

Planteringsförbandets och urvaleffektens påverkan på virkesproduktionen med gran

*The spacing and selection effects impact on the wood
production with Norway spruce*



Foto: Ulla Nylander

Erik Olsson & Tobias Wennerholm



Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel <i>Department of Forest Ecology and Management</i>
Författare/Author	Erik Olsson & Tobias Wennerholm
Titel, Sv	Planteringsförbandets och urvalseffektens påverkan på virkesproduktionen med gran
Titel, Eng	<i>The spacing and selection effects impact on the wood production with Norway spruce</i>
Nyckelord/ Keywords	Planttäthet, granplantering, trakthyggesbruk, röjning, gallring, konkurrens, <i>Picea abies</i> . / <i>Plant population, Norway Spruce plantation, clear felling, cleaning, thinning, competition, Picea abies</i>
Handledare/Supervisor	Lars Lundqvist, SLU, Inst. för skogens ekologi och skötsel
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap/ Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2016

FÖRORD

Idén bakom studien kom ursprungligen från Lars Lundqvist som hänvisade oss till Björn Elfving som anlagt försöket. Vi vill tacka de som bidraget till skapandet av detta arbete. Vår handledare Lars Lundqvist som gett oss råd, hjälpt med struktur och stöd genom arbetet. Björn Elfving för data, tidigare rapport och alla funderingar vi haft kring försöket. Anton Grafström för hjälp med statistiska analyser och vidare förståelse kring Minitab. Tommy Mörling för ytterligare råd och stöd genom arbetet.

Umeå april 2016

Erik Olsson & Tobias Wennerholm

SAMMANFATTNING

Trakthyggesbruket är det vanligaste skogsskötselsystemet i Sverige och innehåller fyra karakteristiska faser. De olika faserna är föryngringsfasen, ungskogsfasen, gallringsfasen och slutavverkningsfasen. Dessa påverkas av hur många plantor, planteringsförbandet, som planteras per hektar under föryngringsfasen. Det här medför att en skogsägare kan få en lyckad föryngring med få plantor, trots minimalt arbete och utgifter. Ett glesare förband ger en sämre urvalseffekt då det finns färre träd att välja mellan till det framtida slutbeståndet. Dock blir risken att ett glest bestånd drabbas av rotröta och stormfällning lägre. Denna studie inriktar sig på att undersöka hur planteringsförbanden med gran (*Picea abies* [L.] Karst) påverkar virkesproduktionen när alla planteringsförband har röjts och gallrats ned till samma stamantal per hektar. Data är hämtat från en av SLU:s försökskytor (1026), sex mil nordväst om Umeå utanför Vindelns kommun. Det är ett icke randomiserat försök uppdelat i tre block. Försöket består av fem kvadratiske planteringsförband (1x1m, 1,5x1,5m, 2x2m, 2,5x2,5m och 3x3m) uppdelade i tre avdelningar vardera, utspridda över de tre blocken. Försöket anlades 1965 för att undersöka planteringsförbandets och urvalseffektens påverkan på virkesproduktion och har reviderats fem gånger. Analyser utfördes på förbandens totala volymproduktion, övre höjd, medelhöjd och medeldiameter vid den senaste revisionen. Planteringsförband 1x1m producerade bäst, i alla kategorier, följt av planteringsförband 3x3m. Någon statistisk signifikans kunde dock inte finnas på planteringsförbandets och urvalets effekt på virkesproduktionen. Liknande försök med gran (*Picea abies* [L.] Karst) har visat att tätare planteringsförband leder till högre volymproduktion om de inte gallrats. Om gallring utförs i tätare förband kan glesare förband producera jämligt med de ursprungligt tätare planteringsförbanden men kvaliteten i beståndet minskar.

Nyckelord: *Planttäthet, granplantering, trakthyggesbruk, röjning, gallring, konkurrens, Picea abies*

SUMMARY

Clear felling is the most common alternative for the Swedish silviculture. This consists of four characteristic phases. The phases are; reforestation phase, young forest phase, thinning phase and clear cutting phase. By planting different amount of plants, different spacing, during the reforestation, the other phases will be affected. This entails that a forest owner could have a successful reforestation with minimal work and expenditure invested. A sparsely spacing gives less selection effect because of fewer trees to choose for future stand. However it will have a lower risk of being affected by root rot and storm damage. This study aims to examine how different spacing with spruce (*Picea abies* [L.] Karst) affects timber production after being cleared and thinned to the same number of stems per hectares. The data has been collected from a trial area (1026) belonging to SLU, 60 kilometers northwest of Umeå outside Vindeln. It is a none randomized trial area consisting of three blocks with 5 squared spacing (1x1m, 1,5x1,5m, 2x2m, 2,5x2,5m and 3x3m) broken up into three different sections, spread out over the three blocks. The experiment was initiated in 1965 to study the effect of different spacing and the selection effect on wood production and has been revised five times. Data over volume production, over height, mean height and mean diameter from the last revision was analyzed. The 1x1m spacing was the best performing in all categories followed by spacing 3x3m. However, no statistical significance could be found by looking at the spacing effect on timber production. Similar studies with spruce (*Picea abies* [L.] Karst) have shown that closer spacing leads to a higher volume production if they are not thinned. If denser spacings are thinned, a sparsely spacing can produce equitable as the originally denser spacing but the quality of the stand will be lower.

Keywords: *Plant density, Norway spruce plantation, clear felling, cleaning, thinning, konkurrens, Picea abies*

INLEDNING

Bakgrund

Skogsbruket har dominerats av trakthyggesbruk sedan 1950-talet. Trakthyggesbruk innebär att skogen är enskiktad och att alla träden i beståndet är lika höga med ett jämnt krontak samt relativt likåldrigt. Trakthyggesbruket består av fyra karakteristiska faser; föryngringsfasen, ungskogsfasen, gallringsfasen och slutavverkningsfasen. Dessa fyra faserna är de perioder ett skogsbestånd går igenom under sin omloppstid. (Albrektson *m. fl.* 2013)

Föryngringsfasen, som kommer först, är när ett nytt bestånd skapas genom plantering eller sådd. Även naturlig föryngring kan förekomma. Det är under den här perioden som skogsägaren har störst möjlighet att påverka hur det framtida beståndet ska se ut. Valet av trädslag och antalet plantor har stor betydelse för beståndets framtida produktion och skötsel (Albrektson *m. fl.* 2013).

Efter föryngringsfasen följer ungskogsfasen. Den skogsskötselåtgärd som vanligtvis utförs under denna fas är röjning. Detta för att få högre kvalitet och ett mer homogent bestånd (Albrektson *m. fl.* 2013). En eller flera röjningar kan utföras för att förebygga naturlig avgång, reglera trädslagsammansättningen och att koncentrera tillväxten till färre träd. Det som avgör hur omfattande röjning som utförs är starkt beroende av antalet huvudstammar som växer på lokalen (Pettersson 1993).

