliga nyckeltal från området framgår av Tabell 1. Holmen skog stod som värd för objekten där försöken utfördes. Dessa objekt där parcellerna lades kunde enkelt väljas ut tack vare att GYL:en fanns tillgänglig för objekten. Med hjälp av Lantmäteriets Min Karta kunde områden med större lutning respektive mer blockighet lokaliseras innan fältbesök genomfördes för att enklare hitta lutning 4 och 5 samt ytstruktur 4 och 5.

Provytor lades ut i form av parceller (rektangulära försöksytor) som var 100 m², vilket motsvarade 0,01 hektar per parcell (Figur 2). Sidolängden på parcellerna skulle vara 7–14 meter brett. Totalt blev det 32 parceller, vilket gav en sammanlagd försöksareal på drygt 0,3 hektar. Parcellerna fördelades jämnt på ytstruktur och lutning, 17 på ytstruktur och 15 på lutning. Varje parcell märktes ut med snitslar (Figur 2). Vid parcellerna tillhörande ytstruktur var lutningen normal, vilket innebar klass 1 till 2 i lutning. För parcellerna tillhörande lutning var ytstrukturen klass 1 till 2.

Studien genomfördes med ett stratifierat urval, vilket innebar att populationen delades in i fördefinierade strata. Dessa strata utgjordes av terrängklassning 1 till 5 för ytstruktur respektive lutning. Parcellerna fördelades utifrån terrängklassning på ytstruktur respektive lutning. Detta för att parcellerna för respektive terrängtyp skulle fördelas över klasserna 1 till 5, men med en tonvikt på de övre klasserna 4 och 5 (Imbens & Lancaster 1996). GYL:en mättes på varje provyta och registrerades.

Fältningsarbetet gjordes i mars månad år 2026. Vädret var för det mesta klart eller molnigt med uppehåll (Figur 3). Det var barmark vid arbetet samt att det var relativt torrt i marken och fuktigt i låga partier.



Figur 1. Karta över Finspångs kommun med omnejd. De röda prickarna visar var objekten med parcellerna var belägna. Uppe till vänster visas en överblickskarta över Götaland.

Tabell 1. Skoglig statistik från Finspångs kommun som visar medelbonitet, virkesförråd, samt medelvärden på ytstrukturklass och lutningsklass. Källor: A: (Skatteverket 2023); B: (Von Segebaden 1975).

Faktor	Enhet	Värde
Medelbonitet	m ³ sk/ha/år	7,6 ^A
Virkesförråd:		
Barr	m ³ sk/ha	171 ^A
Löv	m ³ sk/ha	37 ^A
Totalt	m ³ sk/ha	208 ^A
Terrängförhållanden:		
Ytstruktur	-	2,6 ^B
Lutning	-	1,4 ^B



Figur 2. Foto taget före och efter röjning på parcell 15. Ytstruktur = 5. Bilden till höger visar tydligt att parcellen är rektangulär.



Figur 3. Fotot till vänster taget före och efter röjning på parcell 24. Lutning = 4. Fotot till höger visar att det var klart väder vid genomförandet av röjningen.

2.4 Inledande och avslutande mätningar

Innan röjningen påbörjades i varje parcell så utfördes inledande mätningar på en subjektiv cirkulär provyta i rutan. Provytan hade radien 2,82 m, vilket ger en provyta på 25 m² (Figur 4). Den subjektiva provytan placerades vid en representativ del av parcellen. Data dokumenterades i framtagna fältblankett (Bilaga 2). Faktorer som registrerades per provyta framgår av Tabell 2.



Figur 4. Röjspö på 2,82 meter som här används vid avslutande mätningar.
Foto: Carl Söderlöv 2026

Efter att frekvensstudien hade genomförts i varje parcell så utfördes avslutande mätningar (Figur 4). De gjordes i samma provytor som de inledande mätningarna. Syftet var att säkerställa att röjningsresultatet uppfyllde beställarens instruktioner. Data dokumenterades i framtagna fältblankett (Bilaga 4).

Data från de inledande mätningarna visade att bestånden var homogena beträffande ålder (Tabell 3). Åldern på bestånden låg inom intervallet 9-11 år. Övriga prestationspåverkande faktorer varierade, särskilt stammar per hektar, vilket tydligt kan ses i två av parcellernas före och efter foton (Figur 2; Figur 3).

Tabell 2. Värden som inhämtades vid de inledande- och avslutande mätningarna. Dgv = grundtyevägd medeldiameter.

Faktor	Enhet	Inledande mätningar	Avslutande mätningar
Medelhöjd	m	X	X
Stamantal	st/ha	X	X
Trädslagsfördelning	%	X	X
Medeldiameter (Dgv)	cm	X	X
Röjgranar med lågt sittande grenar	%	X	
Andra hinder (enligt SLA Norr 1991)	%	X	
Ståndortsindex	SI	X	
Ålder	år	X	
Grundförhållande	-	X	
Ytstruktur	-	X	
Lutning	-	X	

Tabell 3. Parcelldata med värden från de inledande mätningarna. Parcellerna med grå fyllning avser ytstruktur, övriga avser lutning. GYL = grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt terrängtypsschemat. TGL = trädslagets andel enligt tall, gran och löv. Dgv = grundytevägd medeldiameter. SI = Ståndortsindex.

Parcell	GYL	TGL	Dgv (cm)	Röjstammar höjd (m)	Röjstammar per ha	Ålder	SI	Röjgranar med lågt sittande grenar (%)	Andra hinder (%-tillägg)
1	311	541	2,8	2,4	11 200	11	G24	21%	0
2	212	460	2,0	3,1	4 800	11	G24	26%	0
3	222	136	1,3	2,4	7 200	9	T20	0	0
4	222	217	2,1	2,4	9 200	9	T24	0	0
5	232	226	2,4	2,5	14 800	9	T24	18%	0
6	232	226	1,7	2,8	9 200	9	T24	0	0
7	132	343	2,4	2,6	5 200	9	T20	0	0
8	142	217	1,3	2,5	9 600	9	T24	0	0
9	242	28	2,2	3,4	2 800	9	T24	0	0
10	142	316	1,3	2,2	6 400	9	T20	0	0
11	242	019	1,9	2,8	11 200	9	T24	0	0
12	252	019	1,3	3,0	56 000	9	T24	0	0
13	152	109	1,7	3,3	6 800	9	T24	0	0
14	152	0010	1,4	2,7	16 400	9	T24	0	0
15	251	109	1,3	2,5	21 400	9	T24	0	0
16	252	118	2,4	3,3	12 400	9	T24	0	0
17	252	127	2,1	2,8	6 400	9	T24	0	0
18	221	135	1,9	2,3	5 000	9	G24	0	0
19	222	127	2,6	3,3	8 000	9	G26	0	0
20	222	127	2,4	2,6	2 800	9	G26	0	0
21	213	226	2,4	2,4	2 800	11	G28	0	0
22	223	451	2,8	3,4	5 600	11	G28	0	0
23	223	334	2,4	2,9	2 800	11	G28	0	0
24	124	244	2,3	3,6	4 400	11	G28	10%	0
25	224	019	1,5	4,0	21 200	11	G28	0	0
26	224	136	2,7	1,7	4 800	11	G28	10%	0
27	224	019	2,6	4,4	16 400	10	G30	0	10
28	224	145	1,8	2,3	4 400	10	G30	0	0
29	125	136	1,9	3,0	4 800	11	G28	6%	0
30	125	145	1,8	2,5	4 800	11	G28	0	0
31	125	226	1,2	2,0	10 000	11	G28	0	0
32	225	028	1,9	2,8	9 600	10	G30	0	20

