

Rapport

Diarienummer
502-1091-2015



Trädgräns i fjällen

Sammanställning och utvärdering av en metodstudie för klimatrelaterad miljöövervakning.



Länsstyrelsen
Jämtlands län

Omslagsbild

Veterantall på fulufjället (Njupesjär).
Foto: Leif Kullman, 2013-07-27.

Utgiven av

Länsstyrelsen Jämtlands län
Februari 2015

Beställningsadress

Länsstyrelsen Jämtlands län
831 86 Östersund
Telefon 010-225 30 00

Ansvarig

Tomas Bergström

Text, bild och illustrationer

Leif Kullman, Lisa Öberg

Tryck

Länsstyrelsens tryckeri, Falun 2015

Löpnummer

2015:4

Diarienummer

502-1091-2015

Publikationen kan laddas ner från Länsstyrelsens hemsida
www.lansstyrelsen.se/jamtland

Förord

Klimatet påverkar våra ekosystem i olika grad och fjällen är ett område där klimatförändringar skulle kunna orsaka stora och snabba förändringar. Genom att studera de övre träden på fjällsluttningar kan man följa hur klimatet bidrar till en förändrad trädgräns.

Med trädgräns menas på vilken höjd över havet som träd kan finnas utifrån rådande klimat på platsen. I denna rapport redovisas förändringar i trädgränsen i Dalarna, Härjedalen och Jämtland mellan perioderna 2006–2007 och 2010–2013. Resultaten sammanfattas och utvärderas översiktligt i relation till meteorologiska data under samma tidsintervall. Dessutom diskuteras hur man kan utveckla projektets inriktning och metodik i framtida miljöövervakning.

Rapporten visar att inga förändringar av trädgränsens position kan påvisas under det studerade tidsintervallet, även om tidigare studier över ett längre intervall visat på en stigning av trädgränsen. Orsaken till denna uteblivna ökning under det senaste tidsintervallet diskuteras i rapporten.

Trädgräns i fjällen är ett gemensamt delprogram inom den regionala miljöövervakningen mellan Länsstyrelserna i Dalarna och Jämtland. Programmet påbörjades 2006 som ett utvecklingsprojekt i syftet att utveckla en metod för övervakning av den alpina trädgränsen för att indikera klimatförändringar i fjällen.

Uppföljningen av förändringar i trädgränsens position grundar sig på äldre data (från 1915) och tidigare studier av trädgränsernas läge och förändringar i olika tidsskalor genomförda av Leif Kullman vid Umeå universitet från 1970-talet och framåt. De alpina trädgränserna är viktiga i avseende att tidigt upptäcka förändringar i det biologiska fjällandskapet och för att förstå de klimatberoende ekologiska processer som på sikt kan påverka den biologiska mångfalden. Resultaten bidrar till att följa upp miljömålet *Storslagen fjällmiljö*.

Projektansvarig har varit Lisa Öberg och Tomas Bergström vid Länsstyrelsen i Jämtlands län. Merparten av planering och fältarbete och har utförts av Lisa Öberg och Leif Kullman. Urban Gunnarsson, och Lars Hedlund vid Länsstyrelsen i Dalarnas län har bidragit med fältarbete i Dalarna.

Sammanställningen av data för den här presenterade utvärderingsrapporten har utförts av Lisa Öberg och rapporten har författats av Leif Kullman. Länsstyrelsen har inte tagit ställning till innehållet i rapporten. Författaren svarar ensam för innehåll, slutsatser och eventuella rekommendationer i rapporten.

Tomas Bergström, Naturvårdsenheten, Länsstyrelsen Jämtlands län
Urban Gunnarsson, Naturvårdsenheten, Länsstyrelsen Dalarnas län

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| Förord | 3 |
| Introduktion | 6 |
| Områdesbeskrivning..... | 8 |
| Klimat och klimatutveckling..... | 8 |
| Trädgränsen – beskrivning och definition | 10 |
| Historisk dokumentation..... | 14 |
| Metodik | 15 |
| Träden – transekterna | 15 |
| Fotografisk dokumentation | 16 |
| Höjdmätning och positionsbestämning | 16 |
| Fältarbete | 16 |
| Datalagring..... | 16 |
| Resultat och diskussion | 17 |
| Utvärdering av projektet..... | 19 |
| Metodutveckling | 20 |
| Omdrev 1 – Jämtlands län | 22 |
| 1 Åreskutan S | 23 |
| 2 Getryggen O..... | 26 |
| 3 Getryggen SO..... | 30 |
| 4 Getryggen S | 33 |
| 5 Getryggen SV..... | 36 |
| 6 Gåsen V | 38 |
| 7 Korpflyet SSO | 40 |
| 8 Sonfjället NO | 44 |
| 9 Gråsidan V | 48 |
| 10 Storskarven O | 52 |
| 11 Lillskarven SO | 56 |
| 12 Småhamrarna SO | 60 |
| 13 Hamrafjället SSO | 63 |
| 14 Hamrafjället SSV | 66 |
| 15 Brattriet SV | 69 |
| 16 Brattriet S..... | 73 |
| 17 Hårdeggen NV | 77 |
| 18 Hårdeggen N..... | 81 |
| 19 S Kyrkstensskäftet SO | 84 |
| 20 Gittjetjarve S | 88 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| Omdrev – Dalarnas Län | 92 |
| 1 Slagufjället N | 93 |
| 2 Slagufjället S..... | 95 |
| 3 Storvätteshågna S | 99 |
| 4 Ö Barfredhågna S..... | 103 |
| 5 Härjehågna OSO..... | 107 |
| 6 Molnet SSO..... | 111 |
| 7 Nipfjället OSO..... | 115 |
| 8 Nipfjället S..... | 118 |
| 9 Nipfjället SV | 121 |
| 10 Städjan SV | 125 |
| 11 Städjan O | 129 |
| 12 Fulufjället SO..... | 133 |
| 13 Köarskärsfjället SSV..... | 137 |
| 14 Storfjället NV | 141 |
| 15 Gammalsätersfjället OSO..... | 145 |
| Citerad litteratur..... | 149 |
| Appendix 1-3 | 154 |

Introduktion

Under det senaste seklet har Jämtlands och Dalarnas fjällandskap präglats av omfattande landskapsekologiska förändringar, som ytterst hänger samman med ett varmare klimat. Glaciärer och perenna snöfält har tenderat att krympa eller helt försvinna (Figur 1), vilket resulterat i en allmän upptorkning av fjällmarken (Smith 1957; Öberg & Kullman 2012). Permafrost ("evig tjäle") i form av palsar fanns fram till 1900-talets första årtionden i Jämtlands och Härjedalens fjälltrakter (Smith 1911), men saknas numera helt (Figur 2). Samtidigt har många kärlväxters höjdbredning samt växttäcket allmänna struktur ändrats (Kullman 2002, 2007a,b, 2010a, 2014a) (Figur 3).

Den tydligaste och mest spridda markören för ett varmare klimat är trädgränsernas stigning mot högre nivåer (Kullman & Öberg 2009). Till dessa naturliga förändringar kommer olika igenväxtningsprocesser på nivåer väl under trädgränsen efter upphörande fäbodbruk och intensivt samiskt markutnyttande (Kullman