Gallringsfasen är den tredje fasen som ett bestånd går igenom. Den skogsåtgärd som är vanligast här är gallring som utförs i syfte att minska konkurrens och att koncentrera tillväxten till färre träd. Ju fler huvudstammar det finns på lokalen desto större möjligheter finns det att välja ut eftertraktade trädegenskaper och driva beståndet åt en viss riktning. Detta kallas för urvalseffekten och är alltså större i ett tätare bestånd än i ett glesare (Klang 2000).

Det sista som sker under ett bestånds omloppstid är slutavverkning. Denna fas kallas av denna anledning för slutavverkningsfasen. Detta innebär avveckling av det gamla beståndet och planering inför det nya. Beroende på vad som planerats inför föryngringsfasen kan man välja att kalhugga eller lämna frö-/skärmträd. Detta kallas därför ofta för föryngringsavverkning. Efter en avverkning är det enligt lag krav på återbeskogning (Anon 1974; SFS 1993:553).

Planteringsförbandet

Då det under föryngringsfasen läggs en grund inför det framtida beståndet är det viktigt att skogsägaren har mål och riktlinjer med vad han eller hon vill med sin skog. Ofta är det hög ekonomisk vinning som eftersträvas. Högsta markvärde brukar ofta, ur en företagsekonomisk synvinkel, innebära högsta ekonomiska vinning. Det är inte alltid den högsta

volymproduktionen som ger det högsta markvärdet. Det beror istället på hur skogen sköts under dess omloppstid (Ekvall & Bostedt 2009). Att utnyttja hela markens produktionsförmåga i form av volymproduktion brukar emellertid ofta leda till höga inkomster. Därmed vill många skogsägare fokusera på hög volymproduktion.

Gran är ett av de vanligaste trädslagen i Sverige och planteras därefter flitigt. Den större delen av slutavverkningsvolymen, trots lite kvalitetsinriktad skötsel, blir av högsta kvalitet. Därmed får man mycket betalt för virket. Granen är också ett sekundärträslag, vilket innebär att det tål beskuggning under andra träd. Av denna anledning kan det planteras och växa tätt (Albrektson *m. fl.* 2013).

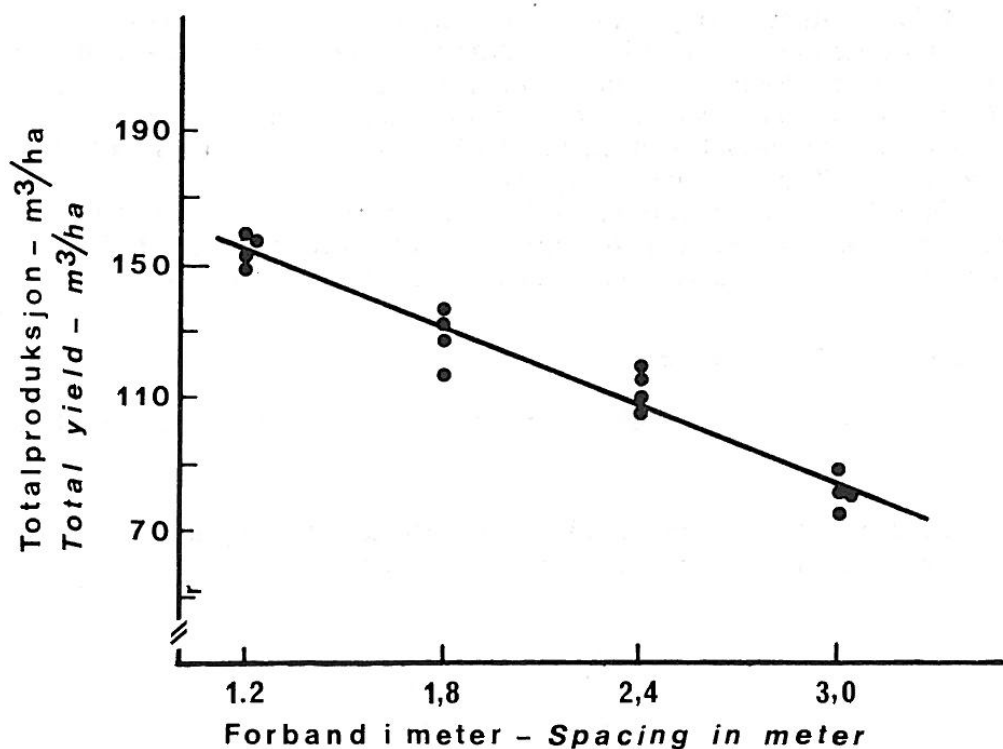
Det är ofta lätt för skogsägaren att veta om en lokal lämpar sig för granplantering eller inte. Det som däremot kan vara svårt att veta är vilket planteringsförband, plantantal per hektar, som bör planteras för att uppnå en hög virkesproduktion. Skogsvårdslagen hjälper en lite på traven med hur många plantor som minst ska planteras vid en föryngring. Skogsvårdslagen 6§ ”Krav på täthet” lyder: ”Vid senaste tidpunkt för hjälplantering ska det i beståndet finnas minst så många huvudplantor som behövs för att trygga återväxten av en skog av tillfredsställande täthet. Plantorna ska vara i huvudsak jämnt fördelade över arealen” (SKSFS 2010:2). Det är minst kostsamt att plantera det lagstadgade minimiantalet plantor. Däremot är fördelen med fler plantor, trots att det blir en högre kostnad, att föryngringen har större chans att bli lyckad. Detta eftersom man garderar sig mot potentiell plantavgång. Plantavgång skulle exempelvis kunna bero på insektsangrepp (Hallsby 2013).

Beroende på ursprungligt plantantal blir urvalseffekten vid röjning och gallring påverkad. Tätare förband leder till mer träd som kan selekteras för framtida bestånd. På så sätt kan önskvärda trädegenskaper så som höghet, rakhet och grova stammar gynnas. Detta leder ofta till ett slutbestånd med höga virkesvolymen (Agestam 2015).

Det finns emellertid nackdelar med att plantera många plantor per hektar. Dels blir det dyra föryngringskostnader då fler plantor behövs köpas och en hårdare markberedning måste genomföras samt att mer arbete i samband med planteringen behöver utföras. Samband har även dragits mellan högre sannolikhet för rotröteangrepp i tätare förband jämfört med glesare förband (Venn & Solheim 1994; Johansson 1997). Dessutom blir det högre röjningskostnader i täta bestånd än i glesare samt att fler och hårdare gallringar behövs genomföras (Pettersson *m. fl.* 2012). I samband med gallring kan rotröta infektera granbeståndet i samband med att skogsmaskinen skadar rötter och stammar. Efter en gallring kan även stormfällning förekomma. En ytterligare nackdel med täta planteringsförband är att det kan ses som onödigt att plantera träd som sedan bara huggs ned (Vasiliauskas 2001).

