



Drivningsproduktivitet och kostnader i hyggesfritt skogsbruk

En fallstudie över hyggesfria metoder vid SCA Skog AB

Kristina Häggström

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp

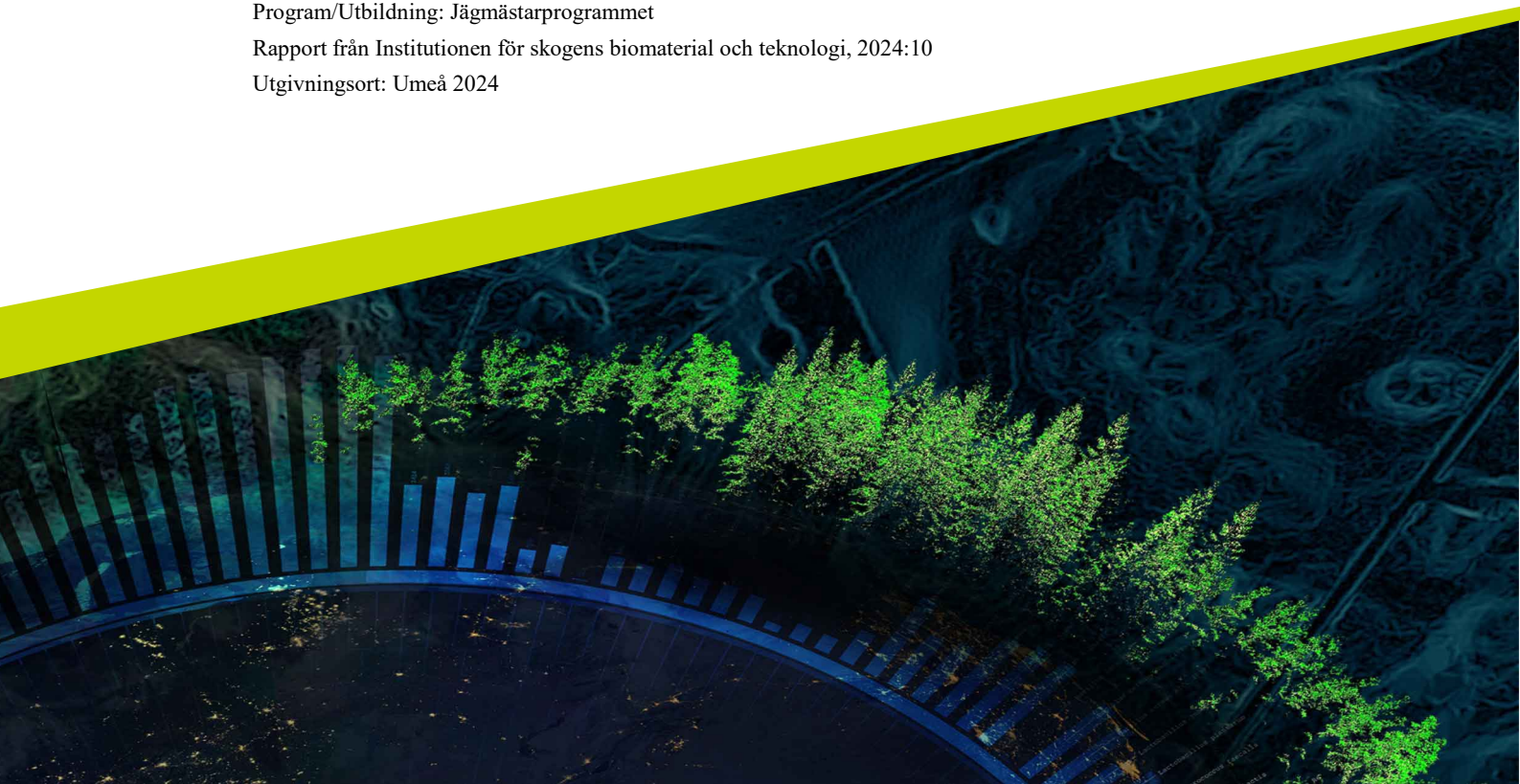
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakultet/Institution: Skogens biomaterial och teknologi

Program/Utbildning: Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2024:10

Utgivningsort: Umeå 2024



Harvesting productivity and costs in continuous cover forestry

A case study of continuous cover forestry methods at SCA Skog AB

Kristina Häggström

Handledare:	Dan Bergström, Sveriges lantbruksuniversitet, Skogens biomaterial och teknologi.
Extern handledare:	Anna Bylund, Avdelningschef verksamhetsutveckling produktion SCA Skog AB
Examinator:	Ola Lindroos, Sveriges lantbruksuniversitet, Skogens biomaterial och teknologi.
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	Masternivå, A2E
Kurstitel:	Masterarbete i skogsvetenskap
Kurskod:	EX0956
Program/utbildning:	Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.:	Skogens biomaterial och teknologi
Utgivningsort:	Umeå
Utgivningsår:	2024
Serietitel:	Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Delnummer i serien:	2024:10
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
<i>Nyckelord</i>	<i>Produktivitet, hyggesfritt skogsbruk, drivningskostnad, alternativ skogsskötsel</i>

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi (SBT)

Sammanfattning

Trakthyggesbruk har dominerat det svenska skogsbruket sedan 1950-talet. På senare år har beslut som påverkar skogssektorn och skogsbruket ökat till följd av olika policyinitiativ inom Europeiska unionen (EU), nationella strategier och lagstiftning. År 2020 presenterades EUs skogsstrategi för år 2030, där hyggesfritt skogsbruk förespråkas, skogsbranschen står inför ett skifte där hyggesfria metoder efterfrågas som alternativ till trakthyggesbruket.

Detta arbete syftade till att undersöka skördarens samt skotarens produktivitet samt kostnader vid drivning av trakter som behandlas med olika hyggesfria metoder. Arbetet genomfördes i samarbete med Svenska Cellulosa Aktiebolaget, SCA.

Studien genomfördes genom att driftsdata samlades in via SCAs IT-system. Dataurval genomfördes utifrån specifika kriterier, datat förbereddes sedan inför analyser. Prediktionsmodeller för produktiviteten skapades för att undersöka faktorer som påverkade produktiviteten, samt om det skiljde sig mellan de olika hyggesfria metoderna. Produktiviteten för skördare samt skotare i hyggesfria metoder jämfördes med slutavverkning. Produktiviteten jämfördes mellan arbetslag med mer eller mindre erfarenhet av hyggesfria metoder. Utifrån produktivetsdata kunde drivningskostnader samt totalkostnader beräknas för trakter som avverkats med hyggesfria metoder och jämföras med slutavverkning.

Resultaten från de linjära regressionsmodellerna visade att ingen av de hyggesfria modellerna signifikant påverkade produktiviteten och samma modell var tillämpbar för de hyggesfria metoderna.

Produktiviteten var 13 % lägre för skördarna i de hyggesfria metoderna (21,9 m³fub/G₀h) jämfört med slutavverkning (24,9 m³fub/G₀h) vid samma förhållanden. Produktiviteten var 9 % lägre för skotarna i hyggesfria metoder (21,1 m³fub/G₀h) i jämförelse med slutavverkning (23,1 m³fub/G₀h) vid samma förhållanden. Följaktligen var den beräknade drivningskostnaden för slutavverkning lägre än den beräknade drivningskostnaden för hyggesfria metoder.

För skotningen hade arbetslagen med mindre erfarenhet av hyggesfria metoder oväntat nog en signifikant högre produktivitet än arbetslagen med mer erfarenhet.

Studien jämförde flera olika hyggesfria metoder med slutavverkning i samma studie. Datamaterialet omfattade ett stort antal trakter i ett stort geografiskt område. Det är ett relativt nytt forskningsområde och fler framtida studier krävs för att skapa en bred förståelse kring drivningsproduktiviteten och kostnader i hyggesfritt skogsbruk.

Nyckelord: Produktivitet, hyggesfritt skogsbruk, drivningskostnad, alternativ skogsskötsel

Abstract

Rotation forestry, with even aged stands regenerated by clearcutting, has been the dominant silvicultural system in Swedish forestry since the 1950s. In recent years, decisions affecting the forestry sector and forest management have increased due to various policy initiatives within the European Union (EU), national strategies, and legislation. In year 2020, the EU presented its Forest Strategy for year 2030, advocating for silvicultural systems that can serve as alternatives to clearcutting (continuous cover forestry, CCF). The forestry sector is facing a shift as continuous cover forestry methods are in demand as replacements or complement to clearcutting. This study aimed to investigate the productivity and costs of harvesters and forwarders in the management of areas treated with different continuous cover forestry methods. The study was conducted in collaboration with Svenska Cellulosa Aktiebolaget (SCA).

The study involved data collection through SCA's monitoring system. Data selection was performed based on specific criteria, and the data were then prepared for analysis. Predictive models for productivity were created to examine factors affecting productivity and whether differences existed between the various continuous cover forestry methods. The productivity of harvesters and forwarders in continuous cover forestry methods was compared to final felling. Productivity was also compared between work teams with varying levels of experience in continuous cover forestry methods. Based on the productivity data, forwarding costs and total costs for stands managed with continuous cover forestry methods were calculated and compared to final felling.

The results from the linear regression models showed that none of the continuous cover forestry methods significantly affected productivity, and the same model could be applied to all continuous cover forestry methods.

Harvester productivity was 13 % lower in continuous cover forestry methods (21.99 m³fub/G₀h) compared to clearcutting (24.87 m³fub/G₀h) under the same conditions. Forwarder productivity was 9 % lower in continuous cover forestry methods (21.12 m³fub/G₀h) compared to clearcutting (23.09 m³fub/G₀h) under the same conditions. Consequently, the calculated forwarding cost for final felling was lower than the corresponding cost for continuous cover forestry methods.

Interestingly, for forwarding, work teams with less experience in continuous cover forestry methods had significantly higher productivity than teams with more experience.

The study compared multiple continuous cover forestry methods with final felling within the same research framework. The dataset included many stands across a wide geographical area. This is a relatively new area of research, and further studies are needed to build a comprehensive understanding of productivity and costs in continuous cover forestry.

Keywords: Productivity, continuous cover forestry, operating costs, alternative foresting methods

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	10
Förkortningar	12
1. Bakgrund	13
1.1 Skogsskötselns terminologi	14
1.2 Hyggesfritt skogsbruk.....	18
1.2.1 Internationella definitioner av hyggesfritt skogsbruk.....	20
1.3 Drivningssystem i Sverige.....	21
1.3.1 Maskinstorlekar	21
1.3.2 Produktivitet.....	22
1.3.3 Drivningskostnader	24
1.4 Behov av studien	25
1.5 Syfte.....	25
2. Material och metod	26
2.1 SCA	26
2.1.1 SCAs definitioner	27
2.2 Genomförande	29
2.2.1 Datainsamling.....	29
2.2.2 Databehandling.....	32
2.3 Produktivitetsanalys	34
2.3.1 Prediktionsmodeller	34
2.3.2 Jämförelse av produktiviteten mellan arbetslag	36
2.4 Kostnadsberäkning	37
3. Resultat	39
3.1.1 Skördarproduktivitet.....	39
3.1.2 Skotarnas produktivitet.....	44
3.1.3 Produktiviteten mellan arbetslag	49
3.2 Kostnader.....	53
3.2.1 Skördarkostnad.....	53
3.2.2 Skotarkostnad	54
3.2.3 Drivningskostnad	55

3.2.4	Totalkostnad.....	56
4.	Diskussion.....	57
4.1	Hyggesfritt skogsbruk.....	57
4.2	Metod.....	57
4.2.1	Data och databehandling	57
4.2.2	Analysen	58
4.3	Tolkning av resultat.....	59
4.3.1	Skördaren och skotarens produktivitet	59
4.3.1	Produktiviteten mellan arbetslag	60
4.3.2	Kostnader	61
4.4	Styrkor och svagheter	62
4.5	Utmaningar med hyggesfritt skogsbruk.....	62
4.5.1	Vidare studier	63
4.6	Slutsatser	64
	Referenser.....	65
	Tack	69
	Bilaga 1	70
	Bilaga 2	71
	Bilaga 3	73
	Bilaga 4	75
	Bilaga 5	76
	Bilaga 6	77
	Bilaga 7	78
	Bilaga 8	79

Tabellförteckning

Tabell 1. Beskrivning, syfte samt utförandebeskrivning för åtgärder samt metoder inom svenskt trakthyggesbruk. Tabellen är baserad på bilaga 1.....	17
Tabell 2. Beskrivning, syfte samt utförandebeskrivning för metoder inom hyggesfritt skogsbruk. Presenteras för överhållen skärm, luckhuggning, blädning samt plockhuggning. Tabellen är baserad på bilaga 2.....	19
Tabell 3. Indelning av skördare och skotare i olika storleksklasser utifrån skotarens lastkapacitet samt skördarens massa. Tabellen är baserad på data från Lindroos et al. (2017).	21
Tabell 4. Produktivitet för skördare samt skotare för kalhuggning, skärmavverkning, luckhuggning, blädningsavverkning samt plockhuggning. Tabellen är baserad på bilaga 5.	23
Tabell 5. Vid SCA har hyggesfria metoder huggningsform 8, HF8 och innefattar plockhuggning, skärmställning, blädning samt naturvårdande skötsel med virkesuttag. Tabellen beskriver de olika metoderna, vilken målklass de tillhör, metodbeskrivning samt vilken naturvårdsmålklass de tillhör. Tabellen är baserat på internt material som erhållits från SCA (SCA Skog 2023b).....	28
Tabell 6. Maskinstorlekarnas fördelning utifrån storleksklassning, där skördare XL kan exemplifieras av Ponsse Scorpion och skotare XL exemplifieras av Ponsse Elephant King.	30
Tabell 7. De oberoende bestånds- och maskinvariablerna som undersöktes i produktivitetsmodellerna. Under analyserna logaritmerades variablerna för att minska förekomsten av extremvärden. Variablerna anges med enheter, medelvärden, min-maxvärden samt standardavvikelse (SD).....	31
Tabell 8. Trakternas antalsmässiga fördelning mellan de olika HF8 målklasserna samt slutavverkning (SAV), uppdelat på skördare samt skotare.	33
Tabell 9. Medelvärden för beståndsdata för plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57), NS med virkesuttag (59) samt slutavverkning (SAV) presenteras i tabellen.	33
Tabell 10. Timkostnader för skördare XL samt skotare M, L och XL. Baserat på Jonsson (2015). Kostnader anges för de maskinstorlekar som förekom i datat.	37

Tabell 11. Skördarmodell 7 för skördaren från den stegvisa regressionen för det logaritmerade värdet av produktiviteten. I tabellen presenteras parametervärden för de olika variablerna. Standardavvikelse, R^2 , $R^2(\text{adj})$ samt p-värde presenteras för modellen. ...	40
Tabell 12. Skördare modell 7.1. Baserad på skördarmodell 7, där observationerna för SAV lagts till och de olika målklasserna har slagits ihop till HF8. Om indikatorvariabeln HF8 sätts till noll så erhålls produktiviteten för SAV. Gäller för det logaritmerade värdet av produktiviteten.	41
Tabell 13. Modell 8 för skotaren från den stegvisa regressionen för det logaritmerade värdet av produktiviteten. I tabellen presenteras parametervärden för de olika variablerna. Standardavvikelse, R^2 , $R^2(\text{adj})$ samt p-värde presenteras för modellen.	45
Tabell 14. Skotarmodell 8.1. Baserad på skotare modell 8 samt slutavverkning tillagt och hyggesfria metoder grupperat. Gäller för det logaritmerade värdet av produktiviteten.	46
Tabell 15. Regressionsmodell för skördare mellan mer och mindre erfarna arbetslag. I tabellen presenteras parametervärden för variablerna som ingick i analysen, standardavvikelse, R^2 , $R^2(\text{adj})$ samt p-värde för modellen.	49
Tabell 16. Regressionsmodell för skotare mellan mer och mindre erfarna arbetslag. I tabellen presenteras parametervärden för variablerna som ingick i analysen, standardavvikelse, R^2 , $R^2(\text{adj})$ samt p-värde för modellen.	51

Figurförteckning

- Figur 1.** Virkesförrådsdiagram, där 10§-kurvan visar lägsta tillåtna virkesförrådet efter gallring. Om virkesförrådet understiger 10§-kurvan ska beståndet anmälas för föryngringsavverkning om lägsta slutavverkningsålder har uppnåtts. Om volymen understiger 5§-kurvan uppstår återbeskningsplikt. Figuren är baserad på virkesförrådsdiagrammet i Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd till skogsvårdslagen (Skogsstyrelsen 2022)..... 16
- Figur 2.** SCAs verksamhetsområde indelat i flödesområdena Piteå, Umeå, Strömsund, Sollefteå, Östersund, Ånge samt Sundsvall. 26
- Figur 3.** En övergripande sammanfattning av de steg enligt studien genomfördes. Studien började med datainsamling följt av databehandling. Vidare genomfördes produktivetsanalyser som följdes av kostnadsanalyser. 29
- Figur 4.** Produktiviteten för skördare fördelat på hyggesfria metoder och slutavverkning. Figuren är baserad på modell 7.1, vid varierande medelstamsvolym, övriga variabler konstanta. Avverkad volym per hektar 204,80 m³fub, lutning 1,78. lövandel 6,72 % samt tallandel 41,25 %. 42
- Figur 5.** Produktivitet för skördare i de olika hyggesfria metoderna, plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57) NS med virkesuttag (59) samt slutavverkning (SAV) vid medelstamsvolym 0,22 m³fub. Figuren är baserad på modell 7.1, med HF8 data separerat. 43
- Figur 6.** Produktiviteten för skotare M, L samt XL, fördelat på HF8 samt SAV. Figuren är baserad på modell 8.1. vid varierande skotningsavstånd. De övriga variablerna var konstanta, skotad volym per hektar 130,63 m³fub, ytstruktur 1,93, totalvolym 1338,43 m³fub, antal sortiment 4, medelstamsvolym 0,23 m³fub. Det var marginell produktivitetsskillnad mellan skotare L och XL i både SAV samt HF8, där skotare XL hade högre produktivitet med 0,04 m³fub/G_{0h}. Skotare L döljs av skotare XL i figuren. 47
- Figur 7.** Produktivitet för skotare i de olika hyggesfria metoderna samt slutavverkning. Produktiviteten visas för de hyggesfria metoderna, plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57), NS med virkesuttag (59) samt slutavverkning (SAV) vid skotningsavståndet 433 m. Produktiviteten var högst i slutavverkning. Figuren är baserad på skotarmodell 8.1 med HF8 data separerat (tabell 14). 48

Figur 8. Produktiviteten för skördare fördelat på grupp 25 % samt 75 %. Grupperna visas för plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57), samt NS med virkesuttag (59) vid medelstamsvolym 0,18 m ³ fub. Figuren är baserad på regressionsmodellen i tabell 15.	50
Figur 9. Produktiviteten för skotare fördelat på grupp 25 % samt 75 %. Grupperna visas för plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57), samt NS med virkesuttag (59) vid skotningsavstånd 450 m. Figuren är baserad på regressionsmodellen i tabell 16. ..	52
Figur 10. Den beräknade avverkningskostnaden för skördare vid varierande medelstamsvolym, fördelat på hyggesfria metoder samt slutavverkning.	53
Figur 11. Den beräknade skotningskostnaden för skotare M, L samt XL vid varierande skotningsavstånd, fördelat på hyggesfria metoder samt slutavverkning.	54
Figur 12. Drivningskostnad för varierande maskkombinationer vid medelstamsvolm 0,22 m ³ fub och skotningsavstånd 433 m.	55
Figur 13. Totala drivningskostnaden inklusive flyttkostnad för medelbeståndet, fördelat på hyggesfria metoder och slutavverkning.	56

Förkortningar

CCF	Continuous Cover Forestry
FSC	Forest Stewardship Council
Ha	Hektar
HF8	Huggningsform 8
m ²	Kvadratmeter
m ³	Kubikmeter
m ³ fub	Fast kubikmeter under bark
m ³ sk	Skogskubikmeter
PEFC	Programme of the Endorsement of Forest Certification
SAV	Slutavverkning
SCA	Svenska Cellulosa Aktiebolaget
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
SVL	Skogsvårdslagen
TU	Teknisk utnyttjandegrad

1. Bakgrund

Sveriges landareal är 410 000 kvadratkilometer (km²) stor, där cirka 278 000 km² består av skogsmark varav 84 % utgörs av produktiv skogsmark (Statistiska Centralbyrån 2023). År 2022 uppgick bruttoavverkningen till 95,8 miljoner skogskubikmeter (m³sk), där ca 68 % av volymen kom från slutavverkning, 22 % från gallring och resterande 10 % från övrig avverkning. I övrig avverkning ingick avveckling av fröträd, överståndare samt avverkning av enstaka träd och vindfällen (Skogsstyrelsen 2023c).

År 2022 uppgick arealen produktiv mark som brukas med hyggesfritt skogsbruk i Sverige till 720 000 ha, vilket motsvarar ca 3 % av den produktiva skogsmarksarealen. Noterbart var att statistiken inte utgör arealen där hyggesfria åtgärder utförs år, utan den totala arealen som brukas med hyggesfritt. Hyggesfritt skogsbruk exemplifierades av blädning, luckhuggning, plockhuggning samt överhållen skärm. I statistiken exkluderades icke produktiv skogsmark, frivilliga avsättningar, målklass naturvård orörd eller naturvård med skötsel (Skogsstyrelsen 2023e).

Sedan 1950-talet har trakthyggesbruk varit det dominerande skötselsystemet i svenska skogar. Under 1970-talet intensifierades allmänhetens kritik mot omfattande kalhuggna ytor. I slutet av årtiondet ökade den ekologiska forskningen och den fördjupade förståelsen kring samspelet mellan skogens organismer ledde till samtal mellan företrädare från skogsbruket, forskare samt naturvårdare där skogen diskuterades ur ett mer ekologiskt perspektiv (Thuresson 2002).

