

TRÄDGRÄNSEN SOM INDIKATOR FÖR EKOLOGISKA KLIMATEFFEKTER I FJÄLLEN

Rapport

2008:01

Miljö/Fiske
Miljöövervakning

En metodstudie för långsiktig miljöövervakning



Lisa Öberg



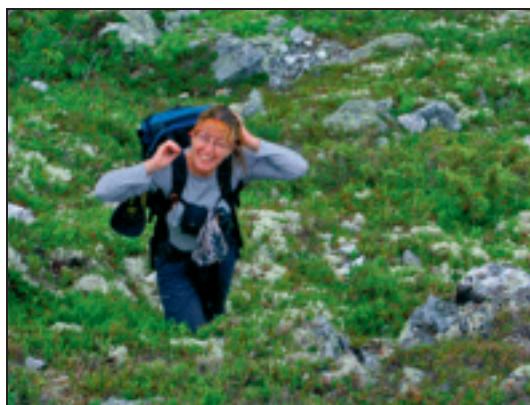
Länsstyrelsen
Jämtlands län



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

TRÄDGRÄNSEN SOM INDIKATOR FÖR EKOLOGISKA KLIMATEFFEKTER I FJÄLLEN

EN METODSTUDIE FÖR LÅNGSIKTIG MILJÖÖVERVAKNING



Författaren på väg uppför Korpflyets branta SSO-sluttning
(Sånfjällsmassivet). Foto: Leif Kullman 2006-07-11.

Lisa Öberg
Miljöövervakningsfunktionen
Avdelningen Miljö och Fiske
Länsstyrelsen Jämtlands län
831 86 Östersund
Telefon: 063-14 60 00
E-post: lisa.oberg@z.lst.se
ISSN 1654-4269

Omslagsbild: Gran på Storfjällets topp (Transtrandsfjällen). Foto: Leif Kullman, 2007-07-10.

FÖRORD

Trädgränsprojektet är ett samprojekt mellan Länsstyrelserna i Jämtlands län och Dalarnas län med professor Leif Kullman, institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap, Umeå universitet som initiativtagare. Projektet syftar till att utveckla en metod för miljöövervakning med den alpina trädgränsen som indikator för climateffekter i Jämtlands- och Dalafjällen. Metoden baseras på Leif Kullmans data över trädgränsens läge och förändring, som bygger på Harry Smiths data från åren kring 1915. Dessa data ställs härigenom till Länsstyrelsens förfogande för nyttjande inom den regionala miljöövervakningsverksamheten. Länsstyrelsen har härigenom blivit förvaltare av unika data, ovärderliga för miljöövervakning av ekologiska climateffekter i fjällen, där långa tidsserier är av största betydelse för förutsägelser av klimatets påverkan på fjällen i ett längre perspektiv. De alpina trädgränserna är särskilt viktiga då det gäller att upptäcka förändringar i fjällandskapet och för att förstå de klimatberoende ekologiska processer som är av betydelse för den biologiska mångfalden. Detta är särskilt angeläget inför den klimatförändring som förväntas under innevarande århundrade.

Överförandet av äldre data från Leif Kullmans databas (anteckningsböcker och fotografier) har inte varit helt okomplicerat och det har inneburit avsevärt större och mer tålamodskrävande arbete än det förhållandevis enkla förfarandet vid överförandet av datafiler från en dator till en annan. Ett särskilt tack riktas därför till Leif Kullman, som förutom en betydande arbetsinsats och överlåtelse av ovärderliga data, dessutom bidragit med värdefulla kommentarer och synpunkter som i hög grad förbättrat den slutgiltiga rapporten. Tack också till Ingemar Näslund, Lars Hedlund och Per-Erik Sandberg för konstruktiva synpunkter samt till Marcus Flarup, SMHI för tillhandahållande av klimatdata.

SAMMANFATTNING

Kunskap om trädens svar på dokumenterade klimatändringar ger indikationer om var och med vilken frekvens framtida miljöövervakningsinsatser beträffande trädgränsvegetationen bör koncentreras. Som ett viktigt komplement till den regionala trädgränsövervakningen och för att ge en totalbild av klimatets effekter på hela ekosystemet föreslås även ett objekt lämpligt för detaljerad strikt lokal övervakning (*monitoring*) av träd- och fältskiktsvegetationen. På så sätt skapas en mer fördjupad förståelse av de ekologiska mekanismer som orsakar de förändringar som dokumenteras i fjällandskapet.

Omfattande landskapsekologiska förändringar, bl.a. stigande artgränser och förändrade utbredningsmönster för olika växtarter pågår idag i Jämtlands- och Dalafjällen. Den klimatuppvärmning som konstaterats under 1900-talet och fram till idag framstår som den främsta anledningen till fjällandskapets pågående omvandling. Trädgränserna för fjällbjörk, gran och tall har avancerat inom hela det undersökta området, både fenotypiskt (tillväxt) och genotypiskt (nyetablering). Trenden är tydlig med vissa regionala och artspecifika skillnader. Förändringar av trädgränsens läge har tidigare visat sig indikera även förskjutningar av andra arters utbredningsgränser när klimatet och andra geokologiska förutsättningar som t.ex. snöförhållanden, vegetationsperiodens längd och markfuktighet förändras. Ett viktigt resultat av projektet är att trädgränsen svarar på klimatets förändring direkt och utan nämnvärt dröjsmål (jfr. Kullman 2007, in press). Detta understryker dess styrka och användbarhet som miljöövervakningsindikator för klimatändringars ekologiska effekter på vegetationen i fjällen. Trädgränsens dynamik har också ett stort pedagogiskt värde, eftersom den är lätt identifierbar och förändringar av trädgränsens läge i fjällandskapet är lätta att förstå och visualisera.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INTRODUKTION	8
OMRÅDESBESKRIVNING	8
Lokalklimat	9
Vegetation	10
Ekologiska störningar	10
Klimat- och vegetationsutveckling	11
METOD	13
Trädgränsen – beskrivning och definition	13
Tidigare undersökningar	13
Trädgränsprojektet – trädgränsen som indikator för ekologiska climateffekter i fjällen	14
<i>Lokalerna</i>	14
<i>Metodik</i>	14
¹⁴ C-datering av äldre grankloner i Dalafjällen	14
Övrigt	15
Fotodokumentation	15
Nomenklatur	15
Tidsangivelser	15
Eventuella felkällor	15
RESULTAT OCH DISKUSSION	15
Trädgränsernas läge och förändring	15
Trädarternas respons	16
<i>Fjällbjörk (Betula pubescens ssp. tortuosa)</i>	16
<i>Gran (Picea abies)</i>	18
<i>Tall (Pinus sylvestris)</i>	20
Landskapsekologiska effekter	20
Trädens och trädgränsens förändring i relation till klimatförändringen	24
Annan eventuell påverkan	25
¹⁴ C-datering av äldre grankloner i Dalafjällen	26
Framtida övervakning	29
<i>Trädgränsen som klimatindikator</i>	29
<i>Fjällgränssområdet – detaljerad övervakning (monitoring) av klimatets ekologiska effekter på ekosystemet</i>	29
Getryggen	29
Molnet	30
CITERAD LITTERATUR	31
BILAGOR	

INTRODUKTION

Nya studier baserade på långa tidsserier visar att omfattande landskapsekologiska förändringar pågår i Jämtlands och Dalarnas fjällandskap. Trädgränserna förskjuts uppåt och även andra kärlväxters utbredningsgränser ändras när klimatet och andra geoekologiska förutsättningar (snöförhållanden, vegetationsperiodens längd, markfuktighet etc.) förändras (Kullman 2004a, 2007a). Listan över redan observerade klimatrelaterade effekter på fjällvegetationen kan göras lång (Kullman 2002, 2004a, 2005b, 2006a, b, 2007a).

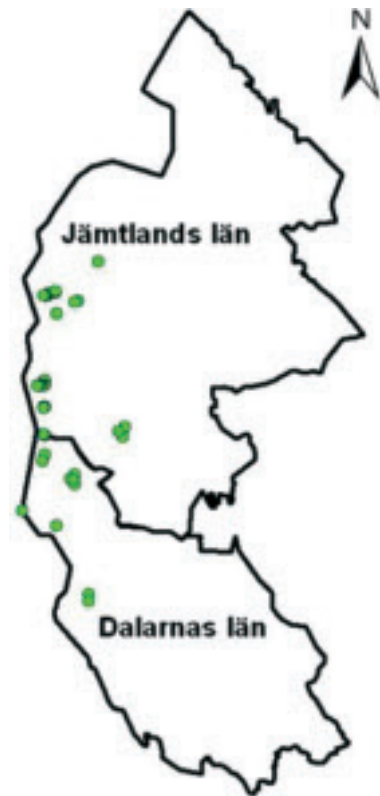
Den klimatuppvärmning som förväntas under innevarande århundrade (IPCC 2007a) tillsammans med den förändring som konstaterats under 1900-talet, framstår idag som den främsta anledningen till fjällandskapets omvandling (Grabherr m.fl. 1994; Kullman 2002, 2004a, 2007a). De alpina trädgränserna (fjällbjörk, gran och tall) är särskilt viktiga i detta sammanhang, både då det gäller att upptäcka förändringar och för att förstå de klimatberoende ekologiska processer som är av betydelse för den biologiska mångfalden. Allt fler belägg finns för att stigande trädgränser är ett globalt fenomen (jfr. Holtmeier och Broll 2007), även om förändringshastighet, tillväxt och densitet även påverkas på lokalklimat och topografi (Kullman 1979, 2005a). För att möjliggöra jämförelser i ett globalt perspektiv används vetenskapligt vedertagna metoder och definition, i enlighet med UNESCO-konventionen Plant Formation Classification (Miehe och Miehe 2000). Långsiktiga observationer har visat att trädgränsernas dynamik kan fungera effektiva indikatorer på mer allmänna förändringar i den översta fjällskogens och kalvfjällets växtlighet (Kullman 2007a, c).

En förebådad fortsatt och accelererande uppvärmning under innevarande århundrade (IPCC 2007a) kommer sannolikt att resultera i omfattande biogeografiska och ekologiska förändringar av en art och grad som inte kan prognostiseras utifrån existerande kunskap (IPCC 2007b). Det finns därför ett behov av vegetations- och ekosystemmodeller som baseras på empirisk kunskap om växters och växtsamhällens respons på klimatförändringar. För detta krävs systematiska och permanenta övervakningsprogram för träd- och fältskikt, som spänner över långa tidsperioder och stora arealer (Holtmeier och Broll 2007, SOU 2007). Övervakning av trädgränsen och vegetationen i fjällgränsområdet framstår som särskilt viktig bl.a. för rennäringen, turismen och för bevarandet av den biologiska mångfalden (SOU 2007).

Miljöövervakning med trädgränsen som indikator för klimateffekter har stor betydelse för uppföljningen av de nationella miljömålen en *storslagen fjällmiljö* och ett *rikt växt- och djurliv* (SOU 2007) tillsammans med regionala miljömål. De senare omfattar dessutom miljöövervakningsmetodik för vegetationsförändringar i fjällen.

OMRÅDESBESKRIVNING

De undersökta lokalerna återfinns inom ett område som sträcker sig från Åreskutan (63° 25' N; 13° 04' E) i norr till Transtrandsfjällen (61° 05' N; 13° 11' E) i söder (Figur 1 samt Figur 1 och Tabell 1 i Bilaga 1 respektive 2). Fjällens höjd över havet varierar från 870 m i Transtrandsfjällen till 1500 m i Bunnerfjällen.



Figur 1: Karta över området med undersökta delområden/lokaler (●) i Jämtlands och Dalarnas län. Skala 1: 3 000 000.

Lokalklimat

Generellt präglas de nordvästra delarna av undersökningsområdet av ett relativt fuktigt och mer utjämnat maritimt klimat. De mellersta och södra delarna, framför allt sydvästra delen av Jämtlands län, särskilt Sånfjällsområdet tillsammans med delar av Dalarna har ett mer kontinentalt präglat klimat med kalla vintrar, varma somrar och med stora temperaturvariationer över dygnet.

Endast ett fåtal av SMHI:s väderstationer är belägna så att de erhållna mätvärdena kan anses vara direkt jämförbara med det lokala klimatet i trädgränsområdet. De flesta väderstationer är belägna på betydligt lägre nivåer och i nära anslutning till samhällen och byar, där andra lokala klimatfaktorer inverkar. I viss mån kan detta korrigeras för (av SMHI genom interpolering och homogenisering). Den mest rättvisande och i detta hänseende bästa väderstationen inom området för de undersökta lokalerna är Storlien-Visjövalen (642 m ö.h.), som är belägen på en högplatå nära trädgränsen. Mätvärden därifrån representerar väl lokalklimatet i de omgivande fjällens trädgränsområden. De trender som framgår här torde vara representativa för det södra fjällområdet som helhet (Alexandersson 2006).

Nedan redovisas vinter- (januari), sommar- (juli) samt årsmedeltemperatur och årsmedelnederbörd, förutom från Storlien-Visjövalen, även från Sveg i Härjedalen och Särna i Dalarna i syfte att visa områdets regionala skillnader beträffande klimatets grad av kontinentalitet. Enkelt uttryckt ökar graden av kontinentalitet med skillnaden mellan vinter- och sommartemperatur.

För norra delen av undersökningsområdet (västra Jämtland) är medeltemperaturen för januari, juli och året -7,6, 10,7 respektive 1,1°C. Årsmedelnederbörden är 857 mm (data från SMHI Storlien/Visjövalen, 642 m ö.h., baserade på normalperioden 1961-1990). Medeltemperaturen för januari, juli och året i den mellersta, mer kontinentala delen av undersökningsområdet är -10,5 14,4 respektive 2,1°C och årsmedelnederbörden är 624 mm (data från SMHI Sveg, 438 m ö.h., baserade på normalperioden 1961-1990). Osäkerheten är emellertid stor när det gäller lokala klimatdata för de här berörda delarna av Dalarna (korta tidsserier och/eller mätvärden saknas för vissa år, väderstationernas placering och flyttningar). Det gäller även för väderstationen i Särna, där medeltemperaturen för januari, juli och året är -11,1, 13,9 respektive 1,2°C och årsmedelnederbörden 608 mm, beräknat på data från SMHI (baserade på normalperioden 1961-1990).

När det gäller temperatur- och klimatutvecklingen under 1900-talet i relation med trädgränsernas förändring, är det den storskaliga trenden som har störst betydelse. Denna trend är likartad inom hela området (se ”Klimat- och vegetationsutveckling”).

Vegetation

Det subalpina bältet domineras av fjällbjörk (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*). Gran (*Picea abies*) och tall (*Pinus sylvestris*) förekommer men blir i allmänhet gradvis mer sparsamt förekommande högre upp i sluttningarna. Spridda förekomster av rönn (*Sorbus aucuparia*), gråal (*Alnus incana*) och asp (*Populus tremula*) finns i björkbältet. I allmänhet går fjällbjörken högst i fjällsluttningarna, följd av gran och tall, ungefär 50 respektive 100 m under björkens trädgräns (Kullman 2001a). I områden med starkt lokalkontinentalt klimat, som Dalarnas län och delar av Härjedalen, går barrträden ofta högst. Björkbältets vertikala utbredning beror också till stor del på klimatets grad av kontinentalitet och kan under optimala betingelser (i fuktiga och snörika klimat) uppnå 200 m eller mer i vertikal utbredning, som exempelvis på Getryggen i västra Jämtland och Hamrafjället i västra Härjedalen. I kontinentalt präglade områden är det subalpina björkbältet betydligt smalare (< 50 m), fragmenterat och kan i vissa fall saknas (Birger 1908; Kullman 2005a), t.ex. på Stådjan SV, Ö Barfredhågna S, Storvätteshågna S och Härjehågna OSO i Dalarnas län.

Markvegetationen domineras huvudsakligen av rishedar med blåbär (*Vaccinium myrtillus*), dvärgbjörk (*Betula nana*) och kråkbär (*Empetrum hermaphroditum*) med inslag av lågörter, gräs, halvgräs och ormbunkar omväxlande med myrar och myrvegetation. I Dalarna och delar av Härjedalen överväger i stället lav- och lavrishedar med fönsterlav (*Cladina stellaris*), snölav (*Cetraria nivalis*) och renlavar (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*) som dominerande arter. Från björkens trädgräns och uppåt blir vindblottor och vindexponerade hedar vanligare med gräs och halvgräs, lavar och en del lågvuxna ris som förekommer i en mosaikartad blandning med typisk snölegevegetation (mossor och lågvuxna, spensliga örter) i terrängsvackor. Mer detaljerade beskrivningar över vegetationens sammansättning och lokala geologiska förhållande för delområden och lokaler ges i Bilaga 1 och 2 för respektive län.

Ekologiska störningar

Renen (*Rangifer tarandus* L.) påverkar vegetationen på flera olika sätt. Renens tramp och grävning kan öppna upp luckor i täta mark- och fältskikt och underlätta frögroning för olika växtarter. Den kan också skada små trädplantor genom slag med klövarna. Det gäller framför allt tall som är mycket skör i kyla. Lite större trädplantor och unga träd kan skadas av renens hornfejning (Warenberg 1977). Renbete och trampsador är viktiga störningsmekanismer som tillsammans med snöbrott och insektsattacker (framför allt fjällbjörkmätare (*Epirrita*

autumnata (Bkh.) Lep. *Geometridae*), svarar för struktur och kontinuerlig förnyelse hos långtidsvarande bestånd av fjällbjörk (Kullman 1998). Fjällbjörken är visserligen en viktig komponent i renens sommardiet, men evertebraternas totala björkkonsumtion är avsevärt större. Fjällbjörkskogen påverkas av ren, framför allt när det gäller täthet och struktur liksom markvegetationen (t.ex. Haukioja och Heino 1974), men i vilken omfattning trädgränsen påverkas är oklart (Kullman 2005a). I allmänhet finns ingen signifikant skillnad beträffande trädgränsens dynamik i områden med lågt respektive högt renbetetryck (Kullman 1979, 2005b).

Gamla tiders fäboddar var som regel belägna i fjällbjörkskogens nedre delar, där tillgången på ved, bl.a. för ost- och messmörtillverkning, var god. Det kan således inte uteslutas att vegetationen i de här undersökta trädgränsområdena lokalt kan ha varit påverkade av betande tamboskap och mänsklig påverkan i samband med fäbodverksamheten, men knappast i sådan omfattning att det har påverkat den generella trenden för trädgränsens förändring (jfr. Kullman 1979). Vid tidpunkten för denna undersökning (2006-2007) är det endast Nyvallens fäbod, belägen i närheten av lokalen Sänfjället NO, som alltså är i drift.

Klimat- och vegetationsutveckling

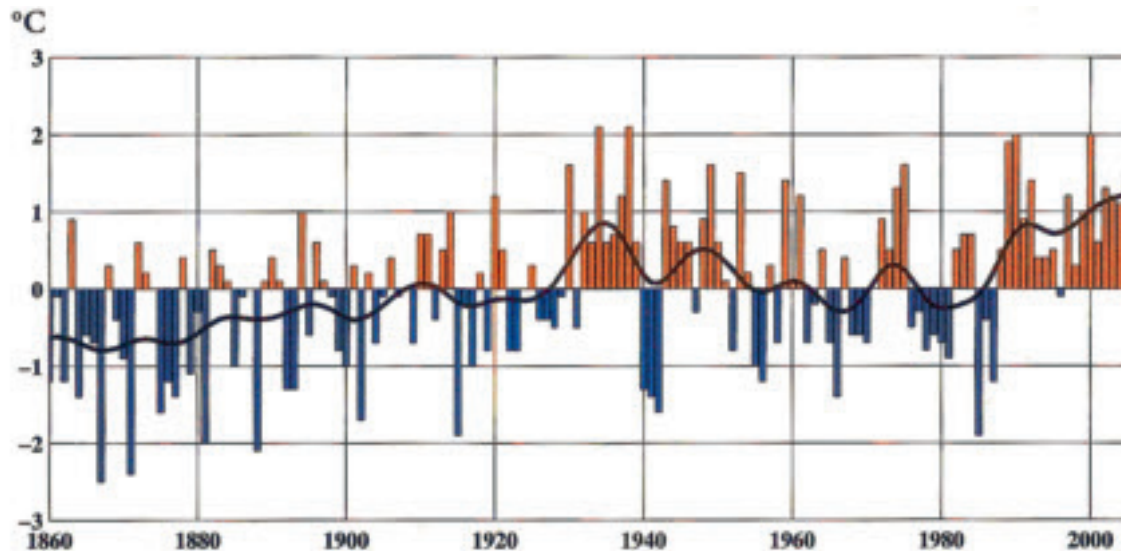
Sitt postglaciala höjdmakimum nådde trädgränserna för drygt 11 000 år sedan, strax efter senaste inlandsisens avsmältning då instrålningen var som starkast och sommartemperaturen cirka 2,5 °C högre än vid förra sekelskiftet. Klimatet har under de gångna årtusendena gradvis blivit allt fuktigare, svalare och mer maritimt präglad. Träden har svarat på klimatförändringen med stadigt sjunkande trädgränser, ända tills för ungefär 100 år sedan då utvecklingen vände. Trädgränsens totala sänkning fram till åren kring förra sekelskiftet uppgår till > 350 m ovanför dagens trädgräns i områdets södra delar (10 500 ¹⁴C-år BP) (Kullman 2001a, 2004b) och upp till 500 m i områdets norra delar (korrigerat för landhöjningen) (Kullman 2006a).

