

**Modellering av diametern hos tall (*Pinus sylvestris*) som en effekt av beståndstäthet och biomekanik**

*Modeling the diameter of Scots pine (*Pinus sylvestris*) as an effect of stand density and biomechanics*



**Johan Karlsson**





# Examensarbeten

2013:10

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

## **Modellering av diametern hos tall (*Pinus sylvestris*) som en effekt av beståndstäthet och biomekanik**

*Modeling the diameter of Scots pine (*Pinus sylvestris*) as an effect of stand density and biomechanics*

**Johan Karlsson**

### **Nyckelord / Keywords:**

Vind, gallring, gallringseffekt, kronstorlek, stickväg / *Wind, thinning, thinning effect, crown size, skid road*

---

ISSN 1654-1898

Umeå 2013

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*

EX0706, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor:* Lars Lundqvist

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

Biträdande handledare / *Assistant supervisor:* Tommy Mörling

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

Examinator / *Examiner:* Erik Valinger

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.

## Sammanfattning

Med gallringseffekt menas att träden efter en gallring ökar sin diametertillväxt. Denna effekt har traditionellt tillskrivits den minskade konkurrensen om ljus och näringsämnen mellan träden. En alternativ förklaring till gallringseffekten är att vindpåverkan per träd blir högre i det gallrade beståndet, vilket leder till större svajningar för träden och därmed en ökad diametertillväxt.

I studien undersöktes ifall vindens påverkan är en del av gallringseffekten på tall (*Pinus sylvestris* L). Lokalen för studien var SLU:s försökspark i Siljansfors utanför Mora. Omgivande tätheter av stamantal, grundyta, kronvolym och kronmantelyta beräknades på flera avstånd från varje individuellt träd. Beräkningar gjordes även på diameterns korrelation mot det potentiella vridmomentet samt med tillägget bästa täthetsvariabel. Hypotesen för studien var att skillnaden i gallringseffekt på enskilda träd till en stor del beror på skillnad i vindbelastning per träd efter gallring.

Resultatet visade att diametern var signifikant korrelerad med det potentiella vridmomentet ( $r^2=0,79$ ). Kronvolym och kronmantelyta för omgivande träd var positivt korrelerat med den teoretiskt beräknade vindkraft som varje individuellt träd hade påverkats av. Högst korrelation ficks för omgivande bestånds kronvolym inom 10 meter från varje träd. När denna variabel testades tillsammans med vridmomentet i syfte att beräkna diametern, ökade korrelationen ( $r^2=0,82$ ) i förhållande till att endast använda sig av det potentiella vridmomentet som förklarande variabel. Resultatet i studien motsa inte hypotesen.

Nyckelord: Vind, gallring, gallringseffekt, kronstorlek, stickväg

## Summary

Thinning effect means that trees after a thinning increase their diameter growth. This effect has traditionally been attributed to the decreased competition for light and nutrients between the trees. An alternative explanation for the thinning effect is that the influence of wind per tree is higher in the thinned stand, leading to more wind sway for the trees and therefore an increased diameter growth.

This study examined if the wind's influence is part of the thinning effect in Scots pine (*Pinus sylvestris* L). The site for the trial was SLU's experimental forest in Siljansfors outside Mora. Surrounding densities of stems, basal area, crown volume and crown surface area was calculated at several distances from each individual tree. Calculations were also made correlating the diameter of each tree with the potential bending moment and the best surrounding density variable. The hypothesis of the study was that the difference in the thinning effect on individual trees to a large degree could be modeled from the difference in wind load per tree after thinning.

The results showed that the diameter was significantly correlated with the potential bending moment ( $r^2 = 0.79$ ). Crown Volume and crown surface area for the surrounding trees was positively correlated with the theoretically calculated wind force influencing each individual

tree. The highest correlation was acquired when including the surrounding stand within 10 meters of each tree. When this variable was tested together with the potential bending moment in order to calculate the diameter, the correlation increased ( $r^2 = 0.82$ ) compared to using only the potential bending moment as explanatory variable. The results of the study did not contradict the hypothesis.

Keywords: Wind, thinning, thinning effect, crown size, skid road

## Innehåll

Sammanfattning.....	1
Summary .....	1
Inledning.....	4
Bakgrund .....	4
Mål .....	5
Material och Metod .....	6
Datainsamling.....	6
Databearbetning.....	7
Resultat.....	9
Diskussion .....	13
Tillkännagivanden .....	15

## Inledning

### Bakgrund

Gallring är i skogsskötselsammanhang ett effektivt verktyg för att styra ett bestånds tillväxt i önskvärd riktning. I ett nygallrat bestånd svarar träden med att öka sin diametertillväxt, den så kallade gallringseffekten (Valinger 1992). Anledningen till gallringseffekten tillskrivs vanligen en minskad konkurrens mellan träden och en ökad tillgänglighet av kväve. I gallringsdelen av skogsstyrelsens skogsskötselserie står det: *”Vid gallring minskar tillfälligt konkurrensen i beståndet; färre träd ska dela på de tillgängliga resurserna. Träden reagerar med att öka sitt rotsystem och sin barmassa. Detta resulterar i en högre diametertillväxt”* (Agestam 2009). Samma slutsats har även dragits när det gäller kanteffekten, d.v.s. att de träd som står närmst en stickväg eller beståndskant har en större diameter än träd längre in i beståndet. Eriksson et al. (1994) visade i ett gallringförsök på gran (*Picea abies* L.H.Karst) att träd upp till tre meter in från en stickväg hade större diameter än träd längre in i beståndet. Liknande resultat visade även en finländsk studie på gran och tall där kanteffekten fanns upp till 3-4 meter in från stickvägen. Anledningen till denna effekt antogs i studien vara minskad konkurrens om ljus, vatten och näringsämnen samt att avverkningsrester hade lämnats på stickvägen och därmed ”gödslat” de närmsta träden (Mäkinen et al. 2006). I en studie av Eriksson et al. (1994) antogs kanteffekten vara ett resultat av att kantträden hade ett rotsystem där stickvägen tagits upp och därmed fick minskad konkurrens och ett ökat näringsupptag på stickvägsytan.