År 1993 infördes en ny skogspolitik i Sverige där produktions- och miljömål likställdes i skogsvårdslagen, där den första paragrafen (SVL §1) angav att ”Skogen är en nationell tillgång och en förnybar resurs som ska skötas så att den uthålligt ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden behålls. Vid skötseln ska hänsyn tas även till andra allmänna intressen” (SFS 1979:429 2022). Syftet med den nya skogspolitiken var att diversifiera bland skötselsystemen och inte enbart fokusera på trakthyggesbruket. Skogsägarna tilldelades frihet under ansvar att själva välja mål och strategier för sitt skogsägarande. Inom loppet av ett decennium förändrades inriktningen för det svenska skogsbruket, från att primärt fokuserat på virkesproduktion till att miljöfrågor fick lika stor betydelse (Thuresson 2002).

På senare år har beslut som påverkar skogssektorn och skogsbruket ökat dels till följd av policyinitiativ inom Europeiska unionen (EU), även genom nationella strategier och lagstiftning. År 2020 presenterades EUs skogsstrategi för år 2030, där alternativ till trakthyggesbruket förespråkas, dels för att öka kolinlagringen, men även för att öka den biologiska mångfalden (Skogsstyrelsen 2023b).

Certifiering är ett frivilligt åtagande där skogsbruket anpassas utifrån särskilda regler och är därmed ett bevis på att skogsprodukter är framställda av råvara från hållbart brukade skogar. Ett certifierat skogsbruk bedrivs enligt vissa kvalitetskrav, exempelvis att hänsyn tas till biologisk mångfald, miljövärden samt sociala förhållanden. Certifieringen stärker avsättningsmöjligheterna för skog och skogsprodukter samtidigt som konkurrenskraften ökar gentemot andra material på marknaden (Skogsstyrelsen 2023a).

De certifieringssystem som tillämpas i svenskt skogsbruk är Forest Stewardship Council (FSC) samt Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) (Skogsstyrelsen 2023a). Både FSC och PEFC är globala certifieringssystem för skogar och skogsprodukter som arbetar för att främja hållbart skogsbruk (FSC Sverige 2023; Svenska PEFC 2023). I svenska FSCs skogsbruksstandard från år 2020 beskrivs att minst 5 % av den produktiva skogsmarksarealen för en certifierad markägare ska skötas med långsiktigt bevarande och utveckling av naturvärden och/eller sociala värden, där hyggesfritt skogsbruk förespråkas (FSC Sverige 2020).

1.1 Skogsskötselns terminologi

Det finns ingen standard för terminologin inom skötselområdet, då skogsskötsel kan systematiseras och definieras på många olika vis. Skogsskötseln kan delas in i olika nivåer, där den högsta nivån är skötselssystem, följt av metoder och den lägsta nivån utgörs av enskilda åtgärder (Albrektson et al. 2012).

Enligt Albrektsson (etal.2012) är ett skötselssystem ett *”system enligt vilket skogsbestånd vårdas, skördas och ersätts med ny skog”*. Skötselssystemets funktion är att bevara det långsiktiga målet för beståndet samt begränsa antalet åtgärder vid givna tidpunkter. Skötselssystemen delas in utifrån beståndsformen, vilken beskriver höjdsiktningen i ett bestånd där några huvudtyper kan urskiljas. I ett enskiktat bestånd finns ett tydligt krontak och alla träd är ungefär lika höga. Ett tvåskiktat bestånd innehar två tydliga krontak, i form av ett överbestånd och ett underbestånd. Fullskiktade bestånd saknar ett tydligt krontak och träd av alla höjder återfinns, men i beståndet finns fler små träd än stora. Termen flerskiktade bestånd används för bestånd som varken är en-, två- eller fullskiktade. Exempelvis är trakthyggesbruk ett skötselssystem där enskiktad skog upprätthålls, medan blädning är ett skötselssystem som upprätthåller ett fullskiktat bestånd (Albrektson et al. 2012).

Skötselmetoder avser ett antal skötselåtgärder som kombineras under en bestämd tidsrymd. De kan exemplifieras med föryngring under en högskärm där åtgärderna förberedande huggning, markberedning, avveckling av skärmträd innefattas (Albrektson et al. 2012).

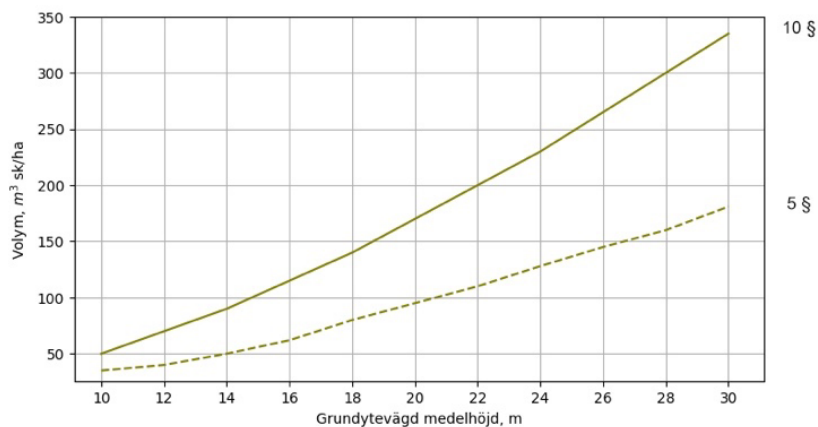
Skötselåtgärder är exempelvis olika föryngringsåtgärder, så som markberedning och plantering, samt avverkningar, så som röjning, gallring och slutavverkning. Historiskt sett är det avverkningarna som skapat oenigheter i debatten där utmaningen varit att enas kring vilka principer som ska nyttjas för att klassificera dem. Tidiga indelningsgrunder baserades på utförandet av avverkningen och klassades utifrån utglesningsgrad samt luckstorlek. Utglesningsgraden beskrev hur stor andel av träden som avverkats i beståndet och hur många som stod kvar efter avverkning. Luckstorleken beskrev hur stora luckor som skapats i beståndet. Utglesningsgrad och luckstorlek var inte jämförbara med varandra och det gick inte heller att klassificera ett bestånd utifrån båda gradienterna samtidigt. Kalhuggning och blädning ansågs skilja sig från varandra genom luckstorleken där blädning innebar små luckor och kalhuggning stora. Blädning och gallring kunde dock inte särskiljas med denna gradient, så för att skilja mellan dessa samt röjning och skärmföryngring krävdes ytterligare information om skogens utvecklingsstadie. Detta medförde problem då det var svårt att i fält avgöra vilken av gradienterna som skulle användas, och dessutom förväxlades system och åtgärder (Albrektson et al. 2012).

Ett lämpligt arbetssätt för att klassificera ett bestånd anses vara att undersöka det som återstår efter utförd avverkning, vilket alltså innebär att åtgärden känns igen på hur det ser ut efteråt. Det blir en slags gradient för det kvarvarande beståndets täthet, där exempelvis en slutavverkning känns igen på att ett kalhygge återstår. Utöver beståndstätheten krävs information om beståndsformen för att beskriva hur skogen ser ut. Gallring och blädning blir delvis samma sak, alltså en utglesning av beståndet. När information om beståndsformen efter utförd åtgärd adderas kan de särskiljas. Om beståndet är enskiktat var det en gallring, men om beståndet är fullskiktat var det en blädning. Skärmställningar och gallring skiljs åt genom beståndstätheten i det kvarvarande beståndet. Det finns ingen tydlig mätbar gräns mellan skärmställning och fröträdsställning, utan i stället avgör syftet definitionen av åtgärden. Det finns en problematik då syftet avgör definitionen, då två olika bestånd kan få samma definition, likväl kan två lika bestånd få olika definition. En lösning är att nyttja gränsen för föryngringsplikt i skogsvårdslagens 5§ (Albrektson et al. 2012).

Skogsvårdslagen 5§ anger att ny skog ska anläggas på produktiv skogsmark om skogens virkesproducerande förmåga inte tas till vara på ett godtagbart sätt till följd av skador på skogen eller efter en avverkning. Ny skog ska anläggas om marken är outnyttjad eller om skogens allmänna tillstånd är otillfredsställande (SFS 1979:429 2022).

Om den virkesproducerande förmågan tas tillvara eller inte beskrivs av virkesförrådet. För att beskriva virkesförrådet (volymen skog) för en viss areal nyttjas måttet skogskubikmeter (m^3sk) vilket omfattar hela stamvolymen ovan stubbskär, exklusive grenar (Skogskunskap 2024). Olika bestånd kan bedömas

utifrån Skogsstyrelsens virkesförrådsdiagram (Figur 1). Om beståndsmedelhöjden överstiger 10 meter (m) får inte virkesförrådet understiga 5§ kurvan, för då uppstår återbeskogningsplikt. 10§-kurvan anger det lägsta tillåtna virkesförrådet efter gallring. Om virkesförrådet understiger 10§-kurvan efter en gallring ska beståndet anmälas för föryngringsavverkning om lägsta slutavverkningsålder har uppnåtts. Om marken är lämplig för naturlig föryngring tillåts virkesförrådet understiga 10§-kurvan, men inte understiga 5§-kurvan (SKSFS 2011:7 2022).



Figur 1. Virkesförrådsdiagram, där 10§-kurvan visar lägsta tillåtna virkesförrådet efter gallring. Om virkesförrådet understiger 10§-kurvan ska beståndet anmälas för föryngringsavverkning om lägsta slutavverkningsålder har uppnåtts. Om volymen understiger 5§-kurvan uppstår återbeskogningsplikt. Figuren är baserad på virkesförrådsdiagrammet i Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd till skogsvårdslagen (Skogsstyrelsen 2022).

Figure 1. Growing stock diagram where the 10§-curve shows the minimum permitted growing stock after thinning. If the growing stock is below the 10§-curve, the stand must be reported for final felling if the minimum final felling age has been reached. If the growing stock is below the §5-curve, there is an obligation to reforest. The figure is based on the growing stock diagram in the Swedish Forestry Agency's regulations and general advice to the Swedish Forestry Act (Skogsstyrelsen 2022).

Trakthyggesbruk är en form av rotationsskogsbruk med likåldriga bestånd som slutligen avvecklas för uppdrivning av ett nytt, likåldrigt bestånd. Den åtgärd som utförs vid beståndsavveckling är kalhuggning samt metoderna fröträdsställning och skärmställning (Tabell 1). Inom skogsskötseln nyttjas begreppen lågskärm och högskärm. Lågskärm avser en skärm av yngre träd, ofta lövträd som lämnats kvar eller släppts upp till skydd för plantor, exempelvis gran på frostlanta marker. Högskärm avser slutavverkningsmogna träd som lämnats kvar i slutavverkning (Karlsson et al. 2017). När skärmställning benämns i detta arbete avses högskärm.

Tabell 1. Beskrivning, syfte samt utförandebeskrivning för åtgärder samt metoder inom svenskt trakthyggesbruk. Tabellen är baserad på bilaga 1.

Table 1. Description, purpose, and execution description for management measures and methods in Swedish clear-cut forestry. The table is based on appendix 1.

Åtgärd/Metod	Syfte	Utförande	Referens
Kalhuggning	Avveckla slutavverkningsmoget bestånd och driva upp likåldrig ungskog, oftast med hjälp av plantering.	Alla träd i beståndet avvecklas samtidigt, med undantag för träd som lämnas som generell hänsyn.	(Lundqvist et al. 2014b).
Fröträdsställning	Återbeskoga marken. ² Driva upp ett nytt likåldrigt bestånd med hjälp av naturlig föryngring från fröträden. ³	Tall prefereras ¹ 50–75 träd per ha lämnas i norra Sverige, fler i södra Sverige. ³ Avvecklas när tillfredsställande föryngring uppnåtts. ⁴	1.(Karlsson et al. 2017). 2.(Skogskunskap 2023). 3.(Lundqvist et al. 2014b). 4.(Skogskunskap 2023).
Skärmställning	Dels virkesproduktion för de kvarstående skärmträden, dels återbeskoga marken med ett nytt likåldrigt bestånd, samt skydda föryngring mot exempelvis frost och konkurrerande vegetation. ¹	Gran prefereras. ² Initialt fler träd än i en fröträdsställning, men glesas ut i flera steg innan avveckling. Avveckling sker normalt när plantorna är 0,5-1 m höga.	1. (Hagner 1962). 2.(Appelqvist et al. 2021)

Utöver nivåerna skötselsystem, skötselmetoder och skötselåtgärder kan olika moraliska eller filosofiska riktlinjer, så kallade skogsbruksfilosofier, nyttjas som vägledning för hur skogen kan brukas (Albrektson et al. 2012). Hyggesfritt skogsbruk kan räknas till skogsbruksfilosofier enligt klassificeringen i Albrektson et al. (2012). Hyggesfritt skogsbruk nyttjas som samlingsbegrepp för flera olika skötselsystem, skötselmetoder samt skötselåtgärder. Begreppen inkluderar många av trakthyggesbrukets åtgärder och metoder, så som gallring, skärmföryngring samt hela systemet blädning. Detta innebär en diffus gränsdragning (Albrektson et al. 2012). Fortsättningsvis benämns åtgärder, metoder och system inom hyggesfritt skogsbruk som hyggesfria metoder.

1.2 Hyggesfritt skogsbruk

Skogsstyrelsen har sedan slutet av 1990-talet arbetat med olika begrepp som definierar hyggesfritt skogsbruk. Under år 2020 genomförde Skogsstyrelsen i samarbete med Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) studier som ligger till grund för hur Skogsstyrelsen definierar hyggesfritt skogsbruk idag. Den nya definitionen offentliggjordes år 2021, och lyder ”Hyggesfritt skogsbruk på skogsmark med produktionsmål innebär att skogen sköts så att marken alltid är trädbevuxen utan att det uppstår några större kalhuggna ytor” (Appelqvist et al. 2021).

Formuleringen *marken alltid är trädbevuxen* innebär att markägaren har en långsiktig intention att bruka skogen hyggesfritt. På marken ska det alltid finnas träd som är minst 10 m höga samt att skogens täthet ska överstiga volymen som anges i skogsvårdslagstiftningens 5§-kurva (Figur 1) (Appelqvist et al. 2021).

Formuleringen *utan att det uppstår några större kalhuggna ytor* innebär att vid utförande av luckhuggning får inte storleken av en enskild lucka överstiga 0,25 hektar (ha). När luckhuggning utförts och beståndet ska förnyngas får beståndets genomsnittliga täthet inte understiga 5§-kurvan (Figur 1). För luckhuggning finns ett undantag från 5§-kurvans täthetskrav, vilket innebär att när förnyringen i den tidigare luckan uppnått godkänd status enligt skogsvårdslagen samt nått en medelhöjd om minst 2,5 m kan en ny lucka tas upp i anslutning till den tidigare luckan (Appelqvist et al. 2021).

Vid tillämpning av överhållen skärm får skärmens täthet i inledningskedet inte understiga skogsvårdslagstiftningens 5§-kurva (Figur 1). När förnyringen under skärmen uppnått godkänd status enligt skogsvårdslagen kan skärmen glesas ut till halva volymen mot för vad som anges i 5§-kurvan. När beståndet under skärmen uppnått en medelhöjd om minst 2,5 m kan skärmen avvecklas. Vid skärmavveckling ska minst 25 träd/ha som är minst 10 m höga lämnas. Dessa kan avvecklas när det nya beståndet uppnått en medelhöjd om 10 m. Annars lämnas de för att ingå i det nya beståndet (Appelqvist et al. 2021).

Inom hyggesfritt skogsbruk i Sverige tillämpas i huvudsak överhållen skärm, luckhuggning, blädning samt plockhuggning (Tabell 2).

Tabell 2. Beskrivning, syfte samt utförandebeskrivning för metoder inom hyggesfritt skogsbruk. Presenteras för överhållen skärm, luckhuggning, blädning samt plockhuggning. Tabellen är baserad på bilaga 2.

Table 2. Description, purpose, and execution description for methods in continuous cover forestry. Presented for maintained shelterwood, patch cutting, selective harvesting and selection cutting. The table is based on appendix 2.

Metod	Syfte	Utförande	Referens
Överhållen skärm	Marken ska alltid vara trädbevuxen. Initialt tätare än fröträdsställning och sparas längre än en traditionell skärmställning.	130 träd/ha sparas i norra Sverige, fler i södra Sverige. Naturlig föryngring från skärmträden. Skärmen glesas ut i flera steg och avvecklas då skogskänsla kan upprätthållas i underväxande beståndet.	(Andersson & Appelqvist 2020)
Luckhuggning	Marken ska alltid vara trädbevuxen. Skapa olikåldriga bestånd.	Kan nyttjas för tall, gran och björk. Luckor skapas med 20–50 m diameter De får vara maximalt 0,25 ha stora. Luckor föryngras naturligt från omkringliggande bestånd. Nya luckor kan tas upp då ungskogen i tidigare luckor slutits.	(Andersson & Appelqvist 2020)
Blädning	Bevara eller skapa fullskiktad struktur över tid. ¹	Lämpar sig i fullskiktade skogar, främst av gran. ¹ Blädning med jämna tidsintervall där stora träd tas ut. Dessa ersätts med mindre träd som växer upp genom naturlig föryngring underifrån. ²	1.(Lundqvist et al. 2014a) 2.(Andersson & Appelqvist 2020).
Plockhuggning	Träd med efterfrågade egenskaper avverkas, exempelvis träslag eller en viss höjd.	Träd som har de efterfrågade egenskaperna avverkas spritt i beståndet. Naturlig föryngring från kvarstående träd.	(Andersson & Appelqvist 2020).

1.2.1 Internationella definitioner av hyggesfritt skogsbruk

Norges motsvarighet till riksskogstaxeringen, Landsskogtakseringen, definierar "lukke hogster" som en avverkningsform där inga öppna avverkningar eller kalhyggen får göras. Luckor som skapas får inte överstiga 0,2 ha i storlek samt att 150 träd per ha ska finnas kvar efter en avverkning (Appelqvist et al. 2021).

I Finland nyttjas begreppet plockhuggning som motsvarighet till hyggesfritt skogsbruk. Såväl plockhuggning som luckhuggning betraktas som gallring, under förutsättningen att det kvarvarande beståndet är tillräckligt tätt. Inga aktiva förnyngningsåtgärder krävs eftersom dessa metoder räknas som gallring. Efter genomförd plock- eller luckhuggning måste den återstående grundytan vara minst 5–10 kvadratmeter (m²) per ha. Vid en medelbeståndshöjd upp till cirka 18 m och lägre boniteter motsvarar det finska kravet på grundytan om 5–10 m² per ha 5§-kurvan i Figur 1. Vid ökad beståndshöjd samt högre bonitet ligger det finska kravet under 5§-kurvan i Figur 1 (Appelqvist et al. 2021).

I Danmark tillämpas sedan år 2005 "naturnær skovdrift", en form av naturnära skogsbruk, på all statlig mark, vilket utgör cirka 25 % av den totala skogsmarksarealen (Naturstyrelsen 2005). Principen går ut på att träd ska avverkas när de nått ekonomiskt optimal dimension och naturlig förnyngning ska nyttjas i så hög utsträckning som möjligt. Blandskogar med i första hand inhemska trädslag ska främjas. Olikåldriga skogar ska skapas samtidigt som kalhyggen undviks (Larsen & Madsen 2001).

Storbritanniens benämning av hyggesfritt skogsbruk är Continuous Cover Forestry, CCF. Vid tillämpning av CCF nyttjas olika skötselmetoder där krontaket hålls på en eller flera nivåer utan att marken kalavverkas. Det finns även en definition för kalhygge, där ett kalhygge är en yta där alla träd huggits ned på en yta större än 0,25 ha (The UK Forestry Standard 2017).

Tyskland skiljer sig från ovan nämnda länder. Normalt är kalhyggen inte tillåtet men luckor om 1 ha får skapas, vilket är 4 gånger större än för den svenska definitionen av hyggesfritt skogsbruk (Appelqvist et al. 2021).

I Nordamerika, är hyggesfritt skogsbruk känt som CCF och nyttjas för att bibehålla en kontinuerlig trädbevuxenhet i bestånden samtidigt som varierande ekosystem skapas (Deal 2017).

1.3 Drivningssystem i Sverige

De flesta avverkningar i Sverige idag utförs med helmekaniserade system. Vanligtvis nyttjas ett tvåmaskinsystem: en skördare som fäller och upparbetar träden följt av en skotare som transporterar stockarna till avlägg (Lindroos et al. 2019). Drivare är en maskin som fäller och upparbetar träd samt transporterar stockar till avlägg. Drivare nyttjas endast i begränsad omfattning i svenskt skogsbruk, och har inte haft samma genomslag på marknaden som tvåmaskinsystem (Lundqvist 2023).

1.3.1 Maskinstorlekar

Skotare och skördare kan delas in i olika storleksklasser utifrån skotarens maximala lastkapacitet samt skördarens massa (Tabell 3). Valet av maskinstorlek beror på avverkningsmetod samt storleken på de träd som maskinen förväntas hantera. Generellt nyttjas mindre maskiner i gallring där träddimensionerna är klenare och större maskiner vid slutavverkning där träden är grövre (Lundqvist et al. 2014b).

Tabell 3. Indelning av skördare och skotare i olika storleksklasser utifrån skotarens lastkapacitet samt skördarens massa. Tabellen är baserad på data från Lindroos et al. (2017).

Table 3. Forwarders and harvesters divided into different size classes based on the forwarders maximum load capacity and the harvesters mass. The table is based on data from Lindroos et al. (2017).

