

Inverkan av nederbörd, temperatur och  
frost på årsringens egenskaper hos  
boreal tall (*Pinus sylvestris* L.)

*Influence of precipitation, temperature and frost on  
the properties of the annual ring of boreal pine  
(*Pinus sylvestris* L.)*



**Sofia Grape**

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 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.

## Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Inledning</b>	<b>6</b>
Syfte och hypoteser	9
<b>Material och metoder</b>	
<b>Försöksområde och trädurval</b>	<b>10</b>
<b>Preparering av vedprover</b>	<b>11</b>
<b>Väderdata</b>	<b>11</b>
<b>Statistiska analyser</b>	<b>12</b>
<b>Resultat och diskussion</b>	
<b>Övergripande resultat</b>	<b>12</b>
<b>Nederbörd</b>	<b>17</b>
<b>Temperatursumma</b>	<b>18</b>
<b>Frostpåverkan</b>	<b>19</b>
<b>Överensstämmelse och gemensamma trender för bestånden</b>	<b>23</b>
<i>Sommarvedsdensitet</i>	24
<i>Åsringsdensitet</i>	25
<i>Åsringsbredd</i>	26
<i>Sommarvedsandel</i>	26
<b>Slutsatser</b>	<b>28</b>
<b>Tack</b>	<b>29</b>
<b>Referenser</b>	<b>30</b>
<b>Bilaga 1. Väderdata som utgjort grund för arbetet</b>	<b>33</b>

## Sammanfattning

Vår boreala tall (*Pinus sylvestris* L.) har ett vidsträckt utbredningsområde med varierande växtförutsättningar och ett flertal väder-/klimatfaktorer som påverkar vedbildningen. Ett stort antal extensiva studier har under åren gjorts för att klargöra tallens och andra arters tillväxttrender över mer eller mindre vidsträckta områden.

Detta examensarbete är istället inriktat på att undersöka överensstämmelse mellan olika bestånd från ungefär samma geografiska plats. Därför studerades inverkan av nederbörd, temperatur och frost på årsringens egenskaper i fyra typbestånd av tall inom SLU Vindelns försökspark Svartberget. Bestånden skilde sig åt avseende bonitet och skötselregim; bördig-tät, bördig-gles, mager-tät och mager-gles. Borrkärnor (4 mm) togs från tio träd i varje bestånd och analyserades med hjälp av röntgenanalys. Årsringsbredd, sommarvedsdensitet, årsringsdensitet samt sommarvedsandel jämfördes mot väderdata från åren 1980 - 1998.

Följande hypoteser testades i typbestånden:

- i. Nederbörden under sommarmånaderna påverkar inte någon av parametrarna årsringsbredd, årsringsdensitet, sommarvedsdensitet eller sommarvedsandel.
- ii. Temperatursumman efter skottsträckningen har positiv inverkan på sommarvedsdensiteten.
- iii. Frost under tillväxtperioden påverkar utvecklingen hos årsringsbredd, årsringsdensitet, sommarvedsdensitet samt andel sommarved negativt.

Enkla samband togs fram med hjälp av multipel regressionsanalys. Med ökande nederbördssumman under perioden juni – augusti påvisades en minskande sommarvedsdensitet och årsringsdensitet i samtliga fyra bestånd. Sommarvedsdensiteten ökade med ökande temperatursumman under vegetationsperiodens senare hälft såväl som totalt i tre av fyra bestånd. Generellt var påverkan på sommarvedsdensiteten det som visade mest överensstämmelse bestånden emellan, men i de enskilda bestånden visade i vissa fall andra årsringsparametrar starkare korrelation till väderdata. Detta gällde främst årsringsbredd och årsringsdensitet, medan sommarvedsandelen visade liten påverkan utom i det mycket stamtäta av de fyra bestånden. Frost fanns ha inverkan, men man kan anta att beståndens egenskaper förmodligen är starkt bidragande till om/hur frost påverkar olika årsringsparametrar.

## Abstract

The wide distribution range of our boreal pine (*Pinus sylvestris* L.) provides a great variation in growing conditions and climate/weather factors that influence the wood development of the trees. A great number of extensive studies have been conducted over the years in order to clarify growth trends of this and other species over more or less wide-ranging areas.

In this thesis effects of weather factors were instead compared between different forest stands from the about same geographical location. The effects of precipitation, temperature and frost on the year ring characteristics of pine were studied in the research forest of Svartberget Vindeln, in northern Sweden. The stands differed in site index and silvicultural treatment; fertile – high stem density, fertile – low stem density, poor – high stem density and poor – low stem density. Drill cores (4 mm) were taken from ten trees in each stand and analysed using X-ray densitometry. Ring width, latewood density, ring density and latewood proportion were compared to weather data from the years 1980 to 1998.

The following hypotheses were tested in the stands:

- i. Precipitation during the summer months does not influence any of the parameters ring width, latewood density, ring density or latewood proportion.
- ii. Temperature sum after cessation of shoot elongation has a positive effect on latewood density.
- iii. Frost during the growth period does not influence the development of ring width, latewood density, ring density and latewood proportion.

The simple relationships were then analysed with multiple regression analysis. The precipitation sum for the period June – August was found to have a negative effect on latewood density as well as ring density in all four stands. The temperature sum, totally and specifically for the second half of the vegetation period, had a positive impact on latewood density in three stands out of four. The effects on latewood density demonstrated the best concurrent trends between the stands in general; however, in some stands other ring parameters showed a stronger correlation to weather data. Ring width and ring density seemed to be the best indicators of weather effects, while latewood proportion was of less importance (except in one of the dense stands). Frost was found to influence ring development, though it can be assumed that the stand characteristics probably is of great importance regarding if/how frost affects the different ring parameters.

## Inledning

Boreal tall, *Pinus sylvestris* L., har ett stort och varierat utbredningsområde, främst inom Köppens kalla tempererade zon, vilket innebär att växtlokalerna är många och att växtförutsättningarna kan skilja sig avsevärt mellan lokaler. Den stora variationen innebär att träd från olika lokaler visar olika växtmönster, beroende på omgivningens egenskaper, och att olika klimatfaktorer kan vara begränsande för olika faser i trädens vedbildning och årsringens tillväxt.

Årsringen består av vedceller vars utveckling kan indelas i tre stadier; celldelning, cellsträckning och mognad. Celldelning sker i kambiet varefter cellen differentieras till olika storlek, form och funktion och får sin slutliga diameter. Slutligen mognar cellen och den sekundära cellväggen bildas. Den sekundära tillväxten fortsätter så länge cellen fortfarande lever. Årsringen brukar ofta delas in i vårved och sommarved (Schweingruber 1988).

Vad som styr övergången från vårvedsproduktion till sommarvedsproduktion är inte känt. Det verkar inte vara direkt relaterat till förändringar i den omgivande miljön, utan snarare bero på hormonproduktion kopplat till trädets allmänna tillväxtprocess (Fritts *et al.* 1999). Vårvedens celler har en kort livstid på endast några dagar och karakteriseras av tunna cellväggar och stort lumen. Så fort cellen har bildats ökar den snabbt i storlek och dör sedan för att fungera som ledning för vätska och näringsämnen. Sommarvedsceller kan i tempererade områden leva i 2 – 3 månader efter att de bildats, och dör inte förrän vid vegetationsperiodens slut. De har en mer tillplattad form och tjockare väggar tack vare den längre perioden av sekundär tillväxt (Schweingruber 1988).

Det är känt att begränsande faktorer som temperatur och vattentillgång är kopplade till sommarvedens utseende och densitet (Denne & Dodd 1981). Fritts (1976) anger temperatur som den mest troliga tillväxtbegränsande faktorn i början av vegetationsperioden. Detta är något som även bekräftas av Horacek *et al.* (1999), som fann att  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  var kritisk temperaturgräns och  $13^\circ\text{C}$  optimalt för cellsträckning i en studie genomförd på gran i Tjeckien. Vårved utgör i allmänhet 60 – 80 % av ringbredden (Schweingruber 1988) och är beroende av vårtemperatur såväl som temperatur under föregående år, medan sommarvedsbredden i större utsträckning beror på förhållanden under det aktuella året (Fritts 1986). Enligt Schweingruber (1988) är andelen sommarved högre och bildar allmänt tjockare cellväggar när klimatet är gynnsamt eftersom sommarvedsbildningen då kan pågå under flera månader. Den optimala temperaturen för cellväggsbildning hos gran (*Picea abies* (L.) Karst)

är 20°C enligt Horacek *et al.* (1999). Resultat av Gindl *et al.* (2000) bekräftar att varma somrar ger bredare ringar med högre sommarvedsdensitet, men även att temperaturen påverkar sommarvedsdensiteten längre in på hösten än den påverkar den radiella tillväxten. Även Bouriard *et al.* (2005) fann en positiv effekt av temperatur på årsringsdensitet och anser att denna effekt främst beror på lägre vattentillgång som hämmar den radiella tillväxten. Liknande slutsatser drar Barber *et al.* (2000) efter att ha studerat vitgran (*Picea glauca*) påverkad av torka orsakad av global uppvärmning. Även Horacek *et al.* (1999) anger att temperatur såväl som markvattentillgång påverkar hur länge varje vedcell befinner sig i olika tillväxtstadier, vilket i sin tur är avgörande för både årsringens bredd- och densitetsutveckling.

I den svala tempererade zonen är det vanligt att densiteten varierar inom vedtyperna i enskilda årsringar, ibland så mycket att falska ringar skapas (Schweingruber 1988). Allmänt är klimatkänsligheten störst hos träd på gränsen av sitt utbredningsområde, och i extrema lägen där växtperioden normalt är mycket kort och trädens marginaler mindre (Fritts 1976), samt på växtplatser där markvattenmängden är starkt beroende av mängden nederbörd (Stokes & Smiley 1968). Enligt Schweingruber (1988) verkar sommarveden påverkas av nederbörden i tempererade zoner, men samtidigt innebär också den boreala miljön, som ofta är humid med svala somrar med låg transpiration, att träden allmänt är mindre känsliga för variation i nederbörd. Det gör att boreala träd borde reagera mer på temperatursumman än nederbörden under växtperioden, vilket bekräftas av bl a Kalela-Brundin (1999a).

Forskare är dock inte helt eniga beträffande detta. Linderholm *et al.* (2003), fann att tall i främst östra Fennoskandia svarade i huvudsak på nederbörd medan korrelationen till temperatur gradvis blev starkare i västlig riktning där klimatet är mer maritimt. Det finns även bevis för en nord-sydlig gradient, att känsligheten går från att vara temperaturberoende i norr till mer nederbörds känslig längre söderut (Lindholm *et al.* 2000). Dessutom minskar korrelationen till temperatur till förmån för andra faktorer, som exempelvis nederbörd, hos träd som befinner sig nedanför trädgränsen jämfört med individer på högre altitud eller latitud (Fritts 1976, Lindholm *et al.* 2000). Bouriaud *et al.* (2005) fann en positiv korrelation mellan nederbörd och radiell tillväxt hos gran. Strandberg (2002) hittade däremot inte någon korrelation mellan sommarnederbörden och årsringstillväxt hos tall som växt på en tallhed med låg bonitet.

Densiteten, och i huvudsak sommarvedsdensiteten, är den årsringsparameter som visar den bästa överensstämmelsen med olika väderdata (exv. Briffa *et al.* 1998, Kalela-Brundin 1999a), och i betydligt högre utsträckning än exempelvis ringbredden. Detta trots att man även har kunnat visa att sommarvedsdensiteten till viss del verkar vara reglerad genetiskt (Zamudio *et al.* 2004). Briffa *et al.* (1998) har dock funnit att det tidigare starka sambandet mellan densitet och sommartemperatur verkar ha försvagats under 1900-talet i takt med att densiteten minskat. Denna försvagning har än så länge i Skandinavien endast påträffats väster om Skanderna, medan sambandet istället blivit starkare på den östra sidan (Linderholm *et al.* 2003).

Flera studier har under åren gjorts för att klargöra olika arters tillväxttrender över mer eller mindre vidsträckta områden (exv Briffa *et al.* 1998, Lindholm *et al.* 2000, Linderholm *et al.* 2003, Macias *et al.* 2004, Mäkinen *et al.* 1999). Resultat av Kalela-Brundin (1999b) har dock visat att klimatkorrelationerna i olika bestånd kan skifta även om avstånden dem emellan är förhållandevis korta. Studien fann signifikanta skillnader, främst pga. topografiska faktorer, mellan två närliggande lokaler i sydvästra Norge. Man kan då fråga sig huruvida olika beståndstyper från samma plats också skulle kunna visa olika växttrender. Fritts (1986) anser exempelvis att träd från olika typer av ståndorter inte bör blandas i en och samma studie eftersom klimatresponsen då kan bli förvrängd. Olika täthet och frostbenägenhet bestånden emellan skulle kanske kunna skapa tillräcklig skillnad i mikroklimat och växtbetingelser för att ge olika resultat från ett mycket begränsat område.

