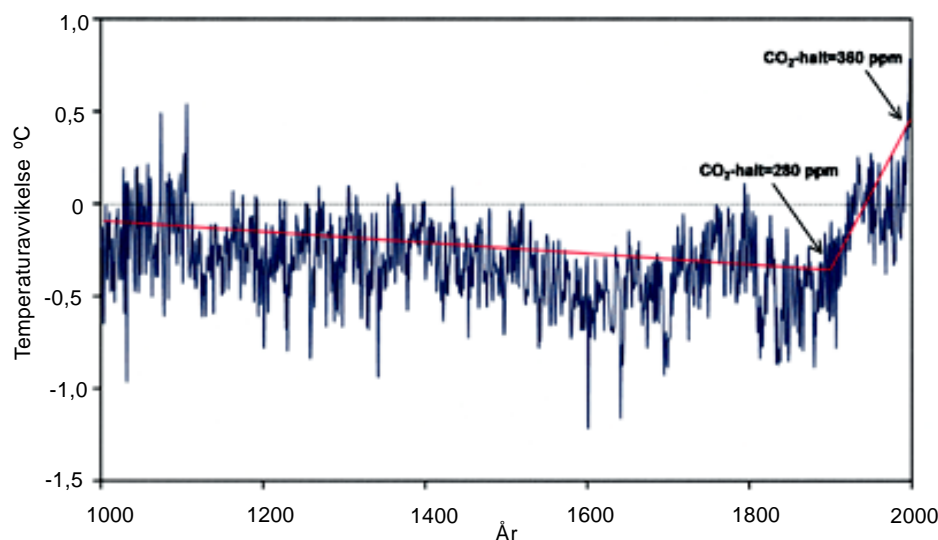


Johan Bergh • Sara Flemberg • Jonas Kindberg • Sune Linder • Jouni Räisänen • Monika Strömgren • Göran Wallin.

Framtida klimatförändringar - tänkbara effekter på den svenska skogen

- En ökad temperatur kommer, enligt SWECLIMs klimatscenarier, att innebära en ca två månader längre växtsäsong i Sverige. Detta skulle innebära en ökad fotosyntes med 9-12 procent i södra Sverige och 15-18 procent i norra.
- Fältexperiment i Västerbotten, där man har värmt upp marken fem grader över den normala temperaturen, visar en markant ökning av näringsomsättningen och tillväxten hos 35-åriga granar.
- Träden i Sveriges skogar skulle kunna öka sitt kolupptag med ungefär 40 procent, vilket skulle innebära en ökad kolfixering på ca 4-5 miljoner ton per år.



FIGUR 1. Temperaturavvikelser från den globala medeltemperaturen de senaste 1000 åren. Den röda trendlinjen pekade länge svagt nedåt som om vi var på väg mot en ny istid, men i takt med en ökande koldioxidhalt i atmosfären har trenden ändrats sedan sekelskiftet. Frågan är om detta är en effekt av atmosfärens ökade koldioxidhalt eller en naturlig klimatvariation. (efter Mann, 1995)

Efter klimatmötena i Kyoto och Haag har skogsekosystemens roll som kolfixerare diskuterats allt livligare. Varje land som skrev under Kyotoavtalet åtog sig att minska utsläppen av koldioxid och upprätta nationella kolbudgetar. I länder som Sverige, där hälften av landarealen utgörs av skogsmark, har skogen en central roll för den nationella kolbalansen. Våra barrskogar, som är en del av det nordliga barrskogsbältet (Taigan), antas även spela en viktig roll för den globala kolbalansen. Det är också av stor betydelse för en korrekt bedömning av den framtida nationella kolbalansen att även inkludera hur växthuseffekten kan komma att påverka skogens förmåga att ta upp koldioxid och därigenom producera biomassa och lagra kol.

SWECLIM gör nordiska klimatscenarier

Halten växthusgaser, främst koldioxid, i atmosfären har ökat under 1900-talet vilket av många forskare anses vara orsaken till en uppmätt ökning av jordens medeltemperatur (figur 1). Med en ökad mängd koldioxid i atmosfären ökar absorptionen och återreflektionen av långvägig strålning till jordytan. En fortsatt global uppvärmning under kommande sekel är därför trolig, eftersom koldioxidhalten även fortsättningsvis kommer att öka ifall

inga drastiska åtgärder att minska utsläppen sätts in. Det är osäkert vilka effekter klimatförändringarna kommer att få i olika regioner. De klimatmodeller som dagens forskare arbetar med är i första hand globala. Därför initierade SMHI, Stockholms och Göteborgs universitet forskningsprogrammet SWECLIM (Swedish Regional Climate Modelling Programme) i mitten av 90-talet. Syftet med SWECLIM är att med utgångspunkt från globala modeller som har låg regional upplösning göra detaljerade scenarier av det framtida klimatet i Norden.

