

Examensarbete INES nr 241

Analys av tillväxt för enskilda träd efter gallring i ett blandbestånd av gran och tall, Sverige

Joakim Lindberg

2012
Institutionen för
Naturgeografi och Ekosystemvetenskap
Lunds Universitet
Sölvegatan 12
223 62 Lund



Joakim Lindberg (2012). Analys av tillväxt för enskilda träd efter gallring i ett blandbestånd av gran och tall, Sverige

Bachelor degree thesis nr 241, 15 credits in *Physical Geography and Ecosystem analysis*

Department of Physical Geography and Ecosystems Science, Lund University

Analys av tillväxt för enskilda träd efter gallring i ett blandbestånd av gran och tall, Sverige

Joakim Lindberg

Kandidatuppsats för Naturgeografi och Ekosystemanalys

Institutionen för Naturgeografi och ekosystemvetenskap,

Lunds Universitet 2012

Handledare:

Fredrik Lagergren

Institutionen för Naturgeografi och ekosystemvetenskap

Lunds Universitet

Abstract

The aim of this study was to investigate the growth of individual trees and the effects of thinning in a stand of spruce and pine. This was made through tests of regression between a competition index (CI), which depended on distance and diameter of neighbouring trees, and needle mass (NM), compared to basal area growth (BA growth) and dry-weight. The data used in this study was collected over the time-period 1998 to 2003 and can be said to be continuation of the work done by Lagergren och Lindroth (2004). The thinning was performed in 1998, and ca 25% of the basal area in the thinning plot was removed. Other factors, such as strip-roads, were also investigated and were concluded to have an effect on the results given. Generally, NM was the variable that explained growth best. CI was however an almost as good indicator of growth, if trees close to the strip-roads were excluded. In the thinned stand, CI was almost as good of an indicator as NM. Even with these results, there can be certain advantages in using a CI. When thinning is preformed, the CI can adapt a new value immediately after, if it is recalculated without the thinned trees. So for a longer period of time, the CI might be the best way to explain growth. Of the results can also be said that the trees within the thinned area had a lower rate of growth compared to the reference stand during the beginning of the time-period. During the later years, the relationship was reversed and the thinned plot had a higher rate of growth. This was true for both basal area growth and the growth in dry-weight. The growth of trees always decreases somewhat after a thinning, although the effect is said to be less noticed in stands of spruce. The results in this study show that this effect is reversed and pine seems to be less sensitive with increased growth close after the thinning. The overall growth is somewhat lower than expected, compared to studies of similar stands.

Keywords: Competition Indices (CI), Needle Mass (NM), Dry weight, Basal Area (BA), Scaling, Thinning, Tree Growth

Sammanfattning

Gallring är en viktig del i det moderna skogsbruket. I Sverige har gallring skett i ca 150 år och i början av 1900-talet ökade intresset då pappersmassaindustrin tog fart. Detta ledde till ett ökat intresse för mindre träd och successivt så ökade behovet att utveckla strategier och gallringsmetodiker. I Sverige genomförs gallringar med 10-25 års intervall och man reducerar grundytan (stammens area vid brösthöjd) med ca 20-40 % per gång. Ungefär 1 % av Sveriges skogar gallras årligen och detta leder till 20 miljoner m³ gallrat virke årligen. Idag har gallring flera olika mål, dels att specifikt kunna ta bort träd som ur produktionssynpunkt ej är lämpliga, att ge skogsägaren en nödvändig inkomst innan slutavverkning och att aktivt kunna styra tillväxt och se till att få så bra kvalitet på virket som möjlig. Dessutom minskar ofta risken för skadeangrepp, då skadade eller sjuka träd kan tas bort. Syftet med denna studie var att undersöka tillväxten för enskilda träd i ett område med blandad gran- och tallskog. Detta gjordes genom tester på förhållandet mellan ett konkurrensindex (en form av avståndsviktad storleksindex) och trädens barmassa, mot tillväxten av grundyta och trädens torrsvikt. Detta gjordes genom regressionsanalyser, dvs. undersökningar där exempelvis tillväxten av grundyta jämfördes mot konkurrensindexet. Tidsperioden för studien var 1998-2003. Påverkan från andra faktorer, så som stickvägar (vägar för borttransport av virke inom den gallrade ytan) undersöktes också och visade sig ha påverkan på de resultat som gavs. Resultaten visar att barmassa var den modell som förklarade tillväxten bäst. Konkurrensindexet var dock en nästan lika bra modell, om träden nära stickvägar exkluderas vid beräkningar. En möjlig fördel med att använda sig av ett konkurrensindex är att det omedelbart kan ändra värde efter en gallring om det räknas om utan de gallrade träden. Så även om det ger en något lägre förklaringsgrad kan modellen vara användbar. En intressant aspekt i studien var att de träd som var inom det gallrade området inte hade en högre tillväxt av grundyta under den första tiden, jämfört mot den ogallrade. Istället verkar träden omfördela sin energi på att istället bredda sina kronor. Detta fenomen skulle även kunna gälla för träd nära stickvägarna. För den senare delen av tidsperioden är dock tillväxten i det gallrade området större än den för det ogallrade. Detta tyder på en viss fördröjning i tillväxt på de variabler som undersökts. Resultaten visar på en något mindre tillväxt än de förväntade resultaten.

Nyckelord: Konkurrensindex (CI), Barmassa (NM), grundyta (GY), Torrsvikt, Uppskalning, Gallring, Träd tillväxt

Förord

Jag vill tacka vänner och familj för det stöd och tålamod som givits under arbetets gång. Jag vill också rikta ett stort tack till Fredrik Lagergren, min handledare för detta projekt. Den välvilja att hjälpa mig, den kunskap och det intresse som visats mig har hjälpt mig oerhört.

Joakim Lindberg

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	1
1.1 Syfte och mål.....	2
1.1.1 Frågeställningar	3
2. Metod och material	3
2.1 Data	3
2.2 Dataanalys	4
2.2.1 Konkurrensindex (CI).....	4
2.2.2 Barmassa, grundyta och torrsvikt	7
3. Resultat	8
3.1 Regressioner för tidsperioden 1998-2003 för anpassning av CI_{inv}	8
3.1.1 Grundytetillväxt mellan 1998-2003.....	8
3.1.2 Tillväxt av torrsvikt mellan åren 1998-2003.....	13
3.2 Uppskalning till beståndstillväxt.....	14
3.2.1 Regressioner för olika tidsperioder.....	14
3.2.2 Uppskalad tillväxt i GY och torrsvikt	17
4. Diskussion.....	19
5. Slutsatser	21
6. Referenser	22
7. Appendix.....	24
Appendix 1.	24
Appendix 2	25

1. Introduktion

Gallring är något som sker i många europeiska länder. Det görs för att öka storleken på träden som finns kvar, ge skogsägaren en liten inkomst och minska omloppstiden (Lagergren och Lindroth, 2004, Eriksson, 2006). Andra fördelar är även att träd med god kvalitet gynnas och gallring ger även en möjlighet att gynna ett specifikt trädslag i beståndet. Det behöver dock inte vara enbart positivt att gallra. Man kan skada rotsystemet för de träd som finns kvar, introducera rotröta och öka risken att träden knäcks på grund av snötyngd (Lagergren och Lindroth, 2004). Rotröta gör träden mer känsliga för stormar, minskar tillväxten och gör att virket bara duger till massaved istället för sågtimmer. Det beräknas kosta skogsbruket ca 1 miljard kronor årligen. Den kan vara svårt att upptäcka och sprider sig lätt mellan träd via rötterna till övriga träd i beståndet. Rotröta är vanligare i södra delarna av Sverige och drabbar framförallt gran. Den är vanligare i äldre skog och skulle ett bestånd vara svårt angripet brukar slutavverkning följt av nyplantering av annat trädslag rekommenderas (Skogforsk, 2012-01-19). Bestånd med stor andel av gran löper också större risk för stormfällning. Valinger och Fridman (2011) har i sin studie studerat efterverkningarna av stormen Gudrun 2005. De kom fram till att bestånd med en dominerande andel gran löpte en högre risk än bestånd med en dominans av tall eller lövskog. Dessutom ökade risken för skador i vinterstormar för blandbestånd innehållande gran proportionellt med den risk gran har. Skulle beståndet innehålla 25-30 % lövträd fanns det dock en möjlighet att risken minskades med upp till 50 %. För blandbestånd bestående av gran och tall förekom dock inte denna minskning. Det finns även en ökad risk för vindskador i ett gallrat område jämfört mot ett ogallrat. Det finns alltid en förhöjd risk om beståndet är gallrat men risken ökar med den proportion gran som beståndet innehåller. Liknande gäller för åldern på beståndet, med en ökad risk för ett äldre bestånd (Valinger och Fridman, 2011).

Gallring har skett i Sverige i 150 år och introducerades först för att minska självgallringen. På den tiden gallrade man ganska lågintensivt och ca 10 % av beståndens volym togs bort per gång. (Eriksson, 2006). Under början på 1900-talet ökade dock intresset för gallring när pappersmassaindustrin tog fart. Intresset för mindre träd ökade och detta ledde successivt till ett ökat intresse för gallringsmetodik och strategi (Eriksson, 2006). I Sverige genomförs gallring vanligtvis med 10-25 års intervall och man reducerar då den sammanslagna grundytan (GY) med 20-40 % per gång (Lagergren och Lindroth, 2004). Grundyta är stammens area vid brösthöjd över marken, 1,3 m. Ungefär 1% av Sveriges skogar gallras årligen (Lagergren et al., 2008). Gallringsverksamheten är viktig för skogsindustrin och ca 20 miljoner m³ skog gallras årligen, vilket motsvarar ca 30 % av den totala avverkningen i Sverige (Eriksson, 2006).

Blandskog med tall (*Pinus sylvestris* L.) och gran (*Picea abies* (L.) Karst.) är vanligt i våra svenska skogar. Granen brukar vara det trädslag som gallras först. Den är värdefull för pappersindustrin medan tallen har ett större värde som virke i timmerindustrin. Detta ändrar på den naturliga artsammansättningen då gran vanligtvis är det trädslag som kommer senare i successionsordningen och har större fördragsamhet av den skugga som övriga träd ger i området (Lagergren et al., 2008).

Där finns fördelar med att använda sig av blandbestånd. Genom att plantera träd med olika egenskaper kan marken utnyttjas mer effektivt. Arterna kan till exempel ha olika

växtrytm, vilket kan leda till en jämnare tillväxt över tid. Detta leder till en mer effektiv produktion i trädbeståndet och markens innehåll på vatten och näring kan också nyttjas bättre om trädslag med olika rotdjup växer tillsammans. Dessutom finns det fördelar då det blir ett stabilare ekosystem (Agestam, 1985). Risken för allvarliga angrepp av insekter som är artspecifika blir också lägre. För gran är till exempel granbarkborren (Åttatandad barkborre, *Ips typographus*) en aggressiv insekt som ofta sprider sig snabbt i bestånd som drabbats av stormfällning eller vid skador som uppkommit vid gallring. Den angriper granstammar och föredrar försvagade granar med frisk, tjock bark. Får barkborren möjlighet att massföröka sig kan den även angripa helt friska träd (Skogforsk, 2012-01-09). För tall är exempelvis röd tallstekel (*Neodiprion sertifer*) en insekt som orsakar skador. Träden blir kalättna, men dör sällan eftersom larverna ofta lämnar årsbarren. Skulle dock en kombination av mycket mörghattor, konkurrens mellan träd och eventuellt Gremmeniella (svamp) uppstå kan detta leda till att träd dör (Lindelöw, 2011).

