
TRÄDGRÄNSEN I DALAFJÄLLEN

Del 1. GAMLA OCH NYA TRÄD PÅ FULUFJÄLLET - vegetationshistoria på hög nivå



Del 2. TANDÖVALA – försvinnande sydlig fjällvärld



Leif Kullman är professor i naturgeografi vid Umeå universitet. Forskningen är inriktad mot historisk biogeografi, vegetationshistoria samt ekologiska effekter av nutida klimatändringar. Adress: Naturgeografi, Institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap, Umeå universitet, 901 87 Umeå. E-post: leif.kullman@emg.umu.se

För innehåll och framförda åsikter svarar författaren.

Fotografier

I delrapport 1 är samtliga fotografier tagna av författaren. I delrapport 2 är bilderna från 1919 tagna av Karl-Erik Forsslund, övriga av författaren.

Figurer är samtliga framtagna av författaren.

Omslagets framsida:

Färgbilden från Fulufjället föreställer en gran strax under trädgränsen. Ett tätt grenverk närmast marken markerar vinterns snödjup. Ett gynnsammare klimat har framkallat en upprätt stam sedan början av 1940-talet. Granen var precis 2 m hög 1974 och har därefter ökat till 5 m. I marken under granen har fyra "generationer" av subfossila granrester grävts fram och daterats. Foto: Leif Kullman.

De två svartvita bilderna från Tandövala: Första bilden från 1919 är tagen mot väster och visar en kalfjällsvy med enstaka träd på något lägre nivåer. Äppelrostjärnen syns i bakgrunden. Foto: Karl-Erik Forsslund 1919. På den andra bilden från 2004 har trädskiktets slutenhet och höjd ökat. Uppväxande björkar har omöjliggjort att fotografera från exakt samma punkt som 1919. Foto: Leif Kullman.

ISSN 1101-3044 Länsstyrelsen Dalarna, Miljövårdsenheten

Länsstyrelsen Dalarna

Postadress
791 84 Falun

Gatuadress
Åsgatan 38

Telefon
023-810 00

Telefax
023-813 86

Postgiro
6 88 19-2

TRÄDGRÄNSEN I DALAFJÄLLEN

***Del 1. GAMLA OCH NYA TRÄD PÅ FULUFJÄLLET
- vegetationshistoria på hög nivå
TRÄDGRÄNSEN I DALAFJÄLLEN***



Av Leif Kullman

Innehåll

Ny nationalpark viktig forskningsresurs	3
Trädgränsen som varningsklocka	3
Trädgränser under 100 år	4
Natur och kultur	5
Nya och högre trädgränser	6
Tall.....	7
Gran och fjällbjörk	8
Andra Dalafjäll.....	11
Gångna årtusendens trädgränser.....	11
Träd-landskap-klimat.....	12
Den nya trädgränsen i långt perspektiv.....	14
Granens invandring.....	14
Dynamik i flora och vegetation	16
Stort värde.....	17
Tack	17
Citerad litteratur	18
Abstract.....	20

Ny nationalpark viktig forskningsresurs

Fjällvärlden är inte sig lik. Det pågår en fullt märkbar och i grunden klimatstyrd biogeografisk omstrukturering av det levande fjällandskapet. Vissa tecken tyder på att omvälvningen kan komma att bli en av de största som inträffat efter den senaste istiden (Kullman 2004a, b). Den relativt orörda naturen i nationalparker och naturreservat är en ovärderlig tillgång för övervakning och grundläggande forskning kring de genomgripande förändringar som nu tagit sin början. Fulufjällets nationalpark i nordvästra Dalarna (385 km²) avsattes 2002 med syftet att bevara ett sydligt fjällområde med särpräglad vegetation. Fulufjället med sina urskogsartade omgivningar är unikt bland annat därför att tamrenskötsel aldrig förekommit här. Nationalparken kan därför få stor betydelse för forskningen kring den labila jämvikten mellan skog och kalvfjäll. Den ”striden” yttrar sig som en varierande bred övergångszon, *trädgränsen*, som lånar karaktärer av både fjäll och skog. Trädgränsens läge och struktur bestäms av växelverknings mellan klimat och olika typer av störningar, där renens betning och tramp har diskuterats som viktiga faktorer (Öberg 2002, Kjällgren & Kullman 2002, Holtmeier 2003). För att rätt kunna tolka dagens landskapsekologiska förändringar är det viktigt att ha tillgång till ”rentomma” fjällområden som jämförelseobjekt och Fulufjällets nationalpark är på så sätt ett viktigt referensområde.

När det gäller jämförande studier i tid och rum har det visat sig praktiskt att ge trädgränsen en standardiserad och ganska snäv definition. Varje trädart har sin egen trädgräns, närmare preciserad som höjden över havet för den högst belägna, minst 2 m höga, individen i en viss fjällslutning.

Trädgränsen som varningsklocka

Insikten om betydelsen av kunskap om trädgränsens ekologi har ökat under senare tid i takt med farhågorna att människans klimatpåverkan skulle kunna utlösa ekologiska förändringar av oväntat och oönskat slag. Trädgränsens förändringar över tid kan tjäna som en varningsklocka i detta sammanhang. När den ringer så vet vi att klimatet ändrats så till den grad att ekologiska konsekvenser kan förväntas långt utanför fjällregionen. Trädgränser svarar också för de tidigaste signalerna om att en påtaglig klimatförändring inletts under 1900-talet (Sandberg 1940, Hustich 1958, Kullman 1979). Sommarens uppvärmning under de senaste 100 åren i fjällnära områden ligger i storleksordningen 1 °C. Särskilt anmärkningsvärd är också raden av extremt milda vintrar och vårar efter 1987 samt en allt kortare snöperiod (Alexandersson 2002, Kullman 2004b). En temperaturökning i den här storleksordningen kan tyckas obetydlig, men anses fullt tillräcklig för att påverka såväl enskilda arter som hela ekosystem (McCarty 2001).

Dalafjällen utgör ett nyckelområde i forskningen kring de ekologiska effekterna av det nya klimatet. På grund av fjällens låga höjd kan det inte uteslutas att alpina och subalpina miljöer, med många växt- och djurarter här vid sin sydgräns, kommer att försvinna från denna del av Sverige om klimatet fortsätter att förändras i samma riktning som under det senaste århundradet. Nationalparkens trädgränsszon är en arena där vi på bästa åskådarpå plats kan följa den pågående ”kampen” mellan fjällets och skogens växtsamhällen.

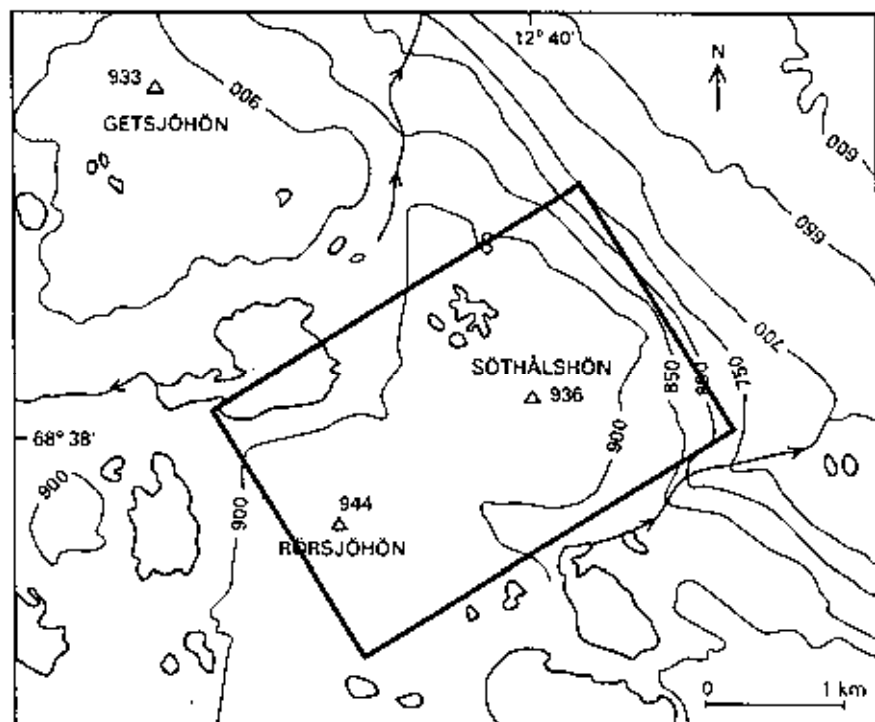
I detta sammanhang kan inget vara mer befogat än att citera naturgeografen Anders Rapp: *”En särskilt viktig gränslinje är trädgränsen mot tundra och kalvfjäll. Träden är våra vänner och vaktposter mot dödlig kyla i Arktis, mot havets blåstrande vindar i Skåne och mot den dödliga torkan i Saharas utkanter. Låt oss bli mer uppmärksamma på trädens roll och gränser i föränderliga landskap i norr och söder”* (Rapp 1992).

Trädgränser under 100 år

Som en del av mina doktorandstudier i början av 1970-talet fastställde jag trädgränsernas (fjällbjörk, tall och gran) läge inom ett begränsat område (2 x 3 km) på Fulufjället (figur 1). Området innefattar lågfjällshöjderna Söthålshön (936 m ö h) och Rörsjöhön (943 m ö h). Samtidigt rekonstruerades trädgränsernas positioner i början av 1900-talet genom åldersundersökningar (borring) av enskilda levande träd på olika höjdnivåer i fjällets sluttningar. Metodens tillförlitlighet har testats med positivt resultat i andra områden genom att jämföra borrhingsdata med faktiska trädgränsmätningar utförda med höjdmätare i början av förra seklet (Kullman 1979). I det aktuella området finns endast en tillförlitlig äldre mätning som kan användas som kontroll av trädgränsrekonstruktioner gjorda i nutiden. Björkens trädgräns i det undersökta området omkring 1915 fastställdes sålunda av Samuelsson (1917) till 905 m ö h, som kan jämföras med mitt rekonstruerade värde, 910 m ö h på samma plats.

Figur 1.
Det undersökta området (rutan) på Fulufjället i nordvästra Dalarna ($61^{\circ} 38' N$; $12^{\circ} 40' E$).

The study area and the permanent monitoring transect on Mt. Fulufjället in northwestern Dalarna County, central Sweden.



Tiden är nu inne för en revision av de gamla trädgränsmätningarna och under sommaren 2004 positionsbestämde trädgränserna ånyo inom det område där jämförelsedata både från 1915 och 1974 finns att tillgå. På så sätt får vi ett mått på trädgränsernas förskjutning och landskapets förändring under nästan 100 år samt under de senaste 30 åren. Samtidigt skapas värdefulla utgångspunkter för framtida uppföljande undersökningar, som bäddar för en alltmer förfinad kunskap om de miljöfaktorer som reglerar trädgränsen. Resultaten blir dessutom särskilt intressanta och klargörande om de kan sättas in i ett längre historiskt perspektiv. Är nutidens trädgränsförskjutningar på något sätt unika eller har liknande händelser inträffat förut, kanske rentav upprepade gånger under tidigare århundraden och årtusenden? Svaret på frågorna kan bidra till tolkningen av bakomliggande klimatändring och om den skall anses naturlig eller orsakad av människan.

De stora dragen i trädgränsens historia efter istiden kan rekonstrueras med en robust och objektiv metod, där det viktigaste verktyget är subfossila trädlämningar (stammar, rötter eller kottar) som bevarats under tusentals år i fjällets tjärnar och torvmarker. Dessa trädrester kan

dateras ($\pm 50-70$ år) med kol-14-analys, en metod som i princip aldrig kan ge felaktiga resultat om varje analys baseras på en enda distinkt vedbit.

Natur och kultur

Fulufjället reser sig mäktigt i sydkanten av *fjälltaigan*, den naturgeografiska region vars klimat, terrängformer, ekologiska störningsdynamik och växtlighet präglas av fjällens närhet (Kullman 2005). Fjället har karaktären av en mjukt böljande högplatå (900 - 1040 m ö h), med branta skogklädda sidor. Berggrunden av jotnisk dalasandsten med inslag av diabas bildar ställvis stora blockhav. Klimatet i regionen är utpräglat kontinentalt, vilket innebär förhållandevis kalla vintrar och varma somrar. Uppe på platån, i trädgränzonen, är dock förhållandena mindre extrema i detta avseende. Nederbörden är här påfallande hög, säkert kring 1000 mm per år (Raab & Vedin 1995), vilket också antyds av sjörikedomen samt inte minst den ”regnkatastrof” som inträffade sommaren 1997 (Vedin m.fl. 1999).

