



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för skogens biomaterial och
teknologi

Beståndsutveckling efter krankorridor gallring i unga täta bestånd

*Stand development after boom corridor thinning in young dense
forests*

Jonatan Lilja

Examensarbete • 30 hp

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2018:1

Umeå 2018

Beståndsutveckling efter krankorridorgallring i unga täta bestånd

Stand development after boom corridor thinning in young dense forests

Jonatan Lilja

Handledare: Urban Bergsten, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Bitr. handledare: Stefan Mattsson, Sveaskog,

Examinator: Dan Bergström, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurstitel: Master thesis in Forest Management at the Department of Forest Biomaterials and Technology

Kurskod: EX0832

Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2018

Serietitel: Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Delnummer i serien: 2018:1

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

Nyckelord: biomassa, skogsskötsel, röjning, skador, Heureka, nuvärde

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Sammanfattning

Studien är en uppföljning av beståndsutvecklingen, fyra år efter utläggning, i en försöksserie där krankorridorgallring (KKG) jämförs med konventionell röjning/gallring i unga täta bestånd. Röjning och KKG jämförs i yngre och lägre bestånd (medel/dominerande höjd 4/9 m) medan höggallring med KKG jämförs med konventionell selektiv gallring och låggallring med KKG i äldre och högre bestånd (medel/dominerande höjd 5/10 m). Försöken lades ut i tre områden, ett i norra Sverige, ett i mellersta Sverige och ett i södra Sverige. Denna studie är en första revision av försöken. I 4/9-bestånden var medeltamsvolym, brösthöjdsdiameter och medelhöjd signifikant något lägre efter KKG jämfört med röjning, främst beroende på att fler stammar, speciellt i lägre storleksklasser, lämnas efter KKG. Inga övriga trädvariabler visade på signifikanta skillnader mellan olika försöksled i de analyserade beståndstyperna. Inte heller förekomsten av skador skiljde sig signifikant mellan behandlingarna. Skador var vanligare i de lägre diameterklasserna och den vanligaste förekommande skadetyper var toppbrott. Med Heureka analyserades utfall av virke och ekonomi under en omloppstid, fram till och med första åtgärd samt senare. Analysen visade att KKG, i jämförelse med konventionell röjning, kan ge ett tydligt positivt netto och nuvärde direkt i samband med åtgärden. Vid jämförelse för en omloppstid är skillnaderna i ekonomi relativt små mellan de olika jämförda alternativen. Olika typer av KKG-metodik gav dock högst nuvärde vid den av Sveaskog valda räntenivån (2,59 %) oavsett försökslokal. Den ekonomiska fördelen för KKG jämfört med konventionell röjning, direkt när åtgärden görs, kan fungera som en motivation för skogsägare att bli mer aktiva i sin skogsskötsel.

Nyckelord: Biomassa, skogsskötsel, röjning, skador, Heureka, nuvärde.

Abstract

The study is a follow-up of stand development, after four years, in a field trial series in which boom-corridor thinning (BCT) is compared with conventional pre-commercial thinning (PCT)/thinning in young dense stands. PCT and BCT are compared in younger stands (average/dominant height 4/9 m), while high thinning with BCT is compared with conventional selective thinning and low thinning with KKG in older stands (average/dominant height 5/10 m). The trials were laid out in three areas, one in northern Sweden, one in central Sweden and one in southern Sweden. Current study were carried out after four years and is an initial audit of the trials. In 4/9 stands, mean stem volume, diameter in breast height and mean height were significantly somewhat lower after BCT compared to PCT, mainly because more stems, especially in lower diameter classes, were left after BCT. No other tree variable showed significant differences between different treatments in the analyzed stands. Neither did the occurrence of damage differ significantly between treatments. Damages were more common in the lower diameter classes, and the most common type was stem break. With Heureka the outcome of timber and economics were analyzed during one rotation period, up to and including the first measure and later on. The analysis showed that, compared to conventional PCT, BCT can provide a clearly positive net income and net present value directly in connection with the operation. In comparison for one rotation period, the differences in economics are relatively small between the various compared alternatives. However, different types of BCT methods gave the highest net present value at the chosen interest rate (2.59%; cf. Sveaskog) regardless of the trial location. The economic advantage of BCT compared with conventional PCT, immediately when the measure is taken, can serve as a motivation for forest owners to become more active in their forest management.

Keywords: Biomass, silviculture, pre-commercial thinning, injuries, Heureka, net present value

Förord

Examensarbetet som skrivits motsvarar 30 högskolepoäng och har skrivits för Institutionen för skogens biomaterial och teknologi på Sverige lantbruksuniversitet, Umeå. Arbetet utfördes genom ett samarbete mellan SLU och Sveaskog. Jag vill först rikta ett stort tack till mina handledare Urban Bergsten på SLU och Stefan Mattsson på Sveaskog för all hjälp som de bistått med under arbetets gång. Jag vill även tacka Hampus Holmström, analytiker vid Institutionen för skoglig resurshushållning för all hjälp gällande kunskap och teknik vid arbetet med Heureka. Slutligen vill jag tacka Sveaskog för allt bistånd och ekonomisk stöttning så att arbetet kunde genomföras.

Jonatan Lilja

Umeå, Februari 2018

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Den unga skogen och dess skötsel	5
1.2	Syfte	9
2	Material och metoder	10
2.1	Lokaler och försöksdesign	10
2.1.1	Försökets design och upplägg	10
2.1.2	Objektiv systematisk inventering	12
2.1.3	Trädata	14
2.2	Statistisk analys	14
2.2.1	Heurekaanalys	15
3	3. Resultat	17
3.1	Beståndsutveckling fram till fyra år efter konventionell röjning eller gallring samt efter krankorridor-gallring	17
3.2	Analys Heureka PlanVis	23
4	Diskussion	27
4.1	Resultat	27
4.2	Stykor och svagheter	30
4.3	Praktisk tillämpning och fortsatt utveckling	31
4.4	Slutsatser	32
	Referenslista	33

1 Inledning

1.1 Den unga skogen och dess skötsel

Under 1950-talet började man i Sverige, istället för att bläda skogen, att avverka skogen i områdes/traktvisa hyggen. Trakthyggesbruk medför stora arealer med monokulturer och jämna åldersfördelningar med en omloppstid på ungefär ett sekel, vilket resulterar i att det kommer att finnas stora arealer med jämnåldrig skog i Sverige (Normark 2011). Det medför att vi teoretiskt, på sikt, kommer att ha en relativt stor andel yngre skog, där ca 30 % av arealen kommer att vara ca 30 år eller yngre. Redan idag bedöms det finnas potential att nyttja biomassa även från yngre skog. Tät skog yngre än 35 år täcker totalt sett 2,1 – 9,8 miljoner hektar i Sverige, vilket motsvarar 9 – 44 % av den produktiva skogsmarken i landet (Fernandez-Lacruz m.fl.2015). Energipotentialet uppgår till ungefär 23 TWh (Karlsson, 2013), vilket är betydligt mer än den GROT (avverkningsrester) som används idag och som uppgår till ca 12 TWh (Lundmark, 2006). Biomassan i ung skog borde också kunna passa för andra nya produkter som förutspås växa mycket i framtiden. Ett exempel på en sådan produkt är dissolvingmassa som används vid produktion av viskos, ett slags tyg som är framställt genom träfiber. Viskos är ett betydligt miljövänligare alternativ än bomull bl.a. eftersom vattenåtgången för att producera bomull är mycket hög (Roos 2012). Bioraffinaderier som framställer alternativa drivmedel eller andra kemikalier är ytterligare exempel på industrier som borde kunna nyttja biomassa från yngre skog som råvara (Backlund m.fl.2014). Enligt enkäten som Backlund m.fl. genomfört bedömde 95 % av de svarande att trädbiomassa kommer att öka i värde under den närmsta tioårsperioden främst beroende på att oljebaserade råvaror måste ersättas med biobaserade. Den

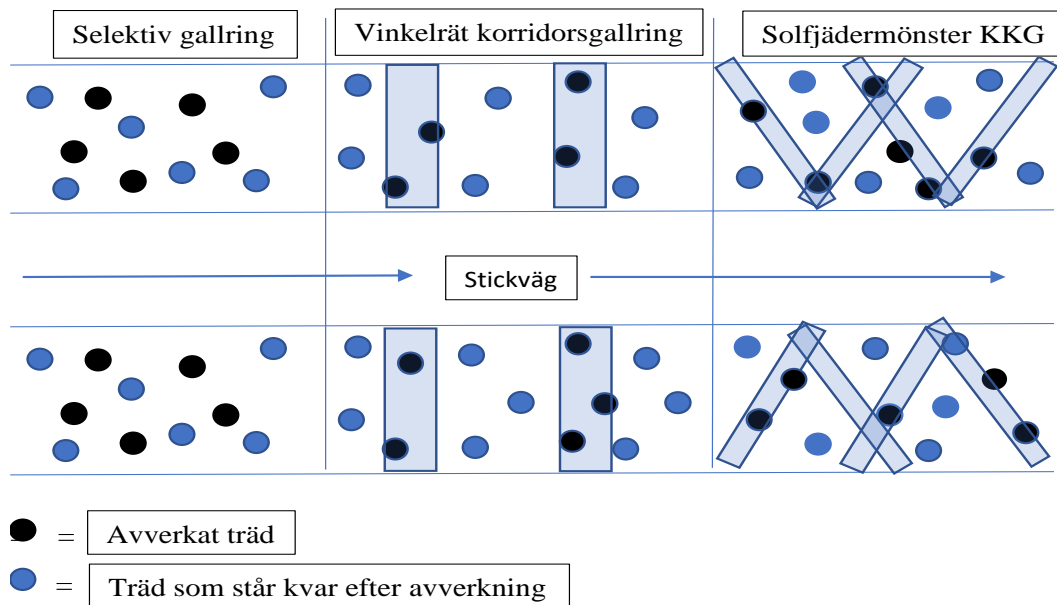
unga skogen och dess skötsel har också betydelse för den biologiska mångfalden och produktionen av andra ekosystemtjänster än virkesproduktion (McElhinny 2005). Yngre biomassarika skogar med hög tillväxt har till exempel stor betydelse för sekvestrering av koldioxid (Grandin 2004).

