

Plantors och trädets tillväxt efter schackrutehuggning och i konventionellt trakthyggesbruk

*Seedling and tree growth after Chequered-Gap-Shelterwood-Cutting
and in conventional clear-cutting system*



(Emma Borgstrand 2013)

Emma Borgstrand



Examensarbeten

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2014:23

Plantors och träds tillväxt efter schackrutehuggning och i konventionellt trakthyggesbruk

*Seedling and tree growth after Chequered-Gap-Shelterwood-Cutting
and in conventional clear-cutting system*

Emma Borgstrand

Nyckelord / Keywords:

Kalhyggesfritt skogsbruk, Kantzon, Kantzonseffekt, Ljusrespons, Luckhuggning, Skärmställning /
Continuous cover forestry, Edge zone, Edge effect, Gap cutting, Light response, Shelterwood

ISSN 1654-1898

Umeå 2014

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest Management*

EX0770, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor:* Petter Axelsson

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Bitr handledare / *Assistant supervisor:* Charlotta Erefur

SLU, Enheten för skoglig fältforskning / *SLU, Unit for Field-based Forest Research*

Examinator / *Examiner:* Björn Hånell

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

FÖRORD

Detta examensarbete har genomförts vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå med samarbete mellan Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Future Forest och Svartbergets försökspark i Vindeln. Arbetet avser att undersöka om träd tillväxten i en schackrutehuggning skiljer sig åt från konventionellt trakthyggesbruk.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Petter Axelsson, vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, och biträdande handledare Charlotta Erefur, vid Enheten för skoglig fältforskning, för det stöd och den feedback jag fått under arbetets gång. Utan ert stöd hade arbetet inte blivit av.

Jag vill tacka Hans-Göran Nilsson på Svartbergets försökspark för sällskapet vid fältinventeringen samt hjälpen med datamaterialet till mitt arbete. Vid institutionen för skoglig resurshushållning skulle jag vilja tacka Eva-Maria Nordström och Hampus Holmström för givande diskussioner angående mitt arbete i Heureka. Tack även till Anders Muszta på samma institution som bidragit med statistisk kunskap. Jag vill också rikta ett tack till Michael Gundale på institutionen för skogens ekologi och skötsel för bra feedback. Vidare skulle jag vilja tacka Annika Nordin, Thomas Lundmark, Linda Gruffman och Fredrik From som bidragit med idéer angående arbetets upplägg under måndagsmötena.

Slutligen skulle jag vilja tacka Emil för att du alltid finns där för mig i vått och torrt!

Emma Borgstrand

Umeå, 2014-03-28

SAMMANFATTNING

Eftersom hållbart skogsbruk innebär att man i skogsbruket tar lika stor hänsyn till de ekologiska och sociala aspekterna som de ekonomiska är det viktigt att utvärdera alternativ till det konventionella trakthyggesbruket för att säkerställa att alla värden i skogen uppnås. Ett så kallat schackrutesystem, eller Chequered-Gap-Shelterwood-System (CGS-system), är ett system där träd avverkas i mindre luckor som sedan alterneras med motsvarande skärmställningar. Detta skapar ett tvåskiktat bestånd med schackrutemönster. CGS-systemet är ett skötsel förslag där fördelarna från både trakthyggesbruk och kalhyggesfritt skogsbruk eventuellt skulle kunna kombineras. Målet med denna studie är att utvärdera tillväxten av plantor och träd i CGS-system. Mer specifikt undersöktes tillväxtskillnader 1) på beståndsnivå med olika avstånd från kanten mellan lucka och skärmställning och 2) mellan norr- och söderläge samt på 3) systemnivå mellan CGS-systemet, med och utan kantzon (0-5 m från kanten mellan lucka och skärmställning), och referensytan.

I denna studie undersöktes detta i två schackrutehuggna talldominerande bestånd på Kulbäckslidens försökspark i norra Sverige. De schackrutemönstrade bestånden består av totalt 20 stycken 30 x 45 m stora rektanglar varav de sex centrala rektanglarna användes för studien. Referensytor är anlagda på ett hygge intill de två CGS-systemen och förväntas skötas som trakthyggesbruk. Både CGS-systemen och referensytorna har planterats med tall (*P. sylvestris* L.) och gran (*P. abies* L. Karst.) under våren 2005. Eftersom det inte finns några referensytor anlagda för skärmställningarna i CGS-systemen har beståndsdata från innan CGS-systemen anlades använts i Heureka BeståndsVis för att simulera beståndens tillväxt.

Dataanalyser med ett 95 % konfidensintervall har utförts med inventerat datamaterial från 2005-2013 varpå Tukey's test använts för att bekräfta resultatens gruppering. Variansanalysen General linear model (GLM) har också utförts. Resultaten visade överlag att kantzonerna i CGS-systemen hade en negativ inverkan på plantornas tillväxt och en positiv inverkan på skärmträdens tillväxt. En något bättre tillväxt kunde utskiljas i de nordliga delarna av luckorna och skärmställningarna än i de södra. Effekten avspeglade sig även på systemnivå där plantorna överlag hade en sämre tillväxt i CGS-systemen medan skärmträden hade en bättre tillväxt. I de fall där plantorna och skärmträden hade en motsvarande tillväxt i centrumzonen som på referensytan kan man anta att det inte finns någon nedsättning i virkesproduktion som talar emot att CGS-systemet skulle kunna användas istället för ett trakthyggesbruk med hänsyn till den period som analyserats. Detta förutsatt att plantornas försämrade tillväxt i kantzonen vägs upp av den förbättrade tillväxt de har som skärmträd. I det avseendet verkar gran vara mest lämpligt att använda i ett CGS-system då både plantorna och skärmträden hade en minst lika bra tillväxt i centrumzonen som på referensytorna i båda bestånden.

Nyckelord: Kalhyggesfritt skogsbruk, Kantzon, Kantzonseffekt, Ljusrespons, Luckhuggning, Skärmställning

SUMMARY

Sustainable forest management means that forestry should not only consider production, but also ecological-, social and economic aspects. From this perspective, it is important to evaluate clear-cutting systems to ensure that all forest values are maintained. Chequered-Gap-Shelterwood-System (CGSS), consist of small clear-felled gaps with alternating areas of shelter trees, giving the forest a chessboard appearance. The CGS-system is a proposed forest management system that could potentially combine the advantages from both the clear-cut system and continuous cover forestry. The goal of my study was to evaluate the growth of trees and seedlings in a CGS-system. More specifically, differences in growth were compared: 1) at the stand level, where I addressed the influence of the forest edge and 2) the north- and south facing part in the gaps on the growth of seedlings in gaps and trees in shelter forests. At system level 3) I compare the CGS-system, with and without edge zone (0-5 m from edge between gaps and shelter trees), and reference areas managed with conventional clear-cutting practices.

The CGS-system was established at Kulbäcksliden experimental forests in northern Sweden in one older and one younger stand. The chess-board stands comprise a total of 20 rectangles in the size of 30 x 45 m. The six central squares were used in this study. The reference areas are established on a clear-cut near the two CGS-systems. The CGS-systems and reference areas has been planted with Scots pine (*P. sylvestris* L.) and Norwegian spruce (*P. abies* L. Karst.) during the spring of 2005. As a reference for the mature forest the original data from the stands has been used to simulate forest growth in Heureka StandWise.

Data analyses with a 95 % confidence interval were performed with inventoried data material from 2005-2013 using General linear models (GLM). Tukey´s tests were performed to confirm the grouping of results. Results overall showed that edges within the CGS-system effected seedling growth negatively and tree growth positively. Seedlings also grew better at the northern sun exposed parts compared to the southern shaded parts of the gaps. The analysis on system-level showed that seedlings overall had a lower, and shelter trees a higher, growth in the CGS-system compared to the reference areas. However, in the central zone of gaps seedlings grew better than seedlings in the reference area. Consequently, assuming that the negative effect of edges on seedlings is offset by the positive effect on shelter trees, the two systems should have a comparable production potential. Norwegian spruce seems to be the most suited tree species for this silvicultural approach because both plants and shelter trees had a compatible and better growth in the center zone than in the reference area in both stands.

Keywords: Continuous cover forestry, Edge zone, Edge effect, Gap cutting, Light response, Shelterwood

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
1. INLEDNING	6
1.1 Samhällets behov och krav på skogsbruket.....	6
1.1.1 <i>Chequered-Gap-Shelterwood-System</i>	6
1.2 CGS-systemets påverkan på skog och plantor	7
1.3 Syfte	10
2. MATERIAL OCH METODER.....	11
2.1 Studieområde.....	11
2.2 Experimentell design.....	12
2.3 Inventeringar	13
2.4 Statistiska analyser	13
2.4.1 <i>Tillväxtskillnader mellan träd med olika avstånd från kant</i>	14
2.4.2 <i>Träd tillväxt i norr- och söderläge</i>	15
2.4.3 <i>Tillväxtskillnader mellan träd i CGS-systemen, med och utan kantzoner, och på referensytorna</i>	15
2.5 Simuleringar i Heureka	15
2. RESULTAT.....	16
2.1. Tillväxtskillnader mellan träd med olika avstånd från kant	16
2.1.1 <i>Plantor</i>	16
2.1.2 <i>Skärmträd</i>	17
2.2 Träd tillväxt i norr- och söderläge	19
2.2.1 <i>Plantor</i>	19
2.2.2 <i>Skärmträd</i>	20
2.3 Tillväxtskillnader mellan träd i CGS-systemen, med och utan kantzoner, och på referensytorna.....	22
2.3.1 <i>Plantor</i>	22
2.3.2 <i>Skärmträd</i>	24
4. DISKUSSION	25
4.1 Analyser på beståndsnivå	25
4.2 Analyser på systemnivå.....	27
4.3 Syntes och rekommendationer	28
4.4 Slutsatser	30
REFERENSER.....	32

1. INLEDNING

1.1 Samhällets behov och krav på skogsbruket

Under 1950-talet rationaliserades det svenska skogsbruket för att tillgodose skogsindustrins ökade råvarubehov och trakthyggesbruket blev det allmänt rådande skogsskötselsystemet (Ekelund & Hamilton 2001). Trakthyggesbruket innebär enligt Albrektson, Elfving, Lundqvist & Valinger (2012) att skogen inom ett givet område, normalt ett bestånd, är enskiktat och sköts med skogsskötselåtgärderna röjning och gallring för att sedan kalavverkas när skogen nått en så kallad mogen ålder. Detta återföljs av en föryngring med ett enskilt trädslag på den kala ytan, varpå en ny beståndsgeneration har påbörjats och skapar därmed en skog där ålder och trädslag homogeniseras över relativt stora ytor (Albrektson et al. 2012). Efter att naturvårdshänsynen förlagts till skogsvårdslagen (Ekelund & Hamilton 2001) ersattes den ensidiga skogspolitiken där skogsindustrins råvarubehov stod i fokus med en skogspolitik som avsåg gynna flera olika värden (Angelstam 2001; Cedergren 2008; Mattsson & Li 1994; Nordström 2010) och skogsbruksfilosofier (Cedergren 2008). Att tillämpa vad vi idag kallar hållbart skogsbruk innebär att man i skogsbruket tar lika stor hänsyn till de ekologiska och sociala aspekterna som de ekonomiska (Gauthier, Vaillancourt, Leduc, DeGarndpre, Kneeshaw, Morin, Drapeau & Bergeron red. 2009; Nordström 2010). I och med detta blir planeringen för ett hållbart skogsbruk mer komplicerad eftersom flera parter har ett intresse i skogen, dock sällan med samma mål (Nordström 2010). Det anses därför vara viktigt att omvärdera det konventionella skogsskötselsystemet som används för att säkerställa att alla värden i skogen uppnås (Kuuluvainen, Tahvonen & Aakala 2012). Intresset har därmed ökat för olika alternativ till trakthyggesbruket (Cedergren 2008; Gauthier et al. red. 2009; Lundqvist, Cedergren & Eliasson 2009). I detta avseende har de två skogsbruksfilosofierna kontinuitetsskogsbruk och kalhyggesfritt skogsbruk framhållits som olika sätt att uppnå fler olika värden i skogen (Bengtsson & Rosell 2012; Cedergren 2008; Pommerening & Murphy 2004). De två skogsbruksfilosofierna används som samlingsbegrepp för flera olika skötselåtgärder, -metoder och -system, och gemensamt för dem är att skogsmarken aldrig lämnas kal. Båda filosofierna innefattar vissa delar av trakthyggesbrukets skogsskötselåtgärder så som föryngring under skärm vilket försvårar definitionen av begreppen (Albrektson et al. 2012). Albrektson et al. (2012) kallar därför alla skogsskötselåtgärder, -metoder och -system som inte inbegriper slutavverkning genom kalhuggning för kalhyggesfritt skogsbruk, ett begrepp som hädanefter också kommer att användas i denna rapport.

Kalhyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk har egna för- respektive nackdelar men trakthyggesbruket ses vanligen som det mer rationella av dem båda (Cedergren 2008) medan kalhyggesfritt skogsbruk har lyfts fram som fördelaktigt för den biologiska mångfalden (Cedergren 2008; Hannerz 2012) och de sociala värdena (Cedergren 2008; Hannerz 2012; Mattsson & Li 1994). En allmän uppfattning kring kalhyggesfritt skogsbruk är dock att det medför en sämre ekonomisk avkastning än det konventionella trakthyggesbruket (Cedergren 2008; Knoke 2012).

1.1.1 Chequered-Gap-Shelterwood-System

Ett så kallat Chequered-Gap-Shelterwood-System (CGS-system) är ett förslag på system där fördelarna från både trakthyggesbruket och kalhyggesfritt skogsbruk skulle kunna kombineras (Erefur, Bergsten, Ottosson-Löfvenius, Lundmark & de Chantal före tryckning). Tanken med

CGS-systemet är att det anläggs i ett enskiktat bestånd genom att träd avverkas i ett rektangulärt mönster vilket skapar ett schackrutemönster i beståndet (Figur 1). Rektanglarna med kvarvarande träd kallas för skärmställningar och träden i skärmställningarna för skärmträd. I och med detta har det ursprungligt enskiktade beståndet omvandlats till tvåskiktat och består av (1) luckor där föryngring sker och (2) skärmställningar med skärmträd. Principen med CGS-systemet är att plantorna som växer upp i luckorna i framtiden ska utgöra nya skärmträd, och nuvarande skärmställningar avverkas och bli nya luckor. Ser man till förloppet hos en enskild rektangel går den från lucka till skärmställning och sedan tillbaka till lucka igen (Erefur 2010).