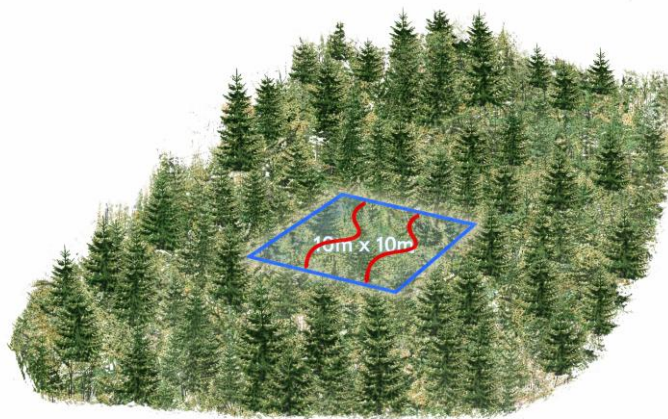
2.5 Genomförande

2.5.1 Röjningsform och arbetsplanering

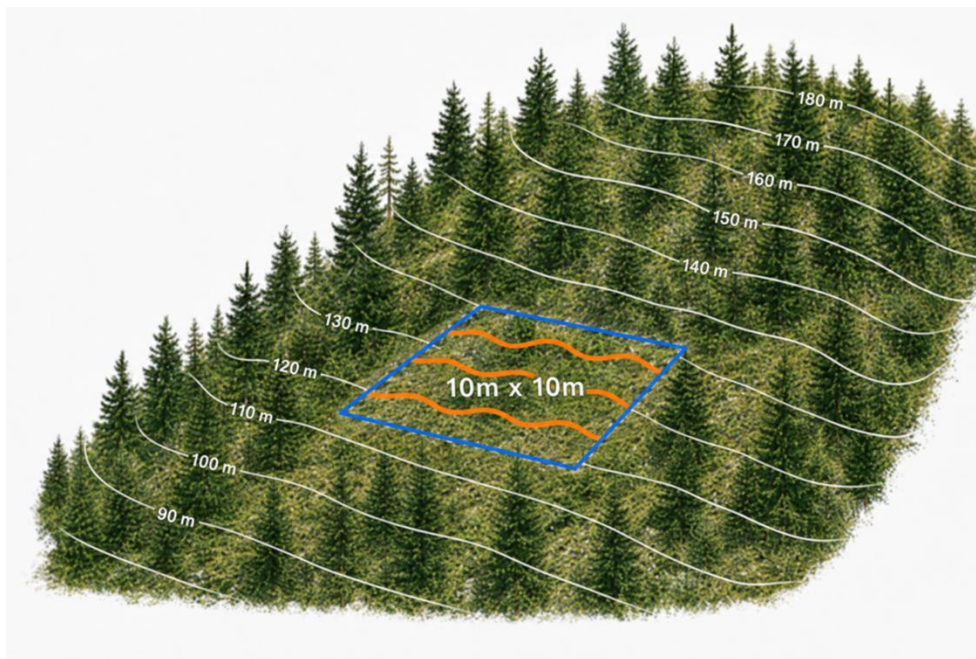
Röjningen utfördes i form av enkelställning, och arbetet genomfördes med en och samma arbetsplanering under hela försöket i alla parceller. Detta eftersom man strävade efter att uppnå ett så enhetligt röjningsresultat som möjligt i samtliga parceller. Arbetsplaneringen gick ut på att utföraren slingrade sig fram genom beståndet och røjde cirka 2–4 meter brett från ytans start till slut (Figur 5). När detta område var røjt så vände man tillbaka och røjde jämsides med det man redan hade røjt. Vid röjning i lutning så lades arbetsstråken längs med höjdkurvorna med start nedtill (Figur 6). På detta sätt så blev det ett väl igenomgången bestånd, med en minskad risk att delar missades att røjas i bestånden (Iwarsson 2001). Vid genomförandet av varje parcell var klingan filad och röjsågen tankad (Figur 7).

Båda operatörerna hade erfarenhet av professionell röjning. Den som utförde arbetet i ytstrukturparceller hade drygt 6 månaders erfarenhet. Operatören som røjde i lutningsparcellerna hade ungefär 1 års erfarenhet.

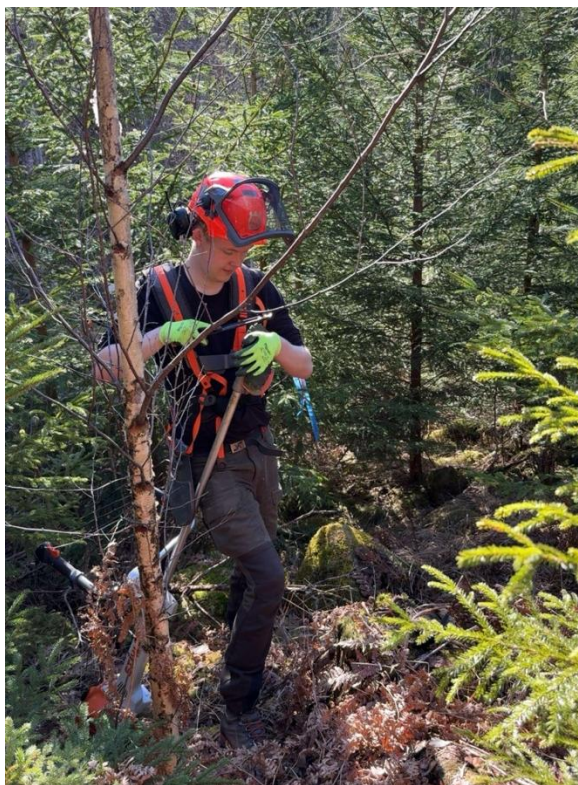
Arbetsinstruktionen som följdes var Holmen Skogs traktdirektiv som fanns till varje objekt. Där fanns information om hur många stammar som skulle vara kvar per hektar efter åtgärd. Dessutom så fanns det instruktioner om att koncentrera lövandelen, samt att lämna all tall och löv som var under 1 meter som viltfoder.



Figur 5. Ungskog som illustrerar hur arbetsplaneringen såg ut. (Bild skapad med Chat GPT från prompten “ skapa en bild med en ungskog som visar en blå ruta som är 10 x 10 meter och har två röda slingor som slingrar sig från topp till botten i sig “, 2026).



Figur 6. Ungskog som illustrerar hur genomförandet av arbetsmomentet röjning i lutning gick till. Start var nedtill. (bild skapad med Chat GPT från prompten “skapa en bild med ungskog i lutande terräng med höjdkurvor som visar en blå ruta som är 10 x 10 meter och har tre orangea slingor som går från höger till vänster”, 2026).



Figur 7. Filning av en klinga inför röjning av parcell 23. Foto: Axel Kindåker 2026

2.5.2 Tidsstudie

Under genomförandet av röjningen utfördes en frekvensstudie (Lindroos & Häggström 2023). Där även start och stopptid registrerades per parcell, vilket gav den totala tidsåtgången. I studien registrerades vilka arbetsmoment som genomfördes och på så vis vilka moment som tog upp mest tid. Registrering av arbetsmoment gjordes genom att det noterades vilka arbetsmoment (Tabell 4) som genomfördes var tionde sekund. Tidsstudien gjordes med hjälp av en metronom i mobiltelefonen som pep var 10:e sekund. Tidtagning började när klingen passerade parcellens yttergräns och avslutades när den sista stammen röjts och klingen lämnat parcellen.

Tabell 4. Frekvensstudiens momentgränser och prioritetsordning.

Arbetsmoment	Momentgränser	Prioritetsordning
Sågning	Från att klingen sätts i en stående stam tills kapningen är avslutad och klingen lämnar stammen	1
Rensning	Från att bortforsling eller sågning påbörjas i hängande eller liggande stam, tills den är nedtagen och fri från omgivande stammar eller att förflyttning påbörjas	1
Rekognosering	Stillastående utan att moment eller avbrott utförs	2
Förflyttning	Från att förflyttning påbörjas utan att klinga vidrör ved tills nytt arbetsmoment inleds	2
Avbrott	Skötsel, störning eller reparation som medför att arbetsuppgiften inte löses. Inget av ovanstående moment utförs	3

Tiden mättes i utnyttjad tid (h_U), vilket innebär både grundtid och avbrottstid. Resultaten omvandlades från h_U till verktid (G_0) i analysen genom att ta bort all avbrottstid, detta för att få effektiv röjtid och hur den påverkades av terrängen. Orsaken till vad som medförde avbrottstiden per parcell noterades. Frekvensstudien dokumenterades i framtagna fältblankett (Bilaga 3).

2.6 Dataanalys

Inledningsvis analyserades arbetsresultatet för att säkerställa att arbetet uppfyllde beställarens (Holmens) krav, främst avseende antal stammar per hektar efter åtgärd. Tre parceller togs bort från resultatet. Dessa parceller exkluderades eftersom de avvek i tidsåtgång med mer än 200 minuter per hektar från SLA Norrs (1991) prestation. Parcellerna var belägna i ytstruktur och lutning 1, och avvikelserna bedömdes bero på en kalibreringseffekt i början av datainsamlingen.

Därefter analyserades resultaten från frekvensanalysen. Lämpliga figurer skapades utifrån resultaten för att illustrera den procentuella fördelningen av arbetsmomenten (Tabell 2) inom respektive ytstrukturklass och lutningsklass. Från h_U per parcell togs avbrottstiden bort för att få fram G_0 , och slutligen omvandlas tidsåtgången per yta till tidsåtgång i minuter per hektar. Den tekniska utnyttjandegraden togs också fram.

Avslutningsvis gjordes det regressioner för att hitta ett statistiskt samband mellan tidsåtgång och ytstruktur respektive lutning. Regressionsanalys är ett vedertaget sätt att ta fram tidsåtgångssamband på (Lindroos & Häggström 2023).

Studien behövde anpassas efter tillgängliga röjningsobjekt, vilket innebar att beståndsstrukturerna varierade mellan parcellerna (Tabell 3). Därav gjordes en variansanalys (ANOVA) eftersom metoden möjliggör analys av både faktorer och kovariater vilket medger analys av terrängfaktorerna trots variation i beståndsstruktur som har större påverkan på tidsåtgången (Tavakoli 2015). Variansanalysen gjordes i statistikprogrammet Minitab med 95% konfidensnivå.