I ett område som gallras återfinns ofta olika vägar. Bas- och stickvägar är till för att forsla ut virke och underlätta vid gallring och avverkning. Stickvägar är något mindre och används i samband med lastning, medan basvägarna är något större och tillåter mer trafik och högre hastigheter (Skogforsk, 2011-11-26). Stickvägarna i ett område kan antas uppta ca 10 - 30 % av ett områdes areal. En fyra meter bred stickväg, med 25 meters mellanrum ger en stickvägsareal på 14 % (Walentin, 2006-01-10).

Tillväxten på träd är influerad av många olika faktorer, så som t.ex. åldern på trädet, storleken och konkurrens från omgivande träd (Tomé et al., 1989). Specifikt konkurrens från omgivande träd har studerats noga och av många, och brukar vanligtvis uttryckas med en matematisk formel, ett konkurrensindex (Shi och Zhang, 2003). Det finns två stora typer av konkurrensindex, den avståndsberoende och den avståndsberoende. De avståndsberoende är ofta relativt enkla funktioner där hänsyn tas till olika variabler, så som storlek och dimension av trädet i fråga (Daniels et al., 1986). De avståndsberoende funktionerna tar även hänsyn till omgivande träd dimensioner och storlekar i förhållande till trädet man beräknar för (Daniels et al., 1986, Tomé et al., 1989). Att definiera det område som är under influens för att användas i ett konkurrensindex för individuella träd, som inkluderar alla konkurrenter och alla källor till konkurrens, är svårt om inte omöjligt (Biging och Dobbartin, 1992).

Tillväxten i ett gallrat bestånd sjunker normalt något den närmaste tiden efter en gallring. Effekten skiljer sig dock något åt mellan gran och tall. Tillväxten hos gran är mindre känslig för gallring och även om ett bestånd skulle gallras så intensivt som 40 %, så behåller granen i stort sett samma tillväxt som tidigare (Lagergren, 2001).

1.1 Syfte och mål

I denna studie undersöks gallringseffekten i ett blandbestånd med gran och tall. Tidigare studier i området är utförda av bland andra Lagergren (2001), Lagergren och Lindroth (2004) och Lagergren et al. (2008). Syftet med denna studie är att undersöka tillväxten för enskilda träd genom att undersöka förhållandet mellan ett konkurrensindex och barmassa, mot grundytetillväxt och tillväxten av torrsvikt för varje träd. Studien omfattar tidsperioden 1998-2003 och är delvis en fortsättning av arbetet Lagergren och Lindroth (2004) utförde. Förväntade resultat är att den gallrade ytan har en något lägre tillväxt i jämförelse mot den ogallrade i början på mätserien,

men att områdena har en relativt lika tillväxt mot slutet. Granen torde vara något mindre påverkad och ha en jämnare tillväxt än tall.

1.1.1 Frågeställningar

- Hur ser gallringsresponsen över en 5-årsperiod ut för enskilda träd?
- Vad förklarar tillväxten för enskilda träd bäst, CI som är ett mått på konkurrensförhållandet, eller NM som fungerar som ett mått på produktionsförmågan?
- Finns det andra faktorer, såsom stickvägar, som påverkar?

2. Metod och material

2.1 Data

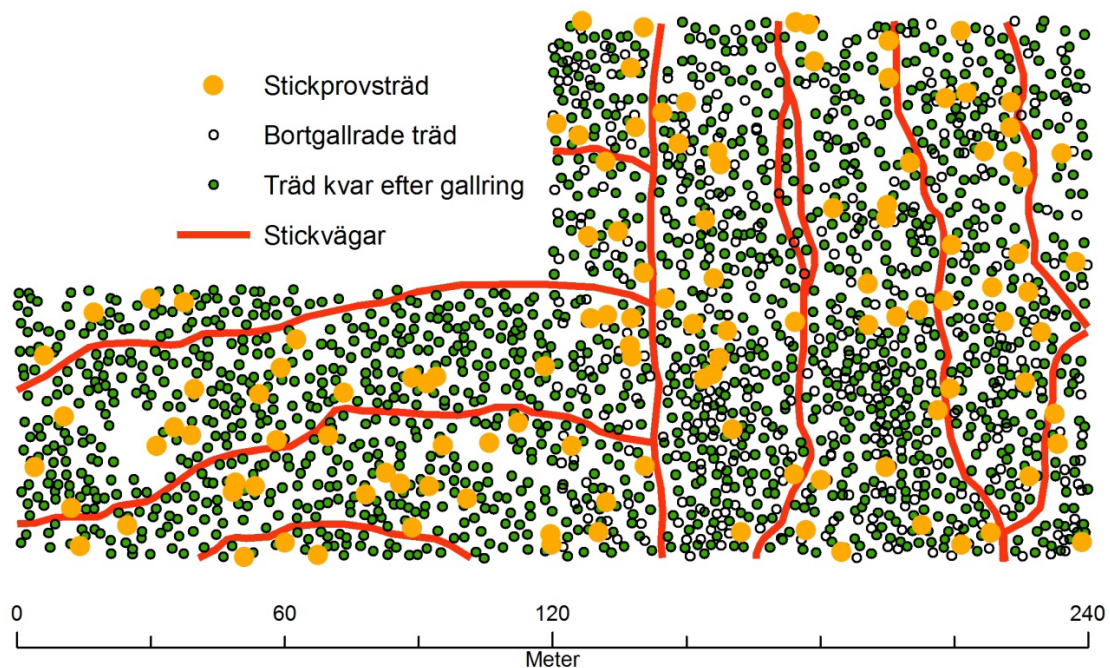
Studien är en fortsättning på det arbete Lagergren och Lindroth (2004) gjort och den data som behandlas är hämtad från deras studie, med det tillägg att mätserien över träd tillväxt har utökats från 1997-2000 till 1997-2003.

Området för studien ligger i Norunda, Uppland, Sverige (60°5'N, 17°29'E, 45 m.ö.h.) och bestod av en ca 50 år gammal skog. Beståndet bestod av tall (*Pinus sylvestris*), gran (*Picea abies*), glasbjörk (*Betula pubescens*) och ett fåtal vårtbjörkar (*B. pendula*). I de våtare områdena fanns även ett fåtal alar (*Alnus glutinosa*) (Lagergren och Lindroth, 2004).

I området fanns även ett antal stickvägar som kom till mellan 1990-1991 då en tidigare gallring ägde rum. Vägarerna var ca 3 meter breda och avståndet mellan dem var ca 30 meter (se Figur 1) (Lagergren och Lindroth, 2004). Se Appendix 1 (s. 25) för en bild från området.

År 1998, i november, skedde en gallring i området (se Figur 1). Ca 25% av det gallrade områdets totala grundyta (GY) fälldes. Syftet med denna gallring var att bevara artfördelningen och storlekssammansättningen träden emellan. Fällningarna skedde med motorsåg och borttransport gjordes med hjälp av skotare på stickvägarna. Gallring skedde även i en 10 meter bred kantzon runt den gallrade ytan, dock ej i kanten mot referensytan (det ogallrade området) (Lagergren och Lindroth, 2004).

Området är uppdelat i två sektorer, en gallrad och en ogallrad. Den gallrade sektorn är 120x120 meter och den ogallrade (referensytan) är 120x60 meter. Varje träd inom ytorna koordinatbestämdes i ett lokalt koordinatsystem för att kunna avgöra avstånd dem emellan, samtidigt som diameter och art bestämdes (Lagergren och Lindroth, 2004). De träd som var under 5 cm i diameter exkluderades i studien.



Figur 1: Området för studien. Träd efter gallring är de träd som lämnades vid gallringen 1998, stickprovsträden är de 120 st. som valdes ut (varav två stycken dog innan insamlingen hunnit avslutats), bortgallrade är de träd som fölls 1998 vid gallringen. Stickvägar är de vägar som togs upp 1990/1991 vid den senaste gallringen. Området för den gallrade ytan återfinns till höger i bilden, vilket kan ses på de bortgallrade träden.

Ur det totala antalet träd togs ett stickprov på 120 träd ut. Stickprovsträden utrustades med ett mätband i rostfritt stål (ett så kallat dendrometerband, se Appendix 2 s. 26) på vilka förändringen i omkrets noggrant mättes med ett digitalt skjutmått. Avläsningarna skedde varje månad under tillväxtssäsongen, men i studien har skillnaderna mellan avläsningarna för oktober månad använts för att beräkna den årliga tillväxten. Mätningarna gjordes i brösthöjd, 1,3 meter över marken.

Fördelningen på stickprovsträden var 80 st. i det gallrade området och 40 st. i referensområdet, se Figur 1 för fördelning av stickprovsträd. Två av dessa träd dog innan tillväxtmätningar hunnit avslutas och exkluderades ur beräkningarna. I den gallrade ytan var 40 st. granar, varav 14 st. inom 5 meter från någon av stickvägarna och 39 st. var tallar, varav 18 st. var inom 5 meter från någon av stickvägarna. I det ogallrade området var 19 st. granar mot 20 st. tallar. Av dessa var 4 st. av granarna inom buffertzonen till stickvägarna och 5 st. av tallarna.

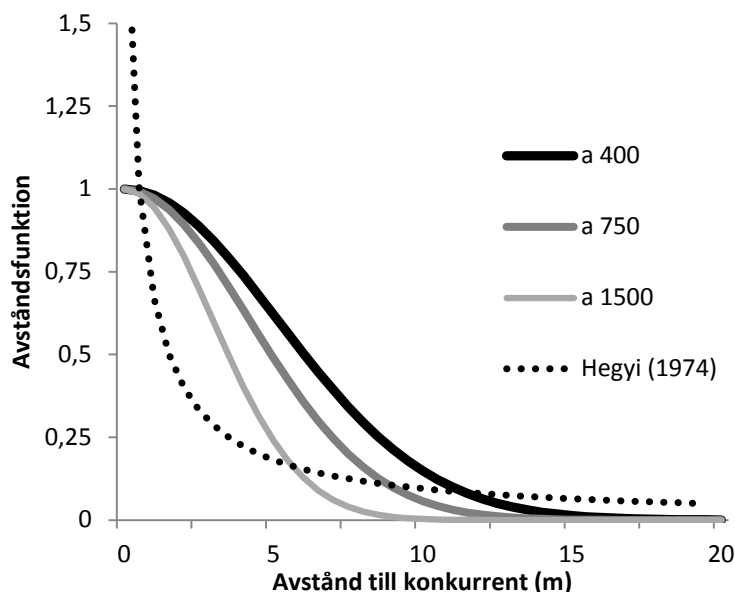
2.2 Dataanalys

2.2.1 Konkurrensindex (CI)

Förhållandet mellan tillväxten, uttryckt dels i form av grundyta (GY) dels i form av torrsvikt, testades mot ett konkurrensindex (CI för Competition Index) och mot barrmassa (hädanefter kallat NM för Needle Mass). Detta gjordes för varje träd i stickprovet. NM valdes för att det har visat sig ha en stark korrelation mot GY (Albrektson, 1984) och kan därför anses vara en god indikator på tillväxt (Vanninen och Mäkelä, 2000). Det CI som användes kan sägas vara en form av avståndsviktad storleksindex (Lagergren och Lindroth, 2004, Tomé et al., 1989). Det beräknades för varje stickprovsträd (e) genom en jämförelse med alla andra träd (i) enligt:

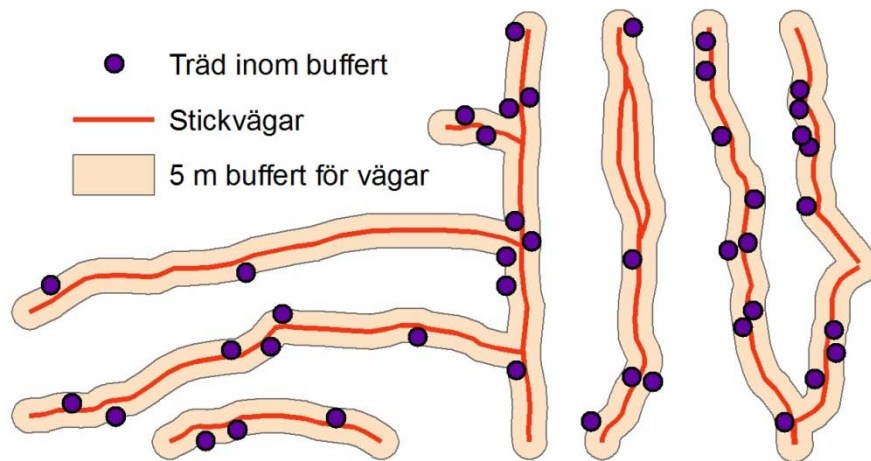
$$CI_e = \sum_{i=1}^n \left(\left(\cos \left(\frac{l_i}{2} \right) \right)^a \times \left(\frac{D_i}{D_e^b} \right)^c \right) \quad (1)$$

där n är det totala antalet träd i området, l_i är avståndet mellan träd e och träd i , D_i är diametern för träd i , och D_e är diametern för träd e . I ekvationen finns även vikter (parametrar), a , b och c . Grader (360°) användes för de trigonometriska beräkningarna. Ekvationen är en förenklad version av den som används av Lagergren och Lindroth (2004), vilka modifierade ekvationen av Hegyi (1974). I Hegyis originalfunktion är avståndsfunktionen $1/l_i$. Problemet med denna funktion är att den är väldigt känslig för korta avstånd (Lagergren och Lindroth, 2004) (se Figur 2). Anledningen till att denna modell ändrades och en sinusfunktion introducerades var att några av träden i området hade dubbla stammar och registrerades som två träd. Med ekvationen som Hegyi (1974) använde, skulle dessa träd haft missvisande värden.



Figur 2: Avståndsfunktionen som använts för att beräkna CI. Skillnader mellan olika värden på a , mot originalfunktionen av Hegyi (1974). När a är satt till 750 minskar avståndsfunktionen från 1 till 0,1 över 9 meter. Figuren är från Lagergren och Lindroth (2004) med viss modifikation.

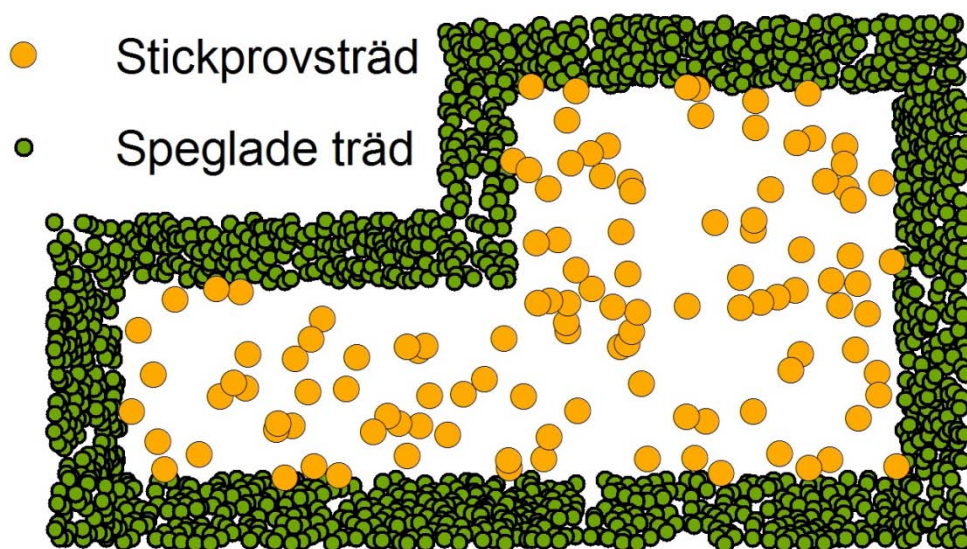
CI beräknades för alla träden i stickprovet ($n=118$) med samma parametrar. Det delades sedan upp mellan gran och tall, gallrad och ogallrad yta. Uppdelning gjordes även på de träd som låg inom 5 meter från någon gallringsvägs mitt (se Figur 3), då dessa tidigare påvisat avvikelser från övriga träd i stickprovet (Lagergren och Lindroth, 2004). Detta gjordes med hjälp av buffertzoner som sträcker sig 2,5 meter från varje vägs mitt. De värden på diameter som användes i beräkningarna var från 1997, då värden saknas för följande år på alla träd utom de som är i stickprovet. Det inverterade värdet för CI (CI_{inv}) användes i de vidare analyserna av korrelationen till tillväxten (Lagergren och Lindroth, 2004).



Figur 3: Buffertzonerna som skapades runt stickvägarna och de träd som är lokaliserade inom dessa. Buffertzonerna är 5 meter breda och sträcker sig 2,5 meter åt vardera håll från vägens mitt. Varje väg är ca 3 meter bred.

För att bättre representera förhållandet efter gallringen inom den gallrade ytan beräknades även ett andra CI där de träd som gallrades 1998 är bortplockade (Lagergren och Lindroth, 2004). Detta har fått benämningen CI_{invA} . Vikterna (a , b och c) på CI_{invA} är desamma som till CI_{inv} för att vara jämförbara.

Konkurrensen mellan olika trädarter ansågs vara lika och ingen skillnad gjordes i beräkningarna för CI. För att motverka undervärdering av CI längs kanterna i området speglades 20 meter av varje kant mot motstående kant eller hörna, enligt kantkorrektur (Monserud och Ek, 1974, Lagergren och Lindroth, 2004), se Figur 4. Vid denna typ av kantkorrektur antas det att de saknade konkurrenterna är liknande de träd som faktiskt finns inom området (Monserud och Ek, 1974). Att inte ta hänsyn till kanteffekter introducerar en stor felkälla i beräkningarna för ett konkurrensindex och de rumsliga analyserna för träden i analysen (Haase, 1995).



Figur 4: Det speglade området som omgärdar ursprungsområdet. I mitten syns de 120 st. stickprovsträden som använts för anpassning av modellerna

I den modell som Lagergren och Lindroth (2004) använde ingick även azimutalriktning. Det visade sig dock inte bidra med några fördelar och användes därför inte i denna studie.

2.2.2 Barrmassa, grundyta och torrsvikt

Barrmassa kan användas på samma vis som CI för att relateras till tillväxten. Beräkningarna är gjorda utifrån biomassafunktionerna från Marklund (1988) och beräknas för gran och tall enligt:

$$NM_{gran} = e^{\left(9.7809 \times \frac{d}{(d+12)} - 0.4873 \times \ln(h) - 1.8551\right)} \quad (2)$$

$$NM_{tall} = e^{\left(12.1095 \times \frac{d}{(d+7)} + 0.0413 \times h - 1.5650 \times \ln(h) - 3.4781\right)} \quad (3)$$

med d för diameter i cm och h för höjd i meter som ingångsvariabler. Mätningarna gjordes 1997.

Grundytetillväxt är ett sätt att uttrycka tillväxten på träd som traditionellt används i många skogliga sammanhang. Grundytan är enkelt uttryckt trädets stamarea vid 1,3 meters höjd över marken och beräknas enligt:

$$GY = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times \pi \quad (4)$$

där d är trädets diameter i cm.

Ett annat sätt att uttrycka tillväxt för träd är i ökningen av torrsvikt, som har stor relevans i kolbudgetsammanhang då den enkelt kan räknas om från torrsvikt till kol med en enkel fixerad faktor. I detta fall har något förenklade modeller använts och har beräknats enligt:

$$Torrsvikt_{gran} = e^{\left(-2.3388 + 11.3264 \times \frac{d}{(d+13)}\right)} \quad (5)$$

$$Torrsvikt_{tall} = e^{\left(-2.0571 + 11.3341 \times \frac{d}{(d+14)}\right)}$$

(6)

där d är diameter för varje träd i cm. Uträkningarna representerar trädens torrsvikt för stam med bark. Ekvationerna är hämtade från Marklund (1988) och precis som för barmassa så skiljer sig beräkningarna något åt mellan trädslagen.

För att undersöka förhållanden mellan de olika modellerna och tillväxten för träden testades modellerna med hjälp av regressionsanalyser. Dessa utfördes för CI_{inv} och NM mot grundytetillväxten (GYT) och tillväxten av torrsvikt. Tillväxten beräknades genom att beräkna skillnaderna i exempelvis GY mellan de olika åren 1998-2003. På så vis blir GYT den ökning GY har haft från 1998 till 2003. Detsamma gjordes även för torrsvikt.

För att få en så bra förklaringsgrad som möjligt för CI testades vikterna för CI (a , b och c) iterativt. Skalan på värdena som testades var för a ; 400 - 1500, b ; 0,9 - 3,1 och för c ; 1,1 - 2. Vikterna bestämdes sedan utifrån bästa r^2 i regressionerna.

Tillväxten för hela ytan för alla träd modellerades sedan med hjälp av konkurrensindexet, CI. Detta gjordes genom att beräkna CI för samtliga träd inom ytorna och sedan använda de linjära regressionerna som erhållits när CI jämförts mot GYT och tillväxten av torrsvikt för träden inom stickprovet. Dessa beräkningar gjordes för tidsintervallen 1998-2000 och 2000-2003 och ger ett värde för storleken på GYT och tillväxten av torrsvikten för varje träd. Sedan summerades detta och beräknades för ytan, t.ex. GY/Ha/tidsperiod. Detta ger en enkel jämförelse på hur stor tillväxten varit i de olika områdena. Detta gjordes för både det ursprungliga CI (CI_{inv}) och för det andra CI ($CI_{inv A}$) som räknades ut för den gallrade ytan. Värdena delades mot tidsperiod för att göra dem mer jämförbara mot de tidigare studier som utförts på beståndet.

3. Resultat

3.1 Regressioner för tidsperioden 1998-2003 för anpassning av CI_{inv}

Parametrarna i CI_{inv} som gav bäst r^2 var $a=750$ (vilket betyder att avståndsfunktionen minskar från 1 till ca 0.1 över 9 meter) (Lagergren och Lindroth, 2004), $b=1.9$ och $c=1.5$. Att CI är inverterat betyder att ett lågt CI_{inv} indikerar en hög konkurrens från omgivande träd. De parametrar som användes av Lagergren och Lindroth (2004) ($a=750$, $b=1,2$ och $c=1,1$) testades och gav sämre förklaringsgrad.

3.1.1 Grundytetillväxt mellan 1998-2003

Tabell 1 visar de olika värden som erhöles vid regressionsanalys för stickprovsträden mot tillväxt i GY över åren 1998-2003. För regressionerna med alla träd ligger r^2 för NM något högre och verkar beskriva tillväxten av GY något bättre än CI_{inv} . Speciellt märkbar skillnad verkar det vara för Ogallrad Tall där r^2 för NM ligger på 0.66 mot det för CI_{inv} , som är 0.29.

