



Prestation vid avverkning med stor skördare i volymblädning

Harvester productivity during felling in selection harvesting

TOBIAS KARLSEN



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2021:12

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Prestation vid avverkning med stor skördare i volymblädning

Harvester productivity during felling in selection harvesting

Tobias Karlsen

Handledare: Back Tomas Ersson, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

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

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Skördare under pågående fältstudie.

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

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2021:12

Nyckelord: hyggesfritt, tidsstudie, kontinuitetsskogsbruk



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Intresset för hyggesfritt skogsbruk ökar i Sverige. För att kunna bemöta detta ökande intresse behövs aktuell kunskap om prestationer och kostnader för hyggesfria avverkningar. Denna studie bygger på en skördarens prestation i volymblädning vid varierad uttagstyrka på grundyta. Om avverkning med lättare uttagstyrkor kan utföras till samma kostnad som hårdare uttagstyrkor öppnar det för förändring i skogsbruksfilosofi, eftersom lättare uttag exempelvis medför högre volymtillväxt och bättre bevarad skogskänsla än avverkningar med hårda uttagstyrkor.

Syftet med studien var att studera hur olika uttagstyrkor påverkar momentfördelningen, prestationen, skadefrekvensen på kvarvarande träd samt avverkningskostnaden vid avverkning med stor skördare vid volymblädning.

Studien omfattade tre olika behandlingar för uttagstyrka (dvs andel av beståndets grundyta som avverkades; Lätt ca 15%, Medel ca 30% och Hård ca 45%). Behandlingarna indelades i parceller omfattande 30x80 meter. I respektive parcell studerades skördarens momentfördelning och prestation. Skördaren som ingick i studien var en 23 ton Ponsse Scorpion med H6 aggregat. Med vetskap om skördarförarens prestation kunde avverkningskostnad uträknas. Vidare studerades skadefrekvens på kvarvarande skog och underväxt.

Vid behandling Lätt var skördarens prestation 52,4 m³fub/h(G₀), vilket var 16 % högre än vid behandling Medel och 22 % högre än vid behandling Hård. Inga skador observerades på kvarvarande stammar efter avverkning. Skador på underväxt/föryngring styrdes av antalet underväxtstammar och förekom främst i stickvägarna.

Volymblädning medför låga volymuttag per hektar i jämförelse med trakthyggesbruk. För att reducera avverkningskostnaden när flyttkostnad inkluderas beräknades det att arealen på blädningsbestånd bör överstiga 4 hektar. Vid denna areal (4 hektar) var avverkningskostnaden i studien 42 kr/m³fub för behandlingen Lätt. För behandling Hård vid samma areal var avverkningskostnaden oväntat nog något högre (49 kr/m³fub).

Slutsatser från studien är att skördarens prestation vid volymblädning i flerskiktade bestånd sjunker med ökad uttagstyrka. Detta för att medelstamsvolymen på uttagen volym sjunker i och med ökad uttagstyrka i flerskiktade bestånd. Avverkningskostnaden var i denna studie lägst vid svag uttagstyrka (behandling Lätt, 15% avverkad grundyta). För att reducera avverkningskostnaden bör bestånd som sköts med volymblädningsbruk överstiga 4 hektar, eftersom flyttkostnaden fördelas per avverkad kubikmeter. Vidare kan antas att volymblädning med stora skördare inte måste medföra hög skadefrekvens på kvarvarande stammar. Enligt denna studie verkar skadefrekvensen på föryngring styras av antalet underväxt, och att den skadade underväxten främst återfinns i stickvägarna.

Nyckelord: hyggesfritt, tidsstudie, kontinuitetsskogsbruk

Abstract

The interest in Continuous Cover Forestry (CCF) is growing in Sweden. To meet this growth in interest, increased knowledge is needed about the productivity and costs of harvesting in CCF. This study concerns harvester productivity in selection harvesting at varied extraction strengths of the stand's basal area. If felling with lighter extraction strengths can be carried out at the same cost as harder extraction strengths, it opens up for a change in forestry philosophy because lighter extractions lead to, for example, higher volume growth and a better preserved forest ambiance than harvesting with hard extraction strengths.

The objective of this study was to examine the effect of different extraction strengths on the frequency of work elements, the productivity, the damage frequency on remaining trees, and the harvesting cost with a large harvester during selection harvesting.

The study included three different treatments for extraction strength (proportion of the basal area that was felled; Light about 15%; Medium about 30% and Hard about 45%). The treatments were carried out in plots comprising 30x80 meters. In each plot, the harvester's work elements and productivity were studied. The harvester used in the study was a 23 ton Ponsse Scorpion with an H6 head. With knowledge of the harvester's productivity, harvesting costs were calculated. Furthermore, the frequency of damage to the remaining forest and regeneration were studied.

In treatment Light, the harvester's productivity was 52.4 m³ per effective hour, which was 16% higher than in treatment Medium and 22% higher than in treatment Hard. No damage was observed on the remaining trees after felling. Damage to the regeneration was determined by the number of undergrowth stems and occurred mainly in the strip roads.

Selection harvesting results in low volume withdrawals per hectare in comparison with clear-cutting. This fact leads to increased harvesting costs when transport/trailer costs are included. In this study the area to be felled was assumed to be 4 hectares or more in order to reduce that total cost. The harvesting cost in the study was SEK 42 / m³ for treatment Light in stands of 4 hectares. For treatment Hard in stands of 4 ha, the harvesting cost was unexpectedly higher (SEK 49 / m³).

The main conclusion from this study is that the harvester's productivity during selection harvest in uneven aged stands decreases with increased extraction strength. This is because the average stem volume decreases with increased extraction strength in uneven aged stands. The harvesting cost in this study was lowest with treatment Light (15% felled basal area). To reduce the harvesting cost during selection harvest, stands should preferably exceed 4 hectares because the trailer/transport cost is distributed per harvested cubic meter. It can be assumed that selection harvesting with large harvesters does not necessarily cause frequent damage to the remaining stems. According to this study, damage to regeneration seems to be determined by the amount of undergrowth, and that this damage is most often concentrated to the strip roads.

Keywords: Continuous Cover Forestry, single tree selection, time study.

Förord

Kandidatarbete omfattande 15 hp i skogshushållning vid Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan. Arbetet genomfördes vt 2021.

Min förhoppning är att studien kan vara till nytta för ökad kunskap och förbättrad attityd angående hyggesfritt skogsbruk. Som i sin tur kan leda till att fler skogsägare eller skogligt engagerade personer väljer hyggesfria skogsbruksmetoder som alternativ i framtidens skogssverige.

I första hand vill jag rikta ett särskilt stort tack till Back Tomas Ersson för handledning, formidabelt engagemang- och sakkunnighet under arbetets gång. Vidare är jag skyldig alla inblandade på Sveaskog och Finnerödja skogstjärns AB ödmjukaste tacksamhet för möjligheten att genomföra studien.

Bakom idén till detta examensarbete stod Vätteskogens projektgrupp, som består av Sveaskog, Skinnskattebergs kommun och SLU Skogsmästarskolan. Vätteskogen är ett skogsområde om ca 240 hektar strax öster om Skinnskatteberg. Syftet med projektet Vätteskogen är att utveckla skötselmetoder som värnar om skogens alla värden.

Glanshammar, Maj 2021

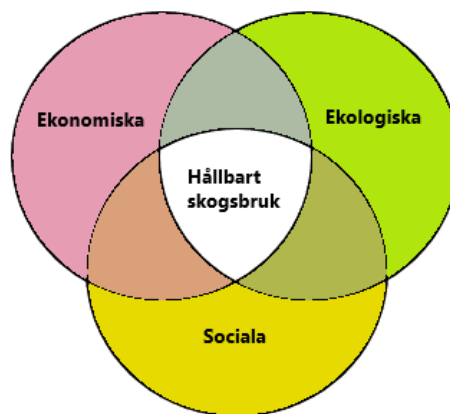
Tobias Karlsen

Innehåll

1. INLEDNING.....	1
1.2 HYGGESFRITT SKOGSBRUK	1
1.3 PRESTATIONER FÖR SKÖRDARE VID HYGGESFRIA METODER.....	4
1.4 SKADOR	4
1.5 SYFTE.....	5
2. MATERIAL OCH METOD.....	6
2.1 FÖRSÖKSLOKAL.....	6
2.2 MASKIN & FÖRARE	7
2.3 STUDIEN.....	7
2.4 INVENTERING OCH SKOGSUPPSKATTNING	8
2.5 PRESTATIONSPÅVERKANDE FAKTORER	9
2.6 TID- OCH FREKVENSSSTUDIE	10
2.7 UPPFÖLJNING AV PARCELLER.....	12
2.8 ANALYS AV TIDSSSTUDIEMATAT	13
2.9 KOSTNADSANALYS.....	13
3. RESULTAT.....	14
3.1 UTTAGSTYRKA & MOMENTFÖRDELNING.....	14
3.2 PRESTATION.....	15
3.3 SKADOR PÅ STAMMAR OCH UNDERVÄXT EFTER AVVERKNING	16
3.4 AVVERKNINGSKOSTNAD	16
4. DISKUSSION	18
4.1 PRESTATION.....	18
4.2 SKADOR	18
4.3 KOSTNAD	18
4.4 STUDIENS STYRKOR OCH SVAGHETER	19
4.5 REKOMMENDATIONER OCH FRAMTIDA STUDIER	20
4.6 SLUTSATSER	21
4.7 ÖVRIGT	21
REFERENSER	23
BILAGA 1.....	26
BILAGA 2.....	27
BILAGA 3.....	28
BILAGA 4.....	29
BILAGA 5.....	30
BILAGA 6.....	31

1. Inledning

Människan trivs i skogen. Intresset och anammandet av hyggesfri skogsskötsel antas öka i Sverige. Detta kan dels bero på ökat intresse från allmänheten i hur skogsbruket bedrivs. Men tendenser finns till ökad ekonomi inom eko-turism (Pukkala et.al. 2011). Skogsägare som brukar sin skog är enligt skogsvårdslagen skyldig att förutom hänsynstagande till ekologiska värden även ta hänsyn till skogens sociala värden (Skogsstyrelsen. 2020d). Det kan bland annat beröra hänsynstagande till stigar och leder, förhindra körskador och planering för minimal påverkan av landskapsbilden som följd av skogsbruksåtgärder. Skogens sociala värden är en av tre grundvärden i begreppet hållbart skogsbruk (Äijälä et.al. 2019). Förutom de sociala värdena inkluderas ekonomiska och ekologiska. Dessa tre grundvärden ska vägas lika för att uppnå ett så kallat hållbart skogsbruk (Figur 1).