Klimatet blev gradvis varmare i början 1900-talet (Figur 2). Fram till 1915 var uppvärmningen huvudsakligen koncentrerad till vintrarna, därefter blev även somrarna varmare och klimatet mer säsongsbetonat (Wallén 1986). Klimatutvecklingen resulterade, förutom i stigande trädgränser, bland annat i en allmän upptorkning av fjälllandskapet. Utbredningen av snölegesamhällen och andra mer fukt- och snöskyddskrävande arter (bl.a. blåbär *Vaccinium myrtillus* och stagg *Nardus stricta*) minskade till förmån för mer torktåliga arter (Smith 1957).

Efter 1930-talets värmeoptimum och fram till slutet av 1980-talet blev klimatet återigen något svalare och mer maritimt (Eriksson och Alexandersson 1990; Moberg och Alexandersson 1996). Från slutet av 1980-talet har det skett en tydlig uppvärmning, där de senaste 15-20 åren varit särskilt varma och vinterns medeltemperatur i genomsnitt drygt 1°C högre jämfört med för 100 år sedan. De varma vintrarna har också associerats med en viss ökning av nederbörden i norra Sverige (Eriksson och Alexandersson 1990). Den anmärkningsvärda temperaturhöjningen vintertid, framför allt i kontinentalt präglade områden, har tolkats som en reduktion av antalet tillfällen med stabila temperaturinversioner (Sælthun 1995).

Vid jämförelser av perioden 1991-2005 med den s.k. normalperioden 1961-1990, har årsmedeltemperaturen ökat med 0,9 – 1,3°C i undersökningsområdet, med den största ökningen i områdets södra delar. Vintertemperaturen (december-februari) har stigit med 1,8 – 2,2°C och sommartemperaturen (juni-augusti) med upp till 0,6°C. Under vårmånaderna (mars-maj) har temperaturen stigit med upp till 1,0°C i de södra delarna, 0,6 – 0,8°C i övriga området. Hösttemperaturen (september-november) har stigit med 0,4-0,8°C i områdets södra delar och upp till 0,4°C i övriga området. Årsmedelnederbörden har ökat med mellan 5 och 10

% i området som helhet. Vinternederbörden har ökat med upp till 10 % i de södra och norra delarna, medan en minskning med upp till 20 % har skett i de mellersta delarna. Sommarens nederbörd har ökat med mellan 10 och 30 % och vårens med upp till 10 %. Höstnederbörden har ökat i de södra delarna med upp till 10 %, i övriga delar har det skett en minskning med upp till 20 % (Alexandersson 2006).



Figur 2. Temperaturavvikelser från ett medelvärde 1860-2005 på 2,9°C för Sverige som helhet. Röda staplar anger år som ligger över medelvärdet, blå under. Den heldragna kurvan ger en utjämnad bild av förändringarna. Källa: Alexandersson (2006). Publicerad med tillstånd från SMHI.

Under perioden 1901-2006 har sommartemperaturen (medelvärde för juni, juli och augusti) (data från SMHI Storlien-Visjövalen) ökat med 1,3°C och vintertemperaturen (medelvärde för december, januari och februari) har ökat med 1°C.

De senaste decenniernas klimatförändring har medfört stora landskapsekologiska förändringar i fjälllandskapet. Glaciärerna krymper och sommarens snöfläckar försvinner allt tidigare, fjällbäckar torkar ut och den alpina permafrostens utbredning minskar. En observerad och logisk följd av detta är att fjällmarken torkar ut samtidigt som vegetationsperioden förlängs, med stora konsekvenser för vegetationen (Kullman 2006a, b).

Nya studier visar att omfattande landskapsekologiska förändringar pågår i Jämtlands och Dalarnas fjälllandskap. Inte bara trädgränserna förändras, även andra kärlväxters höjdgränser förflyttas när klimatet och andra geoekologiska förutsättningar (snöförhållanden, vegetationsperiodens längd, markfuktighet etc.) ändras (Kullman 2004a, 2006a, b, 2007a). Listan över redan observerade klimatrelaterade effekter kan göras lång: lågfjäll som blivit trädbevuxna (Kullman 2005b), minskande glaciärer och snölegor, gräsinvasioner i lavrisdominerade fjällhedar och i svackor som tidigare hyste länge kvarliggande snö, fjällbjörk som torkar bort på konvexa parter i terrängen och som istället "vandrar" ner mot de fuktigare svackorna (före detta snölegor), plantor av ädla lövträd uppträder i gränsområdet mellan skog och fjäll (Kullman 2002, 2006a, b), silvina växter som skogskovall (*Melanpyrum sylvaticum*) och hönsbär (*Cornus suecica*) har blivit vanligare i gränsområdet mellan skog och fjäll (Kullman 2004a, 2006a, b, 2007a, c), isranunkeln (*Ranunculus glacialis*) har flyttat upp sin nedre höjdgräns etc. (Kullman 2007a).

METOD

Trädgränsen – beskrivning och definition

Trädgränsen bestäms som den översta nivån för de minst 2 m höga träden av en viss art i en viss fjällsluttning (t.ex. Wardle 1971; Kullman 1979, 2005a). Ovanför trädgränsen tar kalfjället och den lågalpina zonen vid. Kalfjäll är trädlösa områden som betingas av temperaturens avtagande (0,6 °C/100 m sommartid) och vindens tilltagande med stigande höjd över havet.

Trädgränsen är, i motsats till skogsgränsen, lätt att definiera i fält och den har visat sig reagera snabbt på ändringar i klimatet med tydliga, signifikanta signaler utan nämnvärd fördröjning (Kullman 2001b). Orsaken är att den i relativt ringa utsträckning är påverkad av icke direkt klimatrelaterade faktorer, t ex interaktioner med individer av samma och andra arter, mänsklig påverkan, betande tamboskap etc. För den s.k. skogsgränsen krävs mer eller mindre godtyckliga kriterier för rumslig utbredning, minsta antal stammar. I motsats till trädgränsen är dess struktur och utformning unik i varje fjällsluttning, vilket omöjliggör en användbar definition som ger jämförbara resultat i tid och rum (Kullman 1979, 2005a; Kjällgren och Kullman 1998).

Strängt lokalt kan trädgränsen påverkas negativt av vissa kortvariga väderextremer. Stambrott på grund av stor upplega (snö eller dimfrost) i samband med hård vind, kan få till följd att trädgränsen sänks. Betydelsen av oönskade lokala väder effekter på trädgränsens läge kan emellertid minimeras genom ett anseeligt antal lokaler inom ett stort geografiskt område (med varierande lokalklimat, topografi, geologi, tidigare markutnyttjande etc.) och med mätserier som spänner över långa tidsperioder. Särskilt björk och gran har en eminent förmåga till vegetativ förökning, vilket gör att de snabbt kan återhämta sig efter denna typ av störningar.

Förändringar av trädgränsens läge kan ske på två sätt: *fenotypiskt* eller *genotypiskt*. Fenotypisk förändring innebär att trädgränsen ändras genom tillväxt (eller nedbrytning) av äldre, lågvuxna (< 2 m) väletablerade individ av framför allt fjällbjörk eller gran. Genotypisk förändring sker genom etablering (eller död) av nya individ, huvudsakligen tall (Kullman 2001a).

Tidigare undersökningar

De tidigaste och mest omfattande studierna av björkens trädgräns i det aktuella fjällområdet utfördes åren kring 1915 av Harry Smith (1920), som lade grunden till ett regionalt nätverk av systematiskt fördelade lokaler i södra Skanderna där trädgränsens läge bestämdes utifrån ovan nämnda definition. Nätverket omfattar totalt drygt 200 lokaler/höjdtransekter, systematiskt fördelade längs gradienter med avseende på klimat (kontinentalitet vs maritimitet), topografi, geologi och tidigare markutnyttjande, inom ett ca 8000 km² stort område i Jämtland, Härjedalen och Dalarna. Arbetet utgör en unik grund för långsiktig övervakning av trädgränsen i området. Vissa dokumentationer av trädgränsernas läge i detta nätverk gjordes även av Sven Kilander (1955) som studerade kärlväxternas höjdgränser i delar av Jämtlands- och Härjedalsfjällen, från slutet av 1940-talet till början av 1950-talet. En omfattande (åter-) inventering av trädgränserna för björk, gran och tall i Jämtlands och Dalarnas län gjordes av Leif Kullman i mitten av 1970-talet (Kullman 1979, 1981a, 1986).

Där äldre dokumentation finns att tillgå avseende björkens trädgräns omkring år 1915 härrör dessa huvudsakligen från Harry Smiths undersökning (Smith 1920), i några enstaka fall från

Birger (1908). För övriga lokaler och arter har trädgränsens läge i början av 1900-talet fastställts genom åldersbestämning av befintliga individ (se Kullman 1979, 1981b, 1986).

Trädgränsprojektet – trädgränsen som indikator för ekologiska klimateffekter i fjällen

Lokalerna

Ungefär en femtedel (39) av de drygt 200 tidigare dokumenterade lokalerna i ovan nämnda nätverk har återinventerats inom ramen för det här aktuella utvecklingsprojektet under 2006 och 2007. Urvalet av lokaler har gjorts med särskild fokus på tillgång till tidigare detaljerad dokumentation. Därtill har urvalet baserats på logistiska hänsyn, representativitet samt långsiktigt skydd i form av naturreservat eller nationalpark.

Metodik

Den översta trädformiga individen av björk, gran och tall har lokaliserats inom höjdtransekter (lokaler) baserade på Smiths (1920) mätpunkter, som är systematiskt fördelade i landskapet med ett inbördes avstånd på cirka 2-5 km. Ofta finns flera höjdtransekter längs en sådan sträcka. Transekterna har en bredd av cirka 500 m parallellt med höjdkurvorna. De träd som utgjorde trädgränsen omkring 1915 (jfr. Kullman 1979) återfinns i transekternas lägst belägna delar och den nuvarande, oftast högre trädgränsen i dess övre. Överst i transekten finns i förekommande fall lågvuxna (< 2 m) individ av de olika trädarterna.

Fotografisk dokumentation har genomgående gjorts av enskilda träd och vyer. Där äldre fotografier med nutida identifierbara objekt funnits att tillgå har fotograferingen upprepats för visuell jämförelse. Metoden ger viktig dokumentation av vegetationen samt klimatrelaterade geoprocesser och fenologi (t.ex. Webb 1992; Kullman 1979, 1987, 1997, 2006b). Den fotografiska dokumentationen har gjorts med digitalkameror av fabrikaten Pentax Optio under 2006 och Canon Power Shot G7 under 2007.

Tidigare altitudmätningar (åren kring 1915 och på 1970-talet) utfördes med en aneroidbarometer (kalibrerad mot tillgängligt kartmaterial). Höjd- och lägesbestämningarna 2006-2007 (RT 90 samt longitud/latitud) har utförts med Garmin 60 CS. Samma definition av trädgränsen (se ovan) har använts sedan 1915. Tidigare värden är avrundade till närmaste 10-tal meter, medan värdena från 2006 och 2007 redovisas som exakta mätvärden (m ö.h.).

Fältarbetet har utförts under 2006 och 2007 av författaren tillsammans med Leif Kullman på flertalet lokaler. Undantag är Gettryggen (Snasahögarna) i Jämtlands län samt Störvätteshågna och Stadjans östra sluttning i Dalarnas län, som dokumenterats 2003-2004, respektive 2003 och 2005 av Leif Kullman.

Insamlade data har inledningsvis lagrats som Microsoft Excel-filer med koordinater, höjdvärden, lokalbeskrivningar samt beskrivningar av varje enskilt objekt med tillhörande fotodokumentation. Äldre fotografier har daterats.

En detaljerad metodbeskrivning för övervakning av trädgränsen ges i Bilaga 3.

¹⁴C-datering av äldre grankloner i Dalafjällen

Marken under äldre grankloner på Härjehågna och Stadjan SV har undersökts (med spade) i syfte att finna subfossila vedrester för åldersbestämning av granen i fråga (jfr. Kullman

2005b). Proverna har daterats med ^{14}C -metodik vid Beta-Analytic Inc, Miami, USA. Ålder redovisas som okalibrerade ^{14}C -år BP (Before Present = 1950). Denna kunskap är av största vikt för att förstå och för att kunna förutse den framtida utvecklingen av granens trädgränsdynamik.

Övrigt

Fotodokumentation

Där inte annat anges är fotografierna tagna av författaren.

Nomenklatur

Nomenklaturen för kärlväxter följer Mossberg och Stenberg (2003) och för lavar Moberg och Holmåsén (1982).

Tidsangivelser

För läsbarhetens skull anges tidsperioderna i tabeller och text som 1915-1975 och 1975-2007. Med 1975 avses åren 1972-1978 och 2007 avser 2003-2007. Det egentliga dokumentationsåret framgår av de enskilda figurerna för var och en av lokalerna i Bilaga 1 och 2.

Eventuella felkällor

Differenser på upp till 20-30 höjdmeter kan i vissa fall och i vissa lägen (framför allt nära och direkt under branter) bero på dålig GPS-satellitmottagning och behöver inte alltid betyda att trädgränsen förändrats. Korrigeringar har gjorts i de fall då detta varit uppenbart vid jämförelser med äldre data. GPS:ens noggrannhet i höjddled i öppen terräng (ej nära branter) och med tillräckligt antal satelliter tillgängliga, varierar vanligtvis mellan 5 och 10 m.

Äldre höjdvärden är oftast avrundade till närmast 5-tal meter. Avrundning har dock inte gjorts i samband med dokumentationerna 2006 och 2007, varför detta kan innebära viss differens utan att trädgränsen har ändrats.

RESULTAT OCH DISKUSSION

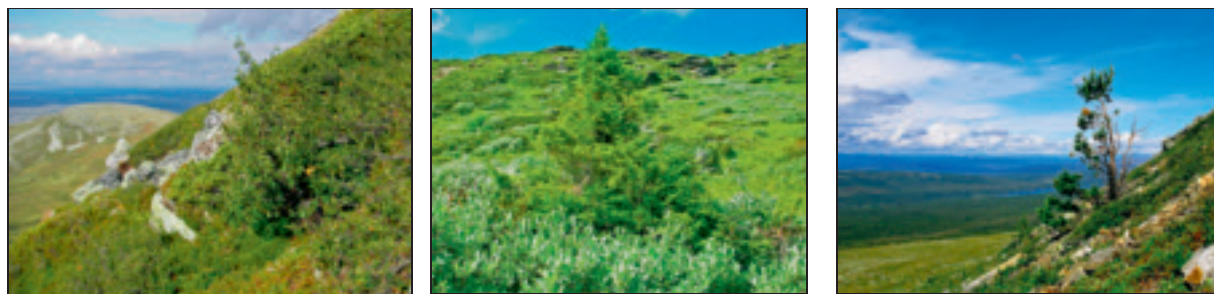
Trädgränsernas läge och förändring

För perioden som helhet (1915-2007) har trädgränserna för björk, gran och tall stigit i 99 % av de undersökta lokalerna. Endast björkens trädgräns i Storvätteshåga är oförändrad. Granens trädgränsförändring (medelvärde) är störst i Jämtlands län med 117 m/lokal, tallens i Dalarnas län med 108 m/lokal och björkens förändring är störst i Jämtlands län med 96 m/lokal. Sammantaget har trädgränserna stigit mest i landskapet Härjedalen med 97 m/lokal under perioden 1915-2007. För landskapet Jämtland, Jämtlands län och Dalarnas län är värdena 84, 90 och 76 m/lokal.

I de flesta fall är det björkens trädgräns som går högst upp i fjällsluttningarna. Av de jämtländska lokalerna är det endast på Stor-Skarven OSO (i Härjedalen) som granens trädgräns når över björkens. I Dalarna däremot överträffas björkens trädgräns ofta av gran

eller tall. Granen går högst av träden på Härjehågna, Ö Barfredhågna och Städjan SV, tallen på Storvätteshågna S och Gammalsätersfjället SO. På Köarskärsfjället och Storfjället (Transtrandsfjällen) har alla tre trädarterna etablerats och uppnått trädhöjd (> 2 m) uppe på topplatåerna.

De största trädgränsstigningarna och de högsta trädgränserna för respektive art redovisas nedan i Figur 3a och b.



Figur 3a. De största trädgränsstigningarna för respektive art har ägt rum på Brattriet SV (björk 190 m t.v.), Lill-Skarven SO (gran 190 m, mitten) och Städjan SV (tall 178 m, t.h.). Foto: 2006-08-22, 2006-07-16 och 2007-07-14.



Figur 3b. De högsta trädgränserna för björk och tall i Brattriet SV, 1137 (t.v.) respektive 1044 m ö.h. (t.h.) och gran i Städjan SV 1115 m ö.h. (mitten). Foto: 2006-08-22, 2007-07-14 respektive 2006-08-22.

Trädarternas respons

Fjällbjörk (Betula pubescens ssp. tortuosa)

Fjällbjörken anses vara anpassad till ett svalt, maritimt (snörikt) och mycket varierande klimat. På en bred geografisk skala är björkens trädgräns signifikant och positivt korrelerad med graden av kontinentalitet. Vegetativ föryngring från basala skott, vars bildning stimuleras av mekaniska störningar är den dominerande typen av föryngring. Det gör fjällbjörken mindre känslig för störningar, åtminstone moderata sådana. Det är inte otänkbart att vissa mindre störningar kan ha en positiv och gynnsam effekt på redan existerande träd eftersom fjällbjörkar som förblir ostörda en längre tid kan förlora sin vegetativa förmåga. Viktiga störningsmekanismer som snöbrott, insektsattacker (framför allt fjällbjörkmätare (*Epirrita autumnata* (Bkh.) Lep. *Geometridae*), renbete och trampskador är förutsättningar för

långsiktig strukturell kontinuitet av fjällbjörksbestånd (Kullman 1998). I förhållande till barrträden, särskilt gran, är solitära fjällbjörkar mindre utsatta för snöbrott (Kullman 1981b).



Figur 4. Fjällbjörk i Ö Barfredhågnas S-sluttning (1022 m ö.h.) som visar ett sedan några decennier vanligt fenomen bland trädgränsbjörkar i södra delen av fjällkedjan som leder till en fragmentering av björkbältet. På 1970-talet (1974 t.v.) var björken välmående med tät krona och relativt långa årsskott. 1985 (mitten) hade kronan glesats ut betydligt med hängande, döda grenar. Idag (2007, t.h.) är stammen knäckt, troligen p.g.a. stor snöbelastning. Trädets levande höjd är 1,5 m. Foto: 1974-07-19 (Leif Kullman), 1985-07-18 (Leif Kullman), 2007-07-13.

Många björkar i undersökningsområdet har tydligt nedsatt vitalitet, i synnerhet i de södra, mest kontinentalt präglade delarna av området. En anledning är sannolikt att många av de snölegor som tidigare försåg vegetationen i sluttningarna nedanför med kontinuerlig tillförsel av smältvatten. En annan anledning är en ökande västlig vindcirkulation de senaste decennierna, med jorderosion och minskad markfuktighet som följd (jfr. Kullman 1998, 2004b; 2005c). Det blir helt enkelt för torrt för björken, i synnerhet där jorden också är grovkornig med dålig vattenhållande förmåga (det gäller även björken i Figur 4).

Antalet nyetablerade plantor är få inom hela det undersökta området. Flest plantor och unga träd har påträffats i fuktigare läsidor, ofta nordligt exponerade sluttningar eller där snön tidigare legat kvar för länge för att björkplantor skulle kunna etableras och överleva (Figur 5 och 6). Huvuddelen av björkens trädgränsförändring de senaste decennierna, har skett genom tillväxt av äldre, redan etablerade individ.



Figur 5. Björkplantor i Åreskutans S-sluttning (1175 respektive 1130 m ö.h.). Den ena (t.v.) har slagit rot i störd mark i anslutning till linbana/pist och den andra (t.h., pil) har etablerats i en svacka där det tidigare var för blött p.g.a. att snön låg kvar långt in på sommaren. Foto: 2007-08-23.

Figur 6. Två unga, snabbt växande björkar i Hårdeggens (t.v.) och Slagufjällets (t.h.) N-sluttningar. Björkarna har troligen etablerats i slutet av 1980-talet. Foto: Leif Kullman, 2006-06-17; Lisa Öberg 2007-07-11.



Gran (Picea abies)

Granen trivs bäst i fuktiga klimat med stabilt och varaktigt snötäcke, med ingen eller endast ytlig tjäle. Granen föredrar också fuktigare och mer näringsrik mark än tallen. Tack vare sin utmärkta förmåga till vegetativ förökning med basala skott antar granen ofta formen av låga, krypande individer, s.k. *krummholz*. Lokalt uppträder dessa högt ovanför sin egen trädgräns och till och med ovanför björkens. Vissa av dessa individer är tusentals år gamla och härrör från tidigare klimatiskt gynnsamma perioder under efteristiden då granens trädgräns låg högre än idag. Det är uppenbart att många av dessa gamla granar vitaliserats under senare år efter de kärva klimatförhållanden som rådde från 1960- till slutet av 1980-talet. Denna process visas tydligt genom upprepade fotografering (Figur 4 och 7).