Hur man sköter unga skogar kan alltså ha betydelse både för skogsägaren, industrin och samhället. Idag är åtgärdsvalet i ung skog främst röjning, som primärt har som syfte att gynna de stammar som har potential att utvecklas till mer värdefulla träd, eller att inte göra någonting alls. Röjning är en direkt kostnad, inget uttag görs, som ska ses som en långsiktig investering i skogen. Om målsättningen är att få ett konventionellt uttag av massaved och timmer är röjning en starkt rekommenderad åtgärd (Hallsby, 2008). Eftersom röjningen alltid innebär en kostnad blir den inte alltid utförd även om den skulle ge en positiv värdeutveckling. Enligt riksskogstaxeringen uppgår den produktiva skogsmarksarealen med omedelbart röjningsbehov för samtliga huggningsklasser till 1 443 000 hektar för åren 2012 – 2016 (Anon. 2017), dvs. en betydligt större areal än den årliga avverkningsarealen. Ofta består röjningsbehovet av att naturlig föryngring kompletteras av artificiell föryngring. Ifall röjning uteblir kommer beståndet att utvecklas på ett annorlunda sätt jämfört med om det röjts. Huvudstammarnas utveckling påverkas negativt på grund av platskonkurrens mellan stammarna inom beståndet. Det kan innebära att det enskilda trädet hämmas, men däremot blir biomassan vanligtvis högre i beståndet om röjning uteblir. Biomassan kan bli två tredjedelar mindre om man röjer ett bestånd jämfört med om röjning uteblivit. Detta gör att bestånd som röjts mycket svagt eller inte alls, utgör en stor potential för produktion och uttag av biomassa som biomaterial för viss förädlingsindustri (Ahnlund Ulvcróna m.fl. 2015).

Det första uttag som vanligtvis görs i yngre skogar inom svenskt skogsbruk är en konventionell rundvirkesgallring. Under år 2014 avverkades totalt 510 900 hektar i Sverige och av dessa var 313 100 hektar gallring (Skogsstyrelsen statistikdatabas 2014). Flera olika gallringsformer används i skogsbruket i Sverige idag, de vanligaste är hög- respektive låggallring. Dessa två gallringsmetoder innebär att man selektivt väljer ut de stammar som skall avverkas baserat på egenskaper, och de skall antingen vara över (höggallring) eller under krontaket (långgallring) (Hallsby, 2008).

När man gallrar i bestånd med hög biomassa och klena stammar är det viktigt att man förstår på vilket sätt beståndet påverkas av åtgärden. Exempelvis kan friställning av smala, klena stammar med upphissade kronor öka risken för skador i form av snöbrott (Valinger m.fl. 1994; Päätaalo m.fl. 1999). Kostnaden för att gallra ungsskogar konventionellt är dessutom höga, speciellt om träden är mycket klena. Detta innebär förstås ett viktigt hinder för att skörda biomassa i yngre bestånd. För att effektivisera uttag av biomassa i unga skogar har man prövat att istället använda sig av korridorgallring. Denna gallringsform innebär att man skördar i korridorer istället för att selektivt välja ut de stammar som skall avverkas (Karlsson m.fl. 2012). Tidigare studier visar att schematisk gallring, så som korridorgallring, ofta resulterar i en något minskad tillväxt i både volym och grund yta, jämfört med en selektiv gallring av olika trädslag, däribland tall (*Pinus sylvestris* L.) samt gran (*Picea Abies* L.) (Mäkinen m.fl. 2006). Dock har Karlsson m.fl. (2012) visat att utvecklingen av stamvolym för bestånd, med tall (*Pinus sylvestris*), som gallrats i korridorer har varit högre än för bestånd som röjts.

Krankorridorgallring (KKG) är en nyligen utvecklad metod där man istället för att endast skapa schematiska korridorer även kan använda skördarkranen för att flexibelt skapa andra gallringsmönster. Metoden ökar produktiviteten ytterligare för skördaren och är mer kostnadseffektiv än selektiv gallring i ungskog. Man kan till exempel använda sig av ett ”solfjädermönster” (Figur 1), även omlott, när man avverkar istället för vinkelräta mönster för att ytterligare öka möjligheten till att välja ut huvudstammar (Bergström m.fl. 2007; Bergström 2009; Sängstuvall m.fl. 2011; Bergström och Di Fulvio 2014).



Figur 1. Illustration över hur selektiv gallring samt krankorridorsgallring kan se ut mellan stickvägar som beskrivs av Bergström (2009).

Figure 1. Illustration of how selective thinning and boom-corridor thinning may look like between strip roads as described in Bergström (2009).

Genom att använda sig av KKG skapas annorlunda trädstruktur i bestånden jämfört med användandet av konventionell gallring. I och med att man inte selektivt väljer ut stammarna som skall avverkas kommer flera av de naturligt förnygrade trädarterna att finnas med i beståndet, mer eller mindre skiktat. Detta gör att KKG kan medföra en högre biodiversitet än selektiv gallring och öppnar upp för fler värden än det ekonomiska (Ahnlund Ulvcróna m.fl. 2017). De vanligaste trädarterna för produktion i Sverige, tall (*Pinus sylvestris* L.) och gran (*Picea abies* L.), planteras ofta som monokulturer efter att man slutavverkat ett bestånd. Eftersom alla trädarter inkl. lövträd avverkas vid slutavverkning, och barrträd vanligtvis prioriteras vid röjning i konventionella skogsbruket idag, har vi mestadels monokulturer av barrträd i Sveriges skogar (Götmark m.fl. 2005). Med KKG kan det bli kostnadseffektivt att tillåta viss trädslagsblandning vid det första uttaget vilket kan ha stor betydelse för biodiversiteten under lång tid.

Studier av Bergström och Di Fulvio (2014) visar på avverkningseffektivitet vid KKG men det finns fortfarande kunskapsluckor som behöver analyseras för att säkert kunna avgöra om KKG är en fungerande skötselmetod. Då KKG är nyligen utvecklad saknas fortfarande information om hur KKG påverkar utvecklingen av bestånden på längre sikt.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet var att:

1. Jämföra hur antalet huvudstammar per ha och deras utveckling i täta unga bestånd, av olika ålder/höjd, skiljer sig fyra år efter att de röjts eller gallrats konventionellt eller att de gallrats med KKG-metodik.
2. Kvantifiera i vilken utsträckning skador har uppkommit i täta unga bestånd, av olika ålder/höjd, fyra år efter att de röjts eller gallrats konventionellt eller att de gallrats med KKG-metodik.
3. Analysera, med hjälp av Heureka, vad beståndsbehandlingar i den unga skogen enligt ovan för med sig angående virkesproduktion, uttag och ekonomi/nuvärdet under en omloppstid.

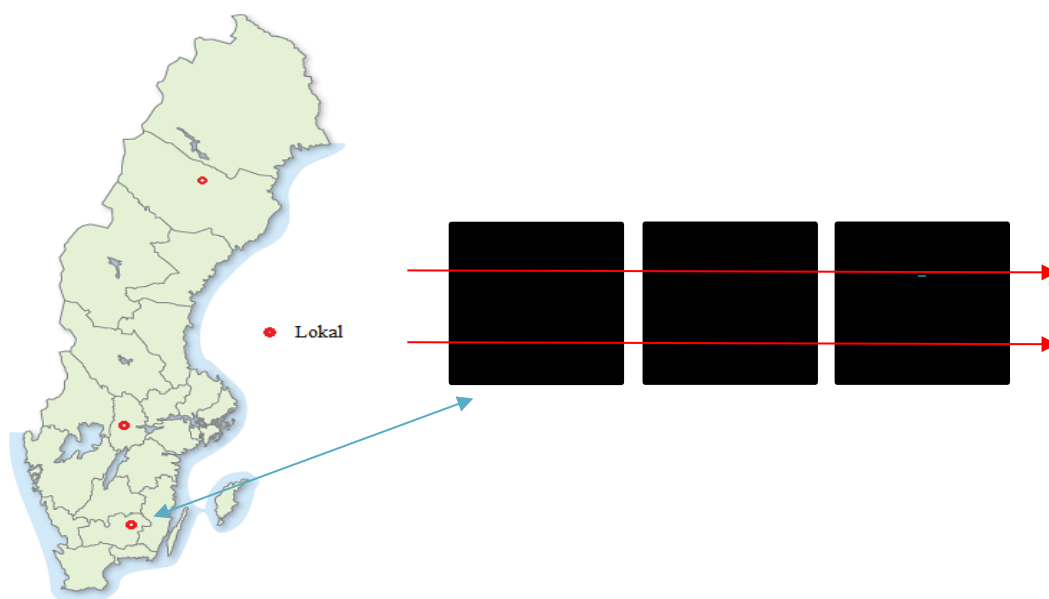
2 Material och metoder

2.1 Lokaler och försöksdesign

Studien gjordes på tre stycken olika lokaler som finns placerade på olika geografiska platser i Sverige. Kåtaberget och Ruskliden är de två lokaler som finns längst norrut utanför Lycksele, Villingsberg 1 och 2 finns i mellersta Sverige utanför Örebro och Kåresta och Heda finns i Södra Sverige utanför Växjö (Fig. 2).