I de här aktuella, nordöstra, delarna av Fulufjället dominerar tallen *Pinus sylvestris* de lägre nivåerna, medan granen *Picea abies* starkt ökar i betydelse i de brantare partierna upp mot fjällkanten. Markvegetationen utgörs av friska rishedar med blåbär *Vaccinium myrtillus*, ljung *Calluna vulgaris* och kråkbär *Empetrum hermaphroditum*. Ett fragmentariskt 50-75 m brett höjdbälte av lågvuxen, flerstammig fjällbjörk *Betula pubescens* ssp. *czerepanowii* gränsar mot kalvfjället. Tallens och granens trädgränser är infiltrerade i detta bälte, där tallen idag stiger något högre än granen. Det är möjligt att björkbältets omfattning till viss del maskeras av de omfattande blockmarkerna där trädväxt är i det närmaste utesluten, trots att lokalklimatet kanske skulle vara tillåtande. I mosaiken av björkbestånd och öppen fjällhed präglas markvegetationen av svällande lavmattor, främst fönsterlav *Cladonia stellaris*, med visst inslag av ljung, kråkbär och dvärgbjörk *Betula nana*. Mindre fragment av mossevegetation finns i fjällplatåns djupare svackor, ofta omkransande mindre sjöar och vattensamlingar. Den näringsfattiga och svårvittrade berggrunden uppe på fjällplatån bäddar för en påtagligt artfattig fjällväxtflora. Mest framträdande och frekventa är lappljung *Phyllodoce caerulea*, krypljung *Loiseleuria procumbens*, ripbär *Arctostaphylos alpinus*, klynnetåg *Juncus trifidus*, styvstarr, *Carex bigelowii*, lopplummer *Huperzia selago* och fjälllummer *Diphasiastrum alpinum*.

Glest spridda fåbodar finns i barrskogsbältet runt hela Fulufjället, på nivåer 200-250 m under björkens trädgräns. Fåbodbruket och andra utmarksnäringar (starrslätter och lavtäkt) bedrevs som mest intensivt kring och strax före 1900-talets början. Det förekom då att kor, får och getter betade på fjällplatån, främst i den mer ängsartade vegetationen kring bäckar och i fuktigare videsnår (Forsslund 1924, Lundqvist 2002). Från skogens och trädens synvinkel tycks denna påverkan varit tämligen harmlös (Kellgren 1891) och Fulufjället får nog anses som ovanligt lite påverkat av människan. En sista rest av en fordom större vildrensstam fanns kvar i området ända in på 1860-talet (Forsslund 1949).

Tallskogarna runt Fulufjället är starkt brandpräglade (Holmgren 1937) och bränder har förekommit i relativt sen tid (1950-talet) även uppe på fjällplatån (Lundqvist 2002, Sander 2004), där kolrester i marken inte är något ovanligt fenomen. Sannolikt har bränder i det översta skogsbandet vidgat kalvfjället och på så sätt bidragit till att den ”rätta”, klimatbetingade fördelningen av skog och fjäll utvecklats utan fördröjning. Möjligtvis är stark brandpåverkan ett särdrag för fjällen i den här delen av fjällkedjan (jämför Oldhammer 1994), vilket ytterligare förhöjer nationalparkens värde som vetenskapligt referensområde.

En modern form av kulturpåverkan är atmosfäriskt kvävededfall, som tycks vara särskilt koncentrerat till trädgränazonen (Westling & Ferm 1997) och som kan ha bidragit till ökad gräsväxt i fjällhedarna (Kullman 2000a).

Översiktliga och initierade skildringar av Fulufjällets naturförhållanden och kulturhistoria har lämnats av Ljung (2000), Lundqvist (2002) och Bratt (2004).

Nya och högre trädgränser

Klimatets uppvärmning i modern tid börjar på allvar omkring 1915 och därför har trädgränsernas positioner vid den tidpunkten använts som utgångspunkt för jämförelser med motsvarande lägen vid två senare tillfällen, nämligen 1974 och 2004 (tabell 1). Tallen uppvisar den klart största trädgränshöjningen under det gångna seklet (145 m), följd av gran och fjällbjörk i nu nämnd ordning. Både tall och björk växer så högt upp som är fysiskt möjligt. Med största sannolikhet skulle åtminstone björken ha kunnat avancera ännu högre, om högre belägen terräng funnits inom den undersökta ytan. Därom vittnar trädens uppträdande inom andra delar av Fulufjällsområdet. Tallens och björkens framryckning är ungefär lika stor före som efter 1970-talets mitt. Läget av granens trädgräns har däremot inte förändrats under de senaste decennierna. Resultaten utvecklas mer i detalj i det följande.

Tabell 1.

Species	Trädgräns, m ö. h. (Treeline position, m a.s.l.)			
	1915	1974	2004	Ändring (Change) 1915-2004 (m)
Tall (<i>Pinus sylvestris</i>)	795	870	940	+145
Gran (<i>Picea abies</i>)	820	930	930	+110
Björk (<i>Betula pubescens</i>)	870	910	940	+70

Tabell 1. Trädgränsen läge för tall, gran och björk vid tre olika tillfällen under de senaste 90 åren inom den undersökta ytan i Fulufjällets nordöstsluttning.

Treeline altitudes of pine, spruce and mountain birch at three different points of time during the past 90 years within the studied elevational transect on the northeast-facing flank of Mt. Fulufjället.

Tall

Tallens trädgräns har på något mindre än ett sekel flyttats ca 5 km västerut, upp över fjällkanten och in på platån. Den gamla trädgränsen framträder i terrängen som en jämn gränslinje av synbart äldre träd vid 795 m ö h, överskriden endast av glest spridda och unga, vitala och snabbväxande tallar (figur 2).



Figur 2. Glest bestånd av maximalt 60-70 år gamla tallar, som etablerats 25 m ovanför trädgränsens läge omkring 1915.

A sparse stand of at most 60-70 year old pine trees, which have become established 25 m above the treeline elevation in 1915.

Systematiska borringar vid trädens rothals visar att inga av dessa 6-7 m höga tallar är äldre än 100 år. Merparten har etablerats under och strax efter 1930-talet. På en nivå av 870-880 m ö h och däröver är tallarna genomgående kortare (3-4 m). De flesta har utvecklats ur frön som grott mellan slutet av 1940-talet och början av 1970-talet. En stark åldersklass har sett dagens ljus även under de senaste 5-10 åren, vilket förebådar fortsatt expansion för tallen. Årsringsdata samt noteringar från mitten av 1970-talet visar samstämmigt att på dessa nivåer fanns inga träd utan endast låga tallplantor för 30 år sedan. Tillväxten har varit förvånansvärt hastig och många träd har fördubblat sin höjd under de senaste 10-15 åren. De flesta tallarna är påtagligt vitala, har tätt och symmetriskt grenverk, nästan helt utan tecken på vinterskador under senare år. Majoriteten har också utvecklats till fröproducerande träd. Till bilden av tallens uppträdande vid trädgränsen hör enstaka döda småträd och plantor, som uppenbarligen dukat under till följd av några exceptionellt kyliga och snöfattiga vintrar under 1980-talet (Kullman 1997). För en person med långvarig erfarenhet av tillståndet vid trädgränsen i olika delar av fjällkedjan framstår den idag helt övervägande livskraftiga och progressiva bilden av trädgränsen som någonting helt nytt. Som sinnebild för denna utveckling står den tall som markerar trädgränsens nuvarande position i form av ett 2.3 m högt välväxt träd som grott i början av 1970-talet (figur 3 nästa sida).

Figur 3.

Tallens nya och högre trädgräns (940 m ö h) representeras av ett 2,3 m högt fröproducerande träd, drygt 30 år gammalt (61° 37, 981' N; 12° 38, 805' E).

The new and elevated pine treeline is marked by a 2.3 m tall and seedproducing tree, about 30 years old.



Merparten av de nya träden växer i luckor och utglesningar i den låga fjällbjörkskogen. Sett något på avstånd är det tydligt att tallen här, liksom på många andra håll i Dalafjällen (Kullman 2004d), är i färd med att bilda ett glest, men tätande bälte som inkräktar på och tenderar att överflygla björkbältet. De översta granarna är redan passerade av tallarnas pionjärer. En radikal omkastning av den subalpina trädslagszoneringen har således inletts. Notablet i sammanhanget är att tallplantor som grott under 2000-talet nu hittas helt nära Fulufjällets högsta topp, 1035 m ö h. Intressant är också att tallens expansion, till skillnad mot björk och gran, inte hindrats nämnvärt av de tjocka, ostörda lavmattorna.

Den bild av tallens framryckning som här tecknats skiljer sig diametralt från de naturbeskrivningar som gjordes för drygt ett sekel sedan. Sålunda berättar botanisten A.G. Kellgren (1891) om en tydligt sjunkande trädgräns just i den här delen av Fulufjället. Många av de översta tallarna hade nyligen dött eller var döende och helt "friska" tallar var uppenbarligen en bristvara i det högsta skogsbandet. Tallen uppges också helt frånvarande i det smala fjällbjörksbältet. Kellgren tolkar detta, helt korrekt (Kullman 2000a), som en följd av en sedan länge pågående utveckling mot ett svalare klimat. Så sent som på 1940-talet kunde man tydligt se spåren av den omfattande tr addedöden i Dalarnas fjällkanter (Lundqvist 1949). Vittnesbörd om den sjunkande trädgränsen strax före 1900-talet ser vi ännu idag i form av enstaka förmultnande lågor, som mest ca 50 m ovanför 1915 års trädgräns.

Gran och fjällbjörk

I motsats till tallen, har granens och björkens trädgränser under 1900-talet inte avancerat uppåt i fjällslutningen genom frösådd och etablering av nya individer. I stället fanns de här trädslagen på plats med merparten av sina nuvarande trädgränsindivider som låga buskar redan när klimatets uppvärmning inleddes under 1900-talets första decennier. Trädgränsens granar och björkar har därefter blivit allt högre och mer frodvuxna. Årskotten har varit osedvanligt långa alltsedan 1990-talets början. Ännu så sent som i mitten av 1970-talet var alla björkar och granar i en bred zon under dagens trädgränsnivå inte mycket högre än

vinterns maximala snödjup. De hade genomgående formen av låga buskar som i hundratals och i vissa fall tusentals år, förnygrats vegetativt, men hållits i schack av ett kärvt klimat. Detta framgår klart av äldre observationer (Samuelsson 1917, Forsslund 1924), kol-14-analyser av vedrester tillhörande levande träd samt trädborrning. Flerstammiga björkar vid den nya trädgränsen har i vissa fall levande stammar som är drygt 200 år gamla. Delvis begravnade stamrester tillhörande en sådan björk visade sig genom kol-14-datering ha dött för omkring 375 år sedan (figur 4). Den döda stammen var minst lika grov som den äldsta levande, vilket skulle kunna tyda på att vissa trädgränsbjörkar kan vara minst 500 år gamla. Uppenbarligen har individer av detta slag under de allra senaste decennierna befriats från en hämmande "klimatspärr" och har genom kraftig höjdtillväxt kvalificerat sig som träd enligt den trädgränsdefinition som här tillämpas. Exempel på gran och björk som genomgått denna utveckling visas i figur 5 och 6. Sedan tidigt 1970-tal har särskilt björkbestånden på detta sätt fått en ökad täckning och blivit mycket mer framträdande över hela norra delen av Fulufjällsplatån. Vid ett forskarseminarium i Njupeskar hösten 2004 berättade äldre personer i lokalbefolkningen hur de mycket påtagligt upplevt den här förändringen av fjälllandskapet.

Den nästan totala avsaknaden av nyetablerade granar och fjällbjörkar vid och ovanför trädgränsen ger måhända en fingervisning om vilka arter som inte kommer att vara vinnare i kampen om titeln "framtidens trädgränsträd", förutsatt att klimatets utveckling fortsätter på den inslagna vägen.



Figur 4. Björkens nya trädgräns (940 m ö. h) utbildas av mycket gamla individer (61° 37, 978' N; 12° 38, 800' E). Den grövsta stammen visade 211 årsringar vid rothalsen. En liggande död stam tillhörande samma individ (höger nedre hörn) har enligt kol-14-datering dött för 375 år sedan. Björken kan alltså vara äldre än 500 år.

The advanced birch treeline is set by very old individuals. The thickest living stem displayed 211 annual rings at the root neck. A downed and decaying stem (lower right corner) is radiocarbon-dated to 375 cal. BP. Thus, this individual birch may be older than 500 years.

Figur 5. Gran strax under trädgränsen (910 m ö h, 61°38, 356´ N; 12° 40, 589´ E). Ett tätt grenverk närmast marken markerar vinterns snödjup. Ett gynnsammare klimat har framkallat en upprätt stam sedan början av 1940-talet. Granen var precis 2 m hög 1974 och har därefter ökat till 5 m. I marken under granen har fyra "generationer" av subfossila granrester grävts fram och daterats (figur 11).