Maskinstorlek	Skotare maximal last (ton)	Skördare Maskinens massa (ton)
Små maskiner (S)	<12	<12
Mellanstora maskiner(M)	12–14	12–16
Stora maskiner (L)	15–17	17–20
Extra stora maskiner (XL)	>17	>20

1.3.2 Produktivitet

Det finns flera tidsbegrepp som nyttjas i samband med arbetsproduktivitet. Kalendertid är den faktiska tidsrymden 24 timmar per dygn och delas upp i utnyttjad samt outnyttjad tid. Den utnyttjade tiden utgör förarnas arbetstid och delas upp i grundtid (G_0 -tid) samt avbrottstid (Lindroos et al. 2017). Antalet förare kan variera per maskin samt arbetslag. Vissa maskiner kan ha en förare, medan andra kan ha 2-3 st. En större organisation kan ha uppemot 5 förare som arbetar skift på 2 maskiner i ett arbetslag (Fjeld & Dahlin 2017).

Den tid som går åt att lösa en viss uppgift kallas för G_0 -tid eller produktiv arbetstid, där G är en förkortning för grundtid och 0 (noll) anger att ingen avbrottstid inkluderas. G_{15} -tid är grundtid inklusive mindre avbrott, kortare än 15 minuter per tillfälle. Om inga avbrott förekommer är G_0 -tid och G_{15} -tid densamma. Normalt förekommer avbrott och G_{15} -tiden är då längre än G_0 -tiden. Produktiviteten är då högre för G_0 -tiden (Lindroos et al. 2017).

Avbrottstiden innefattar avbrott som stör eller påverkar utförandet av arbetsuppgiften. För att räknas som avbrott måste tidsintervallet för varje händelse överstiga en viss längd (tid) vid varje tillfälle, i enlighet med grundtidens inkludering av mindre avbrott. Avbrottstid kan specificeras som underhåll, reparationstid samt störningstid (Lindroos et al. 2017).

Vid drivningsproduktivitet avses maskintid och inte förarnas arbetstid. Den tekniska utnyttjandegraden (TU) för maskinen avser hur många procent av den utnyttjade tiden maskinen var i arbete. TU beräknas genom att grundtid (G_0 -tid eller G_{15} -tid) divideras med utnyttjad tid (planerad maskinarbetsid) (Lindroos et al. 2017). TU anges i procent. TU 95 % innebär att under 5 % av den schemalagda tiden var maskinen inte i arbete på grund av avbrott (Fjeld & Dahlin 2017).

Tidigare studier har påvisat att produktiviteten varierar mellan olika skötselmetoder (tabell 4). Den faktor som har störst påverkan på skördarens produktivitet är medelstamsvolymen (McNeel & Rutherford 1994; Hånell et al. 2000; Eriksson & Lindroos 2014; Jonsson 2015; Eliasson et al. 2021). Den faktor som har störst påverkan på skotarens produktivitet är skotningsavståndet (McNeel & Rutherford 1994; Eriksson & Lindroos 2014; Jonsson 2015; Eliasson et al. 2021). En detaljerad beskrivning av faktorer som påverkar produktiviteten för skördaren samt skotaren i olika åtgärder/metoder återfinns i Bilaga 5.

Tabell 4. Produktivitet för skördare samt skotare för kalhuggning, skärmavverkning, luckhuggning, bländningsavverkning samt plockhuggning. Tabellen är baserad på bilaga 5.

Table 4. Productivity specified for harvesters and forwarders for clear cutting, shelterwood cutting, patch cutting, selective harvesting and selection cutting. The table is based on appendix 5.

Avverkningsåtgärd	Skördare		Skotare		Referens
	Förutsättningar	Produktivitet	Förutsättningar	Produktivitet	
Kalhuggning	Medel i Norrland ¹ Vid medelstamsvolym 0,8. ³	21,4 m ³ fub/G ₁₅ h ¹ 23,8 m ³ fub/G ₀ h. ² 35 m ³ fub/G ₁₅ h. ³	Medel i Norrland ¹ Vid 400 m skotningsavstånd. ³	20,5 m ³ fub/G ₁₅ h. ¹ 21,4 m ³ fub/G ₀ h. ² 16 m ³ fub/G ₁₅ h. ³	1. (Lundqvist et al. 2014b). 2. (Eriksson & Lindroos 2014). 3. (Nurminen et al. 2006)
Skärmavverkning	Skärmetablering Medelstamsvolym 0,25. ¹ Skärmreducering 280->160 träd/ha. Medelstamsvolym 0,63. ¹ 200->90 träd/ha. Medelstamsvolym 0,48. ¹ 170->100 träd/ha, Medelstamsvolym 0,63. ¹	Skärmetablering 25,4 m ³ fub /G ₀ h. ¹ Skärmreducering 32,6 m ³ fub /G ₀ h. ¹ 34,2 m ³ fub /G ₀ h. ¹ 36,2 m ³ fub /G ₀ h. ¹			1.(Hänell et al. 2000)
Luckhuggning	Medelstamsvolym 0,5. ¹	85 % relativ produktivitet jämfört med kalhuggning. ¹			1.(Eliasson et al. 2021)
Bländningsavverkning	Medelstamsvolym 0,24 ¹	14,1 m ³ fub /Schemalagd tid		14,91 m ³ fub /Schemalagd tid. ¹	1. (McNeel & Rutherford 1994).
Plockhuggning		13,85 m ³ fub /Schemalagd tid. ¹		14,10 m ³ fub /Schemalagd tid. ¹	(Nordén et al. 2019)

1.3.3 Drivningskostnader

Vid avverkning och uttransport av träd från beståndet till avlägg uppstår drivningskostnader, som ofta anges i kronor per fast kubikmeter under bark ($\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$). Enheten medför att olika bestånd kan jämföras oberoende av hur stora volymer som avverkats. Drivningsnettot är differensen mellan drivningskostnaden och virkesintäkten (Lindroos et al. 2017).

Drivningskostnaden består av fasta kostnader per trakt, flyttkostnader för maskinerna samt maskinernas timkostnad. Maskinernas timkostnad består av tre huvuddelar, nämligen en fast del, en personalrelaterad del samt en rörlig del. Den fasta delen inkluderar lånekostnader, värdeminskning (avskrivning), försäkringskostnader samt administrationskostnader. De årliga fasta kostnaderna divideras med den planerade maskintiden per år för att få den fasta kostnadens del i timkostnaden (Lindroos et al. 2017).

Den personalrelaterade delen dimensioneras utifrån planerad maskintid. Den fasta och personalrelaterade delen är konstant även om maskinen inte är i arbete. Ett högt TU medför låga fasta- och personalrelaterade kostnader per grundtidsenhet (Lindroos et al. 2017).

Den rörliga delen utgörs av exempelvis förbrukning av diesel, oljor samt reservdelar (Lindroos et al. 2017).

Enligt Eliasson (2023) var drivningskostnaden för kalhuggning i norra Sverige 117 $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$. Hånell m.fl. (2000) uppgav att drivningskostnaden för skärmskogsbruk var 11–13 % högre än för kalhuggning.

För luckhuggning var drivningskostnaden 118 kr/m^3 (Eliasson et al. 2021). Jonsson (2015) uppgav att drivningskostnaden i medeltal var 137 $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$ i blädning. För plockhuggning uppgav Lacruz m.fl. (2023) att drivningskostnaden var 10-40 % dyrare än kalhuggning. För en detaljerad beskrivning av kostnaderna, se bilaga 4.

1.4 Behov av studien

Skogsbranschen står inför ett skifte där hyggesfria metoder efterfrågas som ersättning eller komplement till trakthyggesbruket (Dehlin et al. 2023). Kunskapsområdet är begränsat kring produktivitet, således är det svårt att skatta drivningskostnader i avverkning med hyggesfria metoder jämfört med traditionella kalhuggningar. För att främja användningen av hyggesfria metoder krävs ökad kunskap inom området.

1.5 Syfte

Studiens huvudsyfte var att kvantifiera skördaren och skotarens produktivitet samt kostnader vid drivning av trakter som behandlas med olika hyggesfria metoder, jämfört med slutavverkning.

Studiens delsyften var att

- Kategorisera olika hyggesfria metoder.
- Kvantifiera effekten av påverkande faktorer på skördaren samt skotarens produktivitet.
- Jämföra hyggesfria metoder med slutavverkning med avseende på produktivitet.
- Jämföra produktiviteten för de arbetslag som avverkar stor andel trakter med hyggesfria metoder mot de som avverkar liten andel.
- Beräkna drivningskostnader för enskilda bestånd där hyggesfria metoder tillämpats och jämföra med bestånd där slutavverkning tillämpats.
- Beräkna och jämföra totala kostnader där flyttkostnader adderas till drivningskostnader och jämföra mellan hyggesfria metoder och slutavverkning.

2. Material och metod

Arbetet genomfördes i samarbete med SCA Skog AB. De hyggesfria metoder som SCA tillämpar idag är plockhuggning, skärmställning, blädning samt naturvårdande skötsel med virkesuttag. Studien genomfördes genom att driftsdata samlades in via SCAs IT-system. Sedan gjordes dataurval efter specifika kriterier. Därefter förbereddes datat inför analyser. Prediktionsmodeller för produktiviteten skapades för att undersöka faktorer som påverkade produktiviteten, samt om det skiljde sig mellan de olika hyggesfria metoderna. Produktiviteten för skördare samt skotare i hyggesfria metoder jämfördes med slutavverkning. Produktiviteten mellan arbetslag med mer eller mindre erfarenhet av hyggesfria metoder jämfördes. Utifrån produktivetsdata kunde drivningskostnader samt totalkostnader beräknas för trakter som avverkats med hyggesfria metoder och jämföras med slutavverkning.

2.1 SCA

SCA är Europas största privata skogsägare. SCA Skog förvaltar ett skogsinnehav på totalt 2,7 miljoner ha, varav 2 miljoner ha består av produktiv skogsmark (SCA 2023b).

Företaget bedriver ett skogsbruk där ambitionen är hög virkesproduktion samtidigt som skogens övriga värden bevaras eller utvecklas. Målet är att framtidens skogar ska inneha minst lika mycket, eller mer, virke, biologisk mångfald samt naturupplevelser som idag (SCA 2023c). Verksamhetsområdet är uppdelat i 7 flödesområden, Piteå, Umeå, Strömsund, Sollefteå, Östersund, Ånge samt Sundsvall (figur 2) (SCA Skog 2023a).



Figur 2. SCAs verksamhetsområde indelat i flödesområdena Piteå, Umeå, Strömsund, Sollefteå, Östersund, Ånge samt Sundsvall.

Figure 2. SCA's operational area divided into flow areas Piteå, Umeå, Strömsund, Sollefteå, Östersund, Ånge and Sundsvall.

2.1.1 SCAs definitioner

Vid SCA har olika huggningsformer olika koder. Slutavverkning, SAV har huggningsform 3 och inkluderar enbart kalhuggning. Kalhuggning benämns fortsättningsvis som slutavverkning eller SAV.

SCAs hyggesfria metoder benämns som alternativa metoder och har huggningsform 8, vilket förkortas HF8 (SCA 2023c). Hyggesfria metoder nyttjas i områden där kalhuggning av olika skäl bör undvikas för att bevara eller gynna naturvärden, samtidigt som virkesuttag kan göras (SCA 2023a). Ca 4 % av SCAs produktiva skogsmark brukas med hyggesfria metoder (SCA 2023a).

För HF8or finns tre kategorier av naturvårdsmålklasser (NV-målklasser), nämligen frivilliga avsättningar, kombinerade mål samt anpassad hänsyn. Naturvärdena är högst i de frivilliga avsättningarna och de är ofta nyckelbiotoper. Den hyggesfria metod som tillämpas i frivilliga avsättningar är naturvårdande skötsel (NS) med virkesuttag, där inriktningen är att skapa högre naturvärden, exempelvis genom att hugga bort gran i äldre löv-/tallbestånd (Tabell 5). Bestånd med höga naturvärden, men inte tillräckligt höga för att prioriteras som frivillig avsättning, klassas som kombinerade mål. De hyggesfria metoder som tillämpas med kombinerade mål är plockhuggning samt blädning (Tabell 5). Anpassad hänsyn innebär att en skärmställning lämnas kvar i beståndet. I bestånd med anpassad hänsyn kan större volymsuttag göras jämfört med bestånd med frivillig avsättning samt kombinerade mål (Tabell 5) (SCA Skog 2023b).

Vid avverkning med hyggesfria metoder vid SCA prefereras stora maskiner. Minsta möjliga lastbredd på skotaren bör nyttjas, där stora skotare ska ha lastredet i smal-utförande vilket är detsamma som vid trailertransport och ger en bredd på 3,3 m (SCA Skog 2023b).

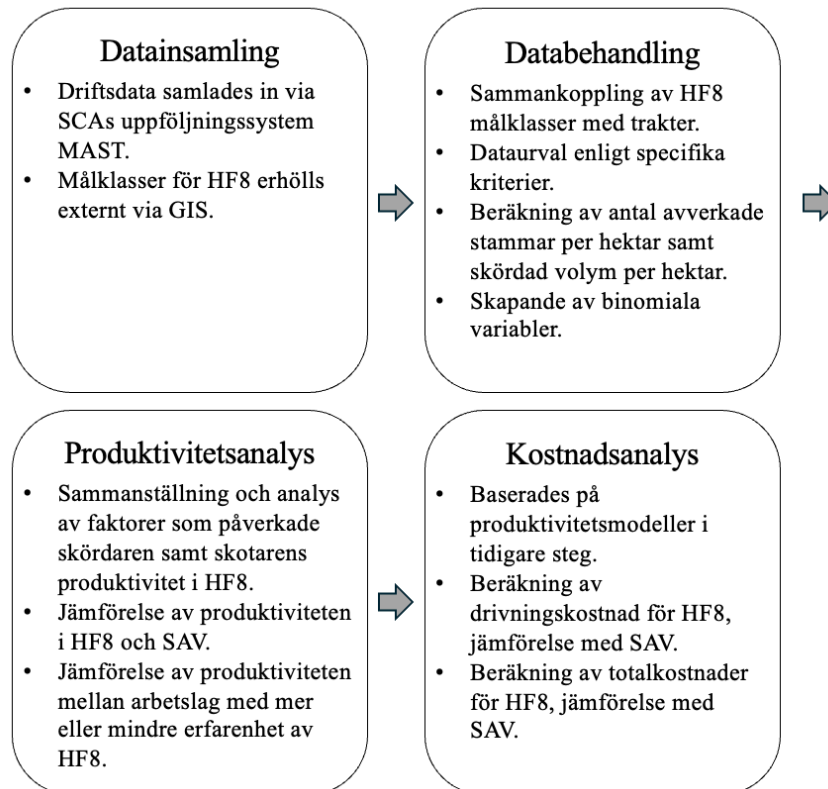
Tabell 5. Vid SCA har hyggesfria metoder huggningsform 8, HF8 och innefattar plockhuggning, skärmställning, blädning samt naturvårdande skötsel med virkesuttag. Tabellen beskriver de olika metoderna, vilken målklass de tillhör, metodbeskrivning samt vilken naturvårdsmålklass de tillhör. Tabellen är baserat på internt material som erhållits från SCA (SCA Skog 2023b).

Table 5. At SCA continuous cover forestry methods have felling form 8, HF8 and include selective harvesting, shelterwood, selection cutting and nature conservation management with wood extraction. The table describes the different methods, which class they belong to, method description and which nature conservation class they belong to. The table is based on internal material obtained from SCA (SCA Skog 2023b).

SCAs målklass	Metod	SCAs Beskrivning	SCAs NV-målklass
53	Plockhuggning	Beslut om virkesuttag från enskilda träd till större volymer baseras på beståndets naturvärden. Max 50 % volymsuttag, i undantagsfall 60 %.	Kombinerade mål
55	Skärmställning	En skärm sparas i beståndet som främjar kontinuitet samt olikåldrighet genom att träden åldras. Ca 15–50 % av volymen sparas.	Anpassad hänsyn
57	Blädning	Tillämpas i områden där naturvärdena är knutna till trädkontinuitet, men inte specifikt död ved. Exempelvis sump- eller lövrika skogar där arter är beroende av ett stabilt beståndsklimat. Den första blädningen innebär oftast bara uttag i körvägarna och motsvarar cirka 20–25 % av volymen.	Kombinerade mål
59	NS med virkesuttag	100 % naturvårdsmål. Aktiva skötselåtgärder genomförs för att gynna eller bevara befintliga naturvärden. Exempel på åtgärd kan vara att plockhugga gran i äldre tall-/lövbestånd.	Frivilliga avsättningar

2.2 Genomförande

Studien genomfördes enligt stegen i figur 3.



Figur 3. En övergripande sammanfattning av de steg enligt studien genomfördes. Studien började med datainsamling följt av databehandling. Vidare genomfördes produktivitetsanalyser som följdes av kostnadsanalyser.

Figure 3. An overall summary of the steps according to the study was carried out. The study began with data collection followed by data processing. Furthermore, productivity analyses were carried out, which were followed by cost analyses.

2.2.1 Datainsamling

Driftsdata samlades in via SCA:s IT-system MAST, där data för år 2021–2023 nyttjades. Det totala datat omfattade alla flödesområden. Målklasser för HF8-trakterna erhöles externt via GIS. Totalt importerades 905 trakter för HF8 samt 3544 trakter för slutavverkning, SAV.

Valet av variabler baserades på kända påverkansvariabler (Bilaga 5), samt tillgängligt data i MAST. Totalt nyttjades 19 variabler i analyserna (Tabell 7), där de flesta var i samma form som i det inrapporterade datat i MAST, medan vissa beräknades utifrån tillgängliga variabler.

Avverkade stammar per ha beräknades genom summan skördade stammar dividerat med skördade arealen per trakt. Skördad volym per ha beräknades genom totala volymskörden dividerat med skördade arealen per trakt.

Binomiala variabler skapades för förväntade snöbegränsningar, flerträdshantering, justerbart lastrede samt maskinstorlek. Utifrån produktionskvartal antogs att snö fanns på marken som en möjlig hindrande faktor under kvartal 1 (januari-mars). För trakter som behandlats under kvartal 1 angavs värdet 1, för övriga värde 0. För skördare utrustade med flerträdshantering var värdet 1 för övriga 0. För skotare som hade justerbart lastrede var värdet 1 för övriga 0. För maskinstorlek skapades ett antal indikatorvariabler, där maskinstorlekarna klassades in i storleksklasser enligt tabell 3. Om maskintypen exempelvis var av storleken XL angavs värde 1, annars 0, där skördare XL kan exemplifieras av Ponsse Scorpion och skotare XL exemplifieras av Ponsse Elephant King. Fördelning av maskinstorlekar för hyggesfria metoder samt slutavverkning visas i tabell 6. Ytstruktur och lutning bestod av inrapporterade mätningar från traktplanering, där intervallen var mellan 1-5, baserade på Berg (1992).

Tabell 6. Maskinstorlekarnas fördelning utifrån storleksklassning, där skördare XL kan exemplifieras av Ponsse Scorpion och skotare XL exemplifieras av Ponsse Elephant King.

Table 6. The distribution of the machine sizes based on size classification, where the harvester XL can be exemplified by the Ponsse Scorpion and the forwarder XL is exemplified by the Ponsse Elephant King.

Huggningsform	Skördare				Skotare			
	S	M	L	XL	S	M	L	XL
HF8	0	0	15	438	4	134	132	146
SAV	0	0	10	1365	0	166	886	267

Tabell 7. De oberoende bestånds- och maskinvariablerna som undersöktes i produktivetsmodellerna. Under analyserna logaritmerades variablerna för att minska förekomsten av extremvärden. Variablerna anges med enheter, medelvärden, min-maxvärden samt standardavvikelse (SD).

Table 7. The independent stand and machine variables that were examined in the productivity models. During the analyzes, the variables were logarithmized to reduce the occurrence of outliers. The variables are listed with units, mean values, min-max values, and standard deviation (SD).