Tabell 1Resultat av linjär regression i form av $y=mx+b$, där y är tillväxten av GY för stickprovsträden ($n=118$)^a

Tillväxt GYT 1998-2003	x	Alla träd				Träd inom buffert exkluderade			
		m	b	r^2	n	m	b	r^2	n
Ogallrad Gran	NM	4,02	-0,06	0,55	19	5,99	-18,04	0,73	14
	CI_{inv}	0,23	26,23	0,51	19	0,48	3,02	0,88	14
Ogallrad Tall	NM	9,65	-14,52	0,66	20	9,48	-14,71	0,70	15
	CI_{inv}	0,12	22,77	0,29	20	0,15	15,94	0,45	15
Gallrad Gran	NM	2,87	6,69	0,67	40	3,72	-4,31	0,88	26
	CI_{inv}	0,16	28,90	0,49	40	0,24	18,46	0,80	26
	$CI_{inv A}$	0,17	21,63	0,68	40	0,21	15,67	0,86	26
Gallrad Tall	NM	8,72	10,27	0,68	39	10,75	-4,80	0,77	21
	CI_{inv}	0,13	40,00	0,44	39	0,24	17,15	0,68	21
	$CI_{inv A}$	0,15	30,45	0,60	39	0,20	15,75	0,77	21

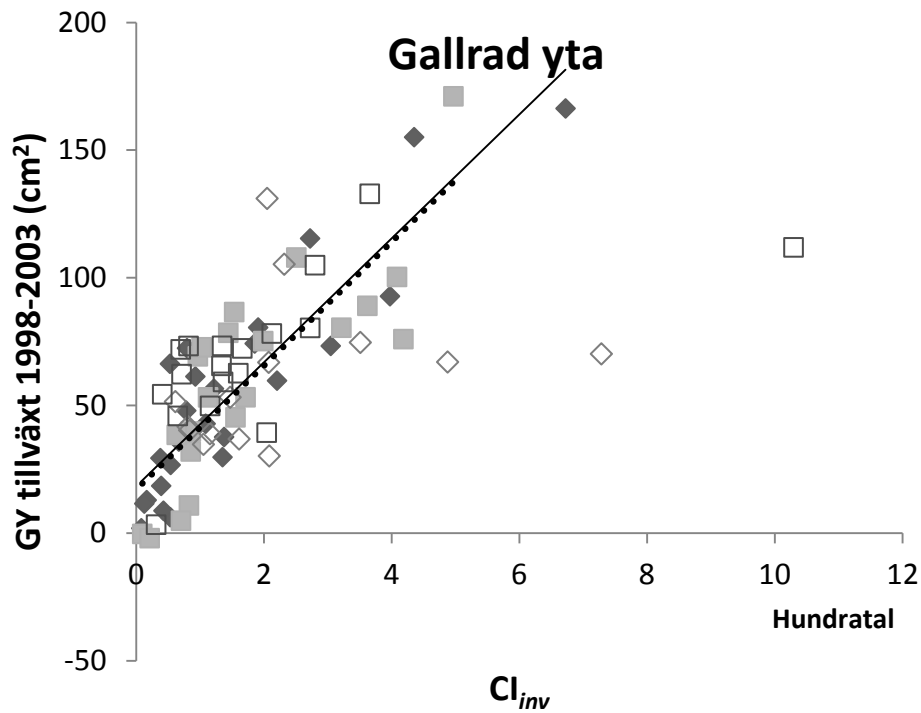
^a, x är variablerna NM, CI_{inv} och $CI_{inv A}$, och m och b är räta linjens konstanter och n är antalet observationer. "Alla träd" är regressioner utförda med alla träden i stickprovet och "Träd inom buffert exkluderade" är regressioner där träden inom buffertzonen till stickvägarna är exkluderade från beräkningarna. Värdena i tabellen är för åren 1998-2003.

För ogallrad gran verkar modellen för CI_{inv} beskriva tillväxten ungefär likvärdigt med NM med 0.04 i skillnad mellan modellerna. För den gallrade ytan syns skillnaden mellan de två olika CI tydligt för gran, medan $CI_{inv A}$ för tall inte verkar göra lika stor skillnad. När träden inom buffertzonen runt stickvägarna exkluderas syns det tydliga skillnader på modellerna med kraftigt höjda värden på r^2 för båda modellerna. Att värdet på CI_{inv} för tallen i det ogallrade området är så pass lågt som 0.45 bör dock noteras.

R^2 från regressionerna i Tabell 1 ligger något under de som Lagergren och Lindroth (2004) kom fram till för tidsperioden 1999-2000. I deras fall var det generellt gran som hade lägre förklaringsgrad jämfört mot tall i denna studie. Lagergren och Lindroth (2004) hade dock inkluderat gröna kronans längd i beräkningarna av NM, vilket kan ha gett säkrare värden.

I Figur 5 återfinns regressionerna för det gallrade området mot CI_{inv} . Det är tydligt att det förekommer vissa outliers. Det mest extrema värdet återfinns för en tall inom buffertzonen för stickvägarna. När detta värde inkluderas i analysen är det logiskt att anta att detta kommer påverka negativt på förklaringsgraden av modellen. Det syns också tydligt att många av de träd som ligger inom buffertzonen verkar korrelera bra med övriga träd i regressionen. Man kan anta att påverkan från vägarna inte är lika stor över hela området.

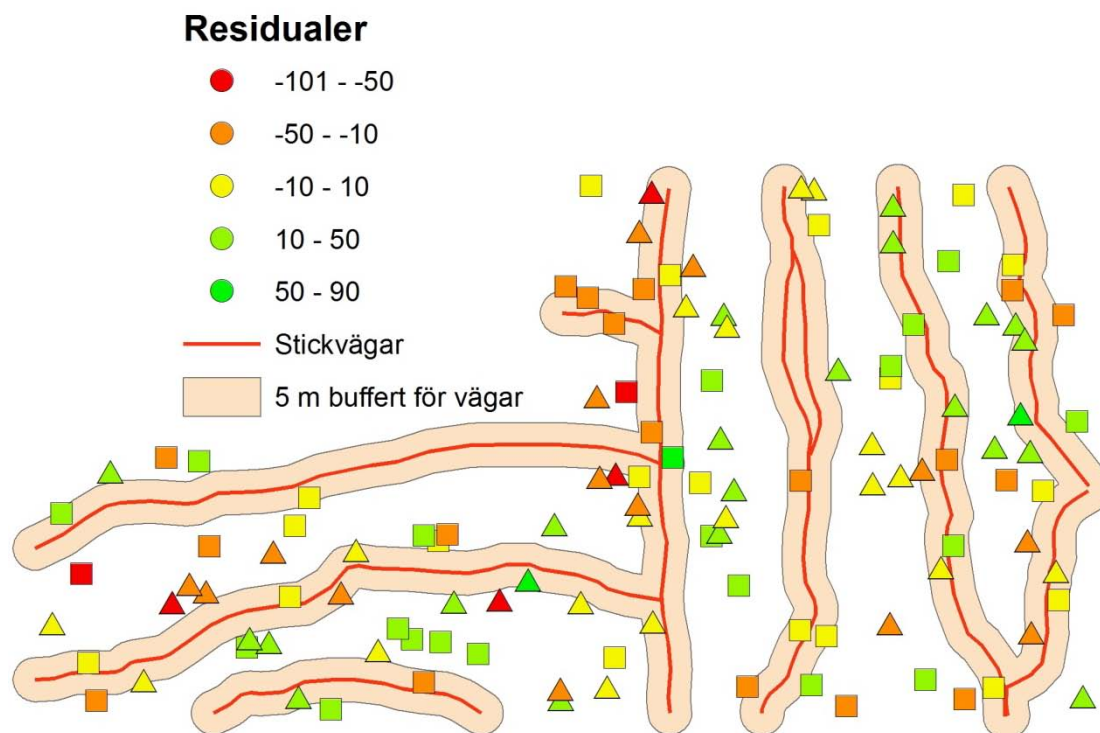
Vad som också bör noteras i Figur 6 är att gran och tall i stort sett faller på samma linje. Det vill säga att förhållandet mellan konkurrens och grundtillväxt inom detta område är ungefär detsamma för de två olika arterna.



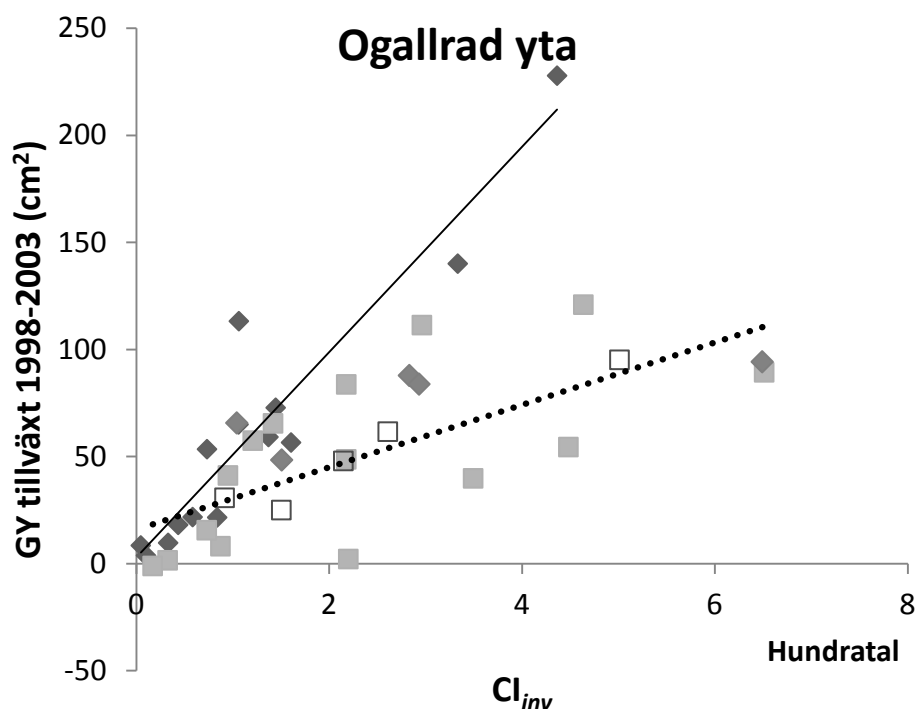
Figur 5: Regression av CI_{inv} mot tillväxt av GY för tidsperioden 1998-2003. Värdena är från den gallrade ytan. Kvadrater är tallar och snedställda kvadrater är granar. Ofyllda punkter motsvarar de träd som återfinns inom buffertzoner och är ej inkluderade i regressionerna som visas i figuren. Den heldragna linjen är regression för gran, den punktformade för tall. Regressionen är i form av $y=mx+b$.

I Figur 6 har residualerna mellan de modellerade värdena på GYT och de uppmätta värdena på GYT illustrerats i förhållande till de stickvägar som finns i området. Från figuren går det att utläsa att det för vissa träd finns stora avvikelser för de modellerade värdena. Det går också att urskilja viss skillnad i tillväxt för olika områden. Eventuellt skulle detta kunna bero på skillnader i produktionspotentialen för de specifika platserna.

För det ogallrade området verkar det förekomma lägre tillväxt i förhållande till konkurrensen för tall (se Figur 7). Lutningen på kurvan indikerar att tillväxten för tall är lägre än den för gran. Dock är r^2 så pass lågt att detta mycket väl är en missvisande indikator.

