

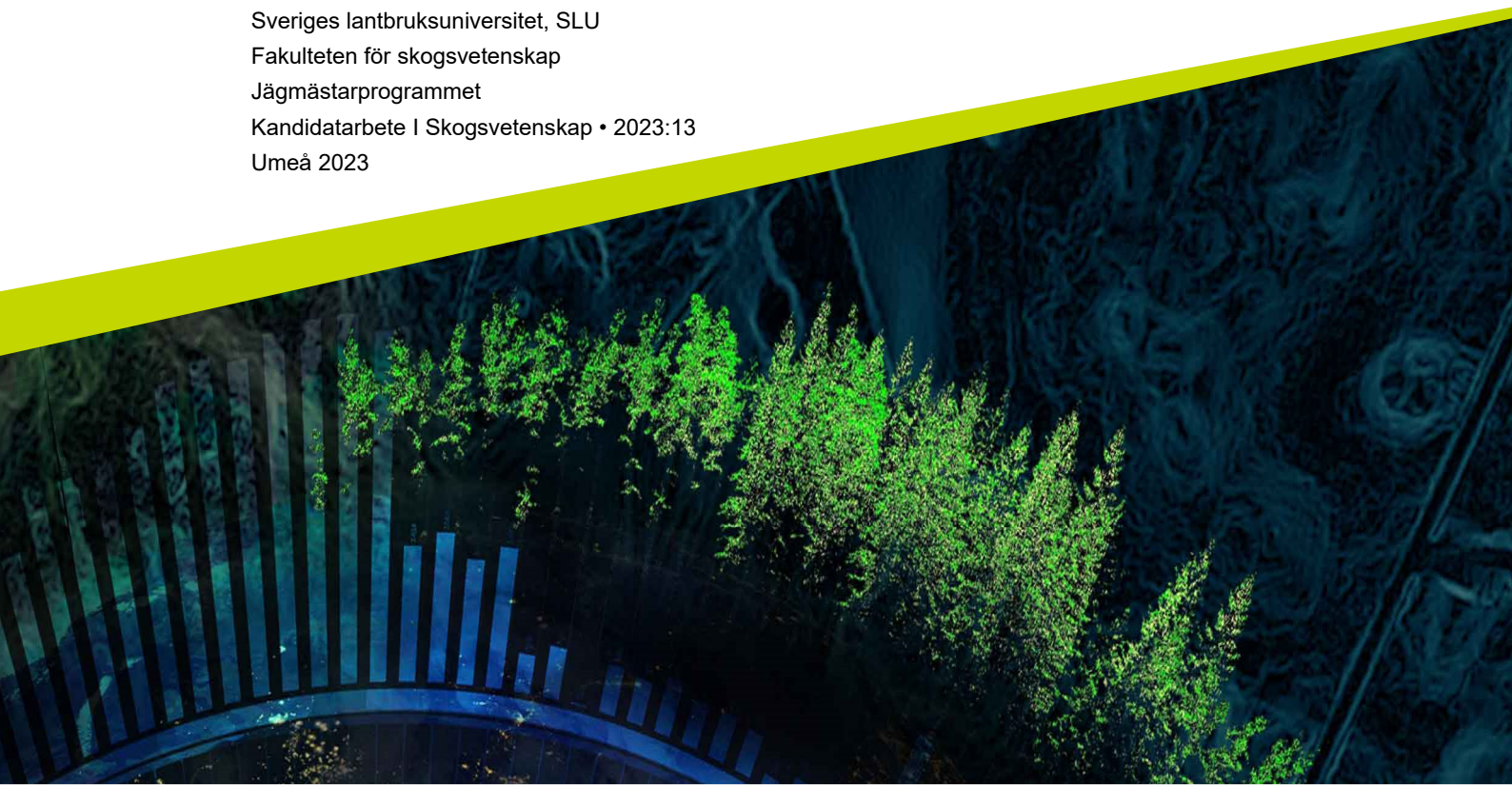


Ekonomi och virkesproduktion för hyggesfritt respektive trakthyggeskogsbruk

En analys av ekonomiska och
produktionsmässiga konsekvenser

Elias Källmark & Petter Tillberg

Examensarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Jägmästarprogrammet
Kandidatarbete I Skogsvetenskap • 2023:13
Umeå 2023



Ekonomi och virkesproduktion för hyggesfritt respektive trakthyggesbruk. En analys av ekonomiska och produktionsmässiga konsekvenser

Economy and timber production for continuous cover forestry respective clear-cut forestry. An analysis of economical and production-wise consequences.

Elias Källmark & Petter Tillberg

Handledare: Torgny Lind, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning
Examinator: Therese Löfroth, Sveriges Lantbruks Universitet

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: G2E
Kurstitel: Självständigt kandidatarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0911
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Institution för skogens ekologi och skötsel
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2023
Serietitel: Kandidatarbeten i skogsvetenskap
Delnummer i serien: 2023:13

Nyckelord: Trakthyggesbruk, Hyggesfritt, Blädningsbruk, Skärmställning, Hyggen, PlanWise, Nuvärde, Kalkylränta.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skoglig resurshushållning

Sammanfattning

Skogsbruket som bedrivs i Sverige har under de senaste åren kritiserats av myndigheter och allmänheten. En ny skogsstrategi från EU har tagits fram för öka andelen skogsbruksmetoder, så som hyggesfria alternativ, som främjar den biologisk mångfalden samt minska koldioxidutsläppen från skogen och därav minska andelen trakthyggesbruk som bedrivs i dagsläget.

Hyggesfritt skogsbruk är ett brett begrepp som innefattar olika skötselmetoder. Hyggesfritt skogsbruk har det långsiktiga målet att bruka skogen så de alltid är trädbevuxna och utan att skapa stora luckor.

Denna studie avgränsas genom att enbart redovisa ett produktionsinriktat hyggesfritt skogsbruk som innefattade två olika metoder, blädningsbruk för gran samt skärmställning för tall med plantering av förädlat material. Detta ställdes i jämförelse mot skogsskötselssystemet trakthyggesbruk med avseendet på det ekonomiska nuvärdet samt virkesproduktionen i form av löpande bruttotillväxt och sortiment.

Det skogliga beslutsstödsystemet Heureka PlanWise (SLU 2019) användes för att simulera och analysera de två skötselssystemen för två av SLU:s egna fastigheter med liknande trädslagsblandning, emellertid med olika breddgrader och medelboniteter. En fastighet i Gällivare kommun, Dundret och den andra i Uppsala kommun, Krusenberg. Detta för att studera om hyggesfritt skogsbruk skiljer sig i lönsamhet med olika nivåer på tillväxt. I denna studie gjordes även en känslighetsanalys där kalkylräntan ändrades mellan 1,50 %, 3,00 % och 4,50 %.

Optimeringen som PlanWise genererade resulterade i ett nuvärde på 41,20 % och 10,70 % högre lönsamhet för trakthyggesbruk för fastigheterna Dundret respektive Krusenberg. Tillväxten var högre i snitt över hela planeringshorisonten för hyggesfritt oavsett fastighet. Dock visades en skillnad i tillväxten mellan blädningsbruk och skärmställningen, där skärmställning hade en högre tillväxt än blädningsbruk i Dundret och tvärtom för Krusenberg. Skillnaden i andelen volym avverkad massaved och timmer var försumbar. Känslighetsanalysen visade att lönsamheten oavsett kalkylränta var störst hos trakthyggesbruk och störst skillnad var för Dundret med 14,79 % högre lönsamhet med kalkylräntan 1,50 % och 78,79 % högre lönsamhet med kalkylräntan 4,50 %. Medan för Krusenberg var skillnaden på 3,31 % respektive 20,27 %.

Skillnaderna mellan metodernas lönsamhet och produktion är inte markanta men merparten av det hyggesfria har skötts genom skärmställning, vilket liknar trakthyggesbruk mer än blädning. Slutsatsen av denna studie visar att trakthyggesbruk generellt sett är mer lönsamt, men att hyggesfritt genererar en högre bruttotillväxt i detta fall.

Nyckelord: Trakthyggesbruk, Hyggesfritt, Blädningsbruk, Skärmställning, Hyggen, PlanWise, Nuvärde, Kalkylränta

Abstract

The forestry industry in Sweden has been criticized by both authorities and the public in recent years. A new forest strategy from the EU has been developed to increase the proportion of forestry methods, such as Continuous-cover Forestry alternatives, that promotes biodiversity and other ecosystem services, and thus reduce the proportion of clear-cutting currently being practiced. Continuous-cover forestry is a broad concept that encompasses various management methods. Continuous-cover forestry has the long-term goal of using the forest without creating large gaps, and to always maintain forest cover.

This study focuses solely on a production-oriented Continuous-cover forestry that included two different methods: Selection- forestry for spruce and shelterwood for pine with planting of refined plant material. This was compared to the silvicultural system of clear-cutting with respect to economic net present value and timber production in the form of annual gross increment and assortment.

The forest decision support system, Heureka PlanWise (SLU 2019), was used to simulate and analyze the two management systems for two of SLU's own properties with similar distribution of tree species but different latitude and site index. One property Dundret was in the municipality of Gällivare and the second one Krusenberg was in the municipality of Uppsala. This was done to see if Continuous-cover forestry could potentially be more profitable in either of the different site indices. A sensitivity analysis was also performed, where the discount rate was changed between 1.50 %, 3.00 %, and 4.50 %.

The optimization generated by PlanWise resulted in a maximum net present value of 41.20 % and 10.70 % higher profitability for clear-cutting for the Dundret and Krusenberg properties, respectively. The growth was higher on average over the entire planning horizon for Continuous-cover forestry regardless of the property. However, there was a difference in growth between selection cutting and shelterwood cutting, with shelterwood having higher growth than selection cutting in Dundret and vice versa for Krusenberg. However, the difference in the proportion of pulpwood and saw log was negligible. The sensitivity analysis showed that profitability was greatest for clear-cutting regardless of the discount rate, with the greatest difference for Dundret at 14.79 % more profitability with a discount rate of 1.50 % and 78.79 % more profitability with a discount rate of 4.50 %. For Krusenberg, the difference was 3.31 % and 20.27 %, respectively.

The differences in profitability and production between the methods are not as significant, but most of the Continuous-cover forestry has been managed through shelterwood cutting, which is more similar to clear-cutting than selection cutting. The conclusion of this study shows that clear-cutting is generally more profitable, but Continuous-cover forestry generates higher gross increment.

Keywords: Clear-cutting, Continuous-cover forestry, Selection-forestry, Shelterwood, Clear-cut, PlanWise, Net Present Value, Discount rate

Förkortningar	7
1. Inledning	8
1.1 Definition av hyggesfritt skogsbruk	8
1.2 Blädning	10
1.3 Skärmställning.....	10
1.4 Trakthyggesbruk	11
1.5 Virkesproduktion, inväxning och ekonomi	12
1.6 Problembeskrivning	12
1.7 Syfte och avgränsningar	13
2. Teori	14
2.1 Ekonomiska analyser.....	14
2.2 Virkesproduktion	15
2.3 Litteraturstudie	16
3. Material och Metod	17
3.1 Indata	17
3.2 Heureka PlanWise Version 2.20.0.0.....	19
3.3 Tillvägagångssätt	20
4. Resultat	23
4.1 Känslighetsanalys	26
5. Diskussion	28
6. Slutsats	30
Referenser	31
Tack	35
Bilaga 1: Skogsfastigheternas Indata	36
Bilaga 2: Domämfördelning	40
Bilaga 3: Sortimentfördelning	43
Bilaga 4: Åldersklassfördelning och avverkningsprofiler	46

Förkortningar

CCF	Continuous Cover Forestry
SVL	Skogsvårdslagstiftningen
SLU	Sveriges Lantbruksuniversitet
NPV	Net Present Value
SEV	Soil Expectation Value
MFV	Managed Forest Value

1. Inledning

1.1 Definition av hyggesfritt skogsbruk

Det svenska skogsbrukets skötselsystem har sedan 1950-talet dominerats av trakthyggesbruk. Inriktningen var mer mot virkesproduktion i den skogspolitik som var aktuell före 1993. Den skogspolitik som infördes 1993 hade som delmål att främja diversitet i brukningsmetoder samt biologisk mångfald (prop. 1992/93:226).

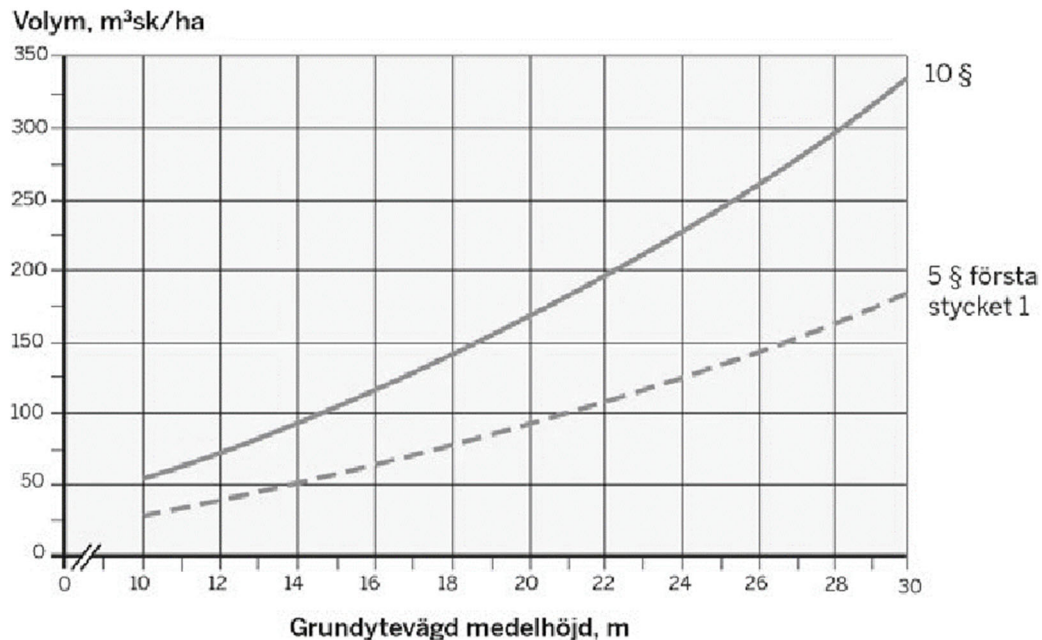
Under den senaste tiden har olika röster höjts med kritik mot det skandinaviska systemet med trakthyggen. EU har skapat en ny skogsstrategi till 2030 där målet är att öka biologisk mångfald och minska koldioxidutsläppen (Europeiska kommissionen 2021/572). Kritiken anmärker att klimatförändringar har särskild negativ effekt på likåldriga och trädslagsrena skogar (Costa, H et al. 2020). Ett ökat intresse för alternativa metoder har uppstått, där det talas om så kallade hyggesfria skogsbruksmetoder. Skogsstyrelsen har arbetat för att ta fram en tydlig definition av vad hyggesfritt skogsbruk innefattar, så att det blir enklare att tillämpa skötselmetoden (Appelqvist et al. 2021). Definitionen lyder som följande:

”Hyggesfritt skogsbruk på skogsmark med produktionsmål innebär att skogen sköts så att marken alltid är trädbevuxen utan att det uppstår några större kalhuggna ytor.”