3. Resultat

3.1 Arbetsresultat

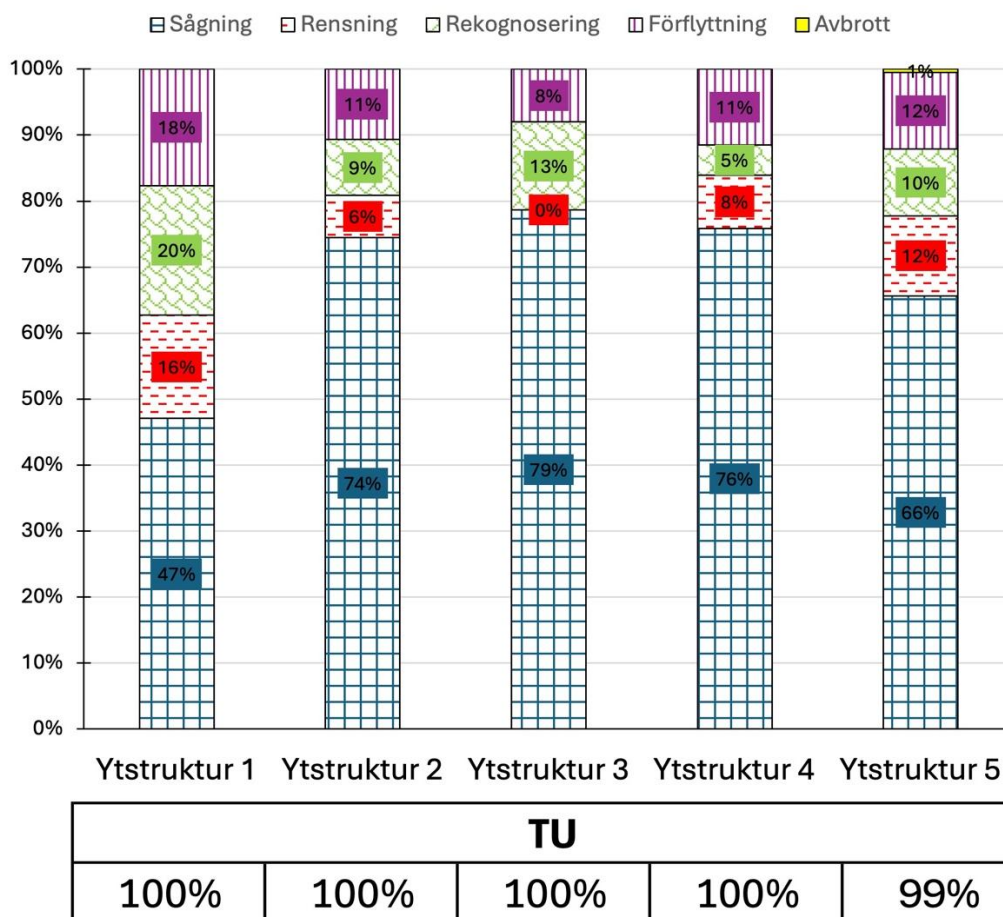
Stamantalet efter åtgärd uppgick i medel till 2 300 stammar per hektar (Tabell 5). Enligt trakttdirektiven skulle stamantalet efter åtgärd ligga på 2 400, vilket innebär att arbetet uppfyllde kraven. Före åtgärd uppgick stamantalet till 12 300 i genomsnitt, vilket motsvarar 10 000 röstammar per hektar.

Tabell 5. Parcelldata före och efter åtgärd. *samtliga stammar per hektar före rövning (röstammar inklusive kvarvarande stammar efter). TGL = trädslagens andel enligt tall, gran och löv. Dgv = grundytavägd medeldiameter.

Parcell	Terrängklassning		Höjd (m)		Stam/ha* (tusental)		TGL		Dgv (cm)	
	Y	L	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
1	1	1	2,4	3,0	11,2	2,0	541	064	2,8	3,5
2	1	2	3,1	5,5	4,8	2,8	460	820	2,0	7,5
3	2	2	2,4	3,8	7,2	1,6	136	0100	1,3	4,2
4	2	2	2,4	3,9	9,2	2,4	217	280	2,1	4,3
5	3	2	2,5	3,1	14,8	2,0	226	0100	2,4	3,8
6	3	2	2,8	4,5	9,2	2,4	226	0100	1,7	3,4
7	3	2	2,6	4,1	5,2	2,0	343	280	2,4	4,1
8	4	2	2,5	2,2	9,6	2,8	217	1000	1,3	4,7
9	4	2	3,4	4,5	2,8	1,2	28	0100	2,2	6,2
10	4	2	2,2	4,2	6,4	2,0	316	460	1,3	4,7
11	4	2	2,8	4,0	11,2	1,6	019	262	1,9	3,9
12	5	2	3,0	3,0	56,0	2,4	019	028	1,3	2,2
13	5	2	3,3	3,5	6,8	3,2	109	145	1,7	3,3
14	5	2	2,7	3,3	16,4	1,8	0010	037	1,4	2,5
15	5	1	2,5	1,8	21,4	3,2	109	505	1,3	2,8
16	5	2	3,3	4,7	12,4	2,0	118	442	2,4	4,3
17	5	2	2,8	4,2	6,4	2,4	127	262	2,1	3,8
18	2	1	2,3	2,8	5,0	2,4	135	0100	1,9	3,4
19	2	2	3,3	4,0	8,0	2,8	127	181	2,6	5,2
20	2	2	2,6	6,4	2,8	2,4	127	055	2,4	5,4
21	1	3	2,4	3,8	2,8	2,4	226	460	2,4	4,3
22	2	3	3,4	4,2	5,6	3,2	451	460	2,8	3,8
23	2	3	2,9	6,2	2,8	2,0	334	280	2,4	6,2
24	2	4	3,6	6,2	4,4	2,4	244	262	2,3	5,1
25	2	4	4,0	6,4	21,2	2,0	019	0100	1,5	7,2
26	2	4	1,7	6,6	4,8	2,0	136	280	2,7	5,6
27	2	4	4,4	4,6	16,4	2,4	019	280	2,6	6,8
28	2	4	2,3	3,8	4,4	2,4	145	280	1,8	6,3
29	2	5	3,0	5,9	4,8	2,8	136	181	1,9	5,2
30	2	5	2,5	5,9	4,8	2,4	145	0100	1,8	5,3
31	2	5	2,0	4,7	10,0	2,0	226	460	1,2	7,2
32	2	5	2,8	3,6	9,6	2,8	028	073	1,9	5,6

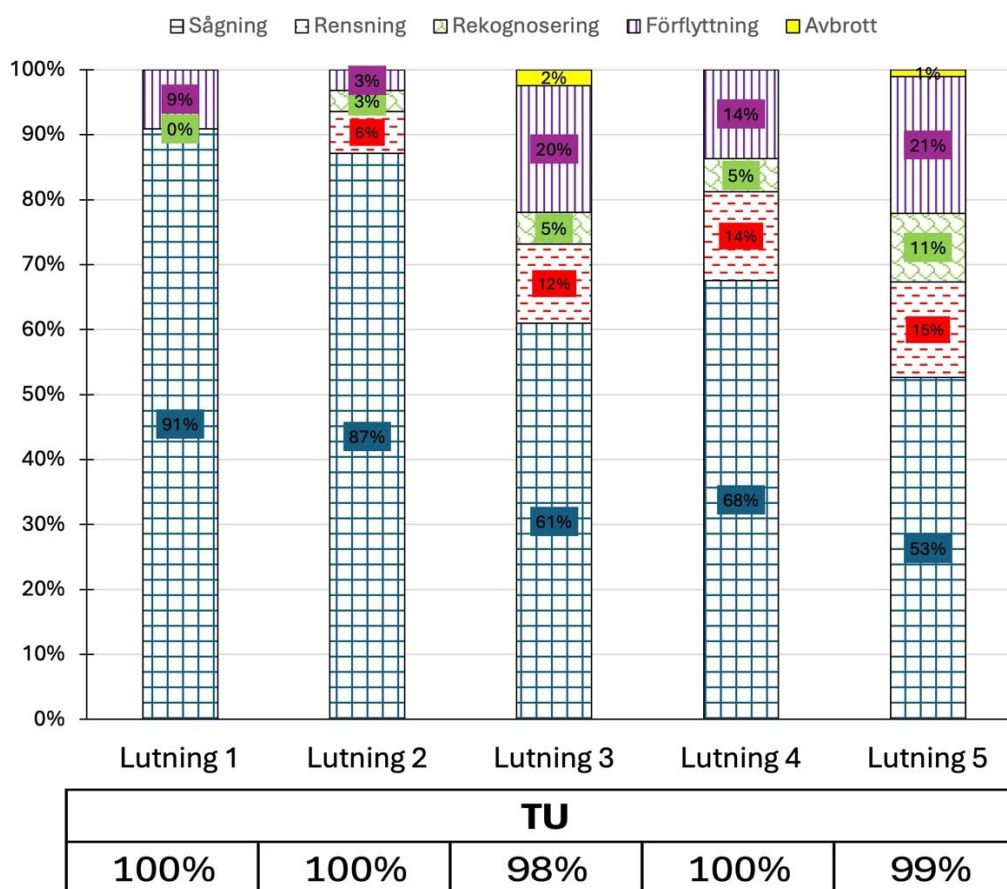
3.2 Momentindelning

För ytstrukturparcellerna framgick inga tydliga trender eller samband utifrån frekvensanalysen (Figur 8). *Ytstruktur 1* avvek från övriga klasser genom en betydligt mindre andel sågning (<50%) än resterande klasser (ca 70%). Den tekniska utnyttjandegraden (TU) låg stadigt på en hög nivå i samtliga klasser. Avbrottstiden berodde på ett fall i parcell 12.