En alternativ förklaring till den ökade diametertillväxten är att vindstyrkan per träd ökar efter en gallring vilket medför större svajningar för trädet och därmed en böjningsstress som leder till en ökad diametertillväxt (Valinger et al. 1995; Gardiner et al. 1997; Telewski & Pruyn 1998; Meng et al. 2006). Rudnicki et al (2003) visade att efter gallring i bestånd av contorta (*Pinus contorta* Dougl. Ex Loud. Var. *Latifolia* Engelm.) ökade vindstyrkan med upp till tre gånger inne i beståndet. Gallringen medförde minskade kronkollisioner vilket gjorde att trädens svajningar ökade. Detta bekräftas av andra studier där man på olika sätt har stabiliserat träden för att undersöka vilka effekter det har på kron- och diameterutvecklingen (Telewski & Pruyn 1998; Meng et al. 2006). Resultaten visade att de stabiliserade träden signifikant ökade sitt krontäcke och fick mer symmetriska kronor då kronkollisioner undvikits. Eftersom ljusstillgången inte skiljde sig mellan ytorna drogs slutsatsen att det, åtminstone till viss del, var kronkollisioner och inte ljusstillgång som styr kronutvecklingen i gallrade bestånd. Denna ”crown shyness” har i tidigare studier visat att närheten till andra kronor minskar trädens svajningar (Peltola 1996) och att trädkollisioner är en mekanism för skottnötning (Long & Smith 1992; Rudnicki et al. 2001).

Kronsvängningar och -kollisioner har större betydelse i områden med kärvare klimat då temperaturer under 0°C gör grenar sprödare och därmed omformar kronan (Rudnicki et al. 2003). Det kärva klimatet har även betydelse för diametertillväxten då tjälen gör att träden under vintern är förankrade i marken och stammen därmed får utstå en högre belastning. Träden svarar på denna belastning med ökad diametertillväxt under vegetationsperioden (Valinger et al. 1994; 1995; Lundqvist & Valinger 1996).

För att modellera tillväxten hos individuella träd kan man använda sig av avståndsberoende eller avståndsoberoende konkurrensvariabler. Dean (2004) visade att grundytan kan beräknas med hög säkerhet med avståndsoberoende variabler. Biging & Dobbartin (1995) visade att



avståndsberoende variabler så som kronvolym och kronmantelyta var lika bra eller bättre än avståndsberoende variabler som tog hänsyn till den spatiala fördelningen av träden. Meng et al. (2008) inkluderade vindhastigheten i en höjd/diameter modell och ökade därmed förklaringsgraden. Vindhastigheten hade högre förklaringsgrad än beståndstätheten.

Lundqvist & Elfving (2010) visade att det går att beräkna diametern hos ett träd utifrån kronstorlek och det vridmoment som kronan skapar när trädet svajar i vinden, och att kronanvolymen bäst beskrev kronstorleken. Deras resultat visade vidare att varken kronslankhet eller kronstorlek var signifikant påverkat av avståndet till närmsta granne.

## **Mål**

Hypotesen för denna studie var att skillnaden i gallringseffekt på enskilda träd till stor del beror på skillnad i vindbelastning per träd efter gallring.

Hypotesen testades genom att lägga en transekt i ett gallringsbestånd med varierande beståndstäthet och analysera hur vindbelastningen påverkade förhållandet mellan trädens brösthöjdsdiameter och kronornas vridmoment. Alla träd i transekten koordinatsattes, detta medförde att de omgivande trädens samlade värde av variablerna: stamantal, grundyta, kronvolym och kronmantelyta kunde testas på olika avstånd från varje träd.

Genom att lägga transekten på detta sätt kunde hypotesen testas på flera sätt:

- Diametern bör även i ett gallringsbestånd vara en linjär funktion av det potentiella vridmomentet; beräknad enligt Lundqvist & Elving (2010).
- En eller flera av de omgivande variablerna bör vara signifikant korrelerat med den teoretiska vindkraften.
- Korrelationen bör öka när de signifikant korrelerade variablerna adderas till det potentiella vridmomentet vid beräkning av diametern.