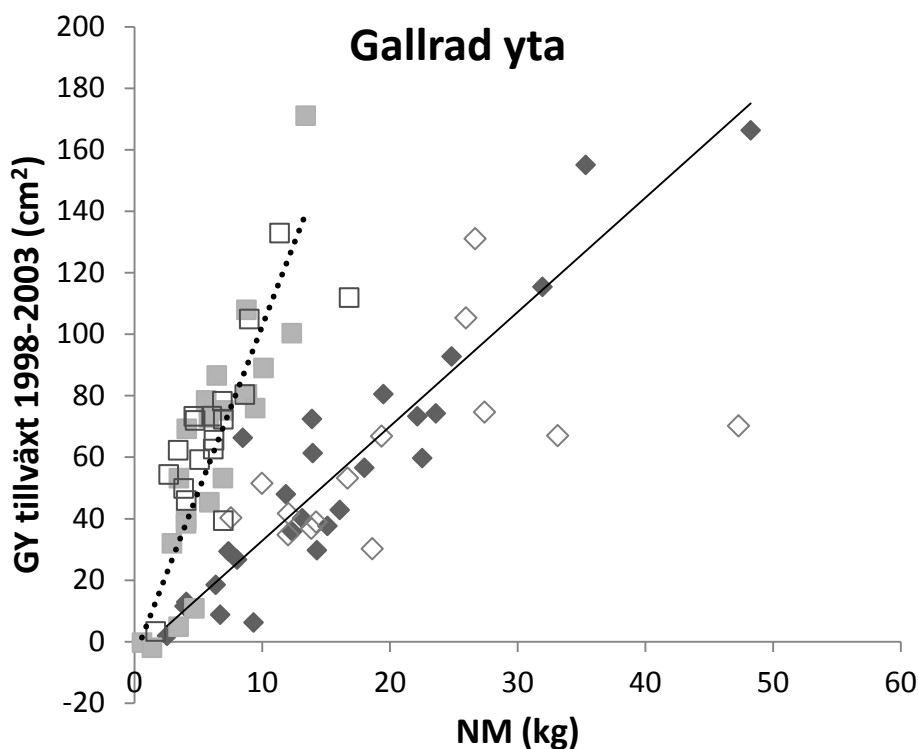


Figur 6: Bilden visar residualerna för det modellerade värdet på GYT mot det uppmätta värdena, tidsperioden är 1998-2003. Trianglar representerar granar medan kvadrater representerar tallar. Skalan går från rött till grönt, med gult som nära, eller ingen skillnad. Rött betyder att det uppmätta värdet är högre än det modellerade, grönt betyder att det modellerade värdet är högre än det uppmätta. Bilden illustrerar också stickvägarna i området med de buffertzoner på 5 meter som bestämts.

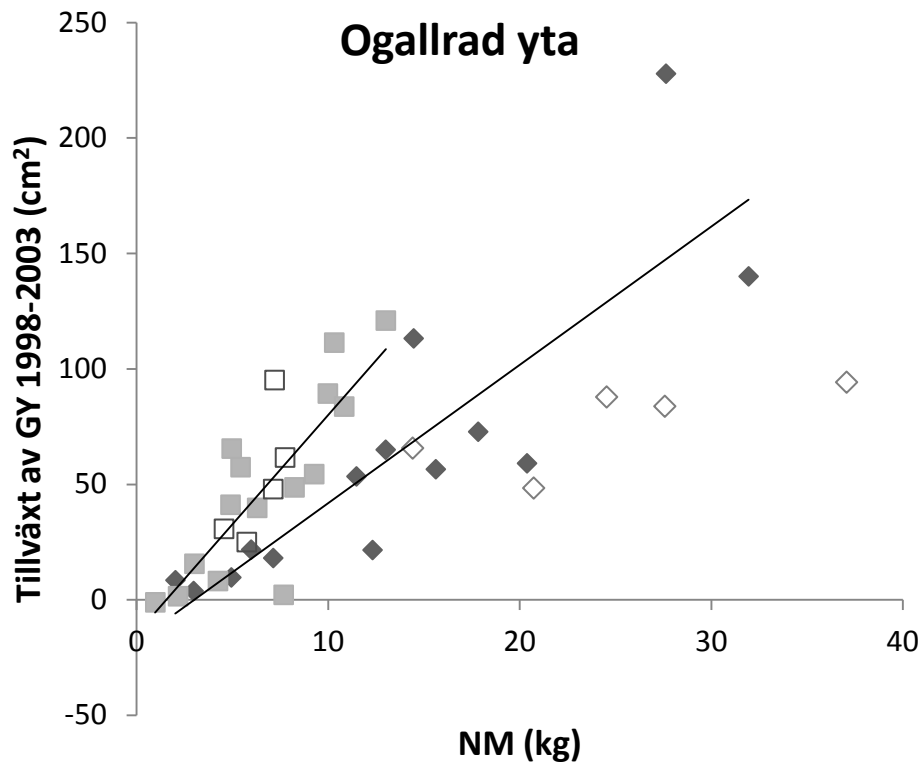


Figur 7: Regression av Cl_{inv} mot tillväxt av GY för tidsperioden 1998-2003. Värdena är från den ogallrade ytan. Kvadrater är tallar och snedställda kvadrater är granar. Ofyllda punkter motsvarar de träd som återfinns inom buffertzoner och är ej inkluderade i regressionerna som visas i figuren. Den heldragna linjen är regression för gran, den punktformade för tall. Regressionen är i form av $y=mx+b$.

Förhållandet mellan GYT och NM illustreras i Figur 8 och 9. Det syns en klar skillnad mellan gran och tall i detta förhållande. Tallen växer lika bra som granen fast barmassan är betydligt lägre. I Figur 8 kan en tydlig avvikelse från övriga träd ses för en gran inom buffertzoner. Trädet har en tillväxt av GY på ca 80 cm² med ett värde på NM på ca 48 kg. Enligt regressionsanalysen borde trädets tillväxt av GY, med det värdet på NM, ligga runt 180 cm². Skulle tillväxten vara korrekt borde trädets NM ligga på ca 20 kg. Med tanke på att trädet ligger inom buffertzoner kan avvikelsen mycket väl vara uppkommen på grund av en skada på trädet. Det är troligt att det handlar om en gran med en kraftig stam vars rötter skadats vid körning på stickvägarna.



Figur 8: Regression av NM mot tillväxt av GY för tidsperioden 1998-2003. Värdena är från den gallrade ytan. Kvadrater är tallar och snedställda kvadrater är granar. Ofyllda punkter motsvarar de träd som återfinns inom buffertzoner och är ej inkluderade i regressionerna som visas i figuren. Den heldragna linjen är regression för gran, den punktformade för tall. Regressionen är i form av $y=mx+b$.



Figur 9: Regression av NM mot tillväxt av GY för tidsperioden 1998-2003. Värdena är från den ogallrade ytan. Kvadrater är tallar och snedställda kvadrater är granar. Ofyllda punkter motsvarar de träd som återfinns inom buffertzoner och är ej inkluderade i regressionerna som visas i figuren. Den heldragna linjen är regression för gran, den punktformade för tall. Regressionen är i form av $y=mx+b$.

3.1.2 Tillväxt av torrsvikt mellan åren 1998-2003

Tabell 2 visar regressionernas resultat för stickprovsträden mot ökningen i torrsvikten över åren 1998-2003. Jämfört mot GYT för samma tidsperiod är r^2 generellt högre och modellerna verkar förklara variationen något bättre för torrsvikten. För ogallrad tall blir dock r^2 lägre när träden inom buffertzonerna exkluderas. För gran verkar träden inom buffertzonerna påverkas mest med stora variationer för r^2 mellan regressioner med och utan träden inom buffertzonerna. Mest noterbart är det för gran i det ogallrade området som har en förklaringsgrad på 0.54 mot CI_{inv} för alla träden mot 0.91 när träden nära stickvägarna exkluderas. Även här visas en klar förbättring av r^2 när tillväxten testas mot $CI_{inv A}$. Skillnaderna är dock inte lika märkbara när träden inom buffertzonerna exkluderas.

Tabell 2

Resultat av linjär regression i form av $y=mx+b$, där y är tillväxten av torrsvikt för stickprovsträden ($n=118$)^a

Tillväxt Torrsvikt 1998-2003	x	Alla träd				Träd inom buffert exkluderade			
		m	b	r^2	n	m	b	r^2	n
Ogallrad Gran	NM	1,84	-3,77	0,58	19	2,71	-11,56	0,75	14
	CI _{inv}	0,11	8,19	0,54	19	0,22	-2,16	0,91	14
Ogallrad Tall	NM	3,54	-6,54	0,67	20	3,46	-6,41	0,72	15
	CI _{inv}	0,06	4,41	0,53	20	0,05	4,57	0,48	15
Gallrad Gran	NM	1,39	-1,07	0,73	40	1,73	-5,30	0,91	26
	CI _{inv}	0,08	9,55	0,55	40	0,11	5,39	0,83	26
	CI _{inv A}	0,08	6,31	0,74	40	0,10	4,13	0,88	26
Gallrad Tall	NM	3,41	1,28	0,71	39	4,19	-3,82	0,79	21
	CI _{inv}	0,05	12,91	0,46	39	0,09	4,71	0,70	21
	CI _{inv A}	0,06	9,18	0,63	39	0,08	4,18	0,79	21

^a, x är variablerna NM, CI_{inv} och CI_{inv A}, och m och b är räta linjens konstanter och n är antalet observationer. "Alla träd" är regressioner utförda med alla träden i stickprovet och "Träd inom buffert exkluderade" är regressioner där träden inom buffertzonen till stickvägarna är exkluderade från beräkningarna. Värdena i tabellen är för åren 1998-2003.

3.2 Uppskalning till beståndstillväxt

Regressionsanalyser utfördes sedan för olika tidsperioder för att skapa värden att använda vid uppskalning av tillväxten över hela området. Följande tabeller (Tabell 3 till 6) visar regressionerna mellan tidsperioderna 1998-2000 och 2000-2003.

3.2.1 Regressioner för olika tidsperioder

För grundtytillväxten mellan åren 1998-2000 (Tabell 3) var r^2 - värdena lika dem för hela tidsperioden (1998-2003). Största skillnaden var för tallen i referensytan, där r^2 för CI_{inv} var 0.50 mot 0.29. För torrsvikten på träden verkar r^2 ligga något högre när alla träden är inkluderade jämfört mot GY. För den gallrade tallen var det stor variation mellan modellerna när alla träden inkluderades. Tydligt var att CI_{inv A} förbättrar r^2 avsevärt. Liknande resultat syns i alla regressioner för den gallrade ytan.

För tillväxten på torrsvikt är resultaten (Tabell 4) väldigt lika dem för grundtyta. Det är fortfarande CI_{inv} som ger den sämsta förklaringen när alla träd granskas. Barmassan ger den bästa förklaringen när alla träd granskas, men med buffertträd exkluderade blir CI_{inv} och CI_{inv A} något bättre. Undantaget är tall i referensområdet som återigen för ett sämre värde på CI_{inv}.