Det blir varmare och mer nederbörd

SWECLIMs första scenarier visar att årsmedeltemperaturen om 100 år kommer att ha ökat med ca 3 °C i södra och något mer i norra Sverige (figur 2). Temperaturhöjningen tenderar att vara något högre under vintern. Det varmare klimatet kommer att innebära att växtsäsongen förlängs med ca två månader i större delen av Sverige (figur 3).

Även nederbördsmängden förutspås öka i nästan hela Sverige och allra mest i fjällkedjan, som redan idag har den största nederbörden. Procentuellt sett visar scenariot att ökningen blir störst i norra Sverige, medan nederbörden i stort sett är

oförändrad i sydöstra Sverige. Med kunskap om hur olika klimatfaktorer påverkar skogens produktion och kolbalans, samt med hjälp av resultat från växthuseffektsexperiment som pågår i Sverige, skall vi här åskådliggöra hur en klimatförändring enligt SWECLIMs scenarier kan påverka de svenska skogarnas produktion och kolbalans.

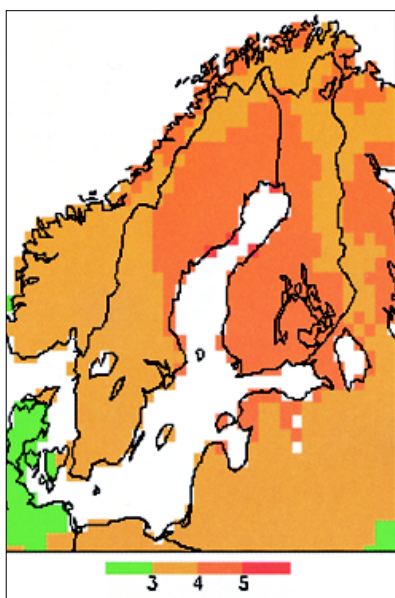
Längre växtsäsong ger mer fotosyntes

En ökning av växtsäsongens längd kommer att medföra att fotosyntesen startar tidigare på våren och slutar senare på hösten. Detta innebär att mer solljus kan utnyttjas för fotosyntes i ett framtida klimat (figur 4). Den relativa ökningen i trädens årliga fotosyntes i södra Sverige blir 9-12 procent och i norra Sverige 15-18 procent. Relativt sett torde ökningen bli störst i nordvästra Sverige, på gränsen mot fjällregionen.

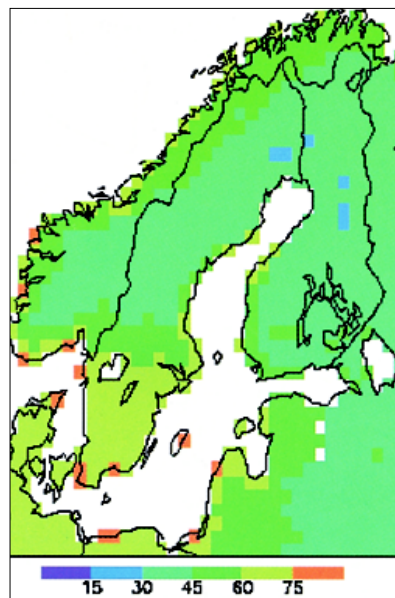
Knoppsprickning tidigare på våren

Knoppsprickning och skottskjutning på våren hos våra barr- och lövträd påverkas av lufttemperaturen och dagslängden. Hos barrträden är den oftast starkt korrelerad till en temperatursumma, medan lövsprickningen hos vissa av våra lövträd är en kombination av temperatursumma och dagslängd. En ökning av luftens temperatur kommer därför att leda till tidigare skottskjutning.