Figur 1. Värnandet av skogens ekonomiska, ekologiska och sociala värden är grunden till hållbart skogsbruk.

Trots ett ökande intresse för hyggesfritt skogsbruk vet vi relativt lite om produktiviteten för de olika avverkningsmetoderna vid hyggesfri skogsskötsel. Vid tidigare studier kan påvisas att en omställning till hyggesfri skogsskötsel under längre tid kan vara mer lönsam än trakthyggesbruk för markägaren (Pukkala et.al. 2011). Att hyggesfritt skogsbruk kan anses vara mer lönsamt än trakthyggesbruk kan bero på lägre skogsvårdskostnader under omloppstiden. Hyggesfria skötselmetoder har historiskt präglat svenskt skogsbruk. Men i takt med skogsbrukets modernisering och uppbyggnad av framtida virkesförsörjning har trakthyggesbruket blivit den dominerande strategin (Karlsson & Lönnstedt 2006; Albrektsson et.al 2012).

1.2 Hyggesfritt skogsbruk

Begreppet hyggesfritt sammanfattar skogsbruksfilosofier som inte utgår från trakthyggesbruket. Även om hyggesfria skötselmetoder är relativt ovanligt i svenskt skogsbruk är skogsbruket i delar av Europa inriktat på hyggesfri skötsel. Exempelvis i länder som Schweiz, Frankrike, Tyskland, Österrike och Slovenien har hyggesfritt varit rådande filosofi under längre tid (Pommerening. 2004).

Inom hyggesfritt skogsbruk finns metoder som alternativ till traditionellt trakthyggesbruk (Hannerz et.al. 2017). Grundläggande för metoderna är bibehållen skogskänsla och att större arealer skogsmark inte kalläggs vid avverkning (Tabell 1). Vid tätortsnära skogar med höga rekreativvärden kan hyggesfria metoder vara ett alternativ till trakthyggesbruk (Skogsstyrelsen. 2020a).

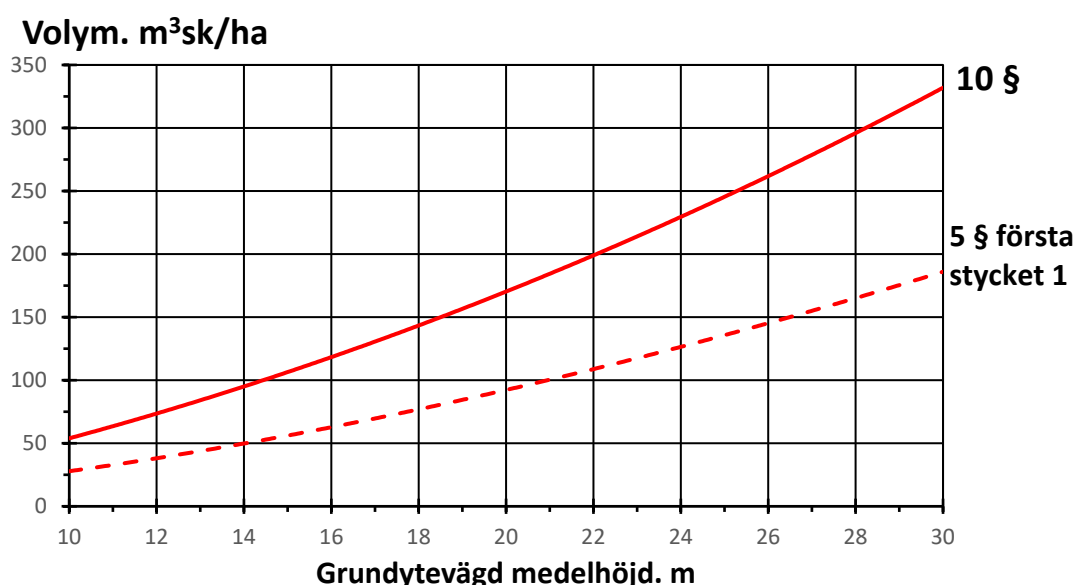
Skogsbeståndets egenskaper, som trädslag, bonitet, geografi och skogens övriga intresseområden avgör vilken metod som lämpas bäst. I en skiktad granskog kan blädning vara ett alternativ, då granen är ett sekundärt trädslag som även trivs bra i skuggan kan föryngring ske i ett skiktat bestånd. Innehåller beståndet däremot pionjärträdslag som är mer ljuskrävande för sin föryngring och utveckling kan olika former av luckhuggningar vara lämpligt. Hit hör exempelvis Tall (*Pinus sylvestris*) eller Björk (*Betula spp*).

Tabell 1. Exempel på hyggesfria skogsskötselmetoder som kan användas i svenskt skogsbruk.

Metod	Beskrivning	Källa
Blädning	vid <i>blädning</i> eftersträvas att bibehålla eller skapa flerskiktning i skogen. <i>Blädning</i> i svenskt skogsbruk lämpas bättre till sekundära trädslag som Gran (<i>Picea abies</i>) eller Bok (<i>Fagus sylvatica</i>) då dessa trädslag kan föryngras och överleva i de undre trädskikten. Blädning i skiktade bestånd med pionjärträdslag i övre skiktet och sekundärträdslag i de lägre förekommer. Blädning hänvisas till, <i>Stamvis</i> -och <i>Volymblädning</i>	Lundqvist et. al (2014a) Skogsstyrelsen. (2020b)
Stamvis blädning	En av grundprinciperna inom <i>stamvis blädning</i> är att bibehålla en förutbestämd diameterfördelning inom skogsbeståndet. Diameterfördelningen ska enligt metoden vara fördelad så att merparten av stammarna ska finnas i de lägre diameterklasserna	Skogsstyrelsen. (2020b) Hannerz et.al. (2017)
Volymblädning	<i>Volymblädning</i> utskiljs från tidigare beskriven <i>stamvis blädning</i> genom att inriktas på skogsbeståndets virkesförråd före och efter avverkning istället för diameterspridning. Målet är att bibehålla flerskiktningen i beståndet efter åtgärd. Denna metod kan jämföras med höggallring, då avverkning av de grövsta träden prioriteras för att lämna de klenare diameterklasserna att tillväxa.	Skogsstyrelsen. (2020b) Hannerz et.al. (2017)
Överhållen skärm	<i>Överhållen skärm</i> lämpas för ljuskrävande trädslag exempelvis tall (<i>Pinus sylvestris</i>). Metoden bygger på föryngring och utveckling av nytt trädskikt under det befintliga. Detta genom att vid avverkning spara ett trädskikt med högre slutenhet än vid trakthyggesbruk, det vill säga >150 stammar/ hektar i södra Sverige och > 130 stammar/ hektar i norra. Skärmen avvecklas i takt med det nya undre	Skogsstyrelsen. (2020b) Skogsstyrelsen. (2020c) Skogsstyrelsen. (2020e)

	trädsiktets utveckling. Viktigt att ha i åtanke är att inte understiga 5§- kurvan i skogsvårdslagen (Figur 2).	Hannerz et.al. (2017)
Luckhuggning	<i>Luckhuggning</i> bygger på att skapa luckor i skogsbeståndet. Vanligast görs luckorna inte större än 20 – 50 meter i diameter, dock ej över 0,5 hektar. Genom upptagande av luckor i skogsbeståndet kan mer solljus nå marken och ge bättre förutsättningar för naturlig förnyring. Vanligast är metoden i svenskt skogsbruk för trädslagen gran (<i>Picea abies</i>) och bok (<i>Fagus Sylvatica</i>). Metoden kan även lämpas för pionjärträslag som tall (<i>Pinus sylvestris</i>), då krävs dock större luckor för mer ljusnedsläpp.	Skogsstyrelsen. (2020b) Skogsstyrelsen. (2020c) Hannerz et.al. (2017)
Kanthuggning	<i>Kanthuggning</i> medför avverkning av korridorer i skogsbestånd. Metoden bygger på att förnyring uppstår genom fröfall från intilliggande skogskant. Korridorrens bredd utökas i takt med förnyringen.	Lundqvist et.al. (2014b) Hannerz et.al. (2017)
Plockhuggning	Plockhuggning är en avverkningsform av selektivt utvalda stammar vid upprepade tillfällen.	Hannerz et.al. (2017) Karlsson. (2017)

I jämförelse med upptagande av hyggen > 0,5 ha i trakthyggesbruk, behövs normalt inte hyggesfria avverkningar anmälas till Skogsstyrelsen. Det förutsätter att avverkningen inte strider mot SVL 5§ första stycket 1, som lagstiftar markägarens skyldighet för anläggning av ny skog efter avverkning (Figur 2; Skogsstyrelsen. 2020c).



Figur 2. Virkesföråddiagram från Skogsvårdslagen. Heldragen linje 10§ anger lägsta virkesförådd per hektar för främjande av skogens utveckling. Streckad linje 5§ anger skyldighet för anläggning av ny skog (Skogsstyrelsen. 2020c).