Granarna har överlag en påfallande frisk grön färg och långa årsskott. Många av granarna bär också kottar, det gäller även lågvuxna individer (Figur 6). Däremot är granplantor rent generellt sällsynta företeelser. Ett undantag utgörs av Storfjället i Transtrandsfjällen, där en viss fröföryngring i form av 0,1-0,2 m höga plantor ägt rum under senare år. (Figur 7). Även i Åreskutans S-sluttning har föryngringen varit förhållandevis god de senaste årtiondena (Figur 8). Granens trädgräns har dock huvudsakligen stigit genom fenotypisk förändring, d.v.s. genom tillväxt av äldre, lågvuxna granar.



Figur 7. Granens trädgräns, 970 m ö.h., i Stadjans O-sluttning. Granen har vuxit en dryg halvmeter sedan 1975 (t.v.) och ser relativt välmående ut med friskt gröna årsskott år 2005 (t.h.), trots att den förlorat en del barmassa under 1980-talets senare del. Granens höjd är idag 2,1 m. Foto: Leif Kullman, 1975-07-02, 2005-09-05.



Figur 8. Tydligt vitaliserade granar i Härjehågnas OSO-sluttning, 1054 respektive 1050 m ö.h. med friskt grön barrmassa och långa årsskott. Den flerstammiga, 2,5 m höga granklonen till höger (granens trädgräns) bar också kottar. Foto: 2007-07-12.



Figur 9. Storfället (Transtrandsfjällen) är en av få lokaler med viss granföryngring. Foto: 2007-07-10.



Figur 10. En drygt 2 dm hög välmående gran med 4 cm långa årsskott (1119 m ö.h., t.v.) och en likaledes meterhög gran med cirka 1 dm långa årsskott (1031 m ö.h., t.h.), båda på Svartberget, Åreskutans S-sluttning. Foto: 2007-08-23, 09-25.

Tall (Pinus sylvestris)

Tallen är mer vanligt förekommande i Härjedalens och Dalarnas trädgränsområden där klimatet är mer kontinentalt präglad. Den är också vanligare än granen på torrare och mindre näringsrik mark med tunnare snötäcke och djupare tjäle. Eftersom tallen saknar den vegetativa förmåga som både granen och fjällbjörken besitter, är den helt beroende av sin sexuella förökning (Kullman 1997). Uppenbarligen har tallen gynnats av de senaste decenniernas varma somrar, vilket avspeglas i de talrika (0,1-0,2 m höga), tallplantorna både i och ovanför trädgränsområdet och i anmärkningsvärt långa årsskott (Figur 9). Tallplantorna förekommer oftast i ett skyddande fältskikt som t.ex. bland klynnetåg (*Juncus trifidus*), i skydd av en tjock lavmatta eller bland kråkbärsris och mindre block och stenar (t.ex. Ö Barfredhågna) (Figur 11 t.v.) där de får det skyddande (≥ 2 dm) snötäcke de behöver för sin etablering och överlevnad de första åren (jfr. Kullman 1989b). Påfallande få tallar uppvisar skador orsakade av frosttorka de senaste åren då vintrarna varit genomgående milda. Det är sannolikt en starkt bidragande orsak till tallens friska utseende och framgång under senare år (jfr. Kullman 2007b). Många av de tallar som växer ovanför skogs- och trädgränsen blir annars sällan högre än senvinterns snödjup. Det beror på att de skott som sticker upp ovanför snöytan ofta dödas av frosttorka (uppkommer vid starkt solsken i kombination med frusen mark). Nya skott bildas som ersättning för dem som dött och tallen får med tiden ofta ett kvastliknande utseende. Detta kan också vara förklaringen till att så många tallar i trädgränsekotonen är flerstammiga (Kullman 1981a). Tallens trädgränsförändring har huvudsakligen skett *genotypiskt*, d.v.s. genom etablering och tillväxt av nya plantor. Krummholz-former hos tall förekommer, men är relativt sällsynta på grund av tallens bristfälliga vegetativa regenereringsförmåga.

Landskapsekologiska effekter

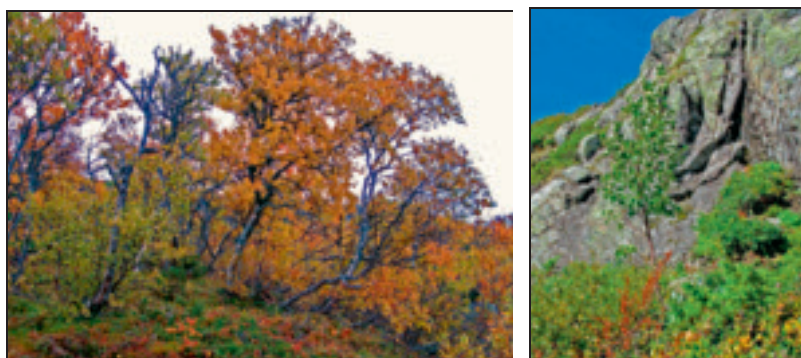
Parallellt med trädgränsernas uppflyttning har också andra förändringar ägt rum i det alpina och subalpina växttäckets. Plantor och yngre exemplar av exotiska löv- och barrträd, som t.ex. en liten, cirka 10-årig lönn (*Acer platanoides*) på Åreskutan och sibirisk lärk (*Larix sibirica*) i Stadjans S-sluttning. I närheten av den plats där lönnen växer på Åreskutan, fanns också en almplanta (*Ulmus glabra*) (Kullman 2006b), som tyvärr fått ge vika för en ny nedfart för cyklister och skidåkare.



Figur 11. Tallens expansion och vitalisering illustrerad med en 12 cm hög tallplanta (t.v.) nära toppröset på Ö Barfredhågna (1021 m ö.h.) tillsammans med en ung, snabbväxande 2 m hög tall (mitten) med 18 cm långa årsskott i Stor-Skarvens OSO (930 m ö.h.) som har vuxit en meter de senaste 10 åren och en tall i Åreskutans S-sluttning (891 m ö.h.) som var 75 cm hög och hade 19 cm långa årsskott. Foto: 2007-07-13, 2006-07-17 (Leif Kullman), 2007-08-23.

I alpina snölegesamhällen, bl.a. på Åreskutan, sker en övergång till täta, högvuxna gräshedar, där kruståtel och tuvtåtel tenderar att konkurrera ut typiska snölegearter och mossor. I snölegesamhällen på lägre nivåer ersätts ofta snölegevegetationen av blåbärshed som i sin tur gradvis invaderas av fjällbjörk (jfr. Kullman 2002, 2006a, b).

En naturlig följd av att trädgränserna stiger är att det samtidigt sker en förtätning av träd- och buskskiktet. Där trädgränserna var belägna i början av 1900-talet är det idag ofta mer eller mindre tät fjällbjörkskog (Figur 12 och 13), vilket innebär att hela landskapsbilden förändrats sedan början av förra seklet. Även sedan 1970-talet är förändringen märkbar (Figur 14). En förtätning av träd- och buskskikt sker också idag i en del fjällsluttningar, t.ex. på Gettryggen O och Nipfjället SV (Figur 15).



Figur 12. Björkens trädgräns 1915 (848 m ö.h. t.v.) och 2007 (1012 m ö.h., t.h.) i Åreskutans S-sluttning. Den nya trädgränsen utgörs av en 2 m hög björk som vuxit snabbt. Foto: 2007-09-24, 2007-08-23.



Figur 13. Granens trädgräns 1915 (895 m ö.h., t.v.) och 2007 (942 m ö.h., t.h.) i Slagufjällets S-sluttning. Granens nya trädgräns utgörs av en 6 m hög enstammig gran med några avläggare. Granen utgjorde troligen trädgränsen även 1975. Granen till vänster är idag 10-11 m hög. Foto: 2007-07-11.



Figur 14. Tallens trädgräns 1975 (921 m ö.h. t.v.) och 2006 (1044 m ö.h., t.h.) i Brattriets S-sluttning. Den nya trädgränsen utgörs av en drygt 2 m hög tall som lyckats bibehålla liv i sina övre delar trots omfattande skador. Foto: 2007-09-24, 2007-08-23.

En annan viktig och synnerligen iögonenfallande effekt av klimatförändringen är lågfjäll som nu blivit trädbevuxna. De största och mest dramatiska landskapsekologiska effekterna i området ses i Transtrandsfjället längst i söder, som också är de relativt sett yngsta fjällbildningarna (jfr Kullman 2004b). Samtidigt som trädgränserna stiger, minskar kalfjällsarealen i motsvarande grad och träden närmar sig åter den nivå då trädgränserna nådde sin högsta position i efterglacial tid. Där avståndet mellan den boreala skogen och kalfjället är minst, kommer processen följaktligen att gå snabbast. Det är redan känt att Tandövala, som tidigare betraktades som Dalarnas sydligaste fjäll (Samuelsson (1917), inte längre är fjäll, åtminstone inte i botanisk mening (Kullman 2005b). Samma öde har nu gått Köarskärsfjället och Storfjället i Transtrandsfjällen (Figur 16) till mötes. Båda dessa "fjäll" är nu trädbevuxna, även om det ännu är ganska glest mellan träden. Av Gammalsätersfjället, söder om Storfjället, återstår endast en höjdmeter av det egentliga kalfjället (Figur 17).



Figur 15. En viss igenväxning och förbuskning av fjällbjörk sker lokalt, här i Nipfjällets SV-sluttning. Foto: 2006-07-21.



Figur 16. Storfjället i Transtrandsfjällen (924 m ö.h., bilden överst) uppvisar stor landskapsekologisk förändring. Här växer idag både trädformig björk (nere t.v.), gran (nere i mitten) och tall (nere t.h.) uppe på topplatån (920-924 m ö.h.), som därigenom helt ändrat siluett. Foto: 2007-07-10.



Figur 17. Tall 870 m ö.h. (4 m ovanför dagens trädgräns) strax under Gammalsätersfjällets högsta punkt, 871 m ö.h. Tallen var 1,3 m hög (2007) och hade 0,07 m långa årsskott, vilket innebär att den skulle kunna uppnå trädhöjd inom 10 år om klimatutvecklingen fortsätter likartat. Foto: 2007-07-15.

Trädens och trädgränsens förändring i relation till klimatförändringen

Med 1,3°C höjning av sommartemperaturen sedan 1900-talets början (data från SMHI Storlien-Visjövalen) skulle en förväntad renodlad respons på temperaturförändringen kunna innebära att trädgränserna flyttats upp drygt 200 m. Detta förutsätter i övrigt optimala betingelser, särskilt med avseende på vind. Vinden är en viktig faktor (stress i form av avkylning, avdunstning, erosion, abrasion etc.), vars betydelse ökar med tilltagande höjd över havet och som är svår att beräkna. Ju högre berg, desto större blir vindens negativa och starkt begränsande effekt på vegetationen (Holtmeier och Broll 2007).

Konstaterade trädgränsstigningar på maximala 190, 190 och 178 m (och med medelvärden på 74, 92 och 83 m) för björk, gran respektive tall indikerar att träden svarat som förväntat och dessutom utan nämnvärd fördröjning på klimatförändringen sedan 1915. Förändringarnas storlek varierar mellan arter och med lokala variationer i topografi och lokalklimat. Utvecklingen är dessutom likartad i de båda länen, även om arternas respons varierar. Data från huvuddelen av de ytterligare drygt 160 lokaler som ingår i samma nätverk (Smith 1920; Kullman 1979, 1981a, 1986), uppvisar ett i det närmaste identiskt mönster beträffande trädgränsförändringarnas magnitud såväl som struktur (Kullman opublicerade data).

Björken har uppenbarligen gynnats i lägen där snötäcket tidigare varit begränsande (p.g.a. alltför kort vegetationsperiod) och missgynnats där klimatförändringen medfört att det i stället blivit alltför torrt. Detta torde vara en viktig anledning till att björken trädgräns stigit mest i fuktigare och snörika områden. Förändringen i Härjedalen är dubbelt så stor som i Dalarnas län, där det ofta blivit alltför torrt för att fjällbjörken ska trivas. Granens trädgräns har förändrats mest i Jämtlands län, framför allt i landskapet Jämtland, där den bäst kunnat dra nytta av klimatförändringen. En bidragande orsak till detta kan vara att granen sedan länge funnits på plats i trädgränsområdet i relativt hög frekvens i form av lågvuxna *krumholz*-individer (jfr. Kullman 2000a). Dessa har nu snabbt kunnat dra nytta av klimatförbättringen genom ökad tillväxt och en allmän ökad vitalisering. Överlevnadsförmågan hos granar i fjällens trädgränsområden är starkt beroende av förvinterns marktemperatur, modifierad av ett snötäcke och omgivande lufttemperatur (Kullman 1998). En bidragande orsak till den tjäl-skyende granens vitalisering är att även marktemperaturen stigit de senaste decennierna (Kullman 2007b).

För tallen har klimatförändringen medfört störst förändringar i Dalarnas län. Klimatförbättringen med högre luft- och marktemperaturer har för tallens del inneburit längre vegetationsperiod och färre allvarliga skador i form av frosttorka. De senaste decenniernas högre sommartemperaturer har rimligtvis även gynnat tallens blomning och frösättning och bidragit till tallens talrika nyetableringar i fjälllandskapet. Förändringarna har skett genom nyetablerig (genotypisk förändring) och snabb tillväxt de senaste decennierna.

Björken har huvudsakligen svarat på klimatförändringen genom tillväxt av äldre individ, i några fall utgörs björkens nya trädgräns av nyetablerade snabbväxande unga björkar. Granens respons handlar nästan uteslutande om vitalisering och tillväxt av befintliga äldre, lågvuxna granar som nu uppnått trädhöjd. Tallens nya trädgränser utgörs till största delen av nyetablerade (cirka 30-40 år) gamla individer. Tillväxten har genomgående (med lokala variationer) varit mycket god de senaste åren för alla arter, med årsskott på upp till 0,4 m. Korta, milda vintrar, med förhållandevis obetydlig tjälbildning tillsammans med varma fuktiga somrar är troliga orsaker till vitaliseringen.

Annan eventuell påverkan

Det är möjligt att enstaka yngre träd och plantor, framför allt tall, i trädgränsområdet kan ha skadats av ren i samband med fejning eller tramp och grävning i snö (jfr. Warenberg 1977). Den enda påträffade tallen i Gåsens V-sluttning har skador som kan ha orsakats av ren, renspillning fanns strax intill (Figur 7, Bilaga 1). Tydlig påverkan på lavvegetationen har noterats i Slagufjällets översta delar, cirka 50 m ovanför nivån för de översta träden (Figur 18) och i Sånfjällets västra sluttning (Figur 19), där det vindexponerade läget troligen också spelat stor roll för lavarnas tillbakagång (Öberg 2002). Kråkris har brett ut sig på lavarnas bekostnad, gräs och halvgräs som klynnetåg (*Juncus trifidus*), styvstarr (*Carex bigelowii*), kruståtel och tuvtåtel hör också till de arter som ökat på senare år där lavarna tidigare var förhärskande.

Renars bete och tramp har påverkat vegetationens struktur och sammansättning i århundraden och kan därmed betraktas som en mer eller mindre permanent störningsfaktor med varierande intensitet (jfr. Oksanen 1992). Störningar orsakade av ren och som påtagligt kan ha inverkat på trädgränsens förändring i det undersökta området under den aktuella perioden måste sammantaget betraktas som ringa. Det har också visat sig att trädgränsernas allmänna höjdnivå och sentida reaktionsmönster inte skiljer sig nämnvärt mellan starkt renbetade (t.ex. Långfjället) och icke renbetade (t.ex. Fulufjället) fjällområden.

Även älg och hare (i viss mån ripa) kan ha viss inverkan på träd och plantor i trädgränsområdet och därigenom potentiellt även på trädgränsens läge, i synnerhet vintertid (Kullman 2007a). Någon nämnvärd påverkan av detta slag har dock inte kunnat påvisas i denna undersökning.



Figur 18. Slagufjällets övre delar med tydlig påverkan av ren på lavvegetationen. Foto: 2007-07-11.



Figur 19. Sånfjällets (Gråsidans) V-sluttning, 940 m ö.h., med stora förändringar i mark- och fältskikt mellan 1974 (t.v.), 1986 (mitten) och 2006 (t.h.). Lavmattorna som fanns på 1970-talet och tidigare har nästan helt försvunnit och ersatts med expanderande kråkbärskloner. Tallen har vuxit märkbart mellan fotograferingstillfällena. Foto: 1974-08-16 (Leif Kullman) och 1986-08-12 (Leif Kullman), 2007-07-11.

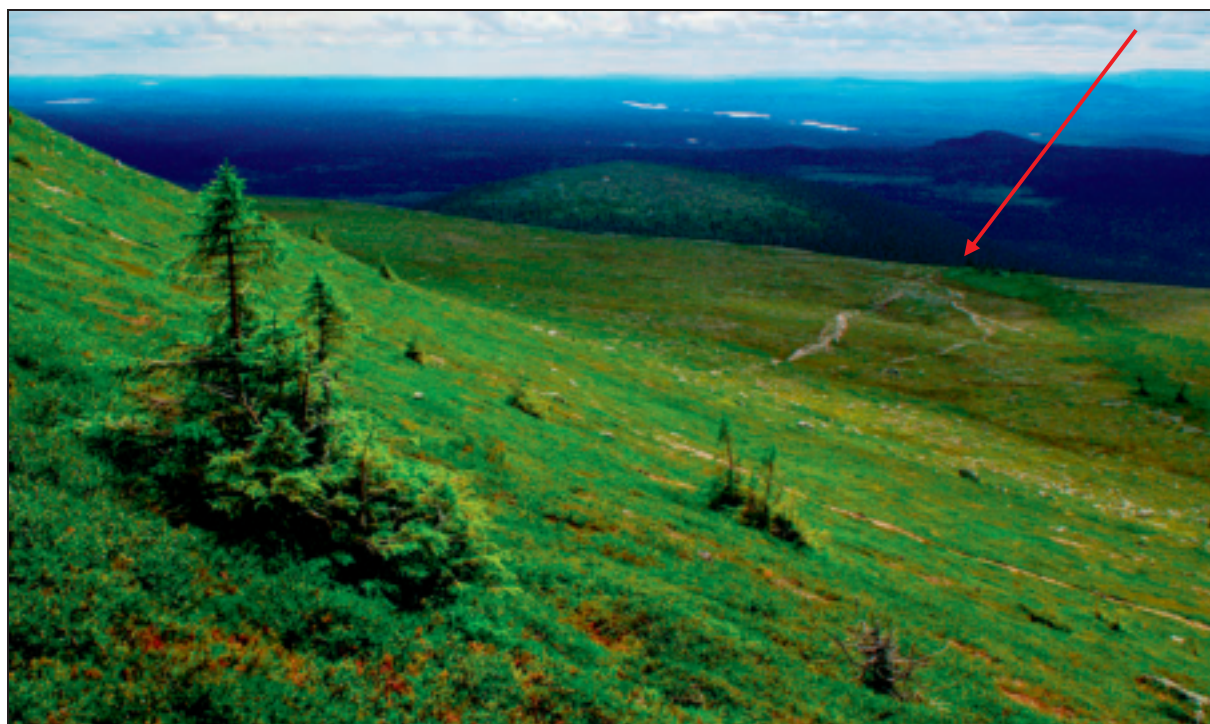
Gamla tiders fäbodan var som regel belägna i fjällbjörkskogens nedre delar, där tillgången på ved, bl.a. för ost- och messmörtillverkning var god. Flertalet av de drygt 200 trädgränslokaler som undersöktes av Leif Kullman i mitten av 1970-talet var emellertid belägna på så långt avstånd ifrån närmaste kända fäbod i respektive område, att nämnvärd och bestående påverkan från dessa kan uteslutas rent generellt (Kullman 1979). Jämfört med många andra delar av Skandinavien och övriga delar av världen (Miehe och Miehe 2000) så anses trädgränsernas positioner (enl. gällande definition) i de här berörda delarna av fjällkedjan vara relativt ostörda av mänsklig aktivitet (Kullman 1979; Kjällgren och Kullman 1998).

Vid tidpunkten för denna undersökning (2006-2007) är det endast Nyvallens fäbod, belägen i sluttningen nedanför lokalen Sånfjället NO, som alltjämt är i drift med frigående tamboskap sommartid. Det finns emellertid inga spår av betande djur i trädgränsområdet och trädgränsernas förändringar och nuvarande positioner är inom ramen för det förväntade resultatet. Granens och tallens förhållandevis låga trädgränser i denna sluttning förklaras främst av nordlig exposition och stor snöackumulation. Björkens trädgräns har höjts något mer än medelvärdet/lokal för länet och trädgränsens läge i NO-sluttningen är idag ett 30-tal m högre upp än den vindexponerade och torra V-sluttningen.

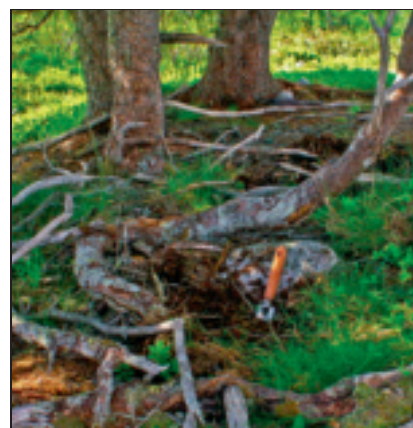
¹⁴C-datering av äldre grankloner i Dalafjällen

Subfossil ved insamlades från totalt fyra grankloner i Dalarna; en från Städjan (Figur 20a, b) tre från Härjehåga (Figur 21a-c). Dessa har åldersbestämts genom ¹⁴C-datering (okalibrerade data). Dateringarna från granen på Städjan resulterade i åldrar mellan 3940±80 och 260±60 ¹⁴C-år. Under granklonerna i Härjehågas OSO-sluttning varierade åldern mellan 7890±70 och 160±60 ¹⁴C-år. Eftersom de daterade proverna insamlats i marken under nu levande granar med utpräglad vegetativ förökning talar mycket för att varje datering ger en minimiålder på respektive granklon (jfr. Kullman 2000a). Granen är således av allt att döma en mycket gammal del av trädgränslandskapet och har överlevt såväl varmare som kallare klimatperioder jämfört med nutiden. Trädgränsens variationer manifesteras huvudsakligen genom förändringar i växtform (buske-träd) av dessa urgamla granindivider. Detta innebär att trädgränsens granar reagerar hastigt och tydligt visuellt på ändrade klimatförhållanden, vilket gör dem till utmärkta ekologiska klimatindikatorer (jämför Kullman 1998). De aktuella

resultaten är helt i överensstämmelse med de subfossila granrester från Fulufjället som daterats till mellan 375 och 9000 år före nutid (Kullman 2005b).



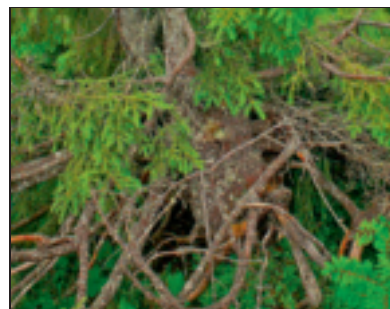
Figur 20a. Stadjans SV-sluttning sedd ovanifrån, med granklonen (se Figur 20b nedan) under vilken (pil) subfossil ved insamlats och åldersbestämts genom ^{14}C -datering. Foto: 2007-07-12.



Figur 20b: 5-6 m hög granklon i Stadjans SV-sluttning, 907 m ö.h. (vänstra bilden). Här påträffades både subfossil ved och en subfossil grankotte (bilden i mitten). Veden har åldersbestämts till 260 ± 60 BP och kotten till 3940 ± 80 BP. Individens höga ålder manifesteras också genom ett mycket välutvecklat system av marknära stammar (högra bilden). Foto: 2007-07-14.



Figur 21a. Härjehågnas OSO-sluttning sedd ovanifrån mot SO. Subfossil ved från tre olika grankloner i denna sluttning har ^{14}C -daterats. Gråhön (1002 m ö.h.) syns i bakgrunden t.h. Foto: 2007-07-12.



Figur 21b: Flerstammig, 4 m hög granklon i Härjehågnas OSO-sluttning, 985 m ö.h. Granen har anmärkningsvärt grova basala delar. Ved i marken under kronan har åldersbestämts till 7890 ± 70 BP. Foto: 2007-07-12.



Figur 21c: Två grankloner i Härjehågnas OSO-sluttning, 984 (t.v.) och 971 m ö.h. (t.h.). Under den vänstra har tre vedprover daterats: 5550 ± 60 BP, 1400 ± 70 BP och 160 ± 60 BP. Ett vedprov under den högra klonen har daterats till 4800 ± 60 BP. Foto: 2007-07-12.

Framtida övervakning

Trädgränsen som klimatindikator

Trädgränsens förändring i relation till klimatet visar dess användbarhet som miljöövervakningsindikator för klimatändringars ekologiska effekter. Skillnaden (i m ö.h.) mellan äldre värden och moderna data ger ett kvantitativt uttryck för klimateffekter i olika topografiska lägen och med skiftande lokalklimat. Kunskap om trädens respons på klimatändringar ger indikationer om var och med vilken frekvens framtida miljöövervakningsinsatser beträffande trädgränsvegetationen bör koncentreras. Trädgränsen är vidare en indikator för klimateffekter med stort pedagogiskt värde. Den är lätt identifierbar och förändringar av trädgränsens läge är lätt för gemene man att förstå och visualisera. Förändringar av trädgränsens läge indikerar även att andra kärlväxters utbredningsgränser ändras när klimatet och andra geoekologiska förutsättningar (snöförhållanden, vegetationsperiodens längd, markfuktighet etc.) förändras.

Med tanke på den dokumenterade snabba vegetationsutvecklingen i trädgränsområdet bör miljöövervakningen av trädgränsen inledas redan sommaren 2008. En tredjedel av lokalerna besöks årligen. Efter att samtliga lokaler återbesökts en första gång, bör omdrev ske vart tredje år (se Bilaga 1 och 2).

Fjällgränsområdet – detaljerad övervakning (monitoring) av klimatets ekologiska effekter på ekosystemet

Detaljerad strikt lokal övervakning (*monitoring*) av träd- och fältskiktsvegetationen inom ett för regionen representativt delområde med en eller flera väl dokumenterade lokaler ger en totalbild av klimatets effekter på hela ekosystemet och framstår som ett viktigt och angeläget komplement till den regionala trädgränsövervakningen. Härigenom skapas en mer fördjupad förståelse av de ekologiska mekanismer som orsakar de förändringar som dokumenteras i fjälllandskapet. Lämpliga monitoringobjekt är Getryggen (Jämtlands län) och Molnet (Dalarnas län) (Figur 21 respektive 22) som båda är representativa för sina respektive regioner. De har dessutom ett logistiskt fördelaktigt läge och är relativt ostörda av tidigare markanvändning. Det rörliga friluftslivet kanaliseras till befintliga stigar och leder under barmarkstiden. Båda objekten är väl dokumenterade (långa tidsserier) och ytterligare träd- och artgränsstigningar är topografiskt möjliga. Tillgång till klimatdata (temperatur och nederbörd) från närbelägen väderstation (SMHI) med långa mätserier ökar lämpligheten ytterligare.

Getryggen

Getryggens postglaciala vegetationsutveckling är väl dokumenterad genom subfossila fynd av björk (cirka 8600 år BP) och tall (> 9000 år BP) tillsammans med makrofossil av ädla lövträd som ek (*Quercus robur*), alm (*Ulmus glabra*), hassel (*Corylus avelana*), klibbal (*Alnus glutinosa*) och vårtbjörk (*Betula pendula*) 8000-8500 BP (Kullman 1995, 1998, Kullman och Kjällgren 2006). Trädgränsens läge är dokumenterat sedan 1915 (O, SO, S, SV, V) liksom andra kärlväxters övre höjdgränser (Smith 1920; Kilander 1955; Kullman 1979, 1981a, 1986, 1994, 2006a och b, 2007). Sluttningstopografin är jämn och möjliggör framtida höjdgränsförändringar upp till 1382 m ö.h. Alla trädarter finns naturligt på plats, inklusive gråal (*Alnus incana*). Oerhört rik fotodokumentation finns från 1970-talet och framåt (landscapsbilder, träd- och skogsgräns, igenväxning/förbuskning, snölegor, snöfenologi etc.) (bl.a. Kullman 1979, 1981a, 1986, 2004a, 2007a, opublicerade data). Stora snöfält som bevattnar vegetationen i sluttningen nedanför ger möjlighet att följa snölegors (och

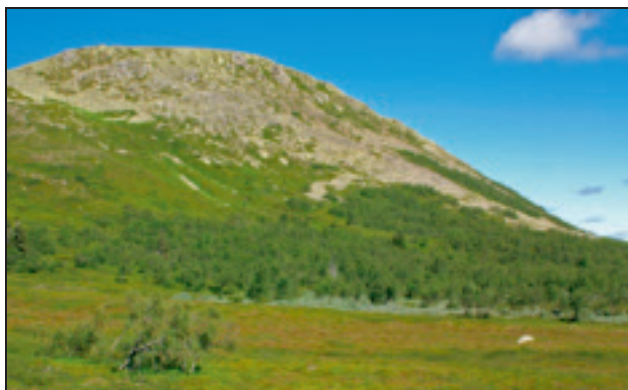
snölegevegetationens) utveckling. På Gettryggen finns även goda möjligheter att initiera andra långsiktiga mätningar och undersökningar, t.ex. marktemperatur på olika höjdnivåer och kvävedeposition. Direkt jämförbara klimatdata (temperatur och nederbörd) från 1900-talets början finns från SMHI Storlien-Visjövalen, 642 m ö.h. (cirka 17 km i NNV).



Figur 21. Gettryggens S- och SO-sluttning, lämpligt objekt för detaljerad övervakning av fjällgränsområde i Jämtlands län. Foto: Leif Kullman, 1997.

Molnet

Molnets lokala postglaciala vegetationsutveckling är känd genom subfossila fynd av tall (> 8000 år BP) (Kullman 2000b, 2004b) uppe på toppplatån. Dokumentation av trädgränsens läge finns från 1915 och framåt tillsammans med fotodokumentation från 1970-talet och framåt (landskapsbilder, trädgränsekotonen) (Kullman 1979, 1981a, 1986, 2000b, 2004b, opublicerade data). Topografin möjliggör framtida trädgränsstigningar (upp till 1192 m ö.h.) och alla trädarter (björk, gran och tall) finns naturligt på plats. Här finns även möjlighet att initiera andra långsiktiga mätningar och undersökningar, t.ex. marktemperatur på olika höjdnivåer, kvävedeposition och andra kärlväxters höjdgrensar. Klimatdata (temperatur och nederbörd) finns från början av 1900-talet från SMHI Särna (35 km SSO), med visst uppehåll av temperaturmätning under delar av 2000.



Figur 22. Molnets SSO-sluttning, lämpligt objekt för detaljerad övervakning av fjällgränsområde i Dalarnas län. Foto: Leif Kullman, 2006-07-21.

CITERAD LITTERATUR

- Alexandersson, H. 2006: Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991-2005 med 1961-1990. SMHI Faktablad, 29: 1-8.
- Billings, W.D. and Mooney, H.A. 1968: The ecology of arctic and alpine plants. *Biological Review*, 43, 481–529.
- Birger, S. 1908: Om Härjedalens vegetation. *Arkiv för botanik*, 7:13. Kungliga Svenska Vetenskapsakademien. Stockholm. 96 sid.
- Eriksson, B. och Alexandersson, H. 1990: Our changing climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 50: 55–64.
- Grabherr, G., Gottfried, M. och Pauli, H. 1994: Climate effects on mountain plants. *Nature*, 369: 448.
- Haukioja, E. och Heino, J. 1974: Birch consumption by reindeer (*Rangifer tarandus*) in Finnish Lapland. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.*, 11: 22–25.
- Holtmeier, F.-K., och Broll, G. 2007. Treeline advance – driving processes and adverse factors. *Landscape Online*, 1: 1-33.
- IPCC 2007a: Climate Change 2007. The physical scientific basis. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC 2007b: Climate Change 2007. Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kilander, S. 1955: Kärlväxternas övre gränser på fjäll i sydvästra Jämtland samt angränsande delar av Härjedalen och Norge. *Acta Phytogeographica Suecica*, 35: 1–198.
- Kjällgren, L. och Kullman, L. 1998: Spatial patterns and structure of the mountain birch tree-limit in the southern Swedish Scandes – a regional perspective. *Geografiska Annaler*, 80A: 1–16.
- Kjällgren, L. och Kullman, L. 2002: Geographical patterns of tree-limits of Norway spruce and Scots pine in the southern Swedish Scandes. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 56: 237–245.
- Kullman, L. 1976: Recent trädgränsdynamik i V. Härjedalen. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 70:107-137.
- Kullman, L. 1979: Change and stability in the altitude of the birch tree-limit in the Southern Swedish Scandes 1915–1975. *Acta Phytogeographica Suecica*, 65:1–121.
- Kullman, L. 1981a: Recent tree-limit dynamics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the southern Swedish Scandes. *Wahlenbergia*, 8:1-67.
- Kullman, L. 1981b: Some aspects of the ecology of the Scandinavian subalpine birch forest belt. *Wahlenbergia*, 7:99-112.
- Kullman, L. 1986: Recent tree-limit history of *Picea abies* in the southern Swedish Scandes. *Canadian Journal of Forest Research*, 16:761-771.
- Kullman, L., 1987: Tree-vigour monitoring by repeat photography in the forest alpine tundra ecotone. *Ambio*. 16: 160–62.
- Kullman, L. 1989a: Cold-induced dieback of montane spruce forest in the Swedish Scandes – a modern analogue of palaeoenvironmental processes. *New Phytologist*, 113:377-389.

- Kullman, L. 1989b. Renbeteseffekter på Sånfjället. – Naturvårdsverket. Rapport 3574.
- Kullman, L. 1994: The Holocene history of a subalpine birch forest enclave: subfossil evidence from Central Sweden, *Geographie Physique et Quaternaire*, 48: 151–156.
- Kullman, L. 1995: Holocene tree-limit and climate history from the Scandes mountains, Sweden. *Ecology*, 76: 2490–2502.
- Kullman, L. 1997: Tree-limit stress and disturbance- a 25-year survey of geological change in the Scandes Mountains of Sweden: Sensitive Biomonitors of Climate Change and variability. *Geografiska Annaler*, 79 A: 3. Sid. 139-165.
- Kullman, L. 1998: Non-analogous tree flora in the Scandes Mountains, Sweden, during the early Holocene – macrofossil evidence of rapid geographic spread and response to palaeoclimate. *Boreas*, 27: 153–161.
- Kullman, L., 2000a: The geoecological history of *Picea abies* in northern Sweden and adjacent parts of Norway. A contrarian hypothesis of postglacial tree immigration patterns. *Geo-Öko*, 21: 141–172.
- Kullman, L. 2000b: Tree-limit rise and recent warming: a geoecological case study from the Swedish Scandes. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 54: 49–59.
- Kullman, L. 2001a: Alpine tree-limits responding to 20th century warming trend in the Swedish Scandes. *World Resource Review*, 13: 473–492.
- Kullman, L. 2001b: 20th century climate warming and tree-limit rise in the southern Scandes of Sweden. *Ambio*, 30: 72–80.
- Kullman, L. 2002: Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes. *Journal of Ecology*, 90: 68–77.
- Kullman, L. 2004a: A face of global warming- “ice birches” and a changing alpine plant cover. *Geoöko*, 25: 181-202.
- Kullman, L. 2004b: Tree-limit landscape evolution at the southern fringe of the Swedish Scandes (Dalarna province) – Holocene and 20th century perspectives. *Fennia* 182: (2) 73-94.
- Kullman, L. 2005a: Mountain taiga of Sweden. In Seppälä, M. (ed.): The Physical Geography of Fennoscandia, 297-324. Oxford University Press, Oxford.
- Kullman, L. 2005b: Trädgränsen i Dalafjällen. Länsstyrelsen Dalarnas län, Miljövårdsenheten. Rapport 2005:10.
- Kullman, L., 2005c: Wind-conditioned 20th century decline of birch treeline vegetation in the Swedish Scandes. *Arctic*, 58: 286-294.
- Kullman, L. 2006a: Transformation of alpine and subalpine vegetation in a potentially warmer future, the Anthropocen era. Tentative projections based on long-term observations and paleovegetation records. *Current Trends in Ecology*, 1: 1-16.
- Kullman, L. 2006b: Botaniska signaler om en ny och varmare fjällvärld. *Fauna och Flora*, 4: 10-21.
- Kullman, L. 2007a: Long-term geobotanical observations of climate change impacts in the Scandes of West-Central Sweden. *Nordic Journal of Botany*, 24: 445-467.

- Kullman, L. 2007b: Tree line population monitoring of *Pinus sylvestris* in the Swedish Scandes, 1973-2005: implications for tree line theory and climate change ecology. *Journal of Ecology*, 95: 41-52.
- Kullman, L. 2007c: Modern climate change and shifting ecological states of the subalpine/alpine landscape in the Swedish Scandes. In press
- Kullman, L. och Kjällgren, L. 2006: Holocene pine tree-line revolution in the Swedish Scandes: Recent tree-line rise and climate change in a long-term perspective. *Boreas*, 35: 159-168.
- Miehe, G. och Miehe, S. 2000: Comparative high mountain research on the treeline ecotone under human influence. *Erdkunde*, 54: 34–50.
- Moberg, A. och Alexandersson, H. 1996: Homogenization of Swedish temperature data. Part II. I: Moberg, A. (red.): Temperature variations in Sweden since the 18th century. Department of Physical Geography, Stockholms universitet. Diss. Series, 5: 1–98.
- Moberg, R. och Holmåsén, I., 1982: Lavar. Interpublishing AB, Stockholm. 240 sid.
- Mossberg, B. och Stenberg, L. 2003: Den nya nordiska floran. Wahlström & Widstrand, Stockholm. 928 sid.
- Oksanen, L. 1992: Renproblemet inom den svenska fjällvärlden i ekologiskt och historiskt perspektiv. WWFs Renbeteskonferens 1992. 36 sid.
- Sælthun, N.R., 1995: Climate change impact on hydrology and cryology. I: Guisan, A., Holten, J.I., Spichiger, R. och Tessier, L. (red.): Potential ecological impacts of climate change in the alps and Fennoscandian mountains. Conservatoire et Jardin botaniques de Genève. Sid. 45–49.
- Samuelsson, G., 1917: Studien über die Vegetation der Hochgebirgsgegenden von Dalarne. *Nova Acta Reg. Soc. Scient. Ups.* Ser. 4, 4:8.
- Smith, H. 1920: Vegetationen och dess utvecklingshistoria i det centralsvenska högfjällsområdet. *Norrländskt Handbibliotek*, 9. 238 sid.
- Smith, H. 1957: En botanisk undersökning av Neans dalgång. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Avhandlingar i Naturskyddsärenden, 16: 1–21.
- SOU 2007: Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Statens Offentliga Utredningar, 2007: 60. Stockholm.
- Warenberg, K. 1977: Vegetation och renbete inom Ottfjällets renfarm. AB Öpe-Tryck. Östersund. 66 sid.
- Wallén, C.C. 1986: Impact of present climate fluctuations in the Northern Hemisphere. *Geografiska Annaler*, 68A: 245–278.
- Wardle, P. 1971: An explanation for alpine timberline. *New Zealand Journal of Botany*, 9: 371–403.
- Webb, R.H., 1992: Rephotography of the 1889-1890 Stanton Expedition. The University of Arizona Press, Tuscon, Arizona. 290 sid.
- Öberg, L. 2002: Trädgränsdynamik i Sånfjällsområdet, Härjedalen. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 3–4: 177–185.

Bilaga 1

TRÄDGRÄNSENS FÖRÄNDRING I JÄMTLANDS LÄN 1915-2007

De undersökta lokalerna i Jämtlands län återfinns inom ett område som sträcker sig från Åreskutan i norr till Sånfjället i söder (Figur 1, Tabell 1). Trädgränsens förändring från åren kring 1915 och fram till idag (2006-2007) redovisas dels lokalvis, dels art för art. Bilagan avslutas med ett förslag till indelning av delområden/lokaler samt omdrevsfrekvens för framtida övervakning av trädgränsen samt förslag på delområde lämpligt för detaljerad övervakning (*monitoring*) av fjällgränsområdet tillsammans med en översiktlig beskrivning av moment som preliminärt bör inkluderas i denna verksamhet.

Figur 1: Karta över området med undersökta lokaler (●) i Jämtlands län. Skala 1: 600 000.



Tabell 1: Undersökta lokaler i Jämtlands län.

JÄMTLANDS LÄN	
DELOMRÅDE	LOKALER
1 Åreskutan	Åreskutan S
2 Snasahögarna	Getryggen O/SO/S/SV
3 Bunnerfjällen	Hårdeggen NV/N
	S Kyrkstensskiftet SO
	Gittjetjarve S
4 Gåsen	Gåsen V
5 Hamrafjället-Skarvarna	Stor-Skarven OSO
	Lill-Skarven SO/SSO
	Hamrafjället O/SO/S/SSO/SSV
6 Brattriet	Brattriet SV/S
7 Sånfjället	Sånfjället SSO/NO/V

Undersökta lokaler

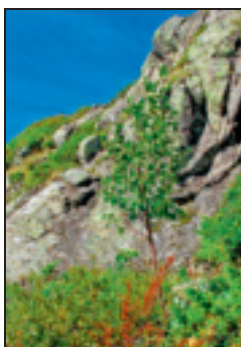
Åreskutan

Åreskutan är ett sedan långt tillbaka i tiden välkänt sydväxtberg och klassisk botanisk mark i de svenska fjällen. Berget har en egenartad geologisk byggnad med mjuka kalkrika bergarter i botten som överlagras av hårdare bergarter (gnejs och amfibolit). Åreskutans lokala klimat präglas av de fuktiga luftmassor som förs in från Atlanten i väster, som resulterar i relativt stora mängder nederbörd, svala somrar och förhållandevis milda vintrar. De lättvittrade bergarterna vid basen bidrar till den stora artrikedomen och till de rikliga förekomsterna av sydiskandinaviska arter i de branta, sydligt exponerade sluttningarna där gran (*Picea abies*) är den dominerande trädarten. Trots hård sentida exploatering finns relativt stora, till synes orörda områden mellan pister och sprängstensgator i de södra, mest exploaterade sluttningarna. I Åredalen är tall (*Pinus sylvestris*) sällsynt, även om enstaka tallar kan finnas nere i dalgången. Ovanför barrskogsgränsen härskar fjällbjörken (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*), med inslag av rönn (*Sorbus aucuparia*) och gråal (*Alnus incana*).