2.1.1 Försökets design och upplägg

På varje lokal finns det fem stycken parceller fördelade i två olika beståndstyper, som är baserade på hur bestånden såg ut innan åtgärd. Den ena beståndstypen har medel/dominerande höjd på 4/9 meter och den andra beståndstypen har medel/dominerande höjd på 5/10 meter. Fördelningen av parcellerna per lokal var två stycken parceller med beståndstyp 4/9 meter och tre stycken parceller med beståndstyp 5/10 meter. I lokalerna med beståndstyp 4/9 meter användes röjning och KKG som skötselåtgärder, och för parcellerna med beståndstyp 5/10 meter gjordes KKG höggallring, konventionell selektiv gallring och KKG låggallring. De dominerande trädslagen i samtliga parceller var tall (*Pinus sylvestris* L.) och gran (*Picea abies*) men även självföryngrad *Betula* spp., *Salix* spp., *P. tremula* och *S. aucuparia* identifierades. Av samtliga lövträdslag var *Betula* spp. vanligast förekommande (Ahnlund Ulvcrona m.fl. 2017).



Figur 2. Kartbild över de lokaler som använts i studien och illustration över hur parcellerna med beståndstyp 5/10 meter är utlagda med stickvägar på lokalen Kårestad.

Figure 2. A map of the premises used in the study and an illustration of how the parcels with stand type of 5/10 meters are laid out with pathways at Kårestad.

Samtliga parceller som finns med i studien har dimensioner om 30 * 30 meter med en 5 meter buffertzonen på samtliga sidor. För parcellerna med beståndstyp 4/9 meter gjordes KKG med 1 meters bredd samt 10 meters längd, och konventionell motormanuell röjning, med mål på 2000 stammar/ha efter åtgärd, där alla röjda stammar lämnades på plats. För KKG skapades två korridorer med gradtal på ungefär 90° samt 60 på var sida om stickvägarna. Detta resulterade i att totalt 4 stycken korridorer skapades på varje maskinposition. Maskinpositionerna inföll med 5,3 meters avstånd mellan varje position (Ahnlund Ulvcróna m.fl. 2017).

För parcellerna med beståndstyp 5/10 användes andra specifikationer vid åtgärdernas utförande. Vid låg- samt höggallring med KKG gjordes en mer selektiv form av korridorer där man valde ut de stråk där man skapade korridorerna. Vid låggallring gjordes korridorer med 1 meters bredd samt 10 meters längd där man riktade in sig mot att avverka de minsta träden.

Målet var att ha ett stamantal på 2000 stammar/ha med potential som huvudstammar. Två korridorer gjordes vid varje maskinposition med ett ungefärligt gradtal på 90° samt 60° med 5,3 meter mellan maskinpositionerna. Samma inställningar användes vid höggallring med KKG, med den skillnaden att man riktade avverkningen mot de större träden i parcellen. För konventionell selektiv gallring hade man som mål att avverka ner till ett stamantal på 2000 stammar/ha och med motormanuell för-röjning av de minsta träden som lämnades kvar i parcellen (Ahnlund Ulvcrona m.fl. 2017).

2.1.2 Objektiv systematisk inventering

Fältarbetet genomfördes fyra år efter försöksutläggning med en objektiv systematisk inventering i cirkelprovytor. Den första cirkelprovytan i varje parcell slumpades fram genom lottning. Övriga provytor lades ut efter ett ruttmönster med fasta förband utifrån den första provytans position. Cirkelprovytans radie uppgick till 5,64 meter vilket motsvarar en area på 100 m². Provytorna lades ut i fält genom noggrann passgång och mätning av horisontellt avstånd med måttband. I varje parcell lades totalt 4 stycken cirkelprovytor ut vilket motsvarar cirka 44 % av arealen i de enskilda parcellerna.

Förbanden för provytorerna beräknades enligt följande:

$$F=(A/n)^{0,5}$$

där

F = Förbandet

A = Arealen

n = Antalet önskade provytor

Lottning av första cirkelprovytan genomfördes utifrån en företeelse som var väl markerad ute i terrängen. För denna studie valdes den sydvästra hörnstolpen för varje enskild parcell som startpunkt. För att beräkna avstånd från startpunkten valdes två slumpvisa rektangulärfördelade slumpantal ut, (Sn och Sö), mellan 0 och 1. Genom att multiplicera Sn och Sö med provyteförbandet gavs avståndet i nordlig riktning samt östlig riktning.

$$Sn * F = An$$

$$S_0 * F = A_0$$

där

A_n = Avståndet i nordlig riktning

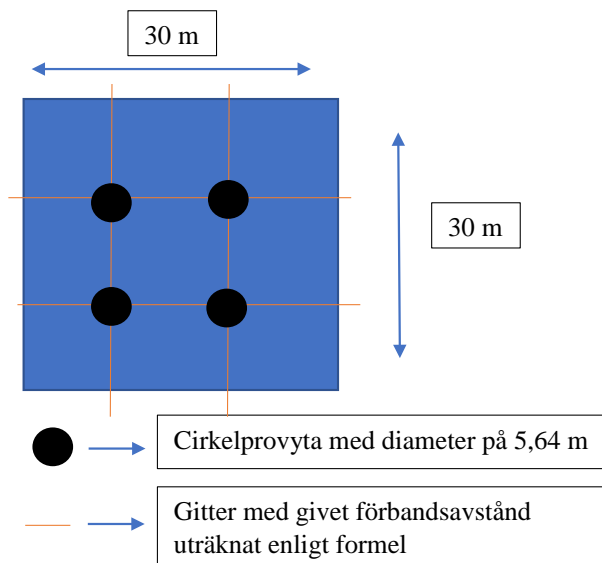
F = Förbandet

S_n = Slumpat rektangulärfördelat tal norr

A_0 = Avståndet i östlig riktning

S_0 = Slumpat rektangulärfördelat tal öst

På detta sätt så skapades ett gitter för samtliga parceller med ett givet förband (Figur 3). I och med att den första provytan slumpats fram genom lottning så hade samtliga träd som fanns med i parcellerna lika stor chans att räknas med i studien. Genom att dela in cirkelprovytorna i fjärdedelar kunde en ungefärlig uppskattning av stickvägsandel i provytan göras, detta för att ange hur stor andel av provytan som saknar vegetation. När en del av provytan lottades utanför parcellen användes spegling. Speglingen innebär att mätning av den del som hamnar utanför mättes dubbelt inne i parcellen.



Figur 3. Design för utläggning av provytor.

Figure 3. Design of sample plot spacing.

2.1.3 Trädata

Det trädata som mättes i varje cirkelprovyta var stamantal, brösthöjdsdiameter (dbh), höjd, krongränshöjd, abiotiska skador samt dubbel barktjocklek medan volym och trädslagsblandning beräknades i efterhand. Varje träd inom provytan klavades för att kunna dela in dem i diameterklasser samt för att kunna få fram volymen i de olika diameterklasserna. Även höjdmätning gjordes för att få fram en medelhöjd i parcellerna. Krongränshöjd samt dubbel barktjocklek mättes endast på träd >45mm i dbh. Detta gjordes för att kunna använda volymsberäkning av Bandel (1990). För stammar med dbh <45mm beräknas volymen enligt Anderssons (1954) formler för småträd.

Abiotiska skador på träd som finns i provytorna mättes efter typ av skada samt hur allvarlig skadan var. Snöskador är den vanligaste typ av skador upp till ungefär 7 meters höjd (Witzell m.fl. 2009). Detta innebär att toppbrott, böjda stammar samt kvistbrott var viktiga typer av skador som behandlats i studien. Detta gjordes eftersom flera av parcellerna innefattas eller har innefattats av träd i denna höjd efter behandling. Förutom dessa typer av skador har även vindfällin inräknats som skada vid utförande av åtgärd. Maskinella skador som skett vid utförande av åtgärd registrerades inte då det var svårt att identifiera denna typ av skada i bestånden. Skadetyper angavs efter en numrering där olika typer av skador motsvarar en specifik siffra.

2.2 Statistisk analys

I och med att det fanns två stycken olika beståndstyper i studien så har analyserna gjorts separat för beståndstyp 4/9 meter och 5/10 meter. För råddande studie gjordes först en analys med general linear model (GLM), för att undersöka om variablerna lokal och åtgärd påverkar beståndsutvecklingen för parcellerna där åtgärderna utförts. De variabler som analyserades var stamantal, trädslagsfördelning, stamvolym, brösthöjdsdiameter, medelhöjd, krongränshöjd, oskadad stamvolym och skadad stamvolym.

Skadorna analyserades även genom att dela in stammarna i diameterklasser för att identifiera vilken typ av stammar som hade högre kvantitet av skador samt vilken skadetyper som var mest förekommande.

För att kunna analysera eventuella skillnader mellan åtgärderna räknades ett medelvärde ut för de analyserade variablerna, vilka består av data från samtliga lokaler. Den analysmetod som sedan användes vid identifiering skillnader mellan parcellerna, där KKG hög, selektiv gallring och KKG låg med beståndstyp 5/10 meter utförts, var one-way ANOVA med tukey-test. De variabler som analyserades var stamantal, trädslagsblandning, medelstamvolym, brösthöjdsdiameter, medelhöjd, krongränshöjd, oskadad stamvolym och skadad stamvolym. För att analysera eventuella skillnader mellan åtgärderna KKG och röjning som använts i parcellerna med beståndstyp 4/9 meter användes däremot two sample t-test, eftersom det endast är två olika åtgärder som skall jämföras. Samma variabler analyserades med two sample t-test för parcellerna med beståndstyp 4/9 meter som de variabler som analyserades i one-way ANOVA för beståndstyp 5/10 meter.