Spruce growing slightly below the tree line. A dense cushion of branches close to the ground indicates the depth of the snow cover. Climate warming has evoked the protrusion of an upright stem since the early-1940s. After 1974, the height of the stem has increased from 2 to 5 m. Four "generations" of subfossil wood remains were unearthed from the soil underneath this spruce (Figure 11).



Figur 6. Trädgränsbjörk som 1974 var 1.2 m hög med en jämn och tät toppyta, en så kallad bordsbjörk. Björken har som många andra under de senaste 30 åren vuxit betydligt i höjd och är nu nästan 3 m hög.

A treeline birch which was 1.2 m tall in 1974 and then performing with an even and dense upper crown, a so-called "table birch". That was the modal growth form for birches at this elevation 30 years ago. Since then, most of these specimens have grown substantially taller and now they have attained a height of about 3 m.



Andra Dalafjäll

Den bild av trädgränsernas förändringar under det senaste seklet som nu framträder går igen på många andra håll i Dalafjällen samt i fjällkedjan i övrigt (Kullman 2000a, 2004d). Samstämmigheten över större regioner talar starkt för att klimatets ändring är huvudorsaken. En maximal höjning av trädgränsen med 145 m, som i detta fall, är nästan exakt vad som kan förväntas av en trädgräns i balans med klimatet, eftersom det är allmänt vedertaget att sommartemperaturen avtar med ungefär 0,6 °C för varje 100 m höjdstigning. Intressant är också att trädgränsen förändrats i samma storleksordning i detta område som i andra fjälltrakter i Dalarna med likartad geologi och klimat, men där renskötsel har en lång historia. Tidigare antaganden om renens betydelse för trädgränsens läge ter sig i detta perspektiv mindre självklara.

Gångna årtusendens trädgränser

Tolkningen av vidden och innebörden av trädgränsens höjning från 1915 och fram till idag fordrar kunskap om dess mer långsiktiga historia. Med den avsikten har rester av subfossila träd insamlats i en zon från dagens trädgräns och ungefär 50 m lägre, d.v.s. inom intervallet 940-890 m ö. h. Merparten av fynden utgörs av stamdelen av mindre träd (diameter <10-15 cm) huvudsakligen anträffade i torvavlagringar nära kanten av mindre tjärnar och vattensamlingar (figur 7).

Figur 7. I en liten göl i kanten av en mosse hittades subfossil av tall (7480 år), sibirisk lärk (8180 år) samt gran (9030 år).

Within a small pool at the fringe of a bog, sub fossil pine (7480 cal. BP), Siberian larch (8180 cal. BP) and spruce (9030 cal. BP) were recovered. The Pine remnant is upraised at the pool margin.



Tabell 2.

Lab. nr.	Art	Ålder	Höjd (m ö h)	Daterat material	Koordinater
Lab. no	Species	Age (cal. BP)	Elevation (m a.s.l.)	Material dated	Coordinates
Beta-195539	Tall (<i>Pinus</i>)	7480	890 (figur 7)	Stam (Trunk)	61° 38, 218' N; 12° 40, 933' E
Beta-195540	Tall (<i>Pinus</i>)	9240	920	Stam (Trunk)	61° 38, 256' N; 12° 39, 687' E
Beta-195541	Tall (<i>Pinus</i>)	8580	920	Stam (Trunk)	61° 38, 256' N; 12° 39, 687' E
Beta-195542	Tall (<i>Pinus</i>)	9440	920	Stam (Trunk)	61° 38, 256' N; 12° 39, 687' E
Beta-195543	Tall (<i>Pinus</i>)	9540	935	Gren (Branch)	61° 38, 064' N; 12° 38, 821' E
Beta-195544	Tall (<i>Pinus</i>)	9410	905	Stam (Trunk)	61° 38, 131' N; 12° 38, 821' E
Beta-195545	Tall (<i>Pinus</i>)	9000	905	Stam (Trunk)	61° 38, 131' N; 12° 38, 821' E
Beta-195550	Tall (<i>Pinus</i>)	9600	1030 (figur 8)	Stam (Trunk)	61° 34, 457' N; 12° 34, 889' E
Beta-195546	Björk (<i>Betula</i>)	375	935 (figur 4)	Stam (Trunk)	61° 37, 978' N; 12° 38, 800' E
Beta-195538	Gran (<i>Picea</i>)	9030	890 (figur 7,10)	Kotte (Cone)	61° 38, 218' N; 12° 40, 933' E
Beta-195547*	Gran (<i>Picea</i>)	5600	905 (figur 5,11)	Kotte (Cone)	61° 38, 356' N; 12° 40, 589' E
Beta-195548*	Gran (<i>Picea</i>)	375	905 (figur 5, 11)	Stam (Trunk)	61° 38, 356' N; 12° 40, 589' E
Beta-195549*	Gran (<i>Picea</i>)	9550	905 (figur 5,11)	Stam (Trunk)	61° 38, 356' N; 12° 40, 589' E
Beta-195551*	Gran (<i>Picea</i>)	9000	905 (figur 5,11)	Stam (Trunk)	61° 38, 356' N; 12° 40, 589' E
Beta-195537	Larch (<i>Larix</i>)	8180	890 (figur 7, 9)	Kotte (Cone)	61° 38, 218' N; 12° 40, 933' E

*Tillhör troligtvis samma genetiska individ som ännu lever. Possibly, these belong to the same, still living, genet.

Tabell 2. Ålder för subfossila trädrester, daterade med kol-14-analys. Kalibrering till kalenderår BP (BP = före 1950) har utförts enligt Stuiver m.fl. (1998).

Radiocarbon ages of subfossil wood remains, in most cases found slightly below the new and raised treeline, i.e. 940 m a.s.l. The samples are calibrated to calendar years (cal. BP) according to Stuiver et al. (1998).

Träd-landskap-klimat

Totalt lokaliserades 15 subfossila lämningar av olika trädarter; 8 tall, 5 gran, 1 björk och 1 sibirisk lärk. Samtliga har daterats med kol-14-analys och resultaten redovisas i tabell 2. Tall och gran växte på Fulufjället redan för omkring 9600 år sedan. Tallen hade då även tagit fjällets allra högsta delar (Brattfjället) i besittning (figur 8), vilket väl svarar mot Oddestads (1967) datering av den senaste inlandsisens försvinnande. Möjligtvis fanns dock tall här ännu tidigare, att döma av subfossila tallfynd i Dalarna, gjorda på ännu högre nivåer (Städjan) och som daterats till 12500 år före nutid (Kullman 2004d). Kanske växte de allra första träden i morän- och blocktäckta partier på den smältande inlandsisen (Richter m.fl. 2004). Fjällplatåns vittomfattande blockmarker torde ha hindrat utbildandet av sluten tallskog över större arealer. Även under tiden med den allra högsta trädgränsen och de varmaste somrarna, d.v.s. strax efter isavsmältningen, får man nog tänka sig betydande arealer med ett öppet, fjällliknande landskap. Eftersom många av de subfossila tallarna påträffas i eller mycket nära små tjärnar på dagens kalfjäll är det uppenbart att klimatet under flera årtusenden efter isens avsmältning var både varmare och torrare än i nutiden. Klimattypen var sannolikt ännu mer kontinental än idag, vilket antyds av förekomsten av sibirisk lärk *Larix sibirica* för drygt 8000 år sedan (figur 9). Närmaste spontana förekomster av lärkar växer idag på västra stranden av Onega, 100 mil längre österut. Lärkens tidiga närvaro på Fulufjället har motsvarigheter på andra platser längs fjällkedjan (Kullman 1998, 2004d), vilket ytterligare talar för speciella egenskaper i dåtidens makroklimat. Den nästan totala avsaknaden av fjällbjörk bland de subfossila trädrester som påträffats talar också för ett utpräglat kontinentalt och relativt

snöfattigt klimat under flera av de första isfria årtusendena. Erfarenheter från andra delar av Dalarnas fjällvärld pekar i samma riktning, men man bör nog akta sig för att tolka bristen på subfossila björkar som total frånvaro i det tidiga postglaciala landskapet (Kullman 2004d). Tidpunkten för när fjällbjörken börjar bilda mer slutna bestånd ovanför barrskogen är något oklar. Mer omfattande data från andra fjällområden i södra delen av fjällkedjan (Kullman 2004b) har visat att detta är en successiv process. Den inleddes för omkring 7500 år sedan som ett resultat av allt svalare somrar och mer snörika vintrar, d.v.s. fjällbjörkens optimala klimattyp. Möjligtvis skulle framväxten av ett subalpint fjällbjörksbälte kunna vara något mer fördröjd i det relativt kontinentala klimatet i Dalarnas fjälltrakter.

Figur 8. Subfossil tall framgrävd ur tunn torvavlagring (1030 m ö h) nära Fulufjällets högsta topp. Trädet levde här till för 9600 år sedan, på en nivå 235 m högre än trädgränsen omkring 1915.

Piece of a pine stem unearthed from a thin peat accumulation (1030 m a.s.l.) close to the highest peak of Mt. Fulufjället. This tree lived until 9600 years ago at a level 235 m higher than the tree line as it was around 1915.



Figur 9. Kotte av sibirisk lärk anträffad i mossegöl (figur 7) och daterad till 8180 år före nutid.

A cone of Siberian larch Larix sibirica found in a bog pool (Figure 7) and radiocarbon-dated to 8180 cal. BP.



Bortsett från indikationer om ett klart varmare och torrare klimat direkt efter istiden, finns i den här undersökningen inga belägg för att ädla lövträd, exempelvis ek *Quercus robur*, hassel *Corylus avellana* eller alm *Ulmus glabra* någonsin vuxit på Fulufjället. Detta antyds däremot av äldre pollenanalyser (Lundqvist 1951) och helt osannolikt är det faktiskt inte, med tanke på att subfossil ek (ollon) och hassel (nötter) hittats i subalpina miljöer på Storzvättshåga, 6 mil längre norrut (Kullman 2004d). Dessutom, alm växer än idag (krypande form) vid Fulufjället, bara ”ett stenkast” in på norska sidan (Ljung 2000).

Den nya trädgränsen i långt perspektiv

De subfossila tallar som påträffades i det särskilt genomsökta området, d.v.s. i en zon från dagens nya trädgräns och 50 m lägre, fördelar sig inom intervallet 9600-7500 år före nutiden. Det finns således ingenting som tyder på att trädformig tall någonsin därefter har vuxit på samma höga nivå som idag. Av allt att döma är den högre trädgräns som utbildats under 1900-talet unik för de senaste 7500 åren. Indirekt skulle det också kunna tolkas som att bakomliggande klimatändring är större än den naturliga variationsbredden under den här perioden. Givetvis kan invändas att detta underlag, i form av antalet daterade tallar, är väl magert för så långtgående slutsatser. Faktum är dock att resultatet blir exakt detsamma när det baseras på avsevärt större datamängder; det gäller såväl Dalarna som helhet (Kullman 2004d), som hela den svenska fjällkedjan (Kullman & Kjällgren 2000, under tryckning).

Granens invandring

De data som här presenteras (tabell 2) förstärker det mönster som med hjälp av subfossila granrester dokumenterats på andra håll, nämligen att granen är ett av de tidigast invandrade träden till fjällkedjan (Kullman 2001). Den länge förfäktade synen på granen som en sentida immigrant ses alltmera som en kuriositet som främst hör hemma i den idéhistoriska diskursen (jämför Nordlund 2001). Under inflytande av de subfossila vittnesbörden utvecklas nu nya tolkningsalternativ som står på betydligt säkrare grund. Det är nu alltmer klart att tall och gran invandrat ungefär lika tidigt. Varifrån de första granarna kommit och var granen tillbringat istiden är dock fortfarande helt öppna frågor, vars definitiva lösning kräver eftersök av subfossila granrester såväl öster som väster om fjällen. Idag saknas dylika belägg av tidiga postglaciala granar utanför fjällen i båda dessa riktningar. Intressant i sammanhanget är att ett av de äldsta granfynden på Fulufjället (9030 år) är en kotte med tydliga drag av s k altaigran *Picea abies* ssp. *obovata* (figur 10), en grantyp med tyngdpunkten i sin utbredning i nordost. En annan grankotte, 5660 år gammal, är av mer sydlig typ, *Picea abies* ssp. *abies*. Mycket talar för att kotten tillhör en klonbildande gran som fanns på plats redan för 9550 år sedan (figur 5, 11). Förekomsten av dessa olika typer av kottar kan dock inte ensamma avgöra frågan om invandringsriktningen.