Figur 8. Andel (procent) registrerade arbetsmoment (Tabell 4) i frekvensstudien för parcellerna 1–17 uppdelat på ytstrukturklasserna (1–5). Den tekniska utnyttjandegraden (TU) för de olika ytstrukturklasserna (1–5) framgår av tabellen under grafen.

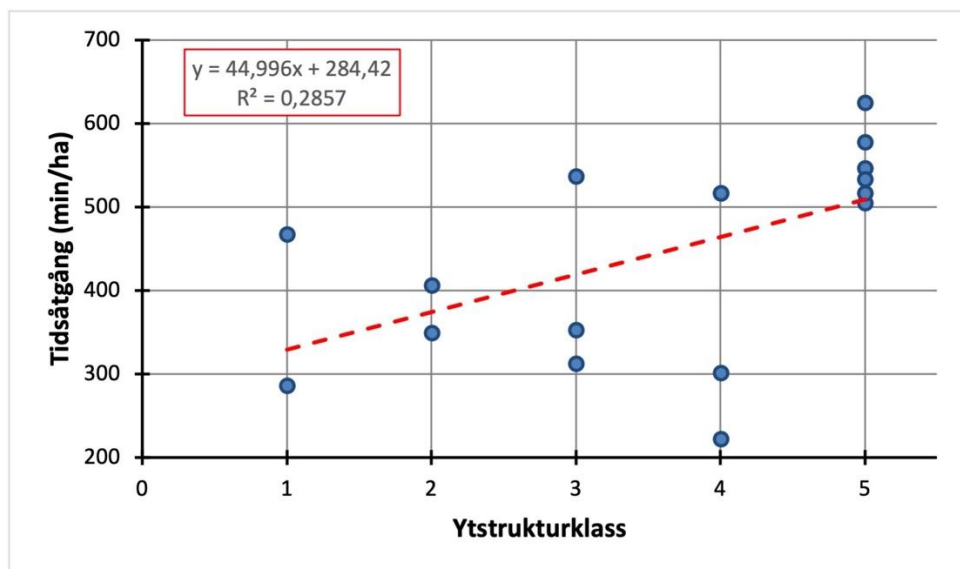
Från lutningsparcellerna framgick det att andelen sågning minskade med ökad lutning, samt att rensning och rekognosering ökade i brantare terräng (Figur 9). Den tekniska utnyttjandegraden (TU) låg konstant högt. *Lutning 3* stack ut något med en TU på 98%, vilket inte visade på några samband. Avbrottstiden kom från ett fall i parcell 23 samt en skada från parcell 32.



Figur 9. Andel (procent) registrerade arbetsmoment (Tabell 4) i frekvensstudien för parcellerna 18–32 uppdelat på lutningsklasserna (1–5). Den tekniska utnyttjandegraden (TU) för de olika lutningsklasserna (1–5) framgår av tabellen under grafen.

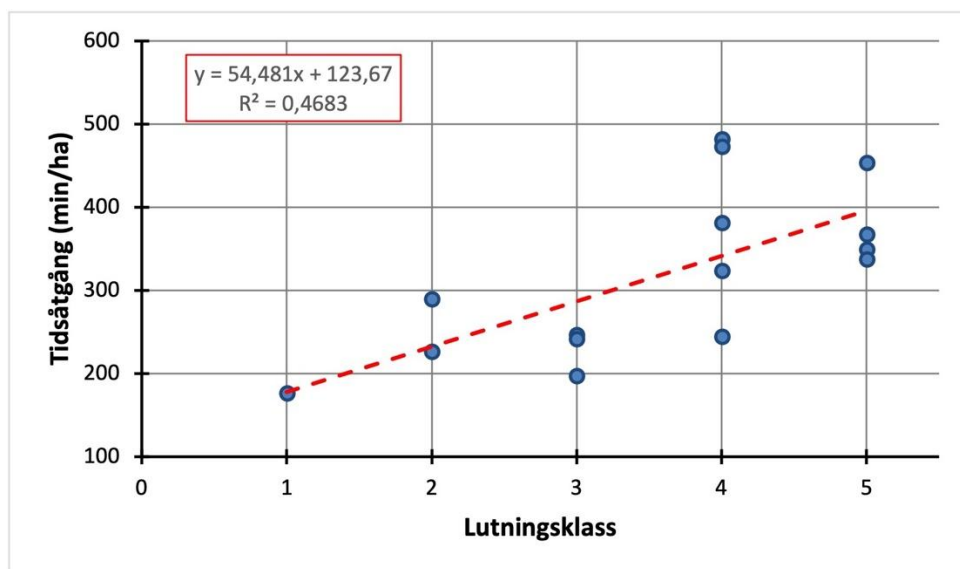
3.3 Tidsåtgång

Det fanns inget tydligt samband mellan ytstrukturklass och tidsåtgång, då förklaringsgraden var låg ($R^2=0,2857$) (Figur 10). Skillnaden i tidsåtgången kunde främst förklaras av stammar per hektar. Observationerna med högre tidsåtgång hade generellt även fler stammar.



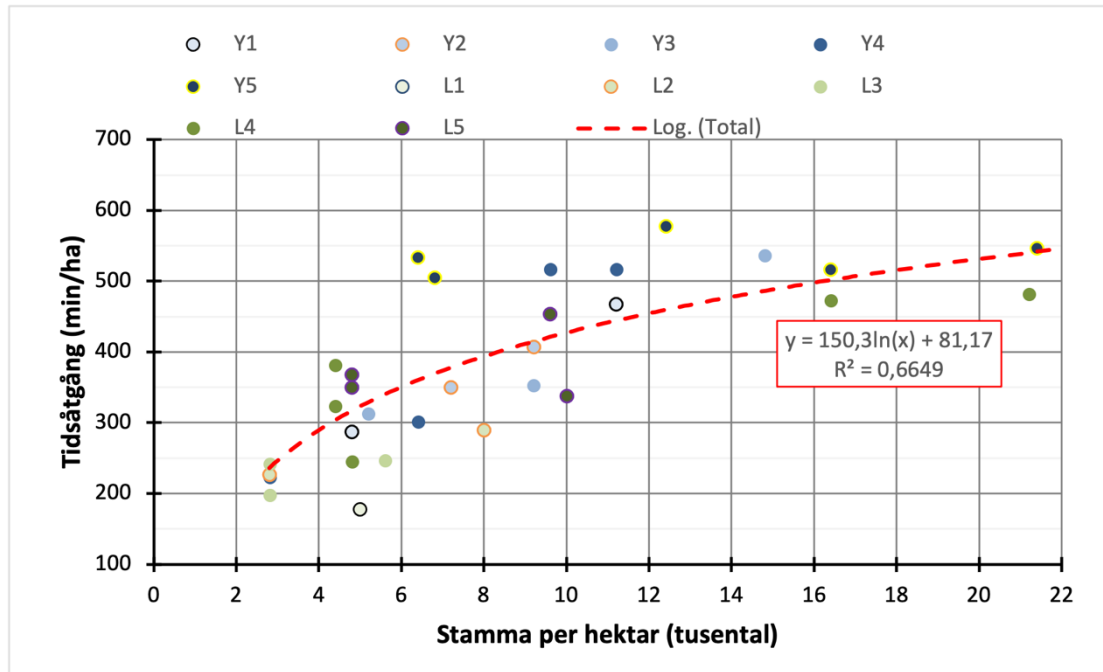
Figur 10. Samband mellan tidsåtgång (minuter per hektar) och ytstrukturklasser (1–5) för de 17 ytstrukturparcellerna. Punkterna representerar enskilda parceller och den streckade linjen visar sambandet med en linjär regression.

Även för lutningsklasserna var sambandet mellan tidsåtgång och lutning svagt, där även ett svagt samband framgick ($R^2=0,4683$) (Figur 11). De parceller som hade flest stammar per hektar motsvarade de observationerna med högst tidsåtgång. Detta indikerar att andra faktorer än lutningen påverkade tidsåtgången i denna regression.



Figur 11. Samband mellan tidsåtgång (minuter per hektar) och lutningsklasser (1–5) för de 15 lutningsparcellerna. Punkterna representerar enskilda parceller och den streckade linjen visar sambandet med en linjär regression.

Antalet stammar per hektar uppvisade ett relativt tydligt samband med tidsåtgången, med en hög förklaringsgrad ($R^2=0,6649$) (Figur 12). Tidsåtgången ökade i takt med ett högre stamantal. Ökningstakten planade ut rejält vid 20 000 stammar per hektar.