Alla analyser gjordes med Minitab 17 med en signifikansnivå på fem procent.

2.2.1 Heurekaanalys

För att undersöka hur ekonomiska variabler påverkas vid en eventuell slutavverkning användes programvaran Heureka-PlanVis (Wikström m.fl. 2011). För att kunna analysera skillnader mellan de olika parcellerna användes Heurekas standardinställningar. PlanVis genererar flera skötselmetoder som är anpassade för att användaren skall kunna uppnå sin angivna målsättning med sitt skogsbruk. Den skötselmetod som genereras som nummer ett är enligt programmet den mest optimala skötselmetoden för användarens målsättning och det är dessa metoder som använts i analysen (Wikström m.fl. 2011). För rådande studie användes maximering av nuvärde som målsättning för att generera skötselmetoder. PlanVis utför gallringar enligt skogsstyrelsens gallringsmallar och slutavverkar bestånden då högsta möjliga nuvärde identifierats. Vid gallringar avverkades samtliga stammar över 4 cm dbh och maximal gallringsgrad sattes till 40 %. De variabler som analyserats för hela omloppstiden är gallringsvolym, slutavverkningsvolym, volym för timmer samt massaved för gallring och slutavverkning, antal gallringar, gallringstidpunkter, omloppstid, stamantal vid slutavverkning, nuvärde, totala kostnader samt totala nettovinster. För att skapa en övergripande bild över hur åtgärderna påverkar skötseln av bestånden gjordes även en analys över resultaten från de tidigare åtgärderna.

Vid denna analys beräknades kostnader för konventionell selektiv gallring för de skördare och skotare som användes vid försöken med hjälp av Sveriges Skogs- och Lantbruksarbetsgivares (SLA) bortsättningsunderlag.

Skördaren som användes vid åtgärderna i Kåtaberget och Ruskliden var en Valmet 901 och skotaren var en Ponsse Buffalo, och i området Villingsberg 1 och 2 samt Heda och Kårestad användes en skördare av typ Valmet 911 och en skotare av typ Ponsse Buffalo. Ackordspriserna användes sedan för att räkna ut kostnaderna för åtgärderna genom att multiplicera den uttagna volymen i m³fub/ha med kostnaderna/m³fub. När kostnaderna för KKG, KKG hög samt KKG låg räknats ut multiplicerades dem med ett medelvärde av den generella kostnadsskillnaden mellan konventionell selektiv gallring och krankorridorgallring, vilket enligt Bergström och Di Fulvio (2014) är mellan 12 – 27 % billigare. Kostnaden som användes för skötsel-åtgärden röjning var 4000 kr/ha, vilket är en genomsnittskostnad för denna typ av bestånd (Mattson 2017, pers. komm.). De variabler som angavs i bortsättningsunderlaget vid uträkning av ackordspris för skördare var medelstamsvolym, ytstruktur och lutning, kalkylpris, antal sortiment, stråklängd, depåavstånd, antal svåra träd, stamtäthet samt antalet underväxtstammar. De variabler som angavs i bortsättningsunderlaget vid uträkning av ackordspris för skotare var pålastning, skotarstorlek, lastvolym, skotaravstånd terräng, ytstruktur och lutning, basvägskörning, körhastighet basväg, sortiment, medelstamsvolym samt kalkylpriset. Vid beräkning av nettointäkter för dessa åtgärder användes samma prislista som använts vid Heureka-analysen. Den uttagna volymen för respektive åtgärd multiplicerades med priset per m³fub för att sedan beräkna nettointäkterna. Ett nuvärde beräknades för dessa åtgärder genom följande ekvation, där räntan sattes till 2,59 % efter önskemål från Sveaskog:

$$NV = \frac{R_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

Där

NV = Nuvärde

R = Intäkter

C = Kostnader

r = Ränta

t = Tid

3 Resultat

3.1 Beståndsutveckling fram till fyra år efter konventionell röjning eller gallring samt efter krankorridorgallring

GLM-analysen för KKG och röjning, i parcellerna med beståndstyp 4/9 meter, visar att det finns en signifikant påverkan gällande åtgärd för variablerna medelstamsvolym, dbh och medelhöjd (Tabell 1). Ingen påverkan från varken lokal eller åtgärd visades för övriga analyserade variabler. GLM-analysen för KKG hög, selektiv gallring och KKG låg visar att ingen påverkan från varken lokal eller åtgärd finns för någon av de analyserade variablerna (Tabell 2).

Resultaten från two sample t-testet för KKG och röjning, i parcellerna med beståndstyp 4/9 meter, verifierar att KKG har signifikant lägre värden gällande variablerna stamvolym, dbh och medelhöjd efter åtgärd jämfört med röjning (Tabell 3). Ingen signifikant skillnad kunde identifieras för någon av de övriga variablerna som analyserades. Ingen signifikant skillnad kan identifieras för stammar över 80 mm gällande någon av de analyserade variablerna. I resultaten från One-way ANOVA-analysen för KKG hög, selektiv gallring och KKG låg, i parcellerna med beståndstyp 5/10 meter, kan ingen signifikant skillnad identifieras, varken för samtliga stammar eller för stammar över 80 mm, för de analyserade variablerna.

GLM-analyserna för skadeförekomst visar ingen signifikans, varken för påverkan av lokal eller åtgärd, för beståndstyperna 4/9 respektive 5/10 meter (Tabell 1 - 2). Variansanalysen visar inte heller någon signifikans, varken

för konventionell röjning/gallring eller KKG-metoderna (Tabell 3). Resultaten visar på att störst kvantitet av skador återfinns bland de lägre diameterklasserna (Figur 4), samt att den skadetyper som förekommer i störst kvantitet är toppbrott (Figur 5).

Tabell 1. Resultat från GML-analys angående inverkan av lokal och åtgärd för bestånd med medel/dominerande höjd 4/9 m (röjning och KKG)
Table 1. Results from GLM-analyses regarding local and treatment impacts for stands with average/dominant height 4/9 m (pre-commercial thinning and BCT)

Medel/dominerande höjd 4/9 meter

Variabler	Frihetsgrader Alla träd	Frihetsgrader Dbh>80mm	F-värde Alla träd	F-värde Dbh>80mm	P-värde Alla träd	P-värde Dbh>80mm
Stamantal/ha						
Åtgärd	1	1	2,28	1,29	0,270	0,374
Lokal	2	2	0,50	3,65	0,668	0,215
Stamandel tall						
Åtgärd	1	1	0,19	0,51	0,707	0,551
Lokal	2	2	0,20	1,68	0,835	0,373
Stamandel gran						
Åtgärd	1	1	8,73	0,11	0,098	0,774
Lokal	2	2	4,30	3,16	0,189	0,240
Stamandel löv						
Åtgärd	1	-	3,81	-	0,190	-
Lokal	2	-	6,71	-	0,130	-
Medelstamsvolym						
Åtgärd	1	1	16,51	0,36	0,001	0,658
Lokal	2	2	1,15	0,52	0,339	0,608
Brösthöjdsdiameter (Dbh)						
Åtgärd	1	1	22,43	0,53	0,000	0,541
Lokal	2	2	0,14	0,53	0,874	0,654
Medelhöjd						
Åtgärd	1	1	20,69	0,30	0,000	0,639
Lokal	2	2	0,21	0,20	0,814	0,832
Krongränshöjd						
Åtgärd	1	1	0,02	0,05	0,905	0,847
Lokal	2	2	0,01	0,24	0,985	0,809
Oskadad stamvolym						
Åtgärd	1	1	2,46	0,39	0,257	0,598
Lokal	2	2	1,66	0,55	0,376	0,647
Skadad stamvolym						
Åtgärd	1	1	2,58	0,69	0,249	0,493
Lokal	2	2	32,49	1,67	0,030	0,375

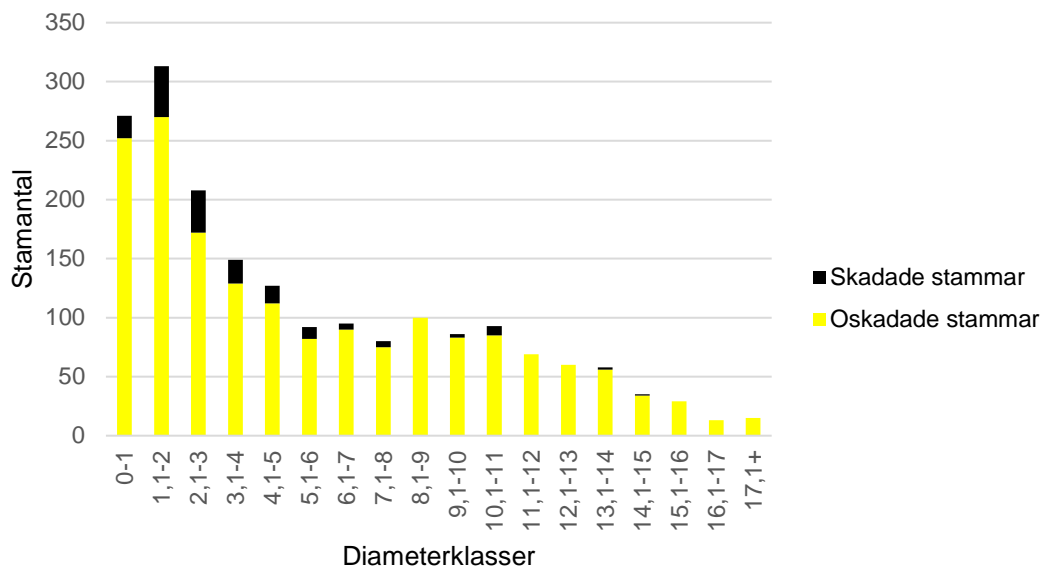
Tabell 2. Resultat från GLM-analys angående påverkan av lokal och åtgärd för bestånd med medel/dominerande höjd 5/10 m (KKG hög, konventionell selektiv gallring samt KKG låg) Table 2. Results from GLM-analyses regarding local and treatment impacts between stands with mean/dominant height 5/10 m (BCT-high, conventional selective thinning and BCT-low)

