

Maja Sundqvist ▪ Reiner Giesler ▪ David Wardle



Figur 1. Fjällbjörk, det träd som formar trädgränsen i Abiskoområdet, precis nedanför trädgränsen på 650 m längs en höjdgradient 20 km sydost om Abisko. Foto Tyler Logan.

Höjdgradienter hjälper oss att förstå den globala uppvärmningens påverkan i Arktis

- Framtidens temperaturökningar orsakade av den globala uppvärmningen förväntas vara högst på högre breddgrader. Arktis ekosystem, där växtligheten är starkt begränsad av både låga temperaturer och låg näringstillgänglighet, är troligtvis också väldigt känsliga för denna temperaturökning. Mycket forskning i Arktis syftar till att förstå hur ekosystemen kommer att påverkas av framtida klimatförändringar och konsekvenserna av dessa för viktiga natur- och samhällsvärden.
- Eftersom temperaturen sjunker med ökad höjd har biologer länge använt sig av höjdgradienter för att studera hur växt- och djursamhällen påverkas av naturliga variationer i temperatur. Fjällen kring Abisko i norra Sverige erbjuder därför möjligheter för en ökad förståelse av hur Arktis växtlighet kan komma att påverkas av framtida klimatförändringar.
- Under 2007 och 2008 påbörjades undersökningar av förändringar i artsammansättning och näringsstatus (kväve och fosfor) för fattig hed och rikare ängsvegetation längs en höjdgradient (500–1000 meter) i närheten av Abisko, nordligaste Sverige. Temperaturen i mitten av sommaren sjunker med ungefär 0,6° per 100 meter höjddökning eller 3°C från den lägsta till högsta höjden längs den här gradienten.
- Artsammansättningen förändras mer för ängsvegetation än för hedvegetationen längs höjdgradienten. Växtsamhället under 2008 innehöll även mindre kväve relativt fosfor på de lägre (varmare) höjderna än på de högre och kallare höjderna. Förändringen i kväve- och fosforkvoter var också större för ängsvegetationen. Detta tyder på att förändringar i växtsamhällets artsammansättning, näringsstatus och näringsbegränsning med ökade temperaturer i Arktis kommer att skilja sig markant åt mellan rik och fattig vegetation.



Figur 2. Utsikten på 750 m längs en höjdgradient 20 km sydost om Abisko där en mosaik av olika typer av tundravegetation illustreras genom skiftande färger i landskapet (a). Dvärgbjörk och nordkråkbär är vanligt förekommande arter i hedvegetation (b) och torta är en vanligt förekommande ört i rika ängar i fjällbjörkskogen (c). Foto Tyler Logan.

■ Klimatförändringarna, och framförallt ökade temperaturer, förväntas vara störst i Arktis som består av de ekosystem som också förväntas vara mest känsliga för klimatförändringar. Jämfört med i väldigt många andra ekosystem är de arter som är vanliga i Arktis nämligen anpassade till extrema förhållanden såsom korta växtsäsonger, låga temperaturer och låg tillgänglighet på näringsämnen, framförallt kväve. Vanligen beskrivs därför växterna i dessa ekosystem som begränsade av låga temperaturer och låg näringsstillgänglighet. Med detta menas att en ökning av någon av dessa två faktorer leder till ökad tillväxt för växter. Redan idag har man på många håll i Arktis lagt märke till en förändring i vegetationens artsammansättning, exempelvis en ökad för-

buskning av tundran, som ett resultat av dagens klimatförändringar.

En ökad temperatur i Arktis kan både ha direkta effekter på dess växtlighet genom att till exempel påverka växternas metabolism och fotosyntes. En temperaturökning kan även indirekt påverka växter genom att bland annat inverka på marklevande organismer och därför markprocesser som styr över näringsstillgängligheten i marken. Viktig forskning på effekterna av den globala uppvärmningen i Arktis har bedrivits genom experimentella manipulationer av temperaturer med hjälp av små mini-växthus eller värmekablar. Dessa experiment ger en möjlighet att på ett relativt kontrollerat sätt undersöka hur en förhållandevis kortfristig ökning av temperaturen påver-

kar växter och markprocesser i mindre skala. Däremot har få studerat hur en långtidsförändring av temperaturen påverkar växtligheten och även närings- tillgängligheten för Arktis växter på en större landskapsnivå.