Tabell 3Resultat av linjär regression i form av $y=mx+b$, där y är tillväxten av GY för stickprovsträden ($n=118$)^a

Tillväxt GYT 1998-2000	x	Alla träd				Träd inom buffert exkluderade			
		m	b	r^2	n	m	b	r^2	n
Ogallrad gran	NM	1,42	0,12	0,55	19	2,09	-5,91	0,71	14
	CI _{inv}	0,08	9,23	0,52	19	0,17	1,31	0,87	14
Ogallrad tall	NM	3,47	-4,90	0,68	20	3,41	-4,98	0,72	15
	CI _{inv}	0,05	6,04	0,50	20	0,05	6,34	0,44	15
Gallrad gran	NM	0,86	3,11	0,65	40	1,09	0,29	0,84	26
	CI _{inv}	0,05	9,94	0,46	40	0,07	7,20	0,73	26
	CI _{inv A}	0,05	7,87	0,63	40	0,06	6,44	0,78	26
Gallrad tall	NM	3,41	2,03	0,70	39	4,07	-3,29	0,77	21
	CI _{inv}	0,05	13,42	0,48	39	0,09	4,52	0,73	21
	CI _{inv A}	0,06	9,74	0,64	39	0,08	3,85	0,84	21

^a, x är variablerna NM, CI_{inv} och CI_{inv A}, och m och b är räta linjens konstanter och n är antalet observationer. "Alla träd" är regressioner utförda med alla träden i stickprovet och "Träd inom buffert exkluderade" är regressioner där träden inom buffertzonerna till stickvägarna är exkluderade från beräkningarna.

Tabell 4Resultat av linjär regression i form av $y=mx+b$, där y är torrvikten för stickprovsträden ($n=118$)^a

Tillväxt Torrvikt 1998-2000	x	Alla träd				Träd inom buffert exkluderade			
		m	b	r^2	n	m	b	r^2	n
Ogallrad gran	NM	0,75	-1,61	0,59	19	1,07	-4,46	0,73	14
	CI _{inv}	0,04	3,14	0,57	19	0,09	-0,82	0,90	14
Ogallrad tall	NM	1,56	-2,81	0,71	20	1,53	-2,76	0,75	15
	CI _{inv}	0,02	2,09	0,52	20	0,02	2,29	0,47	15
Gallrad gran	NM	0,47	-0,08	0,71	40	0,58	-1,37	0,89	26
	CI _{inv}	0,03	3,60	0,52	40	0,04	2,28	0,79	26
	CI _{inv A}	0,03	2,54	0,69	40	0,03	1,90	0,83	26
Gallrad tall	NM	1,58	-0,29	0,74	39	1,85	-2,39	0,80	21
	CI _{inv}	0,02	4,95	0,51	39	0,04	1,13	0,77	21
	CI _{inv A}	0,03	3,28	0,67	39	0,04	0,87	0,87	21

^a, x är variablerna NM, CI_{inv} och CI_{inv A}, och m och b är räta linjens konstanter och n är antalet observationer. "Alla träd" är regressioner utförda med alla träden i stickprovet och "Träd inom buffert exkluderade" är regressioner där träden inom buffertzonerna till stickvägarna är exkluderade från beräkningarna.

Regressioner för tillväxten mellan åren 2000-2003 (Tabell 5 och Tabell 6) gav ett liknande resultat för åren 1998-2000. NM är fortfarande den modell som ger generellt bäst r^2 när alla träd är inräknade, med undantag för gallrad gran där CI_{inv A} är något

bättre. Det är tydligt att CI_{inv} för den gallrade tallen är den sämsta modellen med lägst förklaringsgrad.

Tabell 5

Resultat av linjär regression i form av $y=mx+b$, där y är torrvikten för stickprovsträden ($n=118$)^a

Tillväxt GY 2000-2003	x	Alla träd				Träd inom buffert exkluderade			
		m	b	r^2	n	m	b	r^2	n
Ogallrad gran	NM	2,07	-0,12	0,54	19	3,17	-10,26	0,75	14
	CI_{inv}	0,12	13,73	0,48	19	0,25	1,07	0,90	14
Ogallrad tall	NM	4,40	-6,96	0,60	20	4,30	-6,98	0,66	15
	CI_{inv}	0,07	5,55	0,52	20	0,07	6,31	0,45	15
Gallrad gran	NM	1,52	4,86	0,57	40	2,19	-3,05	0,87	26
	CI_{inv}	0,09	16,16	0,51	40	0,14	10,35	0,80	26
	CI_{invA}	0,10	11,90	0,70	40	0,12	8,58	0,87	26
Gallrad tall	NM	3,97	6,77	0,56	39	5,16	-0,67	0,66	21
	CI_{inv}	0,06	20,67	0,34	39	0,11	10,58	0,55	21
	CI_{invA}	0,07	16,08	0,49	39	0,09	9,78	0,63	21

^a, x är variablerna NM, CI_{inv} och CI_{invA} , och m och b är räta linjens konstanter och n är antalet observationer. "Alla träd" är regressioner utförda med alla träden i stickprovet och "Träd inom buffert exkluderade" är regressioner där träden inom buffertzonerna till stickvägarna är exkluderade från beräkningarna.

Tabell 6

Resultat av linjär regression i form av $y=mx+b$, där y är torrvikten för stickprovsträden ($n=118$)^a

Tillväxt Torrvikt 2000-2003	x	Alla träd				Träd inom buffert exkluderade			
		m	b	r^2	n	m	b	r^2	n
Ogallrad gran	NM	1,09	-2,16	0,57	19	1,63	-7,10	0,76	14
	CI_{inv}	0,06	5,05	0,52	19	0,13	-1,34	0,92	14
Ogallrad tall	NM	1,98	-3,73	0,63	20	1,93	-3,65	0,69	15
	CI_{inv}	0,03	1,88	0,55	20	0,03	2,29	0,48	15
Gallrad gran	NM	0,91	-0,99	0,73	40	1,15	-3,93	0,91	26
	CI_{inv}	0,05	5,94	0,55	40	0,08	3,11	0,83	26
	CI_{invA}	0,05	3,77	0,74	40	0,06	2,24	0,90	26
Gallrad tall	NM	1,84	1,58	0,63	39	1,15	-3,93	0,91	21
	CI_{inv}	0,03	7,96	0,39	39	0,05	3,58	0,61	21
	CI_{invA}	0,03	5,90	0,54	39	0,04	3,31	0,68	21

^a, x är variablerna NM, CI_{inv} och CI_{invA} , och m och b är räta linjens konstanter och n är antalet observationer. "Alla träd" är regressioner utförda med alla träden i stickprovet och "Träd inom buffert exkluderade" är regressioner där träden inom buffertzonerna till stickvägarna är exkluderade från beräkningarna.

3.2.2 Uppskalad tillväxt i GY och torrsvikt

Områdets medeltillväxt av GY och torrsvikt beräknades med hjälp av regressionsanalyserna i Tabell 3-6. Uppskalning av tillväxten gjordes mot CI_{inv} och $CI_{inv A}$ för alla träd under tidsperioderna 1998-2000 och 2000-2003 och återfinns i Tabell 7 och Tabell 8. Tillväxten för GY återges i $m^2/ha/år$ och den för torrsvikt i $kg/ha/år$. Mellan 1998-2000 var GYT (Tabell 7) för de olika arterna och områdena ganska jämn. Tallen hade den högsta tillväxten med $0,35 m^2/ha/år$ för den gallrade ytan och $0,37 m^2/ha/år$ för den ogallrade ytan. För granen är dock den gallrade ytan den som växer sämst, sett till ökning i GY. Resultaten är liknande de Lagergren (2001) hade för samma tidsperiod. Det som skiljer mest är tall inom referensytan där resultatet i denna studien ligger $0,12 m^2/ha/år$ lägre än det för Lagergren (2001).

Tabell 7

Värden för GYT ($m^2/ha/år$) efter uppskalning mot CI_{inv} ^a

Uppskalad GYT							
1998-2000					GYT/ m^2	GYT	
x	m	b	r^2	n	Sum.	Area ha	($m^2/ha/år$)
CI_{inv} Ogal. Gran	0,08	9,23	0,52	224	0,45	0,72	0,31
CI_{inv} Ogal. Tall	0,05	6,04	0,50	367	0,51	0,72	0,35
$CI_{inv A}$ Gal. Gran	0,05	7,87	0,63	403	0,66	1,44	0,23
$CI_{inv A}$ Gal. Tall	0,06	9,74	0,64	528	1,07	1,44	0,37
2000-2003							
CI_{inv} Ogal. Gran	0,12	13,73	0,48	224	0,65	0,72	0,30
CI_{inv} Ogal. Tall	0,07	5,55	0,52	367	0,60	0,72	0,28
$CI_{inv A}$ Gal. Gran	0,10	11,90	0,70	402	1,18	1,44	0,27
$CI_{inv A}$ Gal. Tall	0,07	16,08	0,49	528	1,49	1,44	0,34

^a, x är vad GYT skalades upp mot, m och b är räta linjens konstanter och n är antalet observationer. GYT ($m^2/ha/år$) är medelvärdet av tillväxten för GY i m^2 mellan åren 1998-2000 och 2000-2003.

För bästa resultat för den gallrade ytan användes $CI_{inv A}$ i beräkningarna för uppskalning.

Det förväntade resultatet var att den gallrade ytan skulle ha något lägre tillväxt under den första tidsperioden, med tanke på gallringen som skedde under 1998 (Lagergren, 2001). Mellan 2000-2003 har den gallrade ytan en något högre tillväxt för tall, medan gran fortfarande hade en något lägre tillväxt. Tillväxt för liknande områden har tidigare beräknats av Eriksson (1976) och Persson (1992). Dessa gjordes dock för artspecifika bestånd och för gran låg tillväxten på $0,9 m^2/ha/år$ (Eriksson, 1976) och för tall $0,8 m^2/ha/år$ (Persson, 1992). Resultaten i denna studie ligger dock något lägre än de som presenteras i dessa arbeten.

Tabell 8Värden för tillväxt av torrsvikt mot CI_{inv}^a

Tillväxt torrsvikt					Torrsvikt		Torrsvikt
1998-2000					Sum.	Area ha	(kg/ha/år)
x	m	b	r^2	n			
CI_{inv} Ogal. Gran	0,04	3,14	0,57	224	1978	0,72	1374
CI_{inv} Ogal. Tall	0,02	2,09	0,52	367	2068	0,72	1436
CI_{invA} Gal. Gran	0,03	2,54	0,69	403	2919	1,44	1014
CI_{invA} Gal. Tall	0,03	3,28	0,67	528	4315	1,44	1498
2000-2003							
CI_{inv} Ogal. Gran	0,06	5,05	0,52	224	2935	0,72	1359
CI_{inv} Ogal. Tall	0,03	1,88	0,55	367	2477	0,72	1147
CI_{invA} Gal. Gran	0,05	3,77	0,74	402	5291	1,44	1225
CI_{invA} Gal. Tall	0,03	5,90	0,54	528	6059	1,44	1403

^a, x är vad tillväxten av torrsvikt skalades upp mot, m och b är räta linjens konstanter och n är antalet observationer. Torrsvikt/ha/år är medelvärdet av tillväxten för torrsvikten mellan åren 1998-2000 och 2000-2003.

Tillväxten i torrsvikt är uttryckt i kg/ha/år och återfinns i Tabell 8. Fördelningen ser väldigt lik ut den för GYT, med den gallrade tallen som den som växer mest. Även här har den gallrade granen en ökning i tillväxt för den andra tidsperioden. I både fallet med GYT och för torrsvikt har tallen i det ogallrade området en minskning i tillväxt mellan tidsperioderna.

Resultaten är jämförbara mot de Ågren (2005) presenterat, där tall har en tillväxt efter gallringsreaktionen än gran.

Tillväxten för områdena, utan att särskilja mellan art, återfinns i Tabell 9 och 10. När GYT (Tabell 9) studeras syns det att den ogallrade ytan har en högre tillväxt under första tidsperioden men att den sjunker något under den andra tidsperioden. För den gallrade ytan är det dock omvänt, med ökad tillväxt under andra tidsperioden. Gallrad yta har då också en högre tillväxt jämfört mot ogallrad yta.