Då det finns olika faktorer som talar för och emot olika planteringsförband är det inte helt självklart vilket plantantal som ger bäst slutresultat. Redan i början av 1800-talet gjordes studier i Tyskland på planteringsförbandets betydelse för sådda och planterade granbestånd. Det som undersöktes var det optimala antalet plantor, sett ur produktionssynpunkt, som bör utsättas per hektar. I Sverige har planteringsförbandets effekt omnämnts redan från starten av den skogliga försöksverksamheten. De första försöksytorna lades ut 1906 (Wiksten 1965).

Det har även gjorts försök i granbestånd under senare år där förbandets effekt på bestånds- och stamegenskaper studerats. Det har gjorts studier på planteringsförband mellan 0,25x0,25m till 4x4m (Liziniewicz 2014; Braastad 1970; Braastad 1979). Den dittills mest omfattande studien på hur planteringsförbandet påverkar virkesproduktionen utfördes av Hamilton och Christie (1974) i England. Studierna visar att tätare planteringsförband, mer plantor per hektar, ger högre volymproduktion. Däremot ger glesare förband, färre plantor/ha, minskad konkurrens och plantorna växer då mer på diametern. Totalvolymen minskar emellertid då inte hela marken nyttjas (Figur 1)(Braastad 1970; Braastad 1979; Orlic 1987; Johansson 1992; Johansson & Pettersson 1997; Øyen *m. fl.* 2001; Wallentin 2007).



Figur 1. Totalproduktionen med gran vid 28 års ålder vid olika planteringsförband. Braastad 1979
 Figure 1. The total production with Norway spruce at the age 28 years at different spacings. Braastad 1979

Effekten av olika planteringsförband har även betydelse för hur kvaliteten på slutbeståndet blir. Genom att plantera i tätare förband kommer det finnas större möjligheter att välja ut bra träd och trädgenskaper vid röjningar och gallringar genom urvalseffekten. Det finns gallringsmallar som bestämmer hur stark gallring som får utföras utan att den ska klassas som en slutavverkning (SFS 1979:429). På grund av detta brukar det efter den sista gallringen ofta stå ungefär lika många antal stammar på liknande ståndorter. Det ursprungliga planteringsförbandet påverkar därför inte slutantalet stammar i vanligt trakthyggesbruk i allt för stor utsträckning. Av denna anledning har det gjorts tidigare studier på hur planteringsförbandet påverkar virkesproduktionen när förbanden röjts och gallrats ned till samma stamantal per hektar. Resultatet från dessa studier har varit att en kombination av

glesa förband och höggallring kan ge samma resultat som låggallring i tätare bestånd (Pfister *m. fl.* 2007)

Valet av planteringsförband är ett av de viktigaste valen man gör vid en återväxtplantering. Det ursprungliga planteringsförbandet kommer ha stor betydelse för skötseln av beståndet och beståndets egenskaper (Johansson 1992).

Syfte och hypotes

Studien syftar att jämföra hur virkesproduktionen skiljer sig mellan planteringsförbanden 1x1m, 1,5x1,5m, 2x2m, 2,5x2,5m och 3x3m med gran (*Picea abies* L. Karst) då de fyra tätaste förbanden gallrats ned genom urvalseffekt till samma stamantal per hektar som det glesaste. För att testa röjningen och gallringens urvalseffekt analyserades den totala volymproduktionen, övre höjden, medelhöjden och medeldiametern vid senaste revision. Hypotesen var följande: Tätare förband ger högre volymproduktion, högre medelhöjd, högre övre höjd och mindre medeldiameter tack vare den ökade urvalseffekt som finns i tätare förband, trots att alla förband röjts och gallrats till samma plantantal per hektar. Glesare förband ger motsatt effekt.

MATERIAL OCH METOD

Studielokal

Studien innefattade försöksyta 1026, på Kulbäckslidens försökspark i Vindeln. Ytan ligger cirka sex mil nordväst om Umeå (latitud: 64° 09' 34" longitud: 19° 35' 11"). Den var ett av flera försök som upprättades av Björn Elfving och Anders Persson mellan 1963 och 1965. Ytan låg 295 meter över havet och ståndortsindex var G19. Det dominerande trädslaget efter plantering var gran (*Picea abies* L. Karst) men naturlig inväxning förekom. Syftet med försöket var att undersöka planteringsförbandets och urvalseffektens betydelse för virkesproduktionen under en omloppstid.

Försöksyta 1026 slutavverkades 1961, brändes 1963 och planterades i fem olika kvadratiska förband 1965 med fyraåriga barrotsplantor (2/2) av gran (*Picea abies* L. Karst). Förbanden upprepades i tre block. Totalt fanns tre avdelningar av varje planteringsförband fördelade över de tre blocken (Figur 2). De olika avdelningarna med respektive förband var inte jämnstora då de tätaste hade den minsta arealen per avdelning och de glesare förbanden störst areal. Det planterades även fler plantor per avdelning i de tätare förbanden än de glesare. De kvadratiska planteringsförbanden var; 1x1m, 1,5x1,5m, 2x2m, 2,5x2,5m och 3,0x3,0m. Varje planta gödslades 1968 men effekten av detta har uppskattats vara liten. Efter 15 år hade 98,9% av de utsatta plantorna överlevt. De ytor som hade fler plantor än 2500 plantor per hektar, vilket motsvarar 2,0mx2,0m förband och tätare, röjdes ned till 2500 plantor per hektar år 1979. Røjningen utfördes så att de kvarlämnade plantorna var så jämnt utspridda över ytorna som möjligt och samtidigt de bäst växande på ytan.

3,0x3,0 m 56 plantor 504 m ²	2,5x2,5 m 60 plantor 375 m ²	2,0x2,0 m 84 plantor 336 m ²	1,5x1,5 m 144 plantor 324 m ²	1,0x1,0 m 288 plantor 288 m ²	Block 1
1,0x1,0 m	1,5x1,5 m	2,0x2,0 m	2,5x2,5 m	3,0x3,0 m	Block 2
3,0x3,0 m	2,5x2,5 m	2,0x2,0 m	1,5x1,5 m	1,0x1,0 m	Block 3

Figur 2. Avdelningarnas utformning i försöksyta 1026. I figuren anges block, planteringsförband, plantantal och areal. Det är en 4-6m bred zon mellan avdelningarna (Elfving 1980).

Figure 2. The formations of the different sections in spacing experiment 1026. The figure is showing the blocks, the different spacing, plant number and area. There is a 4-6m wide zone between the sections (Elfving 1980).

Gallring i de ursprungligt fyra tätaste planteringsförbanden utfördes 1992 och antalet stammar som efterlämnades i alla olika avdelningar var 1100 stammar per hektar. Detta betyder att det inte utfördes någon gallring i förbandet 3mx3m då stamantalet sedan plantering redan var ca 1100 stammar per hektar. Efter denna gallring har försöket fått stå orört utan ytterligare skogliga ingrepp.