Med CGS-systemet skapas ett bestånd med speciella biotiska och abiotiska förutsättningar som även kan påverka enskilda trädets förutsättningar (Erefur et al. före tryckning; Matthews 1989). Eftersom antalet arter är som allra högst under intermediära nivåer av störning, förutsatt att både tidiga och senare successionsarter kan överleva dessa (Shea, Roxburg & Rauschert 2004), kan man anta att CGS-systemet medför en hög artdiversitet (Erefur 2007). Enligt Runkle (1982) förväntas de mindre skuggtåliga pionjärarterna öka med ökad störningsgrad och luckstorlek i beståndet, medan mängden skuggtåliga sekundärarter kommer minska i antal. De olika solljusförhållanden som återfinns i luckorna, kantzonen och skärmställningarna i CGS-systemet medför alltså att både pionjär- och sekundärarter kan etableras där (Bergsten, Nordfjell, Sandström & Valinger 2009; Erefur 2007). I ett CGS-system introduceras det också en hög andel kantzoner och mindre andel kärnområde, vilket kommer att påverka trädets konkurrenssituation och hur väl de kan tillgodose sina behov av bland annat solljus, näring och vatten.



Figur 1. Ett flygfoto av CGS-systemet anlagt i det äldre beståndet på Kulbäckslidens försökspark, Vindeln. (Google Maps)

Figure 1. An aerial view of the CGS-system in the older stand on Kulbäckslidens experimental forest, Vindeln (Google Maps).

1.2 CGS-systemets påverkan på skog och plantor

Ett trädets tillgång till bland annat solljus, näring och vatten kommer att påverka dess chanser till överlevnad och tillväxt både som planta (Hallsby 2013; Matthews 1989; Schulze, Beck &

Müller- Hohenstein 2005; Valkonen, Ruuska & Siipilehto 2002) och som vuxet träd (Schulze et al. 2005). Det finns därmed anledning att anta att de förändrade förutsättningarna som uppstår när ett CGS-system anläggs kan komma att påverka skogens tillväxt på olika sätt (Matthews 1989) och att plantorna kan nyttja fördelarna av både skärmträden och den miljö som luckorna skapar (Erefur et al. före tryckning). Skärmträden medför stabil temperatur- (Erefur et al. före tryckning; Valkonen et al. 2002) och vattentillgång för plantorna samt minskad konkurrens från annan vegetation. De kala luckorna i ett sådant system medför framför allt en ökad solljustillgång (Erefur et al. före tryckning; Matthews 1989). De kvarvarande skärmträden kan även på frostbenägna lokaler säkerställa en god förnygring med hög plantöverlevnad (Goulet 1995; Matthews 1989; Ottosson Löfvenius 1993). Skärmträdens fördelar tenderar dock i ett senare stadium att innebära nackdelar för plantornas tillväxt och överlevnad på grund av beskuggning och rotkonkurrens (Valkonen et al. 2002). Nackdelarnas omfattning på plantorna är dock relativt okända (Ruuska, Siipilehto & Valkonen 2008) men enligt flera studier finns det skillnader i hur naturlig förnygring, plantetablering och tillväxt påverkas av avståndet till äldre skog (de Chantal, Leinonen, Kuuluvainen & Cescatti 2003; Erefur, Bergsten, Lundmark, Ottosson Löfvenius & de Chantal manuskript; Gagnon, Jokela, Moser & Huber 2003; Huggard & Vyse 2002; Jakobsson & Nilsson manuskript; Ruuska et al. 2008; Siipilehto 2006). Det är därför rimligt att anta att avståndet till kanten, dvs. den punkt där äldre skog övergår till lucka, kan ha en stor betydelse för både plantor och träd. I studien av Ruuska et al. (2008) från södra Finland upptäcktes en tydligt negativ kantzonsseffekt för plantor redan vid tre meters avstånd från äldre skog vilken sedan minskade med ökat avstånd från skogen. Andra studier uppvisar dock ett mycket längre avstånd innan plantorna börjar påverkas av skärmträden (de Chantal et al. 2003; Huggard & Vyse 2002; Siipilehto 2006). De olika resultaten kan sannolikt förklaras med beståndets stamtäthet (Erefur 2007), höjd och artsammansättning eller av skillnader i abiotiska faktorer. Eftersom plantor i luckor påverkas av skärmträd runt om (de Chantal et al. 2003; Erefur et al. manuskript; Huggard & Vyse 2002; Jakobsson & Nilsson manuskript; Siipilehto 2006) kan man konstatera att luckstorleken är av stor vikt för olika trädarters etablering och tillväxttakt (Brokaw 1985; Brokaw & Scheiner 1989; Canham, Denslow, Platt, Runkle, Spies & White 1990; Vepakomma, St-Onge & Kneeshaw 2011). De få studier av hur stor en optimal lucka bör vara har dock kommit fram till olika resultat (Webster & Lorimer 2005). I Jakobsson och Nilssons (manuskript) studie från norra Sverige jämfördes produktionsskillnaderna mellan ett yngre och äldre bestånd och en signifikant kantzonsseffekt kunde utskiljas för tall (*Pinus sylvestris* L.) i den första femmeterszonen från kanten, vilket överensstämmer med liknande studier i norra Sverige (Bucht 1981; Bucht & Elfving 1977). För norra Sverige skulle man således kunna anta att det förekommer en tillväxtförsämring för både planta och yngre skog i en kantzons på cirka 5 m från beståndskanten.

Det finns tydliga mönster som visar att plantors tillväxt i mindre luckor påverkas av luckornas orientering och därmed vilken grad av solljustillgång plantorna får (de Chantal et al. 2003; Chen, Franklin & Spies 1993; Erefur et al. före tryckning; Poulsen & Platt 1989; Streit, Wunder & Brang 2009). Huggard och Vyse (2002) fann till exempel i sin studie från British Columbia en reducerad höjdtillväxt på upp till 20 m för plantorna i de södra delarna av luckhugningen medan det i de nordliga delarna inte förekom någon kantzonsseffekt. Enligt studien av de Chantal et al. (2003) från Finland bör luckorna därför ha en avlång form i nord-sydlig riktning vilket medför maximal areal solljus i de centrala delarna av luckorna medan arealen som får minst solljus i de södra delarna av luckorna minimeras. Flera andra studier beskriver också solljustillgången som den mest avgörande begränsade resursen vid plantetablering (Erefur et al. manuskript; Finzi & Canham 2000). Man kan förutsätta att val av lämplig stamtäthet i skärmställningen, storlek på luckorna samt planteringspunkt i luckorna (Erefur et al. före tryckning; Vepakomma et al. 2011) skulle kunna optimera en vald plantas

förutsättningar i ett CGS-system (Erefur et al. före tryckning) bland annat med avseende på markfuktighet och ljusförhållanden (Coates & Burton 1999). Efter en luckhuggning förväntas de mindre skuggtåliga tallplantorna växa bättre än de skuggtåliga granplantorna (*Picea abies* L. Karst.) med ökad luckstorlek (Runkle 1982). Detta på grund av att tall vid en ökad solstrålning har visats allokera jämförelsevis mer biomassa till assimilerande delar ovan jord relativt strukturella delar än gran. Tallen kan därför tillgodogöra sig en högre mängd solljus och därmed konkurrera bättre om tillväxtresurser än gran (de Chantal et al. 2003). Enligt Walters och Reich (1997) är dock trädarters skuggtålighet inte oföränderlig utan varierar beroende på lokal och mängden resurser i marken. Likaså anser Coomes och Grubb (2000) att en ökad ljustillgång efter luckhuggningar framförallt kontrollerar tillväxten på marker med god bördighet och vattentillgång och inte dem med sämre bördighet och vattentillgång. Det är därmed mer upplysande att beskriva hur plantorna svarar på näring- och vattentillgängligheten än att karaktärisera plantorna efter deras skuggtålighet (Coomes & Grubb 2000).

I och med de luckor som skapas i ett CGS-system ökar solljustillgången för skärmträden vilket enligt Ruuska et al. (2008) kan medföra fördelar så som ökad tillväxt närmast kanten. I en studie av Erefur et al. (manuskript) där två CGS-system analyserats upptäcktes en negativ effekt där etablerade plantor i kantzonen och skärmställningen hade en minskad biomassa- och höjdtillväxt i jämförelse med plantor i luckorna. Detta på grund av att det tillgängliga fotosyntetiskt aktiva solljuset (mellan 400-700 nanometer (nm)) (PPFD) är mindre i kantzonen och skärmställningen. Det är dock svårt att exakt mäta hur långt in i skogen och hur långt ut i luckan som kantzons effekten existerar eftersom det är en flytande gräns (Chen, Franklin & Lowe 1996). Enligt Burton (2002) förekommer det en högre tillväxt i skogskanterna som vetter mot söder jämfört med kanter mot norr.

Vid plötsliga förändringar i till exempel nyligen kalavverkade eller intensivt gallrade bestånd tar det tid för kvarvarande träd i beståndet att acklimatisera sig, vilket ökar risken för stormskador (Matthews 1989; Venäläinen, Zeng, Peltola, Strandman & Kellomäki 2004) och stresskador (Burton 2002). Vid etablering av olikåldriga skogsbestånd är det därför viktigt att förstå hur känsliga dessa är för vind (Gardiner, Marshall, Achim, Belcher & Wood 2005). Neustein (1965 se Peltola 1996, s. 204) menar att små luckor reducerar vindhastigheten mer än vad större kalhyggen gör och Cameron, Mason och Malcolm (2001) har visat att mindre luckor ger en mer vindtålig skog. Det här skulle i sådana fall innebära att de utsatta skärmträden i ett CGS-system blir mer vindfasta. Zeng, Peltola, Talkkari, Venäläinen, Strandman, Kellomäli och Wang (2004) anser dock att den reducerade vindhastigheten vid flera små kalavverkningar inte vägs upp av den mycket större andelen vindutsatta kanter. En ökad utsatthet för vind påverkar trädets tillväxt både ovan och under jord (Coumts, Nielsen & Nicoll 1999). Ovan jord leder vindutsattheten till ökad förtjockning av stammens nedre del och rotbas (Telewski 1995) och under jord till högre andel strukturella rötter (Wilson 1975). Det verkar dock osäkert i vilken utsträckning den ökade rotallokeringen och förtjockning av stammens nedre del och rotbas påverkar varandra. Det är viktigt att komma ihåg att även om risken för stormskador är stor lokalt behöver det inte nödvändigtvis innebära en ökad risk för skador på regional nivå. Flera olika faktorer så som ålder, storleksfördelning av enskilda träd samt hela bestånd, dominerande trädart och skötselalternativ påverkar risken för vindskador på regional nivå (Zeng et al. 2004).

När plantorna i CGS-systemet vuxit upp och blivit stora träd kalavverkas skärmställningarna som blir luckor istället vilket förändrar förutsättningarna. Trots stark teoribildning kring hur plantor och skärmträd kan komma att påverkas i ett CGS-system (se ovan), finns det enligt Cedergren (2008) få empiriska studier där plantorna och skärmträdens tillväxt utvärderas i systemet. Det är därför svårt att säga exakt hur omfattande förändringarna i ett CGS-system är

vid ”luckbyte”. Det är också oklart hur ett CGS-system står sig ur virkesproduktion jämfört med trakthyggesbruket. I och med detta är det relevant att undersöka trädens konkurrenssituation och därav virkesproduktion i ett CGS-system, samt om dessa skiljer sig från ett trakthyggesbruk. Det finns också osäkerheter kring optimal storlek på luckorna och skärmställningarna i ett CGS-system och hur olika trädslag reagerar i dessa. Det är därför intressant att undersöka hur väl systemet passar för olika trädslag och vilken storlek luckorna respektive skärmställningarna bör ha för att säkerställa en god tillväxt. Arbetets resultat kan därför ge en bättre kunskap om hur tillväxten ser ut för olika trädslag inom ett CGS-system, samt hur eventuella skillnader påverkar virkesproduktionen i ett CGS-system och trakthyggesbruk.

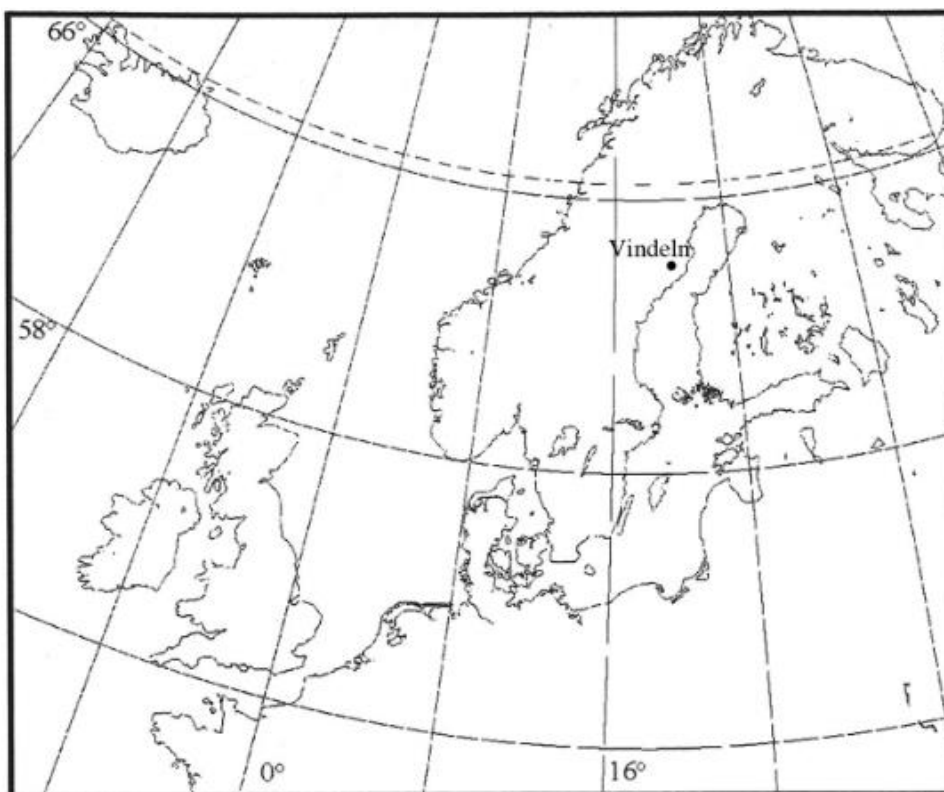
1.3 Syfte

Målet med denna studie är att undersöka tillväxten hos plantor och skärmträd inom CGS-systemet (d.v.s. på bestånds nivå), samt jämföra tillväxten av plantor och träd i CGS-systemet med ett konventionellt trakthyggesbruk (d.v.s. på systemnivå). Mer specifikt kommer följande två frågor undersökas på bestånds nivå: (1) Har avståndet från kanten i lucka respektive skärmställning och (2) norr- samt söderläge en betydande effekt på tillväxten av plantor respektive träd i CGS-systemet? På systemnivå kommer följande fråga undersökas: (3) Förekommer det en skillnad i tillväxt av plantor och träd mellan CGS-systemet och referensytan med trakthyggesbruk? Den sistnämnda frågeställningen adresseras i två steg där CGS-systemet först består av både kantzonen och centrumzonen och sen endast centrumzonen. Syftet med detta är att undersöka ifall luckornas storlek i CGS-systemet är tillräcklig för att motsvara tillväxten på referensytan med trakthyggesbruk. I samtliga nämnda frågeställningar bestäms också om effekterna varierar mellan tall, gran och glasbjörk (*Betula pubescens* Ehrh.).

