

PER-ERIK MELLANDER



foto: per-erik mellander

Ett ungt, snöklätt tallbestånd i Västomån, nära Vindelns försöksparker i Västerbotten.

Sen vår ger kraftigt hämmad tillväxt

- Att låga temperaturer i marken hämmar upptag av vatten och gasutbyte hos unga plantor är känt sedan tidigare. Nu visar sig detta gälla även för stora tallar. Tjälproblematiken bör därför uppmärksammas mer, även för bestånd som har lämnat plantstadiet.
- För att träden ska kunna ta upp vatten på våren räcker det inte med att vattnet är ofruset. I rotzonens övre del måste vattnet ha en temperatur högre än 0°C för att rötterna ska kunna tillgodogöra sig det.
- Tallarnas upptag av vatten från marken och kol från atmosfären minskar kraftigt när uppvärmningen av marken försenas in i växtperioden, och upptaget fortsätter att hämmas tills marktemperaturen är cirka +8°C. Vid högre temperaturer avgörs vatten- och kolupptaget främst av klimatet ovan mark.

Globalt sett är det knappast förvånande att vatten är den mest begränsande faktorn för växtproduktion. Mer anmärkningsvärt är att vattenbrist kan minska tillväxten även på våra breddgrader. Under våren är det dock just främst brist på vatten som bromsar barrträdens tillväxt. Det beror på att fotosyntesen förutsätter koldioxidupptag och öppna klyvöppningar. Därmed förloras också mycket vatten. Samtidigt är tillgången på vatten begränsad på grund av att marken kring rötterna fortfarande är kall eller frusen. Markens uppvärmning på våren kan därför avgöra vid vilken tidpunkt träden kan börja att ta upp smältvatten från snö och tjäle, och därmed påbörja fotosyntesprocessen. En försenad vår leder med andra ord till att träden inte hinner växa lika mycket, och en sådan period av minskad tillväxt på våren kan motsvara den som en hel sommars torka orsakar. I detta nummer av Fakta skog redovisas bland annat hur markens uppvärmning på våren påverkar tillväxten hos tallar.

Snö och tjäle i barrskogen

Nordlig barrskog, eller boreal skog, täcker en stor yta av norra halvklotet. Typiskt för det boreala skogsekosystemet är långa, kalla vintrar, korta växtperioder och därmed långa omloppstider. I skogen varierar klimatet i luftskiktet närmast vegetation och mark. Variation i det så kallade mikroklimatet beror på skillnader i landskap, bestånd och skogsbruksmetoder. I norra Sverige är det vanligt att marken är snötäckt under

halva året. Snön har goda isolerande egenskaper och hjälper till att bevara värmen i marken, något som motverkar djup tjälbildning. Tjälldjupet varierar därmed vanligtvis inverterat med snödjupet (mycket snö ger lite tjäle och lite snö ger mycket tjäle).

Klassiska studier av Ronge (1928) och Ångström (1936) visar att valet av skogsbruksmetod har stor betydelse för snöns fördelning i landskapet. T. ex. får ofta ett stort hygge ett djupt snötäcke, men en tidig avsmältning. Hyggets storlek har därmed en stor betydelse för tidpunkten och mängden av tillgängligt smältvatten i marken. Eftersom karaktären på beståndet har stor betydelse för hur mycket snö och solstrålning som når marken, har man på senare tid även observerat att skogsbruket kan påverka marktemperaturen och mängden växttillgängligt vatten. Under ett år i Vindelns försöksparker registrerades när marken värmdes upp i olika bestånd belägna inom en mils radie. Variationen var stor. I olika högsjärmsbestånd fann man att ett flerskiktat bestånd gav ett tunnare snötäcke med en större variation i tjälldjup, jämfört med ett enkelskiktat bestånd. I det senare fallet smälte snö och tjäle tidigare.