Medel/dominerande höjd 5/10 meter

Variabler	Frihetsgrader Alla träd	Frihetsgrader Dbh>80mm	F-värde Alla träd	F-värde Dbh>80mm	P-värde Alla träd	P-värde Dbh>80mm
Stamantal/ha⁻¹						
Åtgärd	2	2	3,08	4,91	0,155	0,084
Lokal	2	2	5,97	66,18	0,063	0,001
Stamandel tall						
Åtgärd	2	2	2,57	0,70	0,192	0,548
Lokal	2	2	29,36	27,45	0,004	0,005
Stamandel gran						
Åtgärd	2	2	4,17	1,40	0,105	0,345
Lokal	2	2	0,67	149,85	0,562	0,000
Stamandel löv						
Åtgärd	2	2	0,68	0,40	0,558	0,694
Lokal	2	2	8,08	0,40	0,039	0,694
Medelstamsvolym						
Åtgärd	2	2	3,70	0,2	0,123	0,829
Lokal	2	2	6,18	1,97	0,060	0,254
Brösthöjdsdiameter (Dbh)						
Åtgärd	2	2	3,34	0,34	0,140	0,426
Lokal	2	2	7,44	1,06	0,045	0,731
Medelhöjd						
Åtgärd	2	2	3,23	0,91	0,146	0,472
Lokal	2	2	5,75	1,27	0,067	0,374
Krongränshöjd						
Åtgärd	2	2	0,23	0,02	0,806	0,985
Lokal	2	2	6,39	3,37	0,057	0,139
Oskadad stamvolym						
Åtgärd	2	2	0,47	0,25	0,654	0,788
Lokal	2	2	3,67	1,38	0,124	0,350
Skadad stamvolym						
Åtgärd	2	2	3,38	1,69	0,138	0,294
Lokal	2	2	5,90	0,31	0,064	0,753

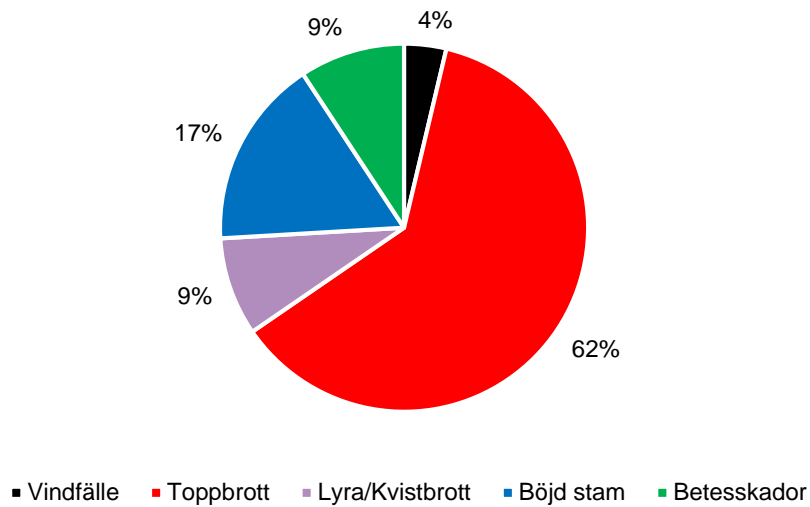
Tabell 3. Resultat av variansanalys för samtliga bestånd vid jämförande mellan skötselåtgärderna röjning och krankorridorgallring samt vid jämförande mellan åtgärderna låg krankorridorgallring, konventionell selektiv gallring och hög krankorridorgallring. De nedsänkta bokstäverna visar om det finns några signifikanta skillnader mellan skötselåtgärderna *Table 3. Results of variance analysis for all stands in comparison between the silvicultural measures PCT and BCT, and for comparison between BCT-low, Conventional thinning and BCT-high. The lowercase letters indicate if there are any significant differences between the management measures*

Variabler	Medel-/dominerande höjd 4/9 meter				Medel-/dominerande höjd 5/10 meter					
	Röjning		KKG		KKGhög		Selektiv		KKGlåg	
	Alla träd	Dbh > 80 mm	Alla träd	Dbh > 80 mm	Alla träd	Dbh > 80 mm	Alla träd	Dbh > 80 mm	Alla träd	Dbh > 80 mm
Stamantal (st/ha)	2433 _a	933 _a	3442 _a	800 _a	3542 _a	942 _a	1892 _a	942 _a	2942 _a	867 _a
Stamandel Tall (%)	63 _a	88 _a	49 _a	89 _a	35 _a	62 _a	48 _a	70 _a	46 _a	67 _a
Stamandel Gran (%)	23 _a	12 _a	31 _a	11 _a	40 _a	37 _a	22 _a	29 _a	30 _a	33 _a
Stamandel Lö- vträd (%)	14 _a	0 _a	19 _a	0 _a	25 _a	1 _a	29 _a	1 _a	24 _a	0 _a
Medelstamsvolym (m ³ pb)	0,025 _a	0,050 _a	0,014 _b	0,046 _a	0,022 _a	0,072 _a	0,037 _a	0,069 _a	0,024 _a	0,068 _a
Volym per ha ⁻¹ (m ³ pb)	58,2	46,8	46,2	37,0	74,4	66,1	68,5	65,0	68,3	59,0
Brösthöjdsdiame- ter(Dbh) (cm)	7,1 _a	11,2 _a	4,6 _b	10,8 _a	5,0 _a	11,9 _a	7,2 _a	11,9 _a	5,7 _a	11,7 _a
Medelhöjd (m)	6,3 _a	8,7 _a	4,6 _b	8,6 _a	5,4 _a	10,7 _a	7,3 _a	11,2 _a	6,1 _a	10,8 _a
Krongränshöjd (m)	2,4 _a	3,6 _a	1,3 _a	3,6 _a	1,8 _a	5,1 _a	2,8 _a	4,8 _a	2,2 _a	5,1 _a
Stamvolym os- kadad (m ³ pb)	6,95 _a	5,49 _a	5,54 _a	4,40 _a	8,93 _a	7,89 _a	8,23 _a	7,49 _a	8,19 _a	6,88 _a
Stamvolym ska- dad (m ³ pb)	0,16 _a	0,12 _a	0,12 _a	0,04 _a	0,16 _a	0,05 _a	0,37 _a	0,31 _a	0,31 _a	0,20 _a
Andel skadad volym (%)	2,2 _a	2,0 _a	2,1 _a	0,9 _a	1,8 _a	0,6 _a	4,3 _a	3,9 _a	3,6 _a	2,8 _a



Figur 4. Antal skadade och oskadade stammar i olika diameterklasser för samtliga bestånd.

Figure 4. Number of damaged and undamaged stems in different diameter classes for all stands.



Figur 5. Andelen skadade stammar i parcellerna fördelat på typ av skada.

Figure 5. The proportion of damaged stems in the parcels distributed by type of damage.

3.2 Analys Heureka PlanVis

Heureka-analysen resulterade i olika skötselprogram för de olika skötselåtgärderna på respektive lokal. Resultatet från analysen i Ruskliden och Kåtaberget, fram till och med att åtgärden utfördes, visar på att högst nuvärde och nettointäkt gavs vid KKG hög (Tabell 4). Vid Villingsberg (Tabell 5) visade analysen däremot att högst nuvärde och nettointäkt gavs med KKG låg och analysen för Heda och Kårestad (Tabell 6) visade att högst nuvärde gavs med KKG men högst nettointäkt gav KKG hög.

Resultatet för analysen i Kåtaberget samt Ruskliden visar på att högsta uppnådda nuvärde totalt för hela omloppstiden ges i parcellen där åtgärden KKG hög utfördes, medan högst nettointäkt ges från skötselåtgärden röjning. Även antalet gallringar efter den första åtgärd skiljer sig mellan de olika parcellerna, då parcellerna där selektiv gallring samt KKG låg utfördes inte fick några fler gallringar under omloppstiden. Även den totala avverkade volymen skiljer sig mellan de olika parcellerna där den största avverkade volymen återfinns i parcellen där skötselmetoden KKG utfördes.

Analysen av skötselprogrammen för parcellerna placerade i Villingsberg visar på högst nuvärde för parcellen där skötselprogrammet KKG hög utfördes, och generellt återspeglas de högre nuvärdena i de parcellerna där KKG hög, selektiv gallring samt KKG låg utförts. Även nettointäkten är högst i parcellen där KKG hög utförts och det visar samma trend som för nuvärdet genom att nettointäkterna är högre för samtliga parceller där KKG hög, selektiv gallring samt KKG låg utförts, och detsamma gäller de avverkade volymerna.

Resultatet av analysen för de olika skötselprogrammen i lokalerna Heda och Kårestad visar att högst nuvärde återfinns i parcellen där KKG utfördes. Även nettointäkterna över hela omloppstiden är störst i parcellen där KKG användes. Däremot den största avverkade volymen finns i parcellen som röjdes.