Sommarfrost är ett fenomen med märkbara effekter på plantor och plantetablering (Lundmark *et al.* 1988, Bjor & Sandvik 1984), men dess effekter på vuxna träd verkar vara mindre tydligt klarlagda. Sommarfrost uppstår under klara, vindstilla nätter och beror på att mängden avgående värmestrålning från marken är större än den inkommande från atmosfären; effekten minskas av moln, skyddande vegetation och vind som blandar de nedre luftlagren (Christersson 1984). Fenomenet innebär främst att den kalla luften lägger sig nära marken med minimitemperatur i ett lager på 2 – 10 cm ovanför markytan beroende på beståndets täthet. Mätningar har dock visat att det ändå kan vara flera minusgrader så högt som 1,5 m över marken vid frosttillfällena (Ottosson Löfvenius 1993b). Skador uppstår när iskristaller börjar bildas inne i växtens olika vävnader (Sakai & Larcher 1987) men huruvida frosten kan påverka stammen direkt är oklart. Barrträd är allmänt känsliga för barrmassaförlust orsakade av allvarliga froster under år med hårda vintrar eftersom barrns återväxtförmåga är



begränsad. Ofta räddas träden från allvarigare tillväxtnedsättningar av det faktum att vinterknopparna är mer frosttåliga än barren. Tidiga köldknäppar på hösten kan även skada ännu inte helt invintrade knoppar inför nästkommande år (Sakai & Larcher 1987).

Frystemperatur för icke invintrade barr anges av Sakai & Larcher (1987) ligga mellan -2 till -5°C. Lundmark *et al.* (1988) fann att iskristaller började formas i barren hos de tallplantor de studerade på Åheden, Svartberget när temperaturen sjönk under -5°C.

Nya skott är under skottsträckningen normalt mycket sårbara, men enligt Christersson (1984) uppstår inga skador i skjutande tallskott, till skillnad mot hos gran, trots iskristallbildning under den mest aktiva växtperioden. Inte heller Lundmark *et al.* (1988) kunde finna några synliga skador på skotten hos plantorna efter att temperaturen sjunkit till -8,2°C 25 cm över marken i början av juni. Deras studie antyder att frostpåverkan på tall istället visar sig i tillfälligt nedsatt förmåga till fotosyntes.

Sammantaget är det flera yttre väderfaktorer som enskilt visat sig påverka vedbildningen och årsringens egenskaper. Dessutom verkar beståndsmiljön i sig kunna påverka väderfaktorerna (exv. Ottosson Löfvenius 1993a). Ett antal, ofta extensiva, studier har genomförts med fokus på temperatursamband (exv Schweingruber *et al.* 1993, Briffa *et al.* 1998, Briffa *et al.* 2002). Det förefaller dock vara inga/få undersökningar som gjorts med syftet att samtidigt försöka kvantifiera och särskilja flera väderfaktorers inverkan på tillväxten i bestånd med olika växtförelsetningar.

### **Syfte och hypoteser**

Syftet med studien var att kvantifiera ett antal olika väderfaktorers samtidiga inverkan på årsringsbredd, årsringsdensitet, sommarvedsdensitet samt sommarvedsandel hos tall (*Pinus sylvestris* L.) i fyra typbestånd med olika växtbetingelser avseende bonitet och skötselregim.

Följande hypoteser, baserade på litteraturgenomgången ovan, testades för typbestånden :

- i. Nederbörden under sommarmånaderna påverkar inte någon av parametrarna årsringsbredd, årsringsdensitet, sommarvedsdensitet eller sommarvedsandel.
- ii. Temperatursumman efter skottsträckningen har positiv inverkan på sommarvedsdensiteten.
- iii. Frost under tillväxtperioden påverkar utvecklingen hos årsringsbredd, årsringsdensitet, sommarvedsdensitet samt andel sommarved negativt.

## Material och metoder

### Försöksområde och trädurval

Försöksträden bestod av tallar från fyra olika bestånd inom Vindelns försökspark på Svartberget, Vindeln (Lat 64° 14' 21''N, Long 19° 47' 6''E). Sammanlagt 40 oskadade, ej undertryckta träd samplades subjektivt i brösthöjd med 5 mm tillväxtborr. Träden utgjorde 4 grupper om 10 från vardera fyra bestånd som valts ut enligt parametrarna:

	Tät	Gles
Bördig	BT	BG*
Mager	MT	MG

#### Bestånd 1 – BT (avdelning 117)

Grundyta 35, ålder 80 år, 65% sa morän, 10% sa-mo morän, 25% torv, 45% frisk, 55% fuktig, SI G20  
På provplatsen grandominerat blandbestånd med vissa luckor.  
Träd valdes i slutna skog.

#### Bestånd 2 – BG (avdelning 105)

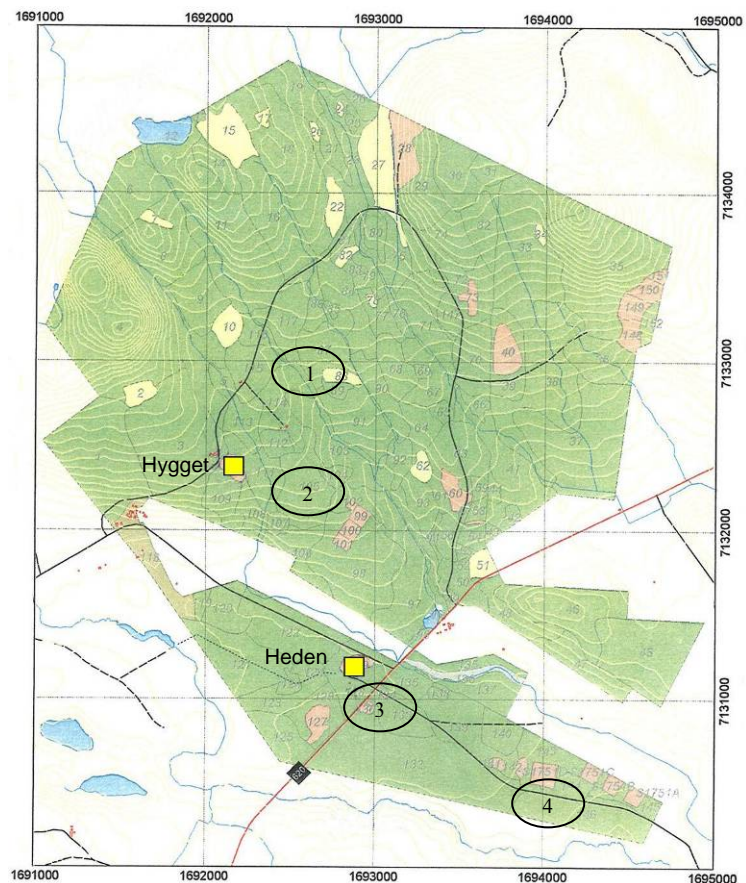
Grundyta 19, ålder 67 år, 20% gr morän, 40% sa morän, 40% sa-mo morän, 70% frisk, 30% fuktig, SI T21.  
Trädslagsrent tallbestånd. Gallrat från 1500 till 300 st/ha 1996 vilket betyder att trädens miljö övergått från tät till gles under den studerade perioden.

#### Bestånd 3 – MT (avdelning 133)

Grundyta 23, ålder 70 år, grovmo – finmo, 100% frisk, SI T18. Trädslagsrent tallbestånd röjt till 3000 st/ha 1954  
Speciellt här valdes träd en bit in i beståndet för att undvika kanteffekt.

#### Bestånd 4 – MG (avdelning 146)

Grundyta 15, ålder 60 år, grovmo – finmo, 80% frisk, 20% torr, SI T18. Luckigt tallbestånd med bitvis gruppställda träd. Fristående provträd valdes.



**Figur 1.** Försöksbeståndens och klimatstationernas placering, Vindelns Försökspark, Svartberget

## **Preparering av vedprover**

Proverna torkades tre dygn i rumstemperatur och sågades sedan i dubbelklingad cirkelsåg till 2,3 mm tjocklek. Proverna monterades därefter på stickor med hjälp av dubbelhäftande tejp. I de fall proverna skadats eller gått av sattes befintliga bitar ihop så komplett som möjligt på stickan men utan att limmas för att inte påverka densitetsmätningen.

Proverna kördes sedan gruppvis i Woodtrax för röntgenanalys med en röntgenintensitet av 40 kV och 35 mA (1,4 kW) (för fullständig beskrivning av preparering och röntgenprocess se Bergsten *et al.* 2001). Erhållna data behandlades i programvaran Windendro för efterarbete och manuell korrektion av årsringsgränser vid svagt kontrasterande ringar samt brottzoner för att på så sätt skapa så långa sammanhängande sekvenser som möjligt. De yttersta årsringarna bildade efter 1989 uteslöts ur data för att minska antalet, pga. preparering, mekaniskt skadade eller saknade ringar. Dessutom uteslöts ett prov vardera från bestånd BG respektive BT pga. otydliga scanningsresultat orsakade av dåliga cellvinklar efter sågningen.

## **Väderdata**

Väderdata hämtades från Vindeln försöksparkers klimatstationer på Hygget (hygge på moränsluttning 225 m ö h) respektive Heden (hygge på plan sedimenthed 178 m ö h) (Anon. 1981 – 2000; jfr bilaga 1). Data för vegetationsperiodens längd, nederbörds mängd, vårens och sommarens längd, temperatursummor, medeltemperatur samt frostdygns summa, FDS (summeras per dygn och mäts var 10e minut) och frosttims summa, FTS (summeras per timme och mäts varje minut), från år 1980 – 1998 har ingått i studien. Data för FTS fanns uppmätt för hela den aktuella vegetationsperioden, medeltemperaturen  $>5^{\circ}\text{C}$ , vilket för vissa år innebär en period från april till oktober, medan FDS bara finns tillgängligt för perioden juni till augusti.

Med anledning av klimatstationernas respektive avdelningarnas läge har data från Hygget använts till avdelning BG samt BT och data från Heden till avdelning MG samt MT där sådan uppdelning finns. Data från Hygget användes i de fall när en dataserie användes för alla bestånd.

## **Statistiska analyser**

Pearson correlation användes inledningsvis för att identifiera betydelsefulla väderfaktorer. Sedan gjordes multipla regressionsanalyser manuellt med, baserat på korrelationsgraden, subjektivt valda väderdata utom frost (som behandlades separat) för samtliga fyra årsringsparametrar i samtliga fyra bestånd. Residualstudier samt step-wise regression gjordes därefter för att förfinas regressionsekvationerna.

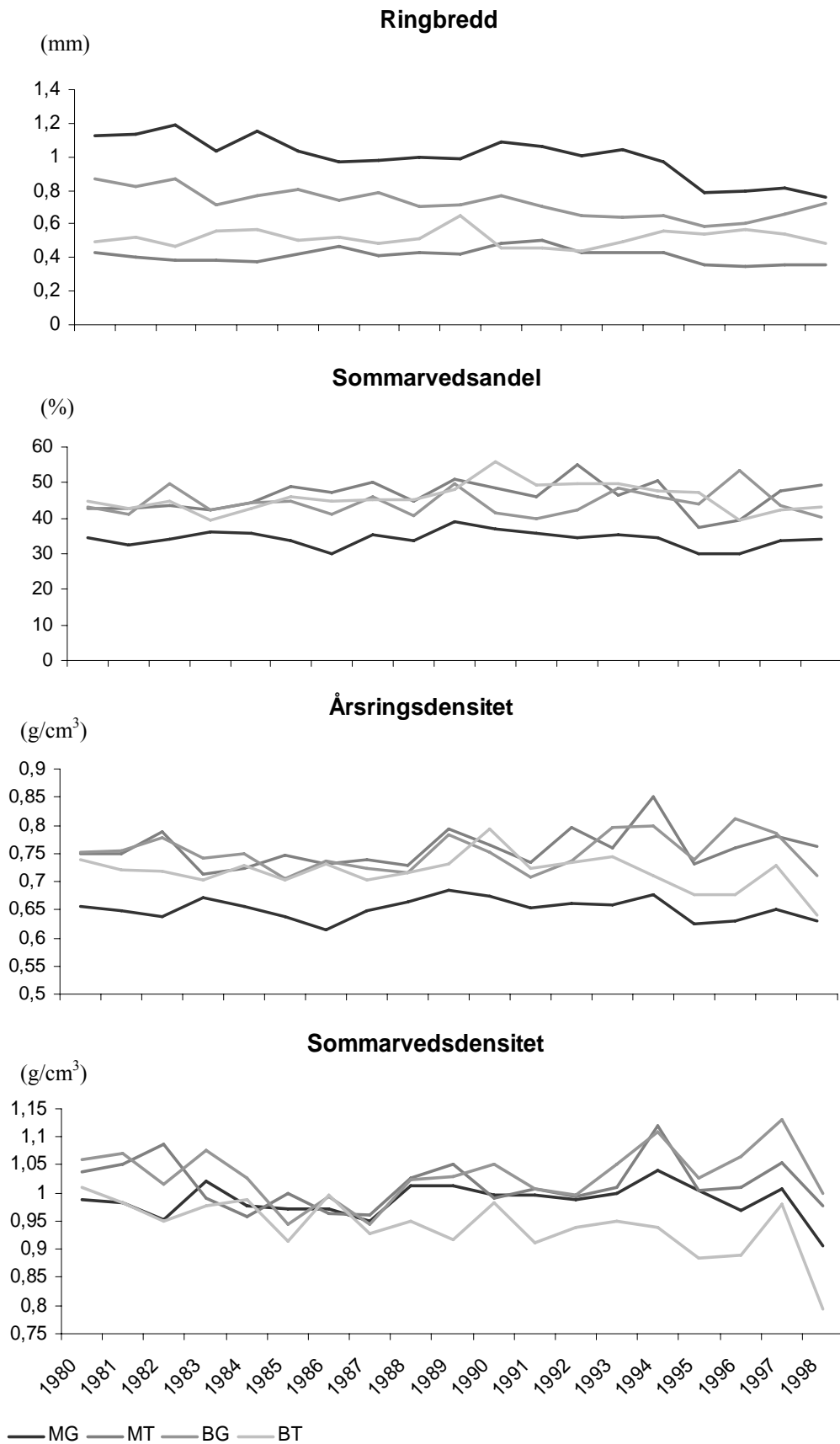
Beroende på uppdelning i både FDS och FTS, (bilaga tabell 5 och 6), vilket innebär hög grad av inbördes korrelation gjordes endast enkla regressionsanalyser på frostdata. Vidare användes unstacked ANOVA med Tukey's test för parvisa jämförelser för att kvantifiera graden av överensstämmelse mellan de olika beståndens utveckling gällande årsringsparametrar.