Markvärme avgör vattenuptag

För att undersöka hur tallars fotosyntes, och därmed tillväxt, påverkas när marken värms upp på våren, etablerades ett fältexperiment inom Vindelns försöksparker. En tidig respektive sen markuppvärmning skapades genom att manipulera snötäcket på olika försöksytor (Faktaruta 1). Däref-

ter registrerades och jämfördes snö- och tjälldjup, marktemperatur och markfuktighet på 0–90 centimeters djup, savflöde, vattenpotential i barren och skottens koluption mellan prov- och kontroll- ytor (Faktaruta 2).

Resultaten visar att det är marktemperaturen i rotzonen som avgör när trädens rötter kan börja ta upp vatten och därmed börja fotosyntetisera. Detta överensstämmer med tidigare resultat från laboratorieexperiment på plantor. För att vattnet skulle tas upp effektivt var det nödvändigt med en marktemperatur på över 0°C i den översta decimetern av marken (Figur 1). Att vattnet hade frigjort sig från snö och tjäle var helt enkelt inte tillräckligt. Vid en låg marktemperatur blir vatten mer trögflytande och rötternas cellmembran stelare, varför vattnets förmåga att ledas i mark och rötter blir liten. Därmed hindras också tillväxten av nya, fina rötter som är mer effektiva på att ta upp vatten än gamla rötter.

Vattenuptaget (mätt som savflöde och omräknat till transpiration) blev lägre än det förväntade vid marktemperaturer under cirka +8°C, trots att vatten fanns tillgängligt i marken och klimatet ovan mark var gynnsamt för transpiration. Något som direkt styr transpirationen är hur öppna barrrens klyvöppningar är. De regleras främst av klimatförhållandena ovan mark. Vid god tillgång på vatten i marken öppnas klyvöppningarna mer vid starkt solljus, hög lufttemperatur och hög luftfuktighet (dvs.

FAKTARUTA 1

Snö och tjäle manipuleras

Inom och nära Vindelns försöksparker i Västerbotten skapades ytor där marken värmdes upp vid olika tidpunkter inom två tallbestånd (20 respektive 70 år).

I bägge bestånden fanns ytor med:

- en tidig markuppvärmning, som skapades genom att täcka marken med stora, porösa säckar fyllda med frigolitkulor på hösten. Det hindrade den värme som lagrats föregående sommar att stråla ut. På våren då snön smälte plockades säckarna bort.
- en sen markuppvärmning, som skapades genom att ytan hölls fri från snö under den första delen av vintern. På så vis strålade markvärmen ut och en djup tjäle bildades (cirka en meter). I slutet av mars skottades snön tillbaka för att återställa vattentillskottet från snösmältningen, samt att isolera tjälen. Snön täcktes därefter av ett lager sågspån, så att den låg kvar och isolerade tjälen länge.
- naturliga förhållanden, som användes som referens.

FAKTARUTA 2

Några växtfysiologiska begrepp

- **Savflöde** – transport av vatten och näring genom en växt till dess blad.
- **Transpiration** – avgivande av vattenånga inifrån växtblad till omgivande luft.
- **Vattenpotential i barr** – mätt på hur hårt vattnet är bundet i barren.
- **VPD (Vapor Pressure Deficit)** – skillnad mellan maximalt och aktuellt ångtryck i luften vid en viss temperatur. Högt VPD gynnar transpirationen.
- **Skottens koluption** – mätt på fotosyntes. Tallarnas tillväxt uppskattades utifrån mätningar av fotosyntesen.

högt VPD, se Faktaruta 2) än vid sämre väder.