2. MATERIAL OCH METODER

2.1 Studieområde

Studien har utförts på Kulbäckslidens försökspark (64°09'N, 19°36'Ö, 250 m h.ö.h.) nära Vindeln, beläget i norra Sverige 60 km nordväst om Umeå (Figur 2). I två olika bestånd anlades vintern 2004/2005 ett experimentellt ruthuggningssystem kallat Chequered-Gap-Shelterwood-System (CGS-system). Bestånden domineras i trädskiktet av tall och vegetationsskiktet av blåbär (*Vaccinium myrtillus* L.). Jordmånen är podsol med jordartstexturen sandig morän (Erefur 2010). De två bestånden representerar olika beståndstyper med olika beståndsegenskaper (Tabell 1) och har därför behandlats separat som det äldre respektive yngre beståndet. Det äldre beståndet består av en 60-årig skog som domineras av tall på frisk mark och det yngre beståndet består av en 40-årig skog som domineras av tall med inslag av gran och glasbjörk på frisk-fuktig mark (Erefur et al. före tryckning). I området är klimatförhållandena uppmätta och mellan 2005-2011 uppmättes årliga medelvärden för temperatursumman: 1096 dygn °C, nederbördsmängden: 372 mm samt den globala strålningen: 2069 MJ/m² (Ottosson Lövvenius red. 2006; Ottosson Lövvenius red. 2012).



Figur 2. Kulbäckslidens försökspark i Vindeln, Sverige (Erefur 2010).

Figure 2. Kulbäckslidens experimental forest in Vindeln, Sweden (Erefur 2010).

Tabell 1. Beståndsegenskaper för det äldre och yngre beståndet.

Table 1. Stand characteristics of the older and the younger stand.

	Ståndortsindex ¹⁾	Höjd ²⁾	Ålder	Grundyta		Volym		Trädslag ³⁾	
		(m)		(m ² /ha)		(m ³ sk/ha)		(T/G/L)	
		2013	2013	2005	2013	2005	2013	2005	2013
Äldre bestånd (Older stand)	T21	18	63	25,5	30,8	197,9	264	10/0/0	9/1/0
Yngre bestånd (Younger stand)	T21	10,4	42	9,5	16,2	39,2	82,9	7/3/0	2,5/2/5,5

Anmärkning: ¹⁾ Ståndortsindex (SI) uttrycks som H100 vilket är övre höjden (m) vid 100 år (T= tall).

²⁾ Medelhöjd för tall.

³⁾ Trädslagsfördelning T= tall, G= gran, L= löv. Andel av totalt antal stam.

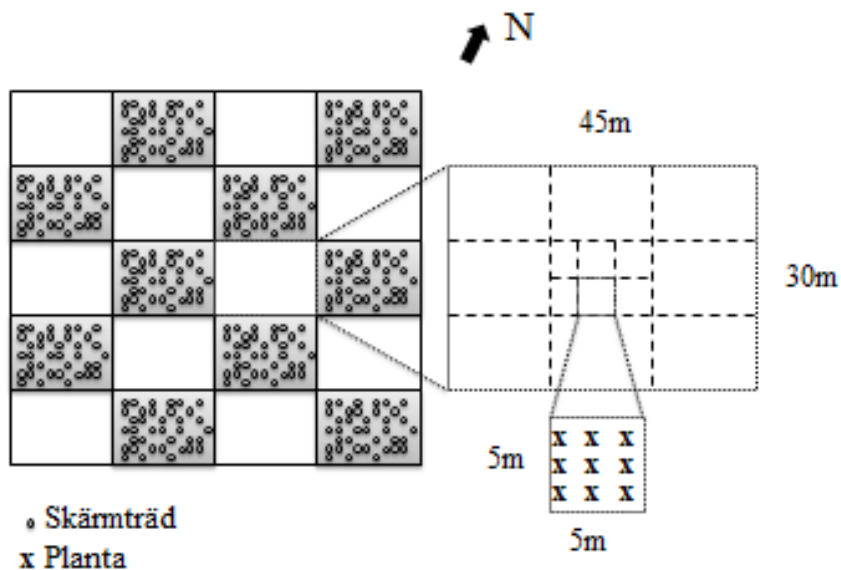
Note: ¹⁾ Site index (SI) expressed as H100, which is the upper height (m) at age 100 years (T = Scots pine)

²⁾ The average height for Scots pine.

³⁾ Species composition T= Scots pine, G= Norway spruce, L= deciduous trees. Proportion of total stems.

2.2 Experimentell design

CGS-systemet skapar en tvåskiktad skog med luckor och skärmställningar vilka utgör ett schackrutigt mönster med totalt 20 stycken 30 x 45 m stora rektanglar (block (Figur 3)). Ett 90 x 90 m stort område bestående av sex rektanglar, varav tre är luckor och tre skärmställningar, anlades i centrum av CGS-systemet. Dessa sex rektanglar har använts i studien medan de omkringliggande 14 rektanglarna fungerar som en buffertzona mot den intakta skogen runt omkring. Totalt är CGS-systemet 150 x 180 m stort och inhägnat. Första rektangeln valdes slumpmässigt till lucka eller skärmställning varpå behandlingarna alternerades. Rektanglarna markerades ut och en skördare (Valmet 901) användes för att kalavverka träden inom rektanglarna som blivit utsedda att bli luckor. Grenar och toppar (GROT) undanröjdes från området och en manuell markberedning med hacka utfördes. Varje lucka består av nio subblock (10 x 15 m) i vilka det finns sex parceller (5 x 5 m) vardera. Sommaren 2005 planterades manuellt nio tvååriga plantor slumpvis av tall eller gran i tre parceller vardera inom varje subblock (Figur 3). Plantmaterialet härstammade från lokala fröplantager vid Östteg (65°01'N) och Hissjö (64°01'N). I närheten av de anlagda CGS-systemen kalthöggs ett referensområde (> 1 ha) med 12 parceller (5 x 5 m) där nio plantor av tall eller gran planterades manuellt i sex parceller vardera (Erefur et al. före tryckning). I brist på referensområde med vuxen skog har beståndsinformationen innan CGS-systemen anlades använts för att simulera skogens tillväxt i Heureka BeståndsVis (Wikström, Edenius, Elfving, Eriksson, Lämås, Sonesson, Öhman, Wallerman, Waller & Klintebäck 2011) fram till 2013 i det äldre respektive yngre beståndet.



Figur 3. Utformningen av skärmställningar och luckor i ett CGS-system. Luckorna består av nio subblock där varje subblock innehåller sex parceller och varje parcell innehåller nio plantor (Erefur et al. före tryckning).

Figure 3. Experimental design of shelter trees and gaps in a CGS-system. In each gap there are nine sub-blocks, and each sub-block contains six parcels in which each has nine planted seedlings (Erefur et al. före tryckning).

2.3 Inventeringar

Inventeringar av plantor och skärmträd i luckorna respektive skärmställningarna har utförts i slutet av varje tillväxtsång (Erefur et al. före tryckning) och utförts kontinuerligt från 2005 till 2013. I skärmställningarna har diametern mätts för alla träd > 5 mm i brösthöjdsdiameter och höjden för alla provträd (träd > 45 mm vid etableringen av försöket). Volymer för enskilda träd beräknades sedan. För enskilda träd med brösthöjdsdiameter > 45 mm användes Brandels volymfunktioner och för träd med brösthöjdsdiameter < 45 mm användes Anderssons volymfunktion (Karlsson, Mossberg & Ulvcróna 2012). Dessa två volymfunktioner fanns i Fältdatasystemet som Enheten för skoglig fältforskning på Sveriges lantbruksuniversitet använder sig av. Hädanefter avser volymtillväxten den totala procentuella ökningen i volym under perioden 2005-2013. Höjden har mätts för plantorna och skador samt avgångar noterats i luckorna och på referensytorna (Erefur et al. före tryckning). Plantor som skadats så att tillväxten påverkats negativt har avlägsnats från datamaterialet. Hädanefter avser höjdtillväxten den totala procentuella ökningen i höjd under perioden 2006-2012.

2.4 Statistiska analyser

Inom CGS-systemet har samband mellan tillväxt och avstånd från kant samt samband mellan tillväxt och vädersträck analyserats. På systemnivå har skillnader i tillväxt mellan CGS-systemen, med och utan kantzon, och referensytorna analyserats och i båda fallen har effekterna av olika trädslag inkluderats. Analyserna har utförts separat för det äldre respektive yngre beståndet och alla statistiska analyser beskrivna nedan utfördes i Minitab (2009).

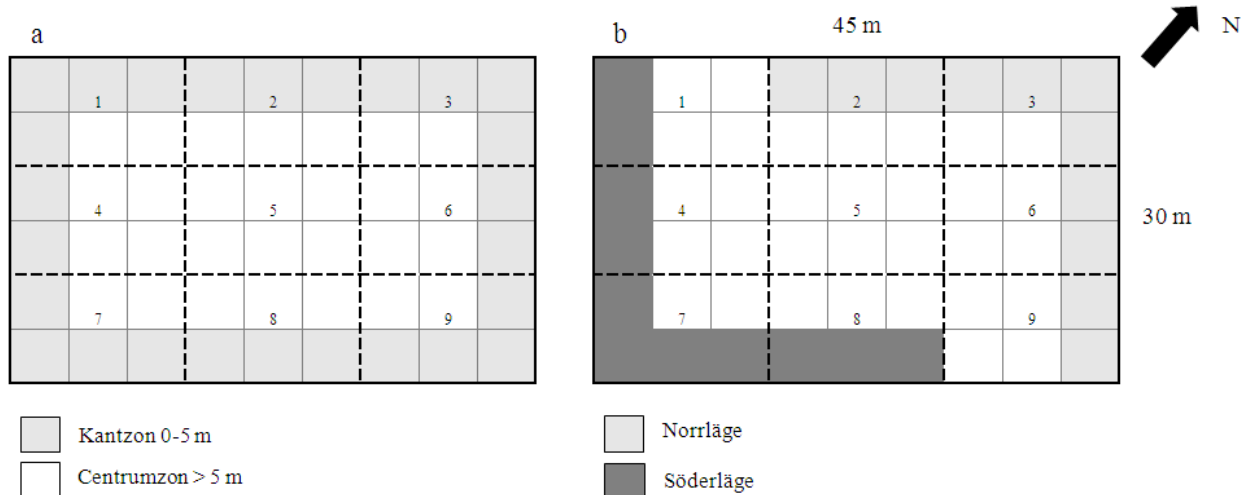
Test för normalitet av datamaterialet utfördes med histogram för att urskilja huruvida datauppsättningen tillhör en normaldistribution eller inte. Därefter testades datauppsättningens homogenitet med hjälp av Levene's test och i de fall där $P \geq 0,05$ antogs

varianserna vara ungefär desamma (Anon 2008). I de fall där $P < 0,05$ transformerades datauppsättningen enligt \log_{10} eller i erforderliga fall $\log(X+1)$. I och med detta uppfylldes antaganden för ANOVA, lika varians och normalfördelat datamaterial (Samuels 2010).

2.4.1 Tillväxtskillnader mellan träd med olika avstånd från kant

För att undersöka hur avståndet till kanten påverkar plantornas höjdtillväxt i luckorna och skärmträdens volymtillväxt, samt utröna eventuella skillnader mellan trädslag, delades plantorna och skärmträden in i tre zoner med avseende på avstånd från kanten: 0-5 m, 5-10 m och > 10 m från kanten. Därefter utfördes undersökande dataanalyser med ett 95 % konfidensintervall för sambandet mellan tillväxt och avstånd till kant. Då det huvudsakligen fanns en signifikant ($P < 0,05$) skillnad mellan 0-5 m och > 5 m från kanten delades kanten in i två huvudsakliga zoner: kantzon (0-5 m) och centrumzon (> 5 m från kanten) (Figur 4a). I resterande analyser har därmed avstånd till kant sin definition med utgångspunkt från dessa två zoner.

Med variansanalysen General linear model (GLM) testades effekten av avstånd till kant samt trädslag med avseende på tillväxt för plantorna och skärmträden. I dessa analyser inkluderades också en blockfaktor för att hantera variansen mellan luckorna respektive skärmställningarna. I erforderliga fall har uppföljningsanalyser genomförts med Tukey's test ($P < 0,05$).



Figur 4. Numrering av subblock (1-9) inom en lucka där kantzonen (0-5 m) är skuggad och centrumzonen (>5 m) inte är skuggad (a). De nordliga delarna av kantzonen är ljus skuggad och de södra delarna är mörkare skuggad (b). Samma mönster förekommer i skärmställningarna.

Figure 4. Numbering of sub-blocks (1-9) within a gap where the edge zone (0-5 m) is shaded and the centre zone (> 5 m) is not shaded (a). The northern parts of the edge zone are light shaded and the southern parts are darker shaded (b). The same pattern occurs for the shelter trees.