1.3 Prestationer för skördare vid hyggesfria metoder

Kunskapen om prestationer vid avverkning med hyggesfria skötselmetoder kan anses vara bristfällig. Det kan bero på att uppgifterna angående skördarens produktivitet tenderar att vara föråldrade. Exempelvis presenteras produktiviteten vid blädning i Skogsskötselserien (Lundqvist et al. 2014a) på uppgifter som härstammar från 1980 – 1990-talen. Jonsson (2015) påstår att prestationen för inledande blädning kunde jämföras med befintlig norm för prestation i gallring. Jonssons (2015) studie belyste att drivningen i blädningsbruk kan förväntas vara 28 procent dyrare per avverkad m³fub än vid trakthyggesbruk. Att drivningskostnaden antas vara dyrare vid blädning än vid trakthyggesbruk styrks även av Karlsson (2006) som belyser att avverkningskostnaden fördyras med ca 30 kr/m³fub. Denna fördyring grundar sig dels på låga uttag per hektar, och dels på försvårad avverkning då skördarföraren måste ta mer hänsyn till kvarvarande skog vid avverkning än vid trakthyggesbruk. Båda tidigare nämnda studier belyser att mer forskning är nödvändigt inom drivning i hyggesfritt skogsbruk. Produktionsförluster i plockhuggning beskrivs av Eliasson et.al (2021). Trots tidigare beskrivna publikationer kan bristfällig kunskap råda om prestationer vid hyggesfria metoder. Detta kan göra det svårt att förutse vilka kostnader som kan förväntas vid ett skötselprogram. Därav kan en omställning från trakthyggesbruk till hyggesfritt upplevas osäkert för skogsägare.

En faktor som anses kostsam i och med vissa metoder inom hyggesfritt skogsbruk är återkommande flyttkostnader. Flyttkostnaderna kan anses vara kostsamma för att skötselmodellen för vissa metoder (som exempelvis blädning) bygger på frekventa huggningar med låga uttag. Därför kan arealen som ska avverkas ha stor betydelse för avverkningskostnaden. Enligt Lundqvist et.al (2014) finns det problem när det gäller beräkningsmodeller för produktivitet och kostnader vid blädning. Problemen härstammar från det faktum att beräkningsmodellerna är framtagna för antingen gallring eller slutavverkning i trakthyggesbruk. I en studie från Jonsson (2015) poängteras även svagheten i att för små maskiner tenderar att användas i blädning. Detta styrks även av Lundqvist et.al (2014). Att för små maskiner används kan bero på att blädning ofta sammanliknas med gallring.

1.4 Skador

Oavsett skogsbruksmetod ökar risken för skador på kvarvarande skog när åtgärder och avverkningar utförs. Skador som blottlägger veden längs stammarna är en inkörsport till exempelvis rottröta hos gran (Thor & Stenlid. 2004; Skogsstyrelsen. 2020c). Frekvensen av påfällningar, släpskador eller bläckningar kan tänkas öka vid blädning. Tidigare forskning har dock kunnat påvisa att skadefrekvensen inte ökar vid hyggesfria metoder i jämförelse med trakthyggesbruk, däremot påvisas att skadefrekvensen på föryngring i flerskiktad skog kan öka (Hannerz et.al. 2017). Ett antagande kan därför göras att skador på kvarvarande underväxt kan förekomma efter blädning. Förutom skador på kvarvarande skog, kan hyggesfria skötselmetoder som exempelvis blädning öka risken för körskador på marken. Därmed planeras det ofta för permanenta körvägar i bestånden inför framtida avverkning (Skogsstyrelsen. 2020e). Därför är det viktigt att planera dragning av stickvägar i beståndet så att risken för markskador minimeras.

1.5 Syfte

Syftet med studien var att studera hur en variation i uttagsstyrkan påverkar momentfördelningen, prestationen, skadefrekvensen på kvarvarande träd samt avverkningskostnaden vid avverkning med stor skördare i hyggesfritt skogsbruk.

2. Material och metod

2.1 Försökslokal

Studien genomfördes på Sveaskogs markinnehav i Askersunds kommun ca tre mil norr om Tivedens nationalpark. Sveaskog har i området brukat delar av skogsinnehavet med hyggesfri skötsel. År 2016 avsattes exempelvis en hyggesfri zon omfattande 2000 hektar skogsmark för anpassat skogsbruk för större socialt hänsynstagande i anslutning till Tivedens nationalpark (Angelstam. 2017). Ambitionen är att skogsbruket ska skötas med hyggesfria metoder. Förhoppning att omställandet från trakthyggesbruk till hyggesfritt ska leda till en bevarad skogskänsla och besöksvänlig skog. Lokalen som studerades ingår inte i den hyggesfria zonen intill Tivedens nationalpark.

Lokalen var tydligt tvåskiktad med övervägande tall i övre skiktet, med gran i det nedre. Enligt trakt Direktivet var trädslagsblandningen för beståndet 80 % Tall, 18 % Gran och 2 % Löv. Beståndet var ca 90 år, ståendes på frisk mark av blåbärstyp med jordart sandig/siltig morän. Ståndortsindex uppskattades via höjdtutvecklingskurvor till T26. Beståndet har bitvis gallrats vid tidigare tillfälle (1990-tal). Beståndet kunde benämnas som eftersatt (Figur 3). Eftersom beståndet vid något tillfälle gallrats tidigare kunde gamla stickvägar i viss mån nyttjas. Instruktionen enligt trakt Direktivet var ca 30 procent uttag på grundytan efter avverkning.



Figur 3. Del av beståndet som ingick i studien. Skiktning med tall i övre skiktet med uppslag av gran, björk och ek i nedre skiktet.

2.2 Maskin & förare

Skördaren som studerades var en Ponsse Scorpion (Tabell 2) och ingick i ett avverkningslag stationerat i området. Föraren hade > 10 år erfarenhet om avverkning i hyggesfritt skogsbruk. Entreprenaden har årliga uppdrag i Sveaskogs hyggesfria zon intill Tivedens nationalpark. I åtanke bör finnas att hawthorneeffekten kan ha påverkat studiens resultat (Mayo. 1933).

Tabell 2. Teknisk data om skördaren i studien.

Skördare	
Tillverkare	Ponsse
Modell	Scorpion
Tillverkningsår	2019
Tjänstevikt, t	22,7
Motoreffekt, kW	210
Aggregat	H6
Kran	C50
Kranlängd	11m

2.3 Studien

Studien grundades på skördarens prestation vid varierat grundyteuttag i volymbilädning. Fältstudien genomfördes under en vecka i slutet av mars 2021. Studiens behandlingar gjordes i tre olika uttagsstyrkor (Lätt, Medel och Hård i andel av grundytan som avverkas). Med Medel uttagstyrka menades vad som är angivet i avverkningsdirektivet som avverkningslaget fått från beställaren. Instruktionen till maskinföraren angående uttagstyrka för behandlingarna definierades med lätt, medel och hård. Inventering av parceller presenteras enligt tabell 3 nedan.

Tabell 3. Parcellernas medelvärden vid inventering före avverkning. GYL definieras som (Grundyta, Ytstruktur, Lutning). Stammar definierade som underväxt mäter antal stammar med längd över 1,3 m med brösthöjdsdiameter < 8 cm.

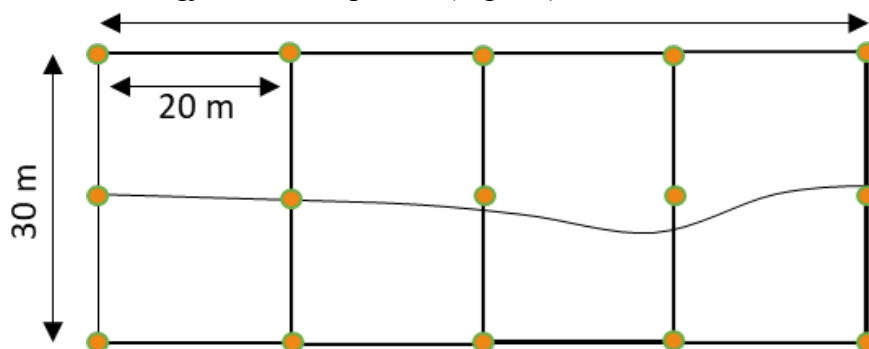
Behandling och Utagsstyrka	Volym (m ³ fub /ha)	Stammar /ha	Medelstam (m ³ fub/st)	Grund-yta före avverkning (m ² /ha)	GYL	Underväxt (st/ha)	Svåra träd
Lätt (15 %)	275	516	0,53	28	2.2.1	1148	0
Medel (30 %)	293	525	0,56	32	2.2.2	782	0
Hård (45 %)	266	480	0,49	29	2.1.1	350	0

Fastställandet av uttagsstyrkan gjordes för att ge skördarföraren en så enkel instruktion som möjligt och som inte skulle göra maskinföraren osäker i arbetet. I studien ingick tid- och frekvensstudie för skördarens momentfördelning och prestation under arbetets gång. Förutom skördare var följande utrustning nödvändig under fältstudien:

- Klave
- Höjdmätare/lutningsmätare
- Måttband
- Jordsond
- Snitselband
- Stolpar
- Markeringsfärg
- Tidtagarur
- Smartphone
- Powerbank
- Metronomapplikation för frekvensstudie
- Hörlurar
- Fältblanketter
- Microsoft Excel

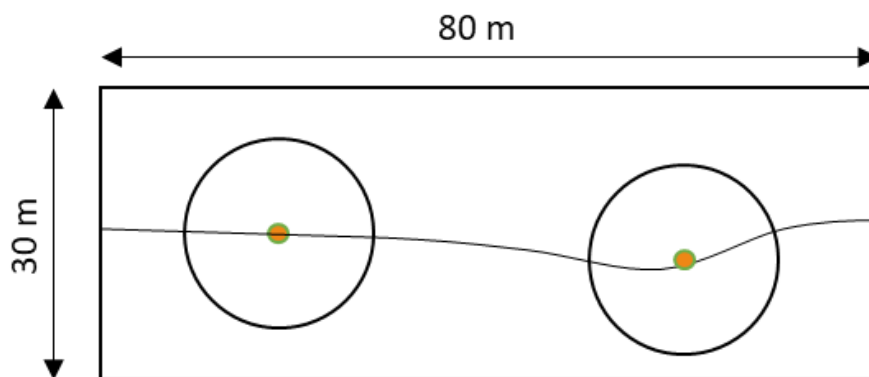
2.4 Inventering och skogsuppskattning

I fältstudiens första steg markerades tre parceller inom objektet. Parcellerna utmäter 30x80 meter, vilket motsvarade 2400 m². Uppmätning av parceller gjordes med ett 20 meter långt måttband. Genom att först placera stolpar längs parcellens mitt med 20 meters mellanrum kunde 15 meter mätas åt vardera sida. På så vis kunde sektioner om 20x30 meter skapas och placeras i följd, och vilka tillsammans utgjorde en hel parcell (Figur 4).