Försöksyta 1026 har reviderats åren 1969, 1974, 1979, 1985, 1992, 1998 och 2012. Det är bara de senaste fem senaste revisionerna som det finns data ifrån. Vid alla revisioner har höjd, grundyta, övre höjd, diameter, volym och antal stammar mätts på alla kvarvarande träd. Volymen räknades ut med hjälp av volymfunktionen från Brandel (1990). Diameter mättes i brösthöjd (1,3m). Träden var inte märkta med ett klavningskryss under revisionerna men detta målades ut år 2014 för att underlätta mätningar i fält i enlighet med SLU:s standard för långtidsförsök i fält (Karlsson 2003). Vid varje revision utfördes även en övre höjdsbonitering (SIH) i varje avdelning och alla träd räknades för att kunna räkna ut antal träd per hektar. All data sparades i beståndsregister och statistik kort.

Utförande

För att undersöka om planteringsförbandet och urvalseffekten hade en påverkan på virkesproduktion gjordes dels visuella analyser med medelvärden samt variansanalyser i MiniTab®. Det var fyra envägs-ANOVA-analyser som utfördes för att fastställa om det fanns statistisk signifikans. Gränsen för statistisk signifikansnivå sattes vid 0,05 för att testa nollhypotesen att tätare förband ger högre volym, högre medelhöjd, högre övre höjd, mindre medeldiameter och en ökad urvalseffekt. De olika beroende variabler som analyserades var övre höjd, medeldiametern, medelhöjden och medelvolymen med planteringsförbandet som oberoende variabel. Samtliga beroende variabler antas följa nedanstående modellstruktur.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_j$$

Y_{ij} = Mätning nummer j av beroende variabel vid förband av typ i

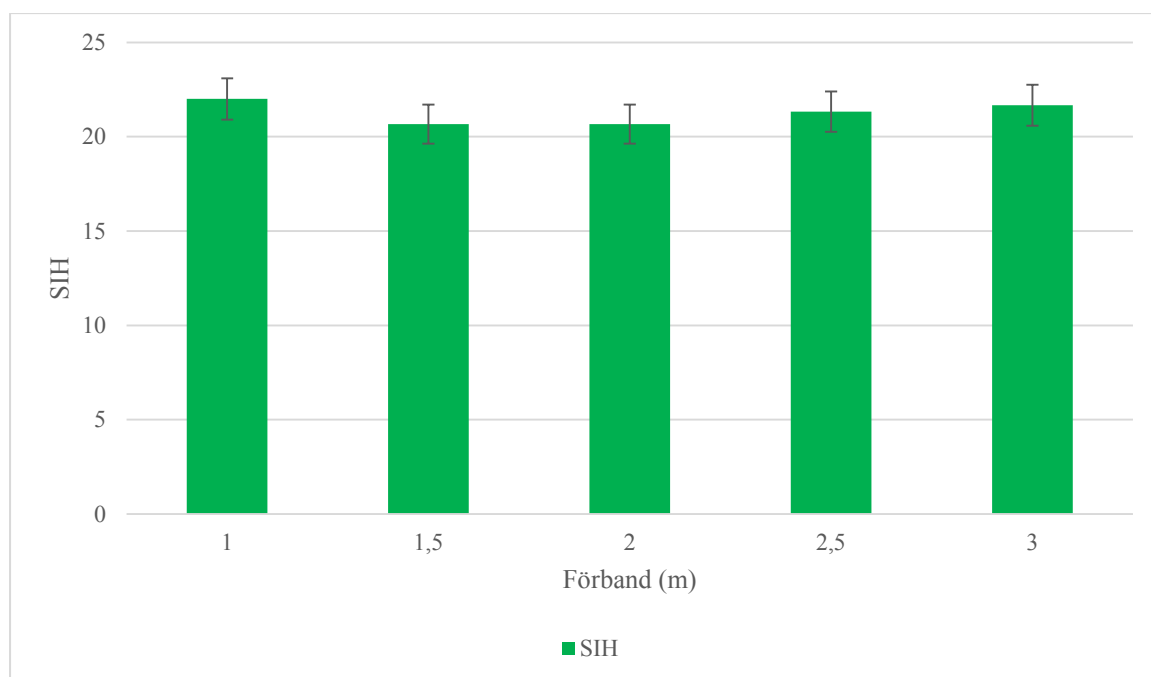
μ = Förväntad effekt som förband av typ i har på beroende variabel

α_i = Förväntad beroende variabel (utan förbandseffekt)

ϵ_j = Den effekt som störvariabler har på beroende variabel (Error, brus)

RESULTAT

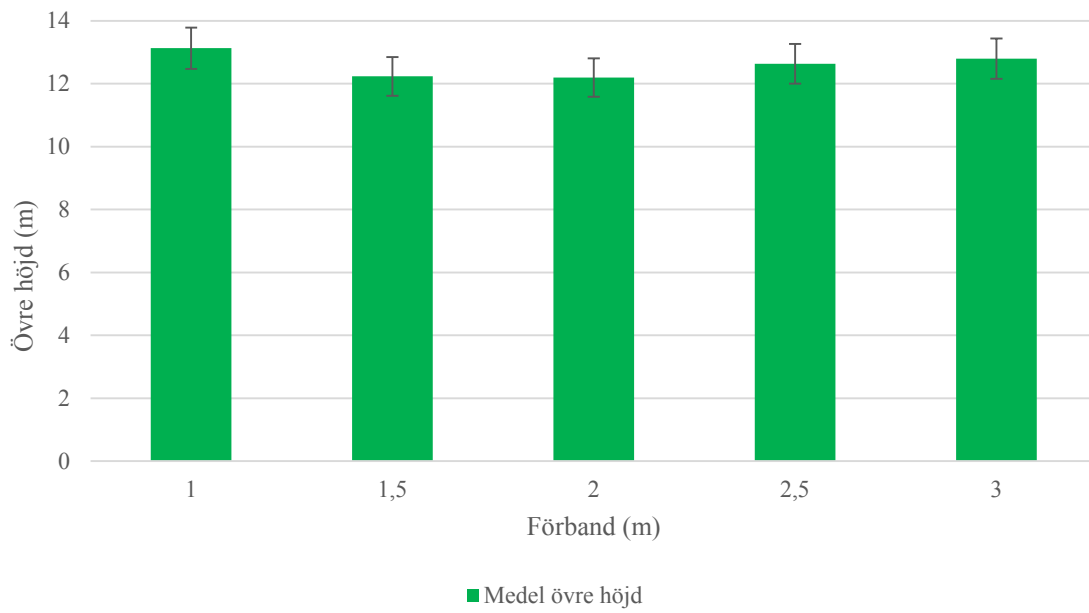
Planteringsförband 1x1m hade högst ståndortsindex bland de olika planteringsförbanden och planteringsförband 2x2m och 1,5x1,5m hade lägst. Planteringsförband 2,5x2,5m och 3x3m har näst högst ståndortsindex (Figur 3).