Figur 12. Sambandet mellan stammar per hektar (st/ha) i tusental och tidsåtgång (min/ha) för samtliga 32 parceller. De olika färgade prickarna representerar de olika ytstrukturklasserna och lutningsklasserna (1–5). En logaritmisk trendlinje (röd linje) visar ett relativt starkt samband.

Predicerade värden beräknades separat för lutning och ytstruktur utifrån en logaritmisk trendlinje (Bilaga 6). Dessa värden användes sedan för att ta fram residualer för respektive terrängtyp, vilka illustrerade tidsåtgångens spridning kring det predicerade värdet (Bilaga 7; Bilaga 8). Spridningen i tidsåtgång, och därmed residualernas storlek, ökade i takt med ökad terrängklass.

En variansanalys (ANOVA) genomfördes för att undersöka statistiskt hur ytstrukturen respektive lutningen påverkade tidsåtgången (Tabell 6). Lutningen visade sig ha en signifikant effekt ($P=0,046$). Ytstrukturen påvisade inte en signifikant säkerställd effekt ($P=0,392$).

Tabell 6. Variansanalys (ANOVA) för tidsåtgången (LN min/ha). Y = parcellerna 1–17 (ytstruktur), L = parcellerna 18–32 (lutning), Röjare = skillnaden i utförare, LN st/ha = det logaritmiska stamantalet per hektar. DF (frihetsgrader) = 31. Adj SS (justerad kvadratsumma) = 3,73637. Adj MS = medelkvadrat.

Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
LN ST/ha	1	0,64678	0,646783	19,32	0,000
Y	4	0,14442	0,036105	1,08	0,392
L	4	0,38949	0,097373	2,91	0,046
Röjare	1	0,16627	0,166274	4,97	0,037
Fel (Error)	21	0,70290	0,033471		
Lack-of-Fit	19	0,68798	0,036210	4,86	0,184
Pure Error	2	0,01491	0,007457		
Totalt	31	3,73637			

För att förklara vilka lutningsklasser som skilde sig åt signifikant så utfördes en Tukey post hoc analys (Bilaga 9). Resultaten från analysen visade att skillnaden var signifikant mellan klass 5 och 1 ($P=0,019$), samt klass 4 och 1 ($P=0,029$). Ingen signifikant skillnad återfanns i jämförelsen mellan några andra klasser.

4. Diskussion

4.1 Huvudresultat

Variationsanalysen (Tabell 6) visade att ytstrukturen inte verkar ha någon statistiskt säkerställd påverkan på tidsåtgången. Även om högre ytstrukturklasser uppvisade en tendens till ökad spridning och högre tidsåtgång (Bilaga 7), kunde inget statistiskt signifikant samband påvisas. Däremot hade lutningen en signifikant påverkan på tidsåtgången (Tabell 6). Analysen visade statistiskt säkerställda skillnader mellan lutningsklass 5 och klass 1 samt mellan klass 4 och klass 1. Mellan övriga lutningsklasser kunde dock inga signifikanta skillnader påvisas.

4.2 Jämförelse med befintlig kunskap

Tidigare studier inom motormanuell röjning har generellt inte kunnat påvisa något tydligt samband mellan terrängfaktorer och tidsåtgången (Needham & Hart 1991; Labbé 1995; Ligné et al. 2005b; Lebel & Dubeau 2007). Flera av studierna har haft som mål att ta fram prestationsprognoser för motormanuell röjning. Fokus har därför legat på total tidsåtgång snarare än hur enskilda arbetsmoment påverkas av terrängen.

Resultatet i föreliggande studie skiljer sig delvis från tidigare forskning. Variationsanalysen visade att ytstrukturen inte hade någon statistiskt säkerställd påverkan på tidsåtgången. Detta överensstämmer med tidigare studier (Needham & Hart 1991; Labbé 1995; Ligné et al. 2005b; Lebel & Dubeau 2007; Uotila et al. 2020). Däremot påvisades en signifikant påverkan av lutning. Liknande resultat observerades även av Ligné et al. (2005b), medan flera andra studier inte visade någon statistisk säkerställd effekt av lutning på tidsåtgången (Needham & Hart 1991; Labbé 1995; Lebel & Dubeau 2007; Uotila et al. 2020).

Prestationsprognosen från Bergstrand et al. (1986) som SLA Norr (1991) baseras på, omfattar inte ytstrukturklass 5. Modellen inkluderade inte heller lutningsklass 4 och 5. I den aktuella studien ingick däremot dessa extrema klasser i större omfattning. Variationer i mer extrema terrängförhållanden fångades därför upp tydligare. Detta kan ha ökat sannolikheten att identifiera statistiskt säkerställda skillnader i tidsåtgång, vilket kan förklara varför tidigare studier inte identifierat samma samband mellan lutning och tidsåtgång som påvisades i föreliggande studie (Needham & Hart 1991; Labbé 1995; Lebel & Dubeau 2007; Uotila et al. 2020).

4.3 Förklaring av den nya kunskapen

Resultaten från frekvensstudien stödjer resultatet från variationsanalysen. För ytstrukturen kunde inga tydliga skillnader identifieras mellan arbetsmomenten (Figur 8). Däremot observerades skillnader mellan lutningsklasserna. En möjlig förklaring är att arbete i brantare terräng kräver mer planering och försiktighet. Förflyttning mellan stammarna blir mer tidskrävande. Detta innebär sannolikt att mindre tid kan läggas på sågning och mer tid på rekognosering, förflyttning och

rensning (Figur 9). Detta kan förklara varför tidsåtgången ökade vid högre lutningsklasser.

Sågning är det arbetsmoment som direkt driver arbetet framåt, medan rekognosering, förflyttning och rensning utgör stödjande arbetsmoment. När en större andel av arbetet läggs på stödjande arbetsmoment minskar därmed arbetets effektivitet (Campu & Ciubotaru 2017).

Att lutningen visade en signifikant påverkan i studien kan sannolikt förklaras av skillnader i försöksytornas terrängförhållanden. Ligné et al. (2005b) saknade exempelvis försöksytor i lutningsklass 3 till 5 vid motormanuell röjning. Studien innehöll inte heller några försöksytor i ytstrukturklass 3 eller 5 och endast en försöksyta i ytstrukturklass 4.

Trots att högre ytstrukturklasser visade en tendens till ökad tidsåtgång (Bilaga 7) kunde ingen statistiskt säkerställd effekt påvisas. En möjlig förklaring är en inlärningskurva under arbetets gång. Detta antyds av den högre tidsåtgången (Figur 10) och de avvikande arbetsmomenten i ytstrukturklass 1 jämfört med den övergripande trenden (Figur 8). I ytstruktur 1 utgjorde mindre än 50 procent av tiden sågning medan det i de andra klasserna låg runt 70 procent (Figur 8). Det är därför möjligt att variationer i arbetssätt under en inlärningskurva samt kalibrering påverkade resultaten för ytstruktur mer än själva terrängen.

Resultaten är relevanta ur ett praktiskt perspektiv eftersom motormanuell röjning fortsatt är den vanligaste arbetsmetoden (Pettersson et al. 2012). Flera studier har undersökt möjligheten att ersätta motormanuell röjning med maskinella metoder, exempelvis stråkröjning, i syfte att minska röjningskostnaderna. Trots detta används motormanuell röjning fortfarande i stor omfattning, särskilt i svår terräng (Bergkvist 2006; Bergkvist 2007; Eriksson 2012; Storm 2017). Det innebär att det fortsatt är relevant att undersöka vilka faktorer som påverkar tidsåtgången vid motormanuell röjning.

4.4 Studiens styrkor och svagheter

En av studiens främsta styrkor är att den genomfördes som fältbaserad arbetsstudie. Resultaten bygger därför på direkt observerat arbete i fält och inte på exempelvis fakturadata eller tidigare sammanställda underlag.

En annan styrka är det stratifierade urvalet av terrängklasser. Försöksytorna valdes medvetet ut för att representera olika lutnings- och ytstrukturklasser. Detta gav ett tydligare underlag och minskade bruset i materialet.

Ytterligare en styrka är att samma utförare genomförde hela ytstrukturdelen respektive en annan för hela lutningsdelen. Operatörseffekten hölls därmed konstant inom respektive delstudie, vilket minskade variationen mellan försöksytorna.

En svaghet är att en möjlig inlärningskurva påverkade resultaten. Operatörerna genomförde flera parceller efter varandra, vilket kan ha påverkat arbetssätt och effektivitet under studiens gång.

En annan svaghet är att två olika utförare genomförde varsin del av studien. Operatörerna hade olika erfarenheter och arbetssätt, vilket innebär att resultat från ytstruktur- och lutningsdelen inte kan jämföras direkt med varandra. Detta kan ha ökat variationen mellan delstudierna.

Studiens mål var att undersöka möjligheten att föreslå procentuella tillägg för ytstruktur och lutning i prestationsprognoser. Detta mål kunde inte uppfyllas, eftersom variationen i övriga prestationspåverkande faktorer (exempelvis røjstammarnas stamantal, røjstammarnas höjd, träds slag, mm.) var för stor för att terrängfaktorernas samband skulle kunna påvisas.