Med hjälp av resultat från en mängd fältexperiment där vi utsatt träd för ökad temperatur, och en enkel simuleringsmodell för skottskjutning, har vi visat att skottskjutningen hos gran och tall kommer att kunna ske ca 2 veckor tidigare i södra och 4 veckor tidigare i norra Sverige. Tidigare skottskjutning kan under vissa omständigheter öka risken för frostsador, som kan vara allvarliga i plant- och ungskogar. Om plantor under flera år utsätts för kraftiga vårfroster kan de slutligen dö. Jämförelser mellan frekvensen vårfroster från SWECLIMs klimatscenarier och den beräknade skottskjutningstidpunkten i ett framtida klimat har dock visat att



FIGUR 2. Beräknad ökning av årsmedeltemperaturen om 100 år (SWECLIM).



FIGUR 3. Beräknad ökning av växtsäsongens längd (mätt i dagar) om 100 år (SWECLIM).

riskerna för vårfröster inte verkar öka jämfört med idag.

En höjd koldioxidhalt påverkar fotosyntesen

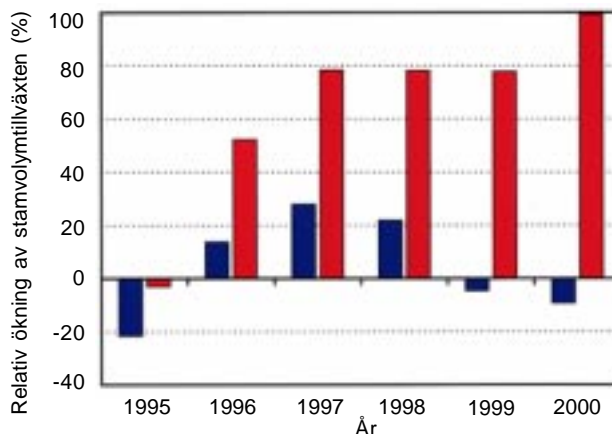
I kortvariga laboratorie- och fältförsök leder en ökning av koldioxidhalten till kraftigt ökad fotosynteshastighet. Efter en tid (månader, år) verkar dock träden anpassa sig till den nya koldioxidhalten och fotosynteshastigheten går nästan ner till samma nivå som vid normal koldioxidhalt (~360 ppm). Fältexperiment i Västerbotten där hela träd under flera år har behandlats med förhöjd koldioxidhalt (700 ppm) har visat att den långsiktiga fotosyntesökningen är i storleksordningen 10-15 procent. Fortsatta fältexperiment får utvisa om denna behandlingseffekt består eller om den minskar ytterligare eller rent av ökar igen.

Ökad vattentillgång ger effekter i söder

Idag är vatten normalt inte en begränsande faktor för fotosyntes och tillväxt i norra Sverige. I södra, och särskilt i sydöstra Sverige, däremot kan vattenunderskottet under vissa år minska produktionen med ca 40 procent. SWECLIMs första scenario visar på en kraftigt ökad nederbörd om 100 år i nästan hela Sverige, men också en ökad avdunstning av vatten. Balansen mellan nederbörden och avdunstningen bestämmer vattentillgången. Enligt scenariot skulle nederbörden öka mer än avdunstningen, vilket innebär att vattentillgången ökar i nästan hela Sverige. En ökad vattentillgång kommer troligen inte att ha någon nämnvärd inverkan på produktionen i norra Sverige men däremot i delar av södra Sverige, särskilt i Skåne, Blekinge och Gotland (figur 5).

Höjd marktemperatur ökar tillväxten

En höjd lufttemperatur leder också till en höjning av markens temperatur. En höjd marktemperatur ökar den biologiska aktiviteten (levande markorganismer) i marken vilket påverkar nedbrytningen av organiskt material. En högre nedbrytningshastighet gör att mer växt-



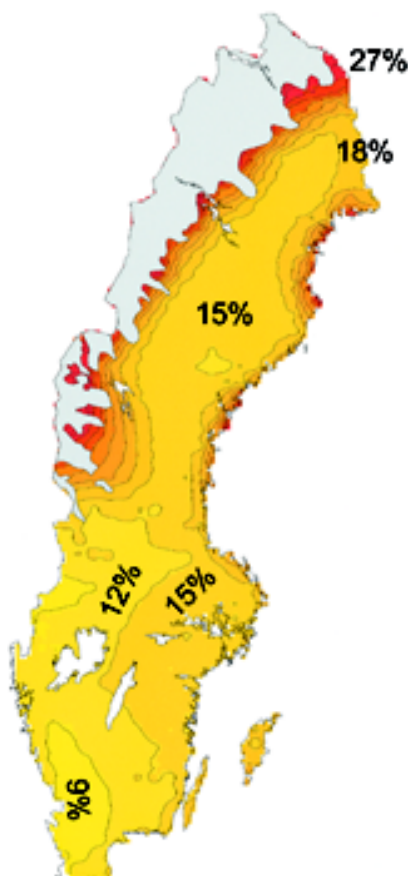
FIGUR 6. Den relativa tillväxten hos granar (i procent av 1994 års tillväxt) för markuppvärmda ytor (röda staplar) och kontrolltytor (blåa staplar). (Strömghren & Linder opubl.)