## **Resultat och diskussion**

### **Övergripande resultat**

De fyra bestånden uppvisade tämligen olika ringbreddstillväxt (Figur 2), något som naturligt kan härledas till deras olika växtplatser och stamantal. Jämförelser med ANOVA visade att samtliga bestånds årsringsbredder var signifikant åtskilda. När en enkel indexering av årsringsbredderna gjordes för att kompensera för detta – genom att dela bredden hos varje årsring med den genomsnittliga ringbredden hos det aktuella trädet – var dock skillnaderna inte längre signifikanta, även om MG avvek mest från de övriga (ej presenterat).

Vad gäller sommarvedsandel, var MT, BG och BT likvärdiga medan MG uppvisade signifikant lägre andel. Även densiteten var signifikant lägre i MG än i övriga. MT och BG var signifikant lika med i princip samma densitet medan BT placerade sig något, men signifikant, under dessa två. Sommarvedsdensiteten var signifikant betydligt lägre i BT, de övriga tre överlappade varandra; MG var svagt signifikant lika MT, och MT var i sin tur signifikant lika BG (Figur 2).



**Figur 2.** Jämförelse av medelvärdena för årsringsbredd, sommarvedsandel, årsringsdensitet samt sommarvedsdensitet för samtliga bestånd.

Regressionsekvationerna innebär inga exakta eller slutgiltiga svar, i flera av fallen gav olika ekvationer likartade R-Sq. Särskilt de olika nederbördssummorna verkade kunna bytas ut en del sinsemellan i ekvationen utan att R-Sq ändrades nämnvärt. Detta visade sig bl. a. gälla för BTs korrelationer mellan nederbörd och sommarvedsdensitet.

Resultaten antydde att det mellan vissa variabler förekom en del kolinearitets och samspel. Det faktum att vissa icke signifikanta variabler lyckades höja R-Sq mycket markant tydde på det. Om t. ex. den tämligen svagt korrelerande nederbördssumma för juni-augusti plockades bort från ekvationen för sommarvedsandel i MT sjönk R-Sq (adj) från 80,8 % till 30,0 %.

Man borde även kunna förvänta sig kolinearitets när både del- och totalvärden använts. Två exempel är de månatliga nederbördssummor och den totala, eller två distinkta delar av vegetationsperioden och summan av dem. Av denna anledning har heller inte multipla regressionsanalyser gjorts på de olika grupperna av frostdata som var interkorrelerade i mycket hög grad. Endast enkla samband har analyserats, pga. dessa samspel. Det är mycket troligt att man hade kunnat förfinera regressionen och fått fram mer exakta ekvationer med sammansatta variabler, särskilt där nuvarande resultat är svaga.

**Tabell 1.** Funktioner som beskriver sommarveddensitet och årsringsdensitet. Con, Konstant; N, nederbördssumma för aktuell månad; Nsa, nederbördssumma juni-aug; T, medeltemperatur för aktuell månad; VEGdel 1, vegetationsperiodens längd under skottsträckning; VEGdel 2, vegetationsperiodens längd efter skottsträckning; VEGsa, vegetationsperiod total längd; Vår, vårens längd; Sommar, sommarens längd; VårSom, total längd av vår och sommar; Tsa1, temperatursumma vegetationsperioden under skottsträckning; Tsa2 temperatursumma vegetationsperioden efter skottsträckning; TSA, temperatursumma för vegetationsperioden.

Ekvation	Prediktor (Sign. $p \leq 0,05$ )	S	R-Sq (Adj)
<b>Sommarveddensitet</b>			
<b>MG</b> = 0,897 + 0,000512 Njuli - 0,000429 Nsa + 0,00411 Tdec + 0,00393 Tmars + 0,00745 Tapr + 0,0147 Tjul - 0,000392 Sommar - 0,000242 Tsa2 + 0,000178 TSA	Con, Nsa, Tdec, Tjul,	0,0146636	77,1%
<b>MT</b> = 0,708 + 0,00141 Njuli + 0,00118 Naug - 0,00117 Nsa - 0,00835 Tnov - 0,00967 Tmaj + 0,0210 Tjul + 0,0269 Taug + 0,0330 Tsep - 0,0127 Tokt + 0,00276 vår - 0,000449 VårSom - 0,000647 Tsa2 - 0,000194 TSA	Con, Njuli, Naug, Nsa, Tnov, Tmaj, Tjul, Taug, Tsep, Tokt, Vår, Tsa2	0,0101934	94,5%
<b>BG</b> = 0,532 - 0,00147 Naug + 0,000564 Nsa - 0,00362 Tjan - 0,00969 Tapr + 0,00979 Tjul + 0,00193 Vår - 0,000186 Tsa2 + 0,000406 TSA	Con, Naug, Nsa, Vår, TSA	0,0172396	87,7%
<b>BT</b> = 0,875 - 0,000300 Nsa - 0,00419 Tjan + 0,0244 Tmaj + 0,0135 Tjul - 0,00196 VEGsa	Con, Nsa, Tjan, Tmaj, Tjul, VEGsa	0,0296588	65,7%
<b>Årsringsdensitet</b>			
<b>MG</b> = 0,752 + 0,000322 Njuli + 0,000516 Naug - 0,000383 Nsa + 0,00178 Tjan + 0,0204 Tapr - 0,00548 Tmaj - 0,0100 Tokt + 0,00197 VEGdel 1 - 0,000956 VEGsa - 0,00108 Vår + 0,000102 Tsa2	Con, Njuli, Naug, Nsa, Tjan, Tapr, Tmaj, Tokt, VEGdel 1, VEGsa, Vår, Tsa2	0,00334822	97,2%
<b>MT</b> = 0,600 - 0,00291 Tjan - 0,0102 Tmaj - 0,0136 Tokt + 0,00123 VEGsa + 0,00101 Vår	Con, Tmaj, Tokt, Vår	0,0207481	61,8%
<b>BG</b> = 0,473 - 0,000649 Naug + 0,000337 Nsa - 0,00573 Tdec + 0,00525 Tmaj + 0,0145 Taug + 0,00154 Vår - 0,00107 VårSom + 0,000097 TSA	Con, Naug, Nsa, Tdec, Taug, Vår, VårSom	0,0207907	61,0%
<b>BT</b> = 0,639 - 0,00444 Tjan + 0,00343 Tfeb + 0,00783 Tapr - 0,0159 Tsep - 0,00648 Tokt + 0,000214 TSA	Con, Tjan, Tfeb, Tsep, TSA	0,0231946	47,4%

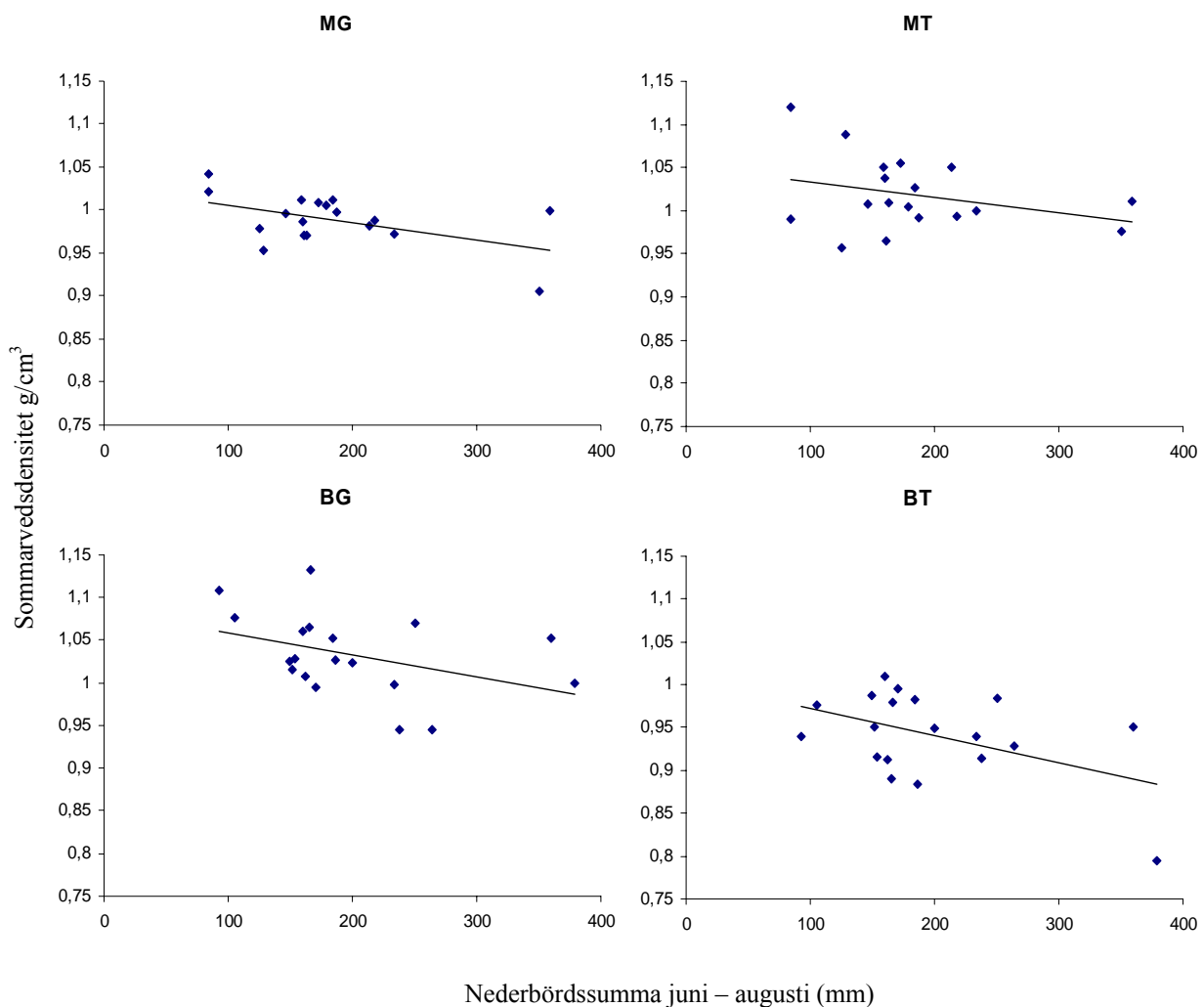
**Tabell 2.** Funktioner som beskriver årsringsbredd och sommarvedsandel. För förkortningar se tabell 1.

<b>Ekvation</b>	<b>Prediktor (Sign. p≤ 0,05)</b>	<b>S</b>	<b>R-Sq (adj)</b>
<b>Årsringsbredd</b>			
<b>MG</b> = 5,05 - 0,00428 Njuni - 0,0232 Tdec + 0,0438 Tfeb - 0,0695 Tmars + 0,162 Tapr - 0,190 Tmaj - 0,0667 Tjun - 0,0337 Taug - 0,0894 Tsep - 0,113 Tokt + 0,0102 VEGdel 1 - 0,0178 Vår - 0,00276 VårSom	Con, Njun, Tdec, Tfeb, Tmars, Tapr, Tmaj, Tjun, Tsep, Tokt, VEGdel 1, Vår, VårSom	0,0240762	96,6%
<b>MT</b> = 0,832 - 0,000730 Njuli + 0,00541 Tmars + 0,00721 Tnov - 0,00351 VEGdel 2	Con, Njuli, VEGdel 2	0,0385357	29,0%
<b>BG</b> = 0,745 - 0,00129 NED juni + 0,000838 NEDaug - 0,00785 Tdec + 0,0244 TEMPmaj - 0,000971 temp sal	Con, Naug, temp sal	0,0591265	42,9%
<b>BT</b> = 0,250 - 0,00117 Naug - 0,0105 Tnov + 0,00387 Tjan - 0,0195 Tapr + 0,0157 Tsep + 0,0161 Tokt + 0,00302 VEGsa - 0,00216 Sommar	Con, Naug, Tnov, Tjan, Tapr, Tsep, Tokt, VEGsa, Sommar	0,0177484	87,8%
<b>Sommarvedsandel</b>			
<b>MG</b> = 41,7 + 0,0296 Naug + 2,87 Tapr - 0,931 Tmaj - 1,12 Tokt + 0,0946 VEGdel 1 - 0,152 Vår	Con, Tapr, Tokt, Vår	1,83806	43,2%
<b>MT</b> = 49,4 - 0,106 Njuli + 0,0178 Nsa - 1,27 Tmaj + 1,44 Taug - 2,11 Tokt + 0,635 VEGdel 1 - 0,204 VEGsa - 0,193 Vår	Con, Njuli, Tmaj, Taug, Tokt, VEGdel 1, VEGsa, Vår	1,90833	80,8%
<b>BG</b> = 19,7 + 1,79 Taug + 0,235 VEGdel 2 + 0,132 Vår - 0,0423 Tsa2	Vår, Tsa2	3,14978	33,3%
<b>BT</b> = 46,4 + 0,0458 Naug + 1,07 Tmars + 1,34 Tapr	Con, Naug, Tmars	3,10542	37,0%