Tabell 9Tillväxten av GY för ogallrad respektive gallrad yta^a

GYT	1998-2000	2000-2003
Ogallrad	0,66	0,58
Gallrad	0,60	0,62

^a, tabellen är uppdelad i de två olika tidsperioderna och visar tall och gran hopslaget.

För torrvikten (Tabell 10) är resultaten likt det för GYT. Den gallrade ytan har en lägre tillväxt under den första tidsperioden jämfört mot ogallrad yta. För den andra tidsperioden har tillväxten ökat något för den gallrade ytan, medan tillväxten för ogallrad har minskat något. Detta leder till att gallrad ytan har den högsta tillväxten under andra tidsperioden.

Tabell 10

Tillväxten av torrsvikt för ogallrad respektive gallrad yta^a

Tillväxt torrsvikt	1998-2000	2000-2003
Ogallrad	2810	2506
Gallrad	2512	2627

^a, tabellen är uppdelad i de två olika tidsperioderna och visar tall och gran hopslaget.

4. Diskussion

Precis som för Lagergren och Lindroth (2004) märktes en större spridning i tillväxt för träd nära stickvägar. Granen i synnerhet verkar missgynnas av detta störningsmoment med kraftigt minskade r^2 -värden och sämre tillväxt. Att tallen inte påverkas lika negativt kan vara en orsak av olika rotsystem. Granen har grundare rotsystem som breder ut sig ytligt, medan tallen ofta går djupare med en pålrot för att nå djupare lager (Lagergren, 2001). För tallen som växte nära vägarna var det i några fall omvända resultat med ökad tillväxt. Detta kan vara en indikation på minskad konkurrens från omgivande träd, exempelvis en skadad gran, eller att trädet tack vare en öppnad yta nu kan breda ut sig. Att granen har lägre tillväxt kan också vara en indikation på skadade rötter. Stora förluster i tillväxt kan förväntas om trädets rötter helt har körts av (Walentin, 2006-01-10). En annan orsak kan vara att buffertzonerna är en för stor generalisering. Det är möjligt att många av de träd som exkluderas genom att hamna inom buffertzonerna inte uppvisar några kriterier för att exkluderas. En mer direkt bortplockning av värden kanske hade varit att föredra.

Generellt för hela studien var NM den modell som gav bäst förklaringsgrad för tillväxt. I de flesta fall var skillnaderna stora mellan NM och CI_{inv} för den gallrade ytan, men när $CI_{inv A}$ jämfördes istället var skillnaderna mindre och i vissa fall även till fördel för $CI_{inv A}$. Detta skiljer sig något mot vad Lagergren och Lindroth (2004) presenterade. I deras fall var CI_{inv} och $CI_{inv A}$ generellt den bästa modellen. NM valdes i deras modell för att det visat sig ha stor korrelation mot savflöde. Det finns andra fall där NM utvärderats som bas för tillväxt. Vanninen och Mäkelä (2000) gjorde ett test där NM användes som modell för tillväxten av stamved som visade att NM var en bra indikator på tillväxt.

Trots att CI_{inv} och $CI_{inv A}$ visar något mindre förklaringsgrad jämfört mot NM kan det finnas vissa fördelar med att använda ett konkurrensindex. I beräkningar för NM krävs varje trädets höjd vilket är ett ganska tidskrävande arbete. När CI används för att skala upp tillväxt över ett bestånd krävs det en initial mätning av trädets diameter. Detta ligger sedan till grund för kommande beräkningar. Det CI som användes i denna studie var också avståndsberoende, ett så kallat avståndsviktat konkurrensindex, vilket

kräver att samtliga träd koordinatsätts. När detta väl är gjort är det dock enkelt att, som i fallet i studien, skala upp tillväxten över hela ytan även efter en gallring. Att beräkna modellen kan vara relativt beräkningstungt och tidskrävande, men när modellen väl är klar är det enkelt att exkludera de träd som antingen självdör eller gallras. Det finns dock studier som påvisar att det inte finns självklara fördelar med att använda ett avståndsviktat konkurrensindex (Tomé et al., 1989). Dessutom beräknas endast konkurrens ovan jord, vilket kan ge en skev bild av den egentliga konkurrensen (Biging och Dobbertin, 1992, Ledermann och Stage, 2001).

De beräkningar som skalar upp tillväxten genererar ett medelvärde för en tidsperiod, 1998-2000 och 2000-2003. När NM utvärderas finns där en skillnad mellan de olika arterna. Granens barr har en omsättningstid på 5-10 år medan tall har en mycket kortare tid med 2-5 år. Detta skulle kunna innebära att tallen snabbare kan utveckla en större bladyta för att ta tillvara på det ökade solljuset efter en gallring, men att granen med sin större bladyta mer direkt är redo att ta tillvara på ljuset. Men med tanke på att NM inte har mätts direkt (Lagergren och Lindroth, 2004) utan beräknats utifrån höjd och diameter (Marklund, 1988) i fasta ekvationer, ges istället ett fast värde för NM. Dessutom användes en förenklad version av de ekvationer som Marklund (1988) presenterat. I de mer avancerade ekvationerna krävs även den gröna kronans längd. Skulle dessa ekvationer använts istället, kunde det förväntade resultatet gett en än bättre förklaringsgrad.

För en mer korrekt analys av tillväxten över hela tidsperioden borde beräkningarna gjorts mellan varje år. Resultaten i studien är därför något ofullständiga och ger istället ett medelvärde för olika tidsperioder. Detta kan uppge missvisande resultat, då det är omöjligt att avgöra stora skillnader mellan år. Som Lagergren och Lindroth (2004) påpekar förekom ett torrt år 1999, med något minskad tillväxt. Liknade episoder kan mycket väl ha inträffat under resterande år i studien. Detta har alltså inte tagits hänsyn till och ändrad tillväxt för ett kortare spektrum går inte att utläsa ur resultaten. Något som också saknas i denna studie är regressionsanalyser mot diameter. Detta är något som utslöts på grund av tidsbrist men som skulle varit ett intressant tillskott för jämförelser mot de resultat Lagergren och Lindroth (2004) presenterat.

Enligt Auclair (1983) finns där en fördel att använda sig av blandbestånd jämfört mot ett bestånd med enbart en art. Det kan ge en ökad produktion med högre avkastning. De värden som Eriksson (1976) publicerat för gran visar på en produktion på 0,9 m²/ha/år för ett bestånd på liknande mark och av liknande ålder. För tall har Persson (1992) publicerat värden på 0,8 m²/ha/år. Båda dessa resultat ligger över de resultat som uppnåtts i denna studie (Tabell 7).

Något som är intressant att anmärka är att tillväxten i den gallrade ytan inte riktigt följer de förväntade resultaten. En gallrad yta förväntas ha en något mindre tillväxt än en ogallrad, liknande yta. Resultatet i denna studie säger dock att tall, för GYT, har 19% högre tillväxt under första tidsperioden (1998-2000) för den gallrade ytan jämfört mot den ogallrade. Under den andra tidsperioden (2000-2003) är värdet 21% högre för det gallrade området. Lagergren (2001) skriver att det är mer väntat att gran är mindre känslig för gallring och att man bör förvänta sig en liknande tillväxt i det gallrade området jämfört mot det ogallrade. Resultatet säger dock att granen har 25%

mindre tillväxt av GY i det gallrade området för första tidsperioden och 10% för den andra.

Att det inte syns några direkta fördelar i tillväxt för den gallrade ytan kan bero på trädens sätt att reagera på den öppnare ytan. Det är möjligt att träden helt enkelt satsar på att utnyttja den nya yta som beretts och lägger sin energi på att bredda sina kronor. Detta skulle med andra ord inte synas i de tillväxtindex som beräknats i denna studie.

Kantkorrektion som använts i denna studie är något förenklad version mot de som beskrivs (Monserud och Ek, 1974). Dessutom är den yta som speglats 20 meter bred och vid det gallrade området plockades alla gallrade träd bort, även de som låg utanför den 10 meter breda kant som faktiskt gallrades runt studieområdets gallrade del. Dessutom är en del av den speglade ytan hämtad från det ogallrade området. Detta introducerar självklart ett visst systematiskt fel i analysen.

Vid uppskalningsberäkningarna hade det varit att föredra att göra beräkningarna uppdelat för varje år, för att lättare jämföra mot tidigare data och även mot andra områden. I de jämförelser som gjorts av GYT i denna studie mot de som Lagergren och Lindroth (2004) presenterade, låg värdena för denna studies första tidsperiod relativt nära det medelvärde som presenterades för tidsperioden. Det skulle alltså varit värdefullt att studera följande år separat och enbart som ett medelvärde.

5. Slutsatser

NM var den variabel som beskrev tillväxten bäst när alla träd undersöktes. Exkluderas träden inom buffertzoner får dock de beräknade konkurrensindexen en lika bra förklaringsgrad. $CI_{inv A}$ var det konkurrensindex som hade bäst förklaringsgrad för den gallrade ytan med nästan lika bra värden som NM. Träffsäkerheten för CI_{inv} och $CI_{inv A}$ var något lägre än i tidigare studier på området.

Det är tydligt att stickvägar har en påverkan på resultatet. I de flesta fall var detta av negativ karaktär. Det är alltså viktigt att ta detta i åtanke när tillväxtsanalyser utförs på gallrade ytor.

Tillväxten i det gallrade området skiljer sig något mot de förväntade resultaten. Tall verkar gynnas och har en högre tillväxt i det gallrade området för både GYT och tillväxt i torrsvikt. För gran är det dock en minskning i tillväxt för båda modellerna. Görs ingen skillnad på art inom områdena har det gallrade området en högre tillväxt under andra tidsperioden jämfört mot det ogallrade området.

6. Referenser

- Agestam, E. 1985: *En produktionsmodell för blandbestånd av tall, gran och björk i Sverige : A growth simulator for mixed stands of pine, spruce and birch in Sweden*, Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, 0348-7636 ; 15, Garpenberg, 150 pp.
- Albrektson, A., 1984. Sapwood Basal Area and Needle Mass of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Trees in Central Sweden. *Forestry*, 57, 35-43.
doi:10.1093/forestry/57.1.35
- Auclair, D., 1983. 'Natural' mixed forests and 'artificial' monospecific forests. In. *Disturbance and ecosystems : components of response*, Ed. H.A. Mooney and M. Gordon. Springer-Verlag, Berlin, pp. 71-82.
- Biging, G. S. och Dobbertin, M., 1992. A Comparison of Distance-Dependent Competition Measures for Height and Basal Area Growth of Individual Conifer Trees. *Forest Science*, 38, 695-720.
- Daniels, R. F., Burkhart, H. E. och Clason, T. R., 1986. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. *Canadian Journal of Forest Research*, 16, 1230-1237. doi:10.1139/x86-218
- Eriksson, E., 2006. Thinning operations and their impact on biomass production in stands of Norway spruce and Scots pine. *Biomass and Bioenergy*, 30, 848-854.
doi:10.1016/j.biombioe.2006.04.001
- Eriksson, H. 1976: *Granens produktion i Sverige : Yield of Norway spruce in Sweden*, Stockholm, Inst. för skogsproduktion, Skogshögsk.
- Haase, P., 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function: Introduction and methods of edge correction. *Journal of Vegetation Science*, 6, 575-582. doi:10.2307/3236356
- Hegyí, F. 1974: A Simulation model for managing jack-pine stands. *Growth models for tree and stand simulation.*, Ed. J. Fries. Royal College of Forestry, Stockholm, pp 74-90.
- Lagergren, F., 2001. Effects of thinning, weather and soil moisture on tree and stand transpiration in a Swedish forest. *Institutionen för växtproduktionsökologi*, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, Silvestria 231, ISSN 1401-6230.
- Lagergren, F., Lankreijer, H., Kučera, J., Cienciala, E., Mölder, M. och Lindroth, A., 2008. Thinning effects on pine-spruce forest transpiration in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 255, 2312-2323.
doi:10.1016/j.foreco.2007.12.047
- Lagergren, F. och Lindroth, A., 2004. Variation in sapflow and stem growth in relation to tree size, competition and thinning in a mixed forest of pine and spruce in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 188, 51-63.
doi:10.1016/j.foreco.2003.07.018