2.4.2 Träd tillväxt i norr- och söderläge

För att undersöka hur norr- respektive söderläge påverkar plantornas höjdtillväxt och skärmträdens volymtillväxt utfördes först undersökande dataanalyser med 95 % konfidensintervall för norr- och söderläge inom CGS-systemen varpå nord och syd kategoriserades enligt Figur 4b. För plantorna och skärmträden testades effekten av norr- och söderläge, trädslag och block med avseende på tillväxt med variansanalysen GLM. I erforderliga fall har uppföljningsanalyser genomförts med Tukey's test ($P < 0,05$).

2.4.3 Tillväxtskillnader mellan träd i CGS-systemen, med och utan kantzoner, och på referensytorna

För att analysera eventuell skillnad i plantors tillväxt mellan CGS-systemet, med och utan kantzon, och referensyta har undersökande dataanalyser med ett 95 % konfidensintervall utförts. För plantorna i det äldre beståndet utfördes GLM- analyser där effekten av system med och utan kantzon, trädslag och block testades med avseende på tillväxt. På grund av en obalanserad uppsättning plantor mellan CGS-systemet och referensytan i det yngre beståndet kunde en GLM- analys inte utföras. I erforderliga fall har uppföljningsanalyser genomförts med Tukey's test ($P < 0,05$).

För att analysera eventuell tillväxtskillnad för skärmträden mellan CGS-system, med och utan kantzon, och referensyta har dataanalyser med underlag från simulering i Heureka BeståndsVis (Wikström et al. 2011) utförts. Dock kunde inga djupare statistiska dataanalyser utföras eftersom det saknas anlagda referensområden med tillväxtinventeringar för skärmställningarna (se stycke 2.5).

2.5 Simuleringar i Heureka

Eftersom inga referensytor finns anlagda för skärmträden i CGS-systemet har beståndsdata från 2002 (innan CGS-systemen anlades) från både det äldre och yngre beståndet använts i Heureka BeståndsVis (Wikström et al. 2011) för att simulera träd tillväxten för bestånden. Beståndsdata från 2002 har skrivits fram i BeståndsVis och totalvolymen har utlästs för 2005 och 2013, varpå den procentuella tillväxtskillnaden mellan 2005-2013 kunde beräknas. Eftersom endast information på beståndsnivå kan utskiljas från simuleringarna i Heureka BeståndsVis, kan inga djupare statistiska dataanalyser utföras vid jämförelsen mellan CGS-systemet och simuleringen av referensytorna. Hädanefter benämns skärmträdens simulering referensyta, där volymtillväxten är den totala procentuella ökningen i volym under perioden 2005-2013.

2. RESULTAT

2.1. Tillväxtskillnader mellan träd med olika avstånd från kant

2.1.1 Plantor

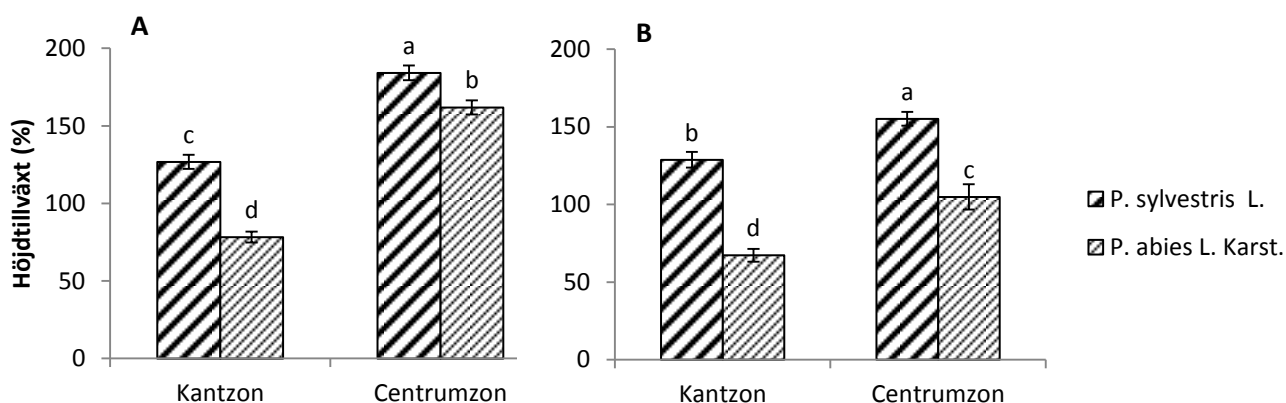
I det äldre beståndet visade analyserna att plantornas höjdtillväxt påverkades signifikant av interaktionen mellan avstånd till kant och trädslag ($P = 0,000$ (Tabell 2)).

Uppföljningsanalyser med Tukey's test ($P < 0,05$) visade att både tall- och granplantorna växte betydligt sämre i kantzonen jämfört med centrumzonen (Figur 5A) och att denna effekt var starkare för granplantor än för tallplantor. Tallplantorna växte dock bättre än granplantorna i både kantzonen och centrumzonen. I det yngre beståndet påverkades plantornas höjdtillväxt signifikant av interaktionen mellan avstånd till kant och trädslag ($P = 0,001$ (Tabell 2)). Även här växte tall- och granplantorna sämre i kantzonen än centrumzonen (Figur 5B) och tallplantorna växte betydligt bättre än granplantorna i kantzonen och centrumzonen.

Tabell 2. En General linear model visar hur plantornas procentuella förändring i höjdtillväxt (2006-2012) påverkas beroende på avstånd till kant, trädslag och block i det äldre respektive yngre beståndet.

Table 2. General linear model of relative change in height growth (2006-2012) for the seedlings depending on distance to the edge, species, and block in the older and the younger stand.

Parameter	d.f.	MS	<i>P</i>
Äldre bestånd			
Avstånd till kant	1	26,1	0,000
Trädslag	1	9,3	0,000
Block	2	0,9	0,000
Avstånd till kant*Trädslag	1	5,1	0,000
Error	1228	0,1	
Total	1233		
Yngre bestånd			
Avstånd till kant	1	3,8	0,000
Trädslag	1	57,6	0,000
Block	2	30,8	0,000
Avstånd till kant*Trädslag	1	0,3	0,001
Error	1216	0,1	
Total	1221		



Figur 5. Procentuella höjdtillväxten (medel \pm SEM) under perioden 2006-2012 för tall- (*P. sylvestris* L.) respektive granplantor (*P. abies* L. Karst.) vid olika avstånd till kant i det äldre (A) och yngre (B) bestånden. Olika bokstäver representerar signifikanta skillnader ($P < 0,05$ (Tukey's multipla jämförelsetest)). Jämförelser ska endast göras inom bestånd.

Figure 5. Relative height growth (mean \pm SEM) of Scots pine (*P. sylvestris* L.) and Norway spruce seedlings (*P. abies* L. Karst.) during 2006-2012 at different distances from the edge in the older (A) and younger (B) stands, respectively. Different letters represent significant differences ($P < 0,05$ (Tukey's multiple comparison test)). Comparisons will only be made within stand.

2.1.2 Skärmträd

I det yngre beståndet där både tall och gran kunde utvärderas, visade analyserna att skärmträdens volymtillväxt påverkades signifikant av interaktionen mellan avstånd till kant och trädslag ($P = 0,016$ (Tabell 3)). Uppföljningsanalyserna med Tukey's test ($P < 0,05$) visade att tall växte betydligt sämre i centrumzonen jämfört med kantzonen, medan både gran och glasbjörk hade liknande tillväxt oavsett avstånd till kant (Figur 6B). I det äldre beståndet där bara tall ingick visade analysen på skillnader mellan centrumzonen och kantzonen ($P < 0,001$ (Tabell 3)). Även här växte tall bättre i kantzonen (Tukey's test $P < 0,05$ (Figur 6A)).

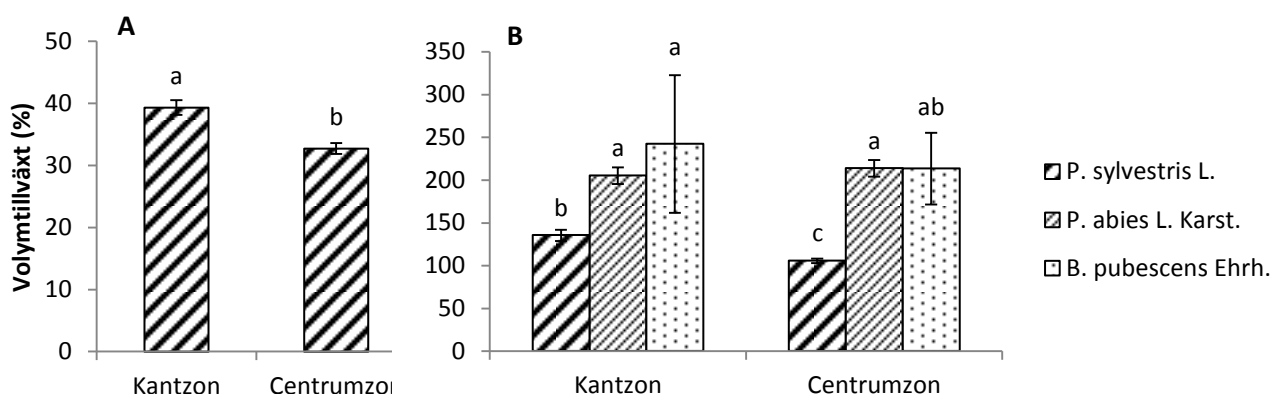
Tabell 3. En General linear model visar hur den procentuella förändringen i volymtillväxt för skärmträden (2005-2013) påverkas av avstånd till kant och blockindelning (äldre bestånd), samt avstånd till kant, trädslag och block (yngre bestånd).

Table 3. General linear model of the relative change in volume growth for the shelter trees (2005-2013), depending on distance to the edge and block (older stand), and distance to the edge, species, and block (younger stand).

Parameter	d.f.	MS	P
Äldre bestånd			
Avstånd till kant	2	2616,0	0,000
Block	2	620,7	0.038
Error	380	188,9	
Total	384		
Yngre bestånd			
Avstånd till kant	1	0,0	0,896
Trädslag	2	4,2	0,000
Block	2	0,3	0,001
Avstånd till kant*Trädslag	2	0,2	0,016
Error	717	0,0	
Total	724		

Anmärkning: Eftersom endast ett trädslag (tall) förekom i det äldre beståndet uteslöts parametern trädslag i analyserna för det beståndet.

Note: Since only one species (Scots pine) occurred in the older stand, the tree species parameter was excluded from the analyses of that stand.



Figur 6. Procentuella volymtillväxten (medel \pm SEM) under perioden 2005-2013 för tall (*P. sylvestris* L.), gran (*P. abies* L. Karst.) och glasbjörk (*B. pubescens* Ehrh.) vid olika avstånd till kant i det äldre (A) och yngre (B) beståndet. Olika bokstäver representerar signifikanta skillnader ($P < 0,05$ (Tukey's multipla jämförelsetest)). Jämförelser ska endast göras inom bestånd.

Figure 6. Relative volume growth (mean \pm SEM) of Scots pine (*P. sylvestris* L.), Norway spruce (*P. abies* L. Karst.) and downy birch (*B. pubescens* Ehrh.) during 2005-2013 at different distances from the edge in the older

(A) and younger (B) stands, respectively. Different letters represent significant differences ($P < 0,05$ (Tukey's multiple comparison test)). Comparisons will only be made within stand.

2.2 Träd tillväxt i norr- och söderläge

2.2.1 Plantor

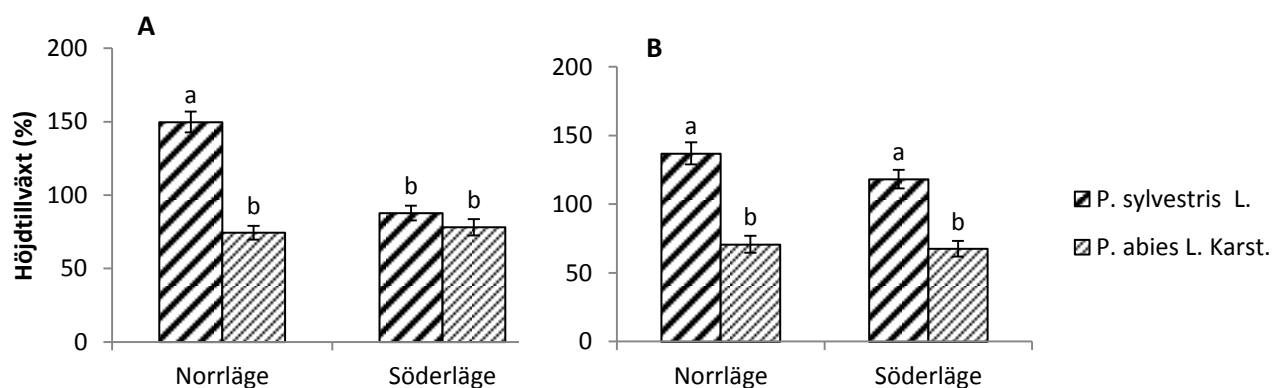
I det äldre beståndet visade analyserna att plantornas höjdtillväxt påverkades signifikant av interaktionen mellan norr- och söderläge och trädslag ($P < 0,001$ (Tabell 4)).

Uppföljningsanalyser med Tukey's test ($P < 0,05$) visade att tallplantorna växte betydligt sämre i de södra delarna av kantzonen jämfört med de nordliga (Figur 4b), medan granplantorna hade liknande tillväxt oavsett norr- eller söderläge (Figur 7A). Tallplantorna växte betydligt bättre än granplantorna i de nordliga delarna och även i de södra delarna fanns det en tendens till bättre tillväxt för tallplantorna. I det yngre beståndet hade interaktionen mellan norr- och söderläge och trädslag ingen signifikant effekt ($P = 0,376$ (Tabell 4)). För tallplantorna fanns dock en tendens till ökad tillväxt i de nordliga delarna av kantzonen. Även här växte tallplantorna i betydande utsträckning bättre än granplantorna oavsett norr- eller söderläge (Tukey's test $P < 0,05$ (Figur 7B)).

Tabell 4. En General linear model visar hur den procentuella förändringen i höjdtillväxt för plantorna (2006-2012) påverkas av huruvida individen växer i de norra eller södra delarna av kantzonen, trädslag och block (äldre och yngre bestånd).

Table 4. General linear model of the relative change in height growth for the seedlings (2006-2012) depending on if they were growing in the northern or southern parts of the edge zone, species, and block (older and the younger stand).