Skogsstyrelsen menar att intentionen från markägaren har betydelse gällande formuleringen ”...att marken alltid är trädbevuxen...”. Med intentionen att skogen ska brukas hyggesfritt på lång sikt. Tätheten ska överstiga 5§-kurvan (figur 1) samt att träd som är minst tio meter höga ska förekomma (Appelqvist et al. 2021).

Formuleringen angående storleken på kalhuggna ytor berör de två skötselåtgärderna luckhuggning samt skärmställning. Här ska enskilda luckor ej överstiga 0,25 hektar i storlek samt att ett system av luckor ska förhålla sig till 5§-kurvan i täthet. När en godkänd föryngring har uppnått en medelhöjd på två och en halv meter kan en ny lucka tas upp i anslutning till en tidigare lucka. Skärmställningen ska förhålla sig efter 5§-kurvan där skärmen kan glesas ut till halva volymen då godkänd föryngring har uppnåtts under skärmen och när föryngringen uppnår en medelhöjd på två och en halv meter kan skärmen avvecklas helt (Appelqvist et al. 2021).

Ett hygge anses, enligt Skogsstyrelsen, vara en yta större än 0,25 hektar där föryngringsskyldighet har inträtt. Det vill säga när tätheten har understigit 5§-kurvan (Appelqvist et al. 2021).



Figur 1. Skogsvårdslagstiftningens virkesförrådsdiagram. På y-axeln anges volymen i m³sk/ha och x-axeln visar den grundytavägd medelhöjden i meter. Den streckade linjen 5§ första stycket 1 visar den nivå då, om den understigs, föryngringsskyldighet inträffar och den hela linjen visar 10§ som anger den lägsta volymen som främjar utvecklingen av skogen i skogsvårdslagen (SKFS 2011:7). Bild tagen ur Skogsvårdslagstiftningen (2022).

Hyggesfritt skogsbruk inbegriper ett antal olika skötselmetoder som hanterar flerskiktad skog (Appelqvist et al. 2021). Kontinuitetsskogsbruk, blädning, plockhuggning, naturnära skogsbruk, selektiv avverkning, skärmskogsbruk och luckhuggning är några begrepp som faller under termen hyggesfritt skogsbruk (Hannerz et al. 2017).

Hannerz et al. (2017) skriver att skogsskötseln kan delas upp i tre olika nivåer: Åtgärder, metoder och system. Trakthyggesbruk och blädningsbruk är de två system som har definierats inom svenskt skogsbruk, medan skärmställning med föryngring har definierats som metoder.

Denna studie kommer att definiera skärmställning och blädningsbruk som två olika metoder inom ett hyggesfritt skogsbrukssystem, då skötselsimuleringarna kommer att göras med en 100 årig planeringshorisont.

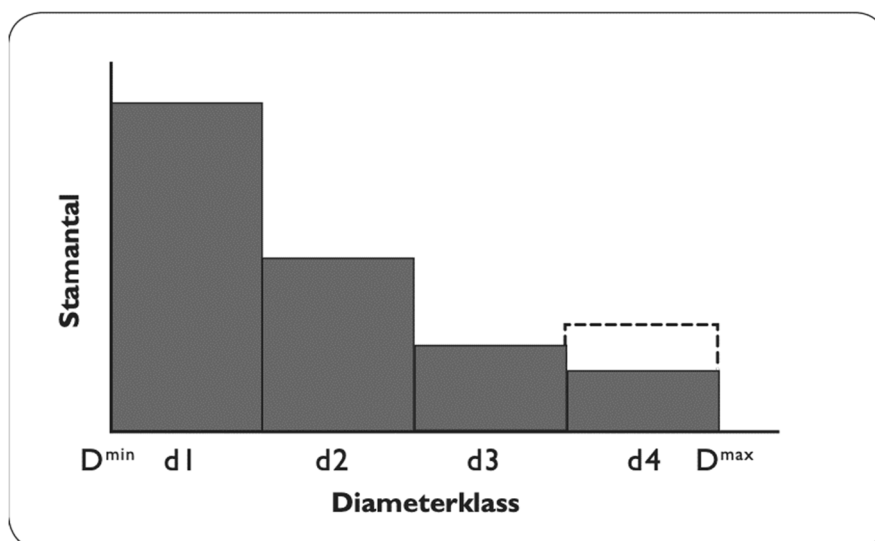
1.2 Blädning

För att ett bestånd skall brukas genom blädning är det önskvärt att beståndet är flerskiktat med träd i alla åldrar och storlekar. Det går att bedriva ett blädningsbruk även om skogen är enskiktad, men tiden att ställa om till en flerskiktad skog är lång.

De trädslag som vanligtvis passar för blädning är sekundärträdslag som tex. Gran. Genom att gallra ut de grövsta träden skapas möjligheter för inväxning av undertryckta träd samt inväxning av nya träd. På så sätt kan ett kontinuerligt uttag göras utan att skapa stora luckor i beståndet (Lundqvist et al. 2014a).

Enligt Lundqvist et al. (2014a) är det önskvärt att beståndet är äldre gallringsskog alternativt slutavverkningsmogen. Beståndet bör vara grandominerat med minst 70 % gran, ett virkesförråd på minst 150 m³sk per hektar samt att det finns träd i varje diameterklass.

Figur 2 visar hur stamantalet är fördelat över olika diameterklasser i en blädningsskog (Lundqvist et al. 2014a). Genom ett högre stamantal i de klenare diameterklasserna säkerställs möjligheterna till ett långsiktigt uttag av virke (Ibid).



Figur 2. Stamantal i olika diameterklasser.

1.3 Skärmställning

Skärmställning är en av de metoder som klassas som hyggesfritt. Skärmställning används efter förnygringsavverkning för att lämna kvar ett trädskikt som skyddar plantor mot frost, konkurrens från frodig hyggesvegetation samt att lämna kvar fullvuxna träd som skall generera frön till nästa generation (Karlsson et al. 2017). Genom att lämna kvar 150–300 stammar per hektar vid avverkning minskar den sammanhängande ytan av kalhygget.

Till skillnad från trakthyggesbruk där markberedning ofta används efter avverkning för att skapa goda planteringspunkter behöver inte markberedning användas vid skärmställning (Andersson et al. 2020).

Skillnaden mellan skärmställning och fröträdsställning är intentionen av skogsägaren och antalet stammar som lämnas kvar (Karlsson et al. 2017). Eftersom gran har ytliga rotsystem är de inte speciellt stormfasta och risken för att de ska blåsa ner ökar kraftigt efter avverkning. Tall har ett djupare rotsystem vilket gör den mer stormfast och kan på så sätt lämnas mer glest i ett bestånd med en mindre risk för stormfällan (Skogsstyrelsen 2022).

När den nya föryngringen har säkerställts kan skärmen därefter glesas ut för att i ett senare skede avvecklas helt (Appelkvist et al. 2021).

1.4 Trakthyggesbruk

Trakthyggesbruk är det vanligaste skogsskötselsystemet i Sverige. Trakthyggesbrukets rotationcykel innehåller vanligen dessa åtgärder; markberedning, plantering, röjning, en eller två gallringar och slutligen föryngringsavverkning (Albrektson et al. 2012).

Föryngring: Beroende på markvegetation samt jordmån föryngras det nya beståndet med hjälp av antingen naturlig föryngring från kvarstående fröträd eller med förädlat material i form av sådd med frön eller plantering med föryngringsplantor. Ofta utförs en markberedning för att underlätta etablering av plantor och frön. (Hallsby 2013; Karlsson et al. 2017).

Röjning: För att glesa ut beståndet och skapa bra förutsättningar för kvarvarande stammar att växa bättre. Lämpligt att utföra då träden är mellan 2–5 m höga (Pettersson et al. 2012)

Gallring: Gallring är en åtgärd för att glesa ut bestånd och lämna kvar de stammar med bäst förutsättningar för god virkeskvalitet. Effekten av att gallra gör även att kvarvarande träd ökar sin stamdiameter och blir mer motståndskraftiga mot vindskador och snöbrott förutsatt att åtgärden genomförs i rätt tid. Gallring är även den första åtgärden som kan generera ett positivt netto då markägaren får betalt för virket (Agestam 2015).

Föryngringsavverkning: Ålder vid föryngringsavverkning varierar beroende på plats i landet, bonitet samt skogsägarnas mål. Vanligtvis lämnas det även kvar några naturvärdesträd och små hänsynsytor för att gynna djur och växtliv. Medelålder vid slutavverkning varierar normalt mellan 45–100 år för barrdominerade bestånd, beroende av bördigheten på marken (Lundqvist et al. 2014b).

1.5 Virkesproduktion, inväxning och ekonomi

Den teknik som finns tillgänglig inom skogsbruket i Sverige är anpassad för en enskiktad skog med trakthyggesbruk. Enligt Skogforsk blev drivningskostnaden 28 % högre per avverkad volym samt dieselkostnaden 21 % högre i en flerskiktad olikåldrad skog brukat med bländningsbruk än en enskiktad likåldrig skog brukat med trakthyggesbruk (Jonsson 2015). Hannerz et al. (2017) menar att tekniken kommer att behöva anpassa sig för ett hyggesfritt skogsbruk, både vad gäller maskinerna och arbetsmetoder.

Möjlighet till ett jämnare virkesflöde kan uppnås med hyggesfritt jämfört med ett trakthyggesbruk, där det hyggesfria skogsbruket tillåter skogsägaren att kontinuerligt ta ut virke utan att hamna under skogsvårdslagens gräns där mer än hälften av en brukningsenhet på >50 hektar inte får vara kalmark eller skog under 20 år (Appelqvist et al. 2021).

Grundytetillväxten enligt en finsk studie på en granskog, var för flerskiktad skog cirka 20 % lägre än enskiktad skog (Hynynen et al. 2019). Däremot är inväxningen högre i flerskiktad skog (Laiho et al. 2011) men på lång sikt blir inväxningen lägre (Hannerz et al. 2017).

1.6 Problembeskrivning

Skogsbruket som bedrivs idag ifrågasätts av flera olika aktörer bland annat icke-ägande aktörer och politiker (Espmark 2017). Ett ökat tryck från samhällets önskan på bevarande och gynnande av biodiversitet stärker argumentet för ett hyggesfritt skogsbruk (Hertog et al 2022).

Andelen äldre skog har under de senaste 200 åren minskat (Hardelin 1998) och för att motverka detta samt öka lövandelen i skogarna tillkom möjligheten att certifiera sin skog. Detta innebär att skogsbolag betalar ut virkespremier till certifierade skogsägare som bevarar samt gynnar arter och klimatet. Detta har lett till att många skogsägare är idag certifierade, framför allt i södra Sverige (Sennerdal 2019).

Denna studie använder indata från två fastigheter där skogsbruket i framtiden ska klara FSC:s krav på certifiering.

Certifieringskraven innebär att minst fem procent av den produktiva skogsarealen avsätts för fri utveckling eller med en skötsel som innefattar mål för att bibehålla och främja biologisk mångfald. Ett nytt certifieringskrav som tillkom är att identifiera ytterligare minst fem procent av den produktiva skogsarealen för anpassad skötsel alternativt avsättning. Detta för att uppnå ett minimikrav på totalt 10 % av skogsarealen som i huvudsak ska främja biologisk mångfald på lång sikt (FSC 2020).

Skogsindustrin och skogsägare kan komma att påverkas av politiska initiativ och regler om vad som är lämpligt skogsbruk både ur ett ekonomiskt och ekologiskt perspektiv. Enligt en kvalitativ studie ser skogsägare ofta skogen som en inkomstkälla med målet att skogsbruket ska vara lönsamt (Berglund & Nilsson 2012). Ett möjligt problem med begreppet hyggesfritt är att det finns en osäkerhet hos många om vad det innebär att bruka skogen hyggesfritt eftersom få studier har gjorts gällande ämnet. Likväl har fler studier gjorts inom ämnet i grannlandet Finland där resultat gällande bländningsbruk på granskog visar att lönsamheten kan vara högre än trakthyggesbruk för lägre boniteter (Parkatti et al. 2019).

Det är därav av stor vikt och intresse för både samhälle, skogsägare och industri att ta reda på vilket av skötselssystemen hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk som är mest lönsamt och hur valet av metod påverkar virkesproduktionen.

1.7 Syfte och avgränsningar

Syftet med denna studie är att analysera ekonomiska samt produktionsmässiga konsekvenser för ett hyggesfritt skogsbruk jämfört med ett trakthyggesbruk på två fastigheter med hjälp av det skogliga beslutsstödsystemet Heureka PlanWise (SLU 2019).