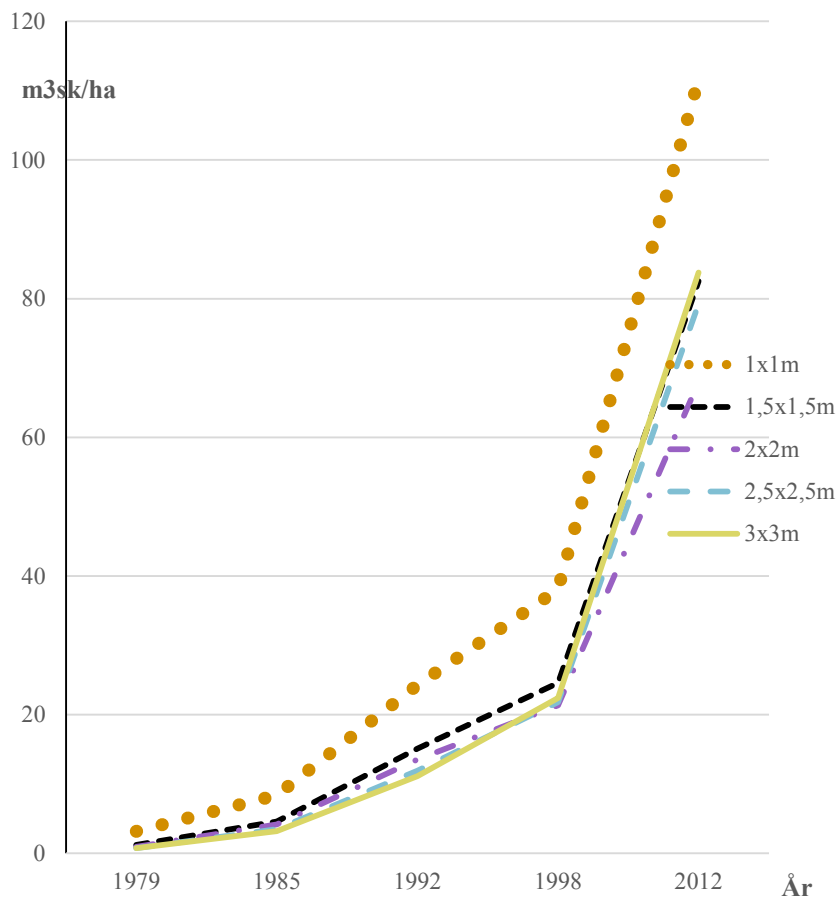
Figur 3. Genomsnittligt ståndortsindex (SIH) för varje förband vid senaste revisionen år 2012.

Figure 3. The average stand index (SIH) for each spacing during the last revision year 2012.

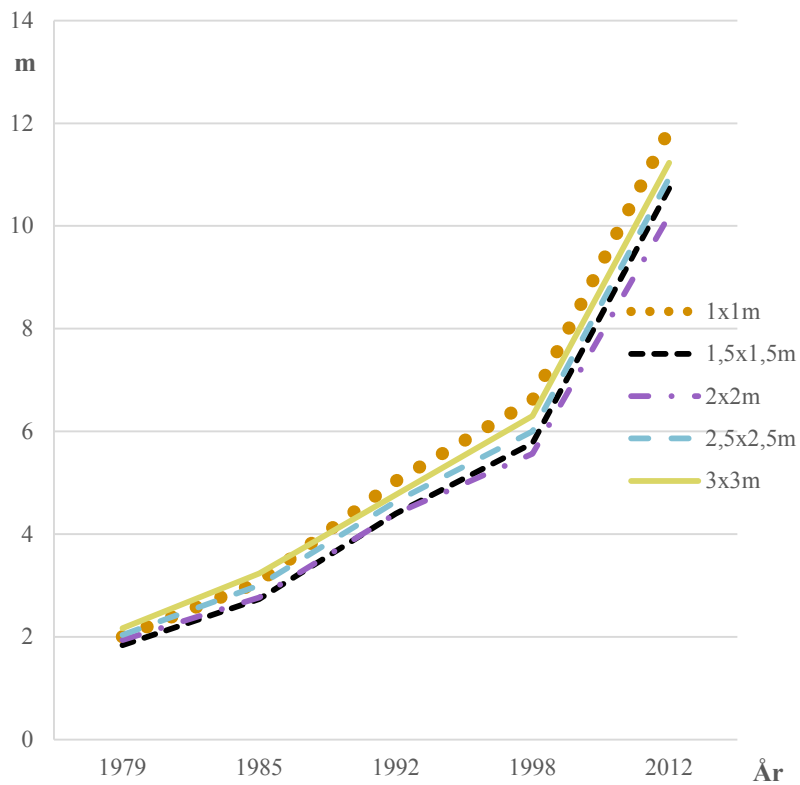
Planteringsförband 1x1m hade även högsta medelvärde för övre höjd med en 0,3m skillnad till den näst största, förband 3x3m (Figur 4). Fram tills revision 2012 hade planteringsförband 1x1m producerat högst medelvolym. Efter förband 1x1m följde förband 3x3m (Figur 5). Medelhöjden var även högst för förband 1x1m och följdes tätt av förband 3x3m (Figur 6). Medeldiametern följde samma mönster som medelhöjden med bredast medeldiameter vid planteringsförband 1x1m tätt följt av 3x3m (Figur 7).



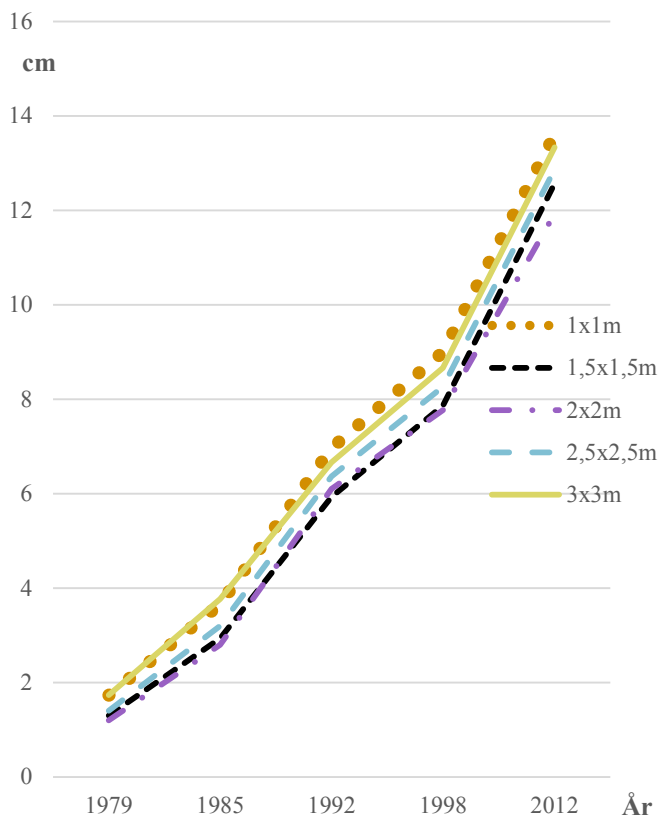
Figur 4. Medel övre höjd för varje förband vid år 2012.
 Figure 4. Mean over height for each spacing at year 2012.