## Material och Metod

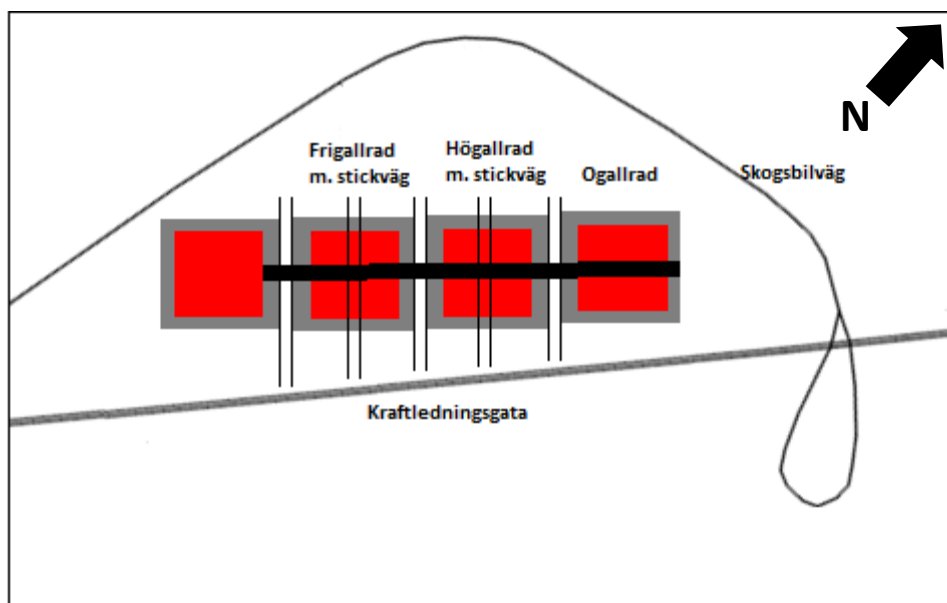
### Datinsamling

Insamling av materialet gjordes under juni 2012 på gallringförsöket S289 på SLU:s försökspark i Siljansfors (60°N9', 14°N41'E, 260 m.ö.h) 15 km sydväst om Mora. Marken var en sandig-moig morän och klassades som frisk med en undervegetation av blåbär (*Vaccinium myrtillus* L). Behandlingarna låg i en nordvästsluttning. Området kalavverkades 1975, markbereddes 1978 och planterades med tall 1/0 paperpot 1978. Sedan dess hade viss inväxning av gran och björk (*Betula spp*) skett. Sommaren 2008 anlades gallringförsöket. Behandlingarna utfördes vardera inom ett cirka 40 meter brett område som sträckte sig utför sluttningen. Inom varje block anlades en försöksyta på ca 31x31 meter (0,1 ha) vilket gav en cirka 5 meter bred omgivande kapp behandlad på likartat sätt som själva ytan. Mellan varje behandling fanns en cirka 5 meter bred stickväg och i mitten av varje behandling drogs en stickväg som var 4,6 meter bred, utför sluttningen.

Tabell 1: Kvarvarande bestånd efter gallringen från revidering 2008

	Ogallrad	Höggallrad m. stickväg	Frigallrad m. stickväg
Stamantal/ha	2760	2060	1300
Grundyta m <sup>2</sup> /ha	26,9	15,4	15,4
Grundytamedelstammens diameter (cm)	11,1	9,8	12,3
S.I (H100)	27,0	Uppg. saknas	25,4

För datainsamlingen drogs en 5 meter bred transekt genom tre av behandlingarna: ogallrad, höggallrad och frigallrad (Figur 1). Området nordost om behandling *ogallrad* var även det ogallrat. Därför kunde transekten startpunkt placeras på nordöstra kanten av försöksytan. Transekten lades i mitten av försöksytorna och hade därmed ca 18 meter till försöksytans kant inklusive kappan i transekten y-led.



Figur 1: Försöksytornas läge i terrängen. Den uppmätta transekten markerad med heldragen svart linje.

Inom transekten koordinatsattes samtliga träd genom att koordinater i x-led mättes med ett måttband liggandes längs transektens ena långsida och koordinater i y-led som rätvinkligt avstånd från måttbandet. Transektens totala längd blev 154 meter. På varje träd mättes höjd (dm), diameter (mm) genom korsklavning vid brösthöjd (1,3m) och eventuella skador noterades. På samtliga tallar mättes även krongräns samt största kronradie. Trädens längsta gren blev des kronradie. Samanlagt mättes 124 tallar, 5 björkar och 3 granar, samt 7 träd som antingen var döda eller kraftigt skadade.

### Databearbetning

För databearbetningen användes Microsoft Excel 2010 och Minitab 16 Statistical Software. Björkarnas inverkan på resultatet antogs vara relativt liten på grund av att löven har fallit när vindpåverkan är som störst. De döda och skadade träden var mer eller mindre avbarrade och deras påverkan på resultatet förmodades vara varierande och svårberäknad. Därför ströks samtliga björkar och döda eller skadade träd från beräkningarna. Eftersom området sydväst om den frigallrade behandlingen var en stickväg med ytterligare en behandling på andra sidan stickvägen förlängdes transekten 11 meter från sista trädet på den frigallrade behandlingen.

Trädkronorna sågs som koner, kronmantelyta ( $K_m$ ) och kronvolym ( $K_v$ ) för varje träd beräknades därför som:

$$K_m = r\pi\sqrt{h^2 + r^2}$$

$$K_v = \frac{\pi hr^2}{3}$$

Där h är kronans höjd och r är kronvidden.

Granarnas kronvolym bestämdes genom att ge dem medelkronvolymen för den avdelning de stod placerade i.

Niklas (1992) har visat att diametern hos trädstammar är proportionell mot den biomekaniska belastning som kronan utsätter stammen för:

$$d \propto (SlF_w)^{1/3}$$

där d är diametern vid en given höjd, S är kronstorleken, l är längden från den givna höjd där diametern mäts till kronans tyngdpunkt, dvs. hävstångens längd och  $F_w$  är vindkraften som trädet har påverkats av.

Det potentiella vridmomentet (T) beräknades som:

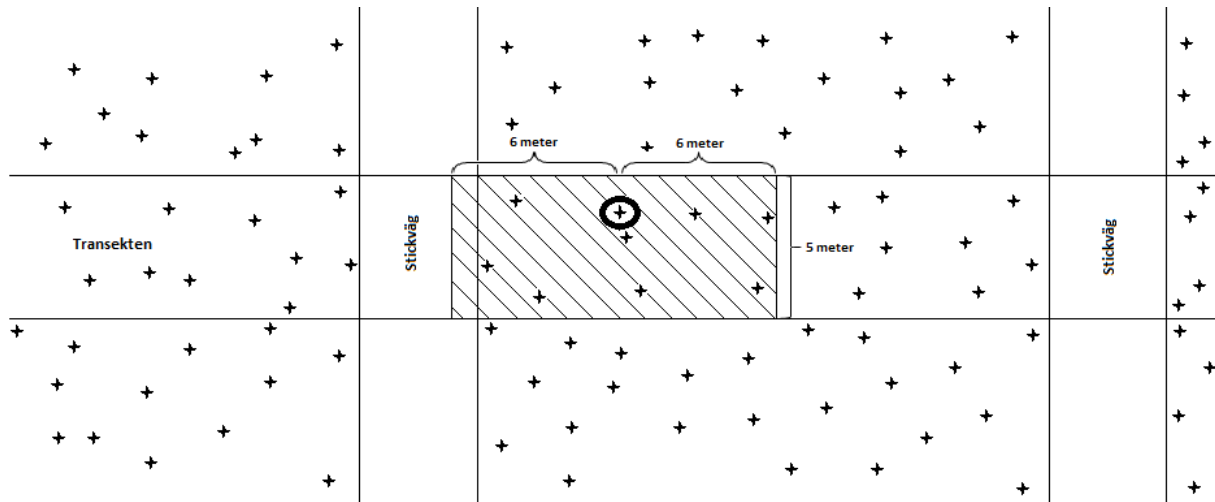
$$T = (Sl)^{1/3}$$

Eftersom både diametern vid brösthöjd och kronstorleken var känd kunde vindkraften ( $F_w$ ) lösas ut och därmed ge ett teoretiskt värde i hur mycket kraft varje individuellt träd påverkats av.

$$F_w = d/T$$

Uträkningen av  $F_w$  visade att två av träden (träd ID: 126 & 145) uppträdde som "outliers". Dessa träd togs bort från vidare beräkningar då de förmodligen var felmätta.