Åreskutan S

Trädgränserna för björk och gran finns idag i Svartbergets sydbrant, rakt under kabinbanan, 1012 respektive 978 m ö.h. (Figur 2). Det betyder att trädgränserna för dessa båda arter stigit med 167 respektive 143 m sedan början av 1900-talet, med de största förändringarna mellan 1915 och 1970-talet. Björkens nutida trädgräns utgörs av en nyetablerad (troligen någon gång under 1970-talet) björk, medan granens trädgräns utgörs av en äldre gran som fanns redan 1915 (< 2 m) och som är samma individ som utgjorde trädgränsen 1975. I Svartbergets sydsluttning, 890 m ö.h., påträffades en enda, 0,7 m hög tall med 19 cm långa årsskott. Trädplantor av björk, gran och tall finns emellertid långt ovanför trädgränsen, vid 1370 m ö.h., endast 50 m från högsta toppen. En invasion av gräs med nyetablering av björkplantor sker nu i typisk snölegevegetation ovanför trädgränsen, där snön förut legat kvar långt in på sommaren.

Åreskutan S (1420 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2007	1012
1975	955
1915	845



Granens trädgräns (m ö.h.)

2007	978
1975	978
1915	835

Figur 2. Åreskutan S. Foto: 2007-08-23.

Snasahögarna

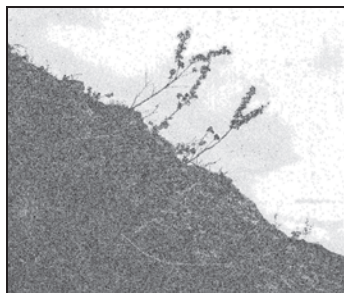
Snasahögarna ligger mellan riksgränsen mot Norge och Vålådalens naturreservat, med Enan på den västra sidan och Handölan på den östra. Det lokala klimatet präglas dels av det oceaniska inslaget västerifrån, dels av det kontinentala klimatet i öster. Berggrunden domineras av amfibolit och gnejs som täcks av relativt finkorniga jordar av glacifluvialt ursprung, morän och torv. På högre nivåer dominerar frostsprängt berg.

Getryggen O/SO/S/SV

Getryggen sträcker sig från drygt 700 m nere vid Handölan upp till 1382 m ö.h. Det subalpina björkbältet är väl utvecklat med viss inblandning av rönn (*Sorbus aucuparia*) och asp (*Populus tremulus*). Enstaka solitärer av gran och tall finns på lägre nivåer. Sluttningarna mot V och SV är torra och branta ovanför 1100 m-nivån. Mot S och SO är de mer omväxlande med *Dryas*-hedar och snölegesamhällen.

Björkens trädgräns har stigit mellan 76 och 130 m, varav de största förändringarna ägt rum i O- och S-sluttningen med 130 respektive 100 m sedan 1915. Trädgränsbjörkarna i O- och SV-sluttningarna är yngre, snabbväxande björkar (Figur 3a-b). Enstaka barrträd finns strax ovanför 800 m-nivån.

Getryggen O (1382 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2003	940
1978	920
1915	810

Getryggen SO (1382 m ö.h.)

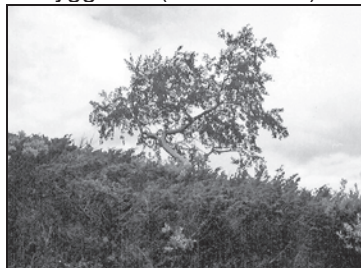


Björkens trädgräns (m ö.h.)

2004	890
1978	890
1915	810

Figur 3a. Getryggen O och S. Foto: Leif Kullman, 2003-07-20 respektive 2004-07-27.

Getryggen S (1382 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2004	935
1978	935
1915	835

Getryggen SV (1382 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2004	930
1978	895
1915	854

Figur 3b. Getryggen S och S V. Foto: Leif Kullman, 2004-07-27 respektive 2003-07-20.

Bunnerfjällen

Bunnerfjällen är belägna i nordvästra delen av Vålådalens naturreservat. Lokalklimatet påverkas av de fuktiga Atlantvindarna från väster. Hårdeggen N och NV (967 m ö.h.) ligger i reservatets norra del medan S Kyrkstensskäftet (1212 m ö.h.) och Gittjetjarve (1010 m ö.h.) är belägna i östra delen. I de norra delarna är tallen endast sparsamt förekommande i trädgränsområdet, där dominerar istället gran och björk.

Hårdeggen NV/N

Hårdeggen är den nordligaste delen av en i nord-sydlig riktning utsträckt fjällrygg, där Laptentjakke i söder är högst med sina 1245 m ö.h. och Hårdeggen (967 m ö.h.) lägst. Hårdeggen NV är starkt vindexponerad och torr i de övre delarna och ganska fuktig på lägre nivåer och i sänkor, med viden (*Salix* spp.), dvärgbjörk (*Betula nana*) och blåbär (*Vaccinium myrtillus*) som karaktärsarter där det är lite fuktigare. Skarpa rishedar och vindblottor karaktäriserar de övre, torra delarna. Floran är relativt artfattig och trädgränserna förhållandevis låga. I den djupt nedskurna ravinen söder om höjdtransekten finns utpräglade

snölegesamhällen med bl.a. *Pohlia wahlenbergii* i de skuggigaste och fuktigaste delarna. Viss invandring av gräs, kruståtel (*Deschampsia flexuosa*) och tuvtåtel (*D. cespitosa*) har ägt rum i snölegorna. Hårdeggens nordsluttning är betydligt brantare, fuktigare och mer snörik än den nordvästra, vilket tydligt illustreras bl.a. av rikliga förekomster av ullvide (*Salix lanata*) och starkt snöpressade björkar. Snön ligger kvar länge i denna nordsluttning och förser vegetationen nedanför med vatten, numera åtminstone under försommaren.

Björkens trädgräns har flyttats uppåt med 64 m i Hårdeggens NV-sluttning sedan 1915 (genotypisk förändring). Granens trädgräns har stigit drygt dubbelt så mycket som björkens (137 m) och utgörs idag av en äldre granklon som sedan 1915 vuxit till sig och nu uppnått trädhöjd. Tallens trädgräns har stigit 10 m mellan 1915 och 2006 (Figur 4a).

I nordsluttningen utgörs björkens trädgräns av en snabbt växande björk som etablerats här nyligen, troligen p.g.a. att snön nu smälter bort tidigare på våren. Tallens trädgräns, som är belägen avsevärt längre ner i sluttningen, 735 m ö.h., är oförändrad sedan 1915. Granens trädgräns har tidigare inte dokumenterats på denna lokal men utgörs idag av en äldre granklon (770 m ö.h.). På bilden av trädgränstallen nedan syns en del av Hårdeggens N-sluttning (Figur 4b).

Hårdeggen NV (967 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)	
2006	919
1975	865
1915	855



Granens trädgräns (m ö.h.)	
2006	887
1975	770
1915	750



Tallens trädgräns (m ö.h.)	
2006	720
1975	715
1915	710

Figur 4a. Hårdeggen NV. Foto: 2007-09-01.

Hårdeggen N (967 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)	
2006	930
1974	925
1915	855

Bild på trädgränsgranen saknas

Granens trädgräns (m ö.h.)	
2006	770
1975	-
1915	-



Tallens trädgräns (m ö.h.)	
2006	735
1975	735
1915	735

Figur 4b: Hårdeggen N. Foto: 2006-06-17.

S Kyrkstensskiftet SO

Södra Kyrkstensskiftets SO är den östligaste av de undersökta lokalerna i Bunnerfjällen. Sluttningen är relativt jämnt och flackt sluttande i trädgränsområdet. Rishedar dominerar med dvärgbjörk och viden i lite fuktigare sänkor. Alla tre trädarterna finns representerade i trädgränsområdet.

Granens trädgräns har stigit ungefär dubbelt så mycket (148 m) som björkens och tallens trädgränser (73 respektive 69 m). Granens avancemang beror huvudsakligen på tillväxt av äldre lågvuxna individ som under lång tid överlevt kärvare förhållanden som krummholz (Figur 5).

S Kyrkstensskiftet SO (1212 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	913
1974	870
1915	840



Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	903
1975	840
1915	755



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	824
1975	800
1915	755

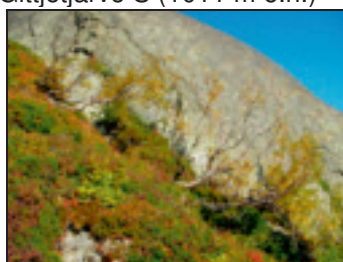
Figur 5. S Kyrkstensskiftet SO. Foto: 2006-09-22.

Gittjetjarve S

Lokalen Gittjetjarve S (tidigare Pt 1011 S) är belägen sydost om södra Kyrkstensskiftet i sluttningen norr om Stensdalsstugorna. Rishedar dominerar i den här torra sluttningen som uppåt avslutas med en klippbrant. Toppen består till stor del av kalt berg med skyddade klippskrevor där enstaka björkar etablerats.

Tallens trädgräns utgörs idag av en yngre snabbt växande individ (+ 33 m sedan 1970-talet), medan den översta trädformiga björken utgörs av äldre individ som tack vare gynnsammare förhållanden nu kunnat växa till sig och därigenom fått trädgränsen att stiga 72 m sedan 1915. Granens trädgräns är oförändrad sedan 1970-talet (Figur 6).

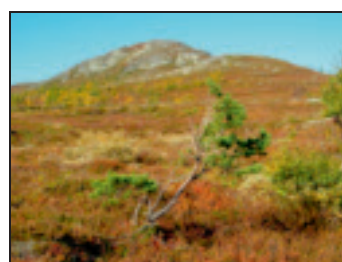
Gittjetjarve S (1011 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)	
2006	962
1974	945
1915	890



Granens trädgräns (m ö.h.)	
2006	895
1975	895
1915	820



Tallens trädgräns (m ö.h.)	
2006	828
1975	795
1915	785

Figur 6. Gittjetjarve S. Foto: 2006-09-22.

Gåsen

Även det 1426 m höga fjället Gåsen är beläget inom Vålådalens naturreservat, i den sydöstra delen. Gåsen har en regelbunden form som nästan liknar en pyramid. Det fasta berget går sällan i dagen, istället syns en lättvittrad skiffermorän med dålig vattenhållande förmåga. Björkbältet som omger fjället är glest och ofullständigt utvecklat och trädgränsen låg. Trädgränsekotonen präglas av småformer som åsar, ryggar och gropar. Skarpa rishedar dominerar där snötäcket är ringa medan frodiga lågörtängar och viden (*Salix* spp.) breder ut sig i svackor med tjockare och mer varaktigt snötäcke. Sluttningen är starkt vindexponerad mellan raviner och sänkor. Vegetationen är relativt artfattig.

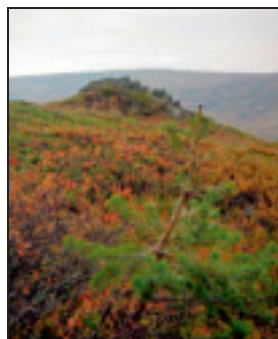
Gåsen V

Fjällbjörken dominerar trädskiktet helt och hållet, och endast en, 0,6 m hög och cirka 15 år gammal tall påträffades i den västra sluttningen, 946 m ö.h. Björkens trädgräns har flyttats upp 3 m sedan 1972 och utgörs idag av en björk som i skydd av ett stenblock på kanten av en ravin lyckats uppnå trädhöjd (Figur 7-8).

Gåsen V (1425m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)	
2006	938
1972	935
1915	910

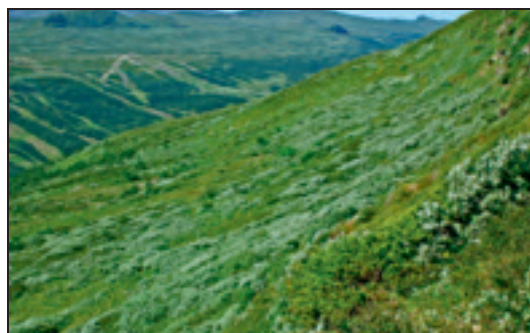


Figur 8. Gåsens (V-sluttningens) enda tall, 946 m ö.h., som sannolikt har skadats av ren. Foto: 2006-09-23.

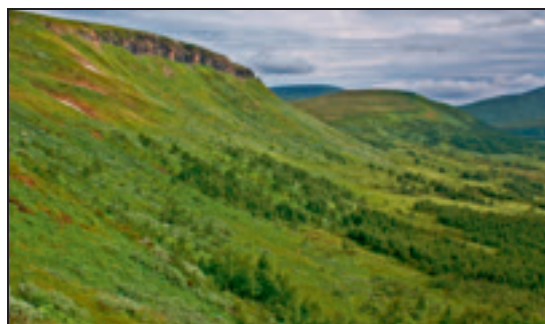
Figur 7. Gåsen V. Foto: 2006-09-23.

Hamrafjället-Skarvarna

Hamrafjället är ett botaniskt rikt sydvästberg med hundratals kärlväxtarter. Högörtängar och rikkärr är vanligt förekommande i en mosaikartad blandning i de sydvända sluttningarna (Figur 9a-b). Skarvarna (Stor- och Lill-Skarven), är belägna nordost om Hamrafjället och Hamrafjällets naturreservat. Liksom på Hamrafjället är florán relativt artrik. Berggrunden består av lättvittrade bergarter och i hela området dominerar finkorniga, näringsrika jordar med god vattenhållande förmåga, vilket avspeglas i vegetationens sammansättning och struktur. Trädgränserna går relativt högt i de sydligt exponerade sluttningarna.



Figur 9a. Hamrafjället SSV, med Tännadalen nedanför. Foto: Leif Kullman, 2006-07-15.



Figur 9b. Hamrafjället SSO med några få, små återstående snölegor. Foto: Leif Kullman, 2006-07-18.

Stor-Skarven OSO

Stor-Skarvens OSO-sluttning, är förhållandevis slät och måttligt sluttande nedanför den översta branten. Granen växer här ofta tillsammans med ull- (*Salix lanata*) eller ripvide (*S. glauca*) och dess trädgräns har stigit med 175 m sedan 1915. Tallens trädgräns utgörs av en relativt nyetablerad (< 30 år) och snabbt växande tall som nu utgör artens nya trädgräns, 90 m högre upp i sluttningen än på 1970-talet. Björkens trädgräns utgörs av en äldre björk (> 30 år) som nu uppnått trädhöjd. Även här reagerade björken starkast på klimatförändringen 1915-1975, medan barrträden uppvisar den största förändringen efter 1975 (Figur 10).

Stor-Skarven OSO



Björkens trädgräns (m ö.h.)	
2006	1010
1975	970
1915	900



Granens trädgräns (m ö.h.)	
2006	1005
1975	885
1915	830



Tallens trädgräns (m ö.h.)	
2006	930
1975	840
1915	820

Figur 10. Stor-Skarven OSO. Foto: 2006-07-17.

Lill-Skarven SO/SSO

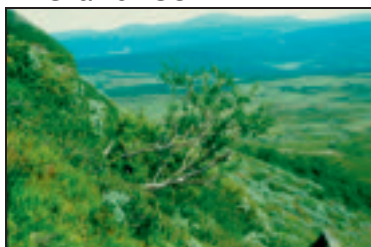
Lill-Skarvens SO- och SSO-sluttningar är relativt fuktiga och liknar i mångt och mycket Stor-Skarvens OSO-sluttning. SO-sluttningen är dock betydligt brantare än SSO-sluttningen. Vegetationen är ängsartad med örter och ormbunkar. Många björkar i sluttningen nedanför trädgränsen har knäckts. Trolig orsak är en eller flera laviner, vilket tyder på att sluttningen ofta är snörik (Figur 11).

I SO-sluttningen har granens trädgräns stigit med 190 m, vilket är den största konstaterade förändringen för gran i denna undersökning, i Jämtlands län. Det träd som utgör granens trädgräns är en äldre individ som i likhet med många andra granar i fjällens trädgränsområden överlevt klimatiskt kärvara perioder som lågvuxna buskar, "krumholz" och på senare tid vuxit till sig (Figur 12a-b). Här finns också en 2,5 m hög hägg, 1075 m ö.h., strax under björkens trädgräns (1080 m ö.h.). Trädformig tall saknas idag i den här delen av sluttningen. Flera yngre, ännu inte trädformiga individ finns idag på nivåer ovanför respektive arts nuvarande trädgräns, vilket innebär att trädgränsen snabbt kan komma att förändras i den här klimatiskt gynnsamma sluttningen, om nuvarande klimatutveckling fortsätter. Nyetableringar kan också förväntas äga rum här. I den flacka och fuktiga SSO-sluttningen saknas trädformig björk helt och barrträden uppträder relativt glest. Trädgränserna för gran och tall har stigit med 120 respektive 115 m sedan 1970-talet. Tallens trädgräns utgörs av en ung tall som vuxit mycket snabbt, 1,5 m, de senaste tio åren.



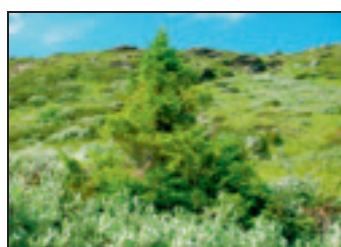
Figur 11. Lill-Skarvens SO-sluttning.
Foto: Leif Kullman, 2006-07-16.

Lill-Skarven SO



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1080
1975	1065
1915	950



Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	1020
1975	855
1915	830

Figur 12a. Lill-Skarven SO. Foto: 2006-07-16.

Lill-Skarven SSO



Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	975
1975	855
1915	-



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	940
1975	825
1915	820

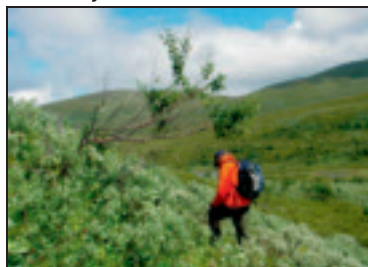
Figur 12b. Lill-Skarven SSO. Foto: 2006-07-16.

Hamrafjället O/SO/S/SSO/SSV

Lokalerna Hamrafjället O, SO och S är belägna i den sydligaste av Småhamrarnas sluttning. Hamrafjället SSO och SSV ligger i Hamrafjällets sluttning. Hamrafjället når upp till 1130 m ö.h., den södra av Småhamrarna till 1070 m ö.h. Tidigare fanns stora snölegor i Hamrafjällets sydvända sluttningar, som låg kvar länge under sommaren och som underhöll vegetationen nedanför med smältvatten. De snöfläckar som under de senaste årtiondena funnits här är för årstiden ovanligt små eller helt bortsmälta och flera av de mindre bäckarna är i det närmaste helt uttorkade.

Björken är den klart dominerande trädarten. Trädformig tall finns endast i SSO-sluttningens trädgränsområde och trädformig gran endast i SSV. De förändringar som ägt rum i Hamrafjällets undersökta sluttningar varierar mellan 50 och 90 m, det gäller även gran och tall. För björk och gran var förändringarna störst mellan 1915 och 1970-talet. Tallen i SSO uppvisar motsatt mönster, med den största förändringen efter 1970-talet. Granens trädgräns är stabil sedan 1970-talet och utgörs idag av samma individ som 1975 (Figur 13a-c). Fjällbjörken har sannolikt missgynnats av de allt tidigare bortsmältande snölegorna.

Hamrafjället O



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	981
1975	975
1915	930

Hamrafjället SO



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1023
1975	1010
1915	955

Hamrafjället S



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1010
1975	1010
1915	940

Figur 13a. Hamrafjället O, SO, S. Foto: 2006-07-18.

Hamrafjället SSO



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1060
1975	1060
1915	970

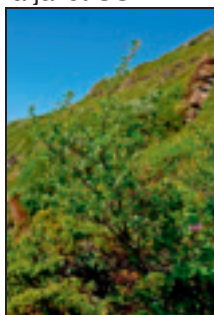


Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	928
1975	870
1915	860

Figur 13b. Hamrafjället SSO. Foto: 2006-07-18.

Hamrafjället SSV



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1082
1975	1085
1915	1030



Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	999
1975	999
1915	935

Figur 13c: Hamrafjället SSV. Foto: 2006-07-15.

Brattriet

Brattriet (1276 m ö.h.) är ett blockrikt fjäll, beläget i nordvästra delen av Rogens naturreservat, ca 15 km sydväst om Funäsdalen. Berggrunden består av hård, svårvittrad kvartsit, vilket medför att det är torrt och näringsfattigt med artfattig flora. Syd- och sydvästsluttningarna är relativt branta och blockrika. Rishedar dominerar mellan blocken, med en skarp typ närmast toppen som gradvis övergår i frisk (framför allt blåbär och kråkbär) med fallande höjd och ökande snödjup.