Figur 5. Total volymproduktion för varje förband.
 Figure 5. Total volume production for each spacing.



Figur 6. Höjdtillväxt för varje förband.
 Figure 6. Height growth for every spacing.



Figur 7. Diametertillväxt för varje förband.
 Figure 7. Diameter growth for each spacing.

Statistiska analyser

Fyra GLM-ANOVA-analyser för respektive trädvariabler visade inte på någon statistisk signifikans mot förbandets inverkan. Inget p-värde var mindre än 0,05 vilket hade satts som gräns för statistisk signifikans (Tabell 1). Planteringsförbandet sattes som beroendevariabel i alla fyra fall. Alla analyser är baserade på data från den senaste revisionen år 2012.

Tabell 1. Sammanställning av resultaten från GLM-ANOVA-analyser.

Table 1. Compilation of the results from GLM-ANOVA-analysis.

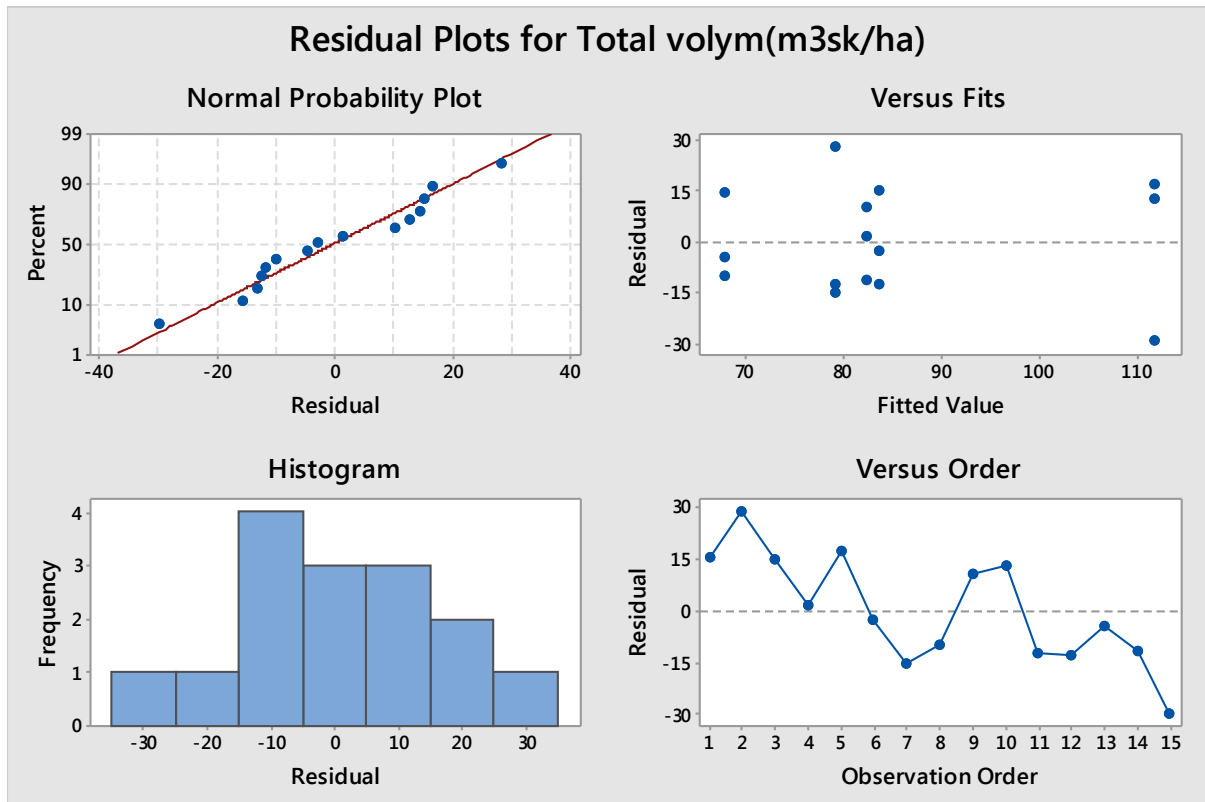
Volym					
Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Förband (m)	4	3138	784,6	2,23	0,139
Error	10	3525	353,5		
Total	14	6663			

Medelhöjd					
Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Förband (m)	4	4,563	1,1407	1,70	0,227
Error	10	6,727	0,6727		
Total	14	11,289			

Medeldiameter					
Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Förband (m)	4	5,149	1,2873	1,80	0,205
Error	10	7,147	0,7147		
Total	14	12,296			

Övre höjd					
Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Förband (m)	4	1,860	0,4650	0,37	0,823
Error	10	12,460	1,2460		
Total	14	14,320			

Residualplottarna visar hur väl p-värdet stämmer (Figur 8). Den viktigaste figuren är Versus Order, vilket visar på en liten slumpmässig spridning, trots få variabler. Näst är det Versus Fits, som också här ligger slumpmässigt spridd utan större kluster. De två övriga figurena visar att all data är normalfördelad. Allt tyder på att p-värdet går att lita på.



Figur 8. Residualplottar från ANOVA-analysen över planteringsförbandets effekt på total volym.
 Figure 8. Residual plots over the initial spacings effect from the ANOVA-analysis.

DISKUSSION

Studiens resultat

Då det inte finns någon statistisk säkerhet för att planteringsförbandet och urvalseffekten påverkar de virkesproducerande egenskaper, som detta test undersökt, kan hypotesen om att tätare förband producerar mer volym, högre medel övre höjd, högre medelhöjd samt grövre medeldiameter förkastas. I försöket som är analyserat i det här arbetet, syns det att planteringsförband 1x1m ger högst total volymproduktion. Det verka stämma med tidigare studier där planteringsförband med gran undersökts. Ju tätare planteringsförbandet är desto högre blir den totala volymproduktionen (Øyen m. fl. 2001). Att förband 1x1m producerade mest på grund av förbandets och urvalseffektens påverkan kunde dock inte statistiskt säkerställas. En studie genomförd av Norska institutet för skogsforskning visade att ett planteringsförband på 3,0x3,0m producerade endast 52,6% av volymen som ett planteringsförband på 1,2x1,2m. Det norska försöket var inte gallrat under omloppstiden men det kunde dras tydliga samband mellan förbandstäthet och produktion (Braastad 1979). Det förband som har producerat näst mest volym i försöksyta 1026 under den gångna omloppstiden är förband 3x3m och därefter 2,5x2,5m vilket inte verkar stämma bra överens med tidigare studier (Øyen m. fl. 2001).

I det aktuella försöket ger förbandet 1x1m högst medeldiameter. Detta verkar motsäga vad tidigare studier säger. I tidigare studier har man dragit slutsatsen att diametern ökar med ökande förband (Orlic 1987). Däremot är det förband 3x3m som har näst bredast diameter följt av 2,5x2,5m vilket verkar följa de samband som tidigare dragits. Även här kunde inte några statistiska samband fastslås.