4.5 Rekommendationer

Om resultat från studien ska användas som underlag för att justera prestationsprognoser eller procentuella tillägg i tidsåtgång rekommenderas en mer omfattande undersökning. I den aktuella studien observerades stora skillnader mellan operatörer, vilket även tidigare studier påvisat (Uotila et al. 2020).

För framtida tidsstudier rekommenderas att ha med flera operatörer från flera företag. Detta skulle kunna leda till ett mer representativt underlag. Om resultaten kring lutningens påverkan kan bekräftas i större studier bör dessa faktorer beaktas i framtida prestationsprognoser för motormanuell røjning.

4.6 Slutsatser

Baserat på studiens resultat kan följande slutsatser dras:

- Tidsåtgången verkar öka signifikant vid högre lutningsklasser. Av studien påvisades statistiskt säkerställda skillnader i tidsåtgång mellan lutningsklass 1 och klass 4 respektive klass 5. Resultaten tyder därmed på att lutning kan ha större betydelse för tidsåtgången vid motormanuell røjning än vad tidigare forskning kunnat visa.
- Däremot verkar det inte finnas några statistiskt säkerställda samband mellan tidsåtgång och olika klasser av ytstruktur. Även om studiens resultat visar på en tendens att tidsåtgången ökar med ökad ytstruktur så var skillnaderna mellan klasserna inte statistiskt signifikanta.
- Resultaten indikerar att åtminstone lutning kan vara relevant att integrera i prestationsprognoser för motormanuell røjning. För att kunna fastställa praktiskt användbara tillägg för olika lutningsklasser krävs dock mer omfattande studier med fler operatörer.

Referenser

- Ahnlund Ulvcróna, K., Claesson, S., Sahlén, K. & Lundmark, T. (2007). The effects of timing of pre-commercial thinning and stand density on stem form and branch characteristics of *Pinus sylvestris*. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 80(3), 323–335. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm011>
- Ahnlund Ulvcróna, K., Kiljunen, N., Nilsson, U. & Ulvcróna, T. (2011). Tree mortality in *Pinus sylvestris* stands in Sweden after pre-commercial thinning at different densities and thinning heights. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 26(4), 319–328. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.564205>
- Ahnlund Ulvcróna, K., Karlsson, K. & Ulvcróna, T. (2014). Identifying the biological effects of pre-commercial thinning on diameter growth in young Scots pine stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 29(5), 427–435. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.919354>
- Arnič, D., Krč, J. & Diaci, J. (2021). Modeling of time consumption for selective and situational precommercial thinning in mountain beech forest stands. *iForest*. 14(2), 137–143. <https://doi.org/10.3832/ifor3556-014>
- Berg, S. (1982). *Terrängtypsschema för skogsarbete*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Bergkvist, I. (2006). *Praktisk uppföljning visar att stråkröjning har stor potential*. (Resultat nr 2). Skogforsk.
- Bergkvist, I. (2007). *Stråkröjning i praktisk drift 2005-2006*. (Redogörelse nr 1). Skogforsk.
- Bergstrand, K-G., Lindman, J. & Petré, E. (1986). *Underlag för prestationsmål för motormanuell röjning*. (Redogörelse nr 7). Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Campu R. V. & Ciubotaru A. (2017). Time consumption and productivity in manual tree felling with a chainsaw – a case study of resinous stands from mountainous areas. *Silva Fennica*. 51(2), 1657. <https://doi.org/10.14214/sf.1657>
- Eriksson, A. (2012). *Röjningsformens effekt på tallens (Pinus sylvestris L.) tillväxt och kvalitetsegenskaper*. 2012(6). Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-1038>
- Fahlvik, N., Trubins, R., Holmström, E., Sonesson, J., Lundmark, T. & Nilsson, U. (2024). Abandoning conversion from even-aged to uneven-aged forest

- stands – the effects on production and economic returns. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 39(2), 77–88.
<https://doi.org/10.1080/02827581.2024.2303401>
- Gustavsson, H. (2015). *Tidsåtgång och kostnader för försenad röjning*. 2015(10). Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-5104>
- Hjelmqvist, R. (2016). *Jämförelse av produktivitet och kostnader för drivningsarbetet vid två olika förröjningsnivåer i första gallring av konfliktbestånd*. 2016(17). Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi. <https://stud.epsilon.slu.se/9722/>
- Huuskonen, S. & Hynynen, J. (2006). Timing and intensity of precommercial thinning and their effects on the first commercial thinning in Scots pine stands. *Silva Fennica*. 40, 645–662. <https://doi.org/10.14214/sf.320>
- Imbens, G. & Lancaster, T. (1996). *Efficient estimation and stratified sampling*. Journal of Econometrics. 74(2), 289–318. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(95\)01756-9](https://doi.org/10.1016/0304-4076(95)01756-9)
- Iwarsson, M. (2001). *Motormanuell röjning*. (Handledning). Skogforsk.
- Karlsson, L., Nyström, K., Bergström, D. & Bergsten, U. (2015). Development of Scots pine stands after first biomass thinning with implications on management profitability over rotation. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 30(5), 416–428.
<https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1023351>
- Labbé, C. (1995). Influence des facteurs de terrain sur la productivité des travailleurs lors d'une éclaircie précommerciale (peuplement résineux). Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Sainte-Foy, QC. Mémoire de recherche forestière (119).
- Lebel, LG. & Dubeau, D. (2007). *Predicting the productivity of motor-manual workers in precommercial thinning operations*. The Forestry Chronicle 83(2). <https://doi.org/10.5558/tfc83215-2>
- Ligné, D. (2004). *New technical and alternative silvicultural approaches to pre commercial thinning*. Diss. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria. 33, 1–46. <https://pub.epsilon.slu.se/675/>
- Ligné, D., Nordfjell, T. & Karlsson, A. (2005a). New Techniques For Pre-Commercial Thinning – Time Consumption and Tree Damage Parameters. *International Journal of Forest Engineering*. 16(2), 89–99.
<https://doi.org/10.1080/14942119.2005.10702518>

- Ligné, D., Eliasson L. & Nordfjell, T. (2005b). Time consumption and damage to the remaining stock in mechanised and motor manual pre-commercial thinning. *Silva Fennica*. 39(3), 379. <https://doi.org/10.14214/sf.379>
- Lindroos, O. & Häggström, C. (2023). *Introduktion till skogliga arbetsstudier – med särskilt fokus på tidsstudier*. (Kompendium). Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi.
- Manner, J., Johansson, R., Normark, E., Lundström, H. & Jönsson, P. (2018). *Möjligheter och utmaningar inom maskinell röjning*. (Arbetsrapport 967). Skogforsk.
- Needham, T. & Hart, D. (1991). Forest stand factors affecting precommercial thinning productivity. University of New Brunswick, Department of Forest Engineering. (Information Report, Inuvik/UNB-1).
- Nilsson, P., Markström, M. & Fridman, J. (2025). *Skogsdata 2025 : aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen 2025 Tema: Tillväxt, avverkning och naturlig avgång*. SLU Institutionen för skoglig resurshushållning. <https://res.slu.se/id/publ/143434>
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Karlsson A. (2012). *Skogsskötselserien nr 6, Röjning*. Skogsstyrelsen.
- Sahlén, J. (2005). *Röjning på snö och röjning på barmark : effekter på produktivitet och kvarvarande bestånd*. 2005(9). Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-8026>
- Skatteverket. (2023). *Beskrivning av värdeområden AFT 23 E-län 05 Östergötland*. Skatteverket. <https://www.skatteverket.se/download/18.6e8a1495181dad5408465a/1708607939696/Beskrivning%20v%C3%A4rdeomr%C3%A5de%20f%C3%B6r%20skogsmark%201%C3%A4n%2005.pdf> [2026-03-11]
- Skogsaktuellt. (2020). Skogforsk: Därför är det svårt hitta arbetskraft i skogen. <https://www.skogsaktuellt.se/artikel/2225368/skogforsk-drfr-r-det-svrt-hitta-arbetskraft-i-skogen.html> [2026-02-26]
- Skogsstyrelsen. (2024). *Kostnader i det storskaliga skogsbruket: Kostnader för skogsvård*. <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/ekonomi/kostnader-i-det-storskaliga-skogsbruket/#kostnader-for-skogsvard> [2026-02-09]
- SLA Norr. (1991). *Prognosunderlag – Motormanuell röjning och förrensning*.
- Storm, M. (2017) *Maskinell röjning - Ett konkurrenskraftigt alternativ till skogsarbetare*. Yrkeshögskolan novia. Skogsbruksingenjör.