Ett fascinerande resultat är att under kronan på en av den nya trädgränsens yttersta granutposter har fyra distinkta ”generationer” av subfossil gran frampreparerats ur det översta markskiktet. Dessa omfattar intervallet 9550-375 år före nutid (figur 5 och 11) och tillhör troligen ett och samma genetiska individ, d.v.s. en postglacial pionjärgran. Tack vare förmågan till vegetativ förökning har den kunnat överleva ända in i nutiden genom att växla mellan trädform och buskform i takt med klimatets svängningar. Denna nästan otroliga seghet och förmåga att långsiktigt överleva ogynnsamma klimatperioder är en egenskap som måste räknas granen tillgodo när vi funderar på var detta träd kan ha ”övervintrat” istiden. Måhända har den framhärdat närmare iskanten och den skandinaviska halvön än vi tidigare vågat ana (jämför Kullman 2000b).



*Figur 10. Grankotte med karaktärer av altaigran *Picea abies* ssp. *obovata* anträffad i mossegöl (figur 7) och daterad till 9030 före nutid.*

*A spruce cone with scale characters of *Picea abies* ssp. *obovata* found in a bog pool (Figure 7) and radiocarbon-dated to 9030 cal. BP.*



Figur 11. Subfossila granrester bevarade i marken under granen i figur 5. Från vänster till höger är åldern 5600, 375, 9550 och 9000 år före nutid.

Four samples of subfossil spruce remains, preserved in the soil underneath the canopy of the spruce displayed in Figure 5. From the left to the right they date, 5600, 375, 9550 and 9000 cal. BP.

Dynamik i flora och vegetation

I samband med trädgränsundersökningarna 1974 gjordes noggranna noteringar om fält- och bottenkiktens karaktär och sammansättning i det här studerade området, dels översiktligt och dels inom mindre partier av speciell natur (Kullman opublicerade data). Som stöd för jämförelser med dagens situation finns dessutom ett antal bleknande färgdia med landskapsvyer. Givetvis är detta dokument av något osäker natur, men vissa kvalitativa jämförelser med dagens situation kan nog ändå vara av intresse, särskild då indicierna pekar i samma riktning som i närbelägna områden med bättre dokumentation.

Mitt intryck är att lavmattorna, främst fönsterlav och grå renlav *Cladonia rangiferina*, är minst lika svällande och välutvecklade idag som för 30 år sedan. Påtagligt är dock att arealen av helt rena lavmattor utan inblandning av kärlväxter har minskat. Som helhet framstår landskapet på platån mindre gulvitt och mera grönt idag. Främst är det dvärgbjörk, ljung, kråkbär och i någon mån blåbär som alltmer börjat infiltrera lavmattorna. Allra tydligast är detta i de områden där fjällbjörkbestånden fått en mer sluten och skoglig karaktär. Dvärgbjörkens expansion är också tydlig vid dess höjdgrens. Denna fastställdes 1974 till 950 m ö h men återfinns idag 1035 m ö h (Brattfjället). Kruståtel *Deschampsia flexuosa* uppträdde 1974 främst som väl avgränsade bestånd i grundare svackor. Idag är arten ett mycket mer framträdande inslag i fjällplatåns hedar. Fjällväxtfloran (se ovan) har inte förändrats. Däremot har frekvensen av de mest typiska fjällväxterna och deras växtsamhällen minskat i växttäckets, vilket innebär att man får gå ganska långt mellan fynden av någon av dessa arter. Runt topparna av Söthålshön och Rörsjöhön noterades 1974 livskraftiga och vittutbredda populationer av ripbär och krypljung. Idag finns nästan inget av detta kvar. Vid en kallkälla på en nivå av 890 m växte 1974 täta bestånd av polarull *Eriophorum scheuchzeri*, som numera är helt utgången på platsen. Ett annat exempel som pekar i samma riktning rör snölegevegetationen. Vid basen av Rörsjöhöns nordöstra sluttning dokumenterades i början av augusti 1974 tre 10-15 m långa fält med kvarliggande snö samt ett flertal ”ruggar” med fjällbräken *Athyrium distentifolium* samt små fläckar med dvärgvide *Salix herbacea*, fjällnoppa *Gnaphalium supinum*, fjälldagdkåpa *Alchemilla alpina* och fjällumner. Vid ungefär samma tid 2004 var all snö sedan länge försvunnen och endast ett tynande, decimeterhögt exemplar av fjällbräken markerade att här hade vegetationen tidigare påverkats av sent smältande snö. Frodig och nästan heltäckande blåbärshed med smörblommor *Ranunculus acris* dominerar idag på platsen, där flera snölegearter tidigare hade sin svenska sydgräns. Blåbärrisets nedvandring och förtätning i svackor är ett mycket påtagligt fenomen över stora delar av fjällplatån. Ett varsel om att fjällens växtlighet inte alltid kommer att vara vad den varit får vi av förekomsten av några unga plantor av trädgårdslupin *Lupinus polyphyllus* i Fulufjällets lav-rishedar, långt från stigar eller andra spår av mänskliga störningar (figur 12 nästa sida). Kombinationen av en kortare snöperiod och ökat nedfall av atmosfäriskt kväve (se ovan) framstår som den yttersta orsaken till de vegetations- och floraförändringar som här manifesterats. Merparten av dessa har mer i detalj dokumenterats i andra delar av Dalarnas fjällvärld (Kullman 2004d).

*Figur 12. Ung planta av trädgårdslupin *Lupinus polyphyllus* i helt intakt lavhed med gulvit renlav, ripbär, lingon, ljung och kruståtel. Liknande, nyetablerade förekomster finns i andra dalafjäll (Kullman 2004d).*

*A young sapling of Garden Lupin *Lupinus polyphyllus* found growing in undisturbed lichen heath. Similar occurrences are reported from nearby mountains (Kullman 2004d).*



Stort värde

Den här redovisade undersökningen ger klart belägg för den nya nationalparkens stora värde för såväl vegetationshistorisk som vegetationsdynamisk forskning. Ett fundament har lagts för framtida insatser inom båda dessa fält. Det undersökta områdets närhet till Njupeskärs Naturum gör att resultaten med fördel kan utnyttjas för att berika den pedagogiska verksamheten för allmänheten vid denna anläggning. Eftersom de landskapsförändringar som här dokumenterats visat sig anknyta till många människors egna upplevelser och frågeställningar borde här finnas möjligheter att skapa ett forum som stimulerar till ömsesidigt kunskapsutbyte mellan forskning och intresserad allmänhet. Detta är s.k. **Traditionell Ekologisk Kunskap (TEK)**, en hittills föga utnyttjad kunskapskälla för vetenskaplig analys, och som börjat uppmärksammas allt mer (Usher 2000). Här skulle institutioner av typ Naturum kunna spela en viktig roll.

Tack

Denna undersökning har finansierats av Länsstyrelsen i Dalarna. Lisa Öberg och Lena Kjällgren har bidragit med viktiga och konstruktiva synpunkter på manuskriptets utformning.

Citerad litteratur

- Alexandersson, H. 2002. Temperatur och nederbörd i Sverige 1860-2001. – SMHI Meteorologi 104:1-28.
- Bratt, L. (red.) 2004. Fulufjällets vegetation och flora. – Naturvårdsverket, Stockholm.
- Forsslund, K.E. 1924. Med Dalälven från källorna till havet. Del II, Bok I Fulufjäll och Transtrand. - Åhlén & Åkerlunds Förlag, Stockholm.
- Forsslund, K.-H. 1949. Dalafjällens växt- och djurvärld. – Ur: Forsslund, K.-H. & Curry-Lindahl, K. (red.), Natur i Dalarna. Bokförlaget Svensk Natur, Göteborg, sid. 164-183.
- Holmgren, A. 1937. Något om krontypen hos ett tallbestånd i Fulufjäll. – Norrlands Skogsvårdsförb. Tidskr. 1937: 225-239.
- Holtmeier, F.-C. 2003. Mountain timberlines. Ecology, patchiness and dynamics. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Hustich, I. 1958. On the recent expansion of Scotch pine in northern Europe. - Fennia 82: 1-25.
- Kellgren, A.G. 1891. De skogbildande trädens utbredning i Dalarnes fjälltrakter. – Bot. Not. 1891: 182-186.
- Kjällgren, L. & Kullman, L. 2002. Geographical patterns of tree-limits of Norway spruce and Scots pine in the southern Swedish Scandes. – Norw. J. Geogr. 56: 237- 245.
- Kullman, L. 1979. Change and stability in the altitude of the birch tree-limit in the southern Swedish Scandes 1915-1975. – Acta Phytogeogr. Suec. 65: 1-121.
- Kullman, L. 1997. Tree-limit stress and disturbance. A 25-year survey of geocological change in the Scandes Mountains of Sweden. - Geogr. Ann. 79: 139-165.
- Kullman, L. 1998. Palaeoecological, biogeographical and palaeoclimatological implications of early Holocene immigration of *Larix sibirica* Ledeb. into the Scandes Mountains, Sweden. – Glob. Ecol. Biogeogr. Lett. 7: 181-188.
- Kullman, L. 2000a. Tree-limit rise and recent warming: a geocological case study from the Swedish Scandes. – Norw. J. Geogr. 54: 49-59.
- Kullman, L. 2000b. The geocological history of *Picea abies* in northern Sweden and adjacent parts of Norway. A contrarian hypothesis of postglacial tree immigration patterns. - GEOÖKO 21: 141-172.
- Kullman, L. 2004a. The changing face of the alpine world. – Global Change Newsletter 57: 12-14.
- Kullman, L. 2004b. Early Holocene appearance of Mountain Birch (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*) at unprecedented high elevations in the Swedish Scandes: megafossil evidence

- exposed by recent snow and ice recession. – *Arct. Antarct. Alp. Res.* 36: 172-180.
- Kullman, L. 2004c. A face of global warming – ”Ice birches” and a changing alpine plant cover. – *Geoöko* 25: 181-202.
- Kullman, L. 2004d. Tree-limit landscape evolution at the southern fringe of the Swedish Scandes (Dalarna province) – Holocene and 20th century perspectives. – *Fennia* 182: 73-94.
- Kullman, L. 2005. Mountain Taiga of Sweden. Ur: Seppälä, M. (red.), *The Physical Geography of Fennoscandia*. - Oxford University Press, Oxford, sid. 453-497.
- Kullman, L. & Kjällgren, L. 2000. A coherent postglacial tree-limit chronology (*Pinus sylvestris* L.) for the Swedish Scandes: aspects of paleoclimate and “recent warming”, based on megafossil evidence. – *Arct. Antarct. Alp. Res.* 32: 419-428.
- Kullman, L. & Kjällgren, L. (Under tryckning). Holocene pine treeline evolution in the Swedish Scandes. Recent treeline rise and climate change in a long-term perspective. – *Boreas*.
- Ljung, T. 2000. Landet bortom tiden. – Länsstyrelsen i Dalarnas Län, Falun.
- Lundqvist, G. 1949. De svenska fjällens natur. - Svenska Turistföreningens Förlag, Stockholm.
- Lundqvist, G. 1951. Beskrivning till jordartskarta över Kopparbergs län. - SGU. Ser. Ca 21: 1-201.
- Lundqvist, R. 2002. Fulufjället. Nationalpark i Dalafjällen. - Naturvårdsverket, Stockholm.
- McCarty, J.P. 2001. Ecological consequences of recent climatic change. – *Conserv. Biol.* 15: 320-336.
- Nordlund, C. 2001. Det upphöjda landet: Vetenskapen, landhöjningsfrågan och kartläggningen av Sveriges förflutna, 1860-1930. – Kungl. Skytteanska Samfundet, Umeå.
- Oddestad, I. 1967. Deglaciationen av Fulufjället, med speciell hänsyn tagen till erosionsfenomenen. – *Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet*.
- Oldhammer, B. 1994. Brandhistorik från mellersta och nordvästra Dalarna. – *Svensk Bot. Tidskr.* 93: 258-266.
- Raab, B. & Vedin, H. (red.) 1995. *Climate, Lakes and Rivers*. – Bra Böcker, Höganäs.
- Rapp, A. 1992. Budskap från Ismannen Ötzi och andra. – *Geografiska Notiser* 1992 (4): 191-200.
- Richter, M., Fickert, T. & Grüniger, F. 2004. Pflanzen auf schuttbedeckten Gletschern – wandernde kuriositäten. – *Geoöko* 25: 225-256.
- Samuelsson, G. 1917. Studien über die Vegetation der Hochgebirgsgegenden von Dalarna.