Höjdgradienter

Bergsområden runt om i hela världen erbjuder unika möjligheter att undersöka hur en förväntad ökning av jordens medeltemperatur kan komma att påverka viktiga processer och egenskaper i våra landskap. Temperaturen sjunker nämligen med ungefär 0,6°C med en 100 m höjddökning över havet. Just därför har naturgeografer och ekologer länge använt sig av höjdgradienter för att studera hur organismer, artsamhällen

och ekosystem påverkas av en förändring i temperatur. Denna forskning har visat att en höjddökning många gånger är kopplad till en stor förändring i artsammansättning för både växter och djur. Generellt minskar även växtbiomassan och primärproduktionen i samband med en höjddökning.

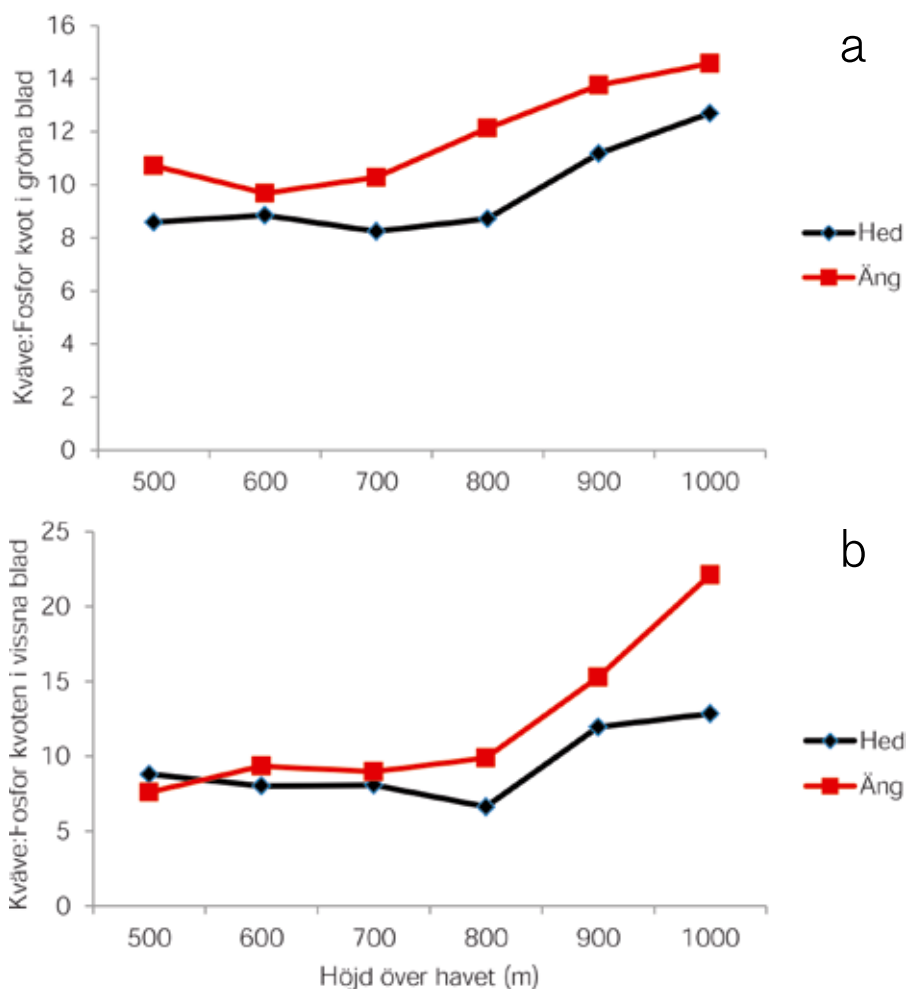
Temperatur påverkar också marklevande organismer, som i sin tur står för nedbrytningen av organiskt material och därför spelar en viktig roll i att kontrollera näringstillgängligheten för växter. En del studier har funnit att markprocesser och tillgängligheten av näringsämnen i marken minskar med en ökad höjd (och en sjunkande temperatur). Andra har däremot funnit motsatta resultat och vi vet fortfarande relativt lite om hur en höjddökning påverkar tillgängligheten av olika viktiga näringsämnen för växter, såsom kväve och fosfor. Dessutom har väldigt få studier hur växtsambällen och viktiga ekosystemprocesser förändras längs höjdgadienter som sträcker sig från skog till trädlös tundra i arktiska ekosystem.