Parameter	d.f.	MS	<i>P</i>
Äldre bestånd			
Norr- och söderläge	1	1,6	0,001
Trädslag	1	9,0	0,000
Block	2	0,4	0,052
Norr- och söderläge*Trädslag	1	1,8	0,000
Error	514	0,1	
Total	519		
Yngre bestånd			
Norr- och söderläge	1	0,0	0,954
Trädslag	1	22,5	0,000
Block	2	6,4	0,000
Norr- och söderläge*Trädslag	1	0,1	0,376
Error	514	0,1	
Total	519		



Figur 7. Procentuella höjdtillväxten (medel \pm SEM) under perioden 2006-2012 för tall- (*P. sylvestris* L.) och granplantor (*P. abies* L. Karst.) i de norra- respektive södra delarna av kantzonen i det äldre (A) och yngre (B) beståndet. Olika bokstäver representerar signifikanta skillnader ($P < 0,05$ (Tukey's multipla jämförelsetest)). Jämförelser ska endast göras inom bestånd.

Figure 7. Relative height growth (mean \pm SEM) of Scots pine (*P. sylvestris* L.) and Norway spruce seedlings (*P. abies* L. Karst.) during 2006-2012 at the northern and southern parts of the edge zone in the older (A) and younger (B) stands, respectively. Different letters represent significant differences ($P < 0.05$ (Tukey's multiple comparison test)). Comparisons will be made only within stand.

2.2.2 Skärmträd

I det yngre beståndet där både tall och gran kunde utvärderas visade analyserna att skärmträdens volymtillväxt inte påverkades signifikant av interaktionen mellan norr- och söderläge och trädslag ($P = 0,267$ (Tabell 5)). Även uppföljningsanalyserna med Tukey's test ($P > 0,05$) visade att det inte är någon betydande skillnad i tillväxt för varken tall eller gran oavsett norr- eller söderläge, även om det finns en tendens till bättre tillväxt för tall i de nordliga delarna av kantzonen (Figur 8B). Inte heller i det äldre beståndet där bara tall ingick visade analysen och Tukey's test ($P > 0,05$) någon signifikant skillnad i tillväxt mellan de nordliga- och södra delarna av kantzonen (Figur 8A).

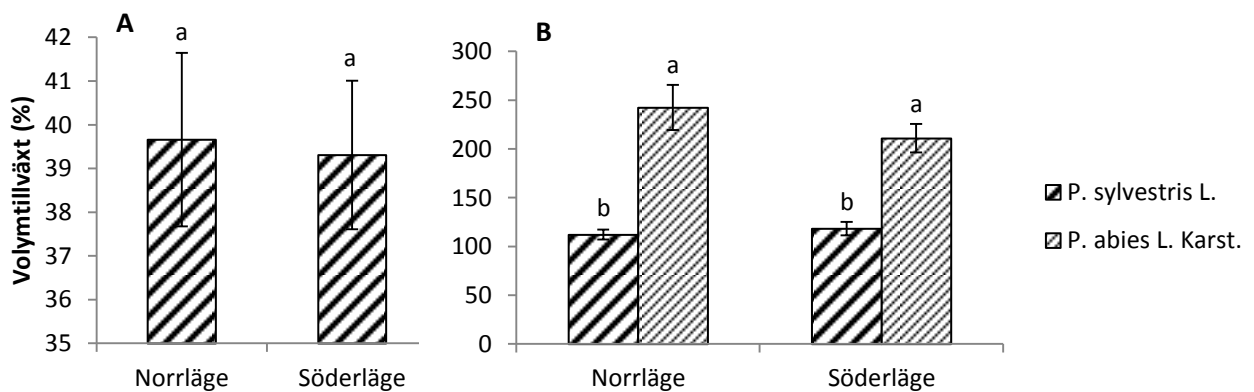
Tabell 5. En General linear model visar hur den procentuella förändringen i volymtillväxt för skärmträden (2005-2013) påverkas beroende på huruvida individen växer i de norra eller södra delarna av kantzonen och i vilket block (äldre bestånd), samt även för vilket trädslag (yngre bestånd).

Table 5. General linear model of the relative change due to volume growth for the shelter trees (2005-2013) depending on if they were growing in the northern or southern parts of the edge zone, which block they were grown in (older stand), and which species was considered (younger stand).

Parameter	d.f.	MS	<i>P</i>
Äldre bestånd			
Norr- och söderläge	1	92,0	0,512
Block	2	1321,0	0,003
Error	122	212,8	
Total	125		
Yngre bestånd			
Norr- och söderläge	1	0,0	0,681
Trädslag	1	4,9	0,000
Block	2	0,0	0,364
Norr- och söderläge*Trädslag	1	0,0	0,267
Error	275	0,0	
Total	280		

Anmärkning: Då endast ett trädslag (tall) förekom i det äldre beståndet uteslöts parametern trädslag i analyserna för det beståndet.

Note: As only one species (Scots pine) occurred in the older stand the tree species parameter was excluded from the analyses of that stand.



Figur 8. Procentuella volymtillväxten (medel \pm SEM) under perioden 2005-2013 för tall (*P. sylvestris* L.) och gran (*P. abies* L. Karst.) i de norra respektive södra delarna av kantzonen i det äldre (A) och yngre (B) beståndet. Olika bokstäver representerar signifikanta skillnader ($P < 0,05$ (Tukey's multipla jämförelsetest)). Jämförelser ska endast göras inom bestånd.

Figure 8. Relative volume growth (mean \pm SEM) of Scots pine (*P. sylvestris* L.) and Norway spruce (*P. abies* L. Karst.) during 2005-2013 at the northern and southern parts of the edge zone in the older (A) and younger (B) stands, respectively. Different letters represent significant differences ($P < 0.05$ (Tukey's multiple comparison test)). Comparisons will be made only within stand.

2.3 Tillväxtskillnader mellan träd i CGS-systemen, med och utan kantzoner, och på referensytorna

2.3.1 Plantor

I det äldre beståndet visade analyserna att plantornas höjdtillväxt inte påverkades signifikant av interaktionen mellan system och trädslag ($P = 0,087$) men däremot att både trädslag och system påverkade tillväxten betydligt ($(P < 0,001)$ Tabell 6). Uppföljningsanalyserna med Tukey's test ($P < 0,05$) visade att tallplantorna i betydande utsträckning växte sämre i CGS-systemet jämfört med referensytan, medan granplantorna hade liknande tillväxt oavsett system (Figur 9A). Tallplantorna växte signifikant bättre än granplantorna oavsett system. Även i det yngre beståndet var medelhöjdtillväxten bättre för tallplantorna i referensytan jämfört med CGS-systemet, medan granplantorna hade liknande tillväxt oavsett system (Figur 9B). Tallplantorna växte även här betydligt bättre än granplantorna oavsett system.

I det äldre och yngre beståndet analyserades ytterligare skillnader i plantornas höjdtillväxt mellan centrumzonen i CGS-systemet och referensytan. I det äldre beståndet kunde skillnaden i höjdtillväxt mellan tall- och granplantor i centrumzonen och på referensytan statistiskt säkerställas. Uppföljningsanalyserna med Tukey's test ($P < 0,05$) visade att tallplantorna i betydande utsträckning växte sämre i centrumzonen än på referensytan, medan granplantorna hade en betydligt bättre tillväxt i centrumzonen än på referensytan. Tallplantorna växte signifikant bättre än granplantorna i centrumzonen och på referensytan. I det yngre beståndet kunde skillnaden i höjdtillväxt mellan tall- och granplantorna i centrumzonen och på referensytan statistiskt säkerställas. Det var dock ingen betydande skillnad för granplantorna i centrumzonen jämfört med referensytan även om det fanns en tendens till ökad tillväxt i centrumzonen. Uppföljningsanalyser med Tukey's test ($P < 0,05$) visade att tallplantorna växte signifikant sämre i centrumzonen än på referensytan, medan granplantorna hade en tendens till bättre tillväxt i centrumzonen än på referensytan. Tallplantorna hade också i det

yngre beståndet en betydligt bättre tillväxt än granplantorna både i centrumzonen och på referensytan.

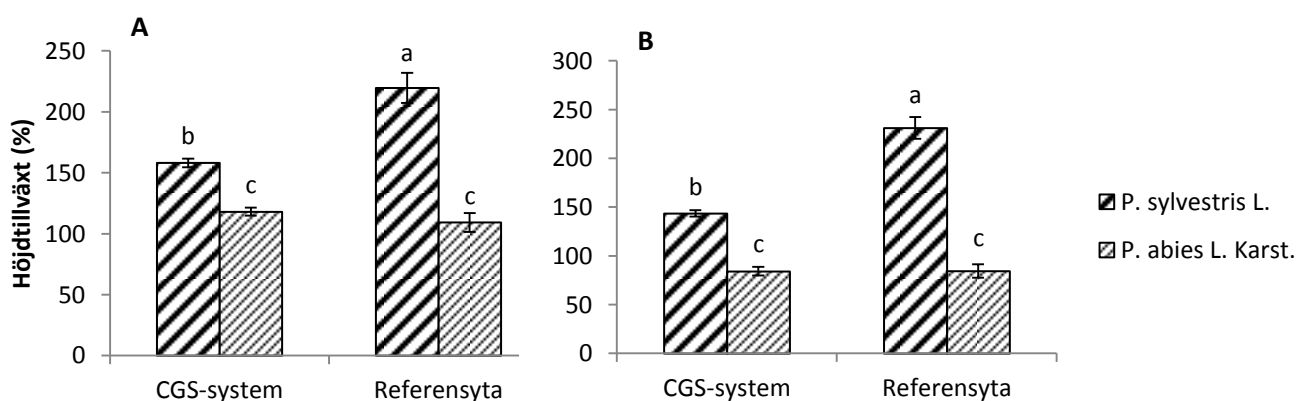
Tabell 6. En General linear model visar hur den procentuella förändringen i höjdtillväxt för plantorna (2006-2012) beror av om de befinner sig i ett CGS-system eller på en referensyta, trädslag samt block (äldre bestånd).

Table 6. General linear model of the relative change in height growth for the seedlings (2006-2012), depending on whether they are in the CGS-system or in a reference area, species, and block (older stand).

Parameter	d.f.	MS	<i>P</i>
Äldre bestånd			
System	1	1,8	0,000
Trädslag	1	5,9	0,000
Block	2	0,7	0,006
System*Trädslag	1	0,4	0,087
Error	1324	0,1	
Total	1329		

Anmärkning: På grund av en obalanserad datauppsättning mellan CGS-systemet och referensytan i det yngre beståndet kunde en GLM analys inte utföras.

Note: Due to an unbalanced data set between the CGS-system and the reference area a GLM analysis was not performed for the younger stand.

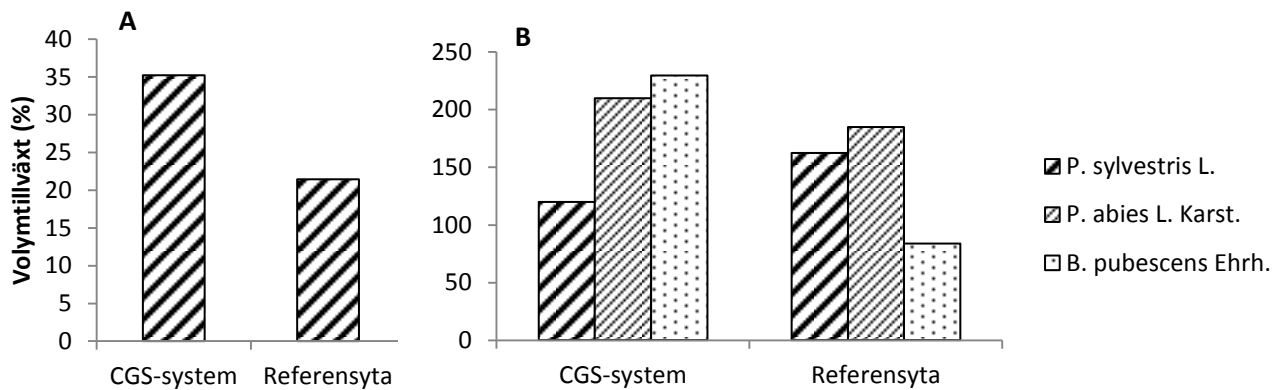


Figur 9. Procentuella höjdtillväxten (medel \pm SEM) under perioden 2006-2012 för tall- (*P. sylvestris* L.) och granplantor (*P. abies* L. Karst.) i ett CGS-system jämfört med på tillhörande referensyta, i det äldre (A) respektive yngre (B) beståndet. Olika bokstäver representerar signifikanta skillnader ($P < 0,05$ (Tukey's multipla jämförelsetest)). Jämförelser kan endast göras inom bestånd.

Figure 9. Relative height growth (mean \pm SEM) of Scots pine (*P. sylvestris* L.) and Norway spruce seedlings (*P. abies* L. Karst) during 2006-2012 in the CGS-system compared to the reference area in the older (A) and younger (B) stands, respectively. Different letters represent significant differences ($P < 0.05$ (Tukey's multiple comparison test)). Comparisons can be made only within stand.

2.3.2 Skärpträd

I det äldre beståndet visade Heureka simuleringen att det är en skillnad i volymtillväxt mellan skärpträden i CGS-systemet och den opåverkade skogen i samma bestånd. Den uppmätta volymtillväxten i CGS-systemet har varit högre än i den som simulerats fram som referensyta (Figur 10A). Motsvarande mönster kunde även utskiljas vid jämförelsen där bara centrumzonen i CGS-systemet jämfördes med referensytan. I det yngre beståndet visade Heureka simuleringen liknande resultat med en generellt sett högre uppmätt volymtillväxt i CGS-systemet jämfört med simuleringen i samma bestånd. Dock visade analysen i det yngre beståndet på olika respons beroende på trädslag. Gran och glasbjörk hade en bättre tillväxt i CGS-systemet än på referensytan, medan tall hade en bättre tillväxt på referensytan än i CGS-systemet (Figur 10B). Motsvarande mönster kunde även utskiljas vid jämförelsen mellan centrumzonen i CGS-systemet och referensytan.



Figur 10. Procentuella medelvolymtillväxten under perioden 2005-2013 för tall (*P. sylvestris* L.), gran (*P. abies* L. Karst.) och glasbjörk (*B. pubescens* Ehrh.) i CGS-systemen och på referensytorna i det äldre (A) respektive yngre (B) beståndet. Jämförelser kan endast göras inom bestånd.