- Nova Acta Reg. Soc. Scient. Ups. Ser. IV (4:8): 1-253.
- Sandberg, G. 1940. Den pågående klimatförändringen. - Svenska Vall- och Mosskulturfören. Kvartalsskr. 2: 163-178
- Sander, J. 2004. Brand I Fulufjällets nationalpark – en brandhistorisk analys med förslag för framtida skötsel. Länsstyrelsen i Dalarnas län, Miljövårdsenheten Rapport 2005:1.
- Stuiver, M., m.fl. 1998. INTCAL 98 radiocarbon age calibration, 24, 000-0 cal B.P. - Radiocarbon 40: 1041-1083.
- Usher, P.J. 2000. Traditional ecological knowledge in environmental assessment and management. - Arctic 53: 183-193.
- Vedin, H., Eklund, A. & Alexandersson, H. 1999. The rainstorm and flash flood at Mount Fulufjället in August 1997: the meteorological and hydrological situation. - Geogr. Ann. 81A: 361-368.
- Westling, O. & Ferm, M. 1997. Deposition av luftföroreningar på hög höjd i de svenska fjällen. Länsstyrelsen i Västerbottens län, Umeå
- Öberg, L. 2002. Trädgränsdynamik på Sånfjället. - Svensk Bot. Tidskr. 96: 177-185.

Abstract

Kullman, L. 2005. Gamla och nya träd på Fulufjället i Dalarna –Vegetationshistoria på hög nivå. [Old and new trees on Mt. Fulufjället in Dalarna County, central Sweden – High-level vegetation history.]

A new national park, *Fulufjället*, was established in 2002. The main intention is to preserve distinctive and pristine alpine tundra and adjacent mountain taiga in the southern Swedish Scandes. Quite uniquely, this area has never harboured semi-domestic reindeer herds. Therefore this is an ideal target for pure studies of vegetational responses to past, present and future climate change.

Within a permanent altitudinal monitoring transect (Figure 2), treeline positions (m a.s.l.) in AD 1915, i.e. at the onset of recent climate warming, were reconstructed by coring of living trees. In addition, these limits were assessed by altimeter measurements in 1974 and 2004 (Table 1). *Pinus sylvestris* displayed the largest elevational advance; 145 m since about 1915 (Figure 2 and 3). This was accomplished by upslope dispersal of seeds and establishment of new individual pines at increasingly higher elevations. In contrast, treelines of *Picea abies* and *Betula pubescens* ssp. *czerepanowii* were raised by accelerated height growth of old-established and stunted individuals (krummholz). One spruce had an estimated age of >9500 years (Figure 5 and 11) and a living mountain birch (Figure 4) likely established >500 years ago.

The broad outlines of the Holocene treeline history were reconstructed from radiocarbon-dated subfossil wood remains (Table 2). *Pinus* and *Picea* were present in the area by 9500 cal. BP and the pine treeline altitude peaked during this early period of the Holocene, at least 235 m higher than present (Figure 8). Apparently this was the warmest and driest part of the Holocene. Presence of *Larix sibirica* (a subfossil cone) (Figure 9) attests to a strongly continental character of the climate. Past century's treeline advance was put into perspective by projection on the entire Holocene record. It appeared that the magnitude and rate of modern treeline shift, and associated centennial climate warming, have been larger than at any other period of similar length during the past 7500 years or so. This inference concurs with more extensive data sets from the entire Swedish Scandes.

Plant cover changes over the past 30 years were tentatively assessed. A certain greening of the landscape is discernible, as dwarf-shrubs and grass have expanded at the cost of lichens. Seemingly, alpine vascular plants, snow bed species in particular, growing near the southern edge of their Swedish range have dwindled over the past three decades. A longer snow free period, possibly in conjunction with increased atmospheric deposition of nitrogen, is likely to be the prime reason behind these changes.

TRÄDGRÄNSEN I DALAFJÄLLEN

Del 2. TANDÖVALA – försvinnande sydlig fjällvärld



Av Leif Kullman

Innehåll

Bakgrund	3
Den boreala trädgränsen vid förra sekelskiftet	4
Tandövala – natur och kultur	4
Klimatets utveckling	5
Försvinnande fjällvärld – fotodokumentation	6
Florans förändring	15
Sammanfattning och kommentarer	16
Diskussion	18
Tack	20
Citerad litteratur	21

Bakgrund

Som en del av ett mer globalt mönster (Esper & Schweingruber 2004) har de senaste 100 årens varmare klimat orsakat genomgripande förändringar av vissa köldmarginella landskapstyper (Kullman 2004). Allra tydligast är detta i övergångszonen mellan skogsland och fjäll, den s.k. trädgränsen. Dess läge och struktur har visat sig vara känsliga indikatorer på landskaps-ekologiskt viktiga klimatförändringar (Kullman 1998, 2005; Holtmeier 2003) och har därigenom kommit att uppmärksammas alltmer i internationellt miljöövervakningsarbete (Skre *et al.* 2002).

I södra delen av fjällkedjan har trädgränsen en komplex dubbelnatur, innefattande både altitudinella och latitudinella komponenter. Lokalt på varje fjäll förmår träd inte växa ovanför en viss höjdnivå, som varierar med latitud, avstånd till havet samt lokal exposition (Kjällgren & Kullman 2002). Detta är den *alpina trädgränsen*. I ett vidare, regionalt perspektiv finns dessutom en gräns mot söder och öster där temperaturen blir alltför hög och växtperioden för lång för att alpina trädgränser (och kalfjäll) skall kunna utbildas ens på de högsta bergen. Här har vi att göra med den *boreala trädgränsen*, som sällan uppmärksammas i vetenskapliga sammanhang, men som har stor betydelse för upprätthållande av den regionala biodiversiteten. Rent funktionellt är höjdaspekten den avgörande för både den alpina och den boreala trädgränsen.

Idag når den boreala trädgränsen sin sydligaste position i nordvästra Dalarna. Den tar sig här formen av en ”arkipelag” av lågfjällskalotter, som i de flesta fall bara obetydligt höjer sig över omgivande barrskogsland, den s.k. fjälltaigan (Kullman 2005). Många av dessa fjäll bildades under den senaste 1000-årsperioden då temperaturen sänktes mer eller mindre kontinuerligt till sin absoluta bottennivå under efteristiden, för ungefär 100 år sedan. Den alpina trädgränsen retirerade generellt 50-100 m under den här perioden (Kullman & Kjällgren 2000), vilket var tillräckligt för att nya lågfjäll och kalfjällshedar skulle se dagens ljus och för att den boreala trädgränsen på så sätt sakta men säkert skulle förskjutas söderut. Från angränsande delar av Norge finns direkta vittnesuppgifter om att skogtäckta berg förvandlades till fjäll som ett resultat av det svalare klimatet under 1700-talet och något tidigare, d.v.s. den epok som brukar kallas Lilla Istiden (Grove 1988). En hög störningsfrekvens utövad av bränder, skogsbete, etc. kan ha påskyndat utvecklingen (Högbom 1934; Kullman 1982; Kardell *et al.* 1982; Johansson 1988). Väsentligen har dock fjällbildningen varit en klimatbetingad process, eftersom kalfjäll endast uppstår om de rätta klimatiska förutsättningarna finns. Man kan också uttrycka det så att fjäll bildas i klimatiskt utsatta och marginella miljöer där trädförnygring långsiktigt uteblir efter radikala störningar som t. ex. brand eller episoder med extrem kyla (jfr. Kullman 1997).

De aktuella lågfjällens relativa ungdom innebär att de fjällväxter som finns här idag rimligtvis spritts hit i sen tid (jfr. Kullman 2005). Denna slutsats rymmer väl med den eminenta spridningsförmåga hos vissa fjällväxter som dokumenterats empiriskt under senare tid (Kullman 2003, 2004). Intressant i sammanhanget är att björnspillning innehållande rester av ripbär (*Arctostaphylos alpinus*) och krypljung (*Loiseleuria procumbens*) påträffats på flera platser långt under Tandövalas topp. I detta sammanhang bör också observeras att vildrenar som fram till mitten av 1800-talet då och då betade på Tandövala (Forsslund 1924) representerar en liknande spridningsmekanism för fjällväxter (jfr. Kullman 1984).

Den boreala trädgränsen vid förra sekelskiftet

Den boreala trädgränsens läge i Dalarna (Fig. 1) kartlades i detalj av botanisten Gunnar Samuelsson åren omkring 1915 (Samuelsson 1917). Detta skedde vid en tidpunkt då klimatets uppvärmning började ta fart på allvar (Alexandersson 2002). Utmärkta förutsättningar föreligger således för att tydligt och pedagogiskt kunna klargöra effekterna av det ändrade klimatet på den alpina/boreala trädgränsen.

Det allra sydligaste lågfjället, Tandövala (Tandövarden) dokumenterades 1919 fotografiskt av Karl-Erik Forsslund. Detta material, som ställts till förfogande av Dalarnas Museum i Falun, bildar grunden för den beskrivning och analys av den lokala landskapsutveckling, som redovisas här. Forsslunds scener har omfotograferats vid flera tillfällen sedan 1970-talet (se t. ex. Kullman 1982) och jämförelser visar svart på vitt att ett genomgripande ekosystemskifte ägt rum och fortfarande pågår. Uppväxande träd och buskar har dock gjort det mer eller mindre svårt att upprepa fotograferingen från exakt samma punkter som de tidigaste bilderna.

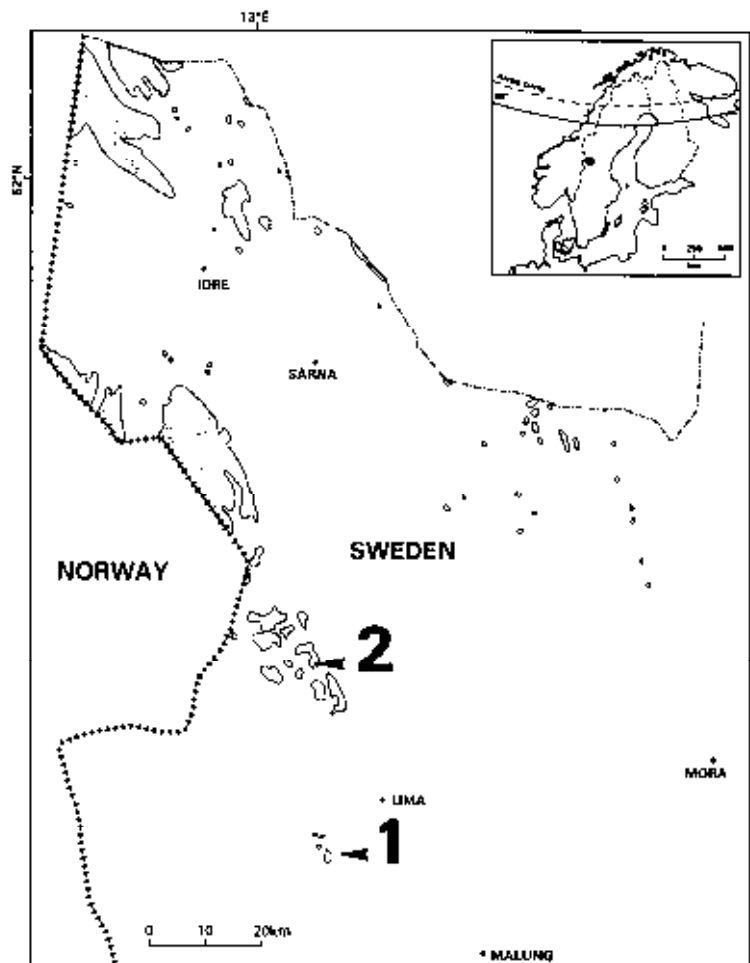
Upprepad fotografering av detta slag är en metod som lämpar sig mycket väl för kvantitativa analyser av landskaps- och vegetationsutveckling i öppna och halvöppna naturtyper. Metoden integrerar biotiska och abiotiska förändringar och ger ett objektiva och holistiskt perspektiv på miljöförändringar, samtidigt som oförutsedda händelser kan fångas upp (Rogers *et al.* 1984, Vale 1987, Kullman 1987, Webb 1996, Billings 1997). Ett flertal studier i olika delar av världen av den nutida klimatändringens effekter på trädgränser bygger helt eller delvis på denna metod (Kullman 1987; Öberg 2002; Moiseev & Shiyatov 2003; Munroe 2003).

Fig. 1. Undersökta lokaler samt kalfjällets utbredning (grå ytor) i Dalarna omkring 1915 (efter Samuelsson 1917). Pil 1 Tandövala. Pil 2 Köarskärsfjället i Transtrandsgruppen. I praktiken har alla kalfjällsfläckar < 1 km förvandlats till skogsberg under 1900-talet.