näring frigörs i marken. Eftersom växtnäring i mycket stor utsträckning begränsar tillväxten i våra svenska skogar, skulle en ökad tillgång på växtnäringssämnen avsevärt öka produktionen, särskilt på magra marker. Ett fältexperiment i Västerbotten där marken, med hjälp av värmekablar, värms upp fem grader över den naturliga marktemperaturen, visar att trädens

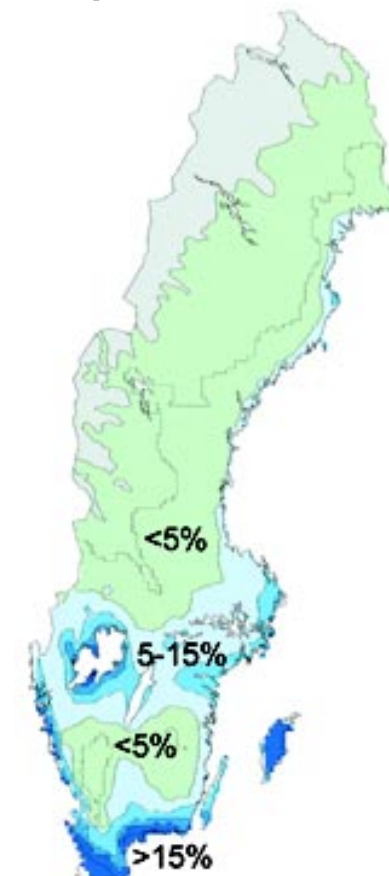
näringsstatus har förbättrats och att stamproduktionen har ökat med mer än 50 procent (figur 6). Om produktionsökningen är långsiktig får fortsatta experiment utvisa.

Höjd temperatur ökar respirationen

Vid växters respiration (andning) avges koldioxid och denna process är temperaturberoende och ökar



FIGUR 4. Beräknad relativ ökning av fotosyntesproduktion orsakad av en förlängd växtperiod. Det gråa området markerar dagens skogsodlingsgräns (Bergh opubl.).



FIGUR 5. Beräknad produktions-effekt av ökad vattentillgång under växtsäsongen. Gröna områden innebär <5% högre tillväxt, ljusblåa 5-15% och mörkblåa >15%. Det gråa området markerar dagens skogsodlingsgräns (Bergh opubl.).

kraftigt med höjd temperatur. En temperaturhöjning på 3-4 °C innebär att kostnaden för att upprätthålla den levande biomassans funktion kommer att öka och att mer koldioxid kommer att avgas från träden.

Trädens kolupptag ökar

Det är mycket som pekar på att fotosyntesen och produktionen kommer att öka ifall SWECLIMs scenarier blir sannspådda. Med dagens tillväxt- och avverkningsnivå i Sverige har SLU-forskare uppskattat att träden årligen lagrar ca 7 miljoner ton kol och skogsmarken ca 2-5 miljoner ton. Vid en försiktig beräkning, där vi räknar in ovanstående effekter (längre växtsäsong, ökad vattentillgång, tidigare skottskjutning och ökad respiration) men inte effekterna av ökad koldioxidhalt och ökad näringsomsättning i marken, skulle träden i ett framtida klimat kunna lagra ca 4-5 miljoner ton mer kol per år än idag, dvs. 12-13 miljoner ton kol (skogsmarkens eventuellt förändrade kolbalans är inte medtagen i denna beräkning). Detta kan sättas i relation till Sveriges nuvarande utsläpp av koldioxid från fossila bränslen på 16-17 miljoner ton kol.