Figur 4. Markering av parcell. Varje parcells mitt och ytterkanter markerades med stolpar. Parcellerna delades in i fyra sektioner för enklare markering och mer noggrann mätning av parcell.

Inom varje parcell placerades två cirkulära provvytor för inventering och skogsuppskattning. Dessa placerades med centrum längs av skördarföraren snitslade stickvägar (Figur 5). För att kunna uppskatta parcellernas grundyta och virkesvolym användes metoder från kurslitteratur inom skogsmästarprogrammet (Högberg, 2019). I studien uppskattades grundyta och virkesförråd i provvyterna. Data dokumenterades i framtagna fältblankett (Bilaga 1).



Figur 5. Placering av cirkulära provtytor ($r = 9,78$ m) inom parcellen. Provytornas centrum markerades med stolpar och märkfärg.

Provytorna taxerades genom totalklavning av stammar > 8 cm i brösthöjdsdiameter (130 cm ovanför markytan). I åtanken fanns att beståndet i studien var flerskiktat, varvid fler höjdprovträd inmättes vilket gav ett säkrare underlag för framtagande av höjdkurvor. Inmätt brösthöjdsdiameter delades in i 2 cm-klasser. För bedömning av volymen i respektive klass användes Brandels funktion för södra Sverige (form 100-01; Brandel 1994).

Vid framtagandet av höjdkurvor mättes höjden i respektive trädslag och diameterklass. Därigenom skapades stamlistor för parcellerna för höjd och diameter. Genom behandla stamlistan med regressionsanalys kunde höjdkurvor tas fram för volymberäkning.

2.5 Prestationspåverkande faktorer

Vid Inventeringstillfället bedömdes prestationspåverkande faktorer enligt framtagen fältblankett (Bilaga 1). Vid bedömning av prestationspåverkande faktorer utgicks det ifrån Larssons (2020) prestationsprognos för bortsättning för skördare (Bilaga 5). Nedan i Tabell 4 beskrivs vilka faktorer som klassades i provytorna.

Tabell 4. Faktorer som påverkar skördarens prestation.

Faktor	Beskrivning
Ytstruktur	Ytstruktur beskriver hinder och dess omfattning. Ytstrukturen beskrivs i fem klasser. Där 1 är den lägsta klassen och 5 högst. Här räknas drivningshinder som sten, block och jordhögar in (Berg. 1995).
Lutning	Lutningen i ståndorten klassas i fem klasser likt ytstrukturen. Lutningen mäts procentuellt mellan punkter placerade med ett visst avstånd (Berg. 1995)
Medelstam	Medelstamens volym är en av de viktigaste faktorerna för skördarens prestation (Nurminen et.al. 2006).
Uttag, stamtäthet	Uttag och stamtäthet är en betydande faktor för skördarens prestation. Bedömningen av stamtäthet gjordes i samband med skogsuppskattningen, då antal stammar i provytan dokumenterades.
Underväxt	Antal stammar med längd > 1,3 m och brösthöjdsdiameter < 8cm
Svåra träd	Antal träd som kräver extra moment. Exempelvis positionering, extra kap eller omtag.

Då beståndet varit gallrat tidigare placerades samtliga parceller med dels stickvägsupptagande och dels avverkning från befintlig stickväg. Då stickvägsupptagning påverkar prestationen är det viktigt att dessa förutsättningar var likvärdiga mellan behandlingarna/parcellerna (Jonsson. 2015). Vidare placerades parcellerna med hänsyn till prestationspåverkande faktorer, så som exempelvis ytstruktur och lutning.

2.6 Tid- och frekvensstudie

Avverkningen av parcellerna studerades genom tidsstudie- och frekvensstudie (Figur 6). Totala tiden för avverkning i respektive parcell noterades för att kunna redogöra skördarens prestation per effektiva timme ($h(G_0)$). Tidsstudien startades när skördaraggregatet fördes in i parcellen och avslutas när toppen på sista stammen släpptes ur aggregatet och skördarföraren signalerar att avverkningen är klar. Tidsenheten $h(G_0)$ anger arbetsuppgiftens egentliga tidsåtgång utan avbrott (Lindroos et.al. 2019). För att få tillgång till avverkad volym skapades unika objekt för varje parcell i skördardatorn. Driftuppföljning från skördaren kunde visa den avverkade volymen för respektive parcell.



Figur 6. Skördaren (Ponsse Scorpion med H6 aggregat) strax innan tidsstudien i försöksbeståndet.

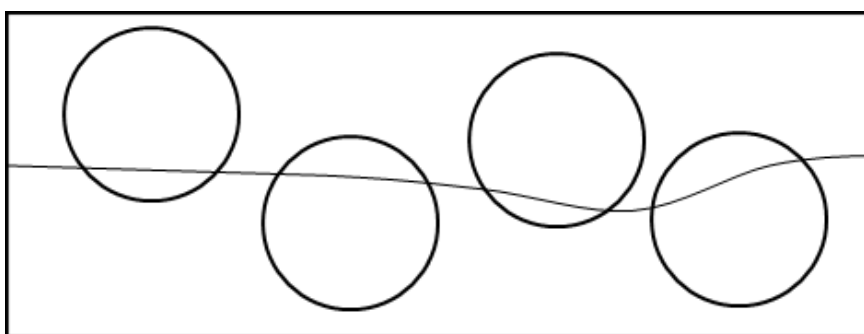
Frekvensstudien grundades på skördarens moment vid avverkning. Momentindelningen dokumenterades i framtagna blankett (Bilaga 2). Därigenom kunde momentfördelningen för respektive parcell redogöras. Skördarens moment registrerades vid bestämt intervall (var 10e sekund). Bedömning om rådande moment styrdes av förutbestämd hierarkisk ordning (Tabell 5). Momentens hierarki styrs av förutbestämd prioritetsordning med siffrorna 1 – 4, där 1 har högst prioritet. Detta för att flera moment kan utföras samtidigt vid skördarens arbete.

Tabell 5. Frekvensstudiens moment, momentgränser och hierarki där momentens prioritet fördelades. Hierarki 1 hade högst prioritet och hierarki 4 hade lägst.

Moment	Avgränsning	Hierarki
Kran ut	Startar när kranen sträcks från krantornet Slutar när aggregatet nuddar stammen	1
Kvistning & aptering	Startar när matarvalsarna börjar rotera Slutar när kvistknivarna släpper topp/stam	1
Positionering & fällning	Startar när aggregatet nuddar stammen Slutar när matarvalsarna börjar rotera	1
Kran in	Startar när kranen förs mot krantornet Slutar när kranen körs från krantornet	2
Röjning	Avlägsnande av undervegetation	2
Extra moment	Hantering av lutande/liggande träd. omtag av stam. flytta virke.	2
Förflyttning	När basmaskinens hjul roterar	3
Avbrott	Stillestånd, reparation, telefontid, kedjebyte, (räknas inte till tidsenhet (G ₀))	4

2.7 Uppföljning av parceller

Efter avverkning i parcellerna inventerades samma provytor som vid inledande taxering. Dessa provytor markerades med stolpar och markeringsfärg i provytans centrum innan avverkning. I provytorna uppföljdes skador på kvarvarande skog och undervegetation. Uppföljning av grundyta gjordes genom cirkelprovytor (radie = 7,98 m) placerade i förhållande till vägandel i parcellen (Figur 7).



Figur 7. Grundyta efter avverkning uppskattades genom totalklävning av ett antal provytor placerade inom parcellerna.

I samband med uppföljning av parcellerna registrerades eventuella skador på kvarvarande skog. Uppföljning utfördes både för skadefrekvensen på kvarvarande träd och undervegetation. Eventuella skador dokumenterades i framtagna blankett (Bilaga 4). Skador på träd med brösthöjdsdiameter ≥ 8 cm räknades och klassades som stambrott, kvisturdrag, eller barkskador ≥ 20 cm². Som skador på underväxt och stammar med brösthöjdsdiameter ≤ 8 cm räknades stambrott, barkskador och påverkan på rotsystem (lutande stam).

2.8 Analys av tidsstudiedatat

För att analysera tidsstudiedatat behövde tidsenheter definieras. Utnyttjad tid förklaras (grundtid) för arbetets utförande + avbrottstid enligt Axelsson (1975) Studien baseras på grundtimme utan avbrott ($h(G_0)$). Nedan i Tabell 6 beskrivs begrepp för tidsenheter som användes i dataanalysen.

Tabell 6. Begrepp för tidsenheter som användes i studien.