- Ledermann, T. och Stage, A. R., 2001. Effects of competitor spacing in individual-tree indices of competition. *Canadian Journal of Forest Research*, 31, 2143.
- Lindelöw, Å., 2011. Insektsskador i Svenska skogar under 2010 - en återblick. *Växtskyddsnotiser, SLU, Årgång 66*, 1-3.
- Marklund, L. G., 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. *Sveriges lantbruksuniversitet Umeå, Institutionen för Skogstaxering*, Rapport 45.
- Monserud, R. A. och Ek, A. R., 1974. Plot Edge Bias in Forest Stand Growth Simulation Models. *Canadian Journal of Forest Research*, 4, 419-423. doi:10.1139/x74-062
- Persson, O. A. 1992: *En produktionsmodell för tallskog i Sverige : A growth simulator for Scots pine (Pinus sylvestris L.) in Sweden*, Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, 0348-7636 ; 31, Garpenberg, Sveriges lantbruksuniv.
- Shi, H. och Zhang, L., 2003. Local Analysis of Tree Competition and Growth. *Forest Science*, 49, 938-955.
- Skogforsk, A. Rotröta och andra svampskador, Senast uppdaterad 2012-01-19. Hämtad: 2012-05-21 från <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Gallra/Skador-i-gallringsskogen/Rotrota/>
- Skogforsk, B. Granbarkborre, Senast uppdaterad 2012-01-09. Hämtad: 2012-05-21 från <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Avverka/Stormfalld-skog/Insektsskador/Granbarkborre/>
- Skogforsk, C. Bas- och stickvägar. Hämtad: 2012-05-22 från <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Avverka/11266/Planeradrivningen/Bas--och-stickvag/>
- Tomé, Margarida och Burkhart, H. E., 1989. Distance-Dependent Competition Measures for Predicting Growth of Individual Trees. *Forest Science*, 35, 816-831.
- Walentin, C. Gallring i granskog, Senast ändrad 2006-01-10. Hämtad: 2012-01-22 från http://www-gran.slu.se/Webbok/PDFdokument/Gallring%20i%20granskog%20_webbok_%20_UN_.pdf
- Valinger, E. och Fridman, J., 2011. Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 262, 398-403. doi:10.1016/j.foreco.2011.04.004
- Vanninen, P. och Mäkelä, A., 2000. Needle and stem wood production in Scots pine (*Pinus sylvestris*) trees of different age, size and competitive status. *Tree Physiology*, 20, 527-533.

Ågren, D., 2005. Tillväxtreaktion på kvarlämnade träd i Hagners "Naturkultur" försök, *Growth responses of retained trees in Hagner's "Liberich" experiments*. Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå 2005.

7. Appendix

Appendix 1.



Appendix 1: Bilden visar en av de stickvägar (basvägar) som finns i området och dess påverkan genom körskador. Bild tagen av Fredrik Lagergren, används med tillåtelse.

Appendix 2.



Appendix 2: En tall från studieområdet utrustad med ett dendrometerband. Bild tagen av Fredrik Lagergren, används med tillåtelse.

Institutionen för naturgeografi och ekosystemvetenskap, Lunds Universitet.

Student examensarbete (Seminarieuppsatser). Uppsatserna finns tillgängliga på institutionens geobibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND. Serien startade 1985. Hela listan och själva uppsatserna är även tillgängliga på LUP student papers (www.nateko.lu.se/masterthesis) och via Geobiblioteket (www.geobib.lu.se)

The student thesis reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography, University of Lund, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden.

Report series started 1985. The complete list and electronic versions are also electronic available at the LUP student papers (www.nateko.lu.se/masterthesis) and through the Geo-library (www.geobib.lu.se)

- 199 Herbert Mbufong Njuabe (2011): Subarctic Peatlands in a Changing Climate: Greenhouse gas response to experimentally increased snow cover
- 200 Naemi Gunlycke & Anja Tuomaala (2011): Detecting forest degradation in Marakwet district, Kenya, using remote sensing and GIS
- 201 Nzung Seraphine Ebang (2011): How was the carbon balance of Europe affected by the summer 2003 heat wave? A study based on the use of a Dynamic Global Vegetation Model; LPJ-GUESS
- 202 Per-Ola Olsson (2011): Cartography in Internet-based view services – methods to improve cartography when geographic data from several sources are combined
- 203 Kristoffer Mattisson (2011): Modelling noise exposure from roads – a case study in Burlövs municipality
- 204 Erik Ahlberg (2011): BVOC emissions from a subarctic Mountain birch: Analysis of short-term chamber measurements.
- 205 Wilbert Timiza (2011): Climate variability and satellite – observed vegetation responses in Tanzania.
- 206 Louise Svensson (2011): The ethanol industry - impact on land use and biodiversity. A case study of São Paulo State in Brazil.
- 207 Fredrik Fredén (2011): Impacts of dams on lowland agriculture in the Mekong river catchment.
- 208 Johanna Hjärpe (2011): Kartläggning av kväve i vatten i LKAB:s verksamhet i Malmberget år 2011 och kvävet betydelse i akvatiska ekosystem ur ett lokalt och ett globalt perspektiv
- 209 Oskar Löfgren (2011): Increase of tree abundance between 1960 and 2009 in the treeline of Luongastunturi in the northern Swedish Scandes
- 210 Izabella Rosengren (2011): Land degradation in the Ovitoto region of Namibia: what are the local causes and consequences and how do we avoid them?
- 211 Irina Popova (2011): Agroforestry och dess påverkan på den biofysiska miljön i Afrika.
- 212 Emilie Walsund (2011): Food Security and Food Sufficiency in Ethiopia and Eastern Africa.
- 213 Martin Bernhardson (2011): Jökulhlaups: Their Associated Landforms and Landscape Impacts.
- 214 Michel Tholin (2011): Weather induced variations in raptor migration; A study of raptor migration during one autumn season in Kazbegi, Georgia, 2010

- 215 Amelie Lindgren (2011) The Effect of Natural Disturbances on the Carbon Balance of Boreal Forests.
- 216 Klara Århem (2011): Environmental consequences of the palm oil industry in Malaysia.
- 217 Ana Maria Yáñez Serrano (2011) Within-Canopy Sesquiterpene Ozonolysis in Amazonia
- 218 Edward Kashava Kuliwoye (2011) Flood Hazard Assessment by means of Remote Sensing and Spatial analyses in the Cuvelai Basin Case Study Ohangwena Region –Northern Namibia
- 219 Julia Olsson (2011) GIS-baserad metod för etablering av centraliserade biogasanläggningar baserad på husdjursgödsel.
- 220 Florian Sallaba (2011) The potential of support vector machine classification of land use and land cover using seasonality from MODIS satellite data
- 221 Salem Beyene Ghezahai (2011) Assessing vegetation changes for parts of the Sudan and Chad during 2000-2010 using time series analysis of MODIS-NDVI
- 222 Bahzad Khaled (2011) Spatial heterogeneity of soil CO₂ efflux at ADVEX site Norunda in Sweden
- 223 Emmy Axelsson (2011) Spatiotemporal variation of carbon stocks and fluxes at a clear-cut area in central Sweden
- 224 Eduard Mikayelyan (2011) Developing Android Mobile Map Application with Standard Navigation Tools for Pedestrians
- 225 Johanna Engström (2011) The effect of Northern Hemisphere teleconnections on the hydropower production in southern Sweden
- 226 Kosemani Bosede Adenike (2011) Deforestation and carbon stocks in Africa
- 227 Ouattara Adama (2011) Mauritania and Senegal coastal area urbanization, ground water flood risk in Nouakchott and land use/land cover change in Mbour area
- 228 Andrea Johansson (2011) Fire in Boreal forests
- 229 Arna Björk Þorsteinsdóttir (2011) Mapping *Lupinus nootkatensis* in Iceland using SPOT 5 images
- 230 Cléber Domingos Arruda (2011) Developing a Pedestrian Route Network Service (PRNS)
- 231 Nitin Chaudhary (2011) Evaluation of RCA & RCA GUESS and estimation of vegetation-climate feedbacks over India for present climate
- 232 Bjarne Munk Lyshede (2012) Diurnal variations in methane flux in a low-arctic fen in Southwest Greenland
- 233 Zhendong Wu (2012) Dissolved methane dynamics in a subarctic peatland
- 234 Lars Johansson (2012) Modelling near ground wind speed in urban environments using high-resolution digital surface models and statistical methods
- 235 Sanna Dufbäck (2012) Lokal dagvattenhantering med grönytefaktorn
- 236 Arash Amiri (2012) Automatic Geospatial Web Service Composition for Developing a Routing System
- 237 Emma Li Johansson (2012) The Melting Himalayas: Examples of Water Harvesting Techniques
- 238 Adelina Osmani (2012) Forests as carbon sinks - A comparison between the boreal forest and the tropical forest
- 239 Uta Klönne (2012) Drought in the Sahel – global and local driving forces and their impact on vegetation in the 20th and 21st century

- 240 Max van Meeningen (2012) Metanutsläpp från det smältande Arktis
- 241 Joakim Lindberg (2012) Analys av tillväxt för enskilda träd efter gallring i ett blandbestånd av gran och tall, Sverige
- 242 Caroline Jonsson (2012) The relationship between climate change and grazing by herbivores; their impact on the carbon cycle in Arctic environments
- 243 Carolina Emanuelsson and Elna Rasmusson (2012) The effects of soil erosion on nutrient content in smallholding tea lands in Matara district, Sri Lanka
- 244 John Bengtsson and Eric Torkelsson (2012) The Potential Impact of Changing Vegetation on Thawing Permafrost: Effects of manipulated vegetation on summer ground temperatures and soil moisture in Abisko, Sweden
- 245 Linnea Jonsson (2012). Impacts of climate change on Pedunculate oak and Phytophthora activity in north and central Europe
- 246 Ulrika Belsing (2012) Arktis och Antarktis föränderliga havsistäcken
- 247 Anna Lindstein (2012) Riskområden för erosion och näringsläckage i Segeåns avrinningsområde
- 248 Bodil Englund (2012) Klimatanpassningsarbete kring stigande havsnivåer i Kalmar läns kustkommuner
- 249 Alexandra Dicander (2012) GIS-baserad översvämningsskartering i Segeåns avrinningsområde
- 250 Johannes Jonsson (2012) Defining phenology events with digital repeat photography
- 251 Joel Lilljebjörn (2012) Flygbildsbaserad skyddszonsinventering vid Segeå
- 252 Camilla Persson (2012) Beräkning av glaciärers massbalans – En metodanalys med fjärranalys och jämviktslinjehöjd över Storglaciären
- 253 Rebecka Nilsson (2012) Torkan i Australien 2002-2010 Analys av möjliga orsaker och effekter
- 254 Ning Zhang (2012) Automated plane detection and extraction from airborne laser scanning data of dense urban areas