Målet är att se hur det totala nuvärdet för en skogsfastighet skiljer sig mellan de två skogsbruksmetoderna och fastigheterna med olika medelboniteter samt att se vilka skillnader i virkesproduktion metoden resulterar i. Produktionen avsåg enbart den löpande bruttotillväxten samt utfall på andelen sågtimmer och massaved.

Inverkan av skogsbrukssätten för andra ekosystemtjänster som biologisk mångfald och rekreation behandlades inte i denna studie.

Studien avgränsas med bländningsbruk i grandominerade bestånd och skärmställning i talldominerade områden. Dominerande trädslag avser det trädslag som täcker största andelen av virkesförrådet.

2. Teori

2.1 Ekonomiska analyser

För att utvärdera ekonomi kan olika indikatorer användas. I denna studie har nuvärdeanalyser (NPV) använts. En analys av NPV, utfördes med hjälp av beslutsstödsystemet Heureka PlanWise (SLU 2019).

Nuvärdet är summan av den diskonterade nettoavkastningen, för en oändlig tidshorisont, och den reala diskonteringsräntan. PlanWise beräknar nuvärdet olika beroende på om beståndet avser enskiktad skog som brukas med trakthyggesbruk eller flerskiktad skog som brukas med hyggesfritt skogsbruk. För skötsel enligt trakthyggesbruk, tar PlanWise den tredje rotationen och approximerar en oändlig tidshorisont genom att anta att den tredje rotationen upprepas för evigt, se ekvation (i). För det hyggesfria bruket tar PlanWise den senaste avverkningen och antar att den ska upprepas i oändlighet, med ett intervall vilket är densamma som den tiden mellan de två senaste projekterade avverkningarna (Sängstuvall 2022), se ekvation (iii).

$$NPV_{evenaged} = \sum_{t=0}^S \delta_t R_t + \delta_S \cdot SEV \quad (i)$$

$$\delta_t = (1 + r)^{-t} \quad (ii)$$

Där S är året för slutavverkningen som föregående rotationen simulerade och $t=0$ är början av planeringshorisonten. R_t är nettoavkastningen för år t . δ_t är diskonteringsfaktorn för år t och r är den reala diskonteringsräntan och δ_S är diskonteringsfaktorn för slutavverkningsåret S . SEV är s.k. Soil Expectation Value som är barmarksvärdet. Barmarksvärdet är nuvärdet för en oändlig tidshorisont om utgångsläget är barmark.

Nuvärdet för blädningsbruk, även kallad NPV_{CCF} där CCF står för Continuous Cover Forestry som PlanWise kallar blädning beräknas enligt ekvation (iii).

$$NPV_{CCF} = \sum_{t=0}^{U-1} \delta_t R_t + \delta_U \cdot MFV \quad (iii)$$

Där U är den senaste avverkningsperioden och MFV är s.k. Managed Forest Value som är jämförbart med SEV men kalkyleras på ett sådant sätt att den tar en rad identiska avverkningar vart n :te år (Sängstuvall 2022).

Diskonteringsräntan, även kallad kalkylränta vid kalkyler och investeringsbedömningar, diskonterar framtida kostnader och intäkter till planeringshorisontens början för att kunna jämföra olika investeringar och visar värdet på lånade pengar (Ekvall et al. 2009). En hög kalkylränta medför ett intensivare skogsbruk där intäkter i närtid värderas högre och en låg ränta medför längre omloppstider och möjligheten att bygga upp kapital (Ekö et al., 2006).

En känslighetsanalys är en undersökning på en modell för att se stabiliteten i resultaten genom att förändra en variabel i taget för att se vad skillnaden blir i modellens utdata (Kindbom et al. 2017).

I denna studie gjordes en känslighetsanalys genom att enbart justera kalkylräntan för att se hur det totala nuvärdet förändrades för de två skogsfastigheterna som undersöktes.

2.2 Virkesproduktion

Den löpande tillväxten är tillväxt i virkesförrådet uttryckt som m^3sk/ha . Heureka skriver fram skogens trädskikt fem år i taget.

Tillväxten beräknas före avverkningen och i bruttotillväxten inkluderas mortalitet och nettotillväxten enbart för de träd som har överlevt. Ekvationen som PlanWise använder för nettotillväxten, se ekvation (iv), samt bruttotillväxten, se ekvation (v).

$$G_{t+a} = \frac{V_{t+a} - V_a + H_t}{a} \quad (iv)$$

Där G_{t+a} är den årliga nettoökningen i volym från tidpunkt t till tidpunkt $t+a$ där a är antal år. H_t är volymen i m^3sk som har skördats vid tidpunkt t . V_{t+a} är volymen i m^3sk vid tidpunkt $t+a$ och V_a är volymen i m^3sk vid tidpunkt a .

$$G_{t+a} = \frac{V_{t+a} - V_a + H_t + M_t}{a} \quad (v)$$

Där är skillnaden att det adderas en mortalitet M_t i volym m^3 sk. (Eggers, J 2021)

2.3 Litteraturstudie

Litteraturen som använts i detta arbete är vetenskapligt granskade artiklar, studentarbeten, forskningsavhandlingar, rapporter samt Heureka PlanWise (SLU 2019) wikhemsida. Den litteratur som används har samlats in med hjälp av databaserna Primo och Google Scholar samt Skogsstyrelsens hemsida.

3. Material och Metod

3.1 Indata

Det skogliga data som låg till grund för denna studie beskriver två av SLU:s egna fastigheter. Dessa var Dundret i Gällivare kommun samt Krusenberg i Uppsala kommun, se tabell 1 för hela fastigheternas indata.

Trädslagsblandningen skiljde sig något mellan fastigheterna, emellertid ansågs den ursprungliga andelen tall och gran vara tillräckligt lika för en analys och skillnaden således obetydlig, se figur 3 och 4. Åldersklasserna fördelat på volym skiljde sig även mellan fastigheterna, där Dundret hade en åldersklassfördelning förskjutet mot en äldre skog jämfört med Krusenberg som hade en yngre skog som utgångsläge (bilaga 4).

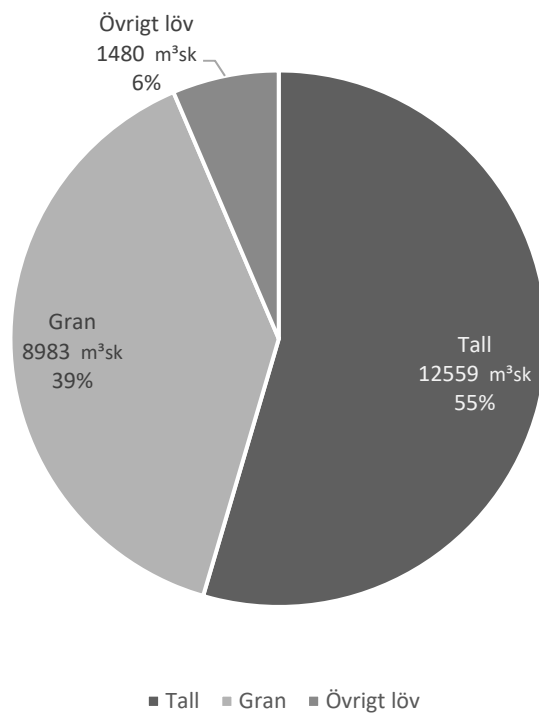
För denna studie var det önskvärt med en trädslagsfördelning på 50 % tall och 50 % gran för att kunna ha en jämn andel blädning för gran och skärmställning för tall. Detta var viktigt för analysen, då liknande förutsättningar söktes för att jämföra ekonomin samt virkesproduktionen för blädning och skärmställning mot trakthyggesbruk.

Fastigheterna indata var ett register med målklasser, areal, grundyta, grundytavägda diametern, trädslagsdominans, grundytavägda höjden, medelålder och volym. I bilaga 1 presenteras varje bestånds indata.

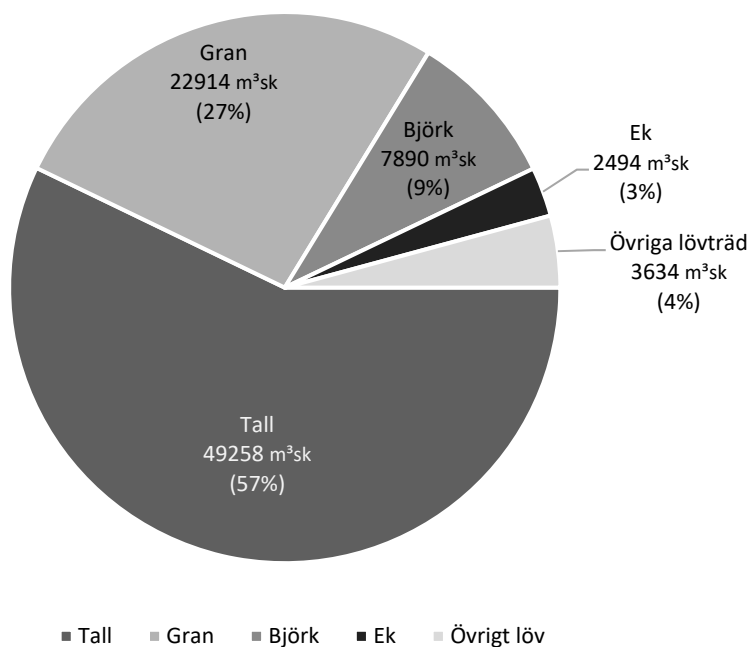
I Sverige är trädslagsblandningen 42 % tall, 39 % gran, 1 % björk och 8 % övriga lövträd (Svenskt Trä 2015), och medelboniteten som var beräknat mellan åren 2016 till 2021 är 5,5 m³sk/ha och år (SLU 2021).

Tabell 1. Indata för hela fastigheterna Dundret och Krusenberg.

	Dundret	Krusenberg
Antal bestånd	32	106
Totala area (ha)	319	571
Medelvolym (m ³ sk/ha)	72	151
Medelålder (år)	103	63
Medelbonitet (m ³ sk/ha)	2,3	5,8



Figur 3. Trädslagsfördelningen i andel kubik (m³sk) samt procent (%) av det totala innehavet för fastigheten Dundret i Gällivare kommun. Trädslagsblandningen består av tall, gran samt övrigt löv.



Figur 4. Trädslagsfördelningen i andel kubik (m³sk) samt procent (%) av det totala innehavet för fastigheten Krusenberget i Uppsala kommun. Trädslagsblandningen består av tall, gran, björk, ek och övriga lövträd.

I detta arbete användes kostnadsuppgifter för skogsvård och drivning från Skogforsk (Eliasson 2022). Kostnadsuppgifterna lades in i PlanWise enligt tabell 2.

Drivningskostnaderna är beräknade utifrån en studie från Skogforsk, där tidsåtgång och kostnad för skotaren Komatsu 895 och skördaren Komatsu 941 användes (Jonsson et al. 2016).

En G-15 timme för skogsmaskiner definieras som en timme som innehåller avbrott som är kortare än 15 minuter (Olovsson 2014).

Tabell 2: Kostnad i SEK per G15-timme från Skogforsk rapport om kostnader och intäkter inom skogsbruket 2021 (Eliasson 2022).

Skogsvård	SEK per G15-timme	
Plantering	5269	
Markberedning	2247	
Sådd	5045	
Gödsling	2349	
Röjning	2780	
Drivningskostnader	Skördare	Skotare
Gallring	1140	860
Avverkning	1140	860

3.2 Heureka PlanWise Version 2.20.0.0

För att kunna analysera de långsiktiga ekonomiska och produktionsmässiga konsekvenserna för trakthyggesbruk kontra hyggesfritt skogsbruk så användes det skogliga beslutsstödsystemet Heurekas PlanWise. Systemet PlanWise väljer den bästa lösningen (normalt högsta nuvärde) baserat på användarens målformulering och restriktioner som exempelvis FSC krav genom att analysera ett stort antal möjliga skogsskötselalternativ som Heureka PlanWise (SLU 2019) simulerar för varje bestånd (Eggers & Öhman 2020).

I PlanWise skapas s.k. domäner där skogsbestånd grupperas. Domäner består av en eller flera bestånd som kopplas till kontrollkategorier som styr skogsskötseln. Användaren kan välja antal perioder som analysen ska genomföras och där varje period består av fem år (Eggers & Öhman 2020) samt vad kalkylräntan ska vara. I denna studie valdes 20 perioder, planeringshorisonten blev således 100 år och en kalkylränta valdes på 1,5 %, 3,0 % och 4,5 % för känslighetsanalysen.

3.3 Tillvägagångssätt

Valet av dessa två fastigheter baserades på att de skulle innehålla liknande trädslagsblandning men olika medelboniteter. Första valet var en fastighet i Gällivare kommun, och den andra fastigheten var en i Uppsala kommun, med breddgraden 67° respektive 59°.

Skogliga data för fastigheterna importerades och två uppsättningar av skötselmallar definierades för respektive fastighet, en för trakthyggesbruk och en för hyggesfritt skogsbruk. I varje skötselmall skapades skogsdomäner, vilket innehöll ett eller flera bestånd baserat på olika villkor. De villkor som definierades för domänerna i skötselmallen 'Hyggesfritt skogsbruk' var att de bestånd där trädslagen tall eller gran stod för den största andelen av virkesförrådet, det vill säga mer än 50 %, hamnade i skogsdomänen 'Talldominerat' respektive 'Grandominerat'.

Utöver dessa skogsdomäner skapades två till, som innehöll de bestånd med målklasserna Naturvård, orörd (NO) och Naturvård med skötsel (NS). Detta för att möjliggöra simulering med FSC-certifieringens regler. Då fastigheten Dundret inte uppnådde minimikravet på 5 % + 5 %, valdes ett granbestånd som var tillräckligt stort och hade en medelålder på 120 år för att komma upp till de övriga 5 %. Anledningen till att välja ett granbestånd var för att det kan ses som 5 % alternativ skötsel, i detta fall blädning. För skötselmallen trakthyggesbruk skapades skogsdomänerna 'Övrigt', 'NO' och NS. Alla bestånd som inte hade målklassen 'NO' eller 'NS' hamnade under domänen 'Övrigt'. Se bilaga 2 med domämfördelning för varje skötselmall och fastighet.