Tandövala – natur och kultur

Tandövala är högsta toppen (774 m ö.h.) i ett storkuperat fjällnära skogsreservat (3450 ha), fyra mil nordväst om Malung (Fig. 1). Av hävd har Tandövala (60° 50' N; 13° 11' E) betraktats som Sveriges sydligaste fjäll (Samuelsson 1917; Forsslund 1921). Inga högre berg finns längre söderut i den svenska fjällkedjans förlängning.

Berggrunden består av näringsfattig granit, som också präglar det rik- och storblockiga moräntäcket.



Klimatet i regionen är lokalkontinentalt. På högre nivåer råder en mer humid klimattyp med stora snömängder. Årsmedeltemperaturen ligger kring +1 °C och medeltemperaturen för januari och juli uppgår till -9 resp. 12 °C. Årsmedelnederbörden kan uppskattas till omkring 1000 mm, av vilka 40% faller som snö. Alla klimatdata avser perioden 1961-1990 (Raab & Vedin 1995).

Bergets toppkalott (ca. 1,5 ha, 755-774 m ö. h.), som är huvudobjektet för denna undersökning, har idag karaktären av gles och luckig, 4-7 m hög blandskog av gran, tall och fjällbjörk, med viss övervikt för granen. De äldre granarna förökas, som brukligt är nära trädgränsen, i stor utsträckning vegetativt och bildar på så sätt flerstammiga avläggargrupper. Merparten av barrträden (70-75 %) är toppbrutna till följd av ansamling av blötsnö/dimfrost och starka vindar. En målande ögonvittnesskildring av detta fenomen har lämnats av Oldhammer (1988). Ytterligare en omständighet som talar för att toppen av Tandövala ligger nära den klimatiska trädgränsen är att många tallar uppvisar stora barrförluster, som relaterar till frosttorka under ett antal mycket kyliga och snöfattiga vintrar under 1980-talet och kanske vid något enstaka senare tillfälle (Kullman 1997).

Fältskiktet domineras av ljung (*Calluna vulgaris*). I mindre svackor noteras en markant anrikning av blåbär (*Vaccinium myrtillus*), samtidigt som tätare mattor av kråkbär (*Empetrum hermaphroditum*) uppträder i mer exponerade avsnitt av den lokala topografin. Utpräglade fjällväxter, krypljung, ripbär, fjällumner (*Diphasiastrum alpinum*) samt snölav (*Cetraria nivalis*), är knutna till den senare miljön. Ett glest buskskikt av lågvuxen en (*Juniperus communis*) är spritt över hela topplatån. Denna differentiering motsvarar främst snötäckets lokala variation och överensstämmer i allt väsentligt med fjällhedens utbildning i angränsande fjälltrakter i Dalarna.

Tandövala ligger i ett område med en tidigare (något årtionde in på 1900-talet) välutvecklad fäbodkultur, innefattande kreatursbetning, foderfångst och andra utmarksnäringar (Forsslund 1921, 1924; Kardell *et al.* 1982). Det har mot denna bakgrund spekulerats i att trädskiktets nästan totala avsaknad i äldre tid skulle relatera till olika typer av kulturinflytanden (Kardell *et al.* 1982). Stort avseende har fästs vid en föregiven avsaknad av enbuskar på topplatån. Detta argument mister dock mycket av sin styrka eftersom en hel del enar faktiskt finns här idag (se ovan) och gjorde så även i mitten på 1970-talet (Kullman 1982). Inte heller framträder här några speciell avvikande inslag i florans som skulle kunna indikera intensiv kulturpåverkan i det förgångna. Som ovan berörts är växttäckets struktur och sammansättning rent allmänt överensstämmande med naturliga fjällhedar i Dalafjällen. Förekomsten av kolpartiklar i markens humuslager (Kullman 1982) visar att bränder förekommit i Tandövalas kalottområde, precis som i de flesta skogspartier i Dalarnas höjdområden (jfr. Forsslund 1929; Johansson 1988; Oldhammer 1994). Avsaknaden av lågor med brandspår och levande träd med brandljud talar för att inträffade bränder ligger åtskilliga århundraden bakåt i tiden. Trädlösheten i början av 1900-talet är således av allt att döma ett uttryck för den rådande klimatsituationen.

Klimatets utveckling

Närmaste meteorologiska station med en riktigt lång och homogen observationsserie är Falun (160 m ö.h.), ca 14 mil SO Tandövala. Trots det stora avståndet kan man anta att temperaturutvecklingen i Falun är representativ även för Tandövalaområdet (Hans Alexandersson, muntl. uppgifter). Utvecklingen över det senaste århundradet överensstämmer också med den generella klimattrenden för hela regionen (Alexandersson 2002).

Klimatet jämförs här före och efter 1919, d.v.s. tidpunkten för Forsslunds bilder. Eftersom det visat sig att trädgränsen relaterar till både sommarens och vinterns temperaturförhållanden (Kullman 1997; Esper & Schweingruber 2004) så fokuseras jämförelsen på årets medeltemperatur. Denna var för perioderna 1860-1919 och 1920-2003 +3,7 resp. 4,5 °C, d.v.s. en ökning med 0,8 °C. Temperaturhöjningen har inte varit en obruten stigande kurva. I stället präglas utvecklingen av en viss sänkning av årsmedeltemperaturen efter optimet under 1930-1940-talet och fram till slutet av 1980-talet, då temperaturen åter närmar sig 30-talsnivån (Alexandersson 2002). En temperaturökning i storleksordningen 0,8°C anses fullt tillräcklig för att framkalla märkbara ekologiska effekter (McCarty 2001). Som framgår nedan har också ett genomgripande ekosystemskifte ägt rum parallellt med klimatets uppvärmning.

Försvinnande fjällvärld – fotodokumentation

I detta avsnitt åskådliggörs genom upprepad fotografering av olika landskapsscener trädgränzens förvandling över perioden 1919-2004. Där inte annat anges är bilderna tagna av Leif Kullman.

Fig. 2. Tandövalas N-sluttning från 763 m ö.h. (60° 50,223' N; 13° 10,918' E). (Se nästa sida.)

A. Bilden från 1919 visar en fjällhed med enstaka låga, buskformiga björkar och någon liknande gran. Här finns definitivt inga träd. Fältskiktet är påtagligt glest och kortvuxet. En fjällbjörk vid krönet (pil) har karaktär av s. k. "bordsbjörk", en växtform som generellt utmärker klimatiskt marginella miljöer (låg temperatur och stark vindexposition) vid eller strax ovan trädgränsen (Holtmeier 2003). Foto: Karl-Erik Forsslund 1919.

B. Under tiden 1919-1974 har landskapet helt ändrat karaktär. Träd, främst gran och fjällbjörk har koloniserat sluttningen, samtidigt som undertryckta buskar har antagit trädform, exempelvis den knappt meterhöga bordsbjörk (pil) som fanns här redan 1919 (Fig. 4). Fältskiktet av ljung och blåbär har blivit tätare och mer högvuxet och de flesta block och stenar är nu täckta av ris och mossa.

C. Det forna kalfjällets förvandling till skog har fortsatt efter 1974. Granen är på väg att helt ta överhanden. Träden är 2004 genomgående mycket vitala och har uppvisat mycket långa årsskott under de närmast föregående 10 åren.

Figur 2.
A (1919)



B (1974)



C (2004)



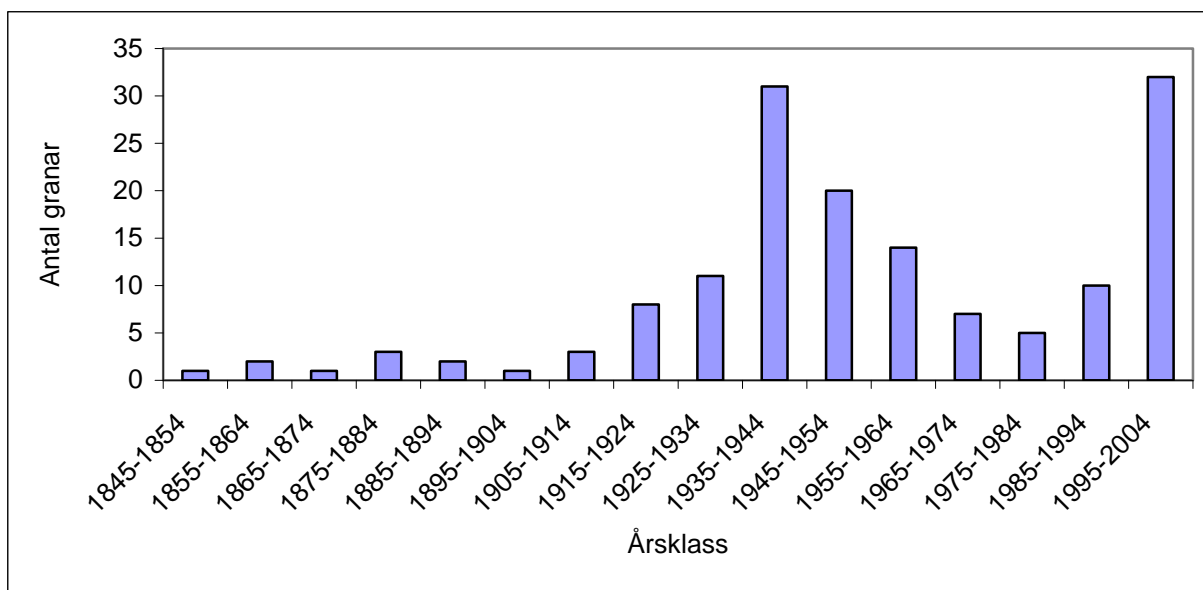


Fig. 3. Granens åldersstruktur i N-sluttningen.

Samtliga granar (totalt 151 individer) inom en 80 x 80 m provyta (755-770 m ö.h.) i den sluttning som avbildas i Fig. 2 har daterats genom borrhning nära markytan eller genom grenvarvsräkning. Åldersstrukturen presenteras som frekvensfördelningen av antalet stammar i 10-åriga åldersklasser. Enstaka granar fanns på plats redan i mitten av 1800-talet. Föryngringen var blygsam fram till 1900-talets andra årtionde för att därefter nå en topp under perioden 1935-1944. Sedan avtar nyetableringen av granar under flera decennier, varefter ett nytt optimum nås efter 1990-talets mitt. Utvecklingen avspeglar i nära detalj klimatets förändringar (se ovan), vilket talar för ett orsakssamband. Den aktuella sluttningen är mycket snörik. I mitten av 1970-talet fanns här kvarliggande snö till mitten av juni. Efter 1987 har snö aldrig iakttagits här under juni månad. Varken stubbar eller lågor indikerar att träd vuxit här under århundradena närmast före 1900-talet.

Fig. 4. Bordsbjörken på Tandövalas krön, 773 m ö.h. (Se nästa sida.)

Den bordsbjörk som kan identifieras på bilden från 1919 (Fig. 2) har 1974 antagit formen av ett 2 m högt mångstammigt träd (A). Den progressiva förändringen har fortsatt efter 1974 och 2004 har höjden ökat till 2,3 m (B). Borrhning i flera stammar visar att björken växte här som en låg buske i mitten av 1880-talet. Möjligtvis har fältskiktet som domineras av kråkbär expanderat en aning i området med naken, vinderoderad mineraljord. I dag finns i nära anslutning till björken rikligt med 5-10 cm höga fröplantor.

Figur 4.
A (1974)



B (2004)



Fig. 5. Tandövalas topp 774 m ö.h. (60° 50, 213´ N; 13° 10, 490´ E)

A: Bilden är tagen mot V och visar ett identifierbart block på den nästan trädlösa fjällheden. Några få lågvuxna granar avtecknar sig i fonden. Foto: Karl-Erik Forsslund 1919.

B. Situationen är radikalt förändrad 1974. Blocket är nu helt inneslutet i en uppväxande grupp av 2,5 m höga tallar, björkar och granar, som etablerats i mitten av 1930-talet. (Se nästa sida)

C: Trädexpansionen har ytterligare framskridit 2004 och skogskaraktären är ännu mer påtaglig. Den tidigare fjällheden ansas nu inte längre. (Se nästa sida)

Figur 5.
A (1919)



Figur 5 forts.
B (1974)



C (2004)



Fig. 6. Tandövalas topp 774 m ö.h. (60° 50, 213´ N; 13° 10, 490´ E)

Utvecklingen sedan 1974 av trädbeståndet i figur 5 framgår här ur ett något annorlunda perspektiv. Blocket till höger är detsamma som visas i figur 5. Det framgår tydligt att 1974 är det tidigare kalvfället på god väg att skogbeväxas (bild A). Därefter har trädens höjd ökat med 1 m fram till 2004 och de har nu nått en storlek där de lätt utsätts för snöbrott. Fältskiktets (främst kråkbär) slutenhet har ökat markant (bild B).

Figur 6.

A (1974)



B (2004)



Fig. 7. Tandövalas topp
774 m ö h. (60° 50, 210' N;
13° 10, 487' E)

A: Bilden från 1919 är tagen mot V och visar en kalvfjällsvy med enstaka träd på något lägre nivåer. Äppelrostjärnen syns i bakgrunden. Foto: Karl-Erik Forsslund 1919.



B: Förändringen mellan 1919 och 1974 är genomgripande. Ett glest trädskikt av tall och gran har avancerat upp mot Tandövalas högsta punkt, samtidigt som fältskiktet har blivit mer högvuxet.



C: Trädskiktets slutenhet och höjd har ökat ytterligare fram till 2004. Uppväxande björkar har omöjliggjort att fotografera från exakt samma punkt som 1919.



*Fig. 8. Nära Tandövalas topp 771 m ö.h. (60° 50, 184´ N; 10° 477´ E).
Bilden från 1974 visar en vy mot söder av en fjällhed som börjat kolonisereras av fjällbjörk, tall
och gran (A). Förvandlingen från fjäll till skog är nästan total 2004 (B).*

A (1974)

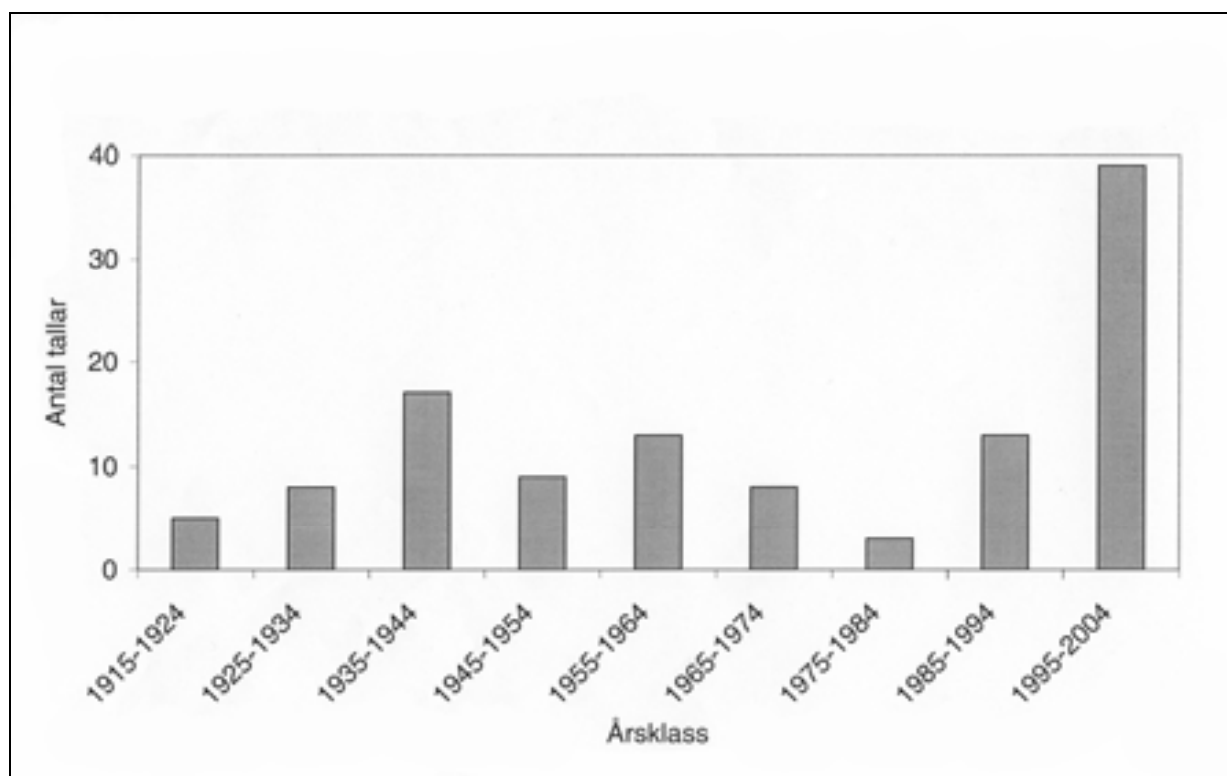


B (2004)



Fig. 9. Tallens åldersstruktur i S-sluttningen

Samtliga tallar (totalt 115 individer) i en 80 x 90 m provyta, som delvis täcker det unga skogsbeståndet i figur 8, har åldersbestämts på samma sätt som i figur 3. Inga tallar tycks ha funnits här före 1915, då etableringen inleds. En första kulmination av föryngringen sker 1935-1944, följd av en oregelbunden nedgång till ett minimum 1975-1994. Ett markant uppsving har ägt rum under den senaste 10-årsperioden. I stora drag är mönstret likartat det som dokumenterats för granpopulationen i N-sluttningen (figur 2).



Florans förändring

Landskapets storskaliga förvandling från kalfjäll (ovan trädgränsen) till skog efter 1919 har en motsvarighet i florans förändring under samma tidsperiod. Samuelsson (1917), redovisar en florainventering från 1915, omfattande Tandövalas topplåtå. Nedan förtecknas de arter som växer här idag, men som inte omnämns av Samuelsson, samt en art som angivits, men som inte återfunnits under inventeringar 2002-2004.

Arter ej angivna av Samuelsson (1917)

Acer platanoides (skogslönn)

Andromeda polifolia (rosling)

Betula pendula (vårtbjörk)

Deschampsia flexuosa (kruståtel)

Dactylorhiza maculata ssp. *maculata* (Jungfru Marie nycklar)

Diaphasiastrum complanatum ssp. *montellii* (finnlumner)

Eriophorum vaginatum (tuvull)

Juniperus communis (en), ett flertal 0,3-0,5 m höga individer

Lycopodium clavatum ssp. *monostachyon* (kryplumner)

Cladina stellaris (fönsterlav)

Cladina rangiferina (grå renlav)

Pinus contorta (contortatall)

Populus tremula (asp), krypande kloner, med 10-15 cm höga skott, en hel del unga fröplantor

Rubus chamaemorus (hjordron)

Sorbus aucuparia (rönn)

Vaccinium uliginosum (odon)

Art angiven av Samuelsson (1917), men ej återfunnen

Carex bigelowii (styvstarr)

Sammanfattning och kommentarer

Floran förefaller att ha berikats påtagligt efter 1915. Naturligtvis kan man inte utesluta att Samuelsson (1917) förbiset någon art, men det är knappast troligt att han som erfaren botanist skulle ha undgått att upptäcka alla de arter som förtecknats här ovan.

Flertalet nytillkomna arter är typiska "skogsarter" och några är till och med utpräglat värmekrävande; skogslönn (Fig. 10) och vårtbjörk (Fig. 11). Dessa omständigheter tillsammans med försvinnandet av en typisk "fjällväxt" som styvstarr pekar mot att fältskiktet på samma sätt som trädskiktet påverkats av 1900-talets varmare klimat. Till yttermera visso, framhåller Samuelsson (1917) krypljung som en av de mest frekventa arterna, vilket den på inget sätt är idag. En annan fjällväxt, ripbär, finns ännu kvar i betydande mängd, men tycks hotas av expanderande fönsterlav (Fig. 12), en art som inte heller omnämns av Samuelsson (1917).

Fig. 10. En ung, 5 cm hög planta av skogslönn (Acer platanoides) påträffades 2002 omkring 50 m S om Tandövalas toppröse, 772 m ö.h. Växtplatsen domineras av ljunghed, utan spår av störningar. Plantan levde fortfarande 2004 då höjden ökat till 15 cm. Närmaste tänkbara moderträd finns nära bebyggelse i Västerdalälvens dalgång, omkring 350 m ö h och 10-12 km österut. Liknande lönnplantor har noterats vid trädgränsen i Transtrandsfjällen.



*Fig. 11. Precis som i andra sydliga fjällområden sprider sig vårtbjörken (*Betula pendula*) över och bortom sin tidigare höjdgräns. Under 1970-talet fanns den gränsen på en nivå av 520 m ö.h. i Tandövala-området, för att idag ha avancerat till Tandövalas topplatå (770 m ö.h.). Plantans höjd var 2004 omkring 50 cm och åldern uppskattades till 10 år eller något mindre. Vårtbjörken växer här i en liten svacka med kråkbär, ljung och vanliga skogsmossor.*



*Fig. 12. Utpräglade fjällväxter, t. ex. ripbär (*Arctostaphylos alpinus*) har idag svårt att hävda sig i konkurrensen med expanderande fönsterlavsmattor (bilden) och ljung.*

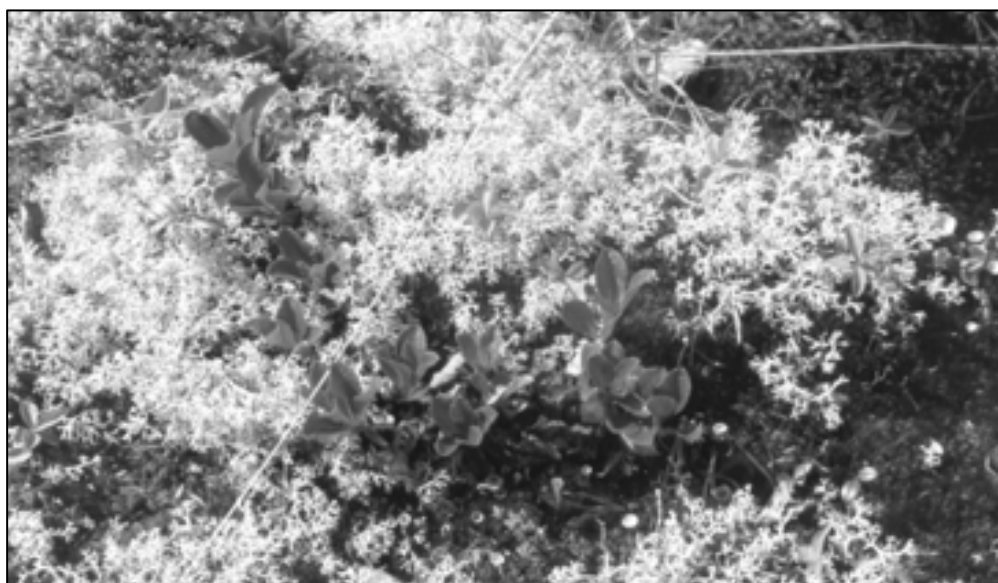


Fig. 13. På Tandövalas topplatå växer en contortatall (*Pinus contorta*), troligen självspridd från planterade bestånd på flera hundra meter lägre nivå. Plantan var 50 cm hög när den upptäcktes 2002, då åldern uppskattades till drygt 10 år. Höjden har ökat till 60 cm 2004. Tallen växer i helt ostörd kråkrished med inslag av ljung, lingon och ripbär.



Diskussion

Tandövala har förvandlats från lågfjäll till skogsberg under 1900-talet. Det är en utveckling som tydligt manifesteras i alla vegetationsskikt. Olika omständigheter talar för ett samband med trenden mot ett varmare klimat. Vissa av de nya arterna, t.ex. skogslönn och contortatall (Fig. 13) kan mycket väl vara kulturflyktingar från lägre regioner. Spridning av exotiska arter från avlägsna odlingsplatser är en ofta diskuterad möjlig konsekvens av ett varmare klimat (Dukes & Mooney 1999). Helt kan dock inte uteslutas att lönnen har någon naturlig äldre växtplats, exempelvis nära basen av bergets S-sluttning. Den aktuella typen av isolerade lågfjäll i fjälltaigan hyser ofta reliktpopulationer av sydliga, värmekrävande arter (Kullman 2005).