Grundtid arbete	Tidsåtgång för arbetsuppgiftens egentliga lösande (produktiv tid).
Grundtid Övrigt	Tidsåtgång vid annat arbete än vad maskinen är avsedd för. Exempelvis transport mellan avverkningsplatser.
Grundtid G_0	Grundtid arbete – (Grundtid övrigt) – Avbrottstid – Störningstid
Avbrottstid	Underhållningstid + Störningstid
Störningstid	Stillestånd orsakade av annan anledning än underhåll, exempelvis telefonsamtal.

Efter genomförd studie analyserades tidsåtgång och momentfördelning. Tidsåtgången för totala tiden för avverkning av parcell jämfördes med uttagen grundyta och avverkad volym. Därmed kunde prestation (m^3 fub per $h(G_0)$) för uttagsstyrkorna framräknas genom följande formel:

$$\text{Prestation} = \frac{V}{T}$$

$V =$ Avverkad volym (m^3 fub)
 $T =$ Grundtimme ($h(G_0)$)

Momentfördelning i frekvensstudien behandlades genom införande av data i tabell för respektive uttagsstyrka. Genom frekvensanalys kunde momentens omfattning presenteras i stapeldiagram för enkel tydning.

2.9 Kostnadsanalys

Avverkningskostnaden per kubikmeter beräknades genom att dividera den totala maskinkostnaden per produktiv maskintimme ($kr/h(G_0)$) med produktiviteten (avverkade $m^3/h(G_0)$; Axelsson. 1975). Lämplig timkostnad för skördare ansågs vara 1390 kr/h och lämplig flyttkostnad 4000 kr/maskin (Martin Bäck, Köplehare, Sveaskog, Pers. komm 2021).

3. Resultat

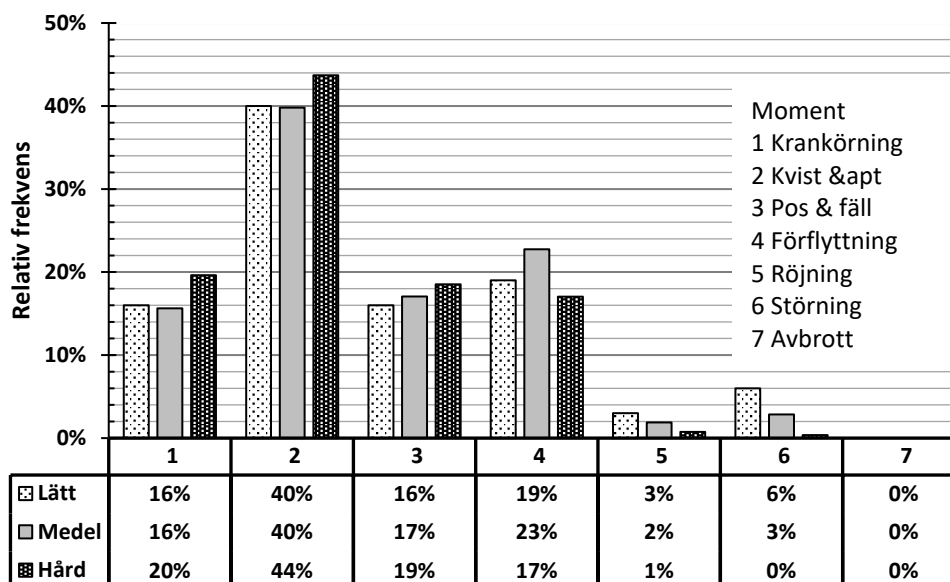
3.1 Uttagstyrka & Momentfördelning

För alla tre behandlingar blev den verkliga uttagsstyrkan (uttagen grundyta efter avverkning) mycket likt den förväntade/enligt instruktion. Uttagstyrkan för behandling Lätt uppskattades till 14 % vilket var väldigt nära instruktion (Tabell 7). Vidare uppmättes för behandling Medel uttagen grundyta 28 % respektive 48 % för behandling Hård, också dessa väldigt nära instruktion .

Tabell 7. Uppmätt grundyta före och efter avverkning i parcellerna för respektive behandling.

Behandling	Grundyta före avverkning (m ² /ha)	Grundyta efter avverkning (m ² /ha)	Uttagstyrka enligt instruktion	Verklig uttagstyrka (andel avverkad grundyta)
Lätt	28	24	15%	14%
Medel	32	23	30%	28%
Hård	29	15	45%	48%

Skördarförarens momentfördelning följde ett liknande arbetsmönster mellan behandlingarna (Figur 8). Det mest frekvent förekommande momentet vid alla tre behandlingarna var Kvistning & Aptering (moment 2), det stod för 40% av observationerna för behandling Lätt och Medel, och marginellt fler (44%) för behandlingen Hård. Vidare visade tidsstudien att Positionering & Fällning (moment 3) ökade med uttagsstyrkan (från 16% vid Lätt till 19% vid Hård). För arbetsmomentet Röjning (moment 5) fanns en svag antydning till ökning i förhållande till andel undervegetation (från 1% vid Lätt till 3% vid Hård).



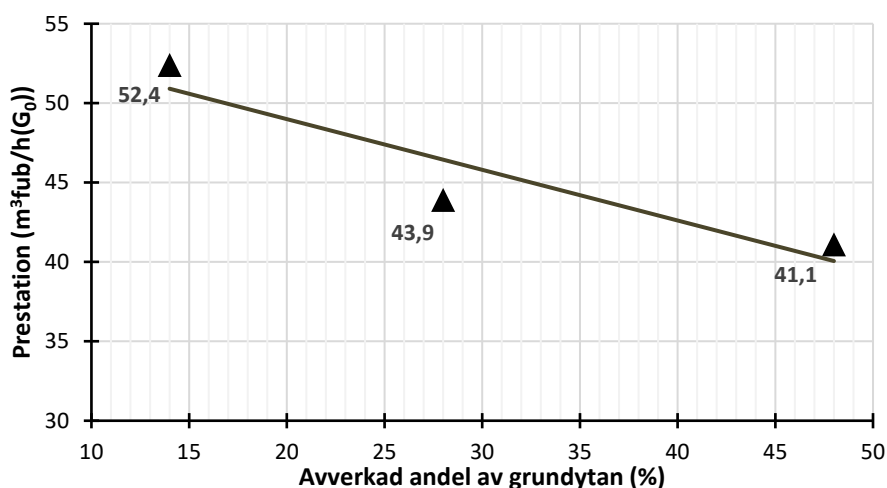
Figur 8. Relativ frekvens för momentfördelningen i arbetsmönstret vid volymblädning med stor skördare. Behandlingar baserade på tre olika uttagstyrkor (Tabell 3) i kapitel 2.3.

3.2 Prestation

Skördarförarens prestation vid behandling Lätt var 52,4 m³fub/h(G₀) och var den behandling som medförde högst prestation (Tabell 8). Vidare tenderar skördarprestationen sjunka i och med högre uttagsstyrka. Vid behandling Medel var prestationen 43,9 m³fub/h(G₀) och vid behandling Hård var prestationen 41,1 m³fub/h(G₀) (Figur 9).

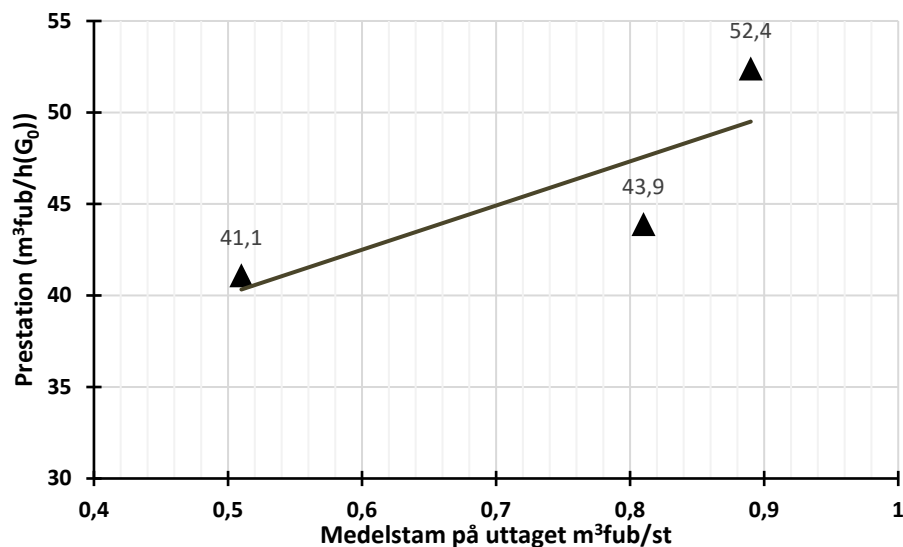
Tabell 8. Avverkad volym, uttagets medelstam och skördarens prestation baserat på behandling (uttagsstyrka) vid volymblädning avverkning med stor skördare. Data angående volym och medelstamsvolym hämtades från skördarens driftuppföljning. Tidsåtgång uppmättes under tidsstudien.

Behandling	Avverkad volym (m ³ fub)	Uttagets medelstam (m ³ fub/st)	Tidsåtgång (minuter)	Prestation (m ³ fub/h(G ₀))
Lätt	16,02	0,89	18,33	52,4
Medel	27,62	0,81	37,72	43,9
Hård	33,07	0,51	48,23	41,1



Figur 9. Skördarens prestation (i m³fub/h(G₀)) i förhållande till uttagsstyrka (i procent av beståndets grundytan som avverkades) vid avverkning i volymblädning med stor skördare.

Medelstamsvolym på uttag för behandling Hård blev enligt skördardata 0,51 m³fub/st (Figur 10). För denna behandling var prestationen 41,1 m³fub/h(G₀) och var således den behandling som uppmätte lägst medelstamsvolym. Vid behandling Medel var medelstamsvolymen 0,81 m³fub/st med skördarprestation 43,9 m³fub/h(G₀). Vid behandling Lätt var medelstamsvolymen 0,89 m³fub/st med skördarprestation 52,4 m³fub/h(G₀) och var den behandling som uppmätte högst medelstam och således högst prestation.