För att styra skötseln skapades fem olika kontrollkategorier. Dessa var 'Trakthyggesbruk', 'Blädningsbruk', 'Skärmställning', 'Orört' och 'Naturskötsel'. Domänen 'Other' tilldelades kontrollkategorin 'Trakthyggesbruk', 'Grandominerat' tilldelades 'Blädningsbruk' och 'Talldominerat' tilldelades 'Skärmställning'. Domänerna 'NO' och 'NS' blev tilldelade kontrollkategorierna 'Orört' respektive 'Naturskötsel', se tabell 3.

Tabell 3. Beskrivning av vilken kontrollkategori varje domän blev tilldelad.

Domän	Kontrollkategori	Beskrivning
Grandominerat	Blädningsbruk	Skogsskötselmetoden blädning
Talldominerat	Skärmställning	Skogsskötselmetoden skärmställning
Övrigt	Trakthyggesbruk	Kontroll med skötselmetoden trakthyggesbruk
Naturvård, orörd (NO)	Orört	Helt orörd skog
Naturvård med skötsel (NS)	Naturskötsel	Sköts med CCF med ett fokus på att gynna lövträd

Kontrollkategorierna 'Trakthyggesbruk' och 'Blädningsbruk' följde standardinställningarna för de parametrar som styr simulering av skogsskötseln i Heureka PlanWise (SLU 2019), det vill säga inga anpassningar gjordes.

För att simulera blädning i PlanWise var det enda kravet att beståndet var grandominerat, det vill säga minst 50 % av virkesförrådet.

För att simulera skärmställning var enda kravet att beståndet var talldominerat. Inställningarna för kontrollkategorin 'Skärmställning' justerades så att föryngringen skedde med genom plantering med förädlat material vilket medförde att tillväxten fick liknande förutsättningar som trakthyggesbruket då det hyggesfria skogsbruket var produktionsinriktat. Røjningen justerades så att tall gynnades. Tidpunkt för avvecklingen av tallskärmen skiljde sig i antal år mellan de två fastigheterna, där 20 år för Dundret och 10 år för Krusenberg. Eftersom boniteten skiljde sig åt mellan fastigheterna fanns det även en skillnad i hur lång tidsramen det tar till ungsbogen har nått en 2,5 meters höjd vilket var kravet för att skärmen kan börja avvecklas.

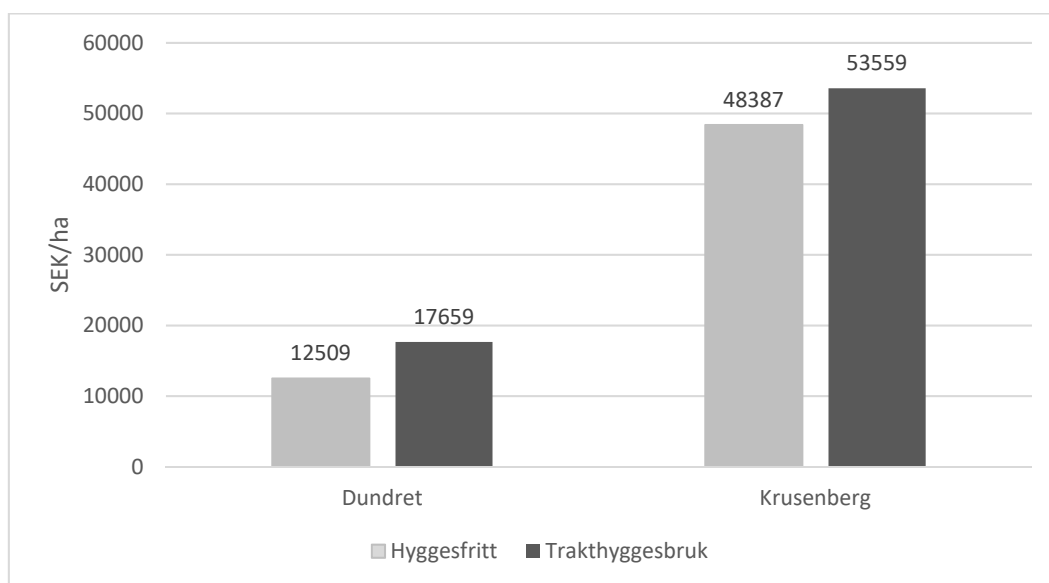
NS-skötseln följde en modifierad version av den förprogrammerade kontrolltabellen 'Continuous Cover Forestry' (CCF), där ett fokus på att gynna lövskog i gallringarna simulerades.

För varje skötselmall genererades ett antal skötselscheman, med en följd av åtgärder för en hel planeringshorisont på 100 år (20 perioder). I detta steg valdes kalkylräntan, då en känslighetsanalys utfördes genererades tre simuleringar per skötselmall, alltså totalt sex olika simuleringar där kalkylräntan varierade mellan 1,5, 3,0 och 4,5 procent, där 3,0 % var ett referensvärde.

Efter att de totalt sex olika simuleringsresultaten för de olika kalkylräntorna och skogsbruksmetod hade skapats så optimerades det maximala NPV, samtidigt som restriktioner angavs så att skogsvårdslagen och FSC-kraven följdes. Resultaten som producerades av optimeringen analyserades i Excel och redovisas i resultatet.

4. Resultat

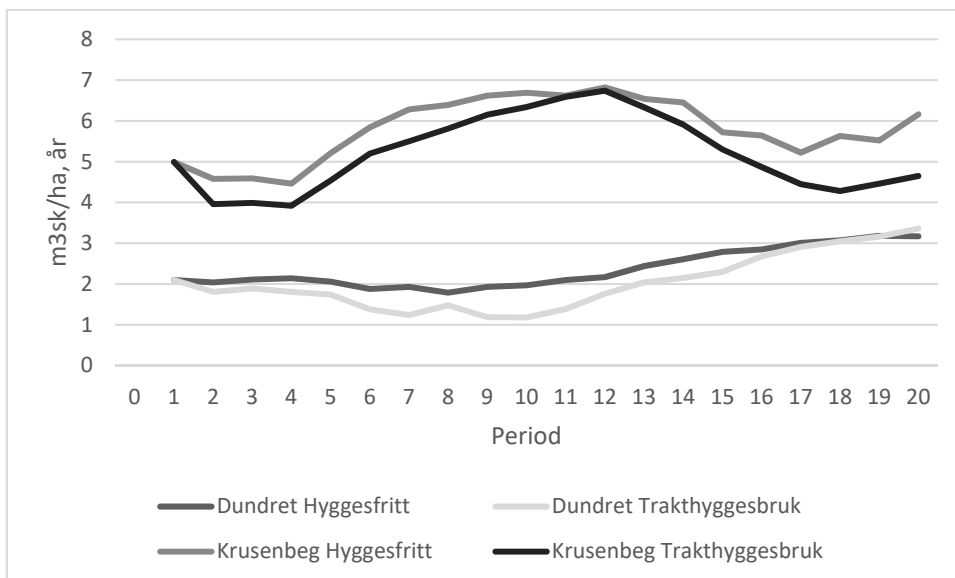
Det totala nuvärdet med 3,0 % ränta var högre för trakthyggesbruk jämfört med hyggesfritt, 41,2 % och 10,7 % för fastigheterna Dundret respektive Krusenberg se figur 5.



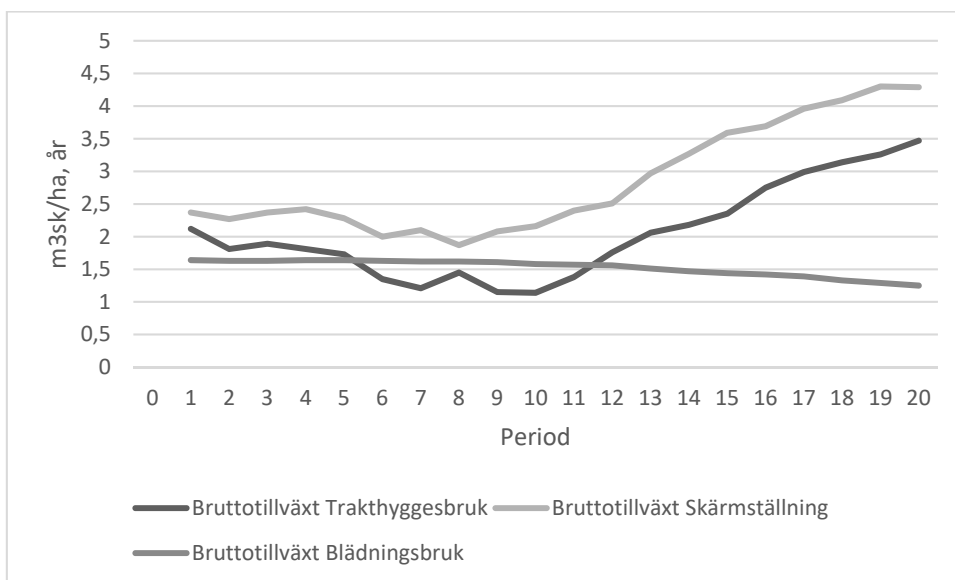
Figur 5. Nuvärdet per hektar i SEK för de två fastigheterna Dundret samt Krusenberg för de två olika skogsbruksmetoderna med en ränta på 3,0 %.

Den löpande bruttotillväxten skiljde sig mellan de två olika skogsbruksmetoderna. För hyggesfritt skogsbruk var tillväxten högre i snitt, under den hela planeringshorisonten på 100 år, se figur 6.

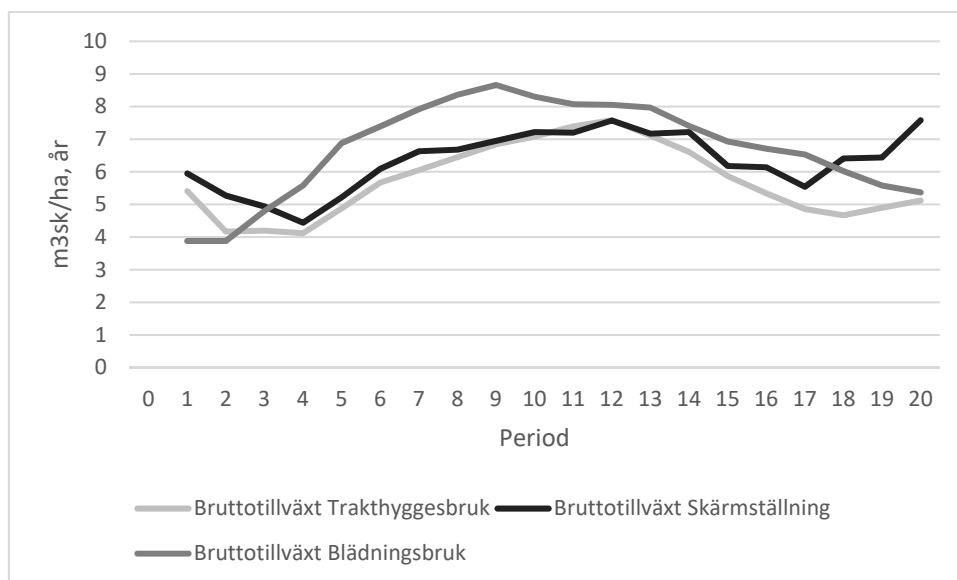
Skillnaden mellan skogsskötselsystemens olika bruttotillväxt visade sig att skärmställningen hade ett högre snitt genom hela planeringshorisonten för fastigheten Dundret, se figur 7. För Krusenberg hade blädningsbruk ett högre snitt på den löpande bruttotillväxten under hela planeringshorisonten, se figur 8.



Figur 6. Löpande bruttotillväxten per 5-årsperiod, skogsbruksmetod och fastighet i m³sk/ha, år.



Figur 7. Bruttotillväxt per 5-årsperiod för trakthyggesbruk jämfört med bläddad granskog och skärmställd tall för fastigheten Dundret, m³sk/ha, år.



Figur 8. Bruttotillväxt per 5-årsperiod för trakthyggesbruk jämfört med blädad granskog och skärmställd tall för fastigheten Krusenberg, m³sk/ha, år.

Avverkningsvolymerna för massaved och timmerved var generellt jämnare för Krusenberg än Dundret oavsett skogsbruksmetod, se bilaga 3.

Den totala mängd massavedsvolym och timmervolym var högre med 421 m³fub respektive 2155 m³fub för Dundret med ett hyggesfritt skogsbruk. Krusenberg hade en högre massavedsandel för trakthygget med 3041 m³fub, dock en lägre timmervolym jämfört med hyggesfritt skogsbruk med 610 m³fub, se tabell 4. Det var generellt en högre timmervedsandel i hyggesfritt skogsbruk än trakthyggesbruk. Det var även en högre volym avverkad skog i hyggesfritt jämfört mot trakthyggesbruk för Dundret, emellertid tvärtom för Krusenberg se bilaga 3 för sortimentfördelningen över hela planeringshorisonten.

Tabell 4: Total avverkad massaveds- och timmervolymen i m³fub och andel i % för båda fastigheterna samt skogsbruksmetod under planeringshorisonten.

	Totala massavedsvolym (m ³ fub)	Totala Timmervolym (m ³ fub)	Andel massa (%)	Andel Timmer (%)
Dundret Trakthygge	14 403	20 960	41 %	59 %
Dundret Hyggesfritt	14 824	23 115	39 %	61 %
Krusenberg Trakthygge	97 896	126 496	44 %	56 %

Krusenberg	94 855	127 104	43 %	57 %
Hyggesfritt				

Avverkningsprofilen skiljde sig mellan skogsbrukssystemen för fastigheterna. För Dundret var det högsta uttaget i period fem, 7438 m³sk för trakthyggesbruk och 2774 m³sk för hyggesfritt, och Krusenberg hade i period ett, 36 832 m³sk och 22 658 m³sk för trakthyggesbruk respektive hyggesfritt skogsbruk. Se bilaga 4.