De progressiva trenderna i träd- och fältskiktet påskyndas sannolikt av återkopplingsmekanismer, på så sätt att ett uppväxande trädskikt ändrar vind- och snöförhållanden till trädens och risens fördel. I princip har samma utveckling som dokumenterats för Tandövala, d.v.s. stigande trädgräns och förtätning av de översta trädbestånden, ägt rum på många andra platser i södra delen av fjällkedjan (Kullman 2000, 2001, in press a,b,c). I de flesta fall har dock den nya och högre trädgränsen ännu inte kommit att omfatta hela kalfjällsarealen. Tandövalas ringa höjd innebär dock att ett totalt ekosystemskifte ägt rum, så att inget kalfjäll längre återstår. Översiktliga inventeringar under de allra senaste åren av berg som hade karaktären av lågfjäll i början av förra seklet (Samuelsson 1917), ger åtskilliga exempel på samma typ av ekosystembyte som på Tandövala (Johansson 1988; Ljung 2000; Kullman opubl. data). Det innebär att den boreala trädgränsen i Dalarna flyttats omkring 25 km norrut i förhållande till Tandövala och omkring 65 km mot nordväst inom ett område norr om en linje mellan Mora och Särna (se Fig. 1). Måhända har gränsförskjutningen varit ännu större, att döma av indicier på förekomsten av nu försvunna lågfjäll längre söderut i Dalarna och kanske

t.o.m. i norra Värmland. Många av de högsta bergen i den regionen har ett glest trädskikt av relativt unga träd och ett fältskikt som liknar lågfjällens, endast med den skillnaden att fjällväxter saknas. I något fall kan isolerade förekomster av ripbär finnas här, liksom spridda fjällbjörkar (Linnaeus 1754; Unge 1829; Axelson 1855; Samuelsson 1917; Envall 1946; Almquist 1949; Hård av Segerstad 1952). Allt tyder på att lågfjällens skogtäckning och förbuskning är en norrut fortskridande process och det är nog bara en tidsfråga innan i första hand Transtrandsfjällen (Fig. 1) går samma väg som Tandövala. Enstaka unga träd finns redan på de högsta topparna i den regionen, men än så länge kvarstår här fjällkaraktären någorlunda intakt. Fig. 14A-C visar 1900-talets trädgränsutveckling på ett typiskt lågfjäll i Transtrandsgruppen (Köarskärsfjället).

Fig. 14. (A) Bilden från 2004 visar det träd, 810 m ö.h., som representerar tallens trädgräns i Köarskärsfjällets S-sluttning 1974 (61° 09, 999' N; 13° 07, 420' E). Ovanför den gamla tallen fanns således inga träd högre än 2 m i mitten av 70-talet. I början av 1900-talet saknades trädformiga tallar även på den här nivån. De översta solitärerna växte då på en nivå av 790 m ö.h. Trädgränsen steg alltså 20 m mellan 1915 och 1974.

(B) Efter 1974 har avancemanget fortsatt och gränsen har nu (2004) nått 865 m ö.h., helt nära fjällets topp. Här fanns endast enstaka decimeterhöga plantor i mitten av 1970-talet. Bildens tall grodde omkring 1970. Den totala höjningen av trädgränsen under 1900-talet uppgår således till 75 m.

(C) Strax ovanför dagens trädgräns, 870 m ö.h., växer idag unga tallar av en storlek som inom kort kvalificerar dem som träd. På fjällets allra högsta och barblåsta krön i bakgrunden skymtar ett flertal trädformiga fjällbjörkar, som hade formen av krypande buskar för 30 år sedan.



Mot bakgrund av den kunskap som här vunnits och de mest avancerade regionala klimatmodellernas förutsägelser om temperaturens fortsatta ökning (Räisänen *et al.* 2003) är det högst sannolikt att Dalafjällen *per definition* är försvunna inom 50 år. Faktum är att på ett av de högsta fjällen, Städjan, har granens avancerande trädgräns nått en nivå bara några tiotal meter under toppen och tallen ligger inte långt efter (Kullman in press a). Utvecklingen i den aktuella riktningen går särskilt snabbt i Dalafjällen till följd av relativt låg vindverkan (Raab & Vedin 1995). I det aktuella perspektivet framstår de sydliga fjällen som ett idealiskt modellområde för studier av den pågående klimatändringens landskapsekologiska effekter. Inte minst den unika tillgången på äldre dokumentation av det slag som utnyttjats här är viktig i sammanhanget.

I ett större landskapsekologiskt perspektiv innebär de dokumenterade förändringarna att fjälltaigans sydligaste del förlorat ett karaktäristiskt strukturelement, som innefattat sydliga utposter av alpina växter och djur (Kullman 2005).

Eftersom vissa av de försvunna eller försvinnande lågfjällen är naturskyddsobjekt med bevarandevärden relaterade till fjällkaraktären finns starka motiv för att begrunda klimatförändringens ekologiska effekter i större utsträckning än vad som hittills varit fallet i samband med utvecklande av bevarandestrategier (cf. Peters & Darling 1985, Bratt *et al.* 1993a). Dessutom finns fog för omprövning av synen på Dalarnas fjällväxter som föga hotade av klimatets utveckling (Bratt *et al.* 1993b). Förutsatt att klimatet fortsätter att utvecklas på den inslagna och prognostiserade vägen blir lågfjäll och fjällskogar bristvaror i framtiden och dagens reservat för dessa naturtyper kommer inte att motsvara sina ursprungliga syften.

Tack

Undersökningen har finansierats av Länsstyrelsen i Dalarna. Lisa Öberg har bidragit med värdefulla synpunkter på uppsatsens innehåll och utformning.

Citerad litteratur

- Alexandersson, H. 2002. Temperatur och nederbörd i Sverige 1860-2001. *SMHI Meteorologi* 104, 1-28.
- Almqvist, E. 1949. *Dalarnes flora*. AB. Nordiska Bokhandeln, Stockholm.
- Axelson, M. 1855. *Vesterdalarne, dess natur, folklif och fornminnen*. Stockholm.
- Billings, D.W. 1997. Challenges for the future. Arctic and alpine ecosystems in a changing world. *Ecological Studies* 124, 1-18.
- Bratt, L., Cederberg, B., Hermansson, J., Lundqvist, R., Nordin, A. & Oldhammer, B. 1993a. Särnaprojektet. Inventeringsrapport från en landskapsekologisk planering. *Dala-Natur* 10(5), 1-216.
- Bratt, L., Ljung, T., Edelsjö, J., Nyström, S. & Lundqvist, R. 1993b. *Hotade och sällsynta växter i Dalarna*. Dalarnas Botaniska Sällskap, Malung.
- Dukes, J.S. & Mooney, H.A. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends in Ecology and Evolution* 14, 135-139.
- Envall, P. 1946. Dalarnas vårdkaseberg och tre därmed sammanhängande ortnamnsgrupper. *Dalarnas Hembygdsbok* 1946, 37-80.
- Esper, J. & Schweingruber, F.H. 2004. Large-scale treeline changes recorded in Siberia. *Geophysical Research Letters* 31, doi: 10.1029/2003GLO19178.
- Forsslund, K.-E. 1921. Omkring Storvaln. Sveriges sydligaste fjäll. *Sveriges Natur* 1921, 33-42.
- Forsslund, K.-E. 1924. *Med Dalälven från källorna till havet. Del II Västerdalälven. Bok 2* Lima. Åhlén & Åkerlunds Förlag, Stockholm
- Forsslund, K.-E. 1929. En tur till Våmhusfjällen. *Sveriges Natur* 1929, 94-100.
- Grove, J.M. 1988. *The Little Ice Age*. Methuen, New York.
- Högbom, A.G. 1934. *Om skogseldar förr och nu*. Almqvist & Wiksell, Uppsala.
- Holtmeier, F.-K. 2003. *Mountain timberlines. Ecology, patchiness and dynamics*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Hård av Segerstad, F. 1952. Den värmländska kärlväxtfloras geografi. *Göteborgs Kungl. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles Handlingar. Sjätte Följden. Ser. B. Band 7*, 1-707.
- Johansson, P. 1988. Varderna berättar. *Björnramen* 5, 74-89.
- Kardell, L., Arvidsson, B. & Nilsson, E. 1982. Tandövala – vårt sydligaste lågfjäll. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Avdelningen för Landskapsvård Rapport* 24, 1-157.
- Kjällgren, L. & Kullman, L. 2002. Geographical patterns of tree-limits of Norway spruce and Scots pine in the southern Swedish Scandes. *Nowegian Journal of Geography* 56, 237-245.

- Kullman, L. 1982. Tandövala – Fjäll eller va(r)d? *Svensk Botanisk Tidskrift* 76, 185-196.
- Kullman, L. 1984. Skogsbotaniska notiser från Vuoskonjaure-området i SV Lule Lappmark. *Norrbottens Natur* 40, 47-57.
- Kullman, L. 1987. A decade of tree-line monitoring in the southern Swedish Scandes. *UNGI-rapport* 65, 191-202.
- Kullman, L. 1997. Tree-limit stress and disturbance. A 25-year survey of geocological change in the Scandes Mountains of Sweden. *Geografiska Annaler* 79, 139-165.
- Kullman, L. 1998. Tree-limits and montane forests in the Swedish Scandes: sensitive biomonitors of climate change and variability. *Ambio* 27, 312-321.
- Kullman, L. 2000. Tree-limit rise and recent warming. A geocological case study from the Swedish Scandes. *Norwegian Journal of Geography* 54, 49-59.
- Kullman, L. 2001. 20th century climate warming and tree-limit rise in the southern Scandes of Sweden. *Ambio* 30, 72-80.
- Kullman, L. 2003. Förändringar i fjällens växtvärld – effekter av ett varmare klimat. *Svensk Botanisk Tidskrift* 97, 210-221.
- Kullman, L. 2004. A face of global warming – “Ice birches” and a changing alpine plant cover. *Geoöko* 25, 181-202.
- Kullman, L. 2005. Mountain Taiga of Sweden. In: Seppälä, M. (ed.), *The Physical Geography of Fennoscandia*. Oxford University Press, Oxford, pp.453-497.
- Kullman, L. in press a. Gamla och nya träd på Fulufjället i Dalarna. *Svensk Botanisk Tidskrift*.
- Kullman, L. in press b. Tree-limit landscape evolution at the southern fringe of the Swedish Scandes (Dalarna province) – Holocene and 20th century perspectives. *Fennia* 182, 73-94.
- Kullman, L. in press c. Pine (*Pinus sylvestris* L.) treeline dynamics during the past millennium – a population study in West-Central Sweden. *Annales Botanici Fennici* 42.
- Kullman, L. & Kjällgren, L. 2000. A coherent postglacial tree-limit chronology (*Pinus sylvestris* L.) for the Swedish Scandes: Aspects of paleoclimate and “recent warming”, based on megafossil evidence. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 32, 419-428.
- Linnaeus, C. 1754. Tankar om nyttiga växters planterande på de Lappska Fjällen. *Kungl. Vetenskapsakademiens Handlingar* 1754, 182-189
- Ljung, T. 2000. *Landet bortom tiden*. Länsstyrelsen i Dalarnas Län, Falun
- McCarty, J.P. 2001. Ecological consequences of recent climatic change. *Conservation Biology* 15, 320-336.
- Moiseev, P.A. & Shiyatov, S.G. 2003. Vegetation dynamics at the treeline ecotone in the Ural Highlands, Russia. In: Nagy, L., Grabherr, G., Körner, C. & Thompson, D.B.A. (eds.),

- Alpine Biodiversity in Europe*. Springer Verlag, Berlin, pp. 423-435.
- Munroe, J.S. 2003. Little Ice Age climate inferred through historical rephotography, Northern Uinta Mountains, U.S.A. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 35, 489-498.
- Oldhammer, B. 1988. Dynamiken i taigan mot bakgrund av 1988 års snöbrott. *Björnramen* 5, 110-121.
- Oldhammer, B. 1994. Brandhistorik från mellersta och nordvästra Dalarna. *Svensk Botanisk Tidskrift* 93, 258-266.
- Peters, R.L. & Darling, J.D. 1985. The greenhouse effect and nature reserves. *BioScience* 35, 707-717.
- Raab, B. & Vedin, H. (red.) 1995. *Climate, Lakes and Rivers*. Bra Böcker, Höganäs.
- Rogers, G. F., Malde, H.E. & Turner, R.M. 1984. *Bibliography of repeat photography for evaluating landscape change*. University of Utah Press, Salt Lake City.
- Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson, P. & Willén, U. 2003. European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics* 22, 13-31.
- Samuelsson, G. 1917. Studien über die Vegetation der Hochgebirgsgegenden von Dalarne. *Nova Acta Reg. Soc. Scient. Ups. Ser. IV* (4:8), 1-253.
- Skre, O., Baxter, R., Crawford, R.M.M., Callaghan, T.V. & Fedorkov, A. 2002. How will the tundra-taiga interface respond to climate change. *Ambio Special Report* 12, 37-46.
- Unge, O.S. 1829. *Vandring genom Dalarne*. Zackarias Hægström, Stockholm
- Vale, T. R. 1987. Vegetation change and park purposes in the high elevations of Yosemite National Park, California. *Annals of the Association of American Geographers* 77, 1-18.
- Webb, R.H. 1996. *Grand Canyon, a century of change. Rephotography of the 1889-1890 Stanton Expedition*. The University of Arizona Press, Tucson.
- Öberg, L. 2002. Trädgränsdynamik på Sånfjället. *Svensk Botanisk Tidskrift* 96, 177-185.