- Sundström, J. & Svensson, T. (2019). *Ekonomisk jämförelse av röjningsmetoderna rotryckning och motormanuell röjning i Götaland och södra Norrland*. 2019(24). Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-10692>.
- Tavakoli, A. (2015). Overview of Analysis of Covariance (ANCOVA) Using GLM in SAS®. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4481.5528>
- Uotila, K., Saksa, T., Rantala, J. & Kiljunen, N. (2014). Labour consumption models applied to motor-manual pre-commercial thinning in Finland. *Silva Fennica*. 48(2), 982. <https://doi.org/10.14214/sf.982>
- Uotila, K., Miina, J., Saksa, T., Store, R., Kärkkäinen, K. & Härkönen, M. (2020). Low cost prediction of time consumption for pre-commercial thinning in Finland. *Silva Fennica*. 54(1), 10196. <https://doi.org/10.14214/sf.10196>
- Varmola, M. & Salminen, H. (2004). Timing and intensity of precommercial thinning in *Pinus sylvestris* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 19(2), 142–151. <https://doi.org/10.1080/02827580310019545>
- Von Segebaden, G. (1975). Riksskogstaxeringens terrängklassificering åren 1970-1972. Institutionen för skogstaxering, Skogshögskolan. Rapporter och Uppsatser nr 19.
- Willén, E. (2022). *RöjSAT – Artificiell intelligens och Internet of things i röjning*. Skogforsk. <https://www.skogforsk.se/projekt/arkiv/rojsat--artificiell-intelligens-och-internet-of-things-i-rojning/> [2026-03-04]

Personlig kommunikation

Forsberg, Stefan. Inköp (skogsvård, planer, vägtjänster). Södra Skog. Telefonsamtal. 2026-04-24.

Persson, Cecilia. Produktionsansvarig Skogsvård. Norra Skog. Telefonsamtal. 2026-04-24.

Petersson, Gustav. Skogsvårdsledare. Holmen Skog. Telefonsamtal. 2026-03-12.

Bilagor

Bilaga 1: Tabell med materiel som nyttjades till studien

Bilaga 2: Fältblankett för inledande mätningar

Bilaga 3: Fältblankett för frekvensstudie

Bilaga 4: Fältblankett för avslutande mätningar

Bilaga 5: Tidsåtgång för parcellerna

Bilaga 6: Tidsåtgång och stammar/ha

Bilaga 7: Residualanalys för ytstruktur

Bilaga 8: Residualanalys för lutning

Bilaga 9: Tukey post hoc analys

Bilaga 10: Foton tagna före och efter röjning på ytstrukturparcellerna del 1

Bilaga 11: Foton tagna före och efter röjning på ytstrukturparcellerna del 2

Bilaga 12: Foton från ytstrukturparcellerna

Bilaga 13: Foton från lutningsparcellerna

Bilaga 1: Tabell med materiel som nyttjades till studien

Tabell 7. Sammanställning av den materiel som används vid datainsamling och genomförande av fältarbete i studien.

Kategori	Verktyg
Fältdatainsamling	Bensindriven klingröjsåg Röjspö 2,82 m Huggarband, 15 m Höjdmätare Kompass Jordsond Tidtagarur Metronome (app) Snitselband Fältblanketter Pennor Bränsle Kombinyckel Rundfil med mall Skjutmått Mobiltelefon Google Maps
Skyddsutrustning	Hjälms försedd med ögon- och hörselskydd Skyddskängor Varselkläder på överkropp Arbetshandskar Första förband
Dataanalys	Dator Minitab Microsoft Excel Microsoft Word

Bilaga 2: Fältblankett för inledande mätningar

Fältblankett för inventering av parceller innan utförd röjning.

Inledande mätningar			
Parcell:			Datum:
Parcell	GYL	TGL	Dgv (cm)
Röjstammar per ha (k)	Ålder	SI	Röjstammar höjd(m)
Röjgranar med lågt sittande grenar (%)	Andra hinder (%-tillägg)		

Noter:

Bilaga 3: Fältblankett för frekvensstudie

Fältblankett för frekvensstudie. Totalt utnyttjad tid dokumenteras för varje parcell och frekvens motormanuell röjning noteras.

Datum:	Parcell _____	GYL _____
Väder:		Röjare:
Klockslag (Start):	(Stop):	Totaltid:
Frekvensstudie (moment per 10e sekund) Utnyttjad tid		
Prio 1 Sågning		
Prio 1 Rensning		
Prio 2 Rekognosering		
Prio 2 Förflyttning		
Prio 3 Avbrott		

Sågning: Från att klingan sätts i en stående stam tills kapningen är avslutad och klingan lämnar stammen

Rensning: Från att bortforsling eller sågning påbörjas i hängande eller liggande stam, tills den är nedtagen och fri från omgivande stammar eller att förflyttning påbörjas

Rekognosering: Stillastående utan att moment eller avbrott utförs

Förflyttning: Från att förflyttning påbörjas utan att klinga vidrör ved tills nytt arbetsmoment inleds

Avbrott: Skötsel, störning eller reparation som medför att arbetsuppgiften inte löses. Inget av ovanstående moment utförs

NOTER:

Bilaga 4: Fältblankett för avslutande mätningar

Fältblankett för uppföljning av parcellerna efter utförd röjning.

Avslutande mätningar		
Datum:		
Parcell	GYL	TGL
Dgv (cm)	Huvudstammar höjd (m)	Huvudstammar per ha (k)
Noter:		

Bilaga 5: Tidsåtgång för parcellerna

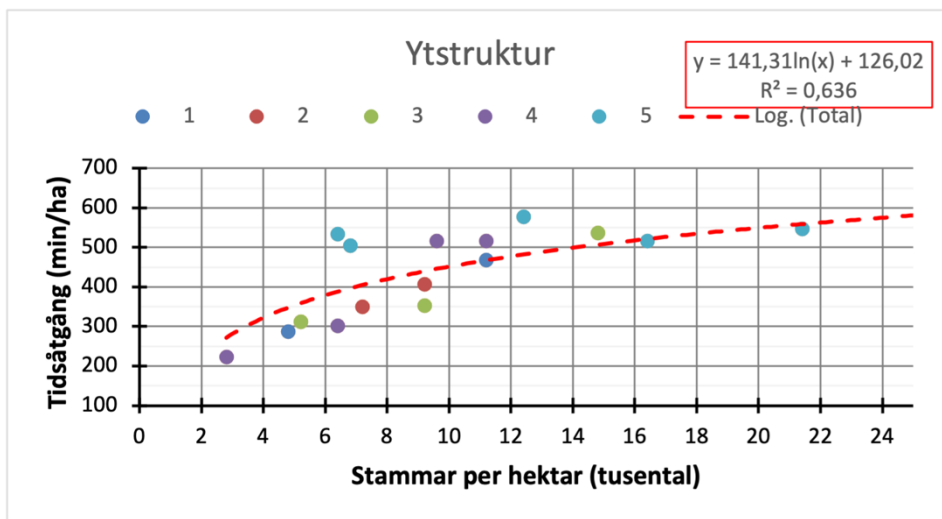
Tidsåtgången (G_0) i minuter/ha för samtliga parcellerna.

Tabell 8. Total tidsåtgång (G_0 min/ha) med tillhörande ytstruktur (Y) och lutning (L) för samtliga parceller.

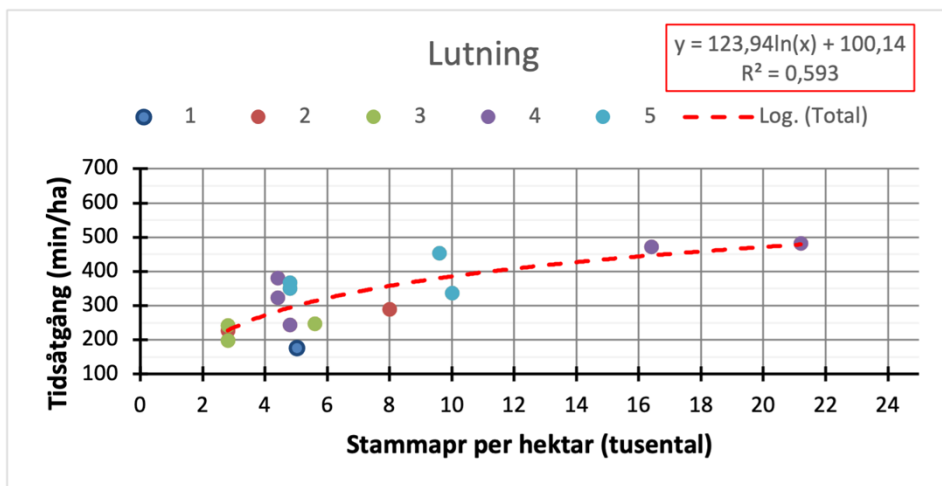
Parcell	Tidsåtgång (min/ha) $G(0)$	Y	L
1	468	1	1
2	287	1	2
3	350	2	2
4	407	2	2
5	537	3	2
6	353	3	2
7	313	3	2
8	517	4	2
9	223	4	2
10	302	4	2
11	517	4	2
12	625	5	2
13	505	5	2
14	517	5	2
15	547	5	1
16	578	5	2
17	534	5	2
18	177	2	1
19	290	2	2
20	227	2	2
21	198	1	3
22	247	2	3
23	242	2	3
24	324	2	4
25	482	2	4
26	245	2	4
27	473	2	4
28	382	2	4
29	368	2	5
30	350	2	5
31	338	2	5
32	454	2	5