Figur 10. Skördarens prestation (i m³fub/h(G₀)) i förhållande till medelstam på uttagen (m³fub) vid avverkning i volymblädning med stor skördare.

3.3 Skador på stammar och underväxt efter avverkning

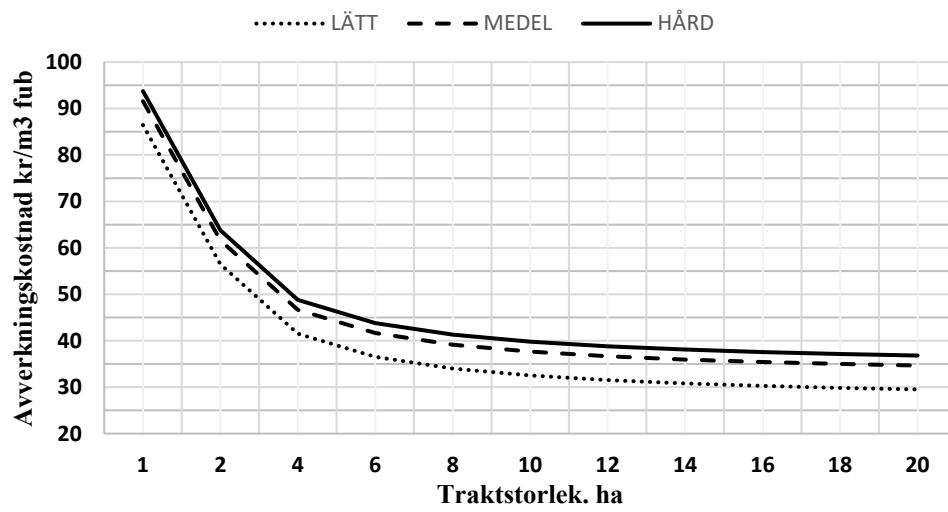
Vid samtliga behandlingar kunde inga skador på de kvarvarande träden efter avverkning noteras (Tabell 9). Dock minskade underväxten efter avverkning med 15 – 43% beroende på behandling. Skillnaden i skadefrekvensen på undervegetation tenderar i studien att öka med andelen undervegetation före avverkning. Skadorna på undervegetationen återfanns i huvudsak i stickvägarna.

Tabell 9. Uppföljning av skador på kvarvarande träd samt andelen skadad undervegetation för respektive behandling vid avverkning i volymblädning med stor skördare.

Behandling	Underväxt före avverkning (st/ha)	Underväxt efter avverkning (st/ha)	Minskning av underväxt	Skador på kvarvarande träd (st/ha)
Lätt	1 148	832	28%	0
Medel	782	665	15%	0
Hård	350	200	43%	0

3.4 Avverkningskostnad

Avverkningskostnaden inkluderat flyttkostnad var lägst för den behandlingen med svagaste uttagsstyrka (Figur 11). Vid traktstorlek 1 hektar var kostnaden 86 kr/m³fub för behandling Lätt medans motsvarande traktstorlek för behandling Hård kostade 94 kr/m³fub. Kurvan tenderade att plana ut vid traktstorlek 4 ha; avverkningskostnaden för behandling Lätt var då 42 kr/m³fub och 49 kr/m³fub för behandling Hård. Uträkningen baserades på angiven timkostnad för skördare i hyggesfri avverkning på Sveaskogs mark i trakterna omkring Tiveden och aktuellt uttag från respektive behandling.



Figur 11. Avverkningskostnad (kr/m³fub) i förhållande till traktstorlek inkluderat flyttkostnad på 4000 kr per skördare. Avverkningskostnaderna baserades på de prestationsnivåer som uppmättes under tidsstudien.

4. Diskussion

4.1 Prestation

Skördarens prestation påverkas starkt av uttagsstyrkan. I denna studie var dock prestationen högst vid den lägsta uttagsstyrkan och som lägst vid den höga uttagsstyrkan (Figur 9). Exempelvis var skördarförarens prestation 52,4 m³fub per h(G₀) vid den lätta behandlingen och 41,1 m³fub per h(G₀) för den hårda behandlingen.

Att prestationen ökade i och med lättare uttagsstyrka (vid volymblädning i flerskiktad skog) beror på att en lägre uttagstyrka resulterar i högre medelstamsvolym för avverkade stammar. Medelstammen är den viktigaste faktorn för skördarens prestation (Nurminen et.al. 2006; Eriksson & Lindroos 2014). Volymblädning bygger på att det enbart avverkas stammar i de övre diameterklasserna medans de klenare stammarna lämnas för vidareutveckling. Det resulterar i en högre medelstam på uttaget vid färre avverkade stammar. Detta faktum styrks av Price (2007) och Karlsson (2006) som visar i sina studier att medelstamsvolymen för uttaget är högre än beståndets medelstamsvolym (vid höggallring, och den gallringsformen kan jämföras med volymblädning eftersom volymblädning är en form av höggallring).

4.2 Skador

Inga skador på kvarvarande stammar noterades efter avverkning (Tabell 9). Att skadefrekvensen är låg stämmer bra med Hannerz et.al. (2017), som visar att skadefrekvensen inte förväntas öka med avverkning med hyggesfria metoder i jämförelse med trakthyggesbruk.

Skador på föryngringen efter avverkning återfanns övervägande i stickvägarna. Eftersom förekomsten av underväxt varierade i försöksytorna kunde inget tydligt samband mellan grundyteuttag och skadefrekvens göras. Däremot kan skadefrekvensen antas öka i de försöksytorna med redan låg förekomst av föryngring. I tidigare studier påpekades att skadefrekvensen på föryngring ökade med hyggesfria metoder (Jonsson 2015). Att skadefrekvensen förväntas öka i hyggesfritt skogsbruk i jämförelse med trakthyggesbruk kan bero på att förekomsten av föryngring/underväxt normalt inte spelar roll vid avverkning i trakthyggesbruk, då eventuell underväxt ofta röjs bort innan avverkning. Vetskap om skadefrekvens kan vara till nytta för framtida föryngring i ett blädningensbestånd. Därför bör ingen för-/underväxtröjning göras innan avverkning i blädning (Hannerz et.al. 2017).

4.3 Kostnad

Vid lägre grundyteuttag sjunker även uttagen volym per hektar. Låg volym medför hög avverkningskostnad per kubikmeter när flyttkostnad inkluderas. Därför kan man konstatera att traktens storlek är av stor betydelse för avverkningskostnaden. Enligt denna studiens kostnadsberäkning tenderar kurvan för avverkningskostnaden plana ut först när trakten överstiger 4 hektar (Figur 10).

Att flyttkostnaderna blir högre per avverkad m³ i och med lägre uttag är sedan tidigare känt. Däremot visade sig avverkningskostnaden i denna studie var lägst vid lätt uttag eftersom prestationen var högre. Detta kan betyda att flyttkostnaden för en avverkningstrakt är av stor betydelse för markägarens avverkningsnetto i blädning. För att få ned avverkningskostnaden kan det vara nödvändigt att planera större arealer.

Den totala drivningskostnaden för trakter på 4 ha med skotningsavstånd 200 m blir enligt bortsättningskalkyl för skotning (Larsson 2020; Bilaga 6) vid behandling Lätt 99 kr/m³fub och vid behandling Hård 98 kr/m³fub (Tabell 10). I beräkningarna antogs flyttkostnad vara 4000 kr/maskin, vilket ansågs vara en rimlig snittkostnad för trailerflytt i Tivedsområdet (Martin Bäck, Köplehare, Sveaskog, Pers. komm 2021). Vidare antogs timkostnaden vara 1 390 kr/h för skördaren och 890 kr/h för skotaren.

Tabell 10. Kostnaden för skotning respektive totala drivningskostnad för objekt omfattande 4 hektar, inkluderat flyttkostnad 4 000 kr/maskin.

Behandling (uttagsstyrka)	Skotningskostnad (kr/m ³ fub)	Drivningskostnad inkluderat flyttkostnad (kr/m ³ fub)
Lätt (15%)	57	99
Medel (30%)	50	97
Hård (45%)	49	98

4.4 Studiens styrkor och svagheter

En av studiens styrkor var att maskinföraren i studien har stor erfarenhet av arbete med hyggesfria skötselmetoder. Skördaren som kördes i studien var väl anpassad i storlek till ändamålet. Som nämnts i inledningen har tidigare studier (Lundqvist et.al. 2014; Jonsson. 2015) poängterat att tendenser till undermålig maskinstorlek kan påverka resultaten.

En av studiens svagheter kan anses vara valet att enbart studera avverkningen istället för hela drivningsprocessen. Detta är en svaghet för att även skotningen innehåller parametrar som kan påverka den totala drivningskostnaden. Fler studier inom såväl avverkning och skotning i hyggesfritt skogsbruk är därför nödvändigt.

Denna studie är baserad på enbart en maskinförare vilket gör att resultatet inte ses som norm för alla skördarförare. Dessutom kan denna studies resultat ha påverkats av hawthorneeffekten (Mayo 1933). Den bygger på att produktivitet omedvetet kan öka om personen/personerna som studeras är medvetna om att undersökning sker. Antydning till hawthorneeffekt beskrivs av Skogelid (2019), då tydlig produktivitetsökning observerades under hans studie.

4.5 Rekommendationer och framtida studier

Hyggesfritt skogsbruk kan enligt författaren förväntas bli allt mer vanligt i svenskt skogsbruk. Eftersom dagens trakthyggesbruk kan tänkas bli allt mer ifrågasatt framöver krävs mer kunskap om hyggesfria skötselmetoder.