För varje individuellt träd beräknades det omgivande beståndets täthet på fyra olika sätt: stamantal (st/ha) grundyta ( $m^2/ha$ ), kronvolym ( $K_v/m^2$ ) och kronmantelyta ( $K_m/m^2$ ). Tätheten beräknades på olika arealer runt varje träd enligt figur 2, där avståndet i x-led varierade från +/- 2 m med en meters ökning, upp till +/- 11 m från trädet. Centrumträdet ingick inte i beräkningen av det omgivande beståndets täthet. Arealen för det inmätta området benämns med avståndet i x-led från trädet till kanten av den inmätta arean, exempelvis avstånd 2m, avstånd 3m osv. I transekterns början kompenseras det minskade avståndet i x-led.

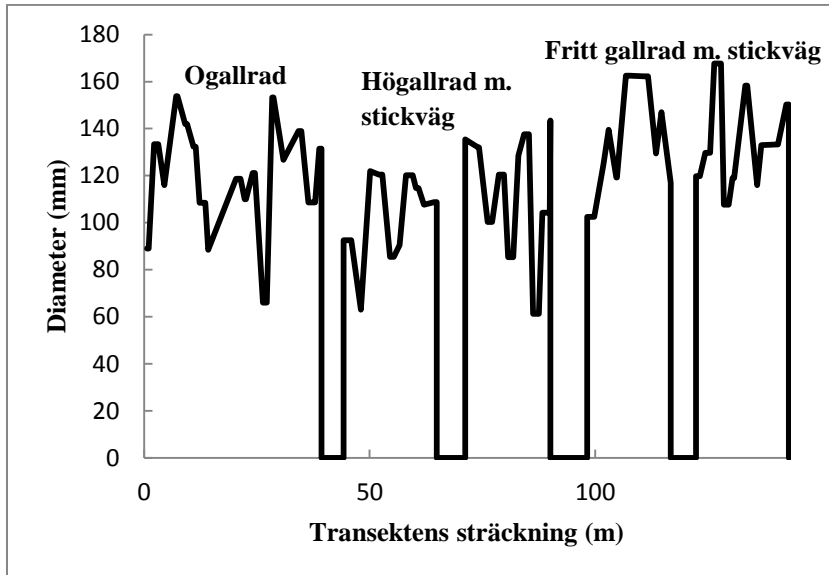


**Figur 2: Exempel på beräkning av ytsumman. Den streckade arean är det inringade trädets beräknade ytsumma för avstånd 6m.**

I analysen modellerades  $F_w$  som en funktion av de olika täthetsvariablerna. I ett vidare skede modellerades diametern som en linjär funktion av det potentiella vridmomentet och den bästa täthetsvariabeln.

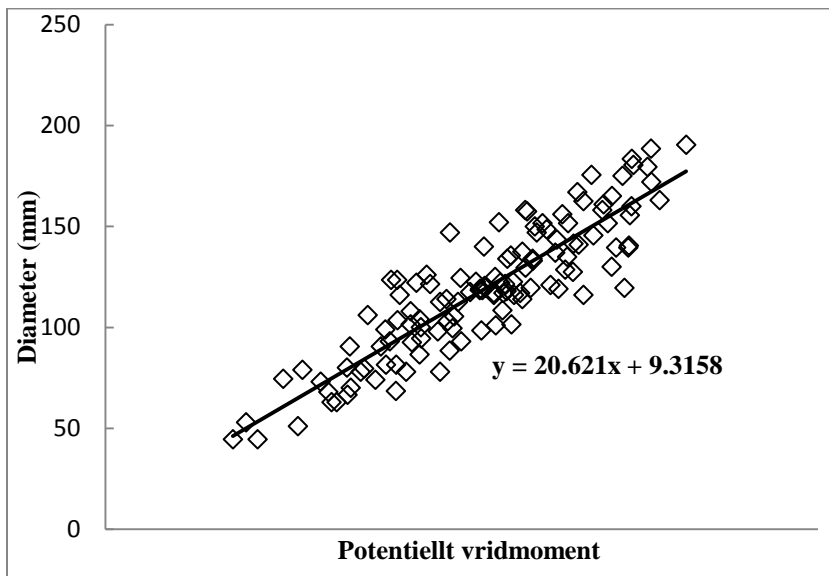
## Resultat

Brösthöjdsdiametern varierade kraftigt inom ytorna, men var i genomsnitt lägst för den höggallrade avdelningen och högst för den fritt gallrade (figur 3). Grundytamedelstammens diameter var för den ogallrade ytan: 12,4 cm, för den höggallrade: 11,2 cm och för den fritt gallrade: 14,1 cm. Nollvärdena i figuren representerade stickvägarna.