Variabel	Enhet	Plockhuggning (53)				Skärmställning (55)				Blädning (57)				NS med virkesuttag (59)				Slutavverkning (SAV)				
		Medel	Median	SD	Min-max	Medel	Median	SD	Min-max	Medel	Median	SD	Min-max	Medel	Median	SD	Min-max	Medel	Median	SD	Min-max	
Variabler för både skördare och skotare																						
1	Medelstamsvolym	m ³ /träd	0,16	0,15	0,07	0,04-0,40	0,18	0,16	0,11	0,06-1,29	0,19	0,16	0,08	0,10-0,38	0,20	0,21	0,08	0,08-0,40	0,24	0,22	0,10	0,05-0,75
2	Avverkad volym per hektar	m ³ /ha	114,9	93,8	76,4	20-460	161,2	159,2	71,7	25-402	58,3	53,0	29,9	27-142	122,4	109,2	66,8	23-277	206,5	198,4	91,9	4-1811
3	Totala avverkade volymen	m ³	569,9	303,9	855,9	20-5476	728,1	528,5	770,9	53-6168	584	319	675	29-2623	815	706	686	31-2812	1335	810	1665,0	20-25027
4	Förväntade snöbegränsning	0/1	0,50	1	0,50	0-1	0,60	1	0,50	0-1	0,97	1	0,17	0-1	0,48	0	0,50	0-1	0,40	0	0,50	0-1
5	Ystruktur	1-5	1,90	1,70	0,70	1,10-4,00	1,70	1,60	0,50	1,00-3,70	1,60	1,50	0,40	1,10-2,70	2,40	2,20	0,80	1,20-4,00	1,90	1,80	0,60	1,00-5,00
6	Lutning	1-5	1,80	1,60	0,70	1,00-4,50	1,60	1,40	0,50	1,00-3,50	1,40	1,20	0,50	1,10-3,00	1,01	1,90	0,60	1,10-3,00	1,80	1,60	0,60	1,00-4,30
7	Tallandel	%	23	10	30	0-100	21	10	26	0-100	9	0	18	0-80	36	20	36	0-100	42	30	34	0-100
8	Granandel	%	70	70	28	0-100	70	80	28	0-100	81	90	22	0-100	59	70	34	0-100	52	59	31	0-100
9	Lövandel	%	8	10	11	0-50	7	0	12	0-60	10	10	12	0-50	5	0	8	0-30	7	0	9	0-80
10	Maskinstorlek																					
	S	0/1								0,05	0	0,20	0-1	0,04	0	0,20	0-1					
	M	0/1	0,30	0	0,50	0-1	0,30	0	0,50	0-1	0,60	1,00	0,50	0-1	0,20	0	0,40	0-1	0,13	0	0,30	0-1
	L	0/1	0,30	0	0,50	0-1	0,30	0	0,50	0-1	0,33	0,50	0,35	0-1	0,12	0	0,30	0-1	0,13	0	0,30	0-1
	XL	0/1	0,30	0	0,50	0-1	0,30	0	0,50	0-1	0,46	0,75	0,43	0,1	0,16	0	0,35	0-1	0,13	0	0,30	0-1
Appliceras för modeller för skördare																						
11	Totalt antal avverkade stan	st	3496	1928	4786	164-28737	4295	3306	3867	466-23840	3646	1194	4860	192-18920	4328	3108	4834	186-29276	6851	4170	10023	233-151950
12	Flerträdshantering	0/1	0,80	1	0,40	0-1	0,70	1	0,40	0-1	0,90	1	0,40	0-1	0,80	1	0,40	0-1	0,80	1	0,40	0-1
13	Hindrande underväxt	stammar/ha	1051	800	782	0-3200	951	800	818	0-6000	1308	1200	1074	100-6000	680	600	589	0-2700	1133	900	1109	0-10000
14	Svåra träd	%	3	2	9	0-85	3	1	7	0-67	5	4	4	0-13	3	2	6	0-40	3	2	4	0-78
15	Antal sortiment i skogen	st	4	4	0,90	1-5	4	4	0,80	2-6	4	3	0,90	2-6	4	4	0,90	2-5	4	4	0,90	1-7
Appliceras för modeller för skotare																						
16	Skotningsavstånd	m	452	385	318	40-1400	458	400	335	10-2388	432	313	276	140-1310	539	440	369	120-1500	431	380	290	20-2183
17	Skotarens lastvolym	m ³	15	14	3	10-21	15	14	3	10-22	13	12	1	10-15	15	15	3	10-21	20	20	2	10-22
18	Antal sortiment på avlägg	st	4	4	0,90	1-5	4	4	0,80	2-6	4	3	1	2-6	4	4	0,90	2-6	4	4	0,90	1-8
19	Justerbart lastrede	0/1	0,60	1	0,50	0-1	0,50	1	0,50	0-1	0,40	0	0,50	0-1	0,50	0	0,50	0-1	0,50	0	0,50	0-1

2.2.2 Databehandling

För Huggningsform 8 ingick målklasserna 53 plockhuggning, 55 skärmställning, 57 blädning samt 59 naturvårdande skötsel. Dessa var inte angivna för trakterna och en sammankoppling var nödvändig för att definiera vilken metod som tillämpats för en given trakt. Målklasser för HF8orna som erhöles från GIS sammankopplades manuellt med trakterna från MAST i programmet Microsoft excel.

Datat med sammanlänkade målklasser för HF8 samt data för SAV importerades till programmet R-Studio. Datat delades i två separata dataset, ett för skördare samt ett för skotare i HF8.

Flödesområdena Umeå och Piteå exkluderades till följd av få antal HF8 trakter. I datat förekom trakter där både arbetstiden samt avverkad volym var 0. Det förekom även trakter där skotningsavståndet var 0. För att undvika nollvärden samt för att fastställa att ytstruktur och lutning befann sig inom givet intervall gjordes ett dataurval utifrån följande fem kriterier, där de trakter som inte uppfyllde kriterierna exkluderades.

- 1) Arbetstiden per trakt för skördaren och skotaren översteg 1 G₀h.
- 2) Avverkad volym översteg 0 m³/ha.
- 3) Medelstamsvolymen var inom intervallet 0,05–2,0 m³/träd.
- 4) Ytstruktur och Lutning var i intervallet 1–5.
- 5) Skotningsavståndet översteg 10 m.

Efter utfört urval enligt kriterierna exkluderades trakter med ofullständigt data för respektive maskintyp. Samma process genomfördes för SAV. Det totala antalet trakter efter utfört urval enligt inklusionskriterierna uppgick till 1828 trakter för skördare och 1735 trakter för skotare (Tabell 8). Medelvärden för beståndsdata för de olika HF8 målklasserna samt slutavverkning visas i tabell 9.

Tabell 8. Trakternas antalsmässiga fördelning mellan de olika HF8 målklasserna samt slutavverkning (SAV), uppdelat på skördare samt skotare.

Table 8. The distribution of stands over different HF8 classes and final felling for harvesters and forwarders.

Huggningsform	Skördare	Skotare
HF8 totalt	453	416
53 Plockhuggning	179	160
55 Skärmställning	187	173
57 Blädning	35	38
59 NS med virkesuttag	52	45
SAV	1375	1319
Totalt	1828	1735

Tabell 9. Medelvärden för beståndsdata för plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57), NS med virkesuttag (59) samt slutavverkning (SAV) presenteras i tabellen.

Table 9. Mean values for stand data distributed by selection cutting (53) maintained shelterwood (55), selective harvesting (57) nature conservation management (59), and final felling (SAV).

		Metod/åtgärd				
Beståndsdata	Enhet	53	55	57	59	SAV
Areal	ha	4	3	6	8	5
Ålder	år	116	109	119	127	103
SI Gran/Tall	Övre höjd 100 år	G19/T19	G19/T20	G17/T19	G22/T19	G20/T20
Grundyta	m ² /ha	29	30	27	28	29
Medelhöjd	m	18	18	17	18	19
Medeldiameter	cm	21	21	21	23	23
Beståndstäthet innan åtgärd	Stammar/ha	584	782	409	592	911
Beståndsvolym	m ³ sk/ha	144	196	72	165	262
Volymuttag	%	56	73	35	23	95

2.3 Produktivitetsanalys

2.3.1 Prediktionsmodeller

För att kvantifiera effekten av påverkande faktorer på produktiviteten för skördare och skotare i de olika hyggesfria metoderna, samt för att undersöka om det fanns skillnad mellan målklasserna skapades prediktionsmodeller för produktiviteten genom linjär regression. Analysen genomfördes enligt de fem steg som presenteras nedan.

- Steg 1
 - Visuell och statistisk analys av oberoende variabler samt hur de korrelerade med produktiviteten.
- Steg 2
 - Regressionsanalys för att fastställa signifikans.
- Steg 3
 - Analys av modellens residualer.
- Steg 4
 - Justering av modellen.
- Steg 5
 - Upprepning av steg 2–4.

Ekvation 1 visar den allmänna modellen för regressionsanalyserna.

$$(1) \quad Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \epsilon_i$$

Där Y var den logaritmerade produktiviteten, för skördare, respektive skotare i vardera modeller. X_1 till X_3 var indikatorvariabler för målklasserna, medan X_4 till X_{pi} var variabler från tabell 7.

Där β_0 var interceptet.

β_1 - β_p var regressionskoefficienter för variablerna.

ϵ_i var feltermen som representerade modellens avvikelser.

Målklass ingick som indikatorvariabel för att undersöka om någon variabel påverkade produktiviteten mer eller mindre i de olika målklasserna. Den variabel som hade högst korrelation med produktiviteten inkluderades först i modellen. Efter att modellen skattats jämfördes $\hat{\epsilon}_i$ med resterande potentiella förklaringsvariabler. Den variabel som hade högst korrelation med residualerna för modellen inkluderades i nästa modell.

Variabler exkluderades om p-värdet $>0,05$. Fler variabler lades in i modellen och utslöts stegvis utifrån variablernas bidrag till förklaringsgraden (R^2 -adj) av modellen. Inkludering och exkludering av variabler avslutades när ingen tillagd variabel bidrog till modellens förklaringsgrad. Det statistiska test som nyttjades för att undersöka signifikans var t-test.

Vid visuell granskning av modellerna upptäcktes det att extremvärden hade viss påverkan. Datat logaritmerades för att minska påverkan av extremvärden. Flera modeller skapades, där de enklaste innehöll ett fåtal variabler. För skördaren skapades 7 modeller och för skotaren skapades 8 modeller för de hyggesfria metoderna. Ytterligare en modell skapades för skördaren, modell 7.1, där datat för de hyggesfria metoderna grupperades samt att slutavverkning adderades som en målklass. Detsamma genomfördes för skotaren där modell 8.1 skapades.

Modellerna exporterades från R-studio till Microsoft excel och transformerades från logaritmerade värden till naturliga. Utfallet av regressionerna visualiserades i excel. För skördare varierades medelstamsvolymen mellan 0,04–1,29 m³fub, medan övriga variabler hölls konstanta. För skotaren varierades skotningsavståndet mellan 10–2388 m, medan övriga variabler hölls konstanta. Intervallen representerade omfattningen av det analyserade datamaterialet.

2.3.2 Jämförelse av produktiviteten mellan arbetslag

Prediktionsmodellerna i tidigare avsnitt undersökte kända påverkansfaktorer från litteraturen. Erfarenhet av avverkning av hyggesfria metoder var en variabel som inte ingick i modellerna. Hypotesen var att mer erfarna arbetslag hade högre produktivitet vid drivning av hyggesfria metoder än mindre erfarna arbetslag. Det ansågs relevant att jämföra produktiviteten mellan arbetslag med mer eller mindre erfarenhet av hyggesfria metoder.

För att jämföra produktiviteten mellan arbetslag som avverkat relativt stor andel med hyggesfria metoder mot de som avverkat relativt liten andel delades data för antal G_0 -timmar per arbetslag för skördare samt skotare in i kvartiler (se bilaga 6 för detaljerad indelning). I 25e percentilen ingick de arbetslag som lagt få G_0 -timmar på HF8, och som därför ansågs mindre erfarna. Arbetslag som låg över 75e percentilen utgjorde de som lagt många G_0 -timmar på hyggesfria metoder och ansågs mer erfarna. Analysen fokuserade på arbetslag med lite respektive mycket erfarenhet av hyggesfria metoder. De arbetslag vars G_0 -timmar var i intervallet över 25e percentilen och under 75e percentilen exkluderades i analysen.

Datat logaritmerades för att minska effekten av extremvärden. Produktiviteten mellan den erfarna samt mindre erfarna gruppen undersöktes genom linjär regression enligt ekvation 2.

$$(2) \quad Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_5 X_{5i} + \epsilon_i$$

Där Y var den logaritmerade produktiviteten,

X_1 är betecknade medelstamsvolym för skördarmodellen och skotningsavstånd för skotarmodellen.

β_0 var interceptet.

X_2 var indikatorvariablerna för grupp.

X_3 till X_5 var indikatorvariablerna för målklass.

2.4 Kostnadsberäkning

I kostnadsanalysen beräknades avverkningskostnader för skördare samt skotare för enskilda trakter för hyggesfria metoder och jämfördes med slutavverkning. Kostnadsberäkningarna genomfördes i programmet Microsoft excel och baserades på de linjära regressionsmodellerna skördarmodell 7.1 (Tabell 12) samt skotarmodell 8.1 (Tabell 14).

Avverkningskostnaden för en skördare eller en skotare för en trakt beräknades enligt ekvation 3.

$$(3) \quad \text{Drivningskostnad för maskinen (kr/m}^3\text{)} = \frac{K_T}{P}$$

Där:

K_T = Timkostnad för maskinen (kr/h)

P = Produktiviteten (m^3 /utnyttjad tid)

Timkostnader för maskinerna baserades på Jonsson (2015) och visas i tabell 10.

Tabell 10. Timkostnader för skördare XL samt skotare M, L och XL. Baserat på Jonsson (2015). Kostnader anges för de maskinstorlekar som förekom i datat.

Table 10. Machine costs per hour for harvesters XL and forwarders M, L and XL. Based on Jonsson (2015). Costs are given for the machine sizes that appeared in the data.

Maskinstorlek	Skördare, kr/G ₀ h	Skotare, kr/G ₀ h
M	-	715
L	-	780
XL	1230	910

Den totala drivningskostnaden för ett bestånd beräknades som summan av kostnaden för skördare samt skotare, enligt ekvation 4.

$$(4) \quad K_{TD} = \sum_1^i K_{D,i}$$

Där:

K_{TD} = Totala drivningskostnaden för maskin 1 till i (kr/m^3)

K_{D1} = Drivningskostnad skördare (kr/m^3)

K_{D2} = Drivningskostnad skotare (kr/m^3)

Drivningsomkostnader i form av flytt adderades till den totala drivningskostnaden. Flyttkostnaden per maskin sattes till 3500 kr/flytt, baserat på Bogghed (2018). Den totala drivningskostnaden inklusive flytt beräknades enligt ekvation 5 och 6.

$$(5) \quad K_{TD} = \sum_1^i K_{D,i} + \sum_1^i K_{F,i}$$

Där:

K_{TD} = Totala drivningskostnaden för maskin 1 till i inklusive flyttkostnad för maskin 1 till i (kr)

$K_{F,i}$ = Flyttkostnad för maskin i (kr/m³)

$$(6) \quad K_{F,i} = \frac{K_{FT,i}}{V_B}$$

Där:

$K_{FT,i}$ = Den totala flyttkostnaden för maskin i för beståndet (kr)

V_B = Den avverkade volymen för bestånd i (m³)

Analys genomfördes för skördarens samt skotarens enskilda drivningskostnader, där medelstamsvolymen varierades för skördare mellan 0,04–1,29 m³fub, medan alla andra variabler hölls konstanta. För skotare varierades skotningsavståndet mellan 10 och 2388 m, medan alla andra variabler hölls konstanta, där intervallen representerade omfattningen av det analyserade datamaterialet. Analyser genomfördes även för totala drivningskostnaden exklusive flyttkostnad, där olika maskiner kombinerades. Slutligen adderades flyttkostnad till totala drivningskostnaden för att undersöka flyttkostnadens påverkan på totalkostnaden. Flyttkostnaden per m³fub beräknades utifrån medelvärden för totala avverkade volymen för HF8 samt SAV, tabell 7.

3. Resultat

Resultaten från produktivetsanalyserna beskrivs initialt med de linjära regressionsmodellerna. De fullständiga stegvisa regressionerna återfinns i bilaga 7 (skördare) samt bilaga 8 (skotare). Resultaten visualiseras sedan med varierande medelstamsvolym för skördaren samt varierande skotningsavstånd för skotaren. Sedan presenteras resultaten för produktivetsanalysen mellan mer och mindre erfarna arbetslag som följs av resultaten för kostnadsanalyserna.

För skördaren var den lägsta medelstamsvolymen 0,04 m³fub och den högsta var 1,29 m³fub. Medelvärdet var 0,22 m³fub. För skotaren var det kortaste skotningsavståndet 10 m och det längsta 2388 m. Medelvärdet var 433 m. Resultaten presenteras för hela dataintervallet av det analyserade datat.

3.1.1 Skördarproduktivitet

De variabler som var signifikanta för skördaren i de linjära regressionsanalyserna var medelstamsvolym, avverkad volym per hektar, lutning, lövandel, maskinstorlek samt tallandel (tabell 11). För fullständiga stegvisa regressionsmodeller, se bilaga 7. Medelstamsvolymen förklarade en betydande del av variansen, cirka 60 % ($R^2(\text{adj.}) = 0,601$). Produktiviteten ökade med ökande medelstamsvolym (modell 2, bilaga 7). Produktiviteten påverkades positivt med ökad avverkad volym per hektar (modell 3, bilaga 7). Maskinstorleken påverkade produktiviteten där större maskiner innebar högre produktivitet (modell 6, bilaga 7). Med ökad tallandel ökade produktiviteten (modell 7, bilaga 7). Lutning samt lövandel påverkade produktiviteten negativt, där ökad lutning samt ökad lövandel innebar minskad produktivitet (modell 4 respektive modell 5, bilaga 7). Flera variabler bidrog signifikant till modellen, men det var marginellt högre förklaringsgrad mellan modell 2 ($R^2(\text{adj.})=60\%$) samt modell 7 ($R^2(\text{adj.}) 68\%$).

Tabell 11. Skördarmodell 7 för skördaren från den stegvisa regressionen för det logaritmerade värdet av produktiviteten. I tabellen presenteras parametervärden för de olika variablerna. Standardavvikelse, R^2 , $R^2(\text{adj})$ samt p-värde presenteras för modellen.

Table 11. Harvester model 7 for the harvester from the stepwise regression for the logarithmic value of productivity. The table presents parameter values for the various variables. Standard error, R^2 , $R^2(\text{adj})$ and p-value are presented for the model.

Variabelnamn	Parameter	Värde
Intercept		3,46983
	p-värde	<0,001
Målklass 55	Koefficient	-0,00523
	p-värde	0,81728
Målklass 57	Koefficient	-0,02822
	p-värde	0,49082
Målklass 59	Koefficient	0,00513
	p-värde	0,87572
LN(Medelstamsvolym)	Koefficient	0,61256
	p-värde	<0,001
LN(Avverkad vol/ha)	Koefficient	0,10795
	p-värde	<0,001
LN(Lutning)	Koefficient	-0,17711
	p-värde	<0,001
LN(Lövandel)	Koefficient	-0,00373
	p-värde	0,002
Maskinstorlek L	Koefficient	-0,14414
	p-värde	0,008
LN(Tallandel)	Koefficient	0,00281
	p-värde	0,014
Std error		0,2024
R^2		0,6857
R^2 (adj)		0,6793
p-värde		<0,001

I de stegvisa regressionsanalyserna kunde en signifikant skillnad påvisas mellan målklasserna i modell 2 (bilaga 7). När avverkad volym per ha adderades i modell 3 (bilaga 7) kunde ingen signifikant skillnad påvisas mellan målklasserna mellan faktorer som påverkade produktiviteten för resterande modeller. Samma modell var därmed tillämpbar för alla hyggesfria metoder, och resultaten presenteras därför för hyggesfria metoder som grupp samt slutavverkning, enligt modell 7.1 (Tabell 12). Modellen är densamma som skördarmodell 7 (tabell 11), där skillnaden är att slutavverkning är tillagd samt att data för de hyggesfria metoderna är sammanslaget. I modell 7.1 var maskinstorlek inte signifikant, till skillnad från modell 7 och är därför utesluten.

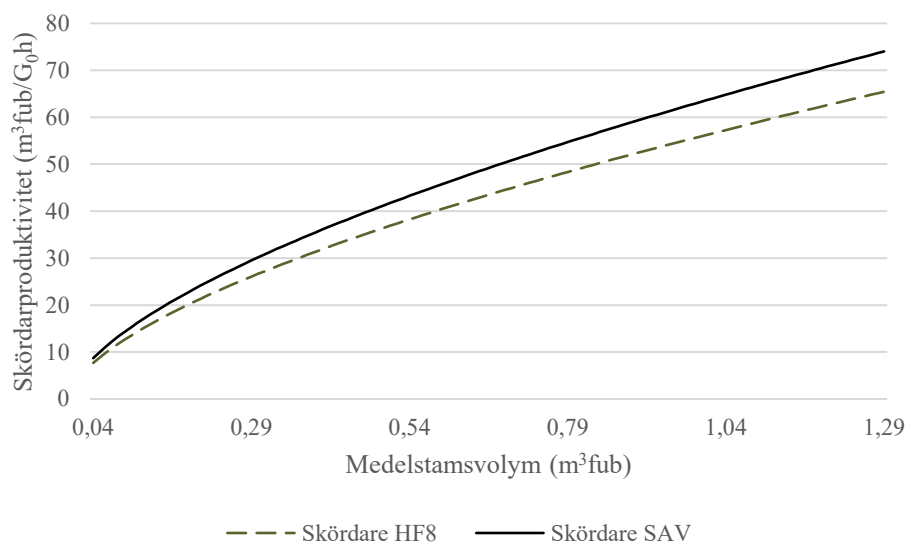
Tabell 12. Skördare modell 7.1. Baserad på skördarmodell 7, där observationerna för SAV lagts till och de olika målklasserna har slagits ihop till HF8. Om indikatorvariabeln HF8 sätts till noll så erhålls produktiviteten för SAV. Gäller för det logaritmerade värdet av produktiviteten.

Table 12. Harvester model 7.1. Based on harvester model 7, where observations for SAV have been added and the various HF8 classes have been merged into HF8. If the indicator variable HF8 is set to zero, the productivity for SAV is obtained. Applies to the logarithmic value of productivity. Applies to the logarithmic value of productivity.

Variabelnamn	Parameter	
Intercept		3,866937
HF8	p-värde	<0,001
	Koefficient	-0,102080
LN(Tallandel)	p-värde	<0,001
	Koefficient	0,002345
LN(Lövandel)	p-värde	<0,001
	Koefficient	-0,002577
LN(Lutning)	p-värde	<0,001
	Koefficient	-0,187757
LN(Medelstamsvolym)	p-värde	<0,001
	Koefficient	0,616567
LN(Avverkad vol/ha)	p-värde	<0,001
	Koefficient	0,068715
	p-värde	<0,001
Std error		0,1981
R ²		0,7068
R ² (adj)		0,7058
p-värde		<0,001

Resultatet för modell 7.1 visade att produktiviteten var högre i slutavverkning än i hyggesfria metoder vid alla medelstamsvolym (figur 4). Skördarens produktivitet i SAV vid medelstamsvolym 0,22 m³fub var 24,87 m³fub/G₀h. Skördarens produktivitet i hyggesfria metoder vid samma medelstamsvolym var 21,98 m³fub/G₀h, produktiviteten var 13 % högre för slutavverkning än för hyggesfria metoder.