Bilaga 6: Tidsåtgång och stammar/ha

En regressionsanalys med tidsåtgången och röstammar per hektar visade att tidsåtgången signifikant beror på antal stammar per hektar (Figur 13) för ytstruktur ($R^2=0,636$), och nästan signifikant ($R^2=0,593$) för lutningen (Figur 14). De höga R^2 -värdena indikerar att de logaritmiska trendlinjerna ger en god beskrivning av sambandet mellan tidsåtgång och antal röstammar per hektar



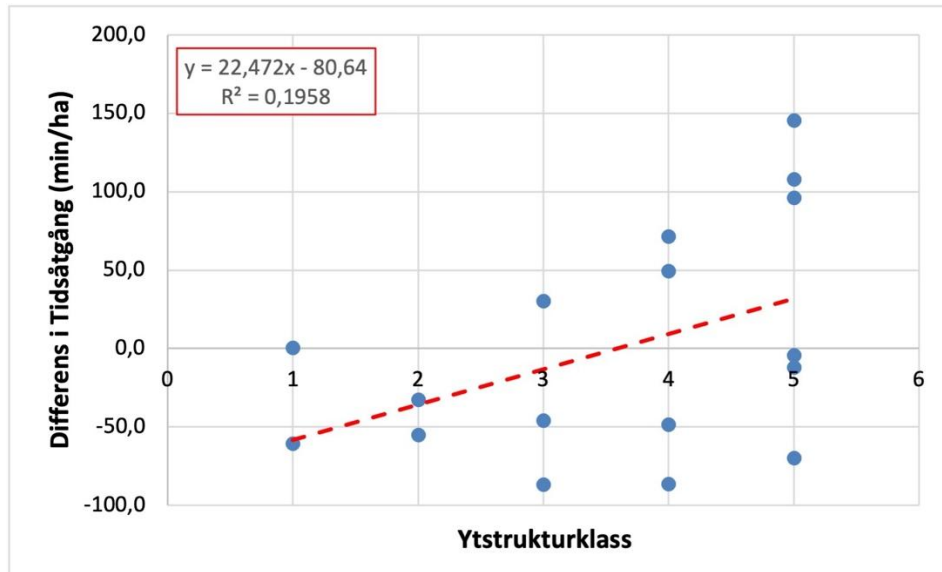
Figur 13. Sambandet mellan stammar per hektar (st/ha) i tusental och tidsåtgång (min/ha) för parcellerna 1 till 17. De olika färgade prickarna representerar de olika ytstrukturklasserna (1–5). En logaritmisk trendlinje (röd linje) visar sambandet, vilket är signifikant.



Figur 14. Sambandet mellan stammar per hektar (st/ha) i tusental och tidsåtgång (min/ha) för parcellerna 18 till 32. De olika färgade prickarna representerar de olika lutningsklasserna (1–5). En logaritmisk trendlinje (röd linje) visar sambandet.

Bilaga 7: Residualanalys för ytstruktur

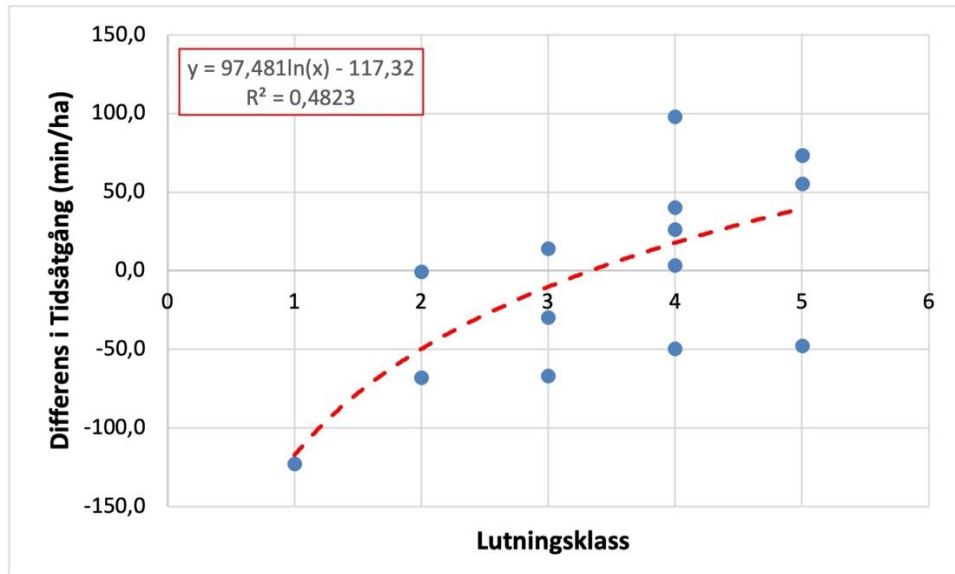
En residualanalys genomfördes baserat på värdena i Figur 13 (Figur 15). Residualerna beskriver hur mycket punkterna (tidsåtgången) skiljer sig ifrån det predicerade värdet i trendlinjen. Spridningen i punkterna ökade med ökad ytstruktur. En svag trendlinje ($R^2 = 0,1958$) beskriver en ökad differens med ökad ytstruktur.



Figur 15. Residualstudie med ytstrukturklass på x-axeln och differensen i tidsåtgång ifrån det observerade värdet och det predicerade värdet i trendlinjen (Figur 13) på y-axeln.

Bilaga 8: Residualanalys för lutning

En residualanalys genomfördes baserat på värdena i Figur 14 (Figur 16). Residualerna beskriver hur mycket punkterna (tidsåtgången) skiljer sig ifrån det predicerade värdet i trendlinjen. En trendlinje ($R^2 = 0,4823$) beskriver en ökad differens med ökad lutning. Spridningen är störst i klass 4 och 5.



Figur 16. Residualstudie med lutningsklass på x-axeln och differensen i tidsåtgång ifrån det observerade värdet och det predicerade värdet i trendlinjen (Figur 14) på y-axeln.

Bilaga 9: Tukey post hoc analys

För att ta reda på mellan vilka lutningsklasser som det finns signifikanta skillnader utfördes en Tukey post hoc analys (Figur 17). Resultatet visade att det fanns en signifikant skillnad mellan lutning 1 till 4 och 5. Mellan de andra klasserna fanns inga starka samband.

Tukey Pairwise Comparisons: Lutning

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Lutning	N	Mean	Grouping
5	4	5,88899	A
4	5	5,83713	A
2	2	5,60134	A B
3	3	5,55554	A B
1	1	5,21648	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Lutning Levels	Difference of Means	SE of Difference	Simultaneous 95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
2 - 1	0,385	0,182	(-0,226; 0,996)	2,12	0,290
3 - 1	0,339	0,173	(-0,244; 0,922)	1,96	0,356
4 - 1	0,621	0,166	(0,061; 1,180)	3,74	0,029
5 - 1	0,673	0,167	(0,109; 1,236)	4,02	0,019
3 - 2	-0,046	0,137	(-0,507; 0,416)	-0,33	0,997
4 - 2	0,236	0,130	(-0,202; 0,674)	1,81	0,423
5 - 2	0,288	0,131	(-0,155; 0,730)	2,19	0,265
4 - 3	0,282	0,125	(-0,138; 0,701)	2,26	0,242
5 - 3	0,333	0,124	(-0,084; 0,750)	2,69	0,133
5 - 4	0,052	0,100	(-0,285; 0,389)	0,52	0,983

Individual confidence level = 99,17%

Figur 17. En Tukey post hoc analys som beskriver hur starkt sambandet är mellan olika lutningsklasser.

Bilaga 10: Foton tagna före och efter röjning på ytstrukturparcellerna del 1



Figur 18. Parcell 11 före (t.v) och efter (t.h) åtgärd. Ytstruktur = 4.



Figur 19. Parcell 2 före (t.v) och efter (t.h) åtgärd. Ytstruktur = 1.

Bilaga 11: Foton tagna före och efter röjning av ytstrukturparcellerna del 2



Figur 20. Parcell 12 före (t.v) och efter (t.h) åtgärd. Ytstruktur = 5.



Figur 21. Parcell 6 före (t.v) och efter (t.h) åtgärd. Ytstruktur = 3.

Bilaga 12: Foton från ytstrukturparcellerna



Figur 22. Parcell 13 efter åtgärd. Ytstruktur = 5.



Figur 23. Parcell 5 efter åtgärd. Ytstruktur = 3.



Figur 24. Parcell 14 efter åtgärd. Ytstruktur = 5.



Figur 25. Parcell 1 efter åtgärd.
Ytstruktur = 1.

Bilaga 13: Foton från lutningsparcellerna



Figur 26. Parcell 32 under åtgärd. Lutning = 5.



Figur 27. Parcell 23 efter åtgärd. Lutning = 3.



Figur 28. Parcell 29 före åtgärd. Lutning = 5.



Figur 29. Parcell 27 efter åtgärd. Lutning = 4.

Publicering och arkivering

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

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

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

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

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