Figure 10. Relative average volume growth of Scots pine (*P. sylvestris* L.), Norway spruce (*P. abies* L. Karst.) and downy birch (*B. pubescens* Ehrh.) during 2005-2013 in the CGS-systems and the reference areas of the older (A) and younger (B) stands, respectively. Comparisons can be made only within stand.

4. DISKUSSION

Målet med denna studie var att undersöka hur plantors och trädets tillväxt påverkas av kanter i ett CGS-system, samt eventuella tillväxtskillnader mellan CGS-systemen och referensytorna med trakthyggesbruk. Detta gjordes på beståndsnivå genom att undersöka hur plantor och skärmträds tillväxt påverkas av den ökade andelen kantzoner och om det förekommer någon tillväxtskillnad mellan norr- och söderläge. På systemnivå jämfördes tillväxten i CGS-systemet med den i ett trakthyggesbruk. Resultaten visade överlag att kanterna i CGS-systemen hade en negativ inverkan på plantornas höjdtillväxt och en positiv inverkan på skärmträdens volymtillväxt. En något bättre tillväxt kunde också utskiljas i de norra delarna av luckorna och skärmställningarna än i de södra. Resultaten avspeglar sig också på systemnivå där plantorna överlag hade en sämre tillväxt i CGS-systemen medan skärmträden hade en bättre tillväxt. Gran verkar dock vara mest lämpligt då både plantorna och skärmträden hade en minst lika bra tillväxt i centrumzonen som på referensytorna i båda bestånden.

4.1 Analyser på beståndsnivå

På beståndsnivå visade studien tydligt på att kantzonen har motsatta effekter på plantor i luckorna och skärmträden i skärmställningarna. Både tall och granplantorna hade en signifikant sämre höjdtillväxt i kantzonen jämfört med centrumzonen i båda bestånden vilket konfirmerar resultaten i tidigare studier (de Chantal et al. 2003; Erefur et al. manuskript; Gagnon et al. 2003; Huggard & Vyse 2002; Ruuska et al. 2008; Siipilehto 2006). Det motsatta visades dock för skärmträden där volymtillväxten överlag var högre i kantzonen än i centrumzonen. Plantornas försämrade tillväxt i kantzonen jämfört med centrumzonen kan eventuellt förklaras av skärmträdens ökade beskuggning och rotkonkurrens för plantorna (Valkonen et al. 2002). Dock tyder väderstrecksanalysen på att just ljuset kan ha en betydande inverkan eftersom planttillväxten var högre i kanter i sydlig riktning där en tidigare studie, från samma bestånd som denna fast på data mellan åren 2005-2008, konstaterat att solinstrålningen är som högst (Erefur et al. före tryckning). Samma studie (Erefur et al. före tryckning) visar också att 75 % av den optimala ljustillgången finns redan vid 7,5 m från kanten. Det finns dock flera andra studier som menar att det förekommer en tillväxtskillnad på längre avstånd från kanten än så (de Chantal et al. 2003; Huggard & Vyse 2002; Siipilehto 2006). Att skärmträden överlag hade en bättre tillväxt i kantzonen än i centrumzonen överensstämmer med flertalet studier (Jakobsson & Nilsson manuskript; Ruuska et al. 2008). Tall hade en signifikant bättre volymtillväxt i kantzonen än i centrumzonen oavsett bestånd. Anledningen till att tall uppvisar en signifikant skillnad kan bero på dess egenskaper som pionjärträd vilket medför att de effektivt kan tillgodogöra sig de goda solljusförhållanden (de Chantal et al. 2003) som dem i kantzonen (Ruuska et al. 2008). I det yngre beståndet där gran och glasbjörk också förekom hade de en signifikant bättre volymtillväxt än tall. De uppvisade dock ingen signifikant skillnad mellan kantzonen och centrumzonen. För skärmträden var skillnaden mellan kantzon och centrumzon inte lika signifikant som för plantorna.

Väderstrecksanalyserna visade på en generellt sett bättre höjdtillväxt för tallplantorna i de norra delarna av kantzonen än i de södra. Detta var signifikant i det äldre beståndet och även om skillnaderna i det yngre beståndet inte var signifikanta fanns det även där en stark tendens till ökad tillväxt i de norra delarna av kantzonen. I det yngre beståndet är också omgivande träd lägre vilket till viss del kan förklara de mindre tydliga skillnaderna i beståndet. Resultaten konfirmerar en tidigare studie i samma bestånd där likadant mönster förekom (Erefur et al.

före tryckning). Flera andra studier har också urskilt liknande mönster som för tallplantorna där tillväxten för plantor är lägre i söderläge än norrläge (de Chantal et al. 2003; Huggard & Vyse 2002; Ruuska et al. 2008; York, Battles & Heald 2003). Tillsammans med tidigare litteratur tyder resultaten från denna studie på att inkommande solljus har en avgörande betydelse för tillväxten av tallplantor i kantzoner (de Chantal et al. 2003; Ruuska et al. 2008). Enligt tidigare studier kan man därför anta att CGS-systemets orientering är avgörande för den maximala andelen solljus som föryngringen kan få (de Chantal et al. 2003; Erefur et al. före tryckning; Poulsen & Platt 1989; Streit, Wunder & Brang 2009). Därmed kan man förvänta sig att en nord-sydlig orientering av luckorna skulle resultera i en högre mängd solljus i de nordliga delarna av luckorna (Erefur et al. före tryckning). För granplantorna förekom ingen signifikant skillnad i höjdtillväxt mellan norr- och söderläge varken i det äldre eller yngre beståndet. Det här skulle kunna förklaras av att tallplantorna kan tillgodogöra sig den bättre ljusstillgången mer effektivt än granplantorna och att de därmed kan konkurrera bättre om tillgängliga resurser (de Chantal et al. 2003). I motsats till plantorna var det ingen signifikant skillnad i volymtillväxt för skärmträden mellan norr- och söderläge oavsett bestånd. Det var en aning oväntat eftersom det enligt Burton (2002) förekommer en bättre tillväxt i skogskanterna som vetter mot söder jämfört med kanter mot norr. En förklaring till detta kan vara att alla skärmträden hittills, sedan schackrutehuggningen utfördes, fått en närmast jämn ljusstillgång oavsett placering vilket inte medfört några signifikanta skillnader mellan norr- och söderläge. Huruvida tillväxtsambandet kommer förändras med tiden återstår att se. Det är också viktigt att ha i åtanke att väderförutsättningarna skiljer sig åt mellan olika säsonger, vilket påverkar den mängd solljusstillgång som når olika positioner i CGS-systemet som i sin tur påverkar tillväxten för både plantorna (Erefur et al. före tryckning) och skärmträden (Burton 2002; Schulze et al. 2005). Resultatet visar också att det var en stor tillväxtskillnad för skärmträden mellan det äldre och yngre beståndet, med en betydligt bättre tillväxt för skärmträden i det yngre. Skärmträden är i olika tillväxtfaser (Hägglund & Lundmark 2007) vilket medför att det är en mycket högre tillväxt för skärmträden i det yngre beståndet än i det äldre.

I både det äldre och yngre beståndet hade tallplantorna en signifikant bättre höjdtillväxt än granplantorna oavsett avstånd till kanten och norr- och söderläge. Förväntningarna var att granplantorna skulle ha en högre tillväxt än tallplantorna i kantzonen och då framförallt i de södra delarna av kantzonen där ljusstillgången i flera studier har nämnts vara sämre än i de norra delarna (de Chantal et al. 2003; Huggard & Vyse 2002; Ruuska et al. 2008; York et al. 2003) av kantzonen samt centrumzonen (Erefur et al. manuskript; Gagnon et al. 2003; Huggard & Vyse 2002; Ruuska et al. 2008; Siipilehto 2006). Resultatet skulle bland annat kunna förklaras av att bestånden består av typiska tallmarker, men en annan eventuell förklaring enligt de Chantal et al. (2003) kan vara tallplantornas större barryta vid en ökad ljusstillgång. Tallplantorna kan därmed allokera mer biomassa till assimilerande delar istället för strukturella, vilket möjliggör en ökad tillvaratagning av solljus. Tallplantorna kan därför konkurrera bättre om resurser i luckor och kantzonsmiljöer än granplantorna där resurstillgången förväntas vara låg (de Chantal et al. 2003). I och med detta kan man anta att granens sekundärträdsegenskaper, vilka möjliggör en god tillväxt vid sämre ljusförhållanden (Wright, Coates, Canham & Bartemucci 1998), förmodligen underordnade ovanstående förklaringar till varför tallplantorna hade en bättre tillväxt oavsett avstånd till kant och norr- eller söderläge. Eftersom gran har en långsammare etablering än tall som växer snabbt till en början för att sedan nå kulminen i ung ålder (Albrektson et al. 2012; Hallsby 2008), kan tillväxtsambandet mellan tall och gran tänkas förändras med tiden. I det yngre beståndet där gran och glasbjörk förekom bland skärmträden, hade dessa en signifikant bättre volymtillväxt än tall oavsett avstånd till kant och väderstreck. En förklaring till detta kan vara att granen och glasbjörken har en något lägre ålder än tallen vilket medför att de är i en annan tillväxtfas

(Hägglund & Lundmark 2007). I skärmställningarna i det yngre beståndet finns det även fuktigare partier vilket kan ha varit gynnsamt för granen och glasbjörken. Granen och glasbjörken uppvisade dock ingen signifikant skillnad i tillväxt mellan kantzon och centrumzon och norr- eller söderläge, vilket var lite förvånande med tanke på deras artspecifika egenskaper.

4.2 Analyser på systemnivå

I och med resultatet från analyserna på beståndsnivå var det mycket intressant att undersöka hur den negativa tillväxtförlusten för plantorna och den positiva tillväxtökningen för skärmträden i CGS-systemen förhöll sig till tillväxten i referensytorna med konventionellt trakthyggesbruk. Därför analyserades tillväxtskillnader mellan CGS-systemen, med och utan kantzoner, och referensytorna. Jämförelserna utan kantzon på systemnivå är viktiga eftersom de visar huruvida luckstorleken i CGS-systemen är tillräckligt stora för att åtminstone producera densamma tillväxt som på referensytorna. Detta förutsatt att plantornas försämrade tillväxt i kantzonen vägs upp av skärmträdens förbättrade tillväxt i kantzonen, vilket skulle kunna vara fallet i och med resultatet på beståndsnivå.

Sedan CGS-systemet anlades har tallplantorna haft en signifikant bättre höjdtillväxt på referensytan än i CGS-systemet. För granplantorna fanns det dock ingen betydande skillnad i tillväxt mellan systemen oavsett bestånd. Med tanke på att tallplantorna hade en signifikant sämre tillväxt i kantzonen än centrumzonen på beståndsnivå är resultatet på systemnivå inte förvånande. Tallplantorna har en klart bättre tillväxt på referensytorna, sannolikt eftersom det är en bättre ljustillgång där än i CGS-systemet som innehåller en högre andel kantzoner. Detta resultat motsägs dock av tidigare studier som analyserat tillväxt mellan 2005-2008 i det äldre beståndet, där tallplantorna hade en bättre tillväxt i CGS-systemet än på referensytan (Erefur et al. före tryckning). Granplantorna uppvisade inte samma tillväxtmönster på systemnivå även om tillväxten var lägre i kantzonen än i centrumzonen på beståndsnivå. Eftersom tillväxten för granplantorna är densamma i CGS-systemet som på referensytan kan man därför anta att gran är lämplig att plantera i ett CGS-system med hänsyn till perioden som studerats. Detta konstaterande styrks också av tidigare resultat (under perioden 2005-2008) som visar att granplantor inte förlorar något i tillväxt av att växa i ett CGS-system jämfört med trakthyggesbruk (Erefur et al. före tryckning). I jämförelsen med den tidigare studien kan man också konstatera att planttillväxten överlag har skiftat från att vara bättre i CGS-systemen (under perioden 2005-2008) till att vara bättre på referensytorna (under perioden 2006-2012). En eventuell förklaring till detta kan vara att den positiva effekten som skärmträden har under etableringsfasen, bland annat genom att bidra till stabila temperatur- (Erefur et al. före tryckning; Valkonen et al. 2002) och vattentillgång samt minskad vegetationskonkurrens (Erefur et al. före tryckning; Matthews 1989), senare under tillväxtfasen istället medför nackdelar för plantornas tillväxt på grund av beskuggning och rotkonkurrens (Valkonen et al. 2002). Detta tydliggör att analysen av CGS-systemet kräver att hela omloppstiden tas i beaktande. Eftersom det inte finns några referensytor anlagda för skärmträden i CGS-systemen användes tillväxtsimuleringar i Heureka BeståndsVis för att kunna jämföra tillväxten för skärmträden i CGS-systemet med den förväntade tillväxten skogen skulle haft om den skulle lämnats intakt. Resultaten tyder på att det äldre beståndet har vuxit cirka 60 % bättre som skärmträd i CGS-systemet jämfört med den simulerade tillväxten i referensytan. Med tanke på att tallen hade en signifikant bättre tillväxt i kantzonen än centrumzonen i analysen på beståndsnivå är resultatet på systemnivå i det äldre beståndet inte förvånande. Tallen har en klart bättre tillväxt i CGS-systemet eftersom det sannolikt är en bättre ljustillgång där än vad som skulle varit fallet på referensytan. Dock är det tydligt att generella

slutsatser inte kan dras då det i det yngre beståndet istället var en lägre tillväxt för tall i CGS-systemet än på referensytan. Orsaken till de divergerande resultaten är oklar men tydliggör dock att analyser av den här typen måste utföras med stöd av fler replikat. Glasbjörk som förekommer i det yngre beståndet har en avsevärt bättre tillväxt i CGS-systemet än på referensytan vilket kan förklaras av den sannolikt bättre ljusstillingen som förekommer där.