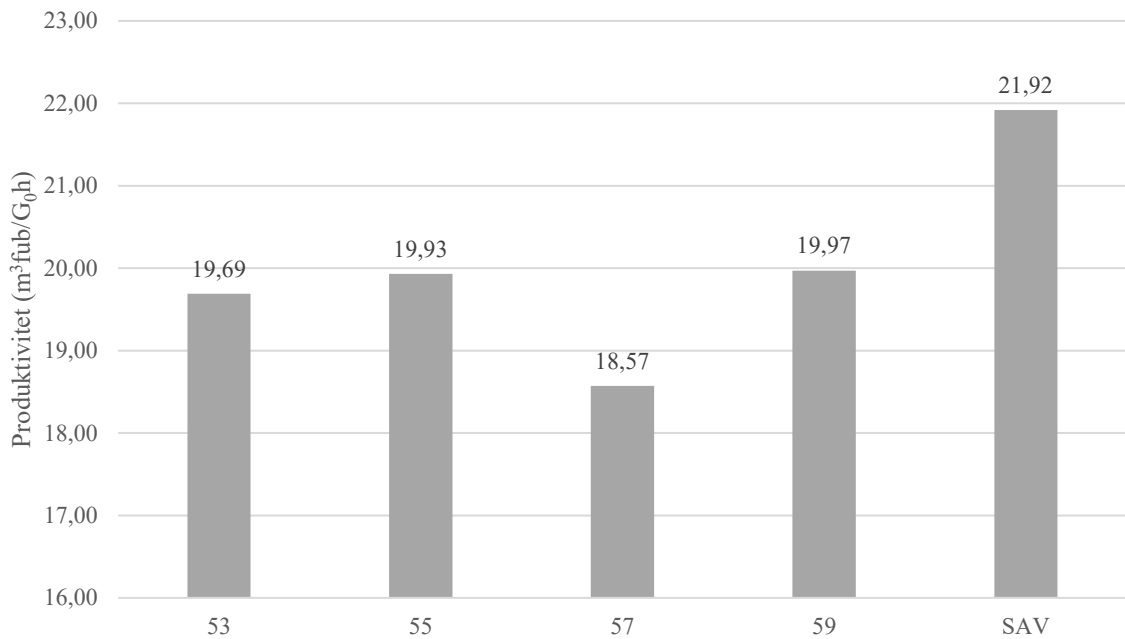
Produktivitetsskillnaden var låg vid låg medelstamsvolym men ökade med ökande medelstamsvolym. Vid medelstamsvolym 0,04 m³fub var produktivitetsskillnaden 1,0 m³fub/G₀h. Vid medelstamsvolym 1,29 m³fub var produktivitetsskillnaden 8,59 m³fub/G₀h (figur 4).



Figur 4. Produktiviteten för skördare fördelat på hyggesfria metoder och slutavverkning. Figuren är baserad på modell 7.1, vid varierande medelstamsvolym, övriga variabler konstanta. Avverkad volym per hektar 204,80 m³fub, lutning 1,78, lövandel 6,72 % samt tallandel 41,25 %.

Figure 4. Productivity for harvesters divided between continuous cover forestry and final felling. The figure is based on model 7.1, at varying mean stem volume, other variables constant at mean values. Harvested volume per hectare 204,80 m³fub, slope 1,78, proportion of deciduous trees 6,72 % and proportion of pine 41,25 %.

För skördarna varierade produktiviteten mellan de olika hyggesfria metoderna, plockhuggning (målklass 53), skärmställning (målklass 55), blädning (målklass 57), NS med virkesuttag (målklass 59) samt slutavverkning (Figur 5). Produktiviteten visas vid medelstamsvolymen 0,22 m³fub. Skördarproduktiviteten var högst i slutavverkning. Figuren är baserad på skördarmodell 7.1 (tabell 12) med HF8 data separerat.



Figur 5. Produktivitet för skördare i de olika hyggesfria metoderna, plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57) NS med virkesuttag (59) samt slutavverkning (SAV) vid medelstamsvolym 0,22 m³fub. Figuren är baserad på modell 7.1, med HF8 data separerat.

Figure 5. Productivity for harvester in the different continuous cover forestry methods, selective harvesting (53), shelterwood (55), selective cutting (57), nature conservation management with wood extraction (59), and final felling (SAV), at a mean stem volume of 0,22 m³fub. The figure is based on model 7.1, with HF8 data separated.

3.1.2 Skotarnas produktivitet

De variabler som var signifikanta för skotaren i regressionsanalyserna var skotningsavstånd, skotad volym per hektar, ytstruktur, totalvolym, sortiment samt medelstamsvolym (tabell 13). För fullständig stegvis regression, se bilaga 8.

Skotningsavståndet förklarade cirka 20 % av variansen ($R^2(\text{adj.}) = 0,198$). Produktiviteten ökade med minskande skotningsavstånd (modell 2, bilaga 8). Produktiviteten ökade med ökande skotad volym per hektar (modell 3, bilaga 8). Större maskiner innebar högre produktivitet (modell 4, bilaga 8). Beståndets totalvolym påverkade produktiviteten genom att ökad totalvolym innebar en ökad produktivitet (modell 6, bilaga 8). Medelstamsvolymen hade också en påverkan på skotarens produktivitet, där ökad medelstamsvolym innebar en högre produktivitet (modell 8, bilaga 8). Högre värde för ytstruktur innebar en sänkt produktivitet (modell 5, bilaga 8). Fler antal sortiment innebar en sänkt produktivitet (modell 7, bilaga 8). Förklaringsgraden var betydligt högre i modell 8 (bilaga 8) ($R^2(\text{adj.})$ 43 %), än i modell 2 ($R^2(\text{adj.})$ 20 %).

Tabell 13. Modell 8 för skotaren från den stegvisa regressionen för det logaritmerade värdet av produktiviteten. I tabellen presenteras parametervärden för de olika variablerna. Standardavvikelse, R^2 , $R^2(\text{adj.})$ samt p-värde presenteras för modellen.

Table 13. Model 8 for the forwarder from the stepwise regression for the logarithmic value of productivity. The table presents parameter values for the various variables. Standard error, R^2 , $R^2(\text{adj.})$ and p-value are presented for the model.

Variabelnamn	Parameter	
Intercept		3,43438
	p-värde	<0,001
Målklass 55	Koefficient	0,05041
	p-värde	0,12196
Målklass 57	Koefficient	-0,10194
	p-värde	0,06016
Målklass 59	Koefficient	0,02578
	p-värde	0,60059
Ln(Skotningsavstånd)	Koefficient	0,18217
	p-värde	<0,001
Ln(skotad vol/ha)	Koefficient	0,12784
	p-värde	<0,001
Maskinstorlek M	Koefficient	0,06232
	p-värde	0,66509
Maskinstorlek L	Koefficient	0,11617
	p-värde	0,42660
Maskinstorlek XL	Koefficient	0,21655
	p-värde	0,14183
Ln(Ytstruktur)	Koefficient	-0,15181
	p-värde	0,00124
Ln(Totalvolym)	Koefficient	0,03909
	p-värde	0,02172
Ln(Sortiment)	Koefficient	-0,11522
	p-värde	0,02616
Ln(Medelstamsvolym)	Koefficient	0,12437
	p-värde	<0,001
Std.error		0,2740
R^2		0,4451
$R^2(\text{adj.})$		0,4285
p-värde		<0,001

I de stegvisa regressionsanalyserna kunde en signifikant skillnad påvisas mellan målklasserna i modell 1 (bilaga 8). När skotad volym per ha adderades i modell 3 (bilaga 8) kunde ingen signifikant skillnad påvisas mellan faktorer som påverkade skotarens produktivitet i de olika hyggesfria metoderna för de resterande modellerna. Detta medförde att samma modell var tillämpbar för alla hyggesfria metoderna. I modell 8 var inte maskinstorlek signifikant, men i modell 8.1 var maskinstorleken signifikant. Resultaten presenteras utifrån modell 8.1 (Tabell 14). Modellen är densamma som skotarmodell 8 (bilaga 8), där skillnaden är att slutavverkningsdata är tillagt samt att data för hyggesfria metoder är sammanslaget till en gemensam grupp samt att maskinstorlek S tagits bort.

Tabell 14. Skotarmodell 8.1. Baserad på skotare modell 8 samt slutavverkning tillagt och hyggesfria metoder grupperat. Gäller för det logaritmerade värdet av produktiviteten.

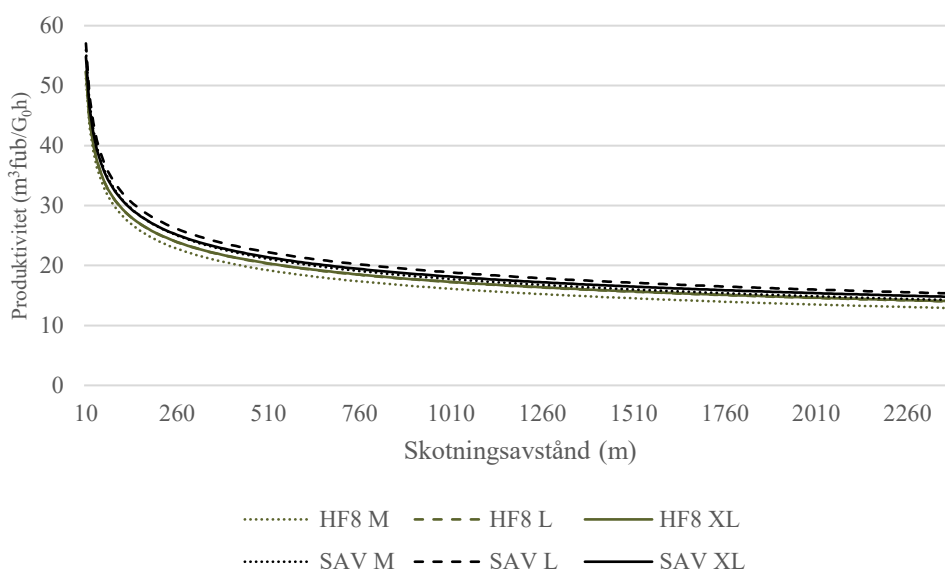
Table 14. Forwarder model 8.1, based on forwarder model 8, with final felling added and continuous cover forestry methods grouped. Applies to the logarithmic value of productivity.

Variabelnamn	Parameter	
Intercept		4,23665
	p-värde	<0,001
HF8	Koefficient	-0,08194
	p-värde	<0,001
LN(Medelstamsvolym)	Koefficient	0,13790
	p-värde	<0,001
LN(Sortiment)	Koefficient	-0,14480
	p-värde	<0,001
LN(totalvolym)	Koefficient	0,05959
	p-värde	<0,001
LN(Ytstruktur)	Koefficient	-0,15740
	p-värde	<0,001
Skotare M	Koefficient	-0,10517
	p-värde	<0,001
Skotare XL	Koefficient	0,03806
	p-värde	0,005
LN(Skotadvolperha)	Koefficient	0,08906
	p-värde	<0,001
LN(Skotningsavstånd)	Koefficient	-0,24000
	p-värde	<0,001
Std error		0,2417
R ²		0,5088
R ² (adj)		0,5061
p-värde		<0,001

Resultatet för skotarmodell 8.1 visade att alla skotare hade högre produktivitet i slutavverkning än i de hyggesfria metoderna (Figur 6).

Produktiviteten var högre för samtliga skotarstorlekar i slutavverkning än i de hyggesfria metoderna. Det var marginell produktivitetsskillnad mellan skotare L och XL i både slutavverkning samt hyggesfria metoder, där skotare XL hade högre produktivitet med $0,04 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{h}$.

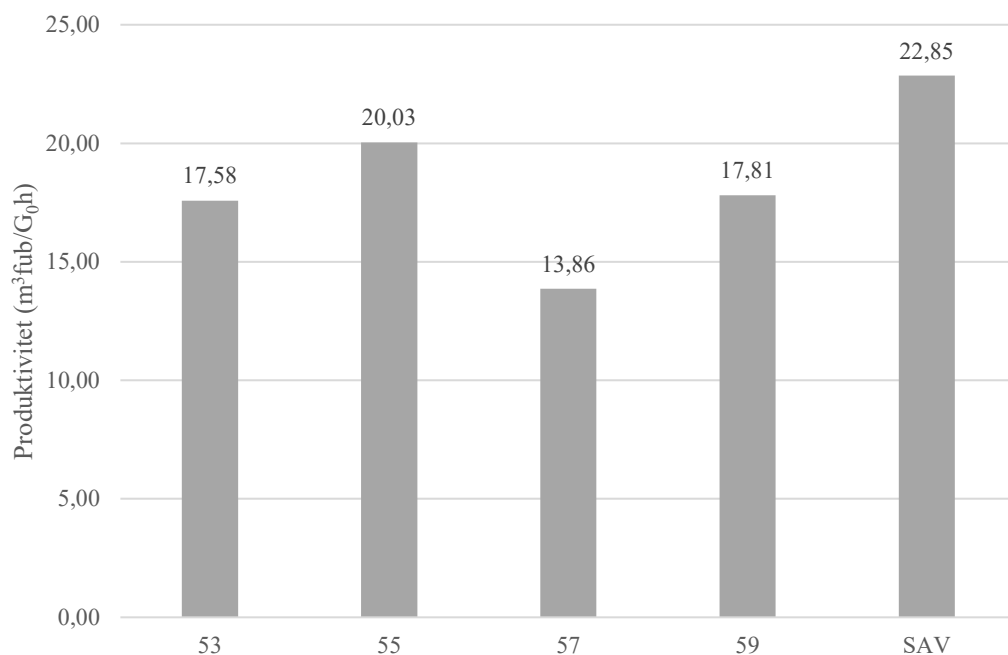
Vid skotningsavstånd 433 m var produktiviteten för skotare L i slutavverkning $23,09 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{h}$. Produktiviteten var 9 % lägre för de hyggesfria metoderna ($21,12 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{h}$). Vid 10 m skotningsavstånd var produktivitetsskillnaden $2,19 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{h}$, vid skotningsavstånd 2388 m var produktivitetsskillnaden $1,48 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{h}$ (Figur 6).



Figur 6. Produktiviteten för skotare M, L samt XL, fördelat på HF8 samt SAV. Figuren är baserad på modell 8.1, vid varierande skotningsavstånd. De övriga variablerna var konstanta, skotad volym per hektar $130,63 \text{ m}^3\text{fub}$, ytstruktur $1,93$, totalvolym $1338,43 \text{ m}^3\text{fub}$, antal sortiment 4 , medelstamsvolym $0,23 \text{ m}^3\text{fub}$. Det var marginell produktivitetsskillnad mellan skotare L och XL i både SAV samt HF8, där skotare XL hade högre produktivitet med $0,04 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{h}$. Skotare L döljs av skotare XL i figuren.

Figure 6. Productivity for forwarders M, L and XL, divided between continuous cover forestry management methods and final felling. The figure is based on model 8.1, at varying forwarding distances. All other variables were constant, forwarded volume per hectare $130,63 \text{ m}^3\text{fub}$, surface structure $1,93$, total volume $1338,43 \text{ m}^3\text{fub}$, number of assortments 4 , mean stem volume $0,23 \text{ m}^3\text{fub}$. There was a small difference in productivity between forwarder L and XL in both continuous cover forestry management methods and final felling, where forwarder XL had higher productivity with $0,04 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{h}$. Forwarder L is covered by forwarder XL in the figure.

Produktiviteten varierade för skotarna i de olika hyggesfria metoderna, plockhuggning (målklass 53), skärmställning (målklass 55), blädning (målklass 57), NS med virkesuttag (målklass 59) samt slutavverkning (SAV) vid skotningsavståndet 433 m. Produktiviteten var högre i slutavverkning än de hyggesfria metoderna (Figur 7). Figuren är baserad på skotarmodell 8.1 med HF8 data separerat (tabell 14).



Figur 7. Produktivitet för skotare i de olika hyggesfria metoderna samt slutavverkning. Produktiviteten visas för de hyggesfria metoderna, plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57), NS med virkesuttag (59) samt slutavverkning (SAV) vid skotningsavståndet 433 m. Produktiviteten var högst i slutavverkning. Figuren är baserad på skotarmodell 8.1 med HF8 data separerat (tabell 14).

Figure 7. Productivity for forwarder in the different continuous cover forestry methods, selective harvesting (53), shelterwood (55), selective cutting (57), nature conservation management with wood extraction (59), and final felling (SAV), at a forwarding distance of 433 m. The productivity was highest in clear cutting. The figure is based in forwarder model 8.1 with HF8 data separated (table 14).

3.1.3 Produktiviteten mellan arbetslag

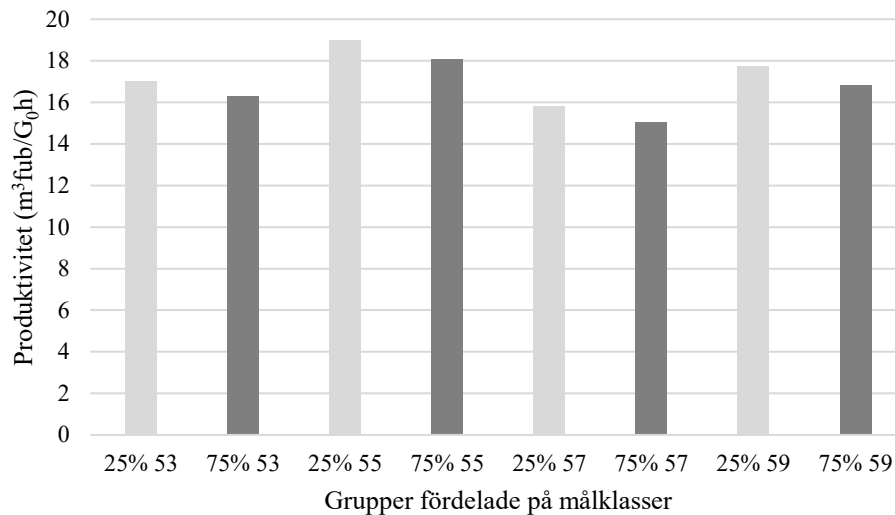
Analysen för produktiviteten mellan mer och mindre erfarna arbetslag för skördaren visade att de mindre erfarna arbetslagen (grupp 25 %) i medeltal hade högre produktivitet än de mer erfarna arbetslagen (grupp 75 %), men skillnaden var inte signifikant (p-värde = 0,14), tabell 15. Medelvärde för skördad medelstamsvolym var 0,20 m³fub för grupp 25 % samt 0,17 m³fub för grupp 75 %.

Tabell 15. Regressionsmodell för skördare mellan mer och mindre erfarna arbetslag. I tabellen presenteras parametervärden för variablerna som ingick i analysen, standardavvikelse, R², R²(adj.) samt p-värde för modellen.

Table 15. Regression model for harvesters between more and less experienced work teams. The table presents parameter values for the variables that were included in the analysis, standard deviation, R², R²(adj.) and p-value for the model.

Variabelnamn	Parameter	
Intercept		3,95083
	p-värde	<0,001
LN (Medelstamsvolym)	Koefficient	0,65861
	p-värde	<0,001
Grupp 75%	Koefficient	-0,05016
	p-värde	0,14067
Målklass 55	Koefficient	0,10541
	p-värde	0,00059
Målklass 57	Koefficient	-0,07792
	p-värde	0,18012
Målklass 59	Koefficient	0,03491
	p-värde	0,45461
Std.error		0,2148
R ²		0,6752
R ² (adj)		0,6685
p-värde		<0,001

Skördarnas produktivitet vid medelstamsvolym 0,18 m³fub fördelat på grupp 25 % och grupp 75 % för plockhuggning (målklass 53), skärmställning (målklass 55), blädning (målklass 57), NS med virkesuttag (målklass 59) visas i figur 8. Figuren är baserad på regressionsmodellen i tabell 15. Produktiviteten var högre för grupp 25 % i alla målklasser.



Figur 8. Produktiviteten för skördare fördelat på grupp 25 % samt 75 %. Grupperna visas för plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57), samt NS med virkesuttag (59) vid medelstamsvolym 0,18 m³fub. Figuren är baserad på regressionsmodellen i tabell 15.

Figure 8. Productivity of harvesters divided into groups 25 % and 75 %. The groups are shown for the continuous cover forestry management methods at mean stem volume 0,18 m³fub. The figure is based on the regression model in table 15.

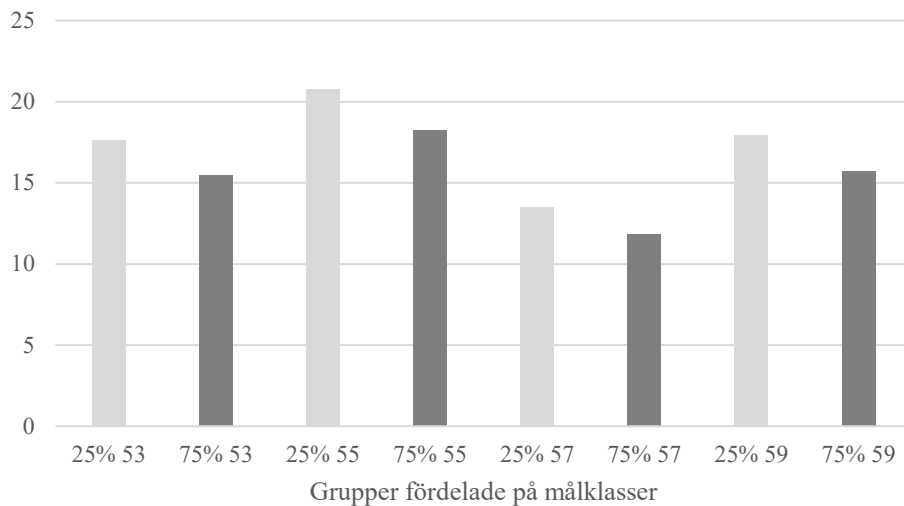
Analysen för produktiviteten mellan mer och mindre erfarna arbetslag för skotaren visade att de mindre erfarna arbetslagen (grupp 25 %) hade högre, produktivitet än de mer erfarna (grupp 75 %), skillnaden var signifikant ($p=0,015$) (Tabell 16). Medelvärde för skotningsavståndet var 413 m för grupp 25 % och 488 m för grupp 75%.