Mycket av den forskning som bedrivs i arktiska ekosystem i Sverige sker i närheten av Abisko (68°21'N, 18°49'Ö). Där ligger Abisko naturvetenskapliga station som länge har lockat arktisforskare ifrån hela världen. Skogen i detta område domineras av fjällbjörk (Figur 1). Liksom på många andra håll i Arktis består den trädlösa vegetationen ovanför trädens klimatgräns, det vill säga tundravegetation, av en mosaik av flera olika vegetationstyper (Figur 2a). Två typer av vegetation är vanligt förekommande längs bergssluttningarna i närheten av Abisko:

- Hedvegetation som domineras av buskar och ris såsom lingon, blåbär, nordkråkbär och dvärgbjörk (Figur 2b) finner man oftast på fattigare marker med ett relativt lågt pH.
- På rikare och oftast lite fuktigare marker är ängsvegetation vanlig (Figur 2c). Här finner man en större artrikedom än på heden och vanligt förekommande arter är exempelvis gul fetknopp, torta, fjällviol, olika typer av starr och fjällvårbrodd.

Kväve och fosfor

Dessa två typer av vegetation skiljer sig ofta åt vad gäller markens koncentration av näringsämnen kväve och fosfor. På fattigare hedar är tillgängligheten av kväve för växter mycket lägre än i den rikare ängen där istället tillgängligheten av fosfor är lägre än på hedarna. Detta kan bero på att hedvegetationen ofta är belägen på mindre kullar och åsryggar medan ängsvegetationen ofta är belägen i sänkor. Därför är den knuten till utströmmande vatten från landskapet omkring. Detta påverkar markens pH, som indirekt är kopplat till kvävetillgängligheten. Det påverkar också i vilka former fosfor förekommer, vilket förmodligen har stor betydelse för tillgängligheten på detta näringsämne. Ungefär 20 km sydost om Abisko har förändringar i växter och deras näringsinnehåll studerats för dessa två typer av vegetation längs en höjdgadient som sträcker sig från fjällbjörksskogen till mellanalpin tundra. Denna forskning syftar till att öka förståelsen för hur en förändring i höjd (och därmed i temperatur) påverkar växtligheten och dess tillgänglighet av kväve och fosfor i våra svenska arktiska landskap.



Figur 3. Medelvärden av kväve:fosfor-kvoten i gröna (a) och vissna (b) blad för hed- och ängsvegetation längs en höjdgadient utanför Abisko, nordligaste Sverige (data från Sundqvist et al. 2011b).

Försöksytor

Under hösten 2007 lades fyra försöksytor (2 x 2 m) ut i både hed- och ängsvegetation på var hundra meter, från 500 m i fjällbjörksskog, förbi skogsgränsen som ligger ungefär på 550 m, upp till 1000 m. Detta resulterade i totalt 48 försöksytor längs gradienten. För att kunna analysera hur artsammansättning förändrades med höjd i dessa två vegetationstyper inventerades vegetationen i den inre kvadratmetern i varje yta under sommaren 2008. I större (10 m i diameter) ytor med de mindre ytorna som center samlades även färsk gröna blad (juli) och vissna blad (september) in från vanligt förekommande arter längs gradienten. För att undersöka hur växternas näringsstatus varierar längs gradienten mättes koncentrationen av kväve och fosfor i blad från alla insamlade arter. Med denna information beräknades slutligen kväve:fosfor-kvoten för den sammanlagda växtligheten i varje yta. Detta mått ger en indikation på vilket av dessa två näringsämnen som är mer begränsande för växtsambället. Generellt gäller att ju lägre kväve:fosfor-kvoten är, desto viktigare är kväve relativt fosfor som ett begränsande näringsämne.