Tidig värme ger liten effekt

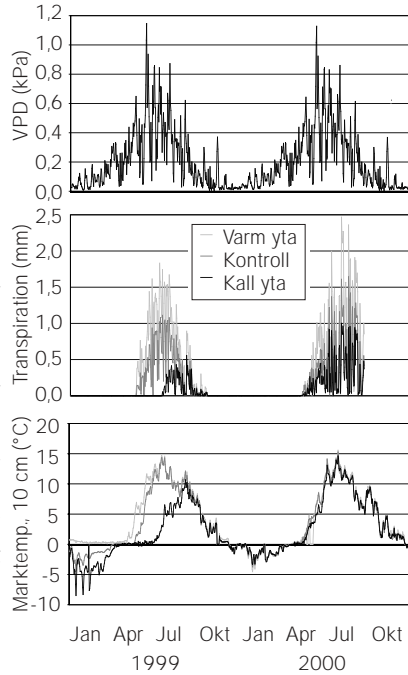
Hur tidigt på säsongen som marken värmdes upp hade dock ingen större effekt på tidpunkten för vattenupptaget (Figur 1). När förhållandena var goda i marken, var det snarare tidpunkten för när växtperioden inleddes, dvs. då medeltemperaturen i luften överskred $+5^{\circ}\text{C}$ tre dagar i rad, som var avgörande för när vattnet började tas upp. Möjligtvis kan en tidig markuppvärmning öka kapaciteten att ta upp vatten under det kommande året, eftersom tillväxten av nya, fina rötter kan gynnas. En tidig markuppvärmning hade heller ingen större effekt på fotosyntesen (Figur 2).

När markuppvärmningen istället dröjde in i växtperioden, hade däremot de låga marktemperaturerna en mycket hämmande effekt på både vattenupptag och fotosyntes, och därmed tillväxt (Figur 1 & 2). Transpirationen återhämtade sig inte förrän marktemperaturen var nästan lika hög som i kontrollytan. Om marken är tillräckligt kall tillräckligt länge kan dessutom rötterna skadas och produktiviteten sänkas under en lång tid framöver. De stora skillnaderna i fotosyntes mellan tidigt och sent uppvärmda ytor beror på att klyvöppningarna är stängda vid för låga marktemperaturer (Figur 2). Vid enstaka tillfällen tidigt på våren kunde en skillnad också uppstå på grund av att barren inte hade återhämtat sig från vinterdvalan.

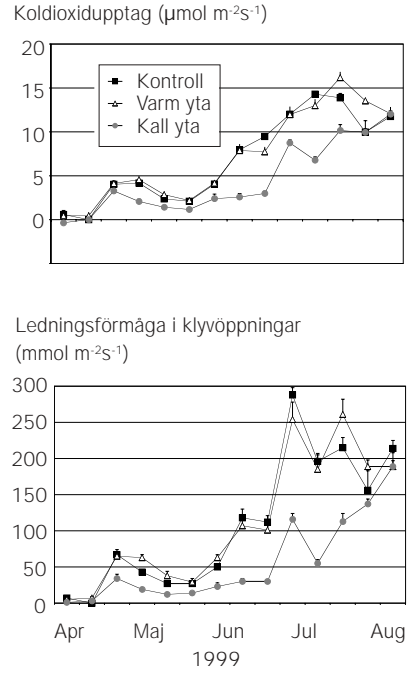
Klimatet ovan mark viktigt

Hur effektivt tallarna tog upp vatten, eller vid vilken tidpunkt upptaget började, berodde alltså inte enbart på marktemperaturen. Det var snarare en kombination av marktemperatur och klimatförhållanden ovan mark, så som lufttemperatur, dagslängd samt tid efter vinterdvala, som avgjorde storleken på transpirationen.

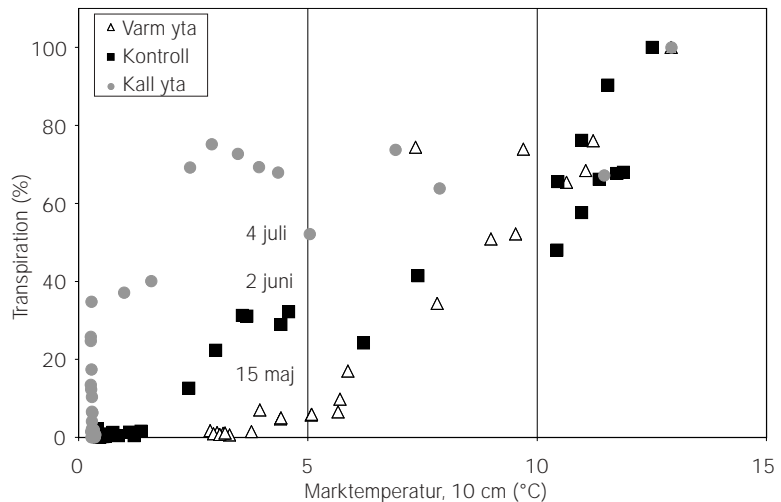
Att en viss temperatur hade uppnåtts i marken betydde inte att träden kunde transpirera lika mycket på de olika försöksytorna. Eftersom efterfrågan på vatten var olika vid olika tidpunkter under växtperioden, var snarare transpirationen beroende av vid vilken tidpunkt temperaturen uppnåddes (Figur 3).