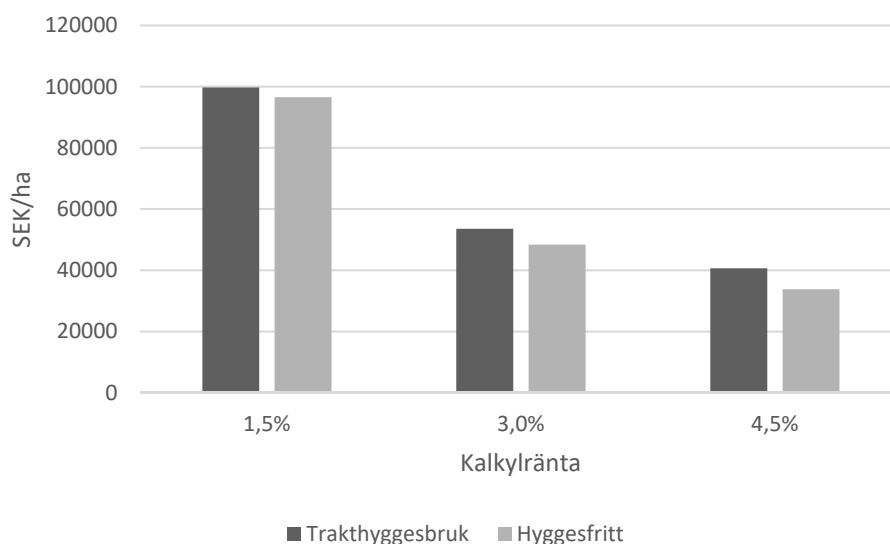
4.1 Känslighetsanalys

Oavsett skogsskötselsystem gav en lägre ränta ett högre nuvärde för båda fastigheterna. Känslighetsanalysen visade att den största skillnaden i lönsamheten låg hos fastigheten Dundret. Där var det störst skillnad mellan skötselsystemen. I alla simuleringar blev skillnaden i nuvärdet störst med högre ränta, se tabell 5.

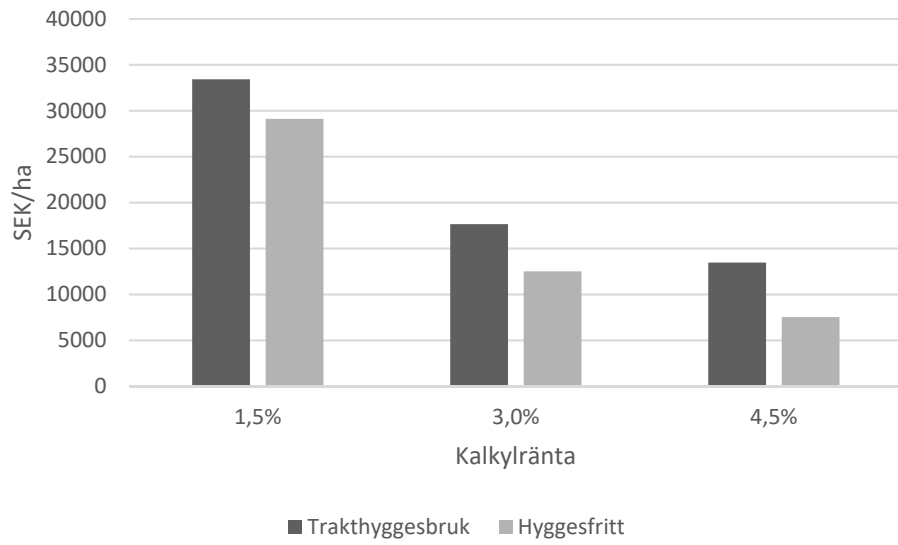
Det var ingen simulering som visade en högre lönsamhet än trakthyggesbruk då nuvärdet per hektar alltid var högre för alla kalkylräntor jämfört mot hyggesfritt skogsbruk, se figur 9 och 10.

Tabell 5: Skillnaden i nuvärdet för kalkylräntorna 1,5 % och 4,5 % från referensvärdet som var trakthyggesbruk med kalkylräntan 3,0 %. Skillnaden presenterar nuvärdet för trakthyggesbrukets lönsamhet mot hyggesfritt för respektive fastighet.

Fastighet:	Kalkylränta 1,5 %	Kalkylränta 4,5 %
Krusenberg	3,3 %	20,3 %
Dundret	14,8 %	78,8 %



Figur 9. De olika totala nuvärdena i SEK per hektar med kalkylräntorna 1,5 %, 3,0 % och 4,5 % för fastigheten Krusenberg i Uppsala kommun med Trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk.



Figur 10. De olika totala nuvärdena i SEK per hektar med kalkylräntorna 1,5 %, 3,0 % och 4,5 % för fastigheten Dundret i Gällivare kommun med Trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk.

5. Diskussion

Eftersom trakthyggesbruket under en längre tid har varit implementerat i det svenska skogsbruket så bygger modellerna i Heureka's PlanWise på data från trakthyggeskogar. Vilket kan medföra att denna studie blev något missvisande. Ju närmare skötselmetoden liknar trakthyggesbruk, desto mer tillförlitligt bör PlanWise vara. Med det sagt så klarar PlanWise att simulera hyggesfria metoder, men resultatet kan eventuellt innehålla en högre grad osäkerhet.

Det är önskvärt att en blädningsskog består av minst 70 % gran enligt Lundqvist et al. (2014a), dock visade det sig att inget bestånd innehöll denna omfattning av gran. Att dela upp bestånden i domänerna gran- eller talldominerat med kravet att virkesförrådet skulle vara på 50 % eller mer var en förenkling. Vilket medförde att vid minsta mängd av dominans, även om det normalt skulle betraktats som ett blandbestånd, blev beståndet tilldelat en av de två skötselmetoderna. Ett annat tillvägagångssätt hade varit att sköta blandade bestånd med en tredje hyggesfri skötselmetod.

De bestånd som föll under domänen 'Grandominerat' hade inte ett utgångsläge som beskrivet av Lundqvist et al. 2014a där beståndet ska vara av äldre gallringsskog alternativt slutavverkningsmogen skog och att beståndet består av 70 % gran med ett virkesförråd på minst 150 m³sk per hektar. Att granskogarna såg annorlunda ut i vår studie påverkar resultatet och en omställning till en blädningsskog tar lång tid, därav är en analys på 100 år relativt kort. En spekulation är att om granbestånden skulle tillåtas ställas om helt till en blädningsskog hade det eventuellt bidragit till en mindre klyfta gällande nuvärdet mellan skötselsystemen och eventuellt ökat tillväxten för Dundrets granbestånd.

Den löpande bruttotillväxten skiljde sig, där trakthyggesbruket hamnade i de flesta fall, under någon av de två olika hyggesfria skötselmetoderna blädningsbruk eller skärmställning. Anledningen till detta kan vara att åldersklassfördelningen mellan fastigheterna skiljde sig, se bilaga 4. Krusenbergs hade en yngre skog, vilket kan ha orsakat en högre bruttotillväxt för blädningsbruk.

Anledningen till att skärmställning hade en högre bruttotillväxt än trakthyggesbruk kan bero på att den kvarlämnade skärmen fortsätter att växa samtidigt som plantering med förädlat material utfördes. Skälet till att plantering med förädlat material utfördes i simuleringen för skärmställning var för att kompensera den förlust i tillväxten som vi trodde skärmställningen skulle ha

jämfört mot ett trakthyggesbruk. Detta visade sig vara en underskattning på hur en skog med skärmställning växer, då bruttotillväxten var över trakthyggesbruket för båda fastigheterna. Ett annat intressant resultat var att andelen massaved, timmerved och totala avverkningsvolymen inte skiljde sig markant mellan skötselsystemen. Således kan en skogsfastighet producera liknande volymer av sortiment under en hel planeringshorisont på 100 år, oavsett vilket av skötselsystemen som utövas.

Den största skillnaden på nuvärdet såg vi för fastigheten Dundret, där skogsfastigheten som sköttes med trakthyggesbruk genererade ett nuvärde som var 41,2 % högre än det nuvärde som hyggesfritt skogsbruk genererade. Detta kan bero på åldersklassfördelningen som Dundret hade enligt bilaga 4. Då skogen var äldre i Dundret jämfört med Krusenberget, medförde att det fanns större andel avverkningsmogen skog tillgängligt. Detta är förenligt med den avverkningsprofil för respektive skötselsystem och fastighet. Här visade det att trakthyggesbruket, jämfört mot hyggesfritt skogsbruk, för fastigheten Dundret avverkade en procentuellt större andel skog jämfört mot Krusenberget med respektive skötselsystem. Därför är skillnaden i nuvärdet tydligare för Dundret.

Som tidigare nämnt utfördes plantering med förädlat material i skärmställning, hade detta inte simulerats kan resultatet ha visat en lägre skillnad för nuvärdet mellan skötselsystemen.

Den finska studien som gjordes av Parkatti et al. (2019) visade att nuvärdet kan vara högre för blädning bruk på lågproduktiv granskog jämfört mot ett trakthyggesbruk på samma mark. Vår studie är emellertid inte direkt jämförbar med Parkattis eftersom vi analyserade skillnaden i nuvärdet mellan skötselsystemen trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk. Parkatti jämförde enbart blädning och trakthyggesbruk medan vi jämförde de hyggesfria alternativen blädning bruk och skärmställning mot trakthyggesbruk.

Kalkylräntans inverkan på nuvärdet, mellan skötselsystemen, visade att den största inverkan var för fastigheten Dundret. Där skiljde sig nuvärdet för trakthyggesbruket jämfört mot hyggesfritt skogsbruk som mest över de olika kalkylräntorna. Omloppstiden blir längre vid lägre kalkylräntor och det förklarar varför trakthyggesbruk, som har ett färre antal skötselinsgrepp i varje bestånd med en kalkylränta 1,5 %, fick ett högre nuvärde.

Wikströms studie analyserade lönsamheten och produktionen för blädning jämfört med trakthyggesbruk och i den studien drogs slutsatsen att vid lägre räntor blev skillnaden på nuvärdet lägre mellan blädning bruk och trakthyggesbruk (Wikström 2008). Detta stämmer överens med vår studie.

Sammanfattningsvis, i vår studie genererade trakthyggesbruk ett högre nuvärde för båda fastigheterna och att bruttotillväxten var högre för hyggesfritt skogsbruk. Dessutom att vid högre kalkylräntor blev skillnaden i nuvärdet större jämfört med lägre räntor för båda skötselsystemen.

6. Slutsats

Syftet med denna studie var att analysera de ekonomiska och produktionsmässiga konsekvenserna mellan Trakthyggesbruk och Hyggesfritt. Eftersom samlingsnamnet 'Hyggesfritt skogsbruk' är brett var denna studie avgränsad till de hyggesfria metoderna blädning och skärmställning. Målet var att se om det totala nuvärdet för en skogsfastighet skiljer sig mellan de två skogsbruksmetoderna och fastigheterna med olika medelboniteter samt att se vilka skillnader i virkesproduktion metoden resulterar i.

De slutsatser som kunde dras i denna studie var att trakthyggesbruk genererade ett högre nuvärde oavsett kalkylränta, vid en lägre kalkylränta blir det en mindre skillnad och vid en högre kalkylränta en större skillnad. Dundret visade en större skillnad i nuvärde mellan skötselsystemen och kalkylräntorna. Ingen slutsats kring medelbonitetens inverkan kunde fastställas på enbart två fastigheter, fler fastigheter hade behövts tas i beaktning.

Sveriges skog består av 42 % tallskog och 39 % granskog (Svenskt Trä 2015). Eftersom båda fastigheterna hade en större andel tallskog kan vi tolka att skärmställning står för en större del av lönsamheten och produktionen jämfört med blädningsbruk.

Ett ökat politiskt intresse för skogsskötseln kan komma att påverka den framtida skogspolitikerna. Då EU har skapat en ny skogsstrategi för att gynna biologisk mångfald och minska koldioxidutsläppen så kan det medföra ett ökat krav på att öka andelen hyggesfritt skogsbruk. Detta kan komma att påverka Sveriges skogsägare val av skötselmetod i framtiden. En lösning på de eventuella ekonomiska konsekvenserna är att en virkespremie implementeras i, till exempel FSC-certifiering, om skogen skulle utvinnas med hyggesfria skötselmetoder.

Mer forskning inom detta ämne uppmanas för att förbättra tillväxtmodeller för andra metoder än trakthyggesbruk. Enligt en finsk studie av Pukkala et al. (2012) menar de att det finns nog med bevis som stödjer teorier om att hyggesfritt skogsbruk har en potential att vara mer lönsamt att bedriva i det nordliga halvklotet på lång sikt, dock att fler ekonomiska analyser behövs. Fler försök som tittar på alternativa skogsskötselsystem skulle gynna framtida studier och öka förståelsen för vilken inverkan den framtida skogspolitikerna kan komma att ha på Sveriges skogsbruk ur ett ekonomiskt och produktionsmässigt sammanhang.