Begreppet hyggesfritt omfattar flertalet skogsskötselmetoder (Tabell 1). Det kan behövas fler studier och jämförelser mellan såväl trakthyggesbruk och hyggesfritt som jämförelser mellan hyggesfria metoder, både inom skogsbeståndets utveckling och dess ekonomi. Denna forskning kommer då att ge bredare kunskap om vilka metoder som kan lämpas för det enskilda skogsbeståndet, för såväl markägare, rådgivare och förvaltare, etc. Enligt författaren finns behov av vidare studier om hyggesfritt skogsbruk. Följande uppslag hade varit intressant för vidare forskning:

- Hur olika skördarförarens arbetsmönster och prestation varierar med hyggesfria metoder.
- Hur skotarens prestation och kostnader påverkas av olika uttagsstyrkor i volymbilädning och annat hyggesfritt skogsbruk.
- Markägarens attityd och kunskap om hyggesfritt skogsbruk.

Enligt författaren måste inte ett skogsinnehav brukas med antingen trakthyggesbruk eller hyggesfritt, utan de olika skogsskötselssystemen kan kombineras för att som bäst tillgodose beståndets olika värden. I denna studie var drivningskostnaderna för de olika uttagsstyrkorna likvärdiga för bestånd omfattande 4 hektar (Tabell 10). Detta för att kostnaden för skotaren tenderar att öka vid lägre uttagsstyrkor enligt befintlig norm för skotarpredation (Larsson 2020). Om avverkning med lättare uttagstyrkor kan utföras till samma kostnad som hårdare uttagsstyrkor öppnar det för förändring i skogsbruksfilosofi, då lättare uttag som sträcks över stora arealer exempelvis medför högre volymtillväxt och bättre bevarad skogskänsla än avverkningar med hårda uttagsstyrkor.

Vid beslut om uttagsstyrka vid blädning kan eventuella skogsskadekonsekvenser tas i beaktning. Högre uttag medför glesare bestånd som kan öka risken för stormfällning (Skogforsk. 2019). Men högre uttag resulterar i mindre frekventa avverkningar än vad som lägre uttag möjliggör. Täta återkommande avverkningar som lägre uttagstyrka möjliggör kan dock öka risken för körskador och spridning av rotröta (Witzell. 2009).

4.6 Slutsatser

- Vid volymblädning i flerskiktad skog sjunker prestationen med ökad uttagstyrka. Detta förhållande uppstår för att medelstamsvolymen på uttagen volym sjunker i och med ökad uttagstyrka.
- Blädningsbruk med stora skördare verkar inte medföra hög skadefrekvens på kvarvarande stammar. Skadefrekvensen på föryngring styrs av mängden underväxt. I denna studie återfanns störst skadefrekvens på underväxten i stickvägarna.
- I denna studie var avverkningskostnaden lägst vid lägst uttagsstyrka. Bestånd som sköts med volymblädningsbruk bör helst överstiga 4 hektar för att reducera avverkningskostnaden, då flyttkostnaden fördelas på avverkad volym (m³).

4.7 Övrigt

Skogsbruksmetoden i denna studie var volymblädning, vilket syftar på att enbart avverka stammar i de övre diameterklasserna (Tabell 1). I och med lägre uttag av grundytan ökar därför medelstamsvolymen på avverkade stammar i detta fall. Denna kunskap kan vara till nytta vid planerad bortsättning för avverkningar med volymblädning.

Då hyggesfria metoder normalt inte behöver avverkningsanmälas öppnas fler möjligheter till ökad flexibilitet vid planeringen. I åtanke bör finnas att samma natur- och kulturhänsyn ska tas i hyggesfritt skogsbruk som vid avverkning med trakthyggesbruk. För att minska flyttkostnadens påverkan på avverkningskostnaden kan blädning med fördel planeras in i samband med andra avverkningar i närområdet. Då inte alla skogstyper lämpas för hyggesfria skötselmetoder kan hyggesfritt skogsbruk med fördel kombineras med trakthyggesbruk på hela skogsinnehaven.

Referenser

Albektson, A. Elfving, B. Lundqvist, L. Valinger, E. (2012) *Skogsskötsel grunder och samband*. Skogsskötselserien nr: 1. Skogsstyrelsen.

Agestam, E. (2015). *Gallring*. Skogsskötselserien nr: 7. Skogsstyrelsen

Angelstam, P. (2017). *Tivedens skogslandskap som grön infrastruktur för landsbygdsutveckling: intresseanalys och förslag*. Rapport, version 2017-09-10. Laxå kommun, Laxå.

Axelsson, S.Å. (1975). *Mätning, analys och optimering av skogsmaskinernas friftsäkerhet*. Rapport nr: 124. 1975. Liber Förlag/ Allmänna Förlaget ISBN 91-38-02279-6. Lund

Berg, S (1995). *Terrängtypschema för skogsarbete*. ISBN 91-7614-035-0. Skogforsk. Uppsala.

Brandel, G. (1994). *Nya volymfunktioner för tall, gran och björk*. Skogsfakta nr:11.

Eliasson, L. Grönlund, Ö. Lundström, Hagos & Sonesson, J. (2021). *Harvester and forwarder productivity and net revenues in patch cutting*. International Journal of Forest Engineering. Vol: 32, 2021

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. Vol 25.

Gardiner, A. Schuck, M.-J. Schelhaas, C. Orazlo, K. Blennow, B. Nicoll (Eds.) (2013). *Living With Storm Damage to Forests*. What Science Can Tell Us 3. European Forest Institute ISBN 978-952-5980-08-0.

Hannerz, M. Nordin, A. Saksa, T. (2017). *Hyggesfritt skogsbruk -en kunskapsammansättning från Sverige och Finland*. Future forest rapportserie. ISBN 978-91-576-9264-1. Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå.

Högberg, H. (2019). *Skogsuppskattning för skogsmästare*. Kurslitteratur. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan. Skinnskatteberg.

Jonsson, R. (2015). *Prestation och kostnader i blädning med skördare och skotare*. Arbetsrapport nr:863-2015. Skogforsk Uppsala

- Karlsson, B. Lönnstedt, L. (2006). *Strategiska skogsbruksval -Analys av två alternatv till trakthyggesbruk med gran*. Arbetsrapport nr: 609. Skogforsk & Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Karlsson, M. (2014). *Konsten att hugga träd och ha skogen kvar*. 1 uppl., Klippan. ISBN 978-91-639-5786-4
- Larsson, R. (2020). *PRESTATIONSPROGNOS - BORTSÄTTNING*. Kursmaterial. Skogsmästarprogrammet. Sveriges Lantbruksuniversitet. Skinnskatteberg.
- Lindroos, O. Ersson, B.T. Nordfjell, T. Wästerlund, I. (2019). *Liten skogsteknisk ordlista*. Kurslitteratur / Skogsmästarskolan
- Lundqvist, L. Cedergren, J. Eliasson, L. (2014a). *Blädningsbruk*. Skogsskötselserien nr: 11. Skogsstyrelsen.
- Lundqvist, L. Lindroos, O. Hallsby, G. Fries, C. (2014b) *Slutavverkning*. Skogsskötselserien nr: 20. Skogsstyrelsen.
- Nurminen, T. Korunen, H. Uusitalo, J. (2006). *Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system*. Silva Fennica 40(2): 335–363.
- Mayo, E. (1933). *The human problems of an industrial civilization*. New York: The Macmillan Company
- Pommerening, A. Murphy, S.T. (2004). *A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking*. Forestry. Vol:77, issue 1 ss 27 – 44.
- Pukkala, T. Lähde, E. Laiho, O. (2011). *Continuous cover forestry in Finland – Recent research results*. Managing forest ecosystems. Vol 23. ss 85 – 128.
- Skogforsk (2019). *Vind- och snöskador*. Tillgänglig: <https://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/gallra/skador-i-gallringsskogen/vind--och-snoskador/> [2021-05-26]
- Skogelid, O. (2019). *Underväxtens påverkan på produktiviteten och gallringskvalitén hos två gallringsskördare*. Examensarbete, skogsmästarskolan.
- Skogsstyrelsen. (2020a). *Hyggesfritt skogsbruk*. <https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/olika-satt-att-skota-din-skog/hyggesfritt-skogsbruk/> [2021-02-11].
- Skogsstyrelsen. (2020b). *Metoder för hyggesfritt skogsbruk*. <https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/olika-satt-att-skota-din-skog/hyggesfritt-skogsbruk/metoder-for-hyggesfritt-skogsbruk/> [2021-02-11]

Skogsstyrelsen. (2020c). *Skogsvårdslagstiftningen – Gällande regler 1 april 2020*. Jönköping.

Skogsstyrelsen. (2020d). *Skogför upplevelser och rekreation*.
<https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/olika-satt-att-skota-din-skog/hansyn-till-skogens-sociala-varden/> [2021-03-05]

Skogsstyrelsen. (2020e). *Varför hyggesfritt skogsbruk?*
<https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/olika-satt-att-skota-din-skog/hyggesfritt-skogsbruk/varfor-hyggesfritt/> [2021-03-12]

Thor, M. Stenlid, J. (2005). *Heterobasidion annosum infection of Picea abies following manual or mechanized stump treatment*. Scandinavian journal of forest research, vol 20.

Witzell, J., Barklund, P., Bergquist, J., Berglund, M., Bernhold, A., Blennow, K., Hanson, L., Hansson, P., Lindelöw, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M., Rönnerberg, J., Stenlid, J., Valinger, E., Wallertz, K., Witzell, J. & Åhman, I. (2009). *Skador på skog*. Skogsskötselserien nr: 12. Skogsstyrelsen

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (red.) 2019. *Råd i god skogsvård – SKOGSVÅRD*. Tapio.

Personlig kommunikation

Bäck. Martin. Köpletare, Karlskoga/Syd MO Gemensamt. Sveaskog. 2021-05-11

Bilaga 2

Fältblankett för tidsstudie och frekvensstudie. Totaltid dokumenteras för varje parcell och frekvens för skördarens moment noteras.