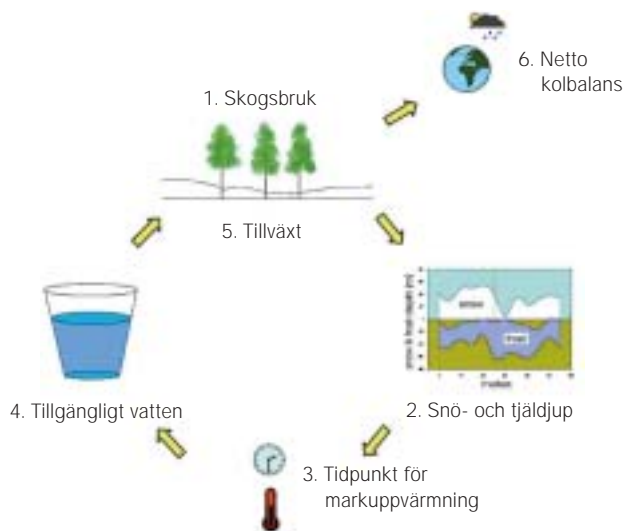
figur 1. | Dygnsmedelvärden av ångtrycksdeficit (VPD) i luften, transpiration uppskattad från uppmätt savflöde i tallar och marktemperatur på en decimeters djup. Då markuppvärmningen försenades in i växtperioden (kall yta) hämmades transpirationen. Effekten på transpirationen från 1999 dröjde sig kvar in i 2000, då ingen snömanipulering gjordes och marktemperaturen i stort sett var lika på alla ytor. Data från ett sjuttioårigt tallbestånd inom Vindelns försöksparker.



figur 2. | Ljussmättat koldioxidupptag och klyvöppningarnas förmåga att överföra vatten och koldioxid. En tidig markuppvärmning (varm yta) hade ingen större positiv effekt på fotosyntesen, medan en försenad markuppvärmning (kall yta) hämmade fotosyntesen på grund av en minskad ledningsförmåga i klyvöppningarna. Data från ett tjuugoårigt bestånd på Västomån nära Vindelns försöksparker.



figur 3. | Transpirationen (mätt som procent av värdet när marken nått $+12^{\circ}\text{C}$) som funktion av marktemperaturen på en decimeters djup. En viss marktemperatur har olika betydelse för transpirationen beroende på när den inträffar. Exempelvis nåddes marktemperaturen $+5^{\circ}\text{C}$ redan i maj på varma ytor då trädens vattenbehov var lågt och transpirationen bara var 5 procent. På kalla ytor uppnåddes samma temperatur i juli, och transpirationen blev hela 50 procent. Data från ett tjuugoårigt tallbestånd på Västomån nära Vindelns försöksparker år 1999.



figur 4. | Olika skogsbruksåtgärder leder till olika snö- och tjäldjup och därmed till olika tidpunkter för markuppvärmning på våren. Denna tidpunkt avgör i sin tur när vatten i tillräcklig mängd finns tillgängligt för träden, och därmed när fotosyntesen kan sätta igång. Om skogens tillväxtsång blir längre, ökar trädens koldioxidupptag och mängden i atmosfären minskar och växthuseffekten mildras.