Risken för extrema vädersituationer

Under de senaste 70 åren har fyra betydande stormfällningar förekommit, där sammanlagt 70 miljoner kubikmeter stamved blåst ner. Den värsta stormfällningen inträffade 1969 då ca 37 miljoner kubikmeter fälldes. Stormfällningar förekommer då vindhastigheten når full storm- och orkanstyrka. En ökad förekomst av dessa extrema vindhastigheter skulle naturligtvis kunna orsaka problem för Sveriges skogsbruk. SWECLIMs framtids-scenarier pekar mot ökade vindhastigheter i hela Sverige men

osäkerheterna i scenarierna är för stora för att man ska kunna dra några slutsatser om ökad storm- och orkanfrekvens. Även stora mängder blötsnö som fryser fast i trädens grenar, kan orsaka att träd bryts av, speciellt om det blåser kraftigt i samband med eller efter snöfallet. Vi kan inte förhindra förekomsten av extrema vindhastigheter men rätt skogsskötsel kan motverka stormskadornas omfattning.

Arters utbredningsområden kan förflyttas

Ett varmare och fuktigare klimat med längre tillväxtsäsong kan leda till att olika trädarters potentiella utbredningsområde kan förflyttas norrut. Detta gäller för många lövträdsarter i Sverige. I slutändan är det dock ofta den enskilde skogsägaren eller skogsbolaget som bestämmer vilket typ av skog som ska växa var, eftersom t.ex. lövträd i hög grad måste hägnas in för att överleva pga. högt betetryck från vilt. Det finns forskare som menar att granen inte kommer att trivas i södra Sverige om vi får ett varmare klimat.

Några skadegörare på skog visar en nord-sydlig gradient. Exempelvis är problemen med snytbagge, tallstekel, barrskogsnunna och honungsskivling större i södra än i norra Sverige. Vissa problem med skadegörare kan tänkas flyttas norrut och öka i framtiden och det är också tänkbart att nya arter skulle kunna etableras i södra Sverige.

Ämnesord

Klimatförändringar, kolbalans, koldioxidhalt, skogsproduktion, växthuseffekt

Litteratur

Bergh, J. & Linder, S. 1999. Effect of soil warming during spring on photosynthetic recovery in boreal

Norway spruce stands. *Global Change Biology*, 5, 245-253.

Cannell, M. 1995. Forests and the global carbon cycle in the past, present and future. European Forest Institute, Research Report no. 2, 66 pp.

Hänninen, H. 1995. Effects of climate change on trees cold and temperate regions: an ecophysiological approach to modelling of budburst phenology. *Canadian Journal of Botany* 73: 183-199.

Jarvis, P.G. & Linder, S. 2000. Constraints to growth of boreal forests. *Nature* 405: 904-905.

Linder, S. 1998. Hur påverkas skogsproduktionen av klimatförändringar? *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademins Tidsskrift* 137(8):53-58.

SWECLIM 1999. Klimatet i framtiden. Årsrapport 1998. SMHI, 23 pp.

Johan Bergh, Sara Flemberg, Sune Linder, Monika Strömberg arbetar på Institutionen för Skoglig Produktionsekologi vid SLU och forskar på hur växthuseffekten påverkar skogens funktion och produktion. Adress: SLU, Institutionen för skoglig produktionsekologi, Box 7042, 750 07 Uppsala. Telefon: 018-67 10 00. Hemsida: www.spek.slu.se

Jonas Kindberg arbetar på Svenska Jägareförbundet med viltinventering och geografiska informationssystem (GIS).

Jouni Räisänen arbetar med den regionala klimatmodelleringen och datorbearbetningen inom SWECLIM på Rosby centre (SMHI).

Göran Wallin arbetar på Institutionen för miljövetenskap och kulturvård vid Göteborgs Universitet och forskar på hur ozon och växthuseffekten inverkar på fotosyntes och kolomsättning hos växter.

Ansvarig utgivare:
Redaktör:

Göran Hallsby, Institutionen för skogsskötsel, 901 83 UMEÅ
Helene Oscarsson, Text & Form, på uppdrag av Info.avd., SLU, Box 7077, 750 07 UPPSALA
Telefon: 013-39 10 32 • Telefax: 013-39 12 56
E-post: h.oscarsson@telia.com
www.slu.se/forskning/fakta.html
SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 28 54/67 35 00
E-post: Inger.Blomstedt@service.slu.se
300 kronor + moms
SLU Reproenheten, Uppsala 2000
ISSN 1400-7789 © SLU

Internet:
Prenumeration och lösnummer:

Prenumerationspris:
Tryck:

