

PER-ERIK MELLANDER • HJALMAR LAUDON • MIKAELL OTTOSSON LÖFVENIUS

# Snödjup och marktemperatur i norrländska skogar idag och om 100 år

- Ett framtida varmare klimat kan medföra att den snötäckta perioden i skogslandskapet förkortas, årsmedeltemperaturen i marken höjs, markuppvärmningen på våren sker tidigare, samt att fler cykler av frysning och upptining äger rum.
- Tunnare snötäcke kan medföra en ökad rumslig variation i marktemperatur p.g.a. ett större relativt inflytande på snödjupet av topografin samt av trädens förmåga att fånga upp nederbörd och solstrålning.
- Under vissa år kan ett varmare klimat på nordliga breddgrader medföra en försenad markuppvärmning och större mellanårsvariationer i täta bestånd.



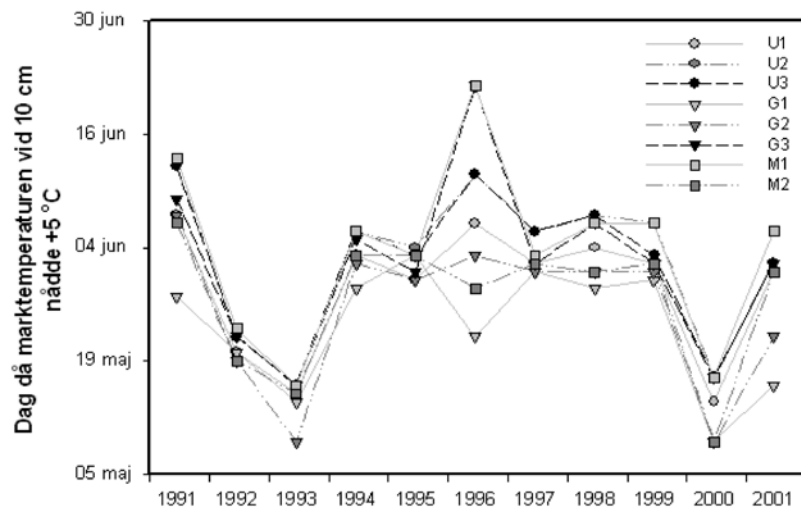
Foto: Hjalmar Laudon

En förändring av tidpunkten för snöläggning, snösmältning, tjälbildning och tjällossning inom det norrländska skogslandskapet påverkar i hög grad det akvatiska ekosystemet, såsom vårfloedens tidpunkt, styrka och vattenkvalitet. I detta projekt har detaljerade fältstudier kombinerats med modellering av vatten- och värmeflöden i skogslandskapet, vilka ligger till grund för regionala prognoser av vattenkvaliteten i Norrland vid olika klimatförhållanden. Strategin har varit att först simulera snötäckets och marktemperaturen inom olika bestånd och därefter studera hur olika klimatscenarier förändrar förhållandena under vinter och vår i framtiden. Med denna kunskap kan vi mer detaljerat studera klimatets inflytande i ett avrinningsområdesperspektiv, och därmed hur vårfloren i Norrland kan påverkas av att lufttemperatur och nederbördsmönster förändras.

### Skogslandskapet idag

Snötäckets djup och karaktär varierar mycket mellan olika skogsbestånd och år. Beståndets täthet och struktur har en direkt inverkan på hur mycket snö och solstrålning som når marken. Denna variation avspeglas tydligt i markens temperatur under vinter och vår.

En numerisk datamodell (COUP) användes för att simulera snötäckets



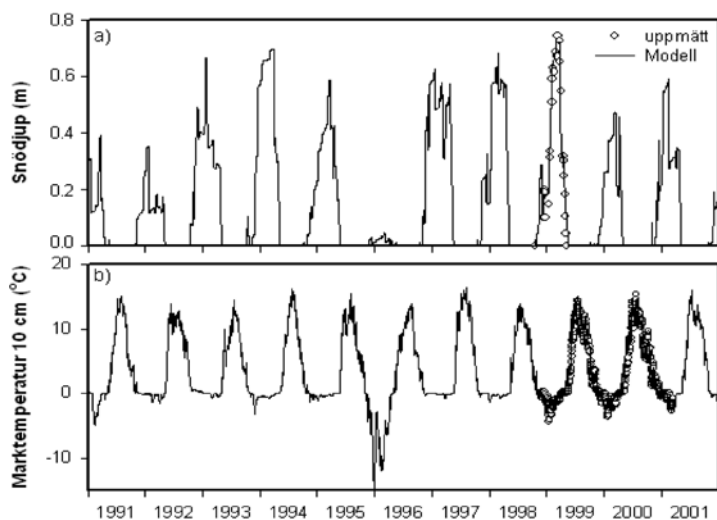
Figur 2. Tidsserie av det årliga datum på våren då marktemperaturen vid 10 cm nådde +5 °C i åtta olika tallbestånd inom och nära Vindelns försöksparker. U1, U2, och U3 är unga bestånd, G1, G2, och G3 är gamla bestånd, medan M1 och M2 är medelålders. Den största variationen mellan bestånden återfinns under snöfattiga år som 1996.