Klimatförändring och tjäle

Årsmedeltemperaturen i Sverige beräknas, enligt det svenska regionala klimatmodelleringsprogrammet SWECLIM, att stiga med cirka fyra grader de kommande hundra åren. Till stor del beror temperaturhöjningen på förbränning av fossila bränslen. Förändringen beräknas få störst genomslag vintertid, vilket kan leda till ett tunnare och senare snötäcke i det norrländska skogslandskapet inom en relativt snar framtid. Vilken effekt detta kommer att få för tjälens utbredning är ännu inte klart. Det beror på om temperaturhöjningen eller det tunnare och senare snötäcket påverkar tjälens utbredning mest. Av den anledningen behöver inte ett varmare klimat nödvändigtvis leda till en tidigare uppvärmning av marken på våren. I en amerikansk studie har man föreslagit att en klimatförändring som medför mindre snöfall, eller en kortare period med snö på marken, kan öka

förekomsten av tjäle i nordliga skogar. Det är därför viktigt att veta mer om hur bestånd och landskapsvariationer påverkar snöfördelningen, och hur detta inverkar på tjäldjupet. Dessutom är det viktigt att ta reda på hur tidpunkten för markens uppvärmning kommer att påverkas under vår-tidig sommar, och hur en sådan förändring kan inverka på växttillgängligt vatten och skogstillväxt. I en större skala återkopplar detta till klimatet, eftersom en minskad tillväxt också minskar trädens kolupptag (Figur 4).

Med hjälp av en datamodell, som speciellt har anpassats för att analysera nordliga skogsekosystem, har vi simulerat snöfördelning och marktemperatur inom olika bestånd. Med modellens hjälp såg vi stora variationer både mellan olika år och olika bestånd. Under snöfattiga år fanns det särskilt stora skillnader i marktemperatur. För att kunna förutsäga hur olika skogsbruksåtgärder inverkar på snö-

täcket vid en eventuell klimatförändring, kommer vi framöver att undersöka sambandet mellan snöfördelning och marktemperatur mer utförligt.

Ämnesord

Tall, snö, tjäle, vattenupptag, savflöde, kolupptag, marktemperatur, lufttemperatur

Läs mer

- Ballard, T.M. 2000. Impacts of forest management on northern forest soils. *Forest ecology and management*, 133: 37–42.
- Bergh, J. & Linder, S. 1999. Effects of soil warming during spring on photosynthetic recovery in boreal Norway spruce stands. *Global change biology*, 5: 245–253.
- Cienciala, E., Kucera, J., Ryan, G. & Lindroth, A. 1998. Water flux in boreal forest during two hydrologically contrasting years: species specific regulation of canopy conductance and transpiration. *Annales des sciences forestiers*, 55: 47–61.
- Havraneck, W.H. & Tranquillini, W. 1995. Physiological processes during winter dormancy and their ecological significance. In: *Ecophysiology of coniferous forests*. Smith, W.K. and Hickley, T.M. (eds.) *Academic press*, p.p. 95–124.
- Kluge, M. 2001. Snow, soil frost and spring-time soil temperature regimes in a boreal forest. Licentiate thesis, *Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Ecology*, Umeå, Sweden.
- Löfvenius, M.O., Kluge, M. & Lundmark, T. 2003. Snow and soil frost depth in two types of shelterwood and clear-cut area. *Scandinavian journal of forest research*, 18: 54–63.
- Mellander, P.-E. 2003. Spring water stress in Scots pine: Interaction of snow and soil temperature. Doctoral dissertation. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 287.

Författare



FD Per-Erik Mellander är forskare vid institutionen för skogsekologi, SLU, 901 83 Umeå.
Tel: 090-786 90 76
E-post: Per-Erik.Mellander@vfp.slu.se



Ansvarig utgivare:
Redaktör:

Webbadress:
Prenumeration och lösnummer:

Prenumerationspris:
Tryck:

Jan-Erik Hällgren, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, 901 83 UMEÅ
Camilla Nilsson, SLU, Informationsavdelningen
Box 7077, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20
E-post: Camilla.Nilsson@adm.slu.se
www.slu.se/forskning/fakta
SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00
E-post: Publikationstjanst@slu.se
320 kronor + moms
Elanders Tofters AB, Uppsala 2004
ISSN 1400-7789 © SLU