I detta försök har det tätaste planteringsförbandet högst övre höjd. Efter detta kommer förband 3x3m. Att det tätaste förbandet har högst övre höjd verkar stämma bra överens med tidigare studier (Hamilton & Christie 1974). Dessa studier kom fram till att övre höjden ökar i samband med att förbandet blir tätare. Dock har andra studier kommit fram till motsatsen, glesare förband leder till högre övre höjd (Wiksten 1965). Braastad (1970) kunde inte dra slutsatsen att övre höjden varierar beroende på planteringsförbandet. Då denna studie inte verkar följa något av dessa samband samt att någon statistisk signifikans inte funnits går det inte att dra någon slutsats på planteringsförbandets och urvalseffektens påverkan på övre höjd.

Det planteringsförband som i denna studie producerat högst medelhöjd är 1x1m. Därefter kommer 3x3m. De planteringsförband som har lägst medelhöjd är 1,5x1,5m och 2x2m. Resultaten i denna studie verkar inte stämma överens med vad tidigare studier kommit fram till. Tidigare studier har visat resultat på att medelhöjden blir lägre vid tätare förband vilket inte visats i detta försök (Wiksten 1965; Orlic 1987; Øyen m. fl. 2001). Medelhöjden i de tätare förbanden påverkas under omloppstiden genom röjning och gallring. De sämre träden, sett ur diameter och höjdtillväxt, har avlägsnats. På detta sätt har medelhöjden ökat efter ett ingrepp. Någon statistisk säkerhet mellan planteringsförbandets effekt på medelhöjden kunde

inte dras.

Något intressant med resultaten är att de glesare förbanden har presterat så pass bra som de gjort. På den lokal som försöksyta 1026 ligger på är det som lägst tillåtet att plantera 1100 plantor per hektar, planteringsförband 3x3m (SKSFS 2010:2). Om hänsyn tas till att minst antal plantor har behövt införskaffas samt att minimalt antal skötselåtgärder gjorts under beståndets omloppstid är det imponerande hur planteringsförband 3x3 lyckats prestera. Många skogsägare skulle nog vara intresserade av detta då intresse för låga planteringskostnader och få skogsskötselåtgärder i kombination med hög virkesproduktion finns.

De två tätaste förbanden har röjts och de fyra tätaste har gallrats under den hittills gångna omloppstiden. Beroende på när, hur och antalet gånger dessa ingrepp gjorts, kan ha påverkat slutresultaten. Detta eftersom man på detta vis format bestånden genom urvalseffekten. Det kan finnas bättre respektive sämre skötselalternativ än de som utförts i detta försök vilket kunnat påverka vilket planteringsförband som är det optimala för virkesproduktion. Gallringarna kan emellertid varit en inkörsport för rotröta vilket gör att de fyra tätaste avdelningarna har större chans att blivit drabbade under gallringen (Venn & Solheim 1994; Johansson 1997). Det finns inga uppgifter om rotröta finns i beståndet och det har inte mätts under revisionerna. Det vore vid en slutavverkning intressant att inventera rotrötautbredningen i varje planteringsförband.

I denna studie har virkeskvaliteten inte berörts då data på detta inte funnits. Både röjning och gallring har utförts så att de bäst växande träden på avdelningarna har sparats (Elfving 2012). Av denna anledning bör de tätare bestånden innehålla stammar med högre kvalitet än bestånd med glesare planteringsförband. I ett tätare förband kommer de, ur denna synpunkt, sämre stammarna avlägsnas vid tidig ålder och man kommer på så sätt kunna förbättra den totala kvaliteten. Av denna anledning är de förband där röjning och gallring utförts fördelaktiga för framtida bestånd. Det som däremot inte har noterats i denna studie är antalet naturliga invuxna träd till bestånden. I ett tätare bestånd lär det bli mindre inväxning än i ett glesare då det finns mer fri yta för naturlig inväxning i ett glesare bestånd (Hagner 1965). Detta leder till att oavsett vilket förband som ursprungligt planterats kommer det i slutändan bli ett tätare förband på grund av den naturliga inväxningen. Därför kan kanske ett glest förband få relativt hög virkeskvalitet tack vare den kvalitetsökande trängseleffekt som uppstår tillsammans med de naturligt föryngrade stammarna.

Felkällor

Då det redan i tidig ålder uppmätts bördighetsvariationer i beståndet samt att det även vid varje revision vid senare år har gjorts liknande noteringar är det tydligt att ståndortsindex varierar över försöksyta 1026 (Figur 3) (Elfving 1980). Då studien ämnade att undersöka hur planteringsförbandet och urvalseffekten påverkade beståndets virkesproducerande egenskaper vid lika förhållanden verkar det som denna bördighetsvariation är en felkälla. De förband

med högre ståndortsindex kommer att ha produktionsfördelar före andra planteringsförband och det blir då svårt att jämföra de olika förbanden. Att ståndortsindex variationen verkar ha påverkat resultatet i denna studie kan man möjligtvis ana då de förband som producerat mest virke är de förband med även högst ståndortsindex. Det hade eventuellt varit möjligt att använda sig av SIH som en kovariabel under analysen för att kompensera för variationen inom ståndortsindexen. Det var dock så pass få värden som skiljde sig åt enligt Anton Grafström (pers.med 2016) så det ansågs inte vara värt att göra en analys på detta. Det gick även att göra en visuell analys och förstå att det inte skulle ge något statistiskt samband.

Avdelningarnas rent geografiska placering ger ytterligare en felkälla då de inte är slumpade eller jämnt spridda (Figur 2). Då vissa förband så som förband 2x2m och 1,5x1,5m är mer centrerade runt mitten av försöket samt ligger närmre varandra än vad till exempel avdelningarna i förband 1x1m och 3x3m gör kan hela försökets upplägg ifrågasättas. Det hade varit fördelaktigt om det fanns fler avdelningar i fler rader. Detta hade gett mer data att analysera vilket antagligen gett ett både visuellt och statistiskt mer tillförlitligt resultat. Förhoppningsvis hade även bonitetsskillnaden blivit mindre över de olika planteringsförbanden med fler och mer jämnt utspridda avdelningar.

Hela försöket var beläget i en sydostsluttning. Det kan ha funnits effekter av att vissa förbandavdelningar ligger längre ned eller högre upp i sluttningen. Man kunde tänka sig att bland annat det rörliga markvattnet gynnade avdelningarna som låg längre ned i sluttningen. Utifrån de data som fanns tillgängliga från försöket var det inte möjligt att tyda effekterna av denna lutning. Om effekter på virkesproduktionen fanns var återigen avdelningarnas geografiska placering en felkälla då förbandens avdelningar var ojämnt utspridda (Figur 2). Hade avdelningarna varit randomiserat utspridda hade sluttningens effekt antagligen varit lika stor på alla planteringsförband.