Tabell 4. Resultat från Heureka-analys angående uttag och ekonomi över en omloppstid för parcellerna i lokalerna Kåtaberget och Ruskliden
Table 4. Results from the Heureka-analysis regarding harvested volumes and economy over a rotation period for the parcels at Kåtaberget and Ruskliden

Variabler	Medel/dominerande höjd 4/9		Medel/dominerande höjd 5/10		
	Röjning	KKG	KKG Hög	Selektiv Gallring	KKG Låg
Fram t.om. första röjning/gallringsåtgärd					
Ståndortsindex	T20	T20	T21	T21	T21
Avverkad volym (m ³ fub)	10,56	15,84	52,8	50,16	27,28
Beståndsålder vid åtgärd	25	25	35	35	35
Nuvärde (ränta 2,59 %)	-2 111	1 242	3 207	1 685	1 657
Kostnader (SEK)	4 000	4 486	14 953	17 537	7 725
Netto (SEK)	-4000	2 354	7 847	4 123	4 055
Från första röjning/gallringsåtgärd					
Avverkad vol. gallring(m ³ fub)	83,6	90,8	42,9	0	0
Gallringsvol. timmer(m ³ fub)	31,1	30,3	13,8	0	0
Gallringsvol. massaved	52,4	60,5	29,1	0	0
slutavv.vol. (m ³ sk)	275,3	274,7	269,8	257,3	249,7
Slutavv.vol. timmer (m ³ fub)	201,6	191,8	177	152,7	141,6
Slutavv.vol. massaved (m ³ fub)	73,7	82,9	92,8	104,6	108,1
Antal gallringar (st)	2	2	1	0	0
Gallringstidpunkt 1a gallring	41	46	56	-	-
Gallringstidpunkt 2a gallring	61	66	-	-	-
Omloppstid	81	86	86	81	81
Stammantal vid slutavverkning	846	945	1 242	1 256	1 384
Nuvärde (ränta 2,59 %)	25 885	21 574	22 365	21 334	20 151
Kostnader (SEK)	31 104	33 426	30 115	19 034	19 614
Netto (SEK)	90 551	84 792	71 180	60 783	57 275
Totalt					
Avverkad Volym (m ³ fub)	369,46	381,34	365,5	307,46	276,98
Nuvärde (ränta 2,59%)	23 774	22 816	25 572	23 019	21 808
Kostnader (SEK)	35 104	37 912	45 068	36 571	27 339
Netto (SEK)	90 551	87 146	79 027	64 906	61 330

Tabell 5. Resultat från Heureka-analys angående uttag och ekonomi över en omloppstid för parcellerna i lokalerna Villingsberg 1 och 2
 Table 5. Results from the Heureka-analysis regarding harvested volumes and economy over a circulation time for the parcels at Villingsberg 1 and 2

Variabler	Medel/dominerande höjd 4/9		Medel/dominerande höjd 5/10		
	Röjning	KKG	KKG Hög	Selektiv Gallring	KKG Låg
Fram t.om. första röjning/gallringsåtgärd					
Ståndortsindex	T26	T26	T25	T25	T25
Avverkad volym (m ³ fub)	8,8	12,32	67,76	42,24	99,44
Beståndsålder vid åtgärd	20	20	22	22	22
Nuvärde (ränta 2,59 %)	-2 399	961	5 024	1 429	7 373
Kostnader (SEK)	4 000	4 589	25 237	15 732	37 036
Netto (SEK)	-4000	1 603	8 818	2 508	12 940
Från första röjning/gallringsåtgärd					
Avverkad vol. gallring(m ³ fub)	76,65	35,7	98,8	61,5	39,9
Gallringsvol. timmer(m ³ fub)	54,95	13,8	42,4	34	7,8
Gallringvol. massaved (m ³ fub)	21,7	21,9	56,4	27,5	32,1
slutavv.vol. (m ³ fub)	313,57	308,4	325,8	317,4	336,8
Slutavv.vol. timmer (m ³ fub)	99,97	210,8	233,7	231,7	207,5
Slutavv.vol. massaved (m ³ fub)	213,6	97,6	92,1	85,7	129,3
Antal gallringar (st)	2	1	2	1	1
Gallringstidpunkt 1a gallring	36	51	38	58	43
Gallringstidpunkt 2a gallring	51	-	58	-	-
Omloppstid	66	66	78	73	78
Stammantal vid slutavverkning	1 114	75	1 204	660	1 468
Nuvärde (ränta 2,59 %)	28 366	26 850	31 179	34 350	25 211
Kostnader (SEK)	38 573	27 377	42 599	25 118	34 764
Netto (SEK)	95 417	90 218	107 834	102 330	88 915
Totalt					
Avverkad Volym (m ³ fub)	399,02	356,42	492,36	421,14	476,14
Nuvärde (ränta 2,59 %)	25 967	27 811	36 203	35 779	32 584
Kostnader (SEK)	42 573	31 966	67 836	40 850	71 800
Netto (SEK)	95 417	91 821	116 652	104 838	101 855

Tabell 6. Resultat från Heureka-analys angående uttag och ekonomi över en omloppstid för parcellerna i lokalerna Heda och Kårestad
 Table 6. Results from the Heureka-analysis regarding harvested volumes and economy over a circulation time for the parcels at Heda and Kårestad

Variabler	Medel/dominerande höjd 4/9		Medel/dominerande höjd 5/10		
	Röjning	KKG	KKG Hög	Selektiv Gallring	KKG Låg
Fram t.om. första röjning/gallringsåtgärd					
Ståndortsindex	G22	G22	T24	T24	T24
Avverkad volym m ³ fub/ha	17,6	26,4	27,28	33,44	22
Beståndsålder vid åtgärd	13	13	26	26	26
Nuvärde (ränta 2,59 %)	-2 943	2 528	1 873	1 047	1 511
Kostnader (kr/ha)	4 000	7 964	8 230	12 455	6 637
Netto (SEK)	-4000	3 436	3 550	1 985	2 863
Från första röjning/gallringsåtgärd					
Avverkad volym gallring(m ³ sk)	71	56,2	44,3	56,6	71,6
Gallringsvolym timmer(m ³ sk)	20,3	14	13	21,9	30,5
Gallringsvolym massaved	50,7	42,2	31,3	34,7	41,1
slutavv.volym (m ³ sk)	485,6	487	386	363	351,3
Slutavv.volym timmer (m ³ fub)	346,7	344,1	274	259,4	247,4
Slutavv.volym massaved (m ³ fub)	138,9	142,9	112	103,6	103,9
Antal gallringar (st)	1	1	1	1	1
Gallringstidpunkt 1a gallring	39	34	51	51	56
Gallringstidpunkt 2a gallring	-	-	-	-	-
Omloppstid	69	69	76	71	76
Stammantal vid slutavverkning	1 093	1 191	1 110	906	1 054
Nuvärde (ränta 2,59 %)	45 734	43 553	39 226	44 418	38 564
Kostnader (SEK)	38 085	39 986	31 399	29 632	32 883
Netto (SEK)	154 243	150 990	120 765	118 969	115 859
Totalt					
Avverkad Volym (m ³ fub)	574,2	569,6	457,58	453,04	444,9
Nuvärde (ränta 2,59%)	42 791	46 081	41 099	45 465	40 075
Kostnader (SEK)	42 085	47 950	39 629	42 087	39 520
Netto (SEK)	154 243	154 426	124 315	120 954	118 722

4 Diskussion

4.1 Resultat

Resultaten från analysen av skillnader mellan röjning och KKG visar på att man får signifikant lägre medelstamsvolym efter KKG jämfört med röjning (Tabell 1 & 3), vilket är intressanta resultat. Olika former av schematiska korridorgallringar har visat tendens till att ge bestånden en minskad voly-
mtillväxt (Mäkinen m.fl. 2006) medan studien av Karlsson m.fl (2012) har visat på att dessa variabler snarare borde vara högre för parcellerna där KKG utförts än parcellerna som röjts. Resultaten visar även att man får signifikant lägre dbh och medelhöjd efter KKG jämfört med röjning i beståndstypen 4/9 meter. Att det finns skillnader inom dessa två variabler skulle kunna bero på att man vid KKG inte tar samma hänsyn till vilka stammar som har högsta utvecklingspotential, vilket man däremot gör vid röjning. Studien visar, vid jämförandet av KKG hög, KKG låg samt konventionell selektiv gallring, att inga signifikanta skillnader finns för de variabler som analyserats (Tabell 2 & 3). Detta kan förklaras med att studien är en första revision av projektet och att åtgärderna gjordes för endast fyra år sedan, vilket skulle kunna vara en orsak till att inga större skillnader kan urskiljas mellan åtgärderna.

Enligt Ahnlund Ulvcrona m.fl. (2017) fanns det en signifikant skillnad i andel lövträdsflag mellan KKG och röjning i beståndstypen 4/9 meter direkt efter åtgärd. Däremot i beståndstypen 5/10 meter, som gallrats med KKG hög, KKG låg och selektiv gallring, fanns inga signifikanta skillnader i andel lövträdsflag.

Resultaten i rådande studie visar däremot att det inte finns någon signifikant skillnad i andel lövträdsdrag fyra år efter åtgärd, för varken beståndstyp 4/9 meter eller beståndstyp 5/10 meter. Detta skulle kunna förklaras med att nya lövstammar kan ha etablerats i röjningsbestånden samt vart provytorna har slumpats fram. Om provytor slumpas fram där få lövträdsdrag funnits, jämfört med barrträdsdrag, för KKG-parcellerna så ger det effekt på resultatet.

I och med att man gallrar genom att skapa korridorer sparas ofta grupper av stammar som står och växer tillsammans, medan vid röjning samt selektiv gallring friställs stammarna. Att inga signifikanta skillnader finns mellan åtgärderna gällande stamantal är därför ett oväntat resultat. Det finns en skillnad mellan dem, men den är inte tillräckligt stor för att vara signifikant. Detta kan bero på att KKG kan fungera som en mer selektiv metod, jämfört med schematisk gallring, där man flexibelt kan välja hur bestånden skall se ut efter åtgärden (Bergström 2009).