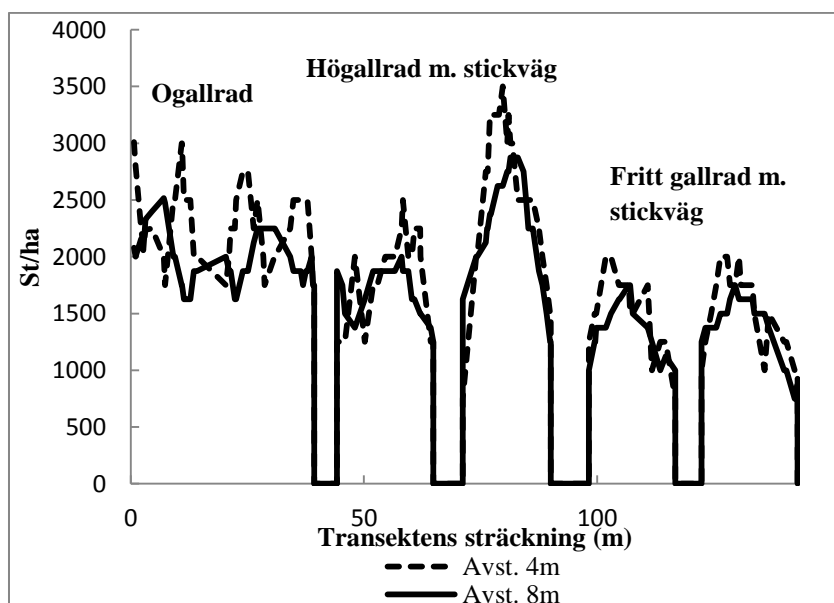
Figur 3: Medeldiametern för träd i transekten inom 2 meterssektioner.

Brösthöjdsdiametern var signifikant, linjärt korrelerad med det potentiella vridmomentet ( $T$ ) för de enskilda träden ( $p < 0,01$   $r^2 = 0,79$ ) (figur 4).



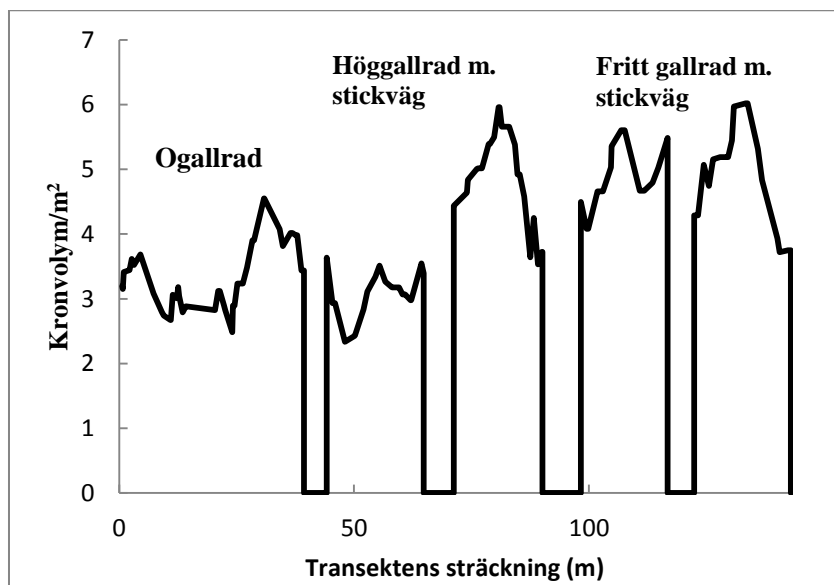
Figur 4: Samband mellan brösthöjdsdiameter och det potentiella vridmomentet ( $T$ ) för den ogallrade ytan och för hela transekten.

Stamantal runt varje träd varierade kraftigt beroende på inom vilket avstånd man såg till. Skillnaden uppgick till mer än 1000 st/ha mellan avstånd 4 och 8 meter för vissa träd (figur 5). Nollvärdena i figuren representerar stickvägarna.



Figur 5: Stamantal i transekten för avstånd 4 och 8 meter.

Kronvolym/m<sup>2</sup> för varje träd var varierande och hade ett högre värde på den fritt gallrade ytan samt för ytan söder om stickvägen i det höggallrade försöket (figur 4). Nollvärdena i figuren representerar stickvägarna.

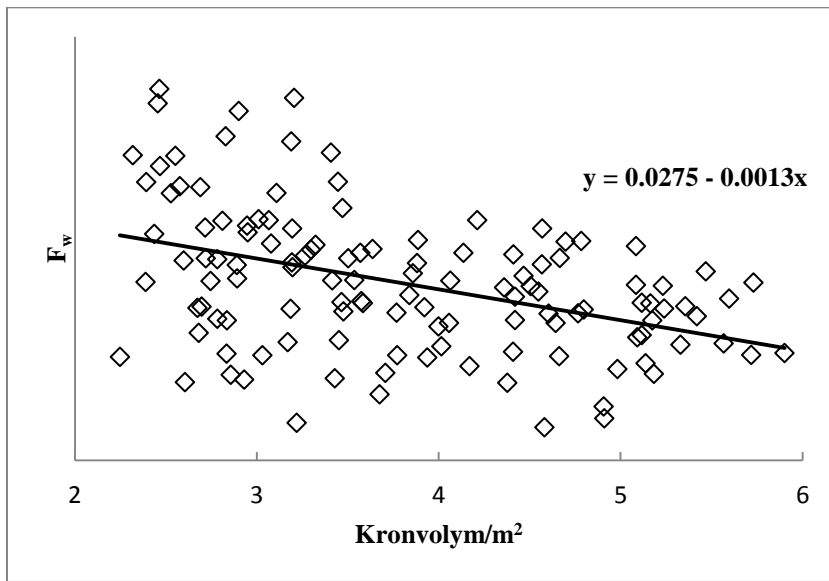


Figur 6: Kronvolym/m<sup>2</sup> för avstånd 10 meter.

För hela transekten fanns det inget signifikant samband mellan stamantal och  $F_w$ , men inom den ogallrade delen var stamantal inom 2-6 meter signifikant korrelerade med  $F_w$ . Den högsta korrelationen var avstånd 5 meter ( $p < 0,01$ ,  $r^2 = 0,195$ ).

För grundytan hade endast avstånd 11 meter ett linjärt signifikant samband med  $F_w$  men med mycket lågt  $r^2$  ( $p < 0,01$ ,  $r^2 = 0,071$ ).

Förutom avstånd 5 meter var samtliga avstånd för kronvolym/m<sup>2</sup> signifikant korrelerade mot F<sub>w</sub> (p<0,01) med högst korrelation för avstånd 10 meter (figur 7, tabell 2).



Figur 7: Samband mellan vindkraft (F<sub>w</sub>) och Kronvolym/m<sup>2</sup> för avstånd 10m.