Referenser

- Agestam, E. (2015). *Skogsskötselserien 7, Gallring*. 2. uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien
- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). *Skogsskötselserien 1, Skogsskötselns grunder och samband*. 2., omarb. uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien
- Andersson, R. & Appelqvist, C. (2020). *Hyggesfritt skogsbruk*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Appelqvist, C., Sollander, E., Norman, J., Forsberg, O. & Lundmark, T. (2021). *Hyggesfritt skogsbruk - Skogsstyrelsens definition*
- Costa, H., de Rigo, D., Liberta, G., Houston Durrant, T., San-Miguel-Ayanz, J. (2020) *European wildfire danger and vulnerability in a changing climate: towards integrating risk dimensions*. JRC PESETA IV project – Task 19. Luxemburg: Europeiska unionens publikationsbyrå.
- Eggers, J. (2021). *Growth Results*. https://www.heureka.slu.se/wiki/Growth_Results [2023-03-02]
- Eggers, J. & Öhman, K. (2020). *Overview of the PlanWise application and examples of its use*. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Resource Management.
- Ekvall, H. & Bostedt, G. (2009). *Skogsskötselserien 18, Skogsskötselns ekonomi*. Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien
- Ekö, P-M., Boman, M., Mattson, L. (2006). *Granskogen och ekonomin*. <http://www-gran.slu.se/Webbok/PDFdokument/ekonomi.pdf>
- Espmark, K. (2017). *Debatten om hyggesfritt skogsbruk*. SLU Future forests.

- Europiska Kommissionen 2021/572 Bryssel den 16 juli 2021 meddelande från kommissionen till europaparlamentet, rådet, europeiska kommissionen och sociala kommittén samt regionkommittén. Ny EU-skogsstrategi för 2030. (COM (2021) 572 final). https://commission.europa.eu/document/cf3294e1-8358-4c93-8de4-3e1503b95201_sv
- FSC (2020). FSC-STD-SWE-03-2019 SW FSC-standard för skogsbruk i Sverige. FSC Sweden.
- FCS (2020). *Faktablad anpassad skötsel*. <https://se.fsc.org/sites/default/files/2021-11/Faktablad%20anpassad%20sk%C3%B6tsel.pdf> [2023-04-05]
- Hallsby, G. (2013). *Skogsskötselserien 3, Plantering av barrträd. 2., omarb. uppl.* Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien
- Hannerz, M., Nordin, A. & Saksa, T. (2017). *Hyggesfritt skogsbruk en kunskapssammanställning från Sverige och Finland*. Umeå: Future Forests, Sveriges lantbruksuniversitet. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/ff-for/old/pdf/ff-rapport_hyggesfritt_skogsbruk_en_kunskapssammanstallning-2017-04-02.pdf
- Hertog, I.M., Brogaard, S. & Krause, T. (2022). Barriers to expanding continuous cover forestry in Sweden for delivering multiple ecosystem services. *Ecosystem services*, 53, 101392–. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101392>
- Hynynen, J., Eerikäinen, K., Mäkinen, H. & Valkonen, S. (2019). *Growth response to cuttings in Norway Gran stands under even-aged and uneven-aged management*. *Forest Ecology and Management*. 437. 314-323. 10.1016/j.foreco.2018.12.032.
- Jonsson, R (2015). *Prestation och kostnader i blädning med skördare och skotare*. <https://www.skogforsk.se:443/kunskap/kunskapsbanken/2015/prestation-och-kostnader-i-bladning-med-skordare-och-sk/> [2023-03-02]
- Jonsson, R., Jönsson, P., Manner, J., Björheden, R. & Lundström, H. (2016). *Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning*. Skogforsk nr. 912 –2016. Uppsala: Skogforsk.
- Karlsson, C., Sikström, U., Örlander, G., Hannerz M., Hånell, B. & Fires, C. (2017). *Skogsskötselserien 4, Naturlig förnygring av tall och gran. 2. uppl.* Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien
- Kindbom, K. & Gustafsson, T. (2017). *Känslighetsanalys som verktyg i arbetet med utsläppsprognoser*. IVL Svenska Miljöinstitutet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1549699/FULLTEXT01.pdf>

- Laiho, O., Lähde, E. & Pukkala, T. (2011). *Uneven- vs even-aged management in Finnish boreal forests, Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 84 (5), 547–556. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpr032>
- Lundqvist, L., Cedergren, J. & Eliasson, L. (2014a). *Skogsskötselserien 11, Blädningsbruk. 2. omarb. uppl.* Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Lundqvist, L. (2014b). *Skogsskötselserien 20, Slutavverkning.* Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien
- Olovsson, J. (2014). *Effekten av aggregattyp och skördad medelstamvolym på skördarens produktivitet och ekonomi i slutavverkning.* Umeå: SLU. https://stud.epsilon.slu.se/7001/1/olovsson_%20J_140710.pdf
- Parkatti, V.P., Assmuth, A., Rämö, J. & Tahvonen, O. (2019). *Economics of boreal conifer species in continuous cover and rotation forestry.* *Forest Policy and Economics*, 100, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.11.003>
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Karlsson, A. (2012). *Skogsskötselserien 6, Röjning. 2., omarb. uppl.* Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien
- Prop. 1992/93:226. Regeringens proposition 1992/93 om en ny skogspolitik, sidan 46–47 med flera sidor. Tillgänglig på: om en ny skogspolitik Proposition 1992/93:226 - Riksdagen <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/lag-och-tillsyn/skogsvardslagen/skogsvardslagstiftningen-2022.pdf> [2023-02-27]
- Pukkala, T. & Gadow, K. (2012). *Continuous Cover Forestry.* (Pukkala, T. & Gadow, K., eds.) 2nd ed. 2012. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2202-6>
- Sennerdal, B. (2019). *Så lönsam är FSC-certifieringen för skogsägaren.* <https://www.landlantbruk.se/sa-lonsam-ar-fsc-certifieringen-for-skogsagaren> [2023-03-25]
- Skogsstyrelsen (2022). *Skogsträd.* Tillgänglig på <https://www.skogsstyrelsen.se/mer-om-skog/skogstrad/> [2023-03-30]
- SLU (2021). *Skogsdata 2021 - Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen.* Umeå: SLU Institutionen för skoglig resurshushållning. Sid 113.

https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2021_webb.pdf

SLU (2019). *Heureka PlanWise* (2.20.0.0) [Programvara].
https://www.heurekaslu.se/wiki/Heureka_Wiki

Svenskt Trä (2015). *Svensk skog och certifiering*. <https://www.traguiden.se/om-tra/miljo/miljoeffekter/miljoeffekter/svensk-skog-och-certifiering/#:~:text=Tr%C3%A4dslagsf%C3%B6rdelning%20i%20Sverige%3A%2042%20procent,och%208%20procent%20%C3%B6vriga%20%C3%B6vtr%C3%A4d.> [2023-04-12].

Sängstuvall, L. (2022). *Net Present Value*.
https://www.heurekaslu.se/wiki/Net_present_value [2023-03-02]

Wikström, Peder. (2008). *Jämförelse av ekonomi och produktion mellan trakthyggesbruk och blädning i skiktad granskog - analyser på beståndsnivå baserade på simulering*. Skogsstyrelsen.

Tack

Vi vill tacka Torgny Lind, vår handledare, som har varit stöttande och hjälpsam med detta arbete.

Bilaga 1: Skogsfastigheternas Indata

Tabell 6. Bilaga med det ingående data för fastigheten Dundret i Gällivare kommun.

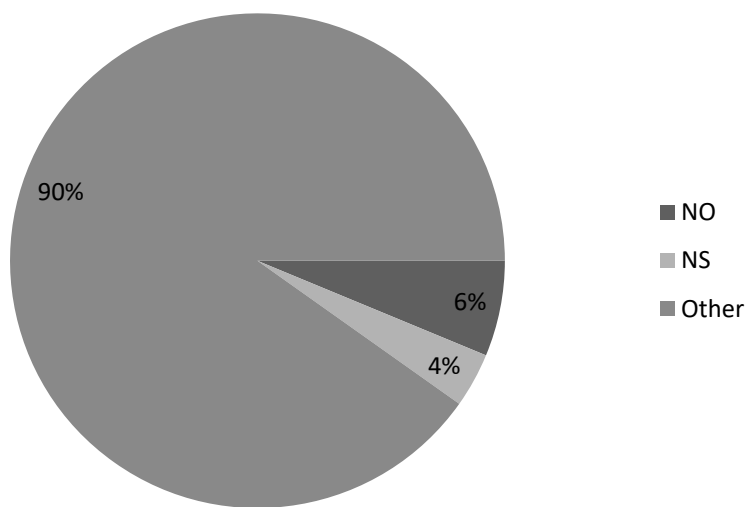
Bestånd	Mål- klass	Areal (ha)	Grund- yta	Dgv (cm)	Domine rande träslag	Hgv (m)	Medelåld er (år)	Volym (m ³ sk)
1	PG	7,29	11	23,57	Gran	16,21	142	83,71
2	PG	7,57	8	18,45	Gran	13,16	132	49,63
3	PG	4,06	80	18,42	Gran	12,9	122	492,59
4	PG	4,29	6	16,55	Gran	12,3	92	36,24
5	PG	23,48	8	27,63	Tall	15,61	142	57,59
6	PG	16,97	8	23,42	Gran	15,28	122	56,18
7	PG	9,93	9	20,9	Gran	15,09	107	64,65
8	PG	9,97	8	20,78	Tall	13,59	132	52,54
9	PG	10,07	8	20,78	Tall	13,56	132	52,42
10	NO	2,95	8	17,44	Gran	13,17	122	51,47
11	PG	7,07	10	21,71	Tall	13,66	102	64,99
12	PG	3,41	14	16,32	Tall	11,5	52	82,41
13	PG	6,57	12	17,21	Tall	11,51	52	70,4
14	PG	6,97	13	21,58	Tall	14,33	62	90,97
15	PG	6,47	11	24,2	Tall	13,02	72	69,32
16	PG	19,42	13	23,48	Tall	16,24	142	100,21
17	NO	6,05	6	14,03	Gran	10,27	152	30,05
18	PG	29,29	15	16,32	Tall	11,69	57	89,95
19	NS	7,09	11	15,53	Tall	11,53	62	64,39
20	PG	1,13	22	17,25	Tall	11,78	47	132,51
21	PG	5,77	9	22,43	Tall	14,47	82	63,14
22	PG	4,78	11	22,72	Gran	13,83	132	69,39
23	PG	5,6	9	23,32	Tall	13,88	122	60,44
24	PG	7,2	11	18,89	Tall	14,11	62	76,81
25	PG	24,71	9	26,15	Gran	16,32	142	66,67
27	PG	16,88	13	20,86	Tall	13,76	82	87,22
28	PG	16,57	11	25,25	Gran	14,08	122	69,92
30	PG	7,1	13	21,58	Tall	13,69	67	87,53
32	PG	20,08	4	10,12	Tall	6,86	42	15,07
32	PG	9,8	10	23,57	Tall	14,65	102	69,2
33	PG	7,31	9	23,58	Gran	13,87	122	57,81
34	PG	3,19	9	22,39	Tall	12,98	82	57,06

Tabell 5. Bilaga med det ingående data för fastigheten Krusenberg i Uppsala kommun.

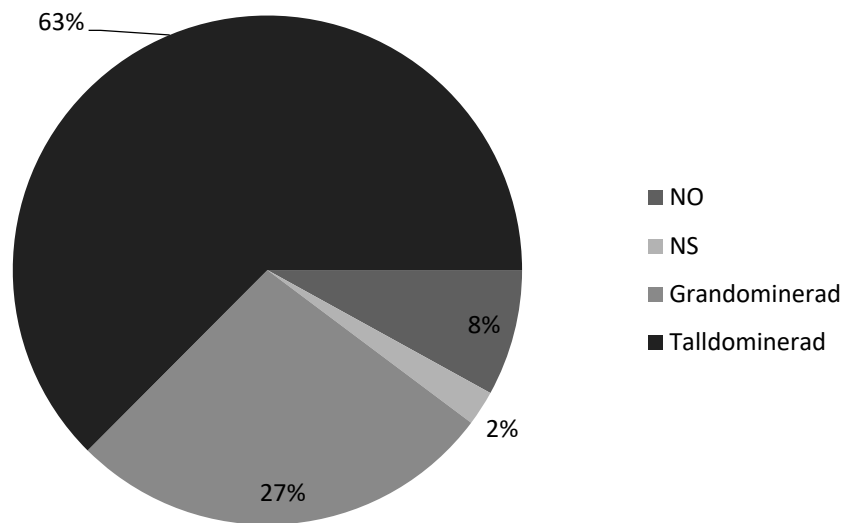
Bestånd	Målklass	Areal (ha)	Grundyta	Dgv (cm)	Dominerande trädslag	Hgv (m)	Medelålder (år)	Volym (m ³ sk)
1	PG	2,84	0,29	2,7	Tall	0,98	4,81	3,18
10	PG	8,47	26	23,39	Tall	18,57	63	219,44
100	PG	2,44	22	34,73	Tall	20,34	73	193,63
101	PG	7,87	16	20,77	Tall	15,66	63	115,72
102	NS	5,28	16	32,93	Tall	17,69	143	122,28
103	NS	2,94	14	31,24	Tall	18,13	143	108,36
104	NS	4,27	21	34	Övrigt löv	20,52	133	170,94
105	NS	4,2	21	46,87	Övrigt löv	21,02	253	170,44
11	PG	4,59	22	34,89	Tall	20,12	83	187,89
12	PG	1,78	32	12,83	Tall	11,9	33	192,64
13	PG	12,62	20	37,81	Tall	19,98	108	171,39
14	PG	5,76	22	30,45	Tall	21,6	118	204,42
15	PG	17,91	1,21	3,47	Tall	2,13	12,98	3,38
16	PG	3,26	28	23,12	Tall	18,85	53	245,24
17	PG	8,6	22	26,65	Tall	16,2	43,07	161,75
18	PG	12,07	21	16,66	Tall	13,15	43	134,74
19	PG	0,71	25	24,94	Gran	19,87	73	231,01
2	PG	0,52	29	30,01	Gran	22,64	68	296,68
20	PG	9,47	13,93	8,39	Tall	5,56	18	51,93
21	PG	4,61	22	26,97	Tall	17,74	123	174,39
22	PG	15,89	22	13,71	Tall	12,21	28	135,19
23	PG	8,97	0	0	Gran	0	0	0,26
24	PG	3,42	22	25,48	Gran	22,26	63	227,89
25	PG	1,04	15,64	2,67	Gran	1,68	91,63	144,16
26	PG	4,5	18	22,57	Tall	15,85	38	132,11
27	PG	4,11	26	29,26	Tall	19,23	63	217,92
28	PG	4,41	18	9,76	Tall	8,01	23	78,81
29	NO	8,9	25	20,94	Tall	16,12	153	186,68
3	PG	9,37	14,71	3,06	Gran	2,13	100,19	140,98
30	PG	16,08	23	23,81	Tall	17,27	133	181,06
31	PG	5,11	21	18,36	Tall	15,63	48	153,4
32	NO	7,41	23	18,53	Tall	13,66	123	149,75
33	NO	1,95	36	31,03	Tall	19,29	133	305,49
34	PG	3,22	31	14,65	Tall	14,35	33	217,59
35	PG	5,94	24	13,73	Tall	9,18	23	114,82
36	PG	1,18	0	0	Tall	0	0	0,45
36	PG	1,14	17,6	24,25	Tall	21,11	112	166,31
37	PG	1,89	29	14,59	Tall	12,62	28	181,66
38	PG	1,56	0	0	Gran	0	0	0,26
39	PG	13,4	0,77	2,89	Tall	1,53	8,25	3,42
4	NO	1,43	23	33,13	Tall	22,76	103	229,22
40	PG	4,53	31	27,01	Tall	21,58	63	297,2
41	PG	8,68	28	23,53	Tall	18,8	53	237,67
42	PG	3,15	1,02	2,92	Gran	1,73	7,82	4,64
43	NO	0,76	31	21,94	Övrigt löv	19,85	103	261,13
44	NO	6,58	24	29,39	Gran	23,14	103	247,66
45	PG	12,8	23	19,49	Tall	15,86	48	167,98
46	PG	2,72	20	13,87	Tall	12,51	33	125,77
47	NO	3,37	35	28	Övrigt löv	20,51	123	306,09
48	PG	9,73	22	29,52	Tall	17,82	58	173,7
49	PG	1,69	18	43,64	Tall	21,78	123	164,34
5	PG	3,37	23	39,74	Tall	22,01	88	213,4
50	PG	1	20	15,03	Tall	12,51	43	123,24
51	PG	12,47	0,71	2,5	Gran	1,44	7,78	5,61