Höjdgradienter hjälper oss att förstå den globala uppvärmningens påverkan i Arktis

Hed- och ängsvegetationen skilde sig markant åt i hur artsammansättningen förändrades längs höjdgradienten. Om-sättningen av arter var mycket större för ängsvegetationen än för hedvegetationen. Dessutom visade sig kväve:fosfor-kvoten i växtmaterialet vara högst på de högre höjderna för båda vegetationstyperna, men förändringen i kväve:fosfor-kvoterna för vissna blad längs gradienten var större i ängen än i heden (Figur 3a-b). Detta resultat visar på att det sker en förändring i betydelsen av olika näringsämnen för växterna längs denna höjdgradient. Det tyder på att växtligheten är relativt mer begränsad av kväve jämfört med fosfor på de lägre (och varmare) höjderna än på de högre (och därför kallare) höjderna. Framförallt visar det även på att förändringen är sammantaget som störst i den rikare ängsvegetationen jämfört med den fattigare hedvegetationen och att detta är kopplat till att artsammansättningen förändras mer med höjd i ängen än i heden.

Om dessa resultat speglar hur Arktis växtlighet kan komma att påverkas av framtida klimatförändringar tyder de på att effekten av en temperaturökning på artsammansättning och begränsande näringsämnen (kväve jämfört med fosfor) är densamma, men magnituden skiljer sig åt mellan olika typer av vegetation i dessa ekosystem. Detta skulle kunna innebära att även om ökade temperaturer i dessa fjällområden kan komma att leda till en större förändring i växternas artsammansättning i ängs-jämfört med i hedvegetation, så behöver inte kväve:fosfor-kvoten skilja sig markant åt mellan dem i framtiden.

Läs mer

Aerts, R. & Chapin, F. S. III. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. In: Fitter, A.H. & Raffaelli, D. G. (eds.), *Advances in ecological research* 30: 1–67. Academic Press, San Diego.

Sundqvist, M. K., Giesler, R., Graae, B. J., Wallander, H., Fogelberg, E. & Wardle, D. A. 2011a. Interactive effects of vegetation type and elevation on aboveground and belowground properties in a subarctic tundra. *Oikos*, 120: 128–142.

Sundqvist, M. K., Giesler, R. & Wardle, D. A. 2011b. Within- and across-species responses of plant traits and litter decomposition to elevation across contrasting vegetation types in subarctic tundra. *PLoS ONE*, 6(10): e27056.

Vitousek, P. M., Matson, P. A. & Turner, D. R. 1988. Elevational and age gradients in Hawaiian montane rainforest: foliar and soil nutrients. *Oecologia* 77: 565–570.

Whittaker, R. H. 1956. *Vegetation of the Great Smokey Mountains*. Ecological Monographs 26: 1–80.

Wookey, P. A., Aerts, R., Bardgett, R. D., Baptist, F., Bräthen, K. A., Cornelissen, J. H. C., Gough, L., Hartley, I. P., Hopkins, D. W., Lavorel, S. & Shaver, G. R. 2009. Ecosystem feedbacks and cascade processes: understanding their role in the responses of arctic and alpine ecosystems to environmental change. *Global Change Biology* 15: 1153–1172.

Ämnesord

Klimatförändringar, global uppvärmning, fjällen, kväve, fosfor, tundra, fjällbjörkskog.

Författare



MAJA SUNDQVIST

Postdoktor,
institutionen för skogens
ekologi och skötsel,
SLU, 901 83 Umeå
Maja.Sundqvist@slu.se



REINER GIESLER

Professor,
institutionen för ekologi,
miljö och geovetenskap,
Umeå Universitet,
901 87 Umeå
Reiner.Giesler@emg.umu.se



DAVID WARDLE

Professor i markvetenskap
och växtekologi,
institutionen för skogens
ekologi och skötsel,
SLU, 901 83 Umeå
David.Wardle@slu.se