Tabell 16. Regressionsmodell för skotare mellan mer och mindre erfarna arbetslag. I tabellen presenteras parameter värden för variablerna som ingick i analysen, standardavvikelse, R^2 , $R^2(\text{adj.})$ samt p-värde för modellen.

Table 16. Regression model for forwarders between more and less experienced work teams. The table presents parameter values for the variables that were included in the analysis, standard deviation, R^2 , $R^2(\text{adj.})$ and p-value for the model.

Variabelnamn	Parameter	
Intercept		3,74391
	p-värde	<0,001
LN (Skotningsavstånd)	Koefficient	-0,14337
	p-värde	<0,001
Grupp 75%	Koefficient	-0,13011
	p-värde	0,01512
Målklass 55	Koefficient	0,16571
	p-värde	0,00064
Målklass 57	Koefficient	-0,26705
	p-värde	0,00142
Målklass 59	Koefficient	0,01787
	p-värde	0,81258
Std.error		0,3276
R^2		0,2374
$R^2(\text{adj.})$		0,2205
p-värde		<0,001

Skotarnas produktivitet vid skotningsavståndet 433 m fördelat på grupp 25 % och grupp 75 % för plockhuggning (målklass 53), skärmställning (målklass 55), blädning (målklass 57), NS med virkesuttag (målklass 59) visas i figur 9. Produktiviteten var högre för grupp 25 % i alla målklasser.



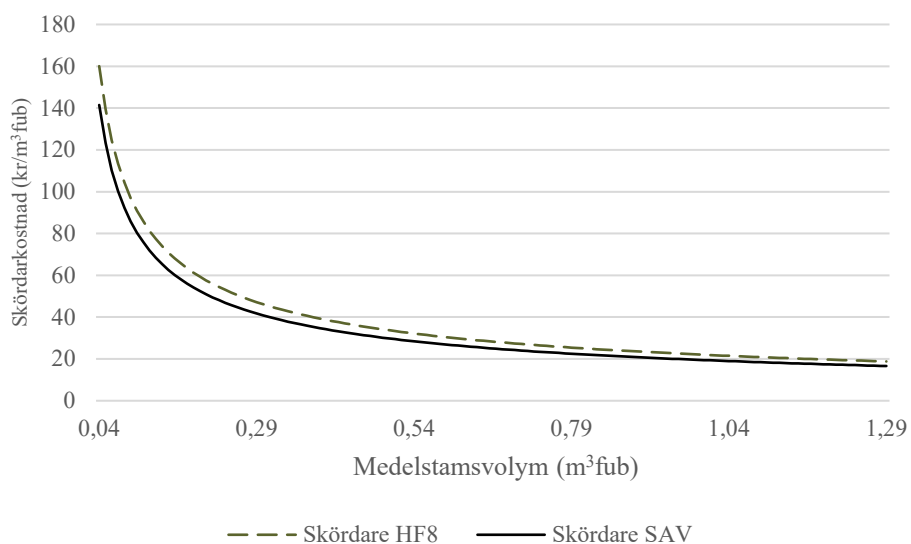
Figur 9. Produktiviteten för skotare fördelat på grupp 25 % samt 75 %. Grupperna visas för plockhuggning (53), skärmställning (55), blädning (57), samt NS med virkesuttag (59) vid skotningsavstånd 450 m. Figuren är baserad på regressionsmodellen i tabell 16.

Figure 9. Productivity of harvesters divided into groups 25 % and 75 %. The groups are shown for the continuous cover forestry management methods at a forwarding distance of 450 m. The figure is based on the regression model in table 16.

3.2 Kostnader

3.2.1 Skördarkostnad

Den beräknade avverkningskostnaden var lägre i slutavverkning jämfört med hyggesfria metoder (Figur 10). Vid medelstamsvolym 0,22 m³fub var skördarkostnaden 49,45 kr/m³fub för skördare i slutavverkning. Skördarkostnaden vid samma medelstamsvolym för hyggesfria metoder var 13 % högre (55,95 kr/m³fub).

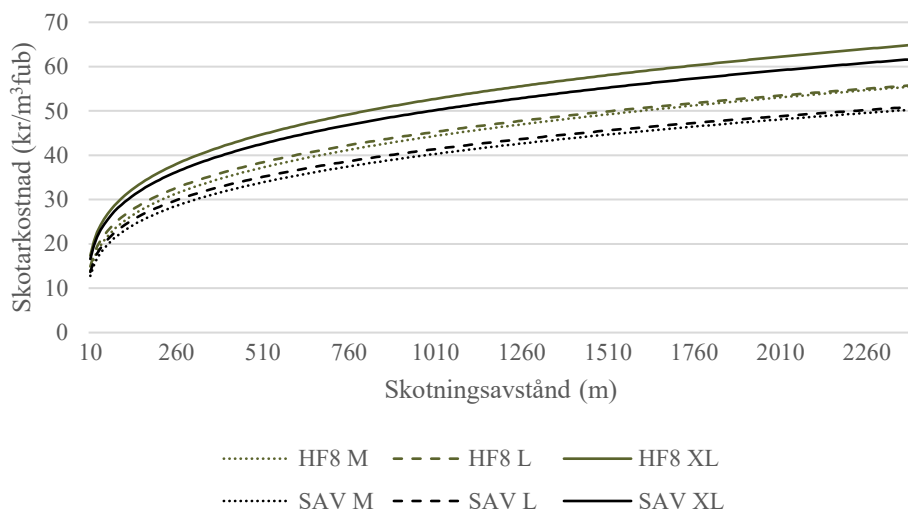


Figur 10. Den beräknade avverkningskostnaden för skördare vid varierande medelstamsvolym, fördelat på hyggesfria metoder samt slutavverkning.

Figure 10. Operating costs for harvesters with varying mean stem volume, distributed on continuous cover forestry and final felling.

3.2.2 Skotarkostnad

Den beräknade skotningskostnaden var lägre för slutavverkning än hyggesfria metoder (figur 11). För skotare L var kostnaden 33,78 kr/m³fub för slutavverkning och 9,3 % högre (36,93 kr/m³fub) för hyggesfria metoder.



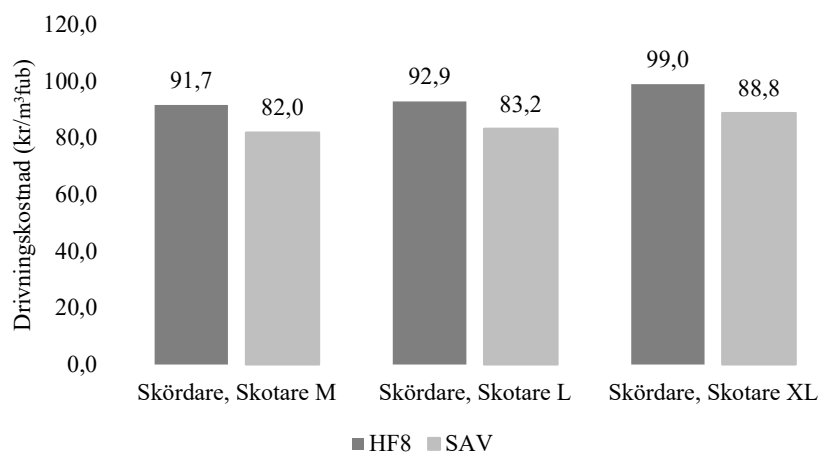
Figur 11. Den beräknade skotningskostnaden för skotare M, L samt XL vid varierande skotningsavstånd, fördelat på hyggesfria metoder samt slutavverkning.

Figure 11. Operating costs for forwarders M, L and XL at varying forwarding distances, distributed on continuous cover forestry and final felling.

3.2.3 Drivningskostnad

Drivningskostnaden presenteras för olika maskinkombinationer vid medelstamsvolym 0,22 m³fub samt skotningsavstånd 433 m.

Drivningskostnaden för hyggesfria metoder var 12 % högre än för slutavverkning med maskinkombinationerna skördare och skotare M samt skördare och skotare L. Drivningskostnaden var 11 % högre för hyggesfria metoder än för slutavverkning med maskinkombinationen skördare samt skotare XL (figur 12).

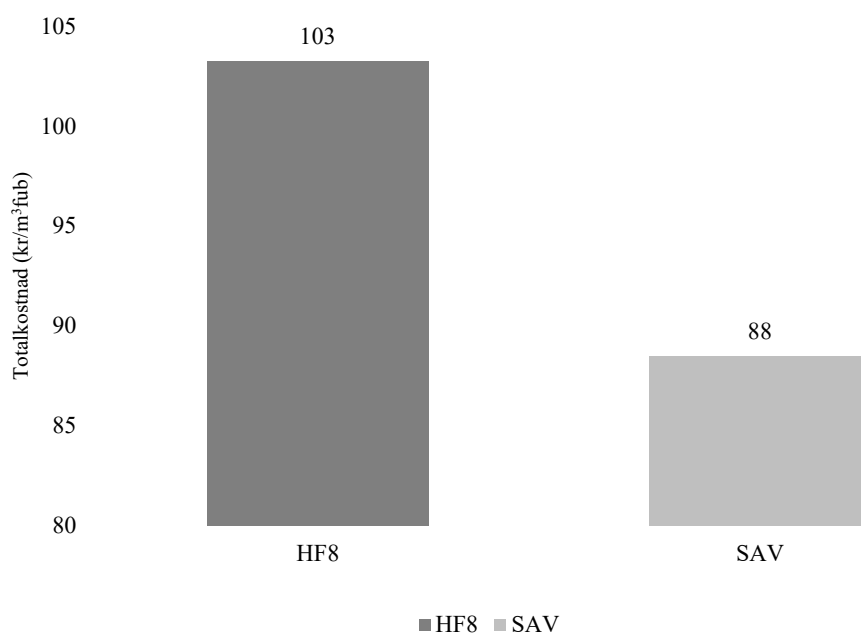


Figur 12. Drivningskostnad för varierande maskinkombinationer vid medelstamsvolym 0,22 m³fub och skotningsavstånd 433 m.

Figure 12. Operating costs for varying machine combinations at average stem volume 0,22 m³fub and forwarding distance 433 m.

3.2.4 Totalkostnad

När flyttkostnad inkluderades i drivningskostnaden resulterade det i en total kostnad på 88 kr/m³fub för slutavverkning för skördare samt skotare, vid medelstamsvolym 0,22 m³fub och skotningsavstånd 433 m. Hyggesfria metoder var 17 % dyrare (103 kr/m³fub) vid samma förutsättningar (Figur 13). Drivning med hyggesfria metoder resulterade i betydligt mindre uttag per avverkning (1335 m³fub för slutavverkning och 674 m³fub för hyggesfria metoder), vilket resulterade i att kostnadsskillnaden ökade.



Figur 13. Totala drivningskostnaden inklusive flyttkostnad för medelbeståndet, fördelat på hyggesfria metoder och slutavverkning.

Figure 13. Total operational cost, including moving costs for mean stands, distributed on continuous cover forestry and Final Felling.

4. Diskussion

4.1 Hyggesfritt skogsbruk

Det framkom under studiens gång att det har varit och är en utmaning att hyggesfritt skogsbruk inkluderar många av trakthyggesbrukets åtgärder, metoder och system, vilket medför två helt olika avgränsningar inom hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk. Det framkom även att det varit en utmaning att fastställa en tydlig definition för hyggesfritt skogsbruk i Sverige.

Definitionerna för hyggesfritt skogsbruk varierade mellan olika länder. För trakthyggesländer så som Sverige och Finland fanns tydliga definitioner för hyggesfritt skogsbruk, medan länder där hyggesfritt skogsbruk var vanligare, exempelvis Tyskland, inte hade samma tydliga definition.

Certifieringssystemet FSC förespråkar kontinuitetsskogsbruk, vilket kan vara en indikator på att hyggesfria metoder kan komma att bli allt vanligare framöver.

4.2 Metod

4.2.1 Data och databehandling

Datamaterialet omfattade ett stort antal trakter i ett stort geografiskt område. Det fanns en väldigt stor mängd inrapporterat data och en stor mängd variabler att välja bland. Datat inkluderade både inrapporterat data från traktplanering och även inrapporterat produktionsdata från maskinerna från utförda avverkningsuppdrag. I datat förekom en del felaktigheter samt att en del värden var orimliga. Exempel på detta var då relativt stora volymer avverkats och transporterats till avlägg, men för maskinerna hade inga G_0 -timmar registrerats. I uppföljningsdatat var inte målklasserna angivna för trakterna, detta fanns tillgängligt i GIS och en manuell sammankoppling krävdes. En betydande del av det insamlade datat föll bort till följd av att målklasser saknades för många av trakterna i GIS. Dessutom sorterades mycket data bort på grund av orimliga värden, ofullständig information eller total avsaknad av värden. Detta påverkade studien genom att en begränsad datamängd förväntades representera en betydande del av det faktiska fenomenet.

Metoden innehöll flera steg där fel kunde uppstå. Ett stort databortfall skedde vid den manuella sammankopplingen av målklasser med trakter. Detta kan delvis

bero på den mänskliga faktorn, men även fel i systemet där alla trakter inte fått någon målklass tilldelad vid planeringstillfället av trakten.

4.2.2 Analyser

I studiens inledningsskede var avsikten att jämföra de olika hyggesfria metoderna med slutavverkning, men även med varandra.

I de stegvisa regressionerna ingick målklass för att undersöka om det fanns någon skillnad mellan faktorer som påverkade produktiviteten mellan målklasserna. Målklass var signifikant i de första modellerna där medelstamsvolymen och skotningsavståndet ingick. I de resterande modellerna kunde ingen signifikant skillnad påvisas.

Den statistiska analysen genomfördes manuellt och innehöll många steg där fel kunde uppstå, och för att minimera risken för fel validerades metoden kontinuerligt med statistiker.

Prediktionsmodellerna som skapades validerades mot inrapporterad produktivitet i MAST vid samma förutsättningar för en given trakt. Modellen skapade bra prediktioner för produktiviteten vid medelvärdena för medelstamsvolymen samt skotningsavståndet men skapade sämre prediktioner för högre samt lägre värden. Detta kan bero på att de flesta värden var centrerade kring medelvärdet och modellen tränats till störst del på dessa data. Det var bara enstaka trakter som hade medelstamsvolym 1,29 m³fub och skotningsavstånd 2388 m och modellen anses ändå vara tillförlitlig.

De stegvisa linjära regressionsmodellerna visade att ingen av de hyggesfria metoderna signifikant påverkade produktiviteten, därmed var samma modell tillämpbar för alla hyggesfria metoder och HF8 som grupp jämfördes mot slutavverkning.

När de hyggesfria metoderna slogs ihop till en gemensam grupp och slutavverkning lades till i modell 7.1 för skördaren påverkade inte längre maskinstorleken produktiviteten. Detta kunde härledas till att det var väldigt få skördare L som nyttjats i datat, speciellt i slutavverkning. Omfattningen av nyttjandet av skördare XL var inte speciellt överraskande då det är stora träd som hanteras i både slutavverkning och i hyggesfria metoder och de största skördarna föredras för att kunna hantera träden.

4.3 Tolkning av resultat

4.3.1 Skördaren och skotarens produktivitet

Den variabel som hade störst påverkan på skördarens produktivitet var medelstamsvolymen. Resultatet var förväntat då tidigare studier påvisat att medelstamsvolymen är den faktor som har högst påverkan på skördarens produktivitet (McNeel & Rutherford 1994; Hånell et al. 2000; Eriksson & Lindroos 2014; Jonsson 2015; Eliasson et al. 2021; Fernandez Lacruz et al. 2023).

Modellen för skotaren (modell 8) var beroende av fler variabler än skördarmodellen och förklaringsgraden för den bästa skotarmodellen var låg i jämförelse med skördarmodellen. Skotningsavståndet var den variabel som hade högst korrelation med skotarens produktivitet. Resultatet var förväntat då tidigare studier påvisat att skotningsavståndet är den faktor med störst påverkan för skotarens produktivitet (McNeel & Rutherford 1994; Eriksson & Lindroos 2014; Jonsson 2015; Eliasson et al. 2021) (bilaga 10).

När avverkad volym per hektar lades till i skördarmodellen samt skotad volym per hektar lades till i skotarmodellen slutade målklassen vara signifikant (bilaga 7 och 8). Avverkad volym per hektar var väldigt relaterad till målklassen. Volymsuttaget varierade för de olika målklasserna, tabell 7. Om avverkad /skotad volym per hektar hade uteslutits i de stegvisa regressionerna hade kanske målklass fortsatt varit signifikant i följande modeller och det hade kanske funnits skillnader i faktorer som påverkade produktiviteten mellan de olika hyggesfria metoderna. Om tid funnits hade mer djupgående analyser kunnat genomföras.

Skördarna i plockhuggning (HF8 53) hade högre produktivitet (19,69 m³fub/G₀h, vid medelstamsvolym 0,22) än tidigare studies 13,85 m³fub/schemalagd timme. Noterbart var att ingen medelstamsvolym fanns angiven för den tidigare studien samt att produktiviteten angavs i en annan tidsenhet (Nordén et al. 2019).

Skördarna i skärmställning (HF8 55), hade något lägre produktivitet (19,93 m³fub/G₀h), vid medelstamsvolym 0,22 m³fub jämfört med tidigare studies 25,4 m³fub/G₀h vid medelstamsvolym 0,25 m³fub, noterbart var att medelstamsvolymen var högre i den tidigare studien (Hånell et al. 2000). Skördarna i blädning (HF8 57) hade högre produktivitet vid lägre medelstamsvolym än för den tidigare studien. I denna studie var produktiviteten i blädning 18,57 m³fub/G₀h vid medelstamsvolym 0,22 m³fub, medan den tidigare studien uppgav en produktivitet på 14,1 m³fub/schemalagd tid vid medelstamsvolym 0,24 m³fub (McNeel & Rutherford 1994). Noterbart var att den tidigare studien uppgav produktiviteten i en annan tidsenhet, vilket påverkade jämförelsen.

För skotarna i plockhuggning (HF8 53) var produktiviteten 17,58 m³fub/G₀h vid skotningsavståndet 433 m jämfört med tidigare studies 13,85 m³fub/schemalagd tid

(Nordén et al. 2019), noterbart var att inget skotningsavstånd var angivet i den tidigare studien samt att produktiviteten angavs i annan tidsenhet, vilket påverkade jämförelsen. För skotarna var produktiviteten i blädning (HF8 57) nära den som tidigare studier observerat 13, m³fub/G₀h vid skotningsavstånd 433 m jämfört med tidigare studies 14,10 m³fub/schemalagd tid (McNeel & Rutherford 1994), produktiviteten var angiven i annan tidsenhet vilket påverkade jämförelsen.

För NS med virkesuttag (HF8 59) var hypotesen att produktiviteten skulle vara lägre än för andra hyggesfria metoder, men ingen sådan produktivitetsskillnad påvisades i denna studie.

Produktivitetsskillnaden mellan denna studie samt tidigare studier kan härledas till skillnader i utförandet. Blädningsinstruktionen (HF8 57) vid SCA är inte densamma som för blädning som beskrivs i litteraturen, och därmed finns skillnader i utförandet som skulle kunna bidra till en produktivitetsskillnad. Plockhuggning (HF8 53) var den näst vanligaste hyggesfria metoden i datat och med den metoden kan volymsuttaget variera enligt SCAs instruktion. Medeluttaget var 56 % av volymen (tabell 9), vilket är en betydande del av beståndet. Om medelstamsvolymen är hög blir produktiviteten således hög. I litteraturen beskrivs plockhuggning som ett uttag av enskilda träd eller uttag av trädgrupper och inte som ett uttag av halva beståndsvolymen, vilket kan vara en anledning till att produktiviteten var lägre i litteraturen.

4.3.1 Produktiviteten mellan arbetslag

Analysen påvisade ett överraskande resultat. Hypotesen var att de mer erfarna arbetslagen skulle ha högre produktivitet, men analyserna visade det motsatta. De mindre erfarna arbetslagen (grupp 25 %) hade högre produktivitet för både skördarna och skotarna. För skördarna fanns dock ingen signifikant skillnad, men för skotarna var produktivitetsskillnaden signifikant, vilket innebar att det fanns statistiska bevis för att de mindre erfarna arbetslagen var mer produktiva än de arbetslagen med mer erfarenhet av hyggesfria metoder.

Efter samtal med ett antal maskinförare som avverkar med hyggesfria metoder finns det skäl till att dessa resultat kan vara rimliga och troliga, nämligen om de tolkas eller härleds till att mindre erfarna arbetslagen inte tycker HF8 är speciellt roligt och skyndar sig igenom trakten. De mer erfarna arbetslagen skulle då i sin tur kunna vara mer noggranna och fokuserar på att utföra arbetet med hög kvalitet.

4.3.2 Kostnader

Tidigare studier har fastslagit att det är billigare att tillämpa slutavverkning än hyggesfria metoder (Hånell et al. 2000; Jonsson 2015), vilket även denna studie kommit fram till.

4.4 Styrkor och svagheter

Studiens styrkor låg främst i att det var ny forskning, där studien var den första av sitt slag att jämföra flera hyggesfria metoder med slutavverkning i samma studie. En annan styrka för studien var dess inkludering av ett stort dataset med omfattande uppföljningsdata samt inkludering av flera delar där flertalet forskningsfrågor undersöktes. Modeller med ett stort dataset representerar verkligheten bättre än ett litet dataset. Modellen blir bättre på att uppskatta det faktiska fenomenet.

Studiens svagheter berodde främst på problem i datat, där felaktigheter i målklasserna och sammanslagningen med trakter bidrog till en betydande del av databortfallet. Tillhörigheten av målklass var nödvändig för att veta vilken hyggesfri metod som hade tillämpats. Om målklass hade varit angiven för fler trakter hade ett större dataurval varit möjligt.