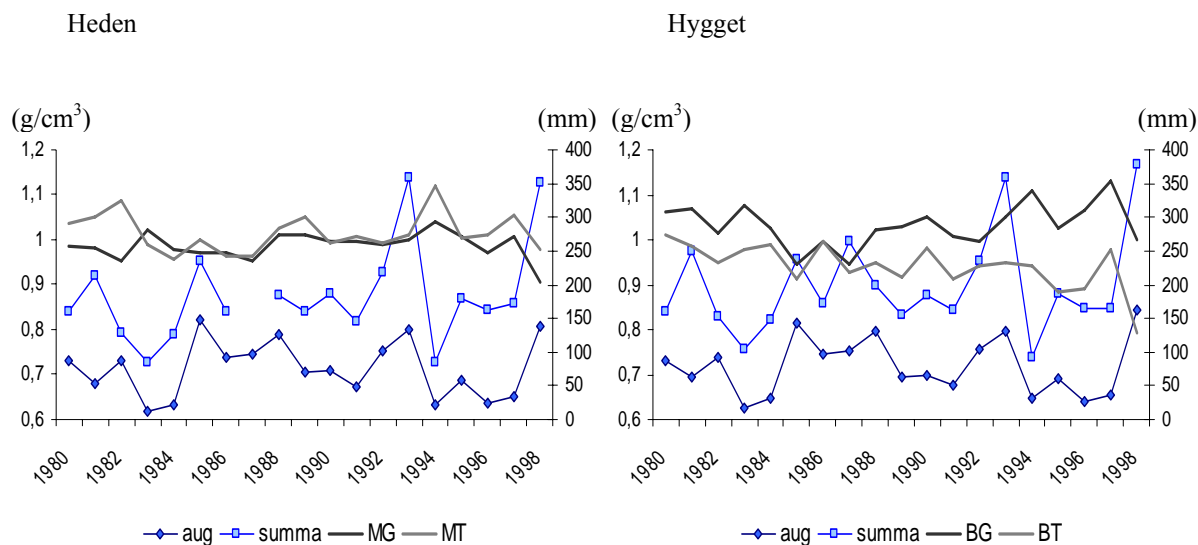


## Nederbörd

I motsats till hypotesen fanns en uppenbar koppling mellan densitet och nederbörd. Kalela-Brundin (1999) fann exempelvis i östra Norge ingen effekt av nederbördsmängd på den radiella tillväxten och därmed indirekt densiteten som inte heller bör ha påverkats. Även från Finland rapporteras obetydlig påverkan av nederbörd på gran utom i de sydligaste delarna (Mäkinen *et al.* 1999). Residualstudier visade att det i samtliga fyra bestånd från Vindeln fanns en tydlig negativ korrelation mellan årsringsdensitet och såväl augustinederbörd som total nederbördssumma för juni – augusti (Figur 3). Variationen i augustinederbörd visade sig också följa den totala nederbördssumman mycket väl. Figur 4 illustrerar hur densiteten generellt sjönk med ökande nederbördsmängd. Trenden blev extra tydlig under år med särskilt stora eller små nederbördsmängder och var särskilt stark i BG.



**Figur 3.** Inverkan av nederbördssumma på sommarveddensiteten. För förklaringar se Figur 1.



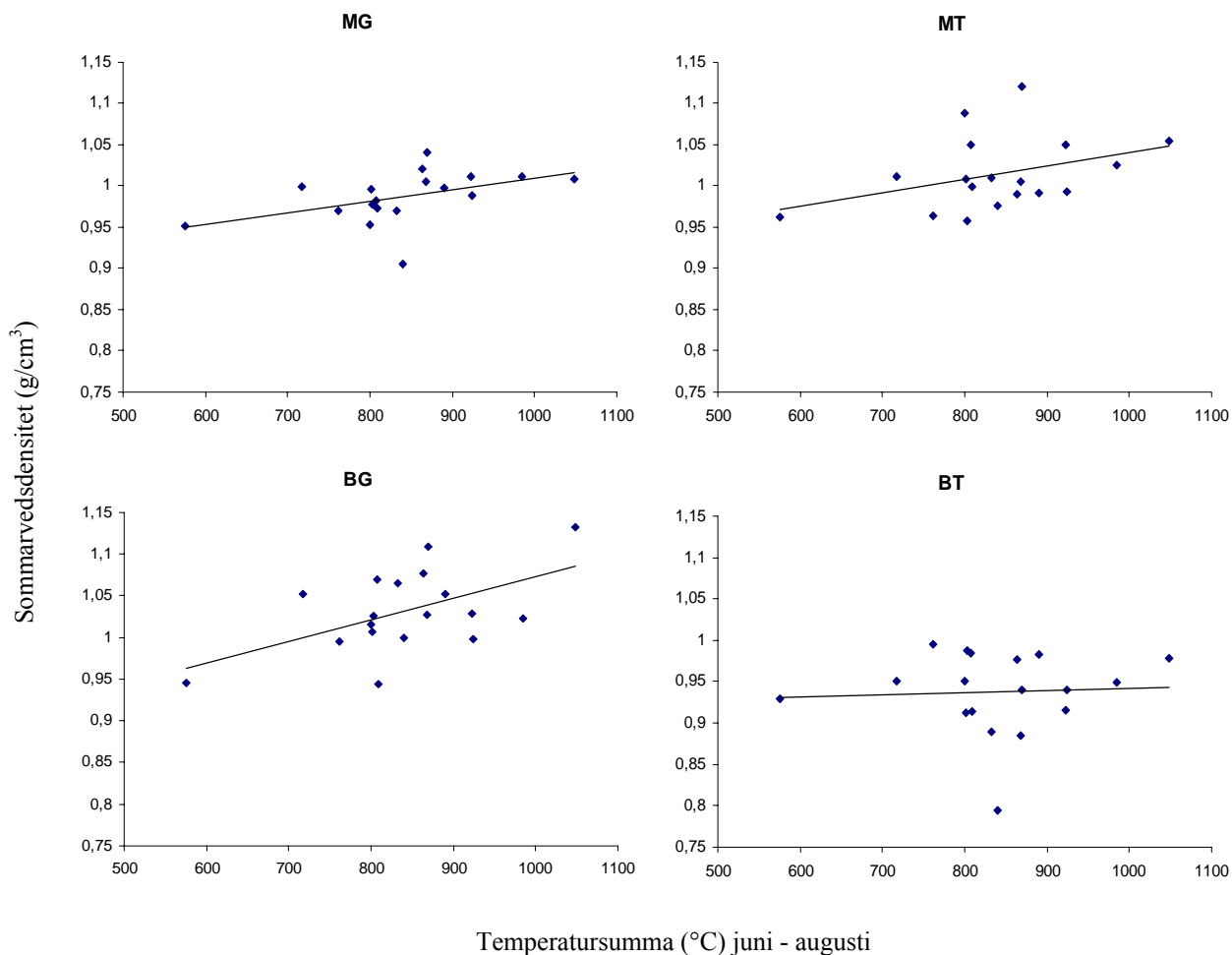
**Figur 4.** Sommarvedsdensiteten jämförd med nederbördssumma i augusti samt sammanlagd nederbördssumma juni – augusti. Regnmätaren på Heden var ur funktion under juni 1987, därför anges inte nederbördssumman för detta år. Den kan dock antas vara liknande den på Hygget, en välmarkerad topp. För förklaringar se Figur 1.

Augustinederbörden tillsammans med nederbördssumman visade inverkan även på den totala årsringsdensiteten, särskilt i MG, som visade mycket starka korrelationer, och i BG.

Trenderna var genomgående negativa i samtliga bestånd. Vidare fanns negativ korrelation mellan årsringsbredd och juninederbörden i MG och BG och en sådan trend kunde också ses i samtliga bestånd. Augustinederbörden korrelerade svagt positivt i BG och starkare, negativt, i BT. Trenden i sommarvedsandel var svagare men mer genomgående korrelerad till augustinederbörd, den var positiv i MT och BT, medan MG inte verkade ha en egentlig trend.

### Temperatursumma

För temperatursumma var sambanden inte så tydliga som väntat och korrelationerna i allmänhet svaga. Här upptäcktes endast två tydliga trender;  $T_{sa2}$  fanns korrelera positivt med sommarvedsdensiteten i enlighet med Sandberg (2002) i samtliga bestånd utom BT (Figur 5), även om endast MT var signifikant. Dessutom visade sig samma förhållande gälla för TSA (Figur 6), med undantaget att det här var BG som hade signifikant korrelation. Korrelation med övriga tillväxtmönster var sporadisk, men total ringsdensitet i MG korrelerade starkt till  $T_{sa2}$ . Svagare trender fanns i BG och BT till TSA. Årsringsbredd och sommarvedsandel verkade vara i princip opåverkade, förutom en signifikant korrelation i BG mellan  $T_{sa1}$  och årsringsbredden samt mellan  $T_{sa2}$  och sommarvedsandelens i samma bestånd.



**Figur 6.** Inverkan av sammanlagd temperatursumma juni - augusti på sommarvedsdensiteten.

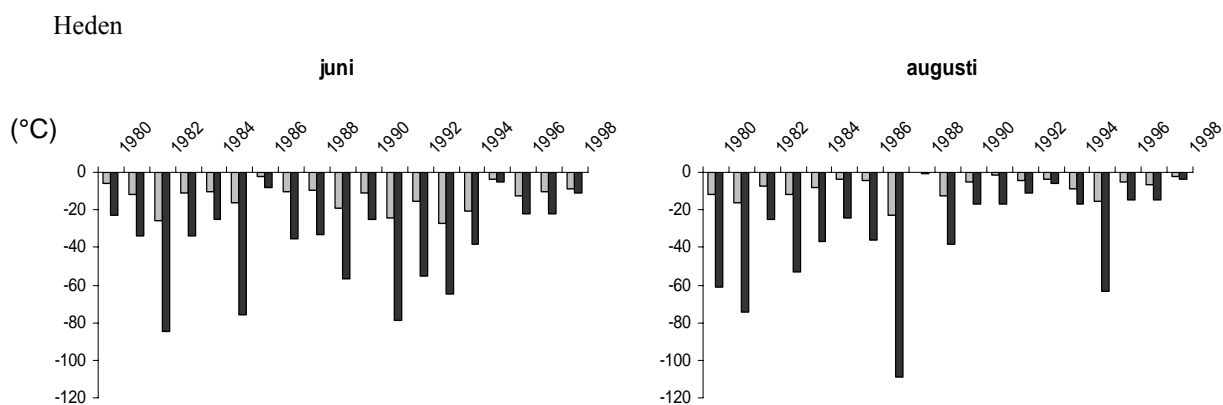
### Frostpåverkan

Frostsummor var det väderdata som skiljde sig mest mellan de båda klimatstationerna eftersom mätningarna från Heden uppvisade betydligt högre frostsummor än Hygget och även fler frosttillfällen.

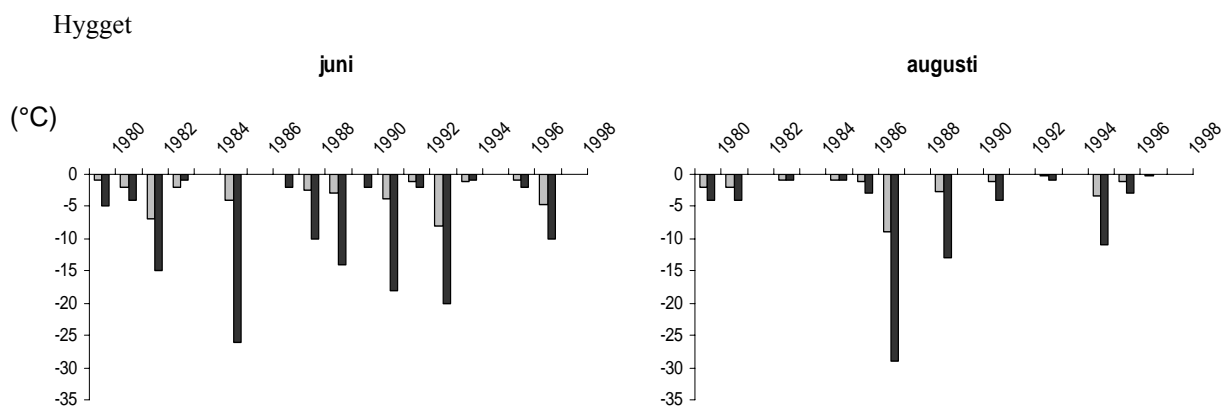
Det visade sig finnas många korrelationer till frostförekomst, särskilt i de två M-bestånden, även om endast ett fåtal var signifikanta (Figur 8). Såväl årsringsdensitet som sommarvedsdensitet visade sig vara starkast influerade i det täta MT, medan årsringsbredden och i viss mån sommarvedsandelens påverkades mest i det glesa MG. Residualstudier bekräftade dock något oväntat att samtliga synliga trender var positiva. Dessa resultat kan ändå i viss mån tolkas som en negativ frostpåverkan eftersom en negativ faktisk effekt på vårvedsbildning borde ge en indirekt, synligt positiv effekt på årsrings- och

sommarvedsdensiteter samt sommarvedsandel. Den positiva inverkan på årsringsbredden är svårare att förklara.

I Tabell 3 redovisas de bästa frostkorrelationerna, alla  $p \leq 0,100$ , för varje bestånd och årsringsparameter. I vissa fall fanns ingen eller ytterst dålig korrelation och då har endast det lägsta värdet angivits. De två typerna av frostsummor följdes åt väl trendmässigt (Figur 7a och b), men det faktum att FTS mätts och summerats oftare gav den ett betydligt större negativt värde under längre och/eller kallare frostperioder, vilket förmodligen gjort den till en känsligare indikator i vissa fall. Endast vid några få tillfällen uppmättes FDS som lägre än FTS. Resultaten visade dock signifikanta korrelationer till båda typerna av frostsummor. Det är intressant att notera att årsringsbredd är den enda parameter som endast har goda korrelationer till frostsummor.