Brattriet SV/S

Träden går högt upp i S- och SV-sluttningen och björkens trädgräns är de högsta i landet med 1137 m i SV-sluttningen och 1135 m i S-sluttningen. Även tallens trädgräns är här landets högsta med 1044 m i S-sluttningen. Granens trädgräns i S-sluttningen är Jämtlands läns högsta med 1029 m ö.h. och björkens trädgräns har stigit med 190 m sedan 1915 i SV-sluttningen, vilket är den största förändringen som noterats för björk i denna undersökning. Trädformig gran och tall saknas idag i SV-sluttningen. I S-sluttningen har trädgränsen för

björk stigit med 160 m. De trädgränsbildande björkarna är yngre och snabbväxande träd som troligen etablerats under eller strax efter 1970-talet, medan granarna är äldre individ vars tillväxt ökat de senaste decennierna. Den tall som utgör artens trädgräns i S-sluttningen är ett snabbt växande träd som dubblerat sin höjd de senaste tio åren och fått trädgränsen att stiga 124 m sedan 1915. Tallen är ungefär 30 år gammal (Figur 14a-b).

Brattriet SV



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1137
1915	947

Figur 14a. Brattriet SV. Foto: 2006-08-22.

Brattriet S



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1135
1975	1115
1915	975



Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	1029
1975	975
1915	960



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	1044
1975	955
1915	920

Figur 14b. Brattriet S. Foto: 2006-08-22.

Sånfjället

Sånfjället är ett stort, isolerat bergsmassiv, beläget öster om den egentliga fjällkedjan. En del av området blev nationalpark redan 1909 och 80 år senare, 1989, utvidgades skyddet så att hela fjällmassivet nu omfattas tillsammans med en stor del av omgivande, lägre belägen skogsmark. Nyvallen i norr och Nysäteren i väster är naturreservat som gränsar till nationalparken. Berggrunden utgörs huvudsakligen av vemdalskvartsit och floran är artfattig. Blockfält (frostsprängda block och blockrik morän) täcker större delen av kalfjället. Lavrishedar dominerar markvegetationen mellan blocken. Högfjället, strax söder om Sånfjället NO, når upp till 1278 m ö.h., Korpflyet i sydost (Sånfjället SSO) till 1175 m och Gråsidan i väster (Sånfjället V) 1193 m. Sånfjället var tidigare omtalat för sina enastående

lavhedar, huvudsakligen bestående av fönsterlav (*Cladonia stellaris*), snölav (*Cetraria nivalis*) och renlavar (*Cladina rangiferina*, *C. arbuscula*). Idag är Sånfjället överlag betydligt lavfattigare än på 1970-talet och tidigare. Lavhedarnas stora förändring uppmärksammades på 1980-talet (Kullman 1989b; Öberg 2002).

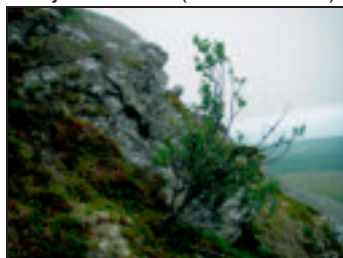
Sånfjället SSO/NO/V

På Korpflyet i sydost (Sånfjället SSO), i den branta, mycket blockrika sluttningen, finns landets näst högsta trädgräns för björk, 1131 m ö.h. (+ 106 m sedan 1915). Tallens trädgräns är oförändrad sedan 1975 och utgörs av samma individ som på 1970-talet. Granens trädgräns däremot har stigit med 125 m genom att en äldre individ nu uppnått 2 m höjd (Figur 15, 16a). På nordsidan, Sånfjället NO, är trädgränsen nästan 100 m lägre (1040 m ö.h.) än i SSO. Granens trädgräns steg 55 m mellan 1915 och 1975, men är oförändrad sedan dess. Tallens trädgräns är i stort sett stabil sedan 1915 (+ 5 m), men enstaka yngre tallar finns i trädgränsområdet och i övre delen av björkskogen. I den västra, vindexponerade och torra sluttningen är björkbältet glest och ofullständigt utbildat. Björkens trädgräns når endast upp till 1013 m ö.h. Att trädgränserna för alla tre arterna höjts här beror på att äldre (etablerade före 1970-talet), tidigare mer eller mindre buskformiga individ nu kunnat växa till sig och uppnå 2 m höjd (Figur 16c).



Figur 15. Korpflyets branta SSO-sluttning (Sånfjället SSO) med björkens trädgräns ungefär vid pilens spets. Foto: Leif Kullman, 2006-07-11.

Sånfjället SSO (1175 m.ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1131
1974	1110
1915	1025



Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	1070
1975	1060
1915	945



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	906
1975	905
1915	845

Figur 16a. Sånfjället SSO. Foto: 2006-07-11.

Sånfjället NO (1278 m ö.h.)



Bild på trädgränsgranen
saknas p.g.a. tät omgivande
trädvegetation

Bild på trädgränsgranen saknas
p.g.a. tät omgivande
trädvegetation

Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1040
1974	980
1915	915

Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	940
1975	940
1915	885

Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	795
1975	795
1915	790

Figur 16b. Sånfjället NO. Foto: 2006-07-12.

Sånfjället V (1193 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1013
1974	995
1915	-



Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	996
1975	990
1915	910



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	955
1975	940
1915	910

Figur 16c. Sånfjället V. Foto: 2006-07-13.

Trädgränsens läge och förändring art för art

Björk (Betula pubescens ssp. tortuosa)

Tabell 2a. Björkens trädgränsförändringar i Jämtlands län 1915-2007. Trädformig björk saknas i trädgränsområdet i Lill-Skarven SSO. Höjdvärden från 1915 saknas för Sånfjället NO och V, värden från 1975 saknas för Brattriet SV.

LOKAL	1915	1975	2007	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Åreskutan S	845	955	1012	110	57	167
Getryggen O	810	920	940	110	20	130
Getryggen SO	810	890	890	80	0	80
Getryggen S	835	935	935	100	0	100
Getryggen SV	854	895	930	41	35	76
Gåsen V	910	935	938	25	3	28
Hårdeggen NV	855	865	919	10	54	64
Hårdeggen N	855	925	930	70	5	75
S Kyrkstensskaftet SO	840	870	913	30	43	73
Gittjetjarve S	890	945	962	55	17	72
Stor-Skarven OSO	900	970	1010	70	40	110
Lill-Skarven SO	950	1065	1080	115	15	130
Lill-Skarven SSO						
Hamrafjället O	930	975	981	45	6	51
Hamrafjället SO	955	1010	1023	55	13	68
Hamrafjället S	940	1010	1010	70	0	70
Hamrafjället SSO	970	1060	1060	90	0	90
Hamrafjället SSV	1030	1085	1082	55	-3	52
Brattriet SV	947		1137			190
Brattriet S	975	1115	1135	140	20	160
Sånfjället SSO	1025	1110	1131	85	21	106
Sånfjället NO	915	980	1040		60	
Sånfjället V		995	1013		18	

Tabell 2b: Medel-, max- och minimivärde för björkens trädgränsförändringar i Jämtlands län 1915-2007 beräknat på värdena i Tabell 1a.

PERIOD	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Medel:	68	19	96
Max:	140 (Brattriet S)	60 (Sånfjället NO)	190 (Brattriet SV)
Min:	0	-3	28

Gran (Picea abies)

Tabell 3a: Granens trädgränsförändringar i Jämtlands län 1915-2007. Trädformig gran saknas i trädgränsområdet på följande lokaler: Gettryggen O, SO, S och SV, Gåsen V, Hamrafjället O, SO, S och SSO samt Brattriet SV. Höjdvärden från 1915 saknas för Lill-Skarven SSO och för Härdeggen N saknas tidigare höjdvärden.

LOKAL	1915	1975	2007	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Åreskutan S	835	978	978	143	0	143
Gettryggen O						
Gettryggen SO						
Gettryggen S						
Gettryggen SV						
Gåsen V						
Härdeggen NV	750	770	887	20	117	137
Härdeggen N			770			
S Kyrkstensskaftet SO	755	840	903	85	63	148
Gittjetjarve S	820	895	895	75	0	75
Stor-Skarven OSO	830	885	1005	55	120	175
Lill-Skarven SO	830	855	1020	25	165	190
Lill-Skarven SSO		855	975		120	
Hamrafjället O						
Hamrafjället SO						
Hamrafjället S						
Hamrafjället SSO						
Hamrafjället SSV	935	999	999	64	0	64
Brattriet SV						
Brattriet S	960	975	1029	15	54	69
Sånfjället SSO	945	1060	1070	115	10	125
Sånfjället NO	885	940	940	55	0	55
Sånfjället V	910	990	996	80	6	86

Tabell 3b: Medel-, max- och minimivärde för granens trädgränsförändringar i Jämtlands län 1915-2007 beräknat på värdena i Tabell 2a.

PERIOD	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Medel:	67	55	115
Max:	143 (Åreskutan S)	165 (Lill-Skarven SO)	190 (Lill-Skarven SO)
Min:	15	0	55

Tall (Pinus sylvestris)

Tabell 4a: Tallens trädgränsförändringar i Jämtlands län 1915-2007. Trädformig tall saknas i dag i trädgränsområdet på följande lokaler: Åreskutan S, Getryggen O, SO, S och SV, Gåsen V, Lill-Skarven SO, Hamrafjället O, SO, S och SSV samt Brattriet SV. Höjdvärden från 1915 saknas för Hårdeggen N.

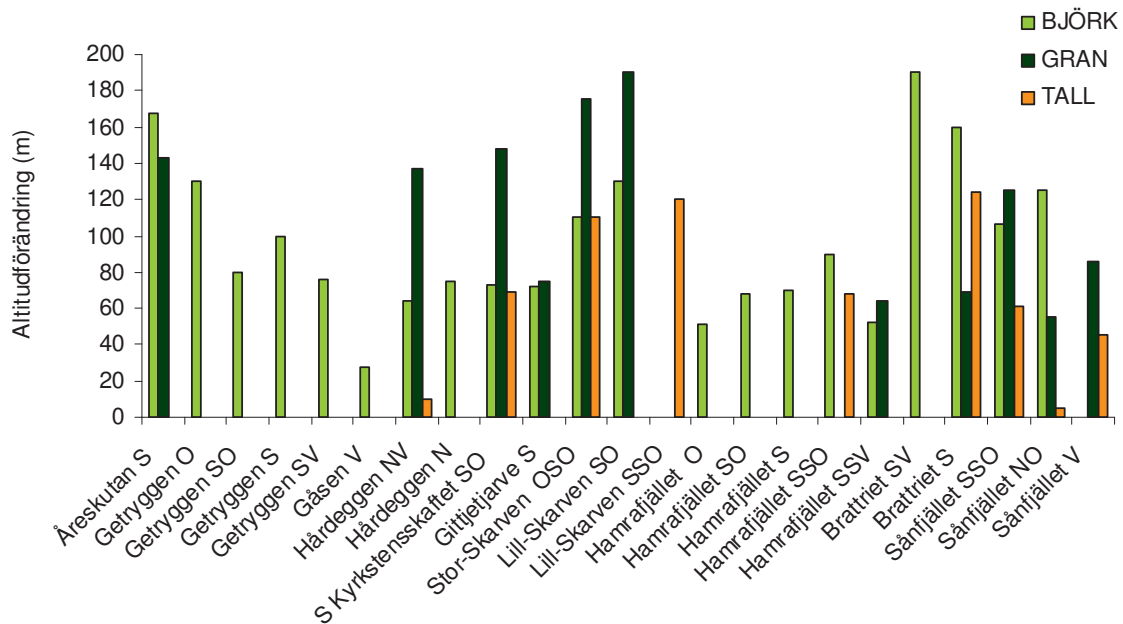
LOKAL	1915	1975	2007	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Åreskutan S						
Getryggen O						
Getryggen SO						
Getryggen S						
Getryggen SV						
Gåsen V						
Hårdeggen NV	710	715	720	5	5	10
Hårdeggen N		735	735		0	
S Kyrkstensskaftet SO	755	800	824	45	24	69
Gittjetjarve S	785	795	828		38	
Stor-Skarven OSO	820	840	930	20	90	110
Lill-Skarven SO	820	825		5		
Lill-Skarven SSO	820	825	940	5	115	120
Hamrafjället O						
Hamrafjället SO						
Hamrafjället S						
Hamrafjället SSO	860	870	928	10	58	68
Hamrafjället SSV						
Brattriet SV						
Brattriet S	920	955	1044	35	89	124
Sånfjället SSO	845	905	906	60	1	61
Sånfjället NO	790	795	795	5	0	5
Sånfjället V	910	940	955	30	15	45

Tabell 4b: Medel-, max- och minimivärde för tallens trädgränsförändringar i Jämtlands län 1915-2007 beräknat på värdena i Tabell 3a.

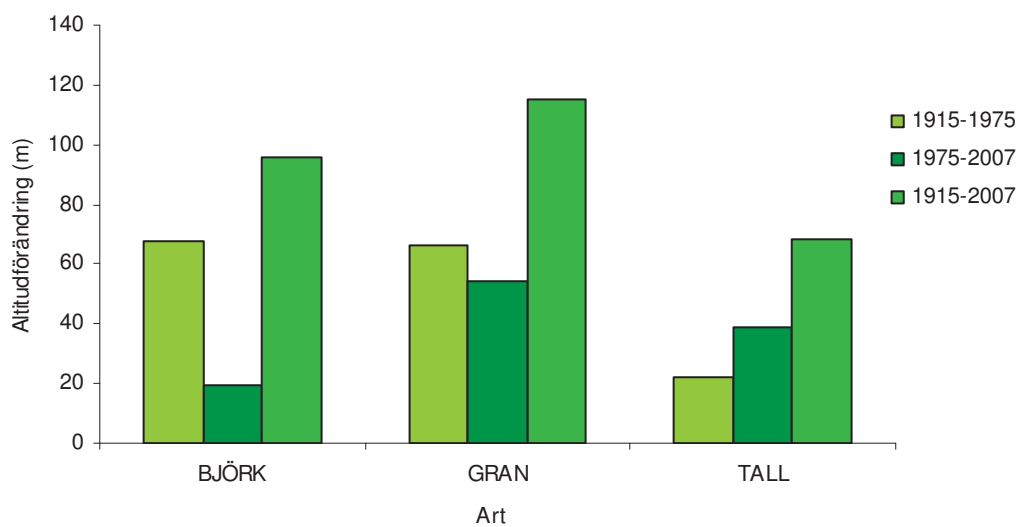
PERIOD	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Medel:	22	39	68
Max:	60 (Sånfjället SSO)	115 (Lill-Skarven SSO)	124 (Brattriet S)
Min:	5	0	5

Sammanfattning av trädgränsens förändring i Jämtlands län

Trädgränserna har stigit för alla arter, i alla delområden och på alla lokaler under perioden 1915-2007. Granens trädgräns har stigit mest med 117 m/lokal (medelvärde), björkens trädgräns har stigit 96 m och tallens 58 m/lokal. Största enskilda uppmätta trädgränsförändring är 190 m för björk på Brattriet (SV) och för gran på Lill-Skarven (SO). Tallens maximala trädgränshöjning är 124 m på Brattriet (S). De största trädgränsförändringarna för björk och gran ägde rum mellan 1915 och 1975 medan tallens trädgräns förändrades mest 1975-2007 (Tabell 2-4ab, Figur 17 och 18).



Figur 17. Trädgränsens totala altitudförändring för respektive art på varje enskild lokal i Jämtlands län 1915-2007, beräknat på medelvärde/lokal (m).



Figur 18. Trädgränsernas totala altitudförändring för respektive art i Jämtlands län 1915-1975, 1975-2007 samt 1915-2007, beräknat på medelvärde/lokal (m).

Framtida övervakning

Trädgränsen

Ett förslag till indelning av delområden och lokaler i tre grupper per län för framtida övervakning av trädgränsen illustreras i Tabell 4. Beräknad tidsåtgång i fält är 4-6 dagar/år.

Tabell 5. Preliminär indelning av delområden och lokaler samt beräknad tidsåtgång i fält för framtida övervakning av trädgränsen i Jämtlands län.

JÄMTLANDS LÄN					
GRUPP	DELOMRÅDE	LOKALER	DAGAR	S:A DAGAR	STARTÅR
1	Brattriet-Sånfjället	Brattriet SV/O	1	4	2008
		Sånfjället S/SSO/NNO/V	3		
2	Hamrafjället-Skarvarna	Stor-Skarven OSO	1	4	2009
		Lill-Skarven SO/SSO	1		
		Hamrafjället O/SO/S/SSO/SSV	2		
3	Åreskutan	Åreskutan S	1	6	2010
	Snasahögarna	Getryggen* O/SO/S/SV	1		
	Gåsen	Gåsen V	1		
	Bunnerfjällen	Hårdeggen NV/N	2		
		S Kyrkstensskiftet SO	1		
		Gittjetjarve S	1		

* När den detaljerade övervakningen nedan etablerats kan trädgränsövervakningen kombineras med denna.

En detaljerad metodbeskrivning för övervakning av trädgränsen ges i Bilaga 3.

Fjällgränsområdet – detaljerad övervakning (monitoring) av klimatets ekologiska effekter på ekosystemet

Som komplement till den regionala trädgränsövervakningen behövs ett för regionen karaktäristiskt och väldokumenterat område, lämpligt för utökad och mer detaljerad övervakning (*monitoring*). För Jämtlands län föreslås Getryggen som särskilt lämplig i detta avseende då den i alla aspekter och med alla skikt i vegetationen väl representerar området och är synnerligen väl dokumenterad. Avsikten här är att öka förståelsen för de ekologiska mekanismerna bakom den landskapsekologiska dynamiken genom täta observationer på individ- och populationsnivå.

Övervakningsprogrammet föreslås preliminärt inkludera följande moment att utföras längs höjdgradienter från subalpin björkskog till mellanalpin zon:

1. Etablering och analyser utifrån kvantitativa metoder av fasta provytor i olika typer av växtsamhällen
2. Marktemperaturregistreringar ("tiny tags")
3. Upprepad fotografering på individ- och landskapsnivå
4. Förändring av kärlväxters höjdgränser, baserat på historiska utbredningsdata från 1950-talet
5. Fenologiska observationer som lövsprickning-lövfällning och snöfläcksvariationer tillsammans med fotografering från fixa punkter av sluttningen vid bestämda tidpunkter under vinter och vår
6. Grobarhetstester genom årlig insamling av frön från fjällbjörk
7. Experimentella studier genom etablering av trädplantspopulationer

Beräknad tidsåtgång: cirka 3 veckors fältarbete årligen under de första två åren, därefter cirka två veckor årligen.

Bilaga 2

TRÄDGRÄNSENS FÖRÄNDRING I DALARNAS LÄN 1915-2007

De undersökta lokalerna i Dalarnas län återfinns inom ett område som sträcker sig från Slagufjället i norr till Transtrandsfjällen med Gammalsätersfjället längst i söder (Figur 1, Tabell 1). Trädgränsens förändring från åren kring 1915 och fram till idag (2006-2007) redovisas dels lokalvis, dels art för art. Bilagan avslutas med ett förslag till indelning av delområden/lokaler samt omdrevsfrekvens för framtida övervakning av trädgränsen samt förslag på delområde lämpligt för detaljerad övervakning (*monitoring*) av fjällgränsområdet tillsammans med en översiktlig beskrivning av moment som preliminärt bör inkluderas i denna verksamhet. Resultaten från de ^{14}C -dateringar som gjorts på subfossila vedrester från äldre grankloner i Härjehåga och Stådjan V redovisas näst sist i bilagan.



Figur 1. Karta över området med undersökta lokaler (●) i Dalarnas län. Skala 1:500 000.

Tabell 1: Undersökta lokaler i Dalarnas län.

DALARNAS LÄN		
DELOMRÅDE		LOKALER
1	Slagufjället	Slagufjället N/S
2	Storvätteshågna	Storvätteshågna S
3	Ö Barfredhågna	Ö Barfredhågna S
4	Härjehågna	Härjehågna OSO
5	Nipfjället-Städjan	Molnet SSO
		Nipfjället SV/S/OSO
		Städjan SV/O
6	Fulufjället	Fulufjället SO
7	Transtrandsfjällen	Köarskärsfjället SSV
		Storfjället NV
		Gammalsätersfjället OSO

Undersökta lokaler

Slagufjället

Slagufjället (1129 m ö.h.) ligger i nordligaste delen av Dalarna, i Långfjällets naturreservat, som i norr gränsar till Rogens naturreservat i Härjedalen. I likhet med omgivande landskap är Slagufjället både sten- och blockrikt, men är trots detta ett av Dalarnas mest växtrika fjäll. Det gäller framför allt i de mot öster vettande branterna. Området kring Slagufjället är en del av Nya Idre samebys vårbetesland och själva topplatån är tydligt påverkad av ren.

Slagufjället N/S

I den något fuktigare nordsluttningen, har björkens trädgräns stigit 110 m genom en relativt nyetablerad björk (genotypisk trädgränsförändring) (Figur 2a). På sydsidan har björkens trädgräns stigit genom vitalisering och tillväxt av äldre individ (Figur 2b). I nordsluttningens övre delar saknas, med ett undantag, barrträd. En knappt 0,5 m hög tall påträffades vid 973 m ö.h. I sydsluttningen däremot, finns en nyetablerad (drygt 30 år gammal) trädformig tall vid 1005 m ö.h. Granens trädgräns har stigit 47 m och är belägen under både björk och tall, vid 942 m ö.h. Tallens trädgräns har stigit mest (150 m) av trädarterna i den torra sydsluttningen, där björkens trädgräns stigit 82 m sedan 1915.