Enligt Valinger m.fl (1994) och Päätaalo m.fl. (1999) ökar risken för skador vid friställande av klenare stammar, framförallt i form av snöbrott. Vid analysen över förekomsten av skador kan ingen signifikant skillnad identifieras mellan de olika skötselåtgärderna (Tabell 1 – 3), trots att det finns ett stort antal klena stammar inom parcellerna. Skillnader i skadeförekomst kan bero på flera olika anledningar, till exempel så kan stormar och snöintensitet variera beroende på vart i Sverige bestånden befinner sig vilket även kan påverka intensiteten av skador. De skador som identifierats i denna studie finns framförallt i de lägre dimensionerna (Figur 3), och den vanligaste förekommande skadetyper är toppbrott (Figur 4), vilket stämmer överens med det som presenterades av Valinger m.fl (1994) och Päätaalo m.fl (1999).

Resultaten från Heurekaanalysen visar prognostiserade resultat i form av åtgärdernas utfall och tidpunkter för dess utföranden. Resultaten av analysen (Tabell 4 - 6) bör ses som en prognos över hur skogen kan se ut i framtiden och inte som faktiska framtida värden. Det enda sättet att veta vilka exakta resultat KKG-metoderna ger för de olika variablerna är att faktiskt utföra dem i verkligheten. Om de skötselprogram som genererats från Plan-Vis är de mest optimala skötselprogrammen för bestånden kan variera beroende på vilka målsättningar som sätts för brukandet av skogen.

De variabler som är av högst intresse för studien är nuvärde och nettointäkter för respektive parcell under omloppstiden. Resultatet för de parceller som är benägna i norr visar att högsta nuvärdet ges i parcellen där KKG hög gjorts i beståndstypen 5/10 meter, medan högst nuvärde för beståndstypen 4/9 meter ges i parcellen där röjning använts. Det förväntade resultatet att de parceller där KKG utförs skulle ha högre nuvärde än parcellerna som röjt, eftersom röjning är en skötselåtgärd där inga intäkter genereras vid utförandet. Anledningen till att parcellen har så högt nuvärde skulle kunna bero på att kostnaden, som användes i studien, för röjning i dessa typer av bestånd är baserat på generella kostnader för denna typ av bestånd. Kostnaderna för röjning har generellt ökat över tiden och mycket av detta beror på att ungsbogen består av fler stammar än det gjorde förut (Pettersson m.fl. 2012). Att nettointäkterna är högst för parcellen där röjning utfördes skulle kunna bero på dess ålder jämfört de högre och äldre bestånden. I och med att denna skötselåtgärd görs för att öka produktionen i ett tidigare stadium så har stammarna en längre period på sig att utvecklas utan konkurrens, jämfört med de bestånd där skötselåtgärder gjordes senare. Detta trots att parcellen där KKG utfördes har en större avverkad volym än röjning, vilket skulle kunna förklaras med att det lämnades fler stammar efter åtgärden vilket ger en högre konkurrens (Pettersson m.fl. 2012). Om man ser på resultaten till och med utförande av åtgärd så visar resultaten att KKG låg har hälften så låga kostnader som KKG hög har, vilket beror på att uttaget var större för KKG hög än KKG låg. I och med att kostnaderna är beräknade med kostnad/m³fub så ökar kostnaderna med ökat uttag av volym.

Heurekaanalysen för parcellerna på lokalen Villingsberg visar, till skillnad från övriga lokaler, högre värden inom nuvärde för samtliga parceller med beståndstyp 5/10 meter och högst nuvärde har KKG hög. En anledning till

detta kan vara att större volymer avverkades vid första åtgärden i parcellerna KKG hög samt selektiv gallring, vilket genererar i större intäkter. De avverkade volymerna för parcellerna, sett över hela omloppstiden, skiljer sig också kraftigt mellan beståndstyperna 4/9 och 5/10, vilket avspeglar sig i nettointäkterna. Anledningen till att det finns så stora skillnader kan förklaras med att de stora uttagen av volymer gör så att de kvarvarande stammarna får en ökad tillväxt senare under omloppstiden (Agestam 2015).

Analysen för Heda och Kårestad visar att högst nuvärde återfinns i parcellen där skötselmetod KKG utförts. Detta är, precis som för de övriga parcellerna på andra lokaler, förväntade resultat i och med att KKG åtgärder resulterar i intäkter. Även de högsta nettointäkterna ges i parcellen där KKG utfördes, vilket kan förklaras med att åtgärderna, i beståndstyp 4/9, gjordes när bestånden var yngre jämfört med beståndstypen 5/10.

Skillnaden i nettointäkter mellan röjning och KKG är marginell vilket styrker att detta är orsaken till skillnaderna mellan beståndstyperna 4/9 och 5/10 parcellerna. Det kan även vara förklaringen till den stora skillnaden i avverkade volymer.

Kostnaderna för samtliga analyser innefattar inte kostnader för eventuella för-röjningar som kan behövas vid nästkommande åtgärd. Hur vida det kommer att krävas någon för-röjning vid kommande åtgärd kan bero på vilka trädslag som växer i parcellerna och hur lång tid det är mellan åtgärderna. Om det växer pionjärträdslag så kommer en större del av de mindre stammarna att dö av konkurrens, men om det däremot växer mycket av sekundärträdslag kan för-röjning behövas. Om den andra åtgärden görs tidigt efter KKG finns risken att de mindre träden inte hunnit dö och även då kan för-röjning behövas. Dessutom så visar resultaten att högst skadeintensitet finns i de lägre stamdimensionerna vilket kan göra att de stammar som kan behöva röjas bort innan nästkommande åtgärd hinner dö.

4.2 Styrkor och svagheter

En av de styrkor som studien har är att analyserna baseras på relativt stora datamängder. Genom att lägga ut minst fyra stycken provytor i varje parcell kunde totalt 400 m² av parcellerna inventeras. Detta resulterar i att analyserna bör stämma relativt bra överens med hur bestånden faktiskt ser ut.

För att få en bättre blick över hur bestånden utvecklats över tid skulle en totalinventering av parcellerna kunna vara mer önskvärdt. Om en totalinventering gjorts skulle mer konkreta skillnader mellan bestånden kunna urskiljas. Att göra en sådan inventering av samtliga 15 parceller är emellertid mycket tidskrävande, vilket gjorde att ett alternativt inventeringssystem valdes. Det hade även varit en fördel om fler inventerare gemensamt kunnat samla in data, då det tog lång tid och vissa felmätningar kan uppstått vid investeringstillfällena. Felmätningarna kan till exempel vara att klavningshöjd av trädstammar inte alltid gjordes på exakt 1,3 meters höjd, trots att detta var målet.

I och med att PlanVis genererar olika skötselmetoder för olika mål är det svårt att förutsäga hur parcellerna kommer att se ut i framtiden. För att kunna se variationer mellan skötselmetoder skulle det varit fördelaktigt om flera analyser kunnat göras med andra målsättningar för att se eventuella skillnader mellan dem. Det hade även varit en stor fördel om det funnits möjlighet till att använda mer reala kostnader för de skötselåtgärder som gjordes först, istället för att endast basera beräkningarna på de generella procentuella skillnaderna för KKG och konventionell selektiv gallring. Styrkan med Heurekaanalysen är framförallt att programmet innefattas av tillväxtmodeller som inte tar hänsyn till hur skogen sköts tidigare, utan utgår från det nuvarande tillståndet och hur det skall skötas i framtiden för att nå användarens målsättning. Detta gör att vi kan se hur liknande bestånd, som de som använts i studien, kommer att kunna utvecklas över tid.

4.3 Praktisk tillämpning och fortsatt utveckling

För att verkligen kunna se hur bestånden utvecklar sig och för att identifiera direkta skillnader på röjning, selektiv gallring och KKG så bör fler studier genomföras längre tid efter att röjning/gallring och KKG-åtgärderna utförts. Om man även jämför användningen av KKG med att inte röja alls, så kommer förmodligen tillväxten att öka för huvudstammar och lönsamheten kommer att öka i slutändan. Enligt tidigare studier av Ahnlund Ulvcróna (2011) är det möjligt att ta ut biomassa ifrån yngre bestånd med hög stamtäthet och ändå ha kvar tillräckligt med träd med potential att bli huvudstammar vid framtida åtgärder, vilket även denna studie tyder på. Dessutom ökar produktiviteten enligt Sängstuvall m.fl. (2012) om man kan avverka flera träd samtidigt genom KKG jämfört med selektivt avverkade träd, framförallt i täta bestånd med mindre stammar. Eftersom det enligt

riksskogstaxeringen finns stora mängder ungskog med akut röjningsbehov skulle alltså KKG kunna vara en potentiell skötselmetod för att skörda biomassa istället för att röja.

Om framtida studier kan visa på att KKG genererar fullgoda bestånd som kan ge flera olika former av nytta, både ekonomiska och ekologiska, så bör även fortsatt forskning kring hur man så effektivt som möjligt skall kunna använda KKG. Att dessutom ha ett bestånd där ingen åtgärd görs skulle också vara intressant för att försöka identifiera vilka nyttor KKG skulle göra jämfört med att inte bedriva någon skötsel alls. Det vore även intressant att undersöka hur de ekologiska värdena skiljer sig över tid för bestånd som gallrats med KKG, samt vilka större ekologiska nyttor denna skötselmetod kan föra med sig. Vissa ekologiska nyttor kan ses som självklara, som till exempel att fler träarter har möjlighet att finnas i bestånden, men det kan finnas fler som nyttor som också bör undersökas.