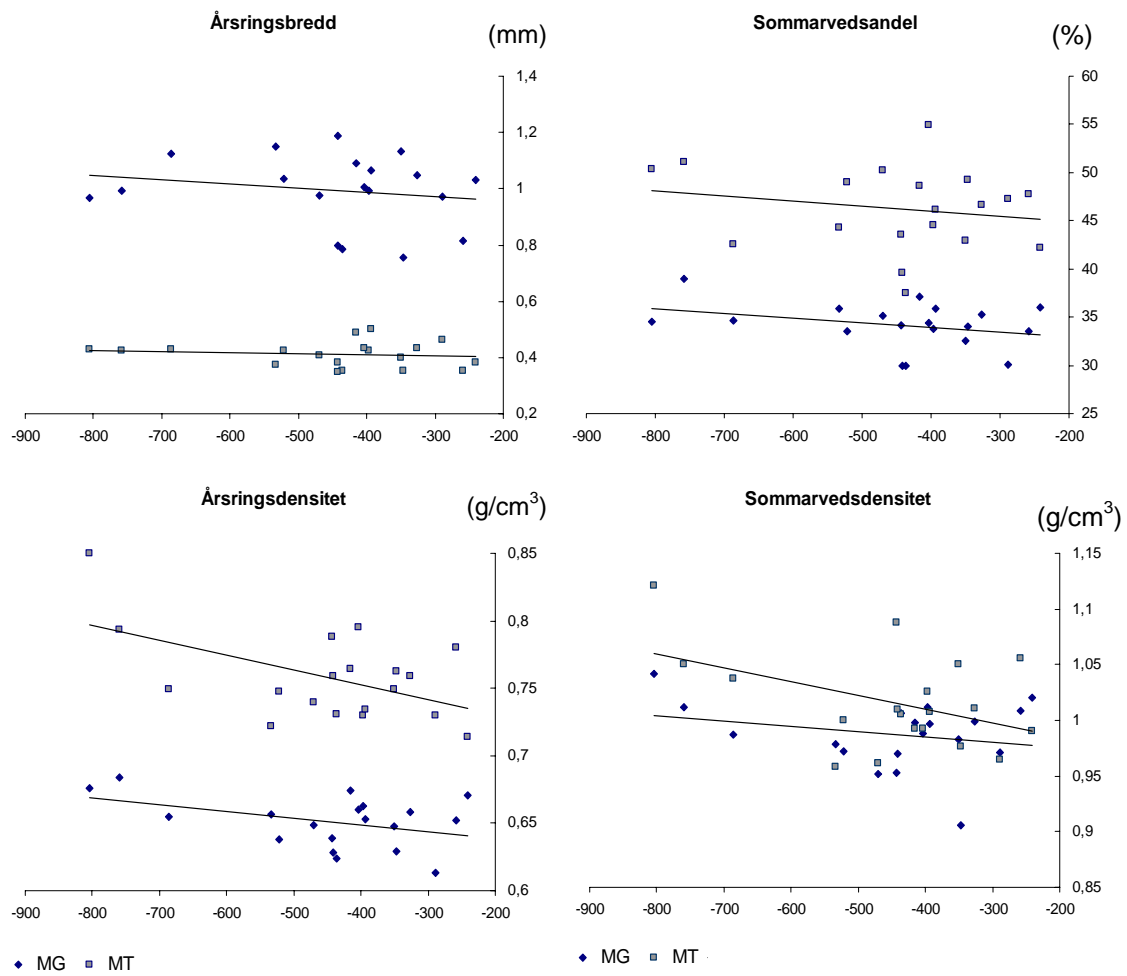
**Figur 7a.** Frostdygnssummor samt frosttimssummor för Heden i juni respektive augusti. Ljusa staplar FDS, mörka staplar FTS (bestånd MG och MT).



**Figur 7b.** Frostdygnssummor samt frosttimssummor för Hygget i juni respektive augusti. Ljusa staplar FDS, mörka staplar FTS (bestånd BG och BT).

**Tabell 3.** Resultat av enkla regressionsanalyser av samtliga grupper av frostdata mot de olika årsringsparameterna. Samtliga prediktorer som uppvisar  $p \leq 0,100$  redovisas, samt även det lägsta värdet i de fall signifikans  $p \leq 0,100$  inte uppnåddes i beståndet. För förklaringar se tabell 1.

Prediktor	Ekvation	P (sign $p \leq 0,05$ )	S	R-Sq (adj)	
<b>Årsringsdensitet</b>					
1	FTSsa apr-jun	<b>MG</b> = 0,638 - 0,000064 FTSp1	0,060	0,0174456	14,5 %
2	FTSsa apr-okt	<b>MG</b> = 0,628 - 0,000051 MFTSSA	0,072	0,0176052	12,9 %
3	FDS juni	<b>MG</b> = 0,637 - 0,00105 FDSjun	0,095	0,0178420	10,6 %
4	FDSsa jun-aug	<b>MG</b> = 0,631 - 0,000854 Mfrost	0,100	0,0178859	10,2 %
1	FTSsa apr-okt	<b>MT</b> = 0,708 - 0,000111 MFTSSA	<b>0,019</b>	0,0284941	24,0 %
2	FDS juni	<b>MT</b> = 0,728 - 0,00223 FDSjun	<b>0,035</b>	0,0293895	19,5 %
3	FDSsa jun-aug	<b>MT</b> = 0,722 - 0,00155 MfrostSA	0,084	0,0307182	11,7 %
4	FTSsa apr-jun	<b>MT</b> = 0,736 - 0,000102 MFTSp1	0,088	0,0307899	11,2 %
1	FDS juni	<b>BG</b> = 0,742 - 0,00412 BFDSjuni	0,204	0,0317225	4,0 %
1	FDS juni	<b>BT</b> = 0,711 - 0,00260 BFDSjuni	0,419	0,0318485	0,0 %
<b>Årsringsbredd</b>					
1	FTS jun	<b>MG</b> = 0,889 - 0,00277 MFTSjuni	<b>0,020</b>	0,110982	23,6 %
2	FTSsa jun-aug	<b>MG</b> = 0,861 - 0,00187 MFTSfrost	<b>0,028</b>	0,112900	21,0 %
1	FTS juni	<b>MT</b> = 0,385 - 0,000677 MFTSjuni	0,122	0,0427122	8,4 %
1	FTSsa jul-okt	<b>BG</b> = 0,777 + 0,000788 BFTSp2	0,093	0,0786846	10,7 %
1	FTSsa apr-okt	<b>BT</b> = 0,501 - 0,000128 BFTSSA	0,460	0,0502531	0,0 %
<b>Sommarvedsdensitet</b>					
1	FTSsa apr-okt	<b>MG</b> = 0,965 - 0,000050 MFTSSA	0,284	0,0299567	1,2 %
1	FDS juni	<b>MT</b> = 0,977 - 0,00289 MFDSjuni	<b>0,039</b>	0,0389614	18,3 %
2	FTSsa apr-okt	<b>MT</b> = 0,959 - 0,000127 MFTSSA	<b>0,048</b>	0,0394139	16,4 %
3	FDSsa jun-aug	<b>MT</b> = 0,963 - 0,00229 MfrostSA	<b>0,049</b>	0,0394556	16,2 %
1	FTSsa jun-aug	<b>BG</b> = 1,06 + 0,00222 BFTSfrost	<b>0,044</b>	0,0438080	17,3 %
2	FTS augusti	<b>BG</b> = 1,04 + 0,00282 BFTSaug	0,076	0,0450502	12,5 %
3	FDS august	<b>BG</b> = 1,05 + 0,00926 BFDSaug	0,084	0,0452831	11,6 %
1	FTSsa apr-okt	<b>BT</b> = 0,961 + 0,000143 BFTSSA	0,416	0,0510727	0,0 %
<b>Sommarvedsandel</b>					
1	FDS juni	<b>MG</b> = 32,1 - 0,151 MFDSjuni	0,051	2,17506	15,9 %
2	FTSsa apr-jun	<b>MG</b> = 32,5 - 0,00804 MFTSp1	0,061	2,19470	14,4 %
3	FTS juni	<b>MG</b> = 32,5 - 0,0421 MFTSjuni	0,066	2,20388	13,7 %
4	FDSsa jun-aug	<b>MG</b> = 31,6 - 0,113 MfrostSA	0,082	2,22695	11,9 %
1	FTSsa apr-jun	<b>MT</b> = 43,6 - 0,0128 MFTSp1	0,105	4,08749	9,7 %
1	FDSsa jun-aug	<b>BG</b> = 42,6 - 0,477 BfrostSA	0,095	3,55268	10,5 %
1	FTSsa apr-okt	<b>BT</b> = 43,0 - 0,0193 BFTSSA	0,146	3,77750	6,8 %



**Figur 8.** Inverkan av total FTS (°C) på de olika årsringsparametrarnas tillväxt i bestånd MT och MG.

**Tabell 4.** Överensstämmelse mellan regressionsfunktionerna för de fyra bestånden. ^ ej signifikant; \* p≤ 0,05; \*\* p≤ 0,01; \*\*\* p≤ 0,005; \*\*\*\* p≤ 0,001. R-Sq (adj) angiven i %. För förklaringar se tabell 1.

	Sommarvedsdensitet				Årsringsdensitet				Årsringsbredd				Sommarvedsandel			
	MG	MT	BG	BT	MG	MT	BG	BT	MG	MT	BG	BT	MG	MT	BG	BT
Njun									***		^					
Njul	^	*			*					*						
Naug		*	****		****		*				*	****	^	*		*
Nsa	**	**	****	***	****		*							^		
Tnov		*								^		****				
Tdec	*						*		**		^					
Tjan			^	*	***	^		*								*
Tfeb								*	***							
Tmar	^								***	^						***
Tapr	^		^		****			^	***			**	***			^
Tmaj		*		****	*	*	^		***		*		^	*		
Tjun									***							
Tjul	*	*	^	*												
Taug		*					*		^					*	^	
Tsep		*						*	***			***				
Tokt		**			****	**		^	***			****	*	****		
VEG 1					****				**				^	****		
VEG 2										*					^	
VEGsa				*	***	^						****		*		
Vår		***	**		****	*	***		***				*	***	*	
Sommar	^											****				
VårSom		^					*		*							
Tsa 1											*					
Tsa 2	^	*	^		***										*	
TSA	^	^	***				^	*								
R-sq adj	77,1	94,5	87,7	65,7	97,2	61,8	61,0	47,4	96,6	29,0	49,2	87,8	43,2	80,8	33,3	37,0

## Överensstämmelse och gemensamma trender för bestånden

Av de fyra bestånden är det MG som visar sig vara känsligast för klimatpåverkan och uppvisar flest signifikanta samband. Det är särskilt tydligt när det gäller årsringsdensiteten där MG uppvisar mycket starka korrelationer och har en R-Sq (adj) på 97,2 % (Tabell 4). MG har dessutom en signifikant lägre årsringsdensitet än de övriga tre bestånden. En förklaring till detta kan vara att MG är det enda långvarigt glesa beståndet och träden under längre tid fått möjlighet att breda ut sina kronor. De utvalda provträden i MG hade betydligt mer långsträckta kronor än de i övriga bestånd och Lindström (1997) fann ett negativt samband mellan kronutveckling och vedens densitetsutveckling hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.). Träden i BG har gallrats hårt men relativt nyligt och har under den tillväxtperiod som studerats inte

hunnit svara mycket på behandlingen. Beståndet måste därför, trots sitt nuvarande utseende, i princip betraktas som slutet och kan inte jämföras direkt med MG i detta sammanhang.

Även för korrelationen till årsringsbredd når R-Sq (adj) i MG mycket högt med 96,6 %. Den höga graden av korrelation kan möjligen härledas till det faktum att MG pga. sin öppna beståndskaraktär är känsligare för temperaturomslag och frost. Denna förklaring stöds både av den höga graden av signifikans i korrelationerna till temperatur både före och under vegetationsperioden, och av de många korrelationerna till frost, särskilt beträffande årsringsbredd (tabell 3). Även BT visar mycket tydlig klimatrespons gällande årsringsbredd, men korrelationerna skiljer sig åt förutom gemensamma starka trender i temperatur för september och oktober, och även april. BTs behov av gynnsamma sommartemperaturer verkar alltså inte vara lika stort, troligen tack vare att beståndet är tätare. Det som mest påverkar den radiella tillväxten är förhållandena i början och slutet av vegetationsperioden.

Heden är betydligt mer frostbenägen än det högre belägna Hygget, och MG och MT visar tillsammans en klar övervikt i signifikanta korrelationer till frostpåverkan jämfört med de två övriga. De två alternerar dessutom i att dominera de olika testkategorierna beträffande förklaringsprocent och antal signifikanta korrelationer. Det enda direkta undantaget är årsringsbredd där MT har ytterst få och svaga korrelationer. Den enklaste förklaringen till detta är konkurrens orsakad av beståndets höga stamantal i kombination med låg grad av självgallring, vilket här uppenbarligen begränsar diametertillväxten mer än klimatet.

Både BG och BT utmärker sig som de bestånd som generellt visar en lägre grad av korrelation inom samtliga kategorier. Undantagen är sommarvedsdensiteten som korrelerar starkt i BG, och årsringsdiameter för BT, vilket är detta bestånds enda riktigt starka korrelation. BT är också det enda bestånd som visar sig i princip opåverkat av frost. De troligaste förklaringarna är att de frosttillfällen som uppmäts på Hygget helt enkelt inte uppstår i beståndet, både beroende på dess läge och på ett bättre mikroklimat tack vare den höga andelen gran. En överblick på beståndsvisa överensstämmelser gällande allmänna klimatdata ges i tabell 4.