En annan svaghet för studien var tidsomfånget, där arbetet var begränsat till 20 veckor. Ett större tidsomfång hade möjliggjort mer detaljerade analyser.

4.5 Utmaningar med hyggesfritt skogsbruk

Certifieringssystemet FSC kräver att minst 5 % av den produktiva marken ska bedrivas med inriktning för att öka naturvärden, och för det förespråkas hyggesfritt skogsbruk (FSC 2020). Det ställer krav på certifierade markägare, så som SCA. Idag nyttjas hyggesfria metoder på 4 % av SCAs produktiva skogsmark. Det finns en ambition om att öka avverkningar med hyggesfria metoder, vilket innebär att drivningarna blir mindre sett till uttagsvolym, jämfört med slutavverkning. Givet ett visst volymkrav från industri krävs fler mindre avverkningar för att upprätthålla samma volym som vid avverkning av färre men stora avverkningar. Produktiviteten var lägre för skördare och skotare med hyggesfria metoder, vilket medför högre avverkningskostnader, dessutom innebär det på sikt en eventuell ökning av maskinparken för att möta volymkraven.

4.5.1 Vidare studier

Det fanns begränsat med data kring kvarstående stammar i datasetet, varför kvarstående stammar uteslöts i denna studie. Denna studie kom fram till att produktiviteten var lägre i hyggesfria metoder än i slutavverkning, och det hade varit intressant att undersöka hur stor påverkan de kvarstående stammarna har på produktiviteten för skördare och skotare i hyggesfria metoder. Det bör undersökas i framtida studier.

Denna studie var övergripande i ett stort forskningsområde. Den begränsade tidsramen för arbetet medförde att ingen större hänsyn kunde tas till detaljer i de olika hyggesfria metoderna. I framtida studier skulle de olika hyggesfria metoderna kunna studeras separat för att fånga upp detaljer i drivningsarbetet.

Hyggesfria metoder syftar till att avverka, men samtidigt ha skog kvar, likt gallring fast med grövre skog. Ett förslag till framtida studier är att jämföra produktiviteten för skördare och skotare i hyggesfria metoder med gallring.

Maskinsystemet drivare utför både skördaren och skotarens arbete. Det finns både små och stora drivare, där de stora är konstruerade för att nyttjas i slutavverkning. Detta öppnar upp möjligheten att nyttja drivare vid avverkning med hyggesfria metoder. Det skulle dels innebära reducerade flyttkostnader, då det är en maskin som behöver flyttas i stället för två. Dessutom är det bara en maskin som behöver köra i beståndet, i stället för två vilket kan minska risken för skador och minska markpåverkan. Ett förslag på vidare forskning inom området är att undersöka drivarens produktivitet och kostnader och jämföra med ett tvåmaskinsystem vid drivning av hyggesfria metoder.

Denna studie undersökte kostnader för enskilda drivningar. För hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk skiljer sig omloppstiderna, där trakthyggesbrukets omloppstider är cirka 100 år. Det hyggesfria skogsbruket bygger inte på trakthyggesbrukets tydliga rotationer och omloppstiden är längre eller icke-existerande. Detta innebär att det ekonomiska utfallet blir annorlunda vid beräkning över lång tid. Framtida studier bör därför undersöka och jämföra de drivningsekonomiska aspekternas effekt mellan trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk över lång tid.

Studiens fokus var att undersöka drivningens produktivitet och kostnader. Faktorer så som miljö, ekologi samt rekreation exkluderades. Enligt skogsvårdslagen (SFS 1979:429 2022) ska produktions och miljömål vara likställda. Vidare studier krävs inom området för att skapa högre förståelse samt för att integrera de miljömässiga aspekterna i både planering och avverkning av hyggesfria metoder.

4.6 Slutsatser

Studien visade att skördare samt skotare hade lägre produktivitet i hyggesfria metoder än i slutavverkning.

- Produktiviteten för skördare var 13 % lägre med hyggesfria metoder (21,98 m³fub/G₀h) jämfört med slutavverkning (24,87 m³fub/G₀h) vid medelstamsvolym 0,22 m³fub.
- Produktiviteten för skotare L var 9 % lägre med hyggesfria metoder (21,12 m³fub/G₀h) jämfört med slutavverkning (23,09 m³fub/G₀h) vid skotningsavstånd 433 m.
- De arbetslag som var mindre erfarna av hyggesfria metoder hade en signifikant högre skotningsproduktivitet än de arbetslag med mer erfarenhet.
- Drivningskostnaden inklusive flyttkostnader var 17 % högre för hyggesfria metoder jämfört med slutavverkning vid medelstamsvolym 0,22 m³fub och skotningsavstånd 433 m.

Referenser

- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). Skogsskötselserien nr 1, Skogsskötselns grunder och samband. Skogsstyrelsen. [2023-09-01]
- Andersson, R. & Appelqvist, C. (2020). Hyggesfritt skogsbruk [Broschyr]. Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/bruka-skog/olika-satt-att-skota-din-skog/hyggesfritt/broschyr-om-hyggesfritt-skogsbruk.pdf> [2023-08-30]
- Appelqvist, C., Solander, E., Norman, J., Forsberg, O. & Lundmark, T. (2021). *Hyggesfritt skogsbruk, Skogsstyrelsens definition*. (8). Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/rapporter/rapporter-20222021202020192018/rapport-2021-8-hyggesfritt-skogsbruk---skogsstyrelsens-definition.pdf> [2023-09-01]
- Berg, S. (1992). *Terrain classification system for forestry work*. [Kista]: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Bogghed, A. (2018). *Skogsbrukets kostnader 2018*. (2). Lantmäteriet. <https://www.lantmateriet.se/contentassets/735baf7f116b449297aa478f5fcaab06/rappport-skogsbrukets-kostnader-2018.pdf> [2023-12-10]
- Dehlin, H., Alvsilver, J., Sarenmark, L.-O., Eriksson, L., Magnusson, M. & Mörling, T. (2023). *Förutsättningar för hyggesfritt skogsbruk och definition av naturnära skogsbruk i Sverige*. (16). Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/rapporter/rapporter-2023/rapport-2023-16-forutsattningar-for-hyggesfritt-skogsbruk-och-definition-av-naturnara-skogsbruk-i-sverige-.pdf> [2024-01-17]
- Eliasson, L. (2023). *Skogsbrukets kostnader och intäkter 2022*. <https://www.skogforsk.se:443/kunskap/kunskapsbanken/2023/skogsbrukets-kostnader-och-intakter-2022/> [2024-01-14]
- Eliasson, L., Grönlund, Ö., Lundström, H. & Sonesson, J. (2021). Harvester and forwarder productivity and net revenues in patch cutting. *International journal of forest engineering*. 32(1). 3–10. <https://doi.org/10.1080/14942119.2020.1796433> [2023-08-30]
- Eriksson, M. & Lindroos, O. (2014). Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in Northern Sweden based on large follow-up datasets. *International journal of forest engineering*. 25(3). 179–200. <https://doi.org/10.1080/14942119.2014.974309> [2023-09-13]
- Fernandez Lacruz, R., Grönlund, Ö., Johannesson, T., B. Djupström, L., Söderberg, J. & Eliasson, L. (2023). Harvester time consumption in nature conservation

- management operations. *International journal of forest engineering*. 34(2). Skogforsk. 112–116. doi: 10.1080/14942119.2023.2174353 [2023-08-30]
- Fjeld, D. & Dahlin, B. (2017). *Nordic logistics handbook - Forest operations in Wood Supply*. Sveriges Lantbruksuniversitet och Helsinki universitet. [2023-12-20]
- FSC (2020). *Skogsbruksstandard*. <https://se.fsc.org/se-sv/regler/skogsbruksstandard> [2024-01-08]
- FSC Sverige (2020). FSC-standard för skogsbruk i Sverige. FSC. <https://se.fsc.org/sites/default/files/2021-10/FSC-standard%20fo%CC%88r%20skogsbruk%20i%20Sverige%20FSC-STD-SWE-03-2019.pdf#viewer.action=download> [2023-12-03]
- FSC Sverige (2023). *Vår organisation*. <https://se.fsc.org/se-sv/var-organisation> [2023-12-04]
- Hagner, S. (1962). *Naturlig förnygring under skärm*. (52(4)). Statens skogsforskningsinstitut. <https://res.slu.se/id/publ/125204> [2023-12-10]
- Hånell, B., Nordfjell, T. & Eliasson, L. (2000). Productivity and Costs in Shelterwood Harvesting. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 15(5). 561–569. <https://doi.org/10.1080/028275800750173537> [2023-11-07]
- Hägström, C., Kawasaki, A. & Lidestav, G. (2013). Profiles of forestry contractors and development of the forestry-contracting sector in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 28(4). Taylor & Francis. 395–404. <https://doi.org/10.1080/02827581.2012.738826> [2023-12-16]
- Jonsson, R. (2015). *Prestation och kostnader i blädning med skördare och skotare*. (863–2015). Skogforsk. <https://www.skogforsk.se/contentassets/3abd62ca3a494d22a157c675ef10146c/arbetsrapport-863-2015.pdf> [2023-11-06]
- Karlsson, C., Sikström, U., Örlander, G., Hannerz, M., Hånell, B. & Fries, C. (2017). Skogsskötselserien nr 4, Naturlig förnygring av tall och gran. I: *Skogsskötselserien*. Skogsstyrelsen. [2023-10-11]
- Larsen, J.B. & Madsen, P. (2001). *Naturnær skovdrift - erfaringer, status for forskning og muligheder i Danmark*. (Skovbrugsserien, 29). <https://videntjenesten.ku.dk/filer/rapporter/skov-og-landskab/sogn29.pdf> [2023-12-03]
- L.Deal, R. (2017). Continuous cover forestry as a part of Sustainable Forest Management in the Pacific North West, USA. 10(1). Continuous cover forestry group. 1–5. https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/journals/pnw_2017_deal001.pdf [2024-01-19]
- Lindroos, O., Mendoza-Trejo, O., La Hera, P. & Ortiz Morales, D. (2019). Advances in using robots in forestry operations. I: *Burleigh doodds series in agricultural science*. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2019.0056.18> [2023-12-16]
- Lindroos, O., Nordfjell, T. & Wästerlund, I. (2017). Liten skogsteknisk ordlista, formelsamling & drivningstexter. [2023-11-15]
- Lundqvist, L., Cedergren, J. & Eliasson, L. (2014a). *Skogsskötselserien nr 11, Blädningsbruk*. Skogsstyrelsen. [2023-09-14]

- Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G. & Fries, C. (2014b). *Skogsskötselserien nr 20, Slutavverkning*. 20. uppl. Skogsstyrelsen. (20)
- Lundqvist, R. (2023). *Drivare i föryngringsavverkning*. (1171–2023). Skogforsk. https://www.skogforsk.se/cd_20230915135041/contentassets/ca9f3fbc43764506a42db3baaf0da65/ap-1171-2023-drivare-i-foryngringsavverkning.pdf [2023-10-20]
- McNeel, J.F. & Rutherford, D. (1994). Modelling Harvester-Forwarder System Performance in a Selection Harvest. 6(1). *Journal of forest engineering*. 7–14. doi: 10.1080/08435243.1994.10702661 [2023-11-23]
- Nordén, B., Rørstad, P.K., Magnér, J., Götmark, F. & Löf, M. (2019). The economy of selective cutting in recent mixed stands during restoration of temperate deciduous forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 34(8). *Scandinavian Journal of Forest Research*. 709–717. <https://doi.org/10.1080/02827581.2019.1679876> [2024-01-10]
- Nurminen, T., Korpunen, H. & Uusitalo, J. (2006). Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica*, 40 (2). <https://doi.org/10.14214/sf.346>
- SCA (2023a). *Avverkning och bruksmetoder*. SCA. <https://www.sca.com/sv/hallbarhet/fragor-och-svar/avverkning-och-bruksmetoder/> [2023-08-30]
- SCA (2023b). *Om SCA Skog*. <https://www.sca.com/sv/skog/sca-skog/> [2023-09-03]
- SCA (2023c). *Riktlinjer för SCA Skogs miljöarbete*. SCA. <https://www.sca.com/sv/skog/scas-skogar/ansvarsfullt-skogsbruk/riktlinjer-for-miljoarbete/> [2023-11-06]
- SCA Skog (2023a). Operativ styrning. Gästföreläsning. [2024-03-18]
- SCA Skog (2023b). Rutiner vid HF8-hantering hos produktion [Internt material]. SCA Skog AB. [2023-08-30]
- SFS 1979:429 (2022). *Skogsvårdslagen*. *Svensk författningssamling SFS*. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/skogsvardslag-1979429_sfs-1979-429/ [2023-09-02]
- Skogsencyklopedin (2000a). *Kanthuggning*. <https://www.skogen.se/glossary/kanthuggning/> [2023-12-02]
- Skogsencyklopedin (2000b). *Luckhuggning*. <https://www.skogen.se/glossary/luckhuggning/> [2024-01-14]
- Skogskunskap (2023). *Fröträdsställning med tall*. <https://www.skogskunskap.se:443/skota-barrskog/foryngra/naturlig-forynring/frotradstallning-med-tall/> [2023-12-01]
- Skogskunskap (2024). *Volymmått*. <https://www.skogskunskap.se:443/aga-skog/matt-och-matning/volymmatt/> [2024-03-03]
- Skogsstyrelsen (2023a). *Certifiering av skog*. <https://www.skogsstyrelsen.se/aga-skog/du-och-din-skog/certifiering/> [2023-12-04]
- Skogsstyrelsen (2023b). *EU-Arbete*. <https://www.skogsstyrelsen.se/om-oss/internationellt-arbete/eu-arbete/> [2023-10-17]

- Skogsstyrelsen (2023c). *Fortsatt hög avverkning 2022*.
<https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/fortsatt-hog-avverkning-2022/> [2023-12-03]
- Skogsstyrelsen (2023d). *Metoder för hyggesfritt skogsbruk*.
<https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/olika-satt-att-skota-din-skog/hyggesfritt-skogsbruk/metoder-for-hyggesfritt-skogsbruk/> [2023-11-19]
- Skogsstyrelsen (2023e). *Åtgärder i skogsbruket 2022*. *Skogsstyrelsen*.
<https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/atgarder-i-skogsbruket/> [2023-12-17]
- SKSFS 2011:7 (2022). *Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd till Skogsvårdslagen. Skogsstyrelsens författningssamling SKSFS*
- Statistiska Centralbyrån (2023). *Marken i Sverige*. *Statistiska Centralbyrån*.
<https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/marken-i-sverige/> [2023-05-16]
- Stål, P.-O., Christiansen, L., Wadstein, M., Grönvall, A. & Olsson, P. (2012). *Skogsbrukets frivilliga avsättningar*. (5). Skogsstyrelsens förlag.
<https://cdn.abicart.com/shop/9098/art40/12482640-e3dd57-1844.pdf> [2023-11-24]
- Svenska PEFC (2023). *Svenska PEFC*. <https://pefc.se/det-har-ar-pefc/vi-verkar-for-ett-hallbart-skogsbruk> [2023-12-04]
- The UK Forestry Standard (2017). *The governments' approach to sustainable forestry*. Forestry commission.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/687147/The_UK_Forestry_Standard.pdf
- Thuresson, T. (2002). *Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitikens effekter - SUS 2001*.
<https://shop.skogsstyrelsen.se/sv/publikationer/meddelanden/skogsvardsorganisationens-utvardering-av-skogspolitikens-effekte.html> [2023-09-02]

Tack

Först vill jag tacka min företagskontakt Anna Bylund vid SCA för förtroendet att genomföra arbetet samt den handledning du erbjudit under arbetets gång. Ett stort tack till min handledare Dan Bergström vid SLU. Ett stort tack till Hilda Edlund vid SLU för statistiskt stöd. Tack även till mina vänner samt kollegor för givande samtal som bidragit till nya perspektiv och infallsvinklar i arbetet. Slutligen, ett varmt tack till min familj och mina kursare i jägmästarkurs 19/24 för att ni alltid funnits där. Ert stöd har varit ovärderligt under arbetets gång.

Bilaga 1

Beskrivning, syfte samt utförandebeskrivning för metoder inom trakthyggesbruk.

Trakthyggesbruk			
Metod/Åtgärd	Syfte	Utförande	Referens
Kalhuggning	Avveckla slutavverkningsmoget bestånd och driva upp en ungskog i homogen ålder, oftast genom plantering. ¹	Alla träd i beståndet avverkas vid samma tillfälle. Generell hänsyn lämnas på kalhygget i form av högstubbar naturvärdesträd, trädgrupper och skyddszoner. ¹	1.(Lundqvist et al. 2014b).
Fröträdsställning	Återbeskoga marken med naturlig föryngring. ² Målet är ett nytt likåldrigt bestånd. ³	Nyttjas nästan uteslutande för tall på grund av jämnare fröproduktion, mindre skaderisk samt mindre risk för vindfällan jämfört med gran. ¹ 50–75 träd/ha (norra Sverige), ca 150 träd/ha (Södra Sverige) lämnas. ⁴ Fröträdsställningen avvecklas när tillfredsställd föryngring underifrån uppnåtts. ⁴	1.(Karlsson et al. 2017). 2.(Skogskunskap 2023). 3.(Lundqvist et al. 2014b). 4.(Skogskunskap 2023).
Timmerställning	Öka virkesvärdet för kvarvarande stammar. Syftet är inte att inleda föryngringsfasen. ¹	Tallbestånd av hög kvalitet gallrats ut hårt i slutet av omloppstiden. ¹	1.(Karlsson et al. 2017:4).
Skärmställning	Återbeskoga marken naturligt, skydda föryngring mot frost, hålla tillbaka markvegetation, hålla nere grundvattennivån, minska snytbaggetryck. Skärmträden nyttjar markens produktionsförmåga genom tillväxt. På grund av skärmens täthet lämpar sig skärmställning bäst för skuggtåliga trädslag som gran. ² Skärmställning kan anses som ett mellanting mellan timmerställning.	Innehåller initialt fler stammar än fröträdsställning, cirka 130 stammar per ha. Glesas ut i två eller fler steg innan avveckling. ² Stegvis utglesning om 40–60 % uttag. ¹ Avvecklas normalt när plantorna är 0,5-1m höga. ²	1. (Hagner 1962). 2.(Appelqvist et al. 2021)

Bilaga 2

Beskrivning, syfte samt utförandebeskrivning för hyggesfria metoder.

Hyggesfria metoder				
Metod	Beskrivning	Syfte	Utförande	Referens
Överhållen skärm	Tätare än en fröträdsställning och sparas längre än en traditionell skärmställning. ¹ Tall kan nyttjas för metoden, blir en form av tätare fröträdsställning som stegvis glesas ut. ²	Syftet är att marken alltid ska vara trädbevuxen. ¹	130 träd/ha (norra Sverige), fler än 150 träd/ha (södra Sverige) lämnas. Skärmträden står 20–40 år innan avveckling. Skärmen glesas ut flera gånger under tidsperioden. Naturlig föryngring från skärmträden. Skärmavveckling får ske när skogskänsla kan upprätthållas i underväxande beståndet. ¹	1.(Andersson & Appelqvist 2020) 2.(Lundqvist et al. 2014b).
Luckhuggning	En metod där varje lucka är mindre än 0,25 ha, (jämför med trakthyggesbruket, där ytorna som huggs är större än 0,25 ha). Metoden kan användas för både primärträdsdrag som tall och björk samt sekundärträdsdrag som gran. ¹	Marken ska alltid vara trädbevuxen. Skapa olikåldriga bestånd. ¹	Luckor skapas i beståndet med ca 20–50 m diameter. Luckorna föryngras genom naturlig föryngring från omkringliggande bestånd. När ungsbogen i luckorna sluter sig kan nya luckor skapas. ¹	1.(Andersson & Appelqvist 2020).
Kanhuggning	Kan nyttjas för både tall och gran. ¹	Skapa olikåldriga bestånd, där marken alltid är trädbevuxen. ¹	Korridorer med 5–30 meters bredd huggs i beståndet. ² Föryngring i korridorerna förväntas komma från intilliggande beståndskant. När föryngringen etablerats kan korridorerna utvidgas antingen åt ena hållet eller båda hållen. ¹	1.(Lundqvist et al. 2014b). 2.(Skogsencyklopedin 2000a)
Schackrutehuggning	En mer rationell variant av luckhuggning som ännu tillämpas på försöksnivå. ¹	Skapa bestånd i rutsystem där bestånden i de olika rutorna är i olika åldrar och stadier. ¹	Beståndet delas in i ett ruttmönster, likt ett schackbräde. Rutorna är antingen kvadratiska eller rektangulära, ca 30-35m breda. Avverkning sker omväxlande där varannan lucka består av gallringsskog eller äldre skog. Naturlig föryngring från omkringliggande bestånd. ¹	1.(Andersson & Appelqvist 2020). 2.(Skogsstyrelsen 2023d)

Fortsättning av tabell från föregående sida				
Blädning	Blädning lämpar sig i fullskiktade skogar av sekundärträdsdrag, exempelvis gran och bok. För att ett bestånd ska klassas som fullskiktat krävs att beståndets volym Slutenheter är minst 0,5 (full Slutenheter 1,0). Dimeterklassfördelningen måste följa vissa krav. Beståndets skiktning samt virkesförrådets omfang avgör om beståndet är möjligt att bläda. Virkesförrådet måste ligga över 10§-kurvan i Skogsstyrelsens virkesförrådsdiagram ¹	Bevara eller skapa en fullskiktad struktur över tid. ¹	Blädningsingreppet är en form av gallring, som görs med jämna tidsintervaller där stora grova träd plockhuggs. De större träden som blädats ska ersättas av mindre träd som växer till sig, dessa ska ersättas av ännu mindre träd och så vidare. Föryngringsmetoden är naturlig föryngring. ²	1.(Lundqvist et al. 2014a) 2.(Andersson & Appelqvist 2020).
Plockhuggning	Avverkning som är inriktad på speciella, efterfrågade egenskaper, exempelvis trädsdrag, höjd, diameter. Då uttag riktas mot efterfrågade egenskaper blir uttagen ofta små och resulterar i en kvarstående skog med varierande trädstorlekar samt en del mindre luckor.	Avverka träd med efterfrågade egenskaper.	Träd spritt i beståndet avverkas där uttaget är inriktat på speciella efterfrågade egenskaper, exempelvis höga, grova, raka stammar som har potential att bli stolp. Marken föryngras naturligt.	(Andersson & Appelqvist 2020).
Måldiameterhuggning	Måldiameterhuggning innebär att huvudstammarna i ett bestånd avverkas när de anses vara avverkningsmogna. Måldiametererna kan variera mellan olika trädsdrag.	Avverka de stammar som uppnått en given måldiameter.	Mätningar utförs i beståndet. Sedan görs en avvägning utifrån exempelvis kvalitet, skaderisk, värdetillväxt samt tillväxtförluster i övriga beståndet. Avvägning utifrån avverkningskostnader, hur stora volymer som behöver tas ut för att avverkningen inte ska bli för kostsam. Stammar som uppnått vald måldiameter avverkas.	(Andersson & Appelqvist 2020).
Naturnära metoder	Skogen sköts så att skogen behåller likheten med en opåverkad skog efter en åtgärd.	Över tid skapa en skiktad blandskog utan kalhyggen.	Lübeckmodellen är en form av naturnära skogsbruk där luckhuggning och naturlig föryngring tillämpas utifrån den naturliga skogstypen på platsen. Avverkning sker då träden uppnått en viss måldiameter.	(Andersson & Appelqvist 2020).
NS med virkesuttag	Naturvårdande skötsel (NS) är ett frivilligt avsatt område på en fastighet i en skogsbruksplan.	Höja eller skapa naturvärden i avsatta områden samtidigt som visst virkesuttag kan göras.	Aktiva skötselåtgärder kan göras för att gynna eller bevara befintliga naturvärden. Virkesuttag kan göras. Exempel på skötselåtgärder kan vara att plocka ut granar i äldre tall-/lövbestånd.	(Stål et al. 2012).