Resultatet av analysen på systemnivå som gjordes mellan CGS-systemet utan kantzon och referensytorna stämde mycket bra överens med ovanstående resultat för både plantorna och skärmträden. I både det äldre och yngre beståndet hade tallplantorna en signifikant bättre höjdtillväxt på referensytan, sannolikt på grund av den bättre solljusstillingen som fanns där, medan granplantorna hade en signifikant bättre tillväxt i centrumzonen i det äldre beståndet samt en tendens till ökad tillväxt i centrumzonen även i det yngre beståndet. Med hänsyn till den period som studerats kan man anta att luckstorleken i de anlagda CGS-systemen (0,135 ha) gynnar granplantorna som har en bättre tillväxt där än på referensytorna till båda bestånden. Detta antagande förutsätter dock att plantornas försämrade tillväxt i kantzonen vägdes upp av skärmträdens förbättrade tillväxt. Detta skulle kunna förklaras av att gran är ett skuggtåligt trädslag som kan prestera bra även under intermediära solljusförhållanden (Wright et al. 1998), som i CGS-systemet. För tallplantorna däremot var luckornas storlek inte tillräcklig för att åstadkomma en jämförbar tillväxt mellan CGS-systemen och referensytorna, även om plantornas försämrade tillväxt i kantzonen vägdes upp av skärmträdens förbättrade tillväxt. Ruuska et al. (2008) menar att tillväxtförlusten som uppstår i luckor är tolererbar med en storlek på ≥ 1 ha och med mindre luckor blir tillväxtförlusten därför alltför stor. Huruvida Ruuska et al. (2008) tagit hänsyn till olika trädarters förutsättningar under olika miljöförhållanden nämns inte i studien. Erefur et al. (före tryckning) tar upp aspekten att mindre luckor med mindre fotosyntetiskt aktivt solljus i en högre grad medför skugga som också påverkar markvegetationen negativt, vilket leder till en förmånlig effekt för plantetableringen. Bland skärmträden i det äldre beståndet hade tallarna en bättre volymtillväxt i centrumzonen än på referensytan, medan resultatet var det motsatta för tallarna i det yngre beståndet. Gran och glasbjörk hade dock en bättre tillväxt i centrumzonen än på referensytan i det yngre beståndet. I det äldre beståndet var luckornas storlek därför tillräcklig för att tillväxten av skärmträdens tallar skulle påverkas positivt, även förutsatt att skärmträdens förbättrade tillväxt i kantzonen förväntades kompensera för plantornas försämrade tillväxt i densamma. Detta gäller alltså endast gran och glasbjörk i det yngre beståndet. Precis som analyserna på beståndsnivå var tillväxtskillnaden för skärmträden mellan det yngre och äldre beståndet mycket stor vilket skulle kunna förklaras av att skärmträden i det äldre beståndet helt enkelt är äldre än skärmträden i det yngre beståndet. Skärmträden är därför i olika tillväxtfaser (Hägglund & Lundmark 2007) vilket medför att det är en mycket högre tillväxt för skärmträden i det yngre beståndet än i det äldre.

4.3 Syntes och rekommendationer

Resultatet från den här studien visar tydligt att de kanter som introduceras i ett CGS-system kommer att påverka tillväxten av plantor i luckorna negativt och träden i skärmställningen positivt. I och med dessa motsatta effekter kommer analyser som omfattar hela omloppstiden att krävas för att säkerställa det sammantagna utfallet. Analysen på systemnivå tyder på att luckorna är tillräckligt stora för att skapa goda tillväxtförutsättningar i CGS-systemet i form av inkommande solljus, näring och vatten. Detta var som mest tydligt för gran där både plantorna och skärmträden hade en minst lika bra tillväxt i CGS-systemet som på referensytorna. Detta förutsätter dock att plantornas försämrade tillväxt i kantzonen till fullo vägs upp av skärmträdens förbättrade tillväxt, vilket inte kan säkerställas från denna studie.

Man kan inte förutsätta att sambandet kommer vara oförändrat över en hel omloppstid. Förmodligen kommer luckornas storlek under vissa perioder att gynna pionjärträdsegenskaper och under andra sekundärträdsegenskaper. Enligt York et al. (2003) är det svårt att definiera en optimal luckstorlek eftersom detta beror på skogstyp, tillväxtförutsättningar och skötselbegränsningar, och även mer småskaliga faktorer så som betning, mikroklimatiska skillnader och koloniserande mycorrhiza hos de kvarvarande träden. Effekten av artsammansättningen, luckstorlek, plantornas läge och skärmträdens tillväxt kommer också med all sannolikhet att förändras i och med skötselåtgärder så som gallring och kalavverkning (York et al. 2003). Det är viktigt att ha i åtanke att kantzonsavståndet i denna studie (0-5 m) kanske inte är det exakta avståndet för var skärmträdens effekt på plantorna och luckornas effekt på skärmträden slutar. Att det finns ytterligare en effekt > 5 m från skogskanten skulle kunna förklara det lite motstridiga resultatet som förekom mellan analyserna på bestånd- respektive systemnivå. Det är dock inte helt lätt att hitta det exakta avståndet för kantzonen eftersom det är en flytande gräns (Chen et al. 1996) som förmodligen också skiljer sig åt för plantor och skärmträd. Enligt Erefur (2007) kan även väldigt lokala skillnader i solljus- och vattentillgång vara förklaringar till vissa av de skillnader som förekommer.

Eftersom få studier har jämfört just tillväxtskillnader mellan ett CGS-system och det konventionella trakthyggesbruket är det svårt att förutse hur tillväxtsambandet kommer att förändras under en omloppstid. Detta har gjorts tydligt av denna studie där bland annat planttillväxten överlag har skiftat från att vara högre i CGS-systemet vid etableringsfasen (Erefur et al. före tryckning) till att nu senare i tillväxtfasen vara högre i referensytorna. Vid nyanläggning av CGS-system är det viktigt att en del av beståndet blir referensyta och sköts enligt den metod man vill jämföra med. Beståndsstrukturen varierar beroende på när under omloppstiden man väljer att etablera ett CGS-system. Det möjliggör enligt Erefur et al. (före tryckning) att man kan matcha skiktningen av beståndet mot avverkningsteknik och lämpliga maskiner. Vid användandet av CGS-systemet i det praktiska skogsbruket är det viktigt att innan anläggningen beakta hur plantorna och skärmträden ska skötas. Vid anläggningen av ett CGS-system bör man ha i åtanke vilken form av etableringsmetod som ska användas, oavsett om det är naturlig föryngring med hjälp av omkringliggande skärmträd, plantering eller sådd (Erefur et al. före tryckning) och också om markberedning ska förekomma och i så fall i vilken utsträckning. Enligt Erefur et al. (före tryckning) kan det bland annat vara ekonomiskt gynnsamt att avveckla skärmträden i flera steg, medan Nilsson, Agestam, Ekö, Elfving, Fahlvik, Johansson, Karlsson, Lundmark och Wallentin (2010) menar att samma volym kan produceras för tall utan gallring som med. Detta kan vara gynnsamt eftersom mekaniska skador då förmodligen reduceras.

Förutom att vissa trädarter med stöd av denna studie kan ha en bättre tillväxt i ett CGS-system än i ett trakthyggesbruk, medför systemet troligtvis ytterligare värden som är av stor vikt. CGS-systemet skulle enligt Erefur et al. (före tryckning) kunna klassificeras som ett multifunktionellt system, där många olika habitat med variation i solljus och fuktighet förhållanden förekommer. Det möjliggör en matchning mellan habitat och lämplig trädart. Många olika arter kommer med all sannolikhet att kunna trivas bra i ett CGS-system som har intermediära nivåer av störning (Shea et al. 2004) där det finns stor variationsrikedom mellan luckorna, kantzonen och skogen (Bergsten et al. 2009). Man kan därför i systemet välja att optimera förutsättningarna för utvalda arter. Exempelvis skulle detta kunna göras för epifytiska lavar med hjälp av den kontinuerliga förekomsten av vuxna träd (Erefur et al. före tryckning). Det här har också konstaterats av Raymond, Munson, Ruel & Coates (2006) som fann att mikroklimatet i små luckor är väldigt asymmetriskt vilket leder till att olika luckor skapar olika nischer för etablering och tillväxt av olika arter. Nischerna kommer med all sannolikhet att förändras med tiden i ett CGS-system, eftersom plantorna växer upp och blir

skärmträd och skärmträden i sin tur avverkas varpå det sker en återetablering i någon form. CGS-systemet är ett skötselalternativ där man har försökt att kombinera den positiva ekonomiska effekten av att avverka träd så att mindre luckor skapas samtidigt som man tar en ökad hänsyn till andra värden så som den biologiska mångfalden, skogens sociala värden och rennärningen. CGS-systemet ger en bild av att skogen bevaras då det inte innebär en fullt så drastisk förändring av miljön som trakthyggesbruket oftast gör (Bengtsson & Rosell 2012). Det kan dock diskuteras huruvida CGS-systemet kan klassificeras som ett kalhyggesfritt skogsbruk. Antagligen kan CGS-systemet ses mer som en sammanslagning av olika skogsskötselsystem och skogsbruksfilosofier vilket på sikt kan generera inte bara ekonomiska värden utan även ekologiska och sociala. För att konstatera hur lämpligt användandet av CGS-systemet är inte bara på systemnivå utan även på landskapsnivå skulle utförliga simuleringar i Heureka PlanVis (Wikström et al. 2011) kunna utföras med hänsyn till bland annat rumslig fördelning. Med hjälp av sådana simuleringar kan man bestämma hur man ekonomiskt ska optimera skötseln i ett CGS-system och bland annat om ekonomin och virkesflödet skiljer sig mellan ett CGS-system och trakthyggesbruk. CGS-systemet skulle också kunna vara en alternativ skötselmetod i bland annan tätortsnära skogar och enligt Racey, Abraham, Darby, Timmerman & Day (1991) på renbetesområden eftersom skogen efter kalavverkning sammanbinds av korridorer av sparad skog.

I tolkningen av resultaten från analysen på systemnivå bör det beaktas att resultaten till viss del baserats på simuleringar samt låg replikering av planttillväxt i det traditionella trakthyggesbruket. Vid framskrivningen av skogen i det äldre respektive yngre beståndet som fanns innan CGS-systemet anlades, användes simuleringsverktyget Heureka BeståndsVis (Wikström et al. 2011). Vid simuleringsprocessen användes endast framskrivningsverktyget vilket innebär att studiens resultat baseras på Heurekas egna tillväxtmodeller, utan inslag av egenfattade beslut angående skötselåtgärder eller liknande. Erfarenheter visar att tillväxtmodeller för ungskog i Heureka kan innehålla stora osäkerheter men inga vetenskapliga studier har ännu belyst detta. De simuleringar som utförts i denna studie bör därför vara tillförlitliga med tanke på skärmträdens ålder. Eftersom det på försökslokalerna på Kulbäckslidens försökspark finns ett lägre antal referensytor (en på varje lokal) än vad det finns luckor och skärmställningar (tre vardera på varje lokal) i CGS-systemen är datamaterialet mellan skötselsystemen ojämnt. I och med att det finns få replikat för referensytan kan enskilda händelser och förutsättningar bli av större vikt än vad som skulle varit fallet med fler replikat. Till sist är det också viktigt att poängtera att resultaten är begränsade till perioden 2005-2013. Dock kan resultatet självklart ge en uppfattningen om hur ett CGS-system kan komma att fortsätta utvecklas och om och hur det bör skötas i framtiden för att gynna ekonomiska, ekologiska och sociala värden.

4.4 Slutsatser

Resultatet på beståndsnivå visar att plantornas försämrade tillväxt i kantzonen, jämfört med centrumzonen, i ett senare stadium övergår till en förbättrad tillväxt. Detta sker förmodligen då skärmträden avverkas och skärmställning blir lucka. I de fall där plantorna och skärmträden hade en minst lika bra tillväxt i centrumzonen som på referensytan, kan man anta att det inte finns någon produktionsförlust som talar emot att CGS-systemet skulle kunna användas istället för ett trakthyggesbruk med hänsyn till den period som analyserats. Detta förutsatt att plantornas försämrade tillväxt i kantzonen vägs upp av den förbättrade tillväxt de får som skärmträd. I detta avseende är dock resultaten som presenteras här inte entydiga. I vissa fall var tillväxten i centrumzonen bättre än på referensytan och i vissa fall sämre, vilket sannolikt beror på lokalens förutsättningar och vilket trädslag som avses. Granen verkar vara

mest lämplig då både plantorna och skärmträden hade en minst lika bra tillväxt i centrumzonen som på referensytorna i båda bestånden. I de fall där det är av extra vikt att gynna flera olika värden i skogsbruket är CGS-systemet därför ett alternativ som bör beaktas. Detta eftersom systemet eventuellt kan gynna ekologiska och sociala värden samtidigt som det enligt denna studie verkar kunna medföra en virkesproduktion som kan matcha den i ett konventionellt trakthyggesbruk.

Studiens resultat tydliggör även hur komplext ett CGS-system. Det är därför viktigt att ytterligare analyser och simuleringar med mer omfattande empiriska data utförs för att utvärdera exakt hur tillväxten skiljer sig i ett CGS-system med olika förutsättningar. Tillämpning av CGS-system på landskapsnivå är av stort intresse och CGS-systemets förhållande till trakthyggesbruket bör därför analyseras mer utförligt innan en storskalig etablering av CGS-systemet kan genomföras.

REFERENSER

- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). *Skogsskötsel grunder och samband* (Skogsskötselserien 1). Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Angelstam, P. (2001). Skogens biologiska mångfald i Sverige – en resa i tid och rum. I: Ekelund, H. & Hamilton, G. *Skogspolitisk historia* (Rapport 2001:8A). Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Anon. *A simple guide to Minitab*. (2008). England: Tropical Biology Association.
- Bengtsson, L. & Rosell, S. (2012). *Hyggesfritt skogsbruk* (Broschyr). Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Bergsten, U., Nordfjell, T., Sandström, P. & Valinger, E. (2009). *Program för utveckling av rennäring och skogsbruk i samspel*. Umeå: Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Borgstrand, E. (2013). *Schackrutehuggning anlagt i det äldre beståndet på Kulbäckslidens försökspark*. [fotografi].
- Bucht, S. 1981. *The influence of some different thinning patterns on the development of Scots pine stands* (Rapport 4). Department of Silviculture, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Bucht, S. & Elfving, B. (1977). Thinning response and increment in a strip-thinned stand. *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift*, (4).
- Burton, P.J. (2002). Effects of clearcut edges on trees in the subboreal spruce zone of Northwest-Central British Columbia. *Silva Fennica* 36(1), ss. 329-352.
- Brokaw, N.V.L. (1985). Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology* 66(3), ss. 682-687.
- Brokaw, N.V.L. & Scheiner, S.M. (1989). Species composition in gaps and structure of a tropical forest. *Ecology* 70(3), ss. 538-541.
- Canham, C.D., Denslow, J.S., Platt, W.J., Runkle, J.R., Spies, P.S. & White, P.S. (1990). Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research* 20(5), ss. 620-631.
- Cameron, A.D., Mason, W.L. & Malcolm, D.C. (2001). Transformation of plantation forests: Papers presented at the IUFRO conference held in Edinburgh, Scotland, 29 August to 3 September 1999. *Forest Ecology and Management*, 151(1-3), ss. 1-5.
- Cedergren, J. (2008). *Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk* (Meddelande 2008:1). Jönköping: Skogsstyrelsen.
- de Chantal, M., Leinonen, K., Kuuluvainen, T. och Cescatti, A. (2003). Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in a boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 176(1-3), ss. 321-336.