Slagufjället N (1129 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2007	984
1975	-
1915	874

Figur 2a. Slagufjället N. Foto: 2007-07-11.

Slagufjället S (1129 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)	
2007	1052
1978	990
1915	970



Granens trädgräns (m ö.h.)	
2007	942
1978	895
1915	895



Tallens trädgräns (m ö.h.)	
2007	1005
1978	935
1915	855

Figur 2b. Slagufjället S. Foto: 2007-07-11.

Storvätteshågna

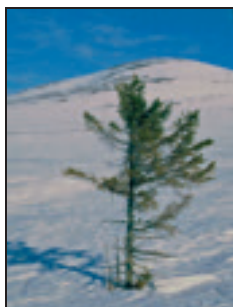
Storvätteshågna är beläget i Långfjällets naturreservat som är ett av landets största. Berggrunden domineras av flackt liggande sparagmiter och vemdalskvartsit. Dessa är anledningen såväl till Långfjällsområdets artfattiga flora som till dess mjuka former och den flacka välvningen som är så karaktäristisk för området. Storvätteshågna är med sina 1204 m ö.h. både Långfjällets och Dalarnas högsta fjäll och höjer sig markant över det i övrigt relativt flacka området.

Storvätteshågna S

I Storvätteshågnas sydsluttning finns en smal bård av björkskog längs Foskåns dal upp mot yttre Fosksjön. Skogen är gles och parkartad med relativt gamla träd. Markvegetationen är gräs- och örtrik. Ovanför Foskåravinen finns ett glest, nyetablerat bälte med unga, cirka 4-5 m höga tallar. Högre upp i sluttningen, mellan 900 och 1000 m ö.h., dominerar rishedar med kråkbär och ljung. Lokalt finns fuktigare stråk med låga torvtuvor med hjortron, dvärgbjörk mm. Tallen är bunden till de tidigast utsmälta rishedarna. Gran saknas nästan helt och björken är extremt ovanlig, bortsett från själva Foskåravinen.

Björkens trädgräns är oförändrad sedan 1915 (Figur 3). Trädgränserna för gran och tall har däremot stigit med 70 respektive 140 m under samma period. Den trädgränsbildande granen och tallen är båda äldre individer som troligen fanns här på 1970-talet, men som då inte uppnådde trädhöjd (Figur 3).

Storvätteshågna S (1204 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2003	875
1975	875
1915	875

Granens trädgräns (m ö.h.)

2003	900
1975	900
1915	830

Tallens trädgräns (m ö.h.)

2003	975
1915	835

Figur 3. Storvätteshågna S. Foto: Leif Kullman, björk 2003-08-23, gran 2003-03-24, tall 2003-08-23.

Ö Barfredhågna

Ö Barfredhågna är liksom Storvätteshågna beläget i Långfjällets naturreservat. Berggrunden domineras även här av flackt liggande sparagmiter och vemdalskvartsit., som är anledningen både till områdets artfattiga flora och till de mjuka former och flacka välvning som är så karaktäristisk för området. Barfredhågna består av två toppar varav den sydligaste och östligaste, Ö Barfredhågna, är högst och når upp till 1022 m ö.h.

Ö Barfredhågna S

Sydsluttningen som är fjällets brantaste, är torr och relativt jämn med en del block i den övre branten (Figur 4). Rishedar dominerar mellan block och blockfält, med ljung (*Calluna vulgarisk*) och kråkbär (*Empetrum hermaphroditum*) på de torraste och mest exponerade partierna och med blåbär (*Vaccinium myrtillus*) och dvärgbjörk (*Betula nana*) i lite mer skyddade partier med tjockare snötäcke vintertid. Här fanns förr en stor snöfläck som låg kvar långt in på sommaren, men som nu smälter bort betydligt tidigare.

Tallens trädgräns har stigit mest (68 m) sedan 1915, tätt följd av granen (53 m) (Figur 5). Den björk som utgjorde trädgränsen på 1970-talet har dött, men trädgränsen har ändå stigit genom en närbelägen björk, 1 m högre upp i sluttningen, nu uppnått trädhöjd (≥ 2 m). Björkens trädgräns har endast stigit 1 m. Björkarna är genomgående i dåligt skick och ser ut att må dåligt. Äldre döende träd dominerar. Den enda konstaterade föryngringen av björk var i en upptorkande snölega med blåbär. Yngre och lågvuxna granar ser också ut att ha det ganska svårt, medan större, väletablerade granar klarar sig bättre. Det är genom vitalisering och tillväxt av dessa äldre, tidigare lågvuxna granar som granens trädgräns stigit i den här torra sluttningen (Figur 5). Tallen håller på att invadera hela topplatån. Från sydsluttningens övre delar och ända upp mot toppröset finns en gles matta av vitala småtallar, med upp till 2 dm långa årsskott.



Figur 4: Ö Barfredhågnas sydsluttning (Ö Barfredhåгна S) med en contortatall i förgrunden.
Foto: 2007-07-13.

Ö Barfredhåгна S (1022 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2007	922
1975	921
1915	921



Granens trädgräns (m ö.h.)

2007	978
1975	955
1915	925



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2007	943
1975	890
1915	875

Figur 5: Ö Barfredhåгна S. Foto: 2007-07-13.

Härjehåгна OSO

Härjehåгна, som är beläget i skollranden, i kanten mellan kvartsitberggrunden och den underliggande sandstenen där det finns spår av kalk, är ett oväntat rikt fjäll. Härjehåгна ligger i den allra västligaste delen av Dalarna, i Drevfjällens naturreservat, och toppen ligger mitt i riksgränsen mellan Sverige och Norge. Med sina 1185 m ö.h. är det Dalarnas näst högsta berg.

Svällande lavmattor mellan blockfälten i fjällets övre delar, örtrika fjällängar och videsnår med ibland meterhöga stormhattar karaktäriserar den här delen av fjället, där granen är det dominerande av träden. Mängder med styvstarrplantor (*Carex bigelowii*) finns insprängda lite här och var, även i de tjocka lavmattorna. Viden och dvärgbjörk kantar småbäckarna upp till granens nutida trädgräns, som utgör den högsta trädgränsen i sluttningen. Här finns omfattande blåbärssnölegor och små ängspartier med skogsnäva (*Geranium sylvaticum*),

(*Silene dioica*), smörblomma (*Ranunculus acris*) och gråviden (*Salix* spp.) i OSO-sluttningen. Träden är tydligt knutna till fuktstråken. Inga snöfläckar fanns kvar på någon nivå i denna sluttning vid tidpunkten för besöket (2007-07-12).

Granens trädgräns har stigit med 185 m sedan 1915, tallens trädgräns med 105 m (genotypiskt) och björkens med 37 m. Den trädgränsbildande granen fanns sannolikt här på 1970-talet (< 2 m), men inte i början av 1900-talet (Figur 6). Björkens trädgräns utgörs idag av en 4 m hög tvåstammig individ som även utgjorde trädgränsen 1977 (Figur 6). Något egentligt björkbälte finns inte i denna sluttning, förutom enstaka björkar och mindre grupper av träd. Björkförnyringen är obetydlig i trädgränszonen. En del fröspridda granar finns, men tallen är den trädart som står för de flesta nyetableringar. Granarna har vitaliserats under senare år, med tät barrmassa och långa årsskott. Björkarnas bladverk är ganska glest även om de tycks må förhållandevis bra här i denna relativt fuktiga sluttning.

Subfossila vedrester har insamlats från marken under tre av de dokumenterade äldre granarna i Härjehågnas OSO-sluttning för åldersbestämning genom ^{14}C -datering (se Tabell 5 samt kapitlet ” ^{14}C -datering av äldre grankloner i Dalafjällen” i huvudrapporten).

Härjehågna OSO (1185 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2007	997
1977	995
1915	960



Granens trädgräns (m ö.h.)

2007	1050
1977	985
1915	865



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2007	955
1977	925
1915	850

Figur 6. Härjehågna OSO. Foto: 2007-07-12.

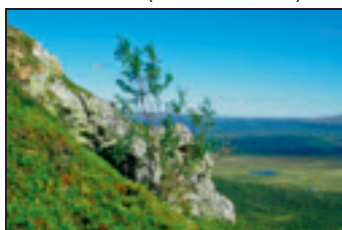
Nipfjället-Städjan

Berggrunden i Nipfjällsområdet (1104 m ö.h.) domineras av hård och svårvittrad kvartsit vilket får till följd att blockrikedomen är stor och artrikedomen liten. Fältskiktet i Nipfjällets och Molnets sydvända sluttningar domineras av blåbär, kråkbär och kruståtel (*Deschampsia flexuosa*). Städjan (1191 m ö.h.) ligger strax söder om Nipfjället. En hård hätta av kvartsit skyddar de underliggande mjuka och lättvittrade skiffrar, som lokalt ger upphov till något mer finkornig och näringsrik jord.

Nipfjället-Molnet

Största trädgränsförändringarna har ägt rum i Molnet SSO, 119 respektive 128 m för björk och tall. Björken är ung och spenslig och har vuxit ganska fort, liksom björken i Nipfjället SV under senare år. Trädformig tall saknas helt i trädgränsområdet i Nipfjällets S-sluttning (Figur 7a-d). En påtaglig igenväxning av unga (0,5-1 m höga) björkar pågår i S- och SV-sluttningarna, strax under dagens trädgräns (Figur 15 i huvudrapporten).

Molnet SSO (1192 m ö.h.)



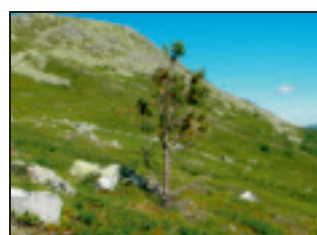
Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1094
1975	1070
1915	975



Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	1005
1975	975
1915	975

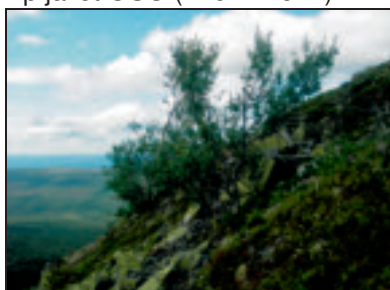


Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	1003
1975	980
1915	875

Figur 7a. Molnet SSO. Foto: 2006-07-19.

Nipfjället OSO (1104 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1016
1975	1000
1915	-

Bild av trädgränsgranen saknas p.g.a. tät omgivande trädvegetation



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	945
1975	905
1915	905

Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	965
1975	965
1915	940

Figur 7b. Nipfjället OSO. Foto: 2006-07-21.

Nipfjället S (1104 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1007
1975	980
1915	960

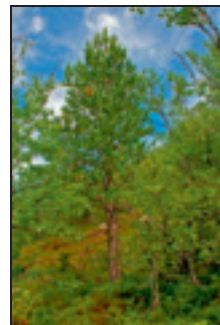
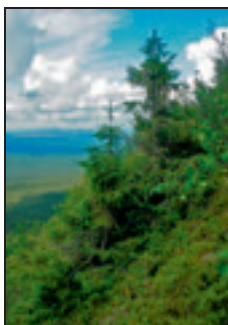
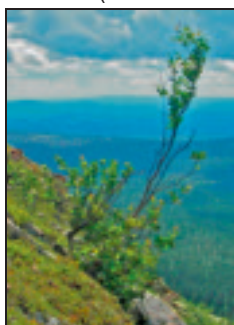


Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	990
1975	985
1915	975

Figur 7c. Nipfjället S. Foto: 2006-07-21.

Nipfjället SV (1104 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	1033
1975	995
1915	900

Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	1006
1975	980
1915	960

Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	946
1975	920
1915	900

Figur 7d. Nipfjället SV. Foto: 2006-07-21.

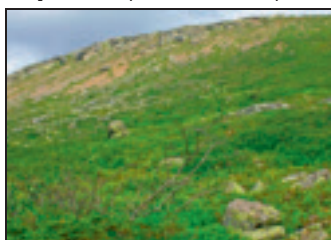
Städjan

Städjan SV är en torr sluttning som saknar egentligt björkbälte. Vindexponerade partier domineras av ljung och kråkris, medan fältskiktet i skyddade lägen huvudsakligen utgörs av blåbär och dvärgbjörk. Städjan O, som är belägen norr om Städjans högsta topp (1131m ö.h.) (öster om Nipfjället 1104 m), är betydligt fuktigare än Städjan SV och karaktäriseras av stora blåbärssnölegor. Nedanför finns stora gråvidesnår. Kring dagens trädgräns dominerar rishedar med kråkbär och blåbär i småkullig terräng. Antydningar till björkbälte finns, men det är väldigt smalt.

I Städjan SV finns landets högsta trädgräns för gran, 1115 m ö.h. (Figur 8a). De få björkar som finns i trädgränsområdet är i dålig kondition och trädgränsen för björk är förhållandevis låg (964 m ö.h.) i den mycket torra sluttningen. Ovanför platån (cirka 700-800 m ö.h.) finns gott om unga tallplantor (0,2-1,0 m). Alla är vitala och har ovanligt långa årsskott. Björkplantorna lyser helt med sin frånvaro och endast ett fåtal granplantor har påträffats. I Städjan O är det tallens trädgräns som förändrats mest, 110 m jämfört med 30 respektive 65 m för björk och tall. Här, liksom på Städjan SV har de största förändringarna skett efter 1975 för alla tre arterna (Figur 8b).

Subfossila vedrester samt en kotte har insamlats från marken under en av de dokumenterade äldre granklonerna, 907 m ö.h. i SV-sluttningen, för åldersbestämning genom ^{14}C -datering (se Tabell 5 samt kapitlet ” ^{14}C -datering av äldre grankloner i Dalafjällen” i huvudrapporten).

Städjan SV (1131 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2007	964
1974	905
1915	905



Granens trädgräns (m ö.h.)

2007	1115
1975	1040
1915	980

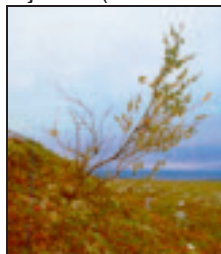


Tallens trädgräns (m ö.h.)

2007	1043
1975	895
1915	865

Figur 8a: Städjan SV. Foto: 2007-07-14.

Städjan O (1020/1131 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2005	985
1975	960
1915	955



Granens trädgräns (m ö.h.)

2005	970
1975	930
1915	905



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2005	975
1975	865
1915	865

Figur 8b: Städjan O. Foto: Leif Kullman, 2005-09-05, 2006-04-29.

Fulufjället

Fulufjällets nationalpark bildades 2002 och omfattar totalt 385 km². Fulufjället (1039 m ö.h.) har karaktären av en mjukt böljande högfjällsplatå (cirka 900-1040 m ö.h.) med branta, skogklädda sidor. Berggrunden utgörs av huvudsakligen svårvittrad och näringsfattig dalasandsten med inslag av diabas som lokalt ger upphov till stora blockhav. I den här nordöstra delen av Fulufjället dominerar tallen fjällets lägre nivåer medan granens betydelse ökar i de brantare partierna upp mot fjällkanten. Ett fragmentariskt, cirka 50-75 m brett bälte av lågvuxen, flerstammig fjällbjörk gränsar mot kalvfjället. Uppe på platån, där nederbörden är förhållandevis hög och det kontinentala klimatet något mindre extremt, präglas markvegetationen av iögonenfallande svällande lavmattor, främst allt fönsterlav (*Cladina stellaris*), med visst inslag av ljung, kråkbär och dvärgbjörk. Fulufjället är i det närmaste opåverkat av tamrenskötsel. Floran är artfattig.

Tallen står för den största förändringen, 143 m, sedan 1915, granens trädgräns har stigit 110 m och björkens 74 m (Figur 9). Trädformig björk växer nu uppe på Rörsjöhön, 944 m ö.h., tallens trädgräns finns några få meter nedanför, 938 m ö.h. och granens trädgräns strax nedanför tallens, vid 930 m ö.h. (Figur 9).

Fulufjället SO (1039 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2006	944
1974	910
1915	870



Granens trädgräns (m ö.h.)

2006	930
1974	930
1915	820



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2006	938
1974	870
1915	795

Figur 9. Fulufjället SO. Foto: 2006-07-20, 2004-08-12 (Leif Kullman), 2006-07-20.

Transtrandsfjällen

Transtrandsfjällen är det sydligaste av de undersökta områdena och det har betraktats som vårt lands sydligaste fjällområde, även om Linné benämnde dem som berg. De är utpräglade lågfjäll som saknar de nordliga fjällens karaktärsdrag. Bergrunden utgörs huvudsakligen av flackt liggande dalasandsten, vilken är anledningen till de flacka, välvda former som dominerar i området och som bildar dessa säregna höglätter. De karaktäristiska ytformerna beror också på att området ligger utanför det som underkastats bergskedjeveckningen, den egentliga fjällkedjan (Skanderna). Transtrandsfjällen hör till de yngsta fjällbildningarna, d.v.s. de som blivit kalfjäll på senare tid, vilket avspeglas i vegetationen. Endast ett fåtal egentliga fjällväxter förekommer bl.a. styvstarr och ripbär (*Arctostaphylos alpinus*). I likhet med Fulufjället är Transtrandsfjällen i det närmste opåverkade av tamrenskötsel.

Köarskärsfjället SSV

Köarskärsfjället har ett bälte med glesa bestånd av gamla tallar och granar samt en hel del björk. Björken anrikas i de snörika och därmed något fuktigare svackorna. Högre upp är granen dominerande, ofta toppbrutna av snö, vilket också gäller förekommande tallar. Övergången mellan skog och fjäll är mycket diffus ("skogstundra"). Fjällhedarna intas av ljung i fuktigare svackor och av kråkbär i torrare och mer exponerade partier.

Trädformig björk växer idag uppe på toppen av Köarskärsfjället (875 m ö.h.), gran och tall strax nedanför, vid 872 respektive 873 m ö.h. (Figur 10). Här har de största förändringarna ägt rum efter 1975. Björkens och granens trädgränser var oförändrade mellan 1915 och 1975, då tallens trädgräns flyttades upp med 20 m. Tallens trädgräns har stigit mest, totalt 83 m (genotypiskt), jämfört med 20 respektive 17 m för björk och gran (Figur 10).

Köarskärsfjället SSV (875 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2007	875
1974	855
1915	855

Granens trädgräns (m ö.h.)

2007	872
1974	855
1915	855

Tallens trädgräns (m ö.h.)

2007	873
1974	814
1915	790

Figur 10. Köarskärsfjället SSV. Foto: 2007-10-04.

Storfjället NV

Topplatån (890-895 m ö.h.) är ett märkligt hedlandskap med hög frekvens av 2-4 m höga granar. Inga trädformiga granar fanns här 1972, många existerade dock som lågvuxna krummholz både 1915 och 1972. Här finns en viss fröföryngring av 0,1-0,2 m höga granar. Granarna har överlag mycket långa årsskott och ser välmående ut. Enstaka unga, vitala tallar med långa årsskott finns inom hela toppområdet samt dessutom en relativt tät tallföryngring. Ett fåtal björkar finns i området på och kring topplatån varav vissa är döda eller i dålig kondition. Vegetationen utgörs av ett slags fuktig, mosaikartad lavrished med kråkbär och *Cladonia* sp. i torrare, exponerade partier samt kruståtel, styvstarr och stagg (*Nardus stricta*) i grunda svackor. Fläckar med ljung och dvärgbjörk finns här och var i skyddade lägen.

Björkens trädgräns har förändrats minst av alla, 64 m. I synnerhet granens trädgräns har stigit anmärkningsvärt mycket, 104 m, genom en solitär äldre gran vars tillväxt ökat de senaste decennierna. Tallens trädgräns har stigit mest, sett till antalet höjdmeter (130 m). Samtliga tre arters trädgränser återfinns nu uppe på Storfjällets topplatå (Figur 11) och trädgränserna kan följaktligen inte stiga mer här.

Storfjället NV (924 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2007	924
1973	900
1915	860

Granens trädgräns (m ö.h.)

2007	924
1973	875
1915	820

Tallens trädgräns (m ö.h.)

2007	920
1973	855
1915	790

Figur 11. Storfjället NV. Foto: 2007-07-10.

Gammalsätersfjället OSO

Gammalsätersfjällets högsta delar utgörs av en starkt vindpåverkad bergsplatå (högsta punkten 871 m ö.h.). Barrträden dominerar men enstaka björkar förekommer. Endast ett fåtal fjällväxter påträffades. Hela topplatån är glest översållad med döda-halvdöda tallar (2-3 m), vilket troligen är en effekt av de kalla, blåsiga och snöfattiga vintrarna i slutet av 1980-talet.

Trädgränserna har höjts för alla tre arterna och endast fem meter återstår innan tallens trädgräns når Gammalsätersfjällets topp (Figur 12). En 1,3 m hög tall med 7 cm långa årsskott finns redan nära toppröset. Ett flertal tallplantor (0,2-0,4 m) påträffades strax under toppen (cirka 870-865 m ö.h.). Tallens trädgräns har flyttats upp mest, 86 m totalt genom nyetablering, medan trädgränserna för björk och gran har stigit med 30 respektive 34 m (Figur 12).

Gammalsätersfjället OSO (971 m ö.h.)



Björkens trädgräns (m ö.h.)

2007	865
1972	855
1915	835



Granens trädgräns (m ö.h.)

2007	859
1972	860
1915	825



Tallens trädgräns (m ö.h.)