och marktemperaturen under en tioårsperiod i åtta olika tallbestånd inom och nära Vindelns Försöksparker (Figur 1). Modellen visade sig vara lämplig för att uppskatta variationer i snödjup och marktemperatur. Dessa variationer är orsakade av såväl beståndens olika karaktär som årsvariationer i klimatet. Simuleringarna påvisade en stor variation

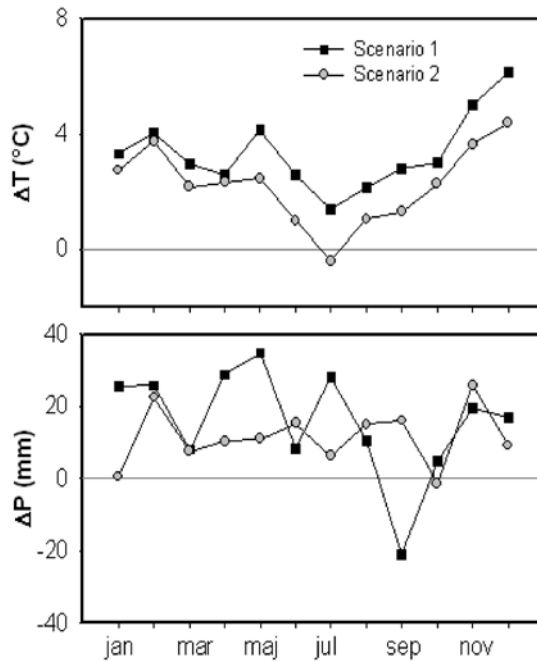
mellan såväl olika bestånd som för olika år, samt pekade ut bidragande orsaker till dessa variationer. Ett "glesare" bestånd med mindre bladyta, och därmed mindre nederbörd och solstrålning som fångas upp av barren, resulterade i djupare snötäckets och, i samband med höga träd, även en tidigare markuppvärmning på våren. Den största rumsliga variationen i tidpunkten för markuppvärmning återfinns under snöfattiga år med tunna snötäckets. Detta är för övrigt ett troligt scenario vid ett varmare klimat i det boreala landskapet (Figur 2).

### Skogslandskapet om 100 år

För att undersöka hur ett varmare klimat kan förändra snötäckets och marktemperaturen i tallbestånd av olika ålder i norra Sverige, användes klimatscenarier från "SWEdish regional CLIMate modelling programme" (SWECLIM) för att driva den numeriska datamodellen. Två klimatscenarier användes, baserade på olika framtida utsläpp från fossila bränslen. Enligt dessa kommer luftens medeltemperatur och årsnederbörden i det undersökta området att öka med 4,8 °C respektive 315 mm inom ett århundrade. Den största uppvärmningen beräknas ske under vintermånaderna

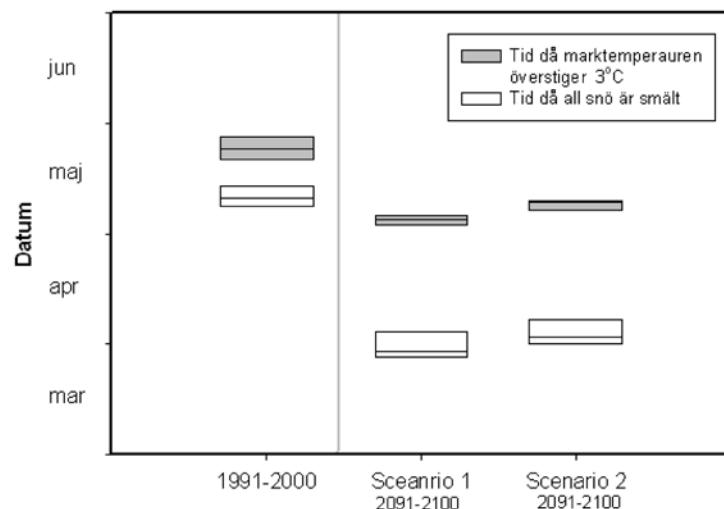


Figur 1. Resultat av modellvalideringen från ett av de undersökta tallbestånden inom Vindelns försöksparker. Simulerat (a) snödjup och (b) marktemperatur vid 10 cm representeras av heldragen linje och uppmätta värden av ringar. Modellen var ett bra hjälpmedel för att förutspå landskaps- och årsvariationer i snödjup och marktemperatur i ett borealt skogslandskap.



Figur 3. Tioårsavvikelser av månadsmedelvärden av lufttemperatur och nederbörd, modellerade av SWECLIM för perioden 2081 - 2090 och baserade på två emissions-scenarier från modellens kontrollklimat för perioden 1981 - 1990. Modellens resultat har tagits fram för de koordinater som representerar Vindelns försöksparker ( $64^{\circ} 13' N$ ,  $19^{\circ} 41' E$ ). Den största avvikelsen av lufttemperatur mellan klimatscenarierna och SWECLIMs kontrolldata återfinns under vintermånaderna. Lufttemperaturen är högre i scenariot som är baserat på ett högre utsläpp av växthus-gaser (scenario 1).

medan nederbörden förväntas öka under hela året (Figur 3). Modellanalysen visade att ett varmare klimat kan förkorta den snötäckta perioden med 73 - 93 dagar, öka markens årsmedeltemperatur med 0,9 - 1,5 °C vid 10 cm djup, tidigarelägga markuppvärmningen med 15 - 19 dagar på våren (Figur 4), samt orsaka 31 - 38 % fler cykler av frysning och upptining. Resultaten visar även på en ökad variation av snödjupet p.g.a. variation i topografi och trädinterception, vilket leder till större rumsliga variationer i marktemperatur. Ett tänkbart scenario vid en förlängning av tillväxtperioden är en ökad skoglig produktivitet och därmed tätare bestånd som bättre fångar upp nederbörd och solstrålning. Detta leder, under vissa år, till en försenad markuppvärmning och större variation mellan åren än vid nu rådande klimatförhållanden (Figur 5).

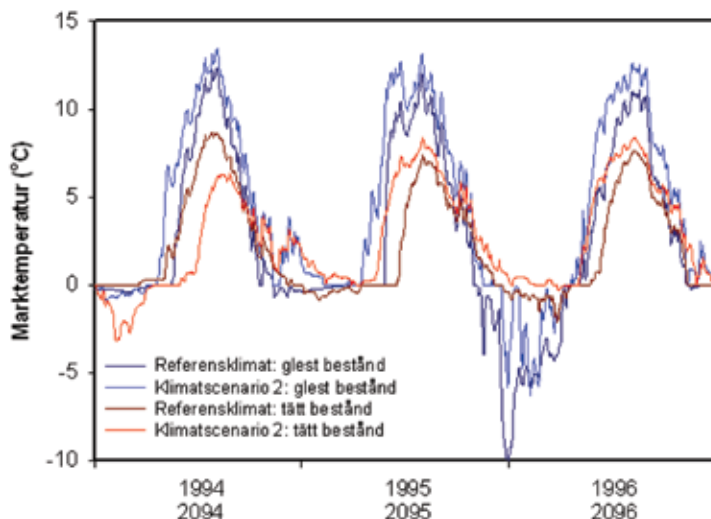


Figur 4. Medianen av tio års medeldatum då marktemperaturen vid 10 cm djup når +3 °C, samt då all snö har smält bort, i åtta olika tallbestånd inom och nära Vindelns försöksparker. Som drivdata i modellen användes observerat klimat från 1991 - 2000 samt de två klimatscenarierna för 2091 - 2100.

### Inverkan av en förändrad snösmältning

Vårfloden är för många vattendrag i Norrland den viktigaste hydrologiska händelsen under året genom att upp till hälften av årets avrinning sker under tre till fyra veckor av snösmältning, men också p.g.a. att många vattenlevande organismer befinner sig i känsliga utvecklingsstadier. Snöförhållandena styr till stor del den dramatiska övergången mellan vinter och vår och kontrollerar därför i stor utsträckning även vattenke-min. Snöns betydelse för vattenkvalitén består dock inte enbart i att bidra med vatten utan också i att isolera marken mot tjäle. Projektet fortsätter nu med simuleringar av snötäcket, tjäldjupet samt vattnets flödesvägar i ett väl undersökt avrinningsområde inom Vindelns försöksparker, för att kunna förklara variationer av pH och löst organiskt kol vid ett varmare klimat. Till detta används en ny tvådimensionell version av COUP-modellen.