Tabell 2: Resultat av linjär regression för vindkraft (F<sub>w</sub>) mot kronvolym/m<sup>2</sup>.

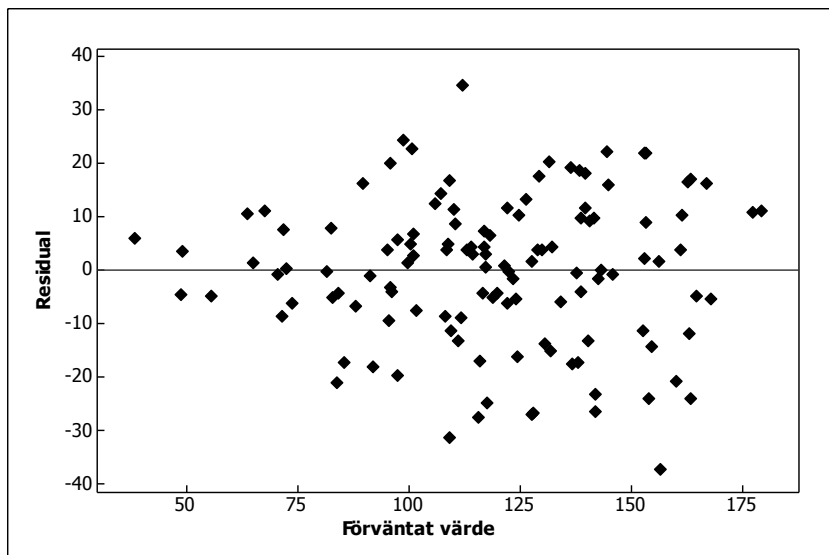
Avst. (m)	Regr. koefficient	p-värde	r <sup>2</sup>
2	0,0241	0,005	0,062
3	0,0244	0,001	0,089
4	0,0247	0,001	0,084
5	0,0243	0,011	0,052
6	0,0248	0,001	0,088
7	0,0259	<0,001	0,132
8	0,0263	<0,001	0,152
9	0,0266	<0,001	0,149
10	0,0275	<0,001	0,178
11	0,0275	<0,001	0,147

För kronmantelyta/m<sup>2</sup> var avstånd 6-11 meter signifikant korrelerat med F<sub>w</sub> med högst korrelation för avstånd 10m (r<sup>2</sup>=0,132). Korrelationen var genomgående lägre än för kronvolym/m<sup>2</sup>.

Modellering av diametern som en funktion av det potentiella vridmomentet (T) och bästa täthetsvariabel gav högst r<sup>2</sup> för kronvolym inom 10 m:

$$\text{Diametern (mm)} = 27,6 + 21,5T - 6,05\text{kronvolym inom 10m}$$

(r<sup>2</sup>=0,823, p<0,001, df:122) (figur 8). Både variabeln T (potentiellt vridmoment) och kronvolym inom 10 m hade ett p-värde<0,001.



Figur 8: Residualer och förväntat värde för funktionen  $\text{Diametern (mm)} = f(T, k_v \text{ avstånd } 10\text{m})$ .



## Diskussion

I studien antogs att den största skillnaden i trädens utsatthet för vind låg i transektens x-led. Antagandet grundade sig i ytornas olika gallringsformer samt att stickvägar låg placerade mellan och inom ytorna. Ytorna inom transekten och dess omgivande områden i y-led hade genomgått samma behandling och antogs därför vara tillräckligt lika varandra för att inte någon inventering i y-led behövde göras. På så sätt begränsades tidsåtgången av fältarbetet. Ett problem med detta antagande var att det förmodligen även i y-led fanns en variation inom behandlingarna. Stamantalet inom den del som låg söder om stickvägen i den höggallrade ytan var 3000 st/ha. Även om stamantalet bör stiga mellan stickvägarna så var det betydligt högre än de 2060 st/ha som enligt senaste inventeringen var på ytan och som även stod på andra delen av behandlingen. Detta kan innebära att transekten drogs genom ett tätt stråk, vilket i sin tur medförde att det funnits glesare partier av ytan som ej kommit med i beräkningarna men som har påverkat träden och därmed resultatet.

Kronvidden var svårbestämd. Det faktum att endast den längsta kronvidden mättes har med största sannolikhet gjort att kronvolymen systematiskt överskattats.

Trädgrupper har uppvisat en likhet i respons till vind men att mäta svajningar och vindpåverkan hos enskilda träd har tidigare visat sig vara komplicerat och svårförutsägbart (Peltola 1996; Schindler et al. 2012). I den här studien är den teoretiska vindkraften beräknad för varje enskilt träd, vilket innebär att de oförutsägbara och komplicerade svajningsmönstren undvikits.

Den starka korrelationen mellan diametern och det potentiella vridmomentet visade att träden relativt snabbt har anpassat sig till situationen efter gallringen.

Diametern varierade kraftigt inom transekten och var fortfarande till stor del påverkad av vilken gallringsform som utförts, det var något förvånande att inte den frigallrade ytan hade ökat sin diameter mer gentemot den ogallrade ytan. Med tanke på studiens resultat kan det vara så att kanteffekten sträckte sig längre in i beståndet än de 5 meter som utgjorde kappan. Därmed kan träd inne i den ogallrade ytan ha påverkats av stickvägen. Eftersom transekten var 5 meter och behandlingarna ungefär 31 meter så mättes cirka 1/6 av behandlingarna in i denna studie vilket gör att resultatet ur denna aspekt ej blir helt komplett.

Av kronvolym/m<sup>2</sup> syns det att även om det står färre st/ha i den frigallrade behandlingen så är deras kronsummor större än kronorna i den ogallrade och höggallrade. Det enda undantaget är den höggallrade ytan där ett stort stamantal visar på samma kronvolym/m<sup>2</sup> som i den frigallrade. Det är troligt att den frigallrade ytan kommer att öka sin diameter mer än de andra ytorna i dess vidare utveckling.