### ***Sommarvedsdensitet***

Vad gäller överensstämmelsen bestånden emellan är det sommarvedsdensiteten som uppvisar de jämnaste resultaten och den största likheten sett över samtliga bestånd. Här återfinns en stark, signifikant, negativ trend för total nederbördssumma juni – augusti, liksom en svagare positiv för julitemperatur i samtliga fyra bestånd. Gindl *et al.* (2000) fann istället temperaturen



under perioden mitten av augusti till slutet av september vara det som starkast påverkade gran vid trädgränsen i österrikiska Alperna. Den studien fokuserade dock inte på medeldensiteter utan maxdensiteten, som är densiteten av de allra sista vedcellerna som bildas under säsongen vilket troligen förklarar den senare tidpunkten.

En viss grad av samband mellan temperatur och nederbörd i det avseende att hög temperatur innebar lägre mängd nederbörd fanns men var inte signifikant för den totala studerade perioden. Däremot kan man misstänka att effekten av nederbörd är indirekt och beror på lägre instrålning och förändrad energibalans pga. större förekomst av moln (Ottosson Löfvenius 1993a).

Temperatursumma efter skottsträckning samt den totala temperatursumman för växtperioden visar tydlig positiv korrelation i samtliga bestånd utom BT som inte uppvisar en egentlig trend. MT och BG visar stark positiv korrelation med vårens längd och studier av residualplottar visar att samma trend även finns i övriga bestånd. BG visar även en särskilt starkt påverkan av nederbörd, både totalt och för senare delen av vegetationsperioden. Vidare finns i MT en negativt signifikant korrelation med medeltemperaturen i oktober, och även denna trend är gemensam för samtliga bestånd. MT har en överväldigande hög grad av korrelation inom sommarvedsdensitet.

Den förhållandevis höga jämnheten i klimatsamband antyder att det kan vara mer eller mindre samma grupp faktorer som styr variationen i sommarvedsdensitet, oavsett om denna är förhållandevis hög eller låg i det specifika beståndet. Den enda faktor som avviker är frost som främst verkar påverka MT med tre signifikanta samband. Signifikant korrelation finns även i BG medan MG och BT verkar vara opåverkade.

### ***Årsringsdensitet***

Den totala årsringsbredden visar det näst jämnaste resultatet, en aning mindre definierat än sommarvedsdensiteten, och här är det MG som uppvisar de starkaste korrelationerna.

Oktobertemperaturen får större genomslag med en genomgående negativ trend, liksom även vårens längd där korrelationen är positiv. De två glesa bestånden korrelerar båda signifikant negativt med nederbörd i augusti och totalt. Dessutom finns överensstämmelse men skiftande trender gällande januaritemperatur (positiv i M-bestånden, men negativ i BT), temp i maj (positiv i MG och BT men negativ i MT). De bästa frostkorrelationerna till årsringsdensitet visade sig finnas i de två mer frostbenägna M-bestånden. Både MG och MT uppvisade

starkast korrelation till samma fyra frostdata; FTSSumma apr-jun, FDSsumma jun-aug, FTSSumma apr-okt samt FDS juni, varav de två senare var starkt signifikant respektive signifikant i MT. En genomgående positiv trend till FDS juni kunde dessutom ses i samtliga fyra bestånd även om korrelationen var dålig i B-bestånden.

### ***Årsringsbredd***

Inom årsringsbredd skiljer MG ut sig mest som det enda beståndet med signifikant frostpåverkan. Det uppvisar även signifikanta korrelationer till i princip samtliga månadstemperaturer utom för juli, något som är intressant eftersom många andra studier har funnit julitemperaturen vara den mest betydande för radiell tillväxt (exv. Gindl *et al.* 2000, Macias *et al.* 2004, Kalela-Brundin 1999b). Också BT utmärker sig och uppvisar sina allra starkaste korrelationer till årsringsbredd, men de är mer förlagda till vår- och hösttemperaturer. Övriga bestånd har få och svagare korrelationer, främst kopplade till nederbörd och vintertemperaturer. Generellt är överensstämmelsen svag mellan de olika bestånden gällande frost såväl som övriga väderparametrar, som bäst är de parvisa. En överensstämmelse mellan de täta bestånden finns i novembertemperatur. Den är dock bara signifikant i BT, där den är negativ, medan den är svagare, och positiv, i MT. De glesa bestånden svarar likartat på juninederbörd (negativt), decembertemperatur (negativt) samt majtemperatur (positivt), men med signifikanta korrelationer endast i MG.

Den positiva inverkan av nederbörd som främst rapporterats från centrala Europa (exv. Horacek *et al.* 1999), även vid stora regnmängder (Bouriard *et al.* 2005) saknades helt på den radiella tillväxten i de studerade bestånden. Denna effekt anses dock av författarna snarare bero på höga temperaturer som medför direkt vattenbrist. Den slutsatsen stöds av Kalela-Brundins (1999a) resultat från mer maritimt klimat i Norge där nederbörden inte hade någon effekt på årsringsbredden. Den negativa påverkan av juninederbörd som fanns i vissa bestånd skulle möjligtvis också kunna förklaras med ett omvänt förhållande mot i Centraleuropa; mer regn innebär mer moln som ger lägre instrålning och svalare växtförhållanden (Ottosson Löfvenius 1993). Resultat finns från Finland påvisar en gradvis skiftning av tonvikt från nederbörd i söder mot en starkare betydelse av temperatur i norr (Lindholm *et al.* 2000, Mäkinen *et al.* 2000).

### ***Sommarvedsandel***

Generellt är det MT som visar flest och starkast korrelationer än något annat bestånd inom sommarvedsandel. Den tydligaste gemensamma trenden är en signifikant, positiv korrelation

till vårens längd i MG, MT och BG, men den är synlig även i BT med hjälp av residualplottar. Trots att korrelationen är starkast i MT är trenden samtidigt otydligast här. Annars visar sig sambanden främst i överensstämmelser mellan de två M-bestånden. För oktobertemperatur har båda M-bestånden en signifikant negativ trend som också syns på residualplottar för BT. Dessutom finns i båda bestånden en positiv korrelation med längd av VEGdel1. Korrelation med augustinederbörd finns, och är tydlig, för MT och BT (positiv trend) medan den är svagare och ej signifikant i MG som inte uppvisar någon egentlig trend alls.

Sommarvedsandelens är också den enda faktor som helt saknar signifikanta samband med frostförekomst, men korrelationsnivåerna är här jämnare utan några riktigt utmärkande extremvärden. Återigen är korrelationerna tydligast och starkast i MG för i stort sett hela vegetationsperioden, dock med viss tonvikt på juni. Vilket stämmer med den indirekta positiva påverkan man får på sommarveden pga. frostens negativa inverkan på vårveden.

De positiva korrelationerna till vårens längd, som i princip är genomgående i samtliga bestånd för såväl sommarvedsdensitet som årsringsdensitet och sommarvedsandel, kan kanske härledas till den ökade sommarvedsandel samt densitet vid fördelaktigt klimat angiven av Schweingruber (1988). En längre vår borde kunna innebära en tidigare start och chans till en längre vegetationsperiod.

## Slutsatser

- Med ökad nederbörd under tiden juni - augusti verkar sommarvedsdensiteten, och även den totala årsringsdensiteten, påverkas negativt i det studerade området och särskilt tydlig i bördigare bestånd. Nederbörden verkar dock ha liten inverkan på övriga parametrar. Effekten av ökad nederbörd är förmodligen inte enbart direkt utan det är sannolikt att ökad nederbörd kan medföra lägre instrålning och förändrad energibalans.
- Temperatursumman, för perioden efter skottsträckning såväl som totalt under hela perioden juni – augusti, verkar ofta vara positivt korrelerad till sommarvedsdensiteten
- I frostbenägna bestånd inverkar frost positivt på samtliga led i årsringens tillväxt, men andra faktorer verkar styra huruvida densitet eller radiell tillväxt påverkas mest i det aktuella beståndet. Troligen är det en negativ inverkan på vårvedstillväxt som ger positiva trender för sommarvedsandel, sommarvedsdensitet och årsringsdensitet. Den positiv frostinverkan på årsringsbredden är oklar.
- Ett tätt bestånd kan ev. påverkas mer av frost än ett glest bestånd avseende sommarvedsdensitet och årsringsdensitet. I ett glest bestånd verkar frosten ha störst effekt på den radiella tillväxten även om inverkan på årsringsdensiteten också kan skönjas. Möjligtvis kan en ökad frostinverkan finnas under perioden juni – juli. Här verkar sommarvedsdensiteten dock vara opåverkad.
- Sommarvedsdensiteten är den egenskap i det studerade området som generellt visar bäst överensstämmelse med väderparametrar. Dock verkar beståndsstrukturen spela roll; i studiens glesa bestånd på mager mark var väderpåverkan stor på total ringbredd och densitet medan i det täta beståndet hade vädret inverkan på sommarvedsdensitet och sommarvedsandel.
- Resultaten indikerar totalt sett att beståndets karaktär har betydelse för hur olika väder-/klimatfaktorer påverkar tillväxten, beroende på vad som är de mest begränsande faktorerna på den aktuella platsen.

## **Tack**

Det är några personer som har haft stor del i detta examensarbets lyckliga avslutande:

Till att börja med vill jag rikta ett innerligt tack till Sören Holm för hans tålmodiga förklaringar och utförliga svar på alla mina statistikrelaterade frågor, du är en klippa Sören!

Jag vill också tacka Hans-Göran Nilsson på Vindelns försökspark för all hjälp med bestånd och kartor och inte minst skotertransport ute i skogen. Stort tack också till min handledare Johan Lindeberg för all hjälp, speciellt med all den läskigt dyra mätutrustningen, och till Urban Bergsten för fin guidning och stort tålamod under textens framväxt.

Och sist men inte minst till Mauricio Fuentes för sällskap, stöd och uppmuntran, älskar dig!

## Referenser

- Anon.** 1981 – 2000. Klimat och vattenkemi vid Svartberget: referensmätning 1980 – 1998. Sveriges lantbruksuniversitet, Vindeln
- Barber, V.A., Juday, G.P. & Finney, B. P.** 2000. Reduced growth of Alaskan white spruce in the twentieth century from temperature-induced drought stress. *Nature* 405:668-673
- Bergsten, U., Lindeberg, J., Rindby, A. & Evans, R.** 2001. Batch measurements of wood density on intact or prepared drill cores using x-ray microdensitometry. *Wood Science and Technology* 35:435-452
- Bjor, K. & Sandvik, M.** 1984. Summer frost in a locality in Trøndelag, i *Ecology and Management of Forest Biomass Production Systems*. Department of Ecology & Environmental Research, Swedish University of Agricultural Sciences, Report 15:19-28
- Bouriaud, O., Leban, J.-M., Bert, D. & Deleuze, C.** 2005. Intra-annual variations in climate influence growth and wood density of Norway spruce. *Tree Physiology* 25:651-660
- Briffa, K.R., Osborn, T.J., Schweingruber, F.H., Jones, P.D., Shiyatov, S.G. & Vaganov, E.A.** 2002. Tree-ring width and density data around the Northern Hemisphere: Part 2, spatio-temporal variability and associated climate patterns. *The Holocene* 12(6):759-789
- Briffa, K.R., Schweingruber, F.H., Jones, P.D., Osborn, T.J., Shiyatov, S.G. & Vaganov, E.A.** 1998. Reduced sensitivity of recent tree-growth to temperature at northern latitudes. *Nature* 391:678-682
- Christersson, L.** 1984. Frost damage during the growing season, i *Plant Production in the North*, 191-198. Norwegian University Press
- Denne, M.P. & Dodd, R.S.** 1981. The environmental control of xylem differentiation, i *Xylem Cell Development*, 236-255. Castle House Production, Kent
- Dytham, C.** 2001. Choosing and Using Statistics, A Biologist's Guide. Blackwell Science Ltd.
- Fritts, H.C.** 1976. Tree-rings and climate. Academic Press, London
- Fritts, H.C., Hughes, M.K. & Milsom, S.J.** 1986. The climate-growth response, i *Climate from tree rings*, 33-38. Cambridge University Press
- Fritts, H.C., Shashkin, A. & Downes, G.M.** 1999. A simulation model of conifer ring growth and cell structure, i *Tree Ring Analysis, Biological, Methodological and Environmental Aspects*. Cambridge University Press
- Gindl, W., Grabner, M. & Wimmer, R.** 2000. The influence of temperature on latewood lignin content in treeline Norway spruce compared with maximum density and ring width. *Trees* 14:409-414

**Horacek, P., Slezingerova, J. & Gandelova, L.** 1999. Effects of environment on the xylogenesis of Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.), i *Tree Ring Analysis, Biological, Methodological and Environmental Aspects*. Cambridge University Press

**Kaalela-Brundin, M.** 1999a. Climatic information from tree rings of *Pinus sylvestris* L. and a reconstruction of summer temperatures back to AD 1500 in Femundsmarka, eastern Norway, using partial least squares regression (PLS) analysis, in *Climate Information From Tree Rings*. Doctoral thesis, Department of Forest Vegetation Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå

**Kaalela-Brundin, M.** 1999b. Summer temperature and precipitation in the mountains of southwest Norway in AD 1700 – 1990 based on tree rings of *Pinus sylvestris* L. I *Climate Information From Tree Rings*. Doctoral thesis, Department of Forest Vegetation Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå

**Lindholm, M., Lehtonen, H., Kolström, T., Meriläinen, J. & Timonen, M.** 2000. Climate signals extracted from ring-width cronologies of Scots Pines from the northern, middle and southern parts of the boreal forest belt in Finland. *Silva Fennica* 34(4):317-330

**Linderholm, H.W., Solberg, B.Ø. & Lindholm, M.** 2002. Tree-ring records from central Fennoscandia: the relationship between tree growth and climate along a west-east transect. *The Holocene* 13(6): 887-895

**Lindström, H.** 1997. Wood Variation in Young Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Created by Differences in Growth Conditions. Doctoral thesis, Department of Forest-Industry-Market Studies, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala

**Lundmark, T., Hällgren, J-E. & Degermark, C.** 1988. Effects of summer frost on the gas exchange of field-grown *Pinus sylvestris* L. seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3:441-448

**Macias, M., Timonen, M., Kirchhefer, A.J., Lindholm, M., Eronen, M. & Gutiérrez, E.** 2004. Growth variability in Scots Pine (*Pinus sylvestris*) along a west-east gradient across northern Fennoscandia: A dendroclimatic approach. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, Vol. 36(4):565-574

**Mäkinen, H., Nöjd, P., Mielikäinen, K.** 2000. Climatic signal in annual growth variation of Norway Spruce (*Picea abies*) along a transect from central Finland to the arctic timberline. *Canadian Journal of Forest Research* 30:769-777

**Ottosson Löfvenius, M.** 1993a. Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area. Doctoral thesis, Department of Forest Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå

**Ottosson Löfvenius, M.** 1993b. Observations of the nocturnal temperature regime in pine shelterwood and a nearby clear-cut area. Doctoral thesis, Department of Forest Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå

- Sakai, A. & Larcher, W.** 1988. Frost Survival of Plants, Responses and Adaptation to Freezing Stress. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Stokes, M.A. & Smiley, T.L.** 1968. An Introduction to Tree-ring Dating. The University of Chicago Press
- Strandberg, M.** 2002. Inverkan av vegetationsperiodens temperatur på årsringens egenskaper hos boreal tall, En pilotstudie baserad på karakterisering av vår- och sommarvedstrakeider. Examensarbete, Institutionen för skogsskötsel. SLU, Umeå
- Schweingruber, F.H.** 1988. Tree Rings, Basics and Applications of Dendrochronology. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht, Holland
- Schweingruber, F.H., Briffa, K.R. & Nogler, P.** 1993. A tree-ring densitometric transect from Alaska to Labrador. International Journal of Biometeorology 37:151-169
- Zamudio, F., Rozenberg, P., Baettig, R., Vergara, A., Yañez & M., Gantz, C.** 2005. Genetic variation of wood density components in a radiata pine progeny test located in the south of Chile. Ann. For. Sci. 62:105-114
- Zobel, B.J. & van Buijtenen, J.P.** 1989. Wood Variation, It's Causes and Control. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg



## Bilaga 1. Väderdata som utgjort grund för arbetet

**Tabell 1.** Medeltemperaturer i °C för bestånd BG samt BT från klimatstation Hygget, Svartberget, Vindeln. Temperaturer för nov och dec har i tabellen förskjutits för att gälla för efterföljande år (1980:s temp för 1981:s vegetationsperiod, etc.)

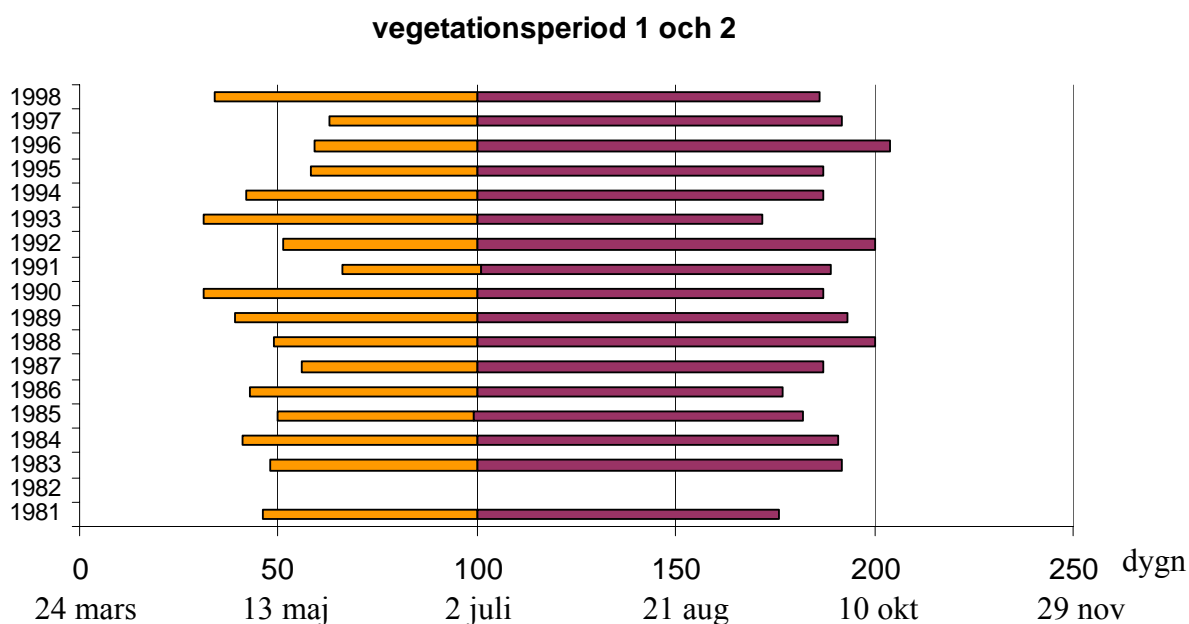
År	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980	-15,2	-16,3	-8,9	2,1	6,5	14,9	15,2	11,9	8,1	-0,9	*	*
1981	-12,0	-12,3	-10,8	0,4	8,4	10,5	14,7	10,7	6,9	1,3	-14	-12,7
1982	-17,5	-9,5	-2,6	1,2	6,0	9,5	14,7	12,5	6,7	1,0	-7,0	-16,6
1983	-10,0	-11,8	-6,1	1,4	8,1	11,9	14,7	11,1	8,0	1,8	-4,1	-10,6
1984	-15,8	-7,6	-9,0	2,6	10,6	11,8	14,1	12,4	6,5	2,5	-9,2	-12,2
1985	-21,7	-22,1	-6,0	-0,9	5,7	11,9	13,7	12,6	6,6	3,1	-6,1	-4,9
1986	-17,6	-13,8	-2,2	-0,9	8,1	15,1	14,0	9,6	4,2	2,5	-9,1	-20,2
1987	-22,5	-13	-8,1	0,7	5,3	10,5	13,2	9,0	5,9	4,9	-2,1	-12,7
1988	-8,4	-8,9	-5,8	-1,0	7,7	14,4	16,9	11,7	7,8	-0,4	-3,6	-11,6
1989	-5,6	-5,1	-2,2	1,3	7,2	12,4	14,3	11,8	7,0	-0,4	-9,8	-13,1
1990	-11,8	-2,1	-2,9	1,4	7,0	11,7	14,1	12,4	6,1	2,2	-4,2	-12,8
1991	-8,9	-14,3	-4,9	0,4	4,3	9,8	15,2	13,7	4,8	1,2	-7,4	-6,7
1992	-8,4	-5,1	-2,7	-2,9	8,7	13,2	12,6	11,0	7,6	-5,5	-4,0	-7,0
1993	-11,0	-6,3	-3,8	0,3	8,4	8,9	13,9	10,7	3,4	-0,7	-6,8	-6,0
1994	-14,3	-18,9	-7,1	1,6	4,5	10,6	16,6	12,4	5,5	-0,3	-5,5	-9,6
1995	-9,8	-6,6	-3,5	-1,0	5,0	13,7	12,8	12,2	6,2	3,0	-6,3	-5,6
1996	-8,5	-15,1	-5,8	0,4	5,2	11,2	12,8	14,1	6,3	2,3	-8,2	-14,3
1997	-10,2	-8,3	-3,9	-2,1	4,6	13,2	16,6	14,5	8,1	-0,8	-8,4	-11,6
1998	-8,5	-10,1	-7,1	-2,0	5,6	11,3	14,0	10,9	7,8	1,5	-4,7	-8,7

**Tabell 2.** Medeltemperaturer i °C för bestånd MG samt MT från klimatstation Heden, Svartberget, Vindeln. Temperaturer för nov och dec har i tabellen förskjutits för att gälla för efterföljande år (1980:s temp för 1981:s vegetationsperiod, etc.)

År	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980	-11,9	-13,2	-7,7	2,3	6,6	14,8	15,4	12,1	8,6	-0,3	-10	-10,3
1981	-9,5	-10,5	-9,5	0,8	8,8	10,0	14,3	10,6	7,2	1,4	-6,3	-14,6
1982	-13,8	-6,5	-2,5	0,9	5,7	9,6	14,6	12,7	6,7	1,4	-3,0	-7,5
1983	-8,0	-9,0	-5,3	1,1	7,9	11,5	14,5	11,3	7,8	1,6	-7,4	-9,3
1984	-12,8	-6,4	-7,7	2,4	10,4	11,7	13,5	12,4	6,3	2,7	-4,8	-4,3
1985	-18,1	-19,3	-5,6	-1,1	4,9	11,8	13,5	12,3	6,5	3,6	-7,2	-15,4
1986	-14,9	-11,8	-2,6	-1,5	7,6	14,5	13,5	9,0	4,0	2,6	-1,5	-11,9
1987	-19,0	-11,3	-7,7	0,4	5,5	10,5	12,5	8,9	5,8	4,8	-2,9	-9,0
1988	-7,7	-9,0	-6,2	-1,0	7,5	14,5	16,6	11,3	8,2	0,4	-7,5	-10,1
1989	-3,8	-4,0	-2,3	1,7	7,7	12,6	14,4	12,2	7,8	0,9	-2,2	-9,8
1990	-9,9	-1,3	-1,8	1,9	7,4	11,9	14	12,8	6,6	3,1	-5,2	-4,6
1991	-6,5	-12,1	-3,8	0,9	4,0	9,9	15,4	13,9	5,7	1,9	-2,4	-4,5
1992	-5,2	-3,6	-1,8	-2,3	9,3	13,6	12,8	11,2	8,0	-4,1	-5,5	-4,0
1993	-8,0	-4,7	-2,5	0,8	8,6	8,9	13,8	10,9	4,2	0,1	-4,3	-7,9
1994	-12	-14,8	-5,1	2,2	5,1	10,8	16,9	13,1	6,5	0,8	-4,4	-3,6
1995	-7,8	-4,7	-2,5	-0,1	5,4	13,8	13,1	12,5	6,9	3,7	-6,3	-10,8
1996	-6,6	-12,7	-4,5	1,0	5,5	11,4	13	14,7	7,0	3,0	-6,3	-9,3
1997	-7,3	-6,8	-2,9	-1,2	5,1	13,5	17	15,1	8,7	0,2	-3,8	-6,6
1998	-6,9	-8,6	-5,9	-0,9	6,2	11,4	14,3	11,2	8,3	2,2	-6,2	-6,6

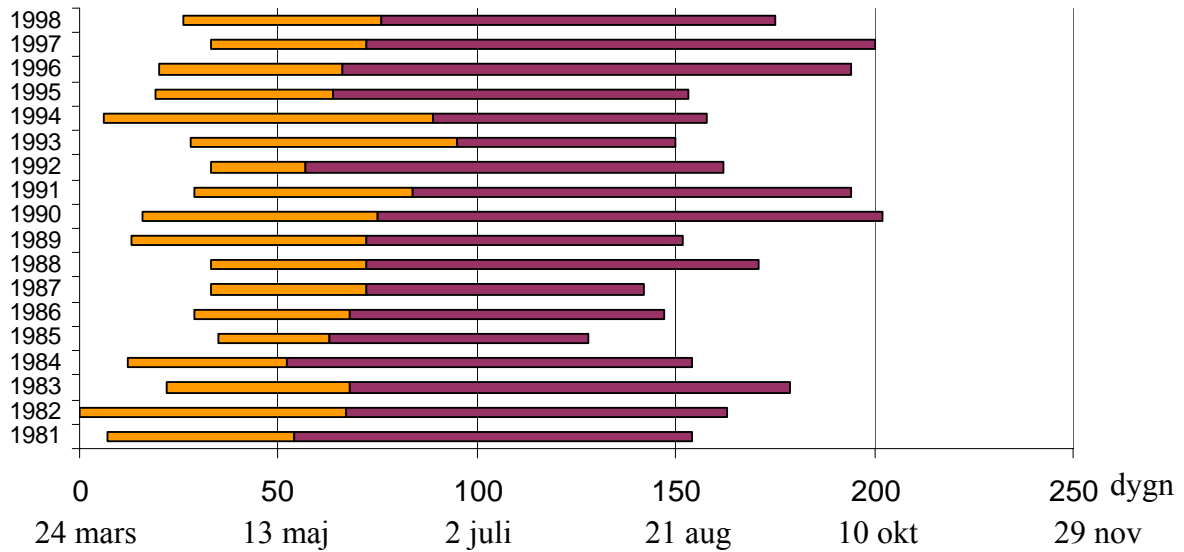
**Tabell 3.** Temperatursummor i °C för vegetationsperiodens del 1, under skottsträckning, och del 2, efter skottsträckning samt totalt, antal vår- respektive sommardygn samt, längd av vegetationsperiodens del 1 och 2 i dygn samt summerat. \* Mätningar saknas