- Chen, J., Franklin, J.F. & Lowe, J.S. (1996). Comparison of abiotic and structurally defined patch patterns in a hypothetical forest landscape. *Conservation Biology*, 10(3), ss. 854-862.
- Chen, J., Franklin, J.F. & Spies, T.A. (1993). An empirical model for predicting diurnal air temperature gradients from edge into old-growth Douglas-fir forest. *Ecological Modelling*, 67(2-4), ss. 179-198.
- Coates, K.D. & Burton, P.J. (1999). Growth of planted tree seedlings in response to ambient light levels in north-western interior cedar-hemlock forests of British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(9), ss. 1374-1382.
- Coomes, D. A. och Grubb, P. J. (2000) Impacts of root competition in forests and woodlands: A theoretical framework and review of experiments. *Ecological Monographs*, 70(2), ss. 171-207.
- Coutts, M.P., Nielsen, C.C.N. & Nicoll, B.C. (1999). The development of symmetry, rigidity and anchorage in the structural root system of conifers. *Plant and Soil*. 217(1-2), ss. 1-15
- Ekelund, H. & Hamilton, G. (2001). *Skogspolitisk historia* (Rapport 2001:8A). Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Erefur, C. (2007). Miljöpåverkan och konkurrens vid föryngring av tall och gran under skärm (2007:1). I Sjöberg, G. (red) Fakta skog – Om forskning vid Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala: Hällgren, J-E Sveriges lantbruksuniversitet.
- Erefur, C. (2010). *Regeneration in continuous cover forestry systems*. Diss. Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för skogens ekologi och skötsel. Umeå: Arkitektkopia.
- Erefur, C., Bergsten, U., Lundmark, T., Ottosson Löfvenius, M. & de Chantal, M. *Establishment and growth of tree seedlings with differing light tolerance in a gradient between gap and forest in a Chequered-Gap-Shelterwood-System. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 42 Appendix Paper V. [manuskript]
- Erefur, C., Bergsten, U., Ottosson Löfvenius, M., Lundmark, T. & de Chantal, M. Solar radiation regime and the growth of Scots pine and Norway spruce planted in the gaps of a Chequered-Gap-Shelterwood-System. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 42 Appendix Paper IV. [före tryckning]
- Finzi, A.C. och Canham, C.D. (2000). Sapling growth in response to light and nitrogen availability in a southern New England forest. *Forest Ecology and Management*, 131(1-3), ss. 153-165.
- Gagnon, J.L., Jokela, E.J., Moser, W.K. & Huber, D.A. (2003). Dynamics of artificial regeneration in gaps within a longleaf pine flatwoods ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 172(2-3), ss. 133-144.
- Gauthier, S., M-A., Vaillancourt, A., Leduc, L., DeGarndpre, D., Kneeshaw, H., Morin, P., Drapeau, & Y., Bergeron. (red.) (2009). *Ecosystem management in the boreal forest*. Québec: Les Presses de l'Université du Québec.

- Gardiner, B., Marshall, B., Achim, A., Belcher, R. & Wood, C. (2005). The stability of different silvicultural systems: a wind-tunnel investigation. *Forestry*, 78(5), ss. 471-484.
- Google maps. *Schackrutehuggning anlagt i det äldre beståndet på Kulbäckslidens försökspark*.
<https://www.google.se/maps/place/922+91+Kulb%C3%A4cksliden/@64.155253,19.5580864,618m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x467bf562620f1467:0x39506e2f3fadd75> [2014-03-18]
- Goulet, F. (1995). Frost heaving of forest tree seedlings: a review. *New Forests*, 9(1), ss. 67-94.
- Hallsby, G. (2013). *Plantering av barrträd* (Skogsskötselserien 3). Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Hannerz, M. (2012). Kontinuitetsskogsbruk – en utmaning för forskningen. *Sveriges lantbruksuniversitet Future Forest*, 3 december.
<http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/future-forests/nyheter/fran-future-forests/2012/12/kontinuitetsskogsbruk-en-utmaning-for-forskningen/>.
- Huggard, D. & Vyse, A. (2002). *Edge effects in high-elevation forests at Sicamous Creek* (Extension Notes 62). British Columbia: British Columbia Ministry of Forests, Forest Science Program.
- Hägglund, B. & Lundmark, J-E. (2007). *Handledning i Bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem Del 2 Diagram och tabeller*. Femte upplagan. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Jakobsson, R. & Nilsson, M. (2005). Effect of border zones on volume production in Scots pine stands. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 34 Appendix Paper IV. [manuskript]
- Karlsson, K., Mossberg, M. & Ulvcröna, T. (2012). *Fältdatasystem för skogliga fältförsök* (Rapport 5). Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet Enheten för skoglig fältforskning.
- Knoke, T. (2012). The Economics of Continuous Cover Forestry. I: Pukkala, T. & Von Gadow, K. (red.) *Continuous Cover Forestry*. Nederländerna: Springer, ss. 167-193.
- Kuuluvainen, T., O. Tahvonen & T. Aakala. 2012. Even-aged and uneven-aged forest management in Boreal Fennoscandia: A review. *AMBIO*, 41(7), ss. 720-737.
- Lundqvist, L., Cedergren, J. & Eliasson, L. (2009). *Blädningsbruk* (Skogsskötselserien 11). Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Matthews, J. (1989). *Silvicultural systems*. New York: Oxford Science Publications, Oxford University Press.

- Mattsson, L. & Li, C-Z. (1994). How do different forest management practices affect the non timber value of forests? An economic analysis. *Journal of Environmental Management*, 41(1), ss. 79-88.
- Minitab, Inc. (2009). MINITAB Statistical Software, Release 16 for Windows, State College, Pennsylvania. Minitab® is a registered trademark of Minitab, Inc.
- Nilsson, U., Agestam, E., Ekö, P-M., Elfving, B., Fahlvik, N., Johansson, U., Karlsson, K., Lundmark, T. & Wallentin, C. (2010). Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden – Effects of different thinning programmes on stand level gross-and net stem volume production. *Studia Forestalia Suecica*, 219, 46 pp.
- Nordström, E-M. (2010). *Intergrating multiple criteria decision analysis into participatory forest planning*. Diss. Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå: Arkitektkopia.
- Ottosson Löfvenius, M. (red.) (2006). *Referensmätning av klimat vid Skogliga Försöksparkerna (Årsrapport 2005)*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet Enheten för skoglig fältforskning.
- Ottosson Löfvenius, M. (red.) (2012). *Referensmätning av klimat vid Skogliga Försöksparkerna (Årsrapport 2011)*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet Enheten för skoglig fältforskning.
- Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clearcut area*. Diss. Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för skogens ekologi. Umeå: SLU Reprocentralen.
- Peltola, H. (1996). Model computations on wind flow and turning moment by wind for Scots pines along the margins of clear-cut areas. *Forest Ecology and Management*, 83(1996), pp. 203-215.
- Pommerening & S.T. Murphy. 2004. A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry*, 77(1), ss. 27-44.
- Poulsen, T. L. & Platt, W. J. (1989). Gap light regime influence canopy tree diversity. *Ecology*, 70(3), ss. 553-555.
- Racey, G. D., Abraham, K., Darby, W. R., Timmermann, H. R. & Day, Q. (1991). Can woodland caribou and the forest industry coexist: The Ontario scene. *RANGIFER*, 11(7), ss. 108-115.
- Raymond, P., Munson, A.D., Ruel, J.C. & Coates, K.D. (2006). Spatial patterns of soil microclimate, light, regeneration, and growth within silvicultural gaps of mixed tolerant hardwood-white pine stands. *Canadian Journal Forest Research*, 36(3), ss. 639-651.
- Runkle, J.R. 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology*, 63(5), ss. 1533-1546.

- Ruuska, J., Siipilehto, J. & Valkonen, S. (2008). Effect of edge stands on the development of young *Pinus sylvestris* stands in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23(3), ss. 214-226.
- Samuels, M. L. (2010). *Statistics for the life sciences*. 4. Uppl., Boston: Pearson Education.
- Schulze, E.-D., Beck, E. & Müller-Hohenstein, K. (2005). *Plant Ecology*. Berlin: Springer.
- Shea, K., S.H. Roxburg & S.J. Rauschert. (2004). Moving from pattern to process: Coexistence mechanisms under intermediate disturbance regimes. *Ecology Letters*, 7(6), ss. 491-508.
- Siipilehto, J. (2006). Height distribution of Scots pine sapling stands affected by retained tree and edge stand competition. *Silva Fennica*, 40(3), ss. 473-486.
- Streit, K., Wunder, J. & Brang, P. (2009). Slit-shaped gaps are a successful silvicultural technique to promote *Picea abies* regeneration in mountain forests of the Swiss Alps. *Forest Ecology and Management*, 257(9), ss. 1902-1909.
- Telewski, F.W. (1995). Wind-induced physiological and developmental responses in trees. I Coutts, M.P. & Grace, J. (red.) *Wind and Trees*. New York: Cambridge University Press, ss. 237-263.
- Walters, M. B. & Reich, P. B. (1997). Growth of *Acer saccharum* seedlings in deeply shaded understories of northern Wisconsin: effects of nitrogen and water availability. *Canadian Journal of Forest Research*, 27(2), ss. 237-247.
- Webster, C. R. & Lorimer, C. G. (2005). Minimum opening sizes for canopy recruitment of midtolerant tree species: a retrospective approach. *Ecological Applications*, 15(4), ss. 1245-1262.
- Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson, L.O., Lämås, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C., and Klintebäck, F. 2011. The Heureka forestry decision support system: An overview. *Mathematical and Computational Forestry and Natural-Resource Sciences*, 3(2), ss. 87-95.
- Wilson, B.F. (1975). Distribution of secondary thickening in tree root systems. I Torrey, J.G. & Clarkson, D.T. (red.) *The Development and Function of Roots*. New York: Academic Press, ss. 197-219.
- Wright, E.F., Coates, K.D., Canham, C.D. & Bartemucci, P. (1998). Species variability in growth response to light across climatic regions in northwestern British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 28(6), ss. 871-886.
- Valkonen, S., Ruuska, J. & Siipilehto, J. (2002). Effect of retained trees on the development of young Scots pine stands in southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 166(1-3), ss. 227-242.
- Venäläinen, A., Zeng, H., Peltola, H., Talkkari, A., Strandman, H. & Kellomäki, S. (2004). Simulations of the influence of forest management on wind climate on a regional scale. *Agricultural and Forest Meteorology*, 123(3-4), ss. 19-31.

- Vepakomma, St-Onge & Kneeshaw. (2011). Response of a boreal forest to canopy opening: assessing vertical and lateral tree growth with multi-temporal lidar data. *Ecological Applications*, 21(1), ss. 99-121.
- York, R., Battles, J. & Heald, R. (2003). Edge effects in mixed conifer group selection openings: Tree height response to resource gradients. *Forest Ecology and Management*, 179(1-3), ss. 107-121.
- Zeng, H., Peltola, H., Talkkari, A., Venäläinen, A., Strandman, H., Kellomäli, S. & Wang, K. (2004). Influence of clear-cutting on the risk of wind damage at forest edges. *Forest Ecology and Management*, 203(1-3), ss. 77-88.

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2014:8 Författare: Ragna Lestander
En utvärdering av de skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi
- 2014:9 Författare: Sara Svanlund
Carbon sequestration in the pastoral area of Chepareria, western Kenya – A comparison between open-grazing, fenced pastures and maize cultivations
- 2014:10 Författare: Erik Risby
Beräkning av areal och stående timmervolym i skyddszoner skapade från DTW-index
- 2014:11 Författare: Erik Olsson
Jämförelse av prognostiserad och observerad beståndstillväxt 5 år efter första gallring enligt Bergvik Skogs skötselprogram
- 2014:12 Författare: Ronja Jägbrant
Hur mycket frö sprids från *Pinus contorta*? Kottproduktion, serotinitet och frökvalitet i relation till beståndsålder i södra Norrland
- 2014:13 Författare: Maja Johansson
De närboendes besöksvanor och attityder till naturområdet Stadsliden i centrala Umeå. En kvantitativ enkätstudie med kompletterande kvalitativa intervjuer
- 2014:14 Författare: Caroline Haglund
Lövskogsmålen i FSC-certifierat skogsbruk – tolkning, uppföljning och skötseldirektiv
- 2014:15 Författare: Ragna Wennström
LandPuck™-systemets ekonomiska konkurrenskraft jämfört med tallplantering i norra Sverige
- 2014:16 Författare: Anton Ahlström
När cykelstigen kom till byn. En fallstudie i Arvidsjaurs kommun
- 2014:17 Författare: Andreas Brihem
Fältskiktsvegetationen 30 år efter beståndsanläggning – effekter av olika nivå på skogsskötselintensitet
- 2014:18 Författare: Daniel Regemar
Förutsättning för prediktion av NPK+, Blå målklass och vattenkemi utifrån GIS-analys?
- 2014:19 Författare: Shu Yao Wu
The effects of soil scarification on humus decomposition rate in forests in British Columbia, Canada
- 2014:20 Författare: Wolfgang Nemeč
The growth dynamics of Douglas fir in Sweden and Finland – Application of the 3-PG stand growth model
- 2014:21 Författare: Jennifer McGuinness
Effect of planting density and abiotic conditions on yield of *Betula pendula* and *Pinus sylvestris* seedlings in monoculture and mixture
- 2014:22 Författare: Emil Mattsson
Zonerat skogsbruk – en möjlighet för Sverige

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på www.seksko.slu.se