2007	866
1972	800
1915	780

Figur 12. Gammalsätersfjället OSO. Foto: 2007-07-15.

Trädgränsens läge och förändring art för art

Fjällbjörk (Betula pubescens ssp. tortuosa)

Tabell 2a: Björkens trädgräns (altitud i m ö.h. respektive altitudförändring i m) i Dalarnas län 1915-2007. Höjdvärden från 1915 saknas för Nipfjället OSO och SV. Höjdvärden från 1970-talet saknas för Slagufjället N och Storvätteshågna S.

LOKAL	1915	1975	2007	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Slagufjället S	970	990	1052	20	62	82
Slagufjället N	874		984			110
Storvätteshågna S	875		875			0
Ö Barfredhågna S	921	921	922	0	1	1
Härjehågna OSO	960	995	997	35	2	37
Molnet SSO	975	1070	1094	95	24	119
Nipfjället OSO		1000	1016		16	
Nipfjället S	960	980	1007	20	27	47
Nipfjället SV		995	1033		38	
Städjan SV	905	905	964	0	59	59
Städjan O	955	960	985	5	25	30
Fulufjället SO	870	910	944	40	34	74
Köarskärsfjället SSV	855	855	875	0	20	20
Storfjället NV	860	900	924	40	24	64
Gammalsättersfjället SO	835	855	865	20	10	30

Tabell 2b: Medel-, max- och minimivärde för tallens trädgränsförändringar i Dalarnas län 1915-2007 beräknat på värdena i Tabell 2a.

PERIOD	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Medel:	25	26	52
Max:	95 (Molnet SSO)	62 (Slagufjället S)	119 (Molnet SSO)
Min:	0	1	0

Gran (Picea abies)

Tabell 3a: Granens trädgräns (altitud i m ö.h. respektive altitudförändring i m) i Dalarnas län 1915-2007. Trädformig gran saknas i trädgränsområdet i Slagufjällets N-sluttning. Höjdvärden från 1970-talet saknas för Störvätteshåga S.

LOKAL	1915	1975	2007	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Slagufjället S	895	895	942	0	47	47
Slagufjället N						
Störvätteshåga S	830		900			70
Ö Barfredhåga S	925	955	978	30	23	53
Härjehåga OSO	865	985	1050	120	65	185
Molnet SSO	975	975	1005	0	30	30
Nipfjället OSO	940	965	965	25	0	25
Nipfjället S	975	985	990	20	10	30
Nipfjället SV	960	980	1006	20	26	46
Städjan SV	980	1040	1115	60	75	135
Städjan O	905	930	970	25	40	65
Fulufjället SO	820	930	930	110	0	110
Köarskärsfjället SSV	855	855	872	0	17	17
Storfjället NV	820	875	924	55	49	104
Gammalsätersfjället SO	825	860	859	35	-1	34

Tabell 3b: Medel-, max- och minimivärde för tallens trädgränsförändringar i Dalarnas län 1915-2007 beräknat på värdena i Tabell 3a.

PERIOD	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Medel:	38	29	67
Max:	120 (Härjehåga OSO)	75 (Städjan SV)	185 (Härjehåga OSO)
Min:	0	-1	15

Tall (Pinus sylvestris)

Tabell 4a: Tallens trädgräns (altitud i m ö.h. respektive altitudförändring i m) i Dalarnas län 1915-2007. Trädformig tall saknas i trädgränsområdet i Slagufjällets N- och Nipfjällets S-sluttning. Höjdvärden från 1970-talet saknas för Störvätteshåga S.

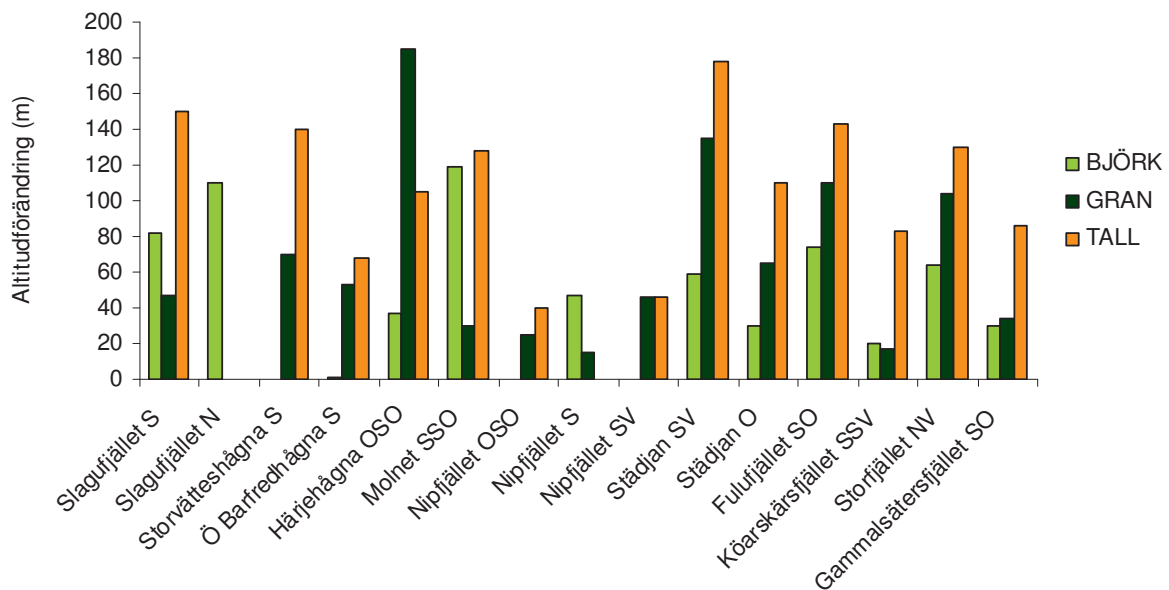
LOKAL	1915	1975	TALL	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Slagufjället S	855	935	1005	80	70	150
Slagufjället N						
Störvätteshåga S	835		975			140
Ö Barfredhåga S	875	890	943	15	53	68
Härjehåga OSO	850	925	955	75	30	105
Molnet SSO	875	980	1003	105	23	128
Nipfjället OSO	905	905	945	0	40	40
Nipfjället S						
Nipfjället SV	900	920	946	20	26	46
Städjan SV	865	895	1043	30	148	178
Städjan O	865	865	975	0	110	110
Fulufjället SO	795	870	938	75	68	143
Köarskärsfjället SSV	790	814	873	24	59	83
Storfjället NV	790	855	920	65	65	130
Gammalsätersfjället SO	780	800	866	20	66	86

Tabell 4b: Medel-, max- och minimivärde för tallens trädgränsförändringar i Dalarnas län 1915-2007 beräknat på värdena i Tabell 4a.

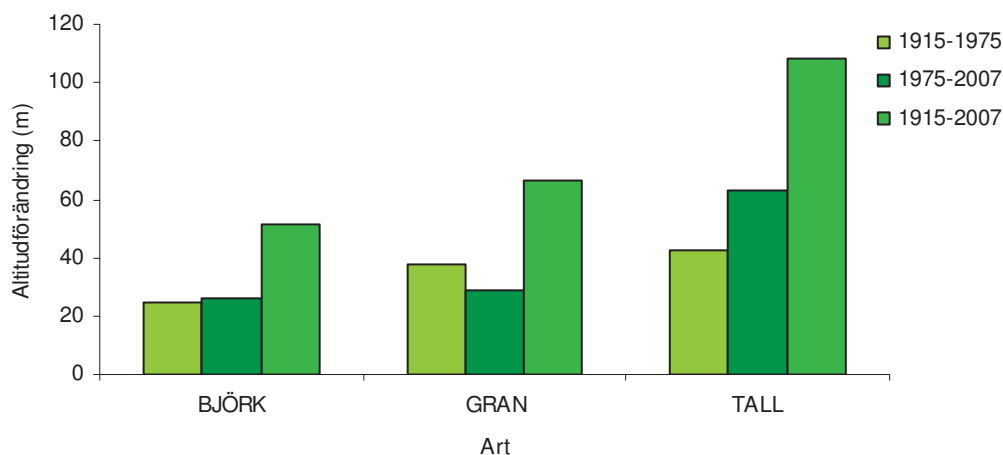
PERIOD	1915-1975	1975-2007	1915-2007
Medel:	42	63	108
Max:	105 (Molnet SSO)	148 (Städjan SV)	178 Städjan SV)
Min:	0	23	40

Sammanfattning av trädgränsens förändring i Dalarnas län

Med undantag av björkens trädgräns som är oförändrad på Storvätteshågna, har trädgränserna stigit för alla arter, i alla delområden och på alla lokaler under perioden 1915-2007. Tallens trädgräns har stigit mest med 108 m/lokal (medelvärde), granens trädgräns med 67 m och björkens med 52 m/lokal. Största enskilda uppmätta trädgränsförändringar är 185 m för gran på Härjehågna (OSO), 178 m för tall på Städdjan (SV) och 119 m för fjällbjörk på Molnet (SSO). De största trädgränsförändringarna för björk och tall ägde rum under perioden 1975-2007 medan granens trädgräns förändrades mest mellan 1915 och 1975 (Tabell 2-4a och b samt Figur 2-3).



Figur 2. Trädgränsens totala altitudförändring för respektive art på varje enskild lokal i Dalarnas län 1915-2007, beräknat på medelvärde/lokal.



Figur 3. Trädgränsens totala altitudförändring för respektive art i Dalarnas län 1915-1975, 1975-2007 samt 1915-2007, beräknat på medelvärde/lokal (m).

¹⁴C-datering av äldre grankloner i Dalafjällen

Resultaten från dateringen av de subfossila fynd som gjorts i marken under äldre grankloner på Härjehågna (OSO) och Städdjan (SV) redovisas nedan i Tabell 5.

Tabell 5: ¹⁴C-daterade subfossila fynd från marken under grankloner på Härjehågna (OSO) och Städdjan (SV).

PROV NR	PROV (BETA) NR	LOKAL	ALTITUD	OBJEKT	¹⁴ C-ÅR (okalibrerade) BP
07-01	238418	HÄRJEHÅGNA	984	VED	5550 +/- 60
07-02	238421	HÄRJEHÅGNA	984	VED	1400 +/- 70
07-03	238422	HÄRJEHÅGNA	984	VED	160 +/- 60
07-04	238419	HÄRJEHÅGNA	985	VED	7890 +/- 70
07-05	238420	HÄRJEHÅGNA	971	VED	4800 +/- 60
07-07	238423	STÄDJAN	907	KOTTE	3940 +/- 80
07-08	238424	STÄDJAN	907	VED	260 +/- 60

Framtida övervakning

Trädgränsen

Ett förslag till indelning av delområden och lokaler i tre grupper per län för framtida övervakning av trädgränsen illustreras i Tabell 6 nedan. Beräknad tidsåtgång i fält för varje delområdesgrupp är 3-5 dagar.

Tabell 6. Preliminär indelning av delområden och lokaler samt beräknad tidsåtgång i fält för framtida övervakning av trädgränsen i Dalarnas län.

DALARNAS LÄN					
DELOMRÅDE	LOKALER	DAGAR	S:A DAGAR	STARTÅR	
1	Långfjället	Storvätteshågna S	1	3	2008
		Ö Barfredhågna S	1		
	Fulufjället	Fulufjället SO	1		
2	Nipfjället-Städdjan	Molnet SSO	1	4	2009
		Nipfjället SV/S/OSO	1		
		Städdjan SV/O	2		
3	Slagufjället	Slagufjället N/S	1	5	2010
	Härjehågna	Härjehågna OSO	1		
	Transtrandsfjällen	Köarskärsfjället SSV	1		
		Storfjället NV	1		
		Gammalsätersfjället OSO	1		

En detaljerad metodbeskrivning för övervakning av trädgränsen ges i Bilaga 3.

Fjällgränsområdet – detaljerad övervakning (monitoring) av klimatets ekologiska effekter på ekosystemet

Som komplement till trädgränsövervakningen behövs ett för regionen karaktäristiskt och väldokumenterat område, lämpligt för utökad, detaljerad övervakning (*monitoring*). För Dalarnas län föreslås Molnet som särskilt lämplig i detta avseende då den i alla aspekter och med alla skikt i vegetationen väl representerar området och är synnerligen väl dokumenterad. Avsikten här är att öka förståelsen för de ekologiska mekanismerna bakom den landskapsekologiska dynamiken genom täta observationer på individ- och populationsnivå.

Övervakningsprogrammet föreslås preliminärt inkludera följande moment att utföras längs höjdgradienter från subalpin björkskog till mellanalpin zon:

1. Eablering och analyser utifrån kvantitativa metoder av fasta provytor i olika typer av växtsamhällen
2. Marktemperaturregistreringar ("tiny tags")
3. Upprepad fotografering på individ- och landskapsnivå
4. Förändring av kärlväxters höjdgränser, baserat på historiska utbredningsdata från 1950-talet
5. Fenologiska observationer som lövsprickning-lövfällning och snöfläcksvariationer tillsammans med fotografering från fixa punkter av sluttningen vid bestämda tidpunkter under vinter och vår
6. Grobarhetstester genom årlig insamling av frön från fjällbjörk
7. Experimentella studier genom etablering av trädplantspopulationer

Beräknad tidsåtgång: cirka 3 veckors fältarbete årligen under de första två åren, därefter cirka två veckor årligen.

Bilaga 3

DETALJERAD METODBESKRIVNING FÖR ÖVERVAKNING AV TRÄDGRÄNSEN

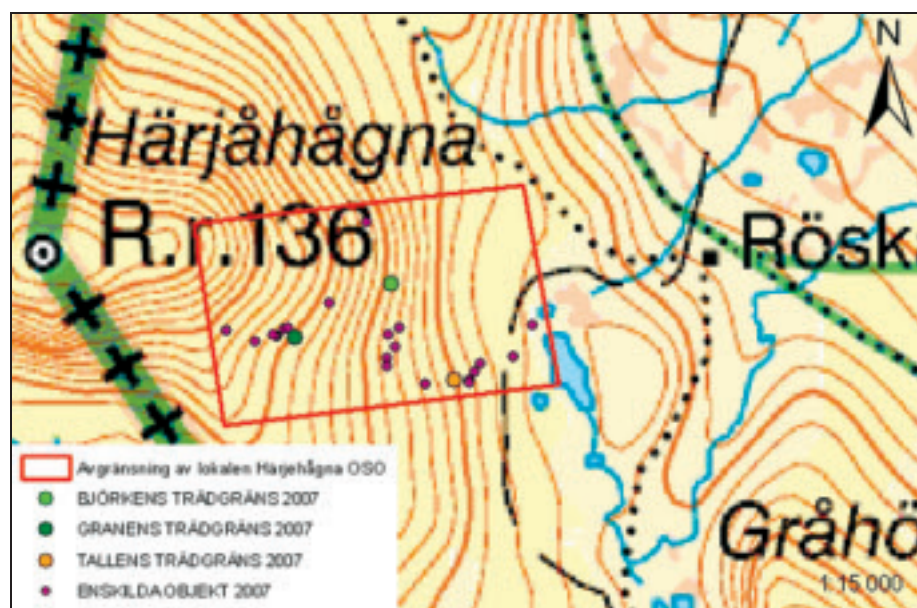
Grunddata

Koordinater och beskrivningar av alla enskilda objekt (träd och plantor, landskapsvyer) som ingått i denna studie och som ligger till grund för framtida miljöövervakning, har lagrats som Excel-filer. Äldre bilder som scannats har tillsammans med nytagna digitala fotografier lagrats i JPEG filutbytesformat. Datafilerna har levererats till respektive länsstyrelse för långsiktig datalagring (se under ”Datalagring” nedan).

Lokalernas läge och avgränsning

Delområdenas och lokalernas exakta läge framgår av koordinaterna för alla dokumenterade objekt. Lokalerna kan enkelt lokaliseras genom att koordinaterna läggs in i ett GIS-skikt. Till de flesta lokaler är det acceptabelt gångavstånd från närmaste bilväg (< 2 tim enkel väg), men i några fall, t.ex. Slagufjället och Storvätteshåga (Dalarnas län) och Brattriet (Jämtlands län) kan det vara lämpligt med helikoptertransport.

Lokalernas begränsning nedåt och i sidled framgår av tidigare dokumenterade objekt. Nedåt avgränsas lokalen således oftast av något av de träd som utgjorde trädgränsen antingen 1915 eller på 1970-talet. I sidled utgörs avgränsningen av de objekt som är belägna på längst avstånd från en tänkt mittlinje genom transekten, vinkelrätt mot höjdkurvorna. Uppåt i sluttningen avgränsas lokalen av de träd som utgör dagens trädgräns och av eventuella yngre trädindivid (< 2 m) och plantor som kan få betydelse som framtida trädgränsbildare. Principen illustreras i Figur 1.



Figur 1. Principskiss för avgränsning av lokalen Härjåhåga OSO, cirka 0,5 x 1 km.

Innan fältbesöket

Koordinaterna för vart och ett av objekten som ingår i den lokal (höjdtransekt) som skall besökas överförs till GPS (eller handdator). En inplastad utskrift av karta/ortofoto över den aktuella lokalen med de fram till dags dato dokumenterade objekten inlagda bör medtagas i fält tillsammans med beskrivning och fotografier av vart och ett av objekten.

Dokumentation

Sök upp de enskilda objekten på varje lokal med hjälp av koordinater och fotografier. Det kan ibland vara en fördel att börja uppiifrån, från toppen, för att på sätt vara helt säker på att alla träd (≥ 2 m) och de översta plantorna verkligen fångas upp. Dokumentera det översta trädformiga (≥ 2 m) individet, yngre träd och buskar (< 2 m) samt plantor tills det säkert kan fastställas att inga träd (≥ 2 m) finns högre upp. Kikare är ett bra hjälpmedel i detta arbete.

För varje enskilt tidigare dokumenterat objekt (träd, buske eller planta) skall följande göras:

1. Kontrollera att koordinater och altitud stämmer med tidigare noteringar.
2. Anteckna alla förändringar (ökad/minskad tillväxt trädets höjd, kottar, vitalitet, ev. skador och om möjligt orsak, etc.).
3. Trädets nya höjd plus ev. tillväxt (årsskott) mäts och antecknas.
4. Upprepa fotograferingen från (så) exakt (som möjligt) samma punkt som tidigare så att nya bilder blir jämförbara med gamla. Anteckna aktuella bildnummer.

Dokumentera även framtida potentiellt intressanta nya objekt (träd, plantor, landskapsbilder etc.) tillsammans med lätt identifierbara detaljer i bilden, t.ex. stenblock, klippor, karaktäristisk horisont etc. Fortsätt till den tidigare identifierade trädgränsen för respektive art. För varje enskilt nytt objekt (träd, buske eller planta) skall följande göras:

1. Waypoint markeras i GPS:en
2. Koordinater och altitud skrivs in i protokoll/anteckningsbok tillsammans med övriga anteckningar (se under "Rubriker i fältprotokoll och databas")
3. Trädets höjd plus ev. tillväxt (årsskott) mäts.
4. Fotografera objektet så att fotograferingen enkelt kan göras om genom att ta med lätt identifierbara föremål (stenblock, klippor etc.) eller geografiska strukturer (t.ex. berg i bakgrunden). Anteckna aktuella bildnummer.

Data lagras vid hemkomsten med länkar till respektive fotografier för vart och ett av objekten.

Rubriker i fältprotokoll och databas

- Lokal
- Expositionsriktning
- Datum
- Tid (viktigt bl.a. för att koppla rätt fotografi till respektive objekt, om inte bildnummer antecknas i fält)
- Waypoint nr
- Koordinater: longitud/latitud + ev. SWEREF 99 (f.d. RT 90)
- Altitud (m ö.h.)
- Objekt (träd, landskapsvy)
- Art (björk, gran, tall, etc.)
- Beskrivning (trädets/plantans höjd, årsskottens längd, enkel-, dubbel- eller flerstammig, vitalitet, ev. betesskador, etc.)
- Foto (bildnummer/namn). Notera i förekommande fall gärna även vilken brännvidd som använts.

Fältutrustning

Förutom penna och anteckningsbok/fältprotokoll bör följande finnas med i fältutrustningen:

- GPS (extra batterier) med koordinaterna för den aktuella lokalen inlagda (alternativt karta med koordinaterna för tidigare dokumentationer markerade)
- Kamera (plus extra minneskort och batterier)
- Kontrollera tid- och datuminställning (kamera och GPS) så att dessa överensstämmer
- Kikare
- Tumstock
- Anteckningar/protokoll och kopior av fotodokumentation från tidigare fältbesök

Datalagring

Det är angeläget att insamlade data (framför allt fotografier, men även övriga data) lagras på ett långsiktigt varaktigt och säkert sätt. Fotografierna bör också säkerhetskopieras på arkivbeständigt fotopapper.

Anteckningar

Anteckningar



*Nyetablerad, cirka två meter hög björk som utgör den nya trädgränsen i Hårdeggens nordsluttning, 930 meter över havet. (Bunnerfjällen, Jämtlands län).
Foto: Leif Kullman (2006-06-17).*

Miljöövervakningsfunktionen
Avdelningen Miljö och Fiske
Länsstyrelsen Jämtlands län
831 86 Östersund
Telefon: 063-14 60 00
Hemsida: www.z.lst.se
ISSN 1654-4269