Bilaga 3

Drivningsmetoder samt produktivitet för skördare samt skotare för olika skötselmetoder presenteras i tabellen.

Metod	Drivningsmetod		Produktivitet		
		Referens	Skördare	Skotare	Referens
Kalhuggning	<p>Marken huggs kal, inga kvarstående träd mer än i generell hänsyn som behöver tas hänsyn till. För skördaren kan träd kan fällas i valfri riktning. Upparbetade stockar läggs i högar sortimentsvis intill stickvägar.</p> <p>Det finns inga begränsningar att stickvägsavståndet ska vara så långt som möjligt för att gynna kvarvarande bestånd. Skotaren hämtar sortimentshögarna och transporterar dem till avlägg. Skördarstorlek väljs utifrån trädens storlek i relation till acceptabel avverkningskostnad. Fördelaktigt med stora skördare. Stora skotare med hög lastkapacitet är att föredra vid kalhuggning.</p>	(Lundqvist et al. 2014b).	<p>Medel i Norrland 21,4 m³fub /G₁₅h. Medel i Svealand 26 m³fub /G₁₅h.¹</p> <p>23,8 m³fub /G₀h.²</p> <p>35 m³fub /G₁₅h. Vid medelstam 0,8 samt två sortiment³</p>	<p>Medel i Norrland 20,5 m³fub /G₁₅h. Medel i Svealand 22,7 m³fub /G₁₅h.¹ Medel 21,4 m³fub /G₀h.² 16 m³fub /G₁₅h, vid 400m skotningsavstånd samt 14m³ lastkapacitet.³</p>	<p>1. (Lundqvist et al. 2014b). 2. (Eriksson & Lindroos 2014). 3. (Nurminen et al. 2006).</p>
Skärmskogsbruk	<p>Skördarföraren väljer vilka träd som ska lämnas, gärna träd som stått friställda i luckor eller vindutsatta lägen. Skärmträden ska helst inte ha för upphissade kronor. Fällriktningen bör anpassas kring varje träd, fällning bör ske mot de delar där plantbeståndet är tätt. Plantor i luckor är mer värdefulla än tätt stående plantor. Det är viktigt att köra så lite som möjligt i beståndet för att gynna plantbeståndet. Det är stora träd som ska hanteras, vilket gör att stora maskiner är att föredra.</p>	(Karlsson et al. 2017).	<p>Reducera skärm från 170 till 100 träd per ha - 36,2 m³fub /G₀h, medelstam 0,63.</p> <p>Reducera skärm från 200 till 90 träd per ha - 34,2 m³fub /G₀h, medelstam 0,48.</p> <p>Reducera skärm från 280 till 160 träd per ha - 32,6 m³fub /G₀h, medelstam 0,48.</p> <p>Etablering av skärmställning 25,4 m³fub /G₀h, medelstam 0,25.</p>		(Hånell et al. 2000)
Luckhuggning	<p>Luckor tas upp i bestånd i samband med sen gallring, i delar av beståndet där beståndsförnygring förekommer. Luckdiametern är mellan 20-50m. Mindre luckstorlek lämpar sig för goda granmarker, större luckor för svaga tallmarker.</p>	(Skogsen cykloped in 2000b).	<p>Vid medelstam 0,5 var den relativa produktiviteten 0,85 % för skördare i luckhuggning i relation till slutavverkning (%).</p>	26 m ³ fub /G ₀ h.	(Eliasson et al. 2021).

Fortsättning av tabell från föregående sida.

Blädning	Permanent stickvägsnät nyttjas vid upprepade blädningar. Det är viktigt att inte skada kvarvarande bestånd, fällriktning kan anpassas så att fällning sker in i stickvägen. Hög stamvolym medför att stora skördare krävs. För skotning kan mellanstora och stora skotare nyttjas.	(Lundqvist et al. 2014a).	14,1 m ³ fub/G ₀ h (13,84 m ³ fub /schemalagd tid), vid 0,24 m ³ fub medelstamsvolym.	14,91 m ³ fub /Schemalagd tid.	(McNeel & Rutherford 1994).
Plockhuggning	Kan utföras genom uttag av enskilda träd eller gruppvis. Vid plockhuggning av enskilda träd plockhuggs enskilda träd. Vid gruppputtag plockas träd som uppfyller kriterierna gruppvis. Ofta nyttjas en kombination av enskilda- och gruppputtag.	(Nordén et al. 2019).	13,85 m ³ fub /Schemalagd tid.	14,10 m ³ fub /Schemalagd tid.	(Nordén et al. 2019).

Bilaga 4

Kostnader för skördare samt skotare samt drivningskostnader för olika skötselmetoder

Metod	Kostnader			Referens
	Skördare	Skotare	Drivning	
Kalhuggning			<p>Avverkning och skotning 117 kr/m³fub (norra Sverige, medelstam 0,234 m³fub).</p> <p>Avverkning och skotning 109kr/m³fub (Södra Sverige, medelstam 0,451 m³fub).</p>	(Eliasson 2023)
Skärmskogsbruk			Drivningskostnaden är 11–13 % högre än för kalhuggning.	(Hånell et al. 2000)
Luckhuggning	Skördarkostnad 60,32 kr/m ³ (7,03 USD).	Skotar kostnad 50,87kr/ m ³ (5,93 USD)	Drivningskostnad. 117,55 kr/m ³ (13,7 USD).	(Eliasson et al. 2021)
Blädning	<p>Inledande blädning, medelstam 0,2m³fub, skördarkostnad 85kr/m³fub.</p> <p>Senare blädning, medelstam 0,2m³fub, skördarkostnad 115kr/m³fub.</p>		<p>Medel 137kr/m³fub.</p> <p>Inledande blädning, medelstam 0,2, drivningskostnad 141kr/m³fub.</p> <p>Senare blädning, medelstam 0,2m³fub, drivningskostnad 170kr/m³fub.</p>	(Jonsson 2015).
Plockhuggning			Medel 575kr/m ³ (57,5€/m ³)	(Fernandez Lacruz et al. 2023)

Bilaga 5

Faktorer som påverkar skördarens samt skotarens produktivitet fördelat på olika skötselmetoder.

Metod	Faktorer som påverkar skördarens produktivitet	Referens	Faktorer som påverkar skotarens produktivitet	Referens
Kalhuggning	Medelstamsvolym Total avverkad volym i bestånd Avverkad volym per ha Svåra träd Svåra terrängförhållanden Underväxt Antal sortiment Förväntade snöbegränsningar Maskinstorlek	(Eriksson & Lindroos 2014).	Terrängtransportavstånd Svåra terrängförhållanden Antal sortiment på avlägg Lastkapacitet Avverkad volym totalt Avverkad volym per ha Medelstamsvolym Förväntade snöbegränsningar Justerbart lastrede	(Eriksson & Lindroos 2014).
Skärmskogsbruk	Medelstamsvolym Totalvolym i beståndet Avverkade stammar per ha Terrängegenskaper Svåra träd Sortiment Kvarvarande träd	(Hånell et al. 2000)		
Luckhuggning	Medelstamsvolym Huggningsmetod Föraren	(Eliasson et al. 2021)	Terrängtransportavstånd Terrängegenskaper Antal sortiment	(Eliasson et al. 2021)
Blädning	Medelstamsvolym Stamuttag Totalvolym i bestånd Kvarvarande träd	(Jonsson 2015)	Terrängtransportavstånd Avverkad volym Antal sortiment	(Jonsson 2015)
Plockhuggning	Medelstamsvolym Stamantal Föraren	(McNeel & Rutherford 1994)	Terrängtransportavstånd Lastkapacitet Avverkad volym	(McNeel & Rutherford 1994)
Naturvårdande skötsel	Medelstamsvolym Behandling Maskinstorlek	(Fernandez Lacruz et al. 2023)		

Bilaga 6

G₀-timmar för skördare och skotare i hyggesfria metoder uppdelat i kvartiler.
Exempelvis för 25e percentilen för skördare i målklass 53 ingick värden $\leq 19,36$ G₀-timmar.

Målklass	0 % (minimivärdet)		25 %		50 %		75 %		100 % (maxvärdet)	
	G ₀ Skördare	G ₀ Skotare	G ₀ Skördare	G ₀ Skotare	G ₀ Skördare	G ₀ Skotare	G ₀ Skördare	G ₀ Skotare	G ₀ Skördare	G ₀ Skotare
53	2,11	0,65	19,36	13,86	38,5	30,97	105,17	74,02	926,54	628,92
55	4,33	2,85	29,72	31,00	75,4	68,89	136,00	145,76	942,86	875,34
57	2,38	1,4	12,60	11,87	47,3	32,89	81,68	105,70	419,42	473,94
59	1,53	3,13	20,71	23,71	35,6	41,22	83,79	75,91	302,44	284,46

Bilaga 7

Fullständig stegvis regression för skördare

Variabelnummer från tabell 7			Steg i regressionsanalysen för skördare															
	Variabelnamn	Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			Mälklasser															
	Intercept	Koefficient	16,11670	37,64110	28,19600	3,50811	3,45171	3,45244	3,46983	3,47706	3,52383	3,47606	3,52643	3,41638	3,46919	3,45524	3,47508	3,43993
		p-värde	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16
	Mälklass 55	Koefficient	1,70740	0,75670	0,10900	0,00027	-0,00702	-0,00429	-0,00523	-0,00352	-0,00569	-0,00412	-0,00423	-0,00845	-0,00476	-0,00599	-0,00596	-0,00619
		p-värde	0,00881	0,06870	0,79800	0,99100	0,75881	0,85044	0,81728	0,87663	0,80109	0,85560	0,85161	0,71136	0,83378	0,79207	0,79263	0,78426
	Mälklass 57	Koefficient	-0,27390	-1,95960	-0,82870	-0,04291	-0,03651	-0,04133	-0,02822	-0,03286	-0,03296	-0,03121	-0,02302	-0,02950	-0,02641	-0,03044	-0,03359	-0,02937
		p-värde	0,81139	0,00778	0,27000	0,30100	0,37371	0,31167	0,49082	0,42447	0,42120	0,44577	0,57498	0,47147	0,52005	0,46075	0,42128	0,47292
	Mälklass 59	Koefficient	2,33090	-0,52870	-0,44970	0,01606	0,00705	0,01144	0,00513	0,00565	0,01350	0,00620	0,00561	0,00063	0,00170	0,00280	0,00459	0,00644
		p-värde	0,01754	0,40342	0,46600	0,63000	0,83116	0,72797	0,87572	0,86330	0,68377	0,85002	0,86416	0,98479	0,95910	0,93278	0,88888	0,84433
			Variabler med signifikant betydelse															
1	Ln(Medelstamsvolym)	Koefficient		11,31470	10,37170	0,63012	0,61631	0,60987	0,61256	0,61539	0,61618	0,61537	0,60973	0,61832	0,61183	0,61140	0,61273	0,61392
		p-värde		< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16
2	Ln(Avverkadvolperha)	Koefficient			1,68610	0,10563	0,10833	0,10708	0,10795	0,10791	0,10268	0,10994	0,11121	0,10306	0,10943	0,10409	0,10780	0,10888
		p-värde			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
6	Ln(Lutning)	Koefficient				-0,15792	-0,16701	-0,17285	-0,17711	-0,17593	-0,15052	-0,18419	-0,17448	-0,17928	-0,17563	-0,17818	-0,17201	-0,17327
		p-värde				0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00005	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
9	Ln(Lö vandel)	Koefficient					-0,00414	-0,00405	-0,00373	-0,00400	-0,00376	-0,00382	-0,00316	-0,00384	-0,00366	-0,00376	-0,00375	-0,00379
		p-värde					0,00067	0,00084	0,00203	0,00119	0,00185	0,00161	0,01280	0,00157	0,00255	0,00194	0,00197	0,00172
10	Maskinstorlek L	Koefficient						-0,13652	-0,14414	-0,13663	-0,14631	-0,14997	-0,14575	-0,14004	-0,14176	-0,14227	-0,14667	-0,14305
		p-värde						0,01243	0,00808	0,01262	0,00709	0,00590	0,00735	0,01023	0,00934	0,00918	0,00722	0,00851
7	Ln(Tallandel)	Koefficient							0,00281	0,00280	0,00315	0,00270	0,00326	0,00293	0,00259	0,00286	0,00285	0,00301
		p-värde							0,01406	0,01455	0,00667	0,01821	0,00597	0,01078	0,02882	0,01292	0,01307	0,00902
			Variabler utan signifikant betydelse															
14	Ln(Sväraträd)	Koefficient							0,00179									
		p-värde							0,25474									
5	Ln(Ytstruktur)	Koefficient								-0,06049								
		p-värde								0,09972								
12	Ln(Flerträdsantering)	Koefficient									0,00268							
		p-värde									0,11591							
15	Ln(Sortiment)	Koefficient										0,14870						
		p-värde										0,05857						
11	Ln(Avverkadestammar)	Koefficient											0,01145					
		p-värde											0,28027					
8	Ln(Granandel)	Koefficient												-0,00245				
		p-värde												0,46385				
3	Ln(Totalvolym)	Koefficient													0,00529			
		p-värde													0,63967			
4	Ln(Snö)	Koefficient														0,00100		
		p-värde														0,50530		
13	Ln(hindrandeunderväx)	Koefficient																0,00438
		p-värde																0,16167
		Std_error	6,20600	3,95000	3,95000	0,20720	0,20480	0,20360	0,20240	0,20240	0,20200	0,20210	0,20220	0,20240	0,20250	0,20260	0,20260	0,20220
		R-squared	0,02373	0,60540	0,62590	0,66840	0,67690	0,68140	0,68570	0,68660	0,68750	0,68750	0,68720	0,68650	0,68610	0,68590	0,68600	0,68710
		R ² (adj)	0,01721	0,60190	0,62170	0,66390	0,67180	0,67560	0,67930	0,65970	0,68060	0,68040	0,68010	0,67940	0,67900	0,67870	0,67890	0,68000
		p-värde	0,01288	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16

Bilaga 8

Fullständig stegvis regression för skotare.

Varianter	Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Steg 1 regressionsanalysen för skotare																
Målklasser																
Intercept	Coefficient	2,84737	3,82016	2,90964	2,81498	2,92059	2,85768	3,01358	3,43438	3,36192	3,49863	3,50209	3,27950	3,46181	3,414854	3,43934
	p-värde	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16
Målklass 55	Coefficient	0,13715	0,14383	0,04476	0,05919	0,04714	0,04189	0,04207	0,05801	0,05041	0,05794	0,05612	0,05524	0,05774	0,05788	0,05588
	p-värde	0,00037	6,38e-05	0,18300	0,07270	0,15374	0,20280	0,19804	0,07313	0,12196	0,07313	0,08196	0,09106	0,07436	0,07314	0,08798
Målklass 57	Coefficient	-0,22302	-0,21422	-0,06378	-0,02909	-0,05316	-0,07217	-0,06964	-0,10497	-0,10194	-0,10347	-0,08985	-0,10253	-0,11591	-0,10039	-0,10870
	p-värde	0,00043	0,00029	0,24600	0,59180	0,33079	0,18840	0,20153	0,47596	0,06016	0,05658	0,10004	0,05998	0,03537	0,06430	0,04828
Målklass 59	Coefficient	-0,01732	0,21310	0,03205	0,03210	0,06464	0,04691	0,04283	0,12437	0,02578	0,03990	0,02754	0,03870	0,03242	0,01913	0,03405
	p-värde	0,76819	0,69849	0,51800	0,51080	0,19680	0,35040	0,39106	7,65e-05	0,60059	0,41658	0,57428	0,49063	0,50896	0,70082	0,48854
Variabler med signifikant betydelse																
16	Ln(Skotningsavstånd)	Coefficient	-0,16662	-0,18380	-0,17404	-0,16917	-0,17656	-0,17764	0,18217	-0,18327	-0,18261	-0,18093	-0,18125	-0,18346	-0,18140	-0,18173
	p-värde	0,00000	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16
2	Ln(skotad vol/ha)	Koefficient	0,22261	0,19426	0,18473	0,14423	0,14660	0,12784	0,12811	0,12568	0,12663	0,12832	0,12586	0,12749	0,12639	
	p-värde	<2e-16	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	
10	Maskinstorlek M	Coefficient	0,07476	0,05893	0,10972	2,44230	0,06232	0,09173	0,04919	0,02599	0,04941	0,07254	0,05209	0,06593		
	p-värde	0,61270	0,68795	0,45610	0,09289	0,66509	0,52612	0,73272	0,85732	0,73421	0,61480	0,71708	0,64784			
	Coefficient	0,15430	0,13451	0,18966	0,52582	0,11617	0,14320	0,09084	0,08065	0,09071	0,13130	0,10912	0,12195			
	p-värde	0,30090	0,36424	0,20310	0,17140	0,42660	0,32895	0,53641	0,58230	0,54976	0,37043	0,45430	0,40630			
	Coefficient	0,24832	0,23742	0,30284	0,24747	0,21655	0,24212	0,19256	0,18444	0,18619	0,23093	0,20757	0,22312			
	p-värde	0,09690	0,10997	0,04350	0,28777	0,14183	0,10160	0,19349	0,21171	0,23001	0,11829	0,15833	0,13247			
5	Ln(Ytstruktur)	Koefficient	-0,12385	-0,14610	0,05369	-0,15181	-0,16032	-0,16363	-0,17637	-0,15378	-0,14358	-0,16469	-0,14206			
	p-värde	0,00240	0,00219	0,00124	0,00068	0,00060	0,00028	0,00111	0,00248	0,00111	0,00248	0,00053	0,00617			
3	Ln(Totalvolym)	Koefficient	0,04308	0,04690	0,03909	0,03964	0,03995	0,04446	0,03880	0,03908	0,04289	0,03961				
	p-värde	0,01270	0,00656	0,02172	0,01970	0,01892	0,00973	0,02286	0,02171	0,01237	0,02046					
15	Ln(Sortiment)	Koefficient	-0,13135	-0,11522	-0,09185	-0,11957	-0,14339	-0,11729	-0,12126	-0,08923	-0,11488					
	p-värde	0,01259	0,02616	0,08567	0,02109	0,00746	0,02399	0,01980	0,09725	0,02678						
1	Ln(Medelstamsvolym)	Koefficient	0,12437	0,11905	0,12675	0,12567	0,12384	0,12633	0,12171	0,12598						
	p-värde	0,00008	0,00016	0,00006	0,00006	0,00008	0,00006	0,00011	0,00007							
Variabler utan signifikant betydelse																
9	Ln(Lövandel)	Coefficient	-0,00297													
	p-värde	0,09032														
19	Ln(Justerbartlastrede)	Coefficient	0,00301													
	p-värde	0,14602														
7	Ln(Tallandel)	Coefficient	0,00348													
	p-värde	0,04586														
17	Ln(Lastvolym)	Coefficient	0,06705													
	p-värde	0,52791														
4	Ln(Snä)	Coefficient	0,00248													
	p-värde	0,22873														
8	Ln(Granandel)	Coefficient	-0,00753													
	p-värde	0,08726														
6	Ln(Lutning)	Coefficient	-0,02327													
	p-värde	0,65614														
	Std.emor	0,34800	0,32450	0,29210	0,28470	0,28270	0,28090	0,27910	0,27400	0,27340	0,27370	0,27300	0,27430	0,27390	0,27340	0,27430
	R-squared	0,08533	0,20650	0,35880	0,39500	0,40500	0,41410	0,42310	0,44510	0,44900	0,44800	0,45040	0,44560	0,44710	0,44910	0,44530
	R ² (adj)	0,07867	0,19870	0,35100	0,38310	0,39180	0,39960	0,40740	0,42850	0,43120	0,43010	0,43280	0,42770	0,42920	0,43130	0,42740
	p-värde	5,0883-08	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16	< 2,2e-16

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. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

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

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.