52	PG	5,57	0,96	3,05	Gran	2,13	17,53	2,75
53	PG	4,91	31	33,64	Tall	19,69	133	265,74
54	PG	8,82	0	0	Tall	0	0	0,29
55	PG	4,61	0	0	Gran	0	0	0,26
56	PG	10,28	28	24,48	Tall	19,73	63	252,39
57	PG	1,69	22	19,32	Tall	14,77	63	152,79
58	PG	11,05	21	31,34	Tall	19,97	73	184,25
59	PG	3,48	28	22,58	Tall	16,9	63	216,67
6	PG	5,47	0,83	3,07	Gran	2,12	13,02	2,48
60	NO	1,33	21	20,01	Tall	14,93	103	143,59
61	PG	6,12	27	20,12	Tall	16,74	58	209,94
62	PG	1,24	33	27,41	Gran	23,32	103	358,54
63	PG	10,03	38	34,46	Gran	21,74	88	354,81
64	PG	0,91	19	25,41	Gran	21,18	83	184,18
65	NS	1,41	23	24,66	Björk	20,61	68	212,1
66	PG	1,94	31	31,17	Gran	24,71	68	345,75
67	PG	17,62	28	30,95	Gran	20,19	68	249,74
68	PG	0,57	21	11,22	Gran	11,43	28	121,36
69	PG	1,65	7,96	3,05	Gran	2,12	79,62	68,31
7	PG	1,8	28	30,28	Tall	23,44	93	286,78
70	PG	6,07	0	0	Gran	0	0	2,35
71	PG	1,43	31	21,9	Gran	22,71	48	353,54
72	PG	7,42	28	20,11	Gran	16,62	38	227,33
73	PG	13,15	22	31,04	Tall	20,92	63	203,32
74	PG	2,49	27	25,43	Gran	22,47	68	281,15
75	PG	5,38	21	23,51	Tall	19,46	63	187,74
76	PG	0,65	0	0	Gran	0	0	0
77	PG	3,7	26	32,31	Tall	21,55	53	241,6
78	PG	1,54	0	0	Gran	0	0	0,71
79	NS	2,55	19	21,9	Björk	15,7	48	121,24
8	PG	10,44	26	22,64	Tall	18,57	58	223,92
80	PG	1,32	20	18,36	Övrigt löv	17,77	20,29	155,58
81	PG	1,93	30	41,9	Tall	24,9	83	308,54
82	PG	0,5	28	14,85	Björk	16,12	33	205,22
83	NS	11,41	15	23,42	Björk	17,58	98	113,2
84	PG	4,7	29	32,51	Tall	20,15	63	255,18
85	PG	4,46	1,06	3,1	Tall	1,68	6,89	7,98
86	PG	13,09	21	20,95	Tall	17,53	58	170,81
87	PG	2,37	32	28,2	Gran	20,88	78	300,63
88	NS	1	12	24,43	Tall	16,49	93	86
89	PG	5,51	0	0	Gran	0	0	0
9	PG	5,48	0	0	Gran	0	0	2,7
90	NS	16,05	19	28,48	Björk	20,26	78	157,27
91	PG	1,38	29	27,74	Tall	21,55	73	276,84
92	PG	2,84	12,75	4,2	Gran	2,05	87,92	101,77
93	PG	1,83	37	27,21	Gran	22,53	73	386,75
94	NS	1,22	27	37,02	Tall	21,02	253	233,88
95	NS	0,76	6	40,06	Ek	17,22	235,73	45,58
96	NS	4,27	32	71,14	Ek	20,43	303	244,8
97	NS	6,14	12	35,82	Tall	15,96	153	83,13
98	NS	6,69	9	26,7	Tall	15,91	78	61,43
99	PG	10,38	23	20,74	Tall	15,81	58	168,3

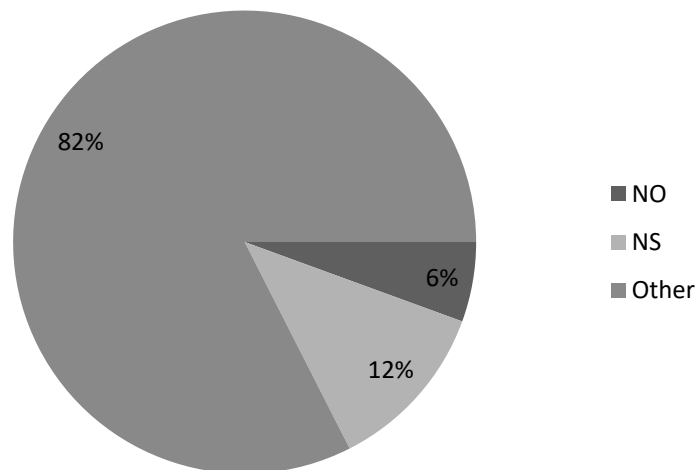
Bilaga 2: Domämfördelning



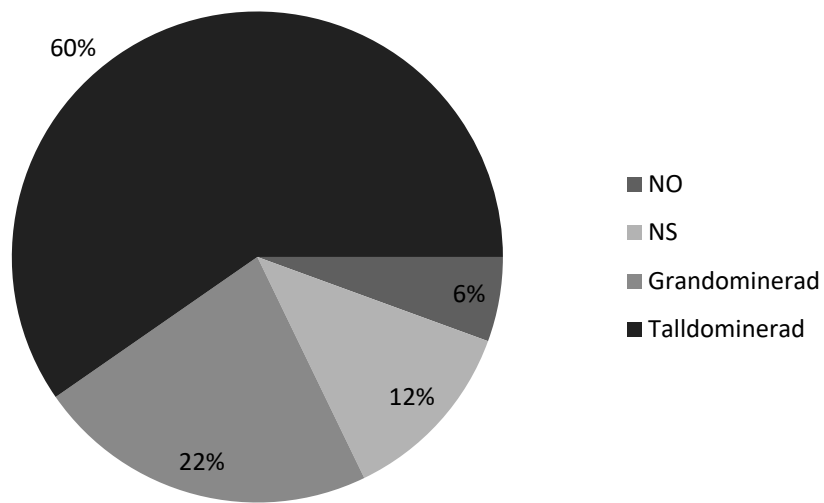
Figur 9. Domänandelen för skötselmallen trakthyggesbruk i % för fastigheten Dundret. NO är Naturvård orört, NS är naturvård med skötsel och Other är den beteckning PlanWise har för standard skötsel, i detta fall trakthyggesbruk.



Figur 10. Domänandelen i % för det hyggesfria skogsbruket i fastigheten Dundret. NO är Naturvård orört, NS är naturvård med skötsel, Grandominerat sköts med blädningsbruk och huvudträdslaget är gran och Talldominerat sköts med skärmställning och huvudträdslaget är tall.



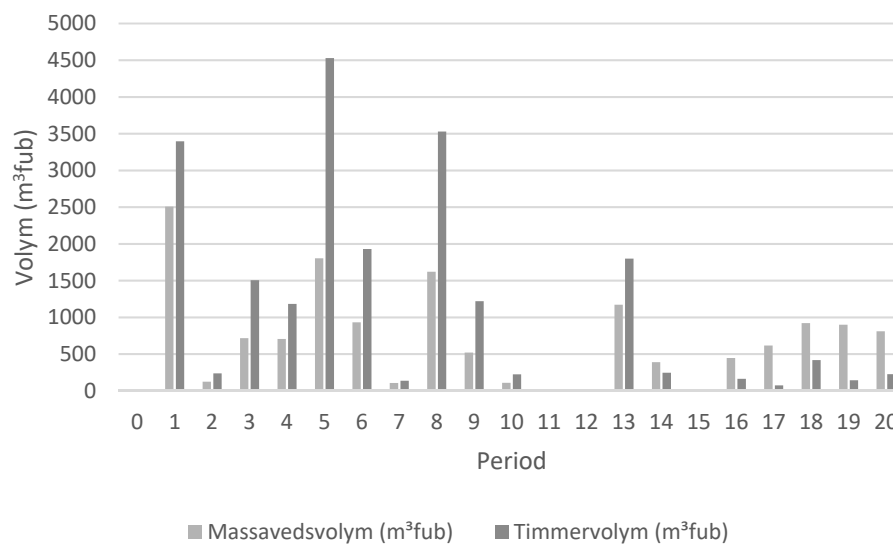
Figur 11. Domänandel i % för trakthyggesbruk för fastigheten Krusenberget. NO är Naturvård orört, NS är naturvård med skötsel och Other är den beteckning PlanWise har för standard skötsel, i detta fall trakthyggesbruk.



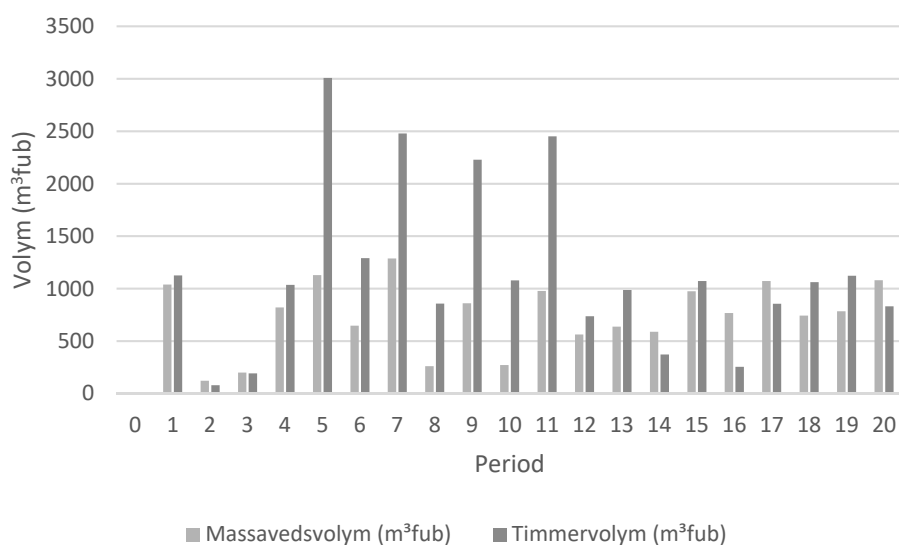
SS

Figur 12. Domänandelen i % för det hyggesfria skogsbruket i fastigheten Krusenberg. NO är Naturvård orört, NS är naturvård med skötsel, Grandominerad sköts med blädningsbruk och huvudträdslaget är gran och Talldominerad sköts med skärmställning och huvudträdslaget är tall.