Slutsats

Studien visade att förband 1x1m tillsammans med aktivt urval vid röjning och gallring är det med högst virkesproducerande förmåga. Det finns inte några tecken på att de andra förbanden kommer att växa om förband 1x1m. De två glesaste förbanden, 2,5x2,5m och 3,0x3,0m, är de som producerat näst bäst, trots liten urvalseffekt. Ingen statistiskt signifikans kunde dras och därför blir slutsatsen från denna studie att planteringsförbandet och urvalseffekten inte har någon påverkan på ett bestånds virkesproducerande förmåga. Man kan dock ana att väldigt glesa planteringsförband kan ge tillfredställande resultat trots den minskade urvalseffekten och den låga planttätheten. I framtiden vore det intressant att göra ytterligare liknande studier, fast med större omfattning. Med mer data blir den statistiska delen mer omfattande och samband hur planteringsförbandet och urvalseffekten påverkar de variablerna som har betydelse för virkesproduktionen kan förhoppningsvis dras. Fler planteringsförband samt försökslokaler med olika ståndortsindex som är homogena gällande ståndortsindex och lutning över lokalen vore intressant att undersöka. Eftersom man i den här studien inte har analyserat virkeskvaliteten och den ekonomiska vinningen i de olika planteringsförbanden

vore det intressant att även ta med dessa variabler i framtida studier. Detta eftersom kvaliteten på virket påverkar den ekonomiska faktorn och ofta är det ekonomisk vinning som många skogsägare är ute efter.

REFERENSER

- Agestam, E. (2015). Gallring. Skogsstyrelsen.[Online]
<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/gallring%2020150520.pdf> [Tillgänglig 2016-04-14]
- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L., & Valinger, E. (2013). Skogsskötselns grunder och samband.[Online] <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/Skogsskotselserien/Skogsskotsels-grunder-och-samband/> [2016-04-14] Skogsstyrelsen.
- Anon. (1974), Kalhyggen. Ds Jo 1974:2. Jordbruksdepartementet.
- Braastad, H. (1970). Et forbandsforsok med gran. *Meddelelser norske SkogforsVes*, 28: 295-329.
- Braastad, H. (1979). Vekst og stabilitet i et forbandsforsok med gran. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning*, 34: 169-215.
- Ekvall, H., & Bostedt, G. (2009). Skogsskötselns ekonomi. Tillgänglig: Skogsskötselns Ekonomi [Online]
<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/Flippbok/18-Skogsskotsels%20ekonomi/index.html> [2016-04-15] Skogsstyrelsen.
- Elfving, B. (1980). Några studier i ett ungt förbandsförsök med gran. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet.SLU, Institutionen för skogsskötsel, Interna rapporter 1980-1
- Elfving, B. (2012). Femtio års utveckling av försöken med sådd och plantering på Holmmyrbrännan i Västerbotten. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för ekologi och skötsel. Rapport 3.
- Hagner, S. (1965). Om fröproduktion, förträdsval och plantuppslag i *försök med naturlig förnygring*. Stockholm: Skogshögskolan. *Studia forestalia suecica*.
- Hallsby, G. (2013). Plantering av barrträd. [Online]
<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/Plantering%20av%20barrtr%C3%A4d%20130130%20-%20f%C3%B6r%20publicering.pdf> [Tillgänglig 2016-04-22] Skogsstyrelsen.
- Hamilton, G. J., & Christie, J. M. (1974). Influence of Spacing on Crop Characteristics and Yield. *Forestry Commission Bulletin*, 52: 1-91.
- Johansson, K. (1992). Effects of Initial Spacing on the Stem and Branch Properties and Graded Quality of *Picea abies* (L.) Karst. *Scandinavian Journal of Forest Research*, Vol. 7: 503-514.

- Johansson, K., & Pettersson, N. (1997). Effect of initial spacing on biomass production, butt rot frequency and graded yield of *Picea abies* (L.) Karst. *Forest and landscape Research, Vol 1, nr 4*, 381-397.
- Karlsson, K. (2003). Fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök. Uppsala: SLU.
- Klang, F. (2000). The influence of Silviculture Practice on Tree Properties in Norway Spruce. *SLU, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, nr 128.
- Liziniewicz, M. (2014). Influence of spacing and thinning on wood properties in conifer plantations. Alnarp: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Orlic, S. (1987). Influence of spacing on height and diameter growth of Norway Spruce on meliorative pseudogley. In H. Knutell (Ed.), Proceedings of the Meeting of IUFRO Project Group P4.02 and Subject Group S1.05-05, Scandinavia (Sweden, Norway, Denmark), 9-18 June (ss. 274-292). Garpenberg: Swedish University of Agricultural Sciences, SLU.
- Petterson, A., Fahlvik, N., & Karlsson, A. (2012). *Skogsskötselserien nr 6, Røjning*. Tillgänglig; Røjning <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/06-Rojning20120316.pdf> [2016-04-22] Skogsstyrelsen .
- Pettersson, N. (1993). The effect of density after precommercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal Forest Research*, Nr 8, s 528-539.
- Pfister, O., Wallentin, C., Nilsson, U., & Ekö, P.-M. (2007). Effects of wide spacing and thinning strategies on wood quality in Norway spruce (*Picea abies*) stands in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22: 333-343.
- Skogsstyrelsen. (2010). *Krav på täthet*. (SKSFS 2010:2) Jönköping.
- Skogsstyrelsen. (2012). *Skogsvårdslagen*. (SFS 1979:429. Omtryckt 1993:553) Jönköping.
- Skogsstyrelsen. (2014). *Anläggning av skog på skogsmark*. (SFS 1993:553) Jönköping.
- Strömberg, C., Claesson, S., Thuresson, T., & Örlander, G. (2001). *Föryngring av skog - metoder, åtgärder och resultat*. Jönköping: Skogsstyrelsen. Rapport 8D2-001.
- Wallentin, C. (2007). *Thinning of Norway Spruce*. SLU, Acta Universitatis agriculturae Sueciae 2007:29.
- Vasiliauskas, R. (2001). Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. *Forestry* 74: 319-332.
- Venn, K., & Solheim, H. (1994). Root and butt rot in first generation of Norway spruce affected by spacing and thinning. *Johansson, M.; Stenlid, J. Proceedings of the 8th*

International Conference on Root and Butt Rots. Wik, Sweden and Haikko, Finland, August 9-16, 1993 (ss. 642-645). Uppsala, Sweden: University of Agricultural Sciences.

Wiksten, Å. (1965). *Ett förbandsförsök med planterad gran*. Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och Uppsatser nr. 7 PP 87.

Øyen, B.-H., Øen, S., & Skatter, J. (2001). Development and financial aspects of a spruce plantation in W. Norway- A spacing experiment. Rapport fra skogforskningen 1-19 http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport_fra_skogforskningen_08_01_plant_eavstandens_betydning_for__bestandsutvikling.pdf [Tillgänglig: 2016-04-19] Norsk institutt for skogforskning.