Steg 2: Frekvensstudie

Yta NR:	Väder:	Tidstart:
Uttagsprocent/GY:		Total tid:

1. Kran ut Prio 1	
2. Kvist/apt Prio 1	
3. Pos/fäll Prio 1	
4. Kran in Prio 2	
5. förflyttning Prio3	
6. Röjning Prio 2	
7. Extra moment Prio 2	
8. Avbrott Prio 4	

Bilaga 4

Fältblankett där uppföljning av skador på kvarvarande skog och föryngring dokumenteras.

Skadeuppföljning

Yta nr:

Stammar dbr \geq 8cm

Barkskada	Stambrott	Kvisturdrag	Rotpåverkan


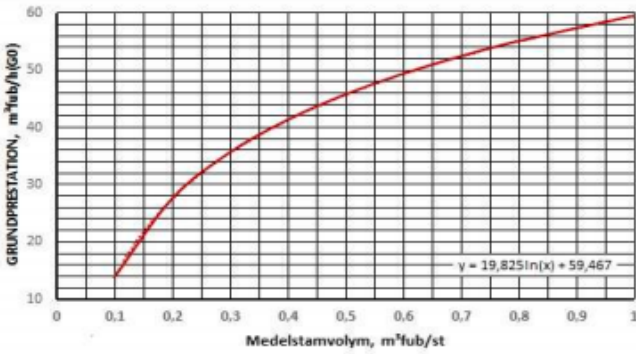
Stammar dbr \leq 8 cm

Barkskada	stambrott	Kvisturdrag	Rotpåverkan

Komentar:


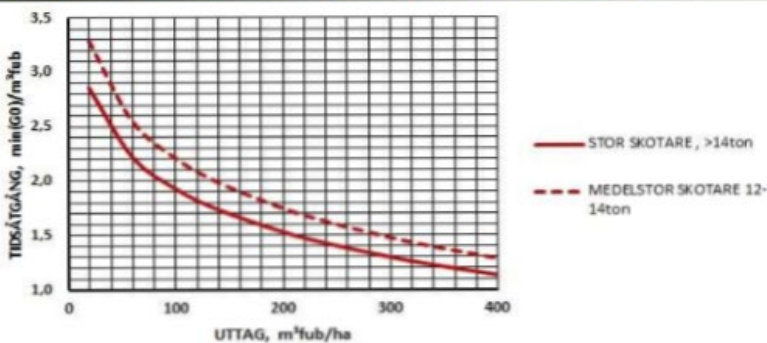
Bilaga 5

Prestationsmall för bortsättning EGS-skördare i slutavverkning (Larsson.2020).

PRESTATIONSPROGNOS - BORTSÄTTNING SKÖRDARE		SLUTAVVERKNING EGS			
A. GRUNDPRESTATION m³fub/h(G₀)					
				Trakt ID m. m. _____ _____ _____ _____ _____ _____	
				m ³ fub/h(G ₀)	
B. KORREKTIONER, AVDRAG I % AV A		%		C. SUMMA KORREKTIONER	
1. TERRÄNGSVÄRIGHETER $y = 0,3214x^2 - 1,1786x + 1,3214$ Y+L = Summa terrängklass för ytsstruktur + lutning				B1+B2+B3+B4+B5+ +B6+B7+B8+B9=	
Y+L	2 3 4 5 6 7 8 9			D. BERÄKNAD PRESTATION m³fub/h(G₀)	
Korrektion, %	0 1 2 3 6 9 12 17				
2. UTTAG, STAMTÄTHET $y = 91-13,21\ln(x)$				(100-C)/100·A=	
Träd/ha	100 200 400 600 800 ≥1000			m ³ fub/h(G ₀)	
Korrektion, %	30 21 12 6 3 0			E. ACKORDSPRIS, kr/m³fub	
3. UNDERVÄXT Avser stammar högre än 1,3 m och klenare än 8 cm				Förtjänstriktpunkt	
Röstammar/ha	0 2000 4000 6000			kr/h(G ₀)	
Korrektion, %	0 5 10 15			Förtjänstriktpunkt/D	
4. SVÅRA TRÄD För varje 20-del (5%) av träden som kräver ett extra moment, t.ex. omtag, extra kap, backning av aggregat) korrigeras med 2 %.				Noteringar	
5. KVARSTÄENDE TRÄD $y = 3,75\ln(x) - 15$				_____	
Träd/ha	50 75 100 150 200			_____	
Korrektion, %	0 1 2 4 5			_____	
6. SNÖHINDER För snöhinder korrigeras med 0 - 25% enl. sida 2.				_____	
7. SORTERING				_____	
Sorteringsgrupper	1 2 3 4 5 6			_____	
Korrektion, %	-2 -1 0 1 2 3			_____	
8. STRÅKLÄNGD $y = -4,436\ln(x) + 22,323$				_____	
Stråklängd, m	150 100 50 25			_____	
Korrektion, %	0 2 5 8			_____	
9. AVSTÅND TILL TANKSTÄLLE/DEPÅ				_____	
Avstånd, km	0,5 0,7 0,9 1,1			_____	
Korrektion, %	0 1 2 3			_____	

Bilaga 6

Bortsättningsmall för skotare. (Larsson.2020).

PRESTATIONSPROGNOS - BORTSÄTTNING SKOTARE SLUTAVVERKNING EGS																																																																						
A. PÅLASTNING, KÖRNING UNDER LASTNING OCH LOSSNING, min(G₀)/m³fub																																																																						
		min(G ₀)/m ³ fub																																																																				
B. TOM- OCH LASTKÖRNING, min(G₀)/m³fub																																																																						
För hastighetsbedömningar se sid. 2. Tidsåtgång för körning beräknas enligt: Transportavstånd (m) · 2 / (körhastighet (m/min(G ₀)) · lassvolym (m ³ fub/lass))																																																																						
Terrängtransportm · 2 / (.....m/min(G ₀) ·m ³ fub)=																																																																					
Basväg 1m · 2 / (.....m/min(G ₀) ·m ³ fub)=																																																																					
Basväg 2m · 2 / (.....m/min(G ₀) ·m ³ fub)=																																																																					
Summa körtider		min(G ₀)/m ³ fub																																																																				
C. TIDSTILLÄGG FÖR SORTERING, min(G₀)/m³fub																																																																						
y = 0,2767x _i ^{-0,2117} (x _i = i)																																																																						
Sortiment med volymsandel ≥6%		Sortiment med volymsandel <6%																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Antal sortiment på avlägg</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>1</th> <td>0,00</td> <td>0,28</td> <td>0,55</td> <td>0,83</td> <td>1,11</td> <td>1,38</td> </tr> <tr> <th>2</th> <td></td> <td>0,18</td> <td>0,36</td> <td>0,53</td> <td>0,71</td> <td>0,89</td> </tr> <tr> <th>3</th> <td></td> <td></td> <td>0,27</td> <td>0,41</td> <td>0,55</td> <td>0,69</td> </tr> <tr> <th>4</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,34</td> <td>0,46</td> <td>0,57</td> </tr> <tr> <th>5</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,40</td> <td>0,50</td> </tr> <tr> <th>6</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,44</td> </tr> </tbody> </table>		Antal sortiment på avlägg								1	2	3	4	5	6	1	0,00	0,28	0,55	0,83	1,11	1,38	2		0,18	0,36	0,53	0,71	0,89	3			0,27	0,41	0,55	0,69	4				0,34	0,46	0,57	5					0,40	0,50	6						0,44	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Volymsandel</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5%</td> <td>0,09</td> </tr> <tr> <td>4%</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td>3%</td> <td>0,07</td> </tr> <tr> <td>2%</td> <td>0,06</td> </tr> <tr> <td>1%</td> <td>0,04</td> </tr> </tbody> </table>	Volymsandel		5%	0,09	4%	0,08	3%	0,07	2%	0,06	1%	0,04
Antal sortiment på avlägg																																																																						
	1	2	3	4	5	6																																																																
1	0,00	0,28	0,55	0,83	1,11	1,38																																																																
2		0,18	0,36	0,53	0,71	0,89																																																																
3			0,27	0,41	0,55	0,69																																																																
4				0,34	0,46	0,57																																																																
5					0,40	0,50																																																																
6						0,44																																																																
Volymsandel																																																																						
5%	0,09																																																																					
4%	0,08																																																																					
3%	0,07																																																																					
2%	0,06																																																																					
1%	0,04																																																																					
Tillägg för avlastning från terräng 0,05 min(G ₀)/m ³ fub		min(G ₀)/m ³ fub																																																																				
D. TIDSKORREKTION FÖR TIMMERANDEL, min(G₀)/m³fub																																																																						
Medelstam, m ³ fub/träd	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6																																																													
Korrektion, min(G ₀)/m ³ fub	0,33	0,12	0,00	-0,10	-0,22	-0,31	-0,35	-0,38	-0,44	y = -0,32ln(x) - 0,5942																																																												
										min(G ₀)/m ³ fub																																																												
E. ÖVRIGA KORREKTIONER, min(G₀)/m³fub																																																																						
T.ex. minuter (G ₀) per lass/lassvolym = min(G ₀)/m ³ fub										min(G ₀)/m ³ fub																																																												
F. SUMMA TIDSÅTGÅNG, min(G₀)/m³fub																																																																						
A+B+C+D+E=										min(G ₀)/m ³ fub																																																												
G. BERÄKNAD PRESTATION, m³fub/h(G₀)																																																																						
60/F=										m ³ fub/h(G ₀)																																																												
H. BERÄKNAT ACKORDSPRIS, kr/ m³fub																																																																						
Förtjänsriktpunkten										kr/h(G ₀)/Prestationen G																																																												
										kr/m ³ fub																																																												

Publicering och arkivering

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

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

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

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

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