4.4 Slutsatser

Under den fyraårsperiod som gått sedan åtgärderna utfördes har bestånden varit som mest utsatta för skaderisker och bör nu börja återhämta sig från störningen. Därför kan slutsatsen dras utifrån denna studie att det inte finns några direkta skillnader i skadeeffekter mellan KKG -metoderna och de mer konventionella skötselmetoderna som används idag. Man kan även dra slutsatsen att det är ekonomiskt fördelaktigt vid första åtgärden att använda sig av KKG jämfört med röjning både gällande uttag, nuvärde och nettointäkter, vilket kan fungera som en motivation för skogsägare att bli mer aktiva i sitt brukande av skog. KKG kan ge möjligheter att styra sitt skogsbruk utifrån en ökad biodiversitet i sina skogar i och med att man kostnadseffektivt kan skapa mer komplex beståndsstruktur och kanske ha fler stammar att nyttja under en omloppstid.

Referenslista

Agestam E. (2015) Skogsskötselserien nr 7 – Gallring. Skogsstyrelsens förlag. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-7-gallring.pdf>

Ahnlund Ulvcrona K. (2011) Effects on silvicultural treatments in young Scots pine-dominated stands on the potential for early biofuel harvest. Doktorsavhandling Sveriges Lantbruksuniversitet 2011:79. Pdf [Online] Tillgänglig: https://pub.epsilon.slu.se/8300/4/Ahnlund_Ulvcrona_110830.pdf

Ahnlund Ulvcrona K., Bergström D., Bergsten U. (2017) Stand structure after thinning in 1-2 m wide corridors in young dense stands. *Silva Fennica* 51(3): 1563. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://www.silvafennica.fi/pdf/article1563.pdf>

Ahnlund Ulvcrona K., Karlsson L., Bergström D., Backlund I., Bergsten U., (2015) Beslutsstöd för produktion v biomassa och uttag av bioenergi i unga skogar. Arbetsrapport, Pdf [Online] Tillgänglig: https://pub.epsilon.slu.se/13058/1/ulvcrona_k_etal_160226.pdf

Andersson S.-O. (1954) Funktioner och tabeller för kubering av småträd [Functions and tables for measuring the volume]. Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut 44(12). Pdf [Online] Tillgänglig: https://pub.epsilon.slu.se/9981/1/medd_statens_skogsforskningsinst_044_12.pdf

Anon. (2008) En sammanhållen klimat- och energipolitik – Energi [A united climate- and energy policy]. Regeringens proposition 2008/09:163. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://data.riksdagen.se/fil/B22DDC32-113F-4B4C-8621-82F87AFB2EB7>

Anon. (2009) Direktiv 2009/28/EC om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/EG. Pdf [Online] Tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>

Anon. (2017) Skogsdata 2017. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från rikssogstaxeringen. ISSN: 0280-0543. Pdf [Online] Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2017.pdf

Backlund I., Karlsson L., Mattsson L., Bergsten U. (2014) Biorefinery product potentials using tree biomass as feedstock- A survey on opportunities and threats to the new products industry. Biomass and Bioenergy 70: 207-216. Pdf [Online] Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953414003973>

Bergström D. (2009) Techniques and systems for boom-corridor thinning in young dense forests. Doktorsavhandling Sveriges lantbruksuniversitet, 2009:87, 53 pp. Pdf [Online] Tillgänglig: https://pub.epsilon.slu.se/2154/1/Dan_B_Thesis.pdf

Bergström D., Di Fulvio F. (2014) Comparison of the costs and energy efficiencies of present and future biomass supply systems for young dense forests. Scandinavian Journal of Forest Research 29(8): 793-812. Pdf [Online] Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827581.2014.976590>

Brandell G. Volume functions for individual trees; Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pendula* & *Betula pubescens*). Rapport – Institutionen för Skogsproduktion, SLU 1990 No.26 pp. 183 pp.

Egnell G. (2013) Skogsskötselserien nr 17, Skogsbränsle. Skogsstyrelsens förlag. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-17-skogsbransle.pdf>

Energimyndighetens energidatabas (2015) Produktion av oförädlade skogsbränslen 2015. Statens energimyndighet ES 2016:05. Pdf [Online] Tillgänglig: <file:///C:/Users/Jonatan/Downloads/Produktion%20av%20of%C3%B6r%C3%A4dlade%20tr%C3%A4dbr%C3%A4nslen%202015.pdf>

- Fernandez-Lacruz R., Di Fulvio F., Athanassiadis D., Bergström D., Nordfjell T. (2015) Distribution, characteristics and potential of biomass-dense thinning forests in Sweden. *Silva Fennica* 49(5) 1377. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://silvafennica.fi/article/1377>
- Grandin U. (2004) Miljöövervakning för att studera effekter av den eventuella klimatförändringen. Diarienumr 721-3447-04Mn. Pdf [Online] Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A657950&dsid=7985>
- Götmark F., Fridman J., Kempe G., Norden B. (2005) Broadleaves tree species in conifer-dominated forestry: Regeneration and limitation of saplings in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 2014 (2005) 142 – 157. Pdf [Online] Tillgänglig: http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0ahUKEwiS5rj_tLvXAhWhYpoKHS2-A7cQFgg2MAY&url=http%3A%2F%2Fbioenv.gu.se%2FdigitalAssets%2F1569%2F1569528_broadleaved-tree-species-in-conifer-dominated-forestry.pdf&usq=AOvVaw1MGqLR_qy_AXufBaQ8Lk4E
- Hallsby G. (2008) Nya tiders skog, skogsskötsel för ökad tillväxt. 223pp, LRF Skogsägarna.
- Iwarsson Wide M., Belbo H. (2009) Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag i mycket klen skog. Arbestrappport skogforsk nr 709. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/3f907274c5814a4f94e931ba375e7554/arbetsrapport-709-2010.pdf>
- Karlsson L. (2013) Silvicultural regimes and early biomass thinning in young, dense pine stands. Doktorsavhandling Sveriges Lantbruksuniversitet 2013:90 67 pp. Pdf [Online] Tillgänglig: https://pub.epslu.se/10885/1/karlsson_1_131105.pdf
- Karlsson L., Bergsten U., Ulvcröna T., Elfving B. (2012) Long-term effects on growth and yield of corridor thinning in young *Pinus sylvestris* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28(1): 28-37. Pdf [Online] Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02827581.2012.702222?needAccess=true>
- Lundmark R. (2006) Cost structure of and competition for forest-based biomass. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(3): 272-280. Pdf [Online] Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02827580600688251?needAccess=true>

McElhinny C., Gibbons P., Brack C., Bauhus J. (2005) Forest and woodland stand structural complexity: its definition and measurement. *Forest Ecology and Management* 2018(1-3): 1-24. Pdf [Online] Tillgänglig: https://ac.els-cdn.com/S0378112705005001/1-s2.0-S0378112705005001-main.pdf?_tid=5e981100-1319-11e8-9500-00000aacb35e&ac-dnat=1518786212_2e116ce55417d0ed1700bab0bf0f3d31

Mäkinen H., Isomäki A., Hongisto T. (2006) Effect of half-systematic and systematic thinning on increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 79(1): 103-121. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://academic.oup.com/forestry/article/79/1/103/591159/Effect-of-half-systematic-and-systematic-thinning>

Normark, E. (2011). Riktlinjer för uthålligt skogbruk. 4. Ed. Örnsköldsvik: Holmen skog. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://www.holmen.com/sv/skog/om-holmens-skogar/hansynsplaner3/>

Pape R. (1999) Effects of thinning regime on the wood properties and stem quality of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14(1): 38-50. Pdf [Online] Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02827589908540807?need-Access=true>

Pettersson N., Fahlvik N., Karlsson A. (2012) Skogsskötselserien nr 6, Rökning. Skogsstyrelsens förlag. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-6-rokning.pdf>

Roos S. (2012) Livscykelanalys av Tencelfiber (LCA for tencel fibres). Rapport. Pdf [Online] Tillgänglig: http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjR_ca3LvXAhXCE5oKHecbB8AQFggoMAE&url=http%3A%2F%2Fmistrafuturefashion.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F12%2FD2.2a-Rapport-Livscykelanalys-Tencel-Swerea-IVF.pdf&usq=AOvVaw1tSPQoAZMKVAKWLNbfBiaG

Sveriges statistik skog (2014) Skogsstyrelsen. Hemsida [Online] Tillgänglig: http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas_Bruttoavverkning/JO0312_4_20160831.px/table/tableViewLayout2/?rxid=a6819262-3f5f-4ee9-b0f3-15984a277a41

Sängstuvall L., Bergström D., Lämås T., Nordfjell T. (2011) Simulation of harvester productivity in selective and boom-corridor thinning of young forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27(1): 56-73. Pdf [Online] Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827581.2011.628335>

Valinger E., Lundqvist L., Brandel G. (1994) Wind and snow damage in a thinning and fertilisation experiment in *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9(1-4): 129-134. Rapport [Offline] Tillgänglig: Sveriges lantbruksuniversitet.

Wikström P., Edenius L., Elfving B., Eriksson L-O., Lämås T. (2011) Mathematical and Computational Forestry and Natural Resources Science; Athens Vol. 3, ISS 2, sid 87 – 95. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://search.proquest.com/docview/1565497147?pq-origsite=gscholar>

Witzell J., Barklund P., Bergquist J., Berglund M., Bernhold A., Blenow 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) Skogsskötselserien nr 12, Skador på skog. Pdf [Online] Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/bruka-skog/skogsskador/skogsskotselserien---skador-pa-skog.pdf>

Personlig kommunikation

Mattsson, Stefan. Skogsskötselexpert, Sveaskog, Umeå. (2017).