Dessa studier har finansierats av Kempestiftelserna.



Figur 5. En treårsperiod har valts ut för att illustrera variationer i tidpunkten för markuppvärmning mellan år och mellan glesk respektive tät bestånd. Figuren visar modellerad marktemperatur på 10 cm djup i ett ungt tallbestånd (30 år). Som drivdata har observerat klimat (1994 – 1996) samt ett av klimatscenerierna (2094 – 2096) använts. Beståndet var parameteriserat med uppmätt bladyte-index = 2 och beståndsöppenhet = 35% (glesk bestånd), och jämförd med en hypotetisk tätare version av samma bestånd med bladyte-index = 6 och öppenhet = 10% (tät bestånd). Ett tätare bestånd, med större förmåga att fånga upp snö och solstrålning, kan orsaka en större variation i tidpunkten för markuppvärmning mellan åren, och i vissa fall verka för att ett varmare klimat kan fördröja markuppvärmningen jämfört med rådande klimat.

## Ämnesord

Snö, tjäle, skog, marktemperatur, interception, COUP, vattenkvalitet.

## Läs mer

Groffman, P.M., Driscoll, C.T. Fahey T.J. et al. 2001. Colder soils in a warmer world: a snow manipulation study in a northern

hardwood forest ecosystem. *Biogeochemistry* 56: 135-150.

IPCC. 2000. Emissions Scenarios 2000. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Nakicenovic N. och Swart R. (red.). Cambridge University Press, UK, 570 s.

Laudon, H., Köhler, S. och Buffam, I. 2004. Seasonal dependence of DOC export in

five boreal catchments in northern Sweden. *Aquatic Sciences* 66: 223-230.

Mellander, P.-E., Laudon, H. och Bishop, K. 2005. Modelling variability of snow depths and soil temperatures in Scots pine stands. *Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 133: 109-118.

Ottosson Löfvenius, M., Kluge, M. och Lundmark, T. 2003. Snow and soil frost depth in two types of shelterwood and a clear-cut area. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18:54-63.

## Författare



Per-Erik Mellander är doktor i markvetenskap med inriktning miljöanalys. Arbetar idag på institutionen för naturvetenskap, markkemi, Mittuniversitetet, 851 70 Sundsvall.  
E-post: Per-Erik.Mellander@miun.se



Hjalmar Laudon var tidigare docent vid institutionen för skogsekologi, SLU i Umeå. Idag forskar han vid institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap, Umeå universitet, 901 87 Umeå.  
E-post: Hjalmar.Laudon@emg.umu.se



Mikael Ottosson Löfvenius är lektor i skogsmeteorologi och arbetar vid institutionen för skogsekologi, SLU, 901 83 Umeå.  
E-post: Mikael.Ottosson.Lofvenius@sek.slu.se

## cCrew och Krycklan catchment study

Forskargruppen cCrew (Cold Climate Research in Boreal Watersheds) studerar biogeokemiska processer i det boreala landskapet och dess vattendrag. Gruppen forskar på förståelsen av grundläggande processer i mark och vatten men även på mer tillämpade frågor. Forskningen ägnas framförallt åt vad som händer under vinter och vår.

"Krycklan catchment study" är ett ämnesövergripande paraplyprojekt som omfattar mer än 25 projekt med anknytning till vattenkvalitet, hydrologi, naturlig mångfald i rinnande vatten och klimatpåverkan. Hjalmar Laudon leder forskningen i "Krycklan catchment study" och cCrew, och Per-Erik Mellander har varit post-doc inom dessa. Mer information om cCrew och Krycklan catchment study finns på <http://ccrew.sek.slu.se/>.

**Ansvarig utgivare:**  
**Redaktör:**

Jan-Erik Hällgren, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, 901 83 UMEÅ  
Göran Sjöberg, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, 901 83 UMEÅ  
Telefon: 090-786 82 96 • Telefax: 090-786 81 02  
E-post: Goran.Sjoberg@adm.slu.se  
[www.slu.se/?id=142](http://www.slu.se/?id=142)

**Webbadress:**  
**Prenumeration och lösnnummer:**

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA  
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00  
E-post: Publikationstjanst@slu.se

**Prenumerationspris:**  
**Tryck:**

340 kronor + moms  
Elanders Tofers AB, Uppsala 2006  
ISSN 1400-7789 © SLU