Resultatet visar ett betydligt svagare samband mellan stamantal och diameter än tidigare studier då sambandet mellan stamantal och  $F_w$  var svagt. Tidigare studier har ofta undersökt träd som planterats i ett visst förband (t ex Handler & Jakobsen 1986; Salminen 1993; Sharma et al. 2002). I den här studien genomfördes gallringen fyra växtsäsonger innan dess att inventeringen utfördes. Även om de gallrade bestånden i stor utsträckning anpassat sig till de nya förutsättningarna så hade ett stort antal träd ännu inte helt aklimatisera sig till de nya förutsättningarna. Denna slutsats styrks av att det fanns ett signifikant samband mellan stamantal och  $F_w$  för den ogallrade ytan. En trolig förklaring är att eftersom  $F_w$  är den samlade mekaniska kraften som ett träd har påverkats av under lång tid så kommer  $F_w$  inte vara

korrelerat med stamantal förrän en tid efter att träden helt har anpassat sig till den nya situationen.

Det enda avstånd som visade sig ha ett samband mellan grundytan och  $F_w$  var 11 meter. Det fanns innan studien utfördes en misstanke om att de stora avstånden skulle kunna ge effekten att varje trädets yta liknar varandras mer och mer och därmed öka signifikansen. Att det endast är det högsta avstånd bland grundytorna som visar på ett samband visar att så är fallet och att grundytan därmed inte har något samband med  $F_w$ .

Att både kronvolym/m<sup>2</sup> och kronmantel/m<sup>2</sup> var signifikant med  $F_w$  visar att det i ett gallrat bestånd är kronsammansättningen runt ett träd som påverkar hur mycket vind det utsätts för. Summorna kan ej ses som en avståndsberoende variabel då det inte togs någon hänsyn till den spatiala fördelningen av de olika summorna. Detta motsade Ledermann & Stages (2001) påstående att avståndsberoende variabler representerar underjordkonkurrensen då det även finns förhållanden ovanjord som kan ses som avståndsberoende.

Biging & Dobbartin (1995) fastställde att avståndsberoende konkurrensvariabler är lika bra eller bättre än avståndsberoende variabler, och att ta med kronan i olika former visade sig öka säkerheten i att beräkna diametern. Resultaten i denna studie överensstämde med deras slutsatser och visade att inkludandet av olika former av kronsummor för omgivande träd ökade förklaringsgraden för skattning av trädets diameter. På samma sätt som Lundqvist & Elfving (2010) fann att kronvolymen gav högst  $r^2$  vid beräkning av potentiellt vridmoment, så var det kronvolym/m<sup>2</sup> som gav högst  $r^2$  när den tillsammans med vridmomentet användes för att skatta trädets brösthöjdsdiameter.

Resultatet av denna studie tydde på att ett enskilt trädets påverkan av vind och därmed dess diametertillväxt i ett gallrat bestånd, styrs av hur kronsammansättningen ser ut ca 7-10 meter från trädet i fråga. De praktiska konsekvenserna av detta kan vara att eftersom många fältförsöks provytor är uppbyggda på samma sätt som provytorna i detta försök, dvs. ~30x30m med en 5 meter bred kapp betyder det att ~25-30% av försöket i fråga har påverkats av hur området utanför kappan sett ut. Då det inte är avståndet till närmsta träd som främst bestämmer ett trädets utveckling (Lundqvist & Elfving 2010) utan hur beståndet ser ut inom ett större område runt varje träd är det vid röjning eller gallring inte nödvändigt att ha en jämn fördelning av stammarna.

Hypotesen för studien var att skillnader i gallringseffekt på enskilda träd till stor del beror på skillnader i vindbelastning per träd efter gallring. Resultaten visade att varje träd har olika förutsättningar beroende på var de står i förhållande till stickvägar och luckor i beståndet, beroende på hur stor area runt ett träd man ser till så skiljer sig sammansättningen och förutsättningarna åt.

Resultatet visade att:

- Diametern var starkt korrelerad med det potentiella vridmomentet
- Flera avstånd av variablerna kronvolym/m<sup>2</sup> och kronmantelyta/m<sup>2</sup> var positivt korrelerade med den teoretiska vindkraften
- När kronvolym/m<sup>2</sup> för avstånd 10 m beräknades tillsammans med det potentiella vridmomentet vid modelering av diametern ökade korrelationen.

Resultatet motsade därmed inte hypotesen att skillnaden i gallringseffekt på enskilda träd till stor del beror på skillnad i vindbelastning per träd efter gallring.

## **Tillkännagivanden**

Jag vill tacka min handledare Lars Lundqvist för konstruktiv kritik och för hjälp att tolka resultaten samt min biträdande handledare, Tommy Mörling för diskussioner om upplägg och genomförande av studien. Från Siljansfors försökspark vill jag tacka försöksparksansvarig Christer Karlsson för hjälp med genomförandet av studien samt Helena och Göte för hjälp med inventeringen. Jag vill även tacka de kursare som har bidragit till att göra arbetet lätt (ni vet vilka ni är). Sist men inte minst vill jag tacka Saga för hjälp med korrekturläsningen och ett ständigt stöd, tack!