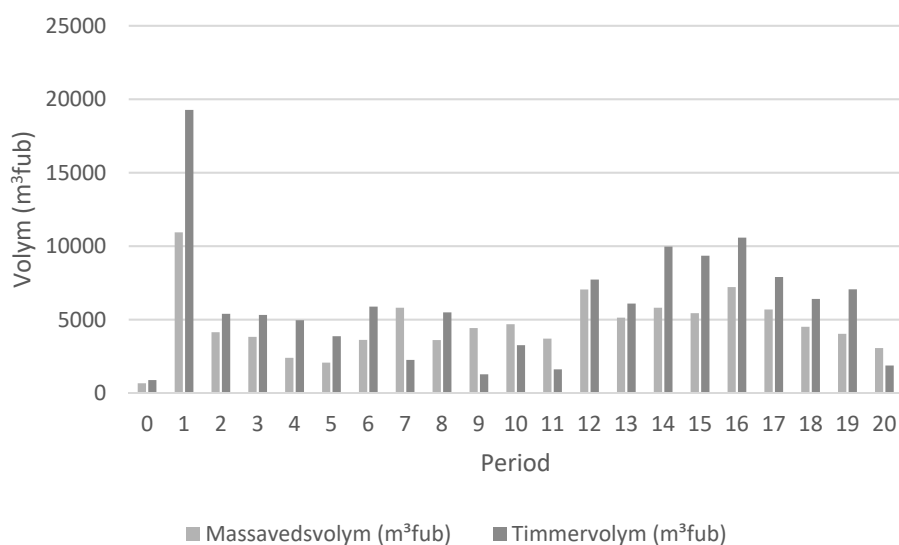
Bilaga 3: Sortimentfördelning



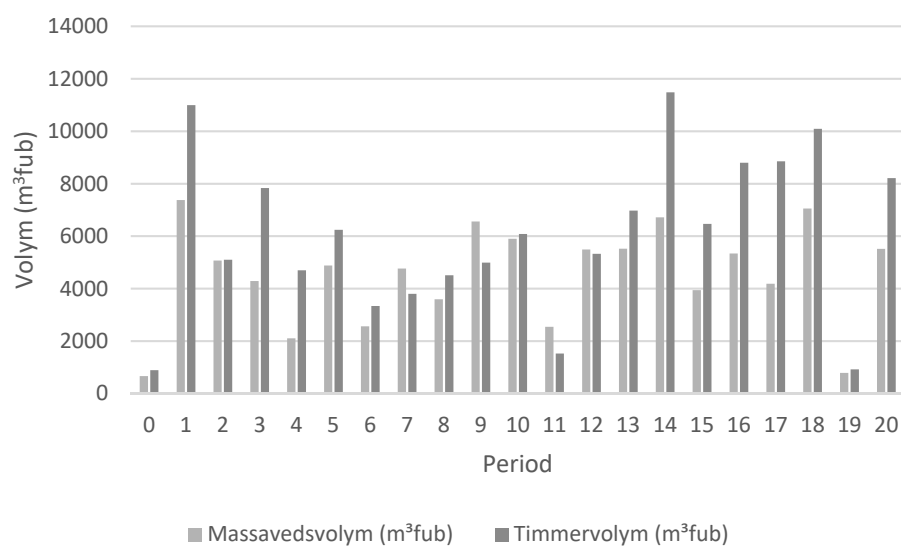
Figur 13. Andel massavedsvolym och timmervolym i m³fub över hela planeringshorisonten för Dundret med trakthyggesbruk.



Figur 14. Andel massavedsvolym och timmervolym i m³fub över hela planeringshorisonten för Dundret med hyggesfritt skogsbruk.

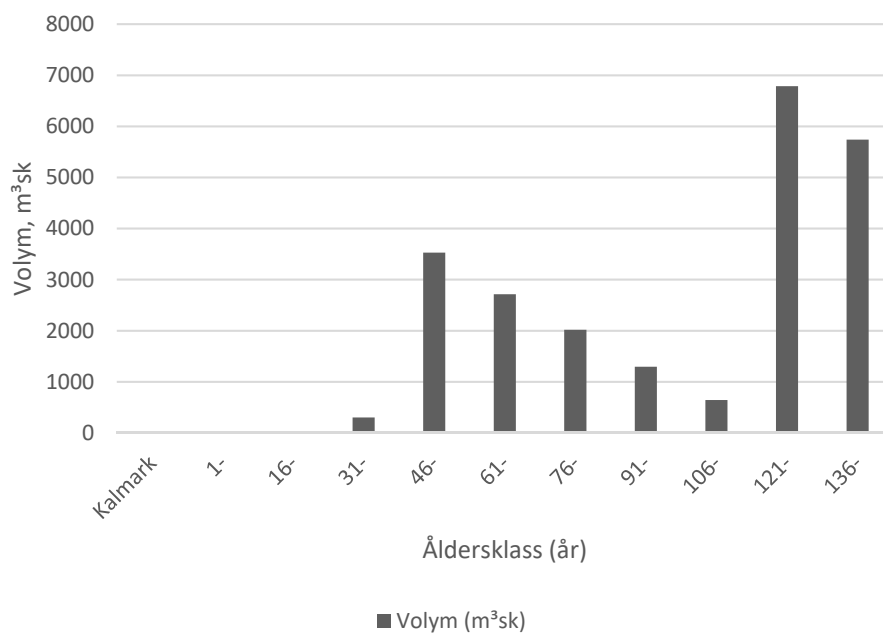


Figur 15. Andel massavedsvolym och timmervolym i m³fub över hela planeringshorisonten för Krusenberget med trakthyggesbruk.

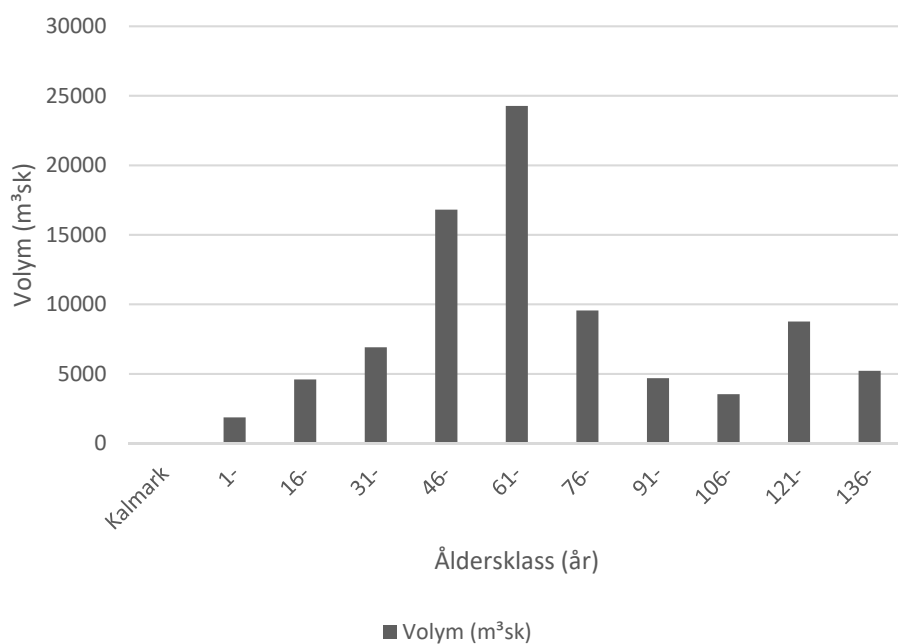


Figur 16. Andel massavedsvolym och timmervolym i m³fub över hela planeringshorisonten för Krusenberg i Uppsala kommun med hyggesfritt skogsbruk.

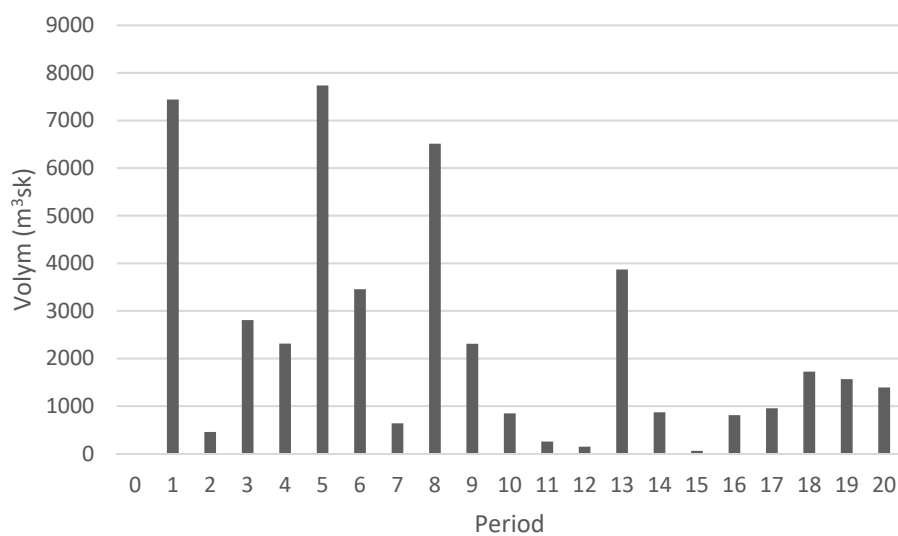
Bilaga 4: Åldersklassfördelning och avverkningsprofiler



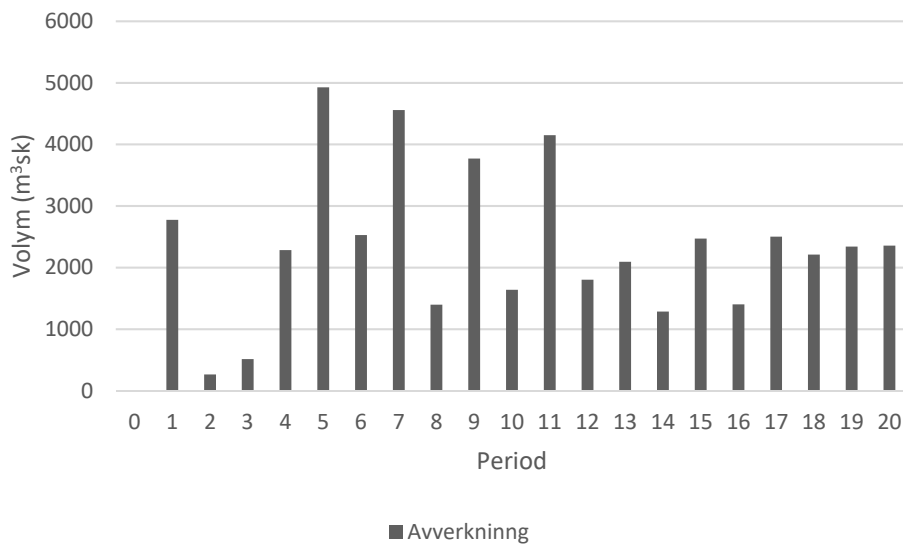
Figur 17. Åldersklassfördelningen för fastigheten Dundret i Gällivare kommun. Y-axeln visar volymen i m³sk och x-axeln visar åldersklassen.



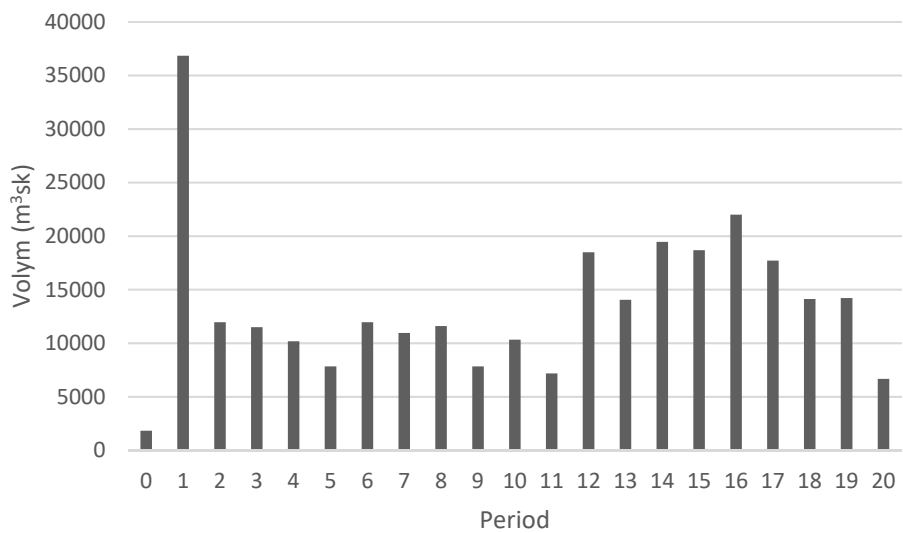
Figur 18. Åldersklassfördelningen för fastigheten Krusenberg i Uppsala kommun. Y-axeln visar volym i m³sk och x-axeln visar åldersklassen.



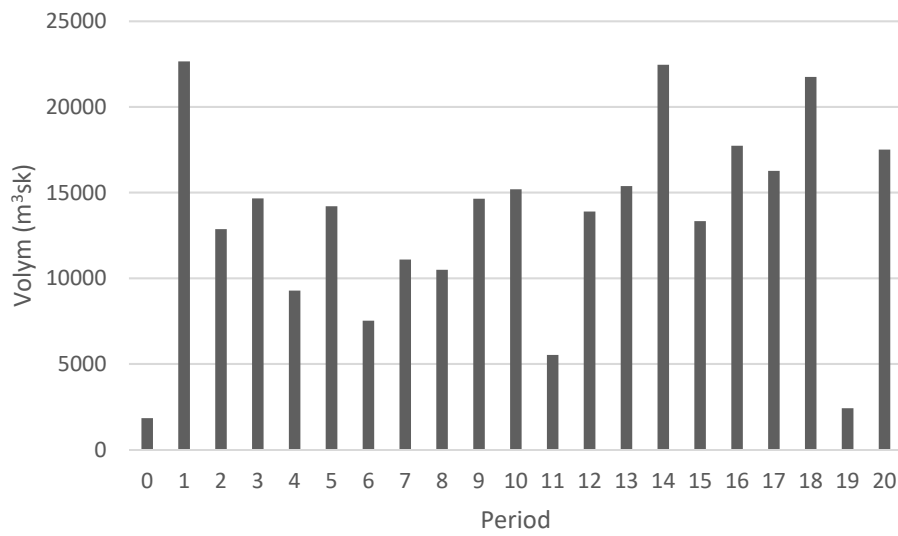
Figur 19. Avverkningsprofilen för fastigheten Dundret i Gällivare kommun med ett trakthyggesbruk. Y-axeln visar volym i m³sk och x-axeln visar perioder.



Figur 20. Avverkningsprofilen för fastigheten Dundret i Gällivare kommun med ett hyggesfritt skogsbruk. Y-axeln visar volym i m³sk och x-axeln visar perioder.



Figur 21. Avverkningsprofilen för fastigheten Krusenberget i Uppsala kommun med ett trakthyggesbruk. Y-axeln visar volym i m³sk och x-axeln visar perioder.



Figur 22. Avverkningsprofilen för fastigheten Krusenberg i Uppsala kommun med ett hyggesfritt skogsbruk. Y-axeln visar volym i m³sk och x-axeln visar perioder.

Publicering och arkivering

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

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

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

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