År	Temperatursumma under vegetationsperioden, under- och efter skottsträckning (°C)			Vårens och sommarens längd i dygn			Veg. periodens längd i dygn, under- och efter skottsträckning		
	Del 1	Del 2	Totalt	Vår	Sommar	Summa	Del 1	Del 2	Summa
<b>1980</b>	*	*	*	*	*	*	48	92	140
<b>1981</b>	307	500	807	47	100	147	54	76	130
<b>1982</b>	171	629	800	67	96	163	38	97	135
<b>1983</b>	267	597	864	46	111	157	52	92	144
<b>1984</b>	272	531	803	40	102	142	59	91	150
<b>1985</b>	253	556	809	28	65	93	49	83	132
<b>1986</b>	352	410	762	39	79	118	57	77	134
<b>1987</b>	175	401	575	39	70	109	44	87	131
<b>1988</b>	335	623	985	39	99	138	51	100	151
<b>1989</b>	315	607	922	59	80	139	61	93	154
<b>1990</b>	300	590	890	59	127	186	69	87	156
<b>1991</b>	159	642	801	55	110	165	35	88	123
<b>1992</b>	397	527	924	24	105	129	49	100	149
<b>1993</b>	254	463	717	67	55	122	69	72	141
<b>1994</b>	207	662	869	83	69	152	58	87	145
<b>1995</b>	325	543	868	45	89	134	42	87	129
<b>1996</b>	230	603	833	46	128	174	41	104	145
<b>1997</b>	264	784	1048	39	128	167	37	92	129
<b>1998</b>	255	585	840	50	99	149	66	86	152



**Figur 1.** Vegetationsperiodens längd under och efter skottsträckning, samt deras början och slut.

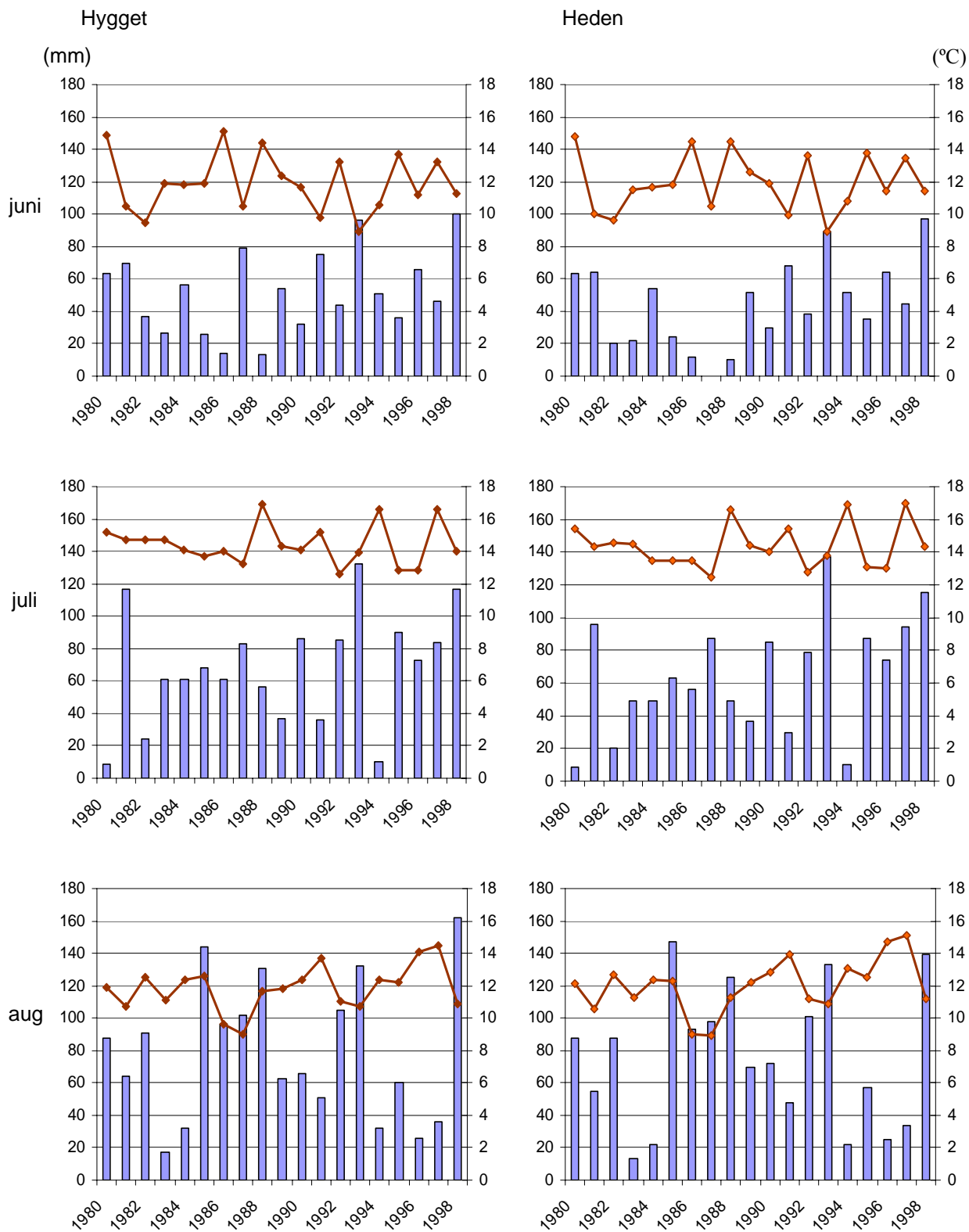
### vår- och sommarlängd



**Figur 2.** Våren och sommarens längd, början och slut 1981 – 1998.

**Tabell 4.** Nederbörds mängder i mm från Heden respektive Hygget. För 1980 finns endast gemensamt värde.  
\* Mätning/värde saknas

År	Nederbörd Heden (mm)				Nederbörd Hygget (mm)			
	juni	juli	augusti	totalt	juni	juli	augusti	totalt
<b>1980</b>	63,6	8,8	88	160,4	63,6	8,8	88	160,4
<b>1981</b>	70	116,4	63,9	250,3	63,9	95,7	54,5	214,1
<b>1982</b>	37	24	91	152	20	20	88	128
<b>1983</b>	27	61	17	105	22	49	13	84
<b>1984</b>	56	61	32	149	54	49	22	125
<b>1985</b>	26	68	144	238	24	63	147	234
<b>1986</b>	14	61	96	171	12	56	93	161
<b>1987</b>	79	83	102	264	*	87	98	*
<b>1988</b>	13	56	131	200	10	49	125	184
<b>1989</b>	54	37	63	154	52	37	70	159
<b>1990</b>	32	86	66	184	30	85	72	187
<b>1991</b>	75	36	51	162	68	30	48	146
<b>1992</b>	44	85	105	234	38	79	101	218
<b>1993</b>	96	132	132	360	89	137	133	359
<b>1994</b>	51	10	32	93	52	10	22	84
<b>1995</b>	36	90	60	186	35	87	57	179
<b>1996</b>	66	73	26	165	64	74	25	163
<b>1997</b>	46	84	36	166	45	94	34	173
<b>1998</b>	100	117	162	379	97	115	139	351



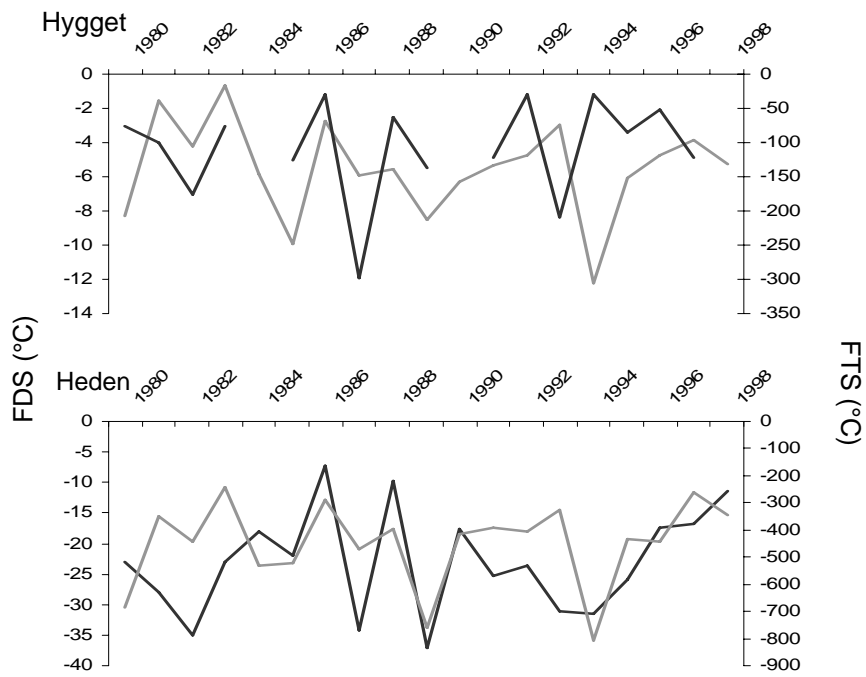
**Figur 3.** Nederbörd (mm) plottad mot medeltemperatur (°C) under sommarmånaderna för Heden respektive Hygget. Mätning saknas från Heden i juni 1987.

**Tabell 5.** Frostdygnsomnor samt frosttimsomnor i °C för klimatstation Hygget, Vindelns försökspark Svartberget

År	FDS Hygget (°C)			FTS Hygget (°C)						
	Juni	Juli	Aug	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt
1980	-1		-2		-149	-5		-4	-46	-3
1981	-2		-2		-18	-4		-4	-13	
1982	-7					-15			-87	-3
1983	-2		-1		-6	-1		-1	-8	
1984					-91				-55	
1985	-4	0	-1		-207	-26		-1	-14	
1986			-1,2		-15			-3	-50	
1987	-0,1	-2,8	-9		-45	-2		-29	-73	
1988	-2,5				-64	-10			-54	-11
1989	-2,9		-2,6		-85	-14		-13	-98	-3
1990				-27	-101	-2			-28	
1991	-3,7		-1,2			-18		-4	-111	
1992	-1,2				-9	-2			-60	-48
1993	-8,1		-0,3	-11	-11	-20		-1	-31	
1994	-1,2				-201	-1			-104	
1995			-3,4		-12			-11	-128	
1996	-0,9		-1,2		-20	-2		-3	-54	-40
1997	-4,6		-0,3		-33	-10		0	-53	
1998				-0,2	-128				-3	

**Tabell 6.** Frostdygnsomnor samt frosttimsomnor i °C för klimatstation Heden, Vindelns försökspark Svartberget

År	FDS Heden (°C)			FTS Heden (°C)						
	Juni	Juli	Aug	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt
1980	-6	-5	-12		-310	-23	-14	-61	-248	-30
1981	-12		-16		-166	-34		-74	-76	
1982	-26	-2	-7		-7	-85	-5	-25	-315	-6
1983	-11		-12		-65	-34		-53	-89	
1984	-10		-8		-306	-25		-37	-165	
1985	-16	-2	-4		-313	-76	-5	24	-104	
1986	-2,5	-0,5	-4,3		-106	-8	-1	-36	-138	
1987	-10	-1,6	-22,6		-142	-35	-7	-109	-177	
1988	-9,6		-0,1		-151	-33		-1	-127	-85
1989	-19,5	-4,9	-12,8		-283	-57	-8	-38	-355	-18
1990	-11,1	-1,4	-5,2	-45	-234	-25	-2	-17	-93	
1991	-24		-1,2		-3	-79		-17	-294	
1992	-15,3	-4,3	-4,1		-38	-55	-16	-11	-124	-160
1993	-27,1		-4	-63	-93	-65		-6	-100	
1994	-20,8	-1,4	-9,2		-456	-38	-2	-17	-292	
1995	-3,5	-6,8	-15,7		-34	-5	-8	-63	-326	
1996	-12,2		-5,2		-67	-22		-15	-189	-149
1997	-10,4		-6,3		-74	-22		-15	-148	
1998	-9	-0,2	-2,2	-9	-277	-11		-4	-46	



**Figur 4.** Total frostdygnssumma, FDS (ljus), jämförd med total frosttimssumma, FTS (mörk) på Heden respektive Hygget. Ingen frost uppmätt på Hygget 1984 och 1990.



## TIDIGARE UTGIVNA NUMMER

- 2007:1 Författare: Sören Möller Pedersen.  
Model of individual tree mortality for trembling aspen, lodgepole pine, hybrid spruce and subalpine fir in northwestern British Columbia.
- 2007:2 Författare: Richard Dermer.  
Picea mariana ((P. Mill.) B.P.S), P. abies (L.), Pinus contorta (Dougl.) och P. sylvestris (L.). – En jämförelse av produktion och potentiell kvalitet hos försöksbestånd i Jämtlands län.
- 2007:3 Författare: Johan Oskarsson och Martin Busk.  
Rätten till Norrland – nutida strider, historisk arena.
- 2007:4 Författare: Malin Svensson.  
Vattenkvalitén i Fredstorpsbäcken – dikad bäck på fastigheten Rämningstorp i Skara kommun.
- 2007:5 Författare: Maija Kovanen.  
Growth responses in Swedish boreal coniferous forests after addition of nitrogen as sewage sludge pellets.
- 2007:6 Författare: Jonas Kling  
Att återställa en naturlig ordning. Skogshistoria och restaureringsbränning i Långsidbergets naturreservat
- 2007:7 Författare: Thomas Tjernell  
Vindfällning, tillväxt och plantuppslag i en 13-årig granskärm i Medelpad