## Referenslista

- Agestam, E. (2009) Gallring. *Skogskötselserien del 7*. [online] (2013-03-05) Tillgänglig på: [www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien](http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien).
- Biging, GS. Dobbertin, M. (1995) Evaluation of Competition Indices in Individual Tree Growth Models. *Forest Science* 41(2). 360-377
- Dean, TJ. (2004) Basal Area Increment and Growth Efficiency as Functions of Canopy Dynamics and Stem Mechanics. *Forest Science* 50(1). 106-116
- Eriksson H, U Johansson & K Karlsson. (1994) Effekter av stickvägsbredd och gallringsform på beståndsutvecklingen i ett försök i granskog. SLU, inst för skogsproduktion. Rapport nr 38.
- Gardiner, BA. Stacey, GR, Belcher, RE, Wood, CJ. (1997) Field and wind tunnel assessments of the implications of respacing and thinning for tree stability. *Forestry* 70(3). 233-252
- Handler, M.M. & Jakobsen, B. (1986). Nyere danske planteafstandsforsoek med rodgran [Recent Danish spacing experiments with Norway spruce.] *Det Forstlige Forsogsvaesen I Danmark* 40(4), 359-442
- Ledermann, T. Stage, AR. Effects of competitor spacing in individual-tree indices of competition. *Canadian Journal of Forest Research* 31. 2143-2150
- Long, JN. Smith, FW. (1992) Volume increment in *Pinus contorta* var. *latifolia*: the influence of stand development and crown dynamics. *Forest Ecology and Management* 53(1-4). 53-64
- Lundqvist, L. Valinger, E. (1996) Stem Diameter Growth of Scots Pine Trees after Increased Mechanical Load in the Crown during Dormancy and (or) Growth. *Annals of Botany* 77. 59-62
- Lundqvist, L. Elfving, B. (2010) Influence of biomechanics and growing space on tree growth in young *Pinus sylvestris* stands. *Forest Ecology and management* 260, 2143-2147
- Meng, SX. Rudnicki, M. Lieffers, VJ. Reid, DEB. Silins, U. (2006) Crown Collisions Increases the Crown Cover and Leaf Area of Maturing Lodgepole Pine. *Journal of Ecology* 94(3). 681-686
- Meng, SX. Huang, S. Lieffers, VJ. Nunifu, T. Yang, Y. (2008). Wind speed and crown class influence the height-diameter relationship of lodgepole pine: Nonlinear mixed effects modeling. *Forest Ecology and management* 256. 570-577
- Mäkinen H, A Isomäki & T Hongisto. (2006). Effect of half systematic and systematic thinning on increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. *Forestry* 79, 103-121
- Niklas, KJ. (1992). *Plant Biomechanics. An Engineering Approach to plant Form and Function*. The University of Chicago Press, Chicago/London
- Rudnicki, M. Silins, U. Lieffers, VJ. Josi, G. (2001) Measure of simultaneous tree sways and estimation of crown interactions among a group of trees. *Trees – Structure and Function* 15(2). 83-90

- Rudnicki, M. Lieffers, VJ. Silins, U. (2003) Stand structure governs the crown collisions of lodgepole pine. *Canadian Journal of Forest Research* 33. 1238-1244
- Salminen, H. Varmola, M. (1993) Influence of initial spacing and planting design on the development of young Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Silvia Fennica* 27. 21-28
- Schindler, D. Fugmann, H. Schönborn, J. Mayer, H (2012) Coherent response of a group of plantation-grown Scots pine trees to wind loading. *European Journal of Forest Research* 131. 191-202
- Sharma, M. Burkhart, HE. Amateis, RL. (2002) Modeling the Effect of Density on the Growth of Loblolly Pine Trees. *Southern Journal of Applied Forestry* 26(3). 124-133
- Telewski, FW. Pruyn, ML. (1998) Thigmomorphogenesis: a dose response to flexing in *Ulmus americana* seedling. *Tree Physiology* 18. 65-68
- Peltola, H. (1996) Swaying of trees in response to wind and thinning in a stand of scots pine. *Boundary-Layer Meteorology* 77, 285-304
- Valinger, E. (1992) Effects of Thinning and Nitrogen Fertilization on Stem Growth and Stem Form of *Pinus Sylvestris* Trees. *SCANDINAVIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH* 7. 219-228
- Valinger, E. Lundqvist, L. Sundberg, B. (1994) Mechanical stress during dormancy stimulates stem growth of Scots pine seedlings. *Forest Ecology and management* 67. 299-303
- Valinger, E. Lundqvist, L. Sundberg, B. (1995) Mechanical bending stress applied during dormancy and (or) growth stimulates stem diameter growth of Scots pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 25. 886-890

## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2012:18 Författare: Erik Söderholm  
Lämpliga hybridaspkloner för odling i södra och mellersta Norrland
- 2012:19 Författare: Caroline Pöntynen Boström  
Röjningsplan för Sveaskog
- 2012:20 Författare: Robyn Hooper  
Climate change impacts and forest management adaptation measures in Sweden and British Columbia, Canada: A case study of Swedish forest managers
- 2012:21 Författare: Addisu Almaw Semeneh  
Effects of trees and termite nests in agroforestry parklands on preferential water flows: image analysis of soil profiles after rain simulations and dye experiments
- 2012:22 Författare: Torun Bergman  
Skogsutnyttjandet vid den medeltida masugnen i Hytttehamn
- 2012:23 Författare: Johan Bäckman  
Umebors åsikter rörande grönområden
- 2012:24 Författare: Andreas Engström  
Insekter i hårt törskateangripna ungtallbestånd i Norrbotten. Skadeinventering och artbestämning
- 2013:1 Författare: Jenny Nilsson  
Biogallring – effektivitet och lönsamhet vid gallring i ung skog
- 2013:2 Författare: Vidar Sjögren  
Naturlig förnygring efter markberedning med harv eller Bracke Planter i Småland
- 2013:3 Författare: Hanna Jönsson  
Kan vistelse i skogs- eller hantverksmiljö sänka stressade personers stressnivå? En jämförande studie
- 2013:4 Författare: Sven-Erik Zimmer  
Effekter av höggallring i flerskiktad skog - beståndsutveckling i ett fältförsök med Naturkultur
- 2013:5 Författare: Javier Segura Angulo  
Autumn water sources for understory vegetation and fungi in a boreal forest: An evaluation using stable isotopes
- 2013:6 Författare: Frida Snell  
Bevarande av hotade epifytiska lavar och vedsvampar i Norrbottens län. – Rödlistan som verktyg i praktisk naturvård
- 2013:7 Författare: Ebba Okfors  
Ekoturism i jordbrukslandskap – ett vinnande koncept? En tvärvetenskaplig studie om kulturvärden och naturvärden på Sjögetorp
- 2013:8 Författare: Anna Hallmén  
Hur kan mångfalden gynnas på SCA:s naturvårdsareal? Natur- och kulturvärden i Peltovaara mångfaldspark
- 2013:9 Författare: Mattias Söderholm  
Verktyg och metoder för kontroll av dubbskadedjup på timmerstockar - metodutveckling

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på [www.seksko.slu.se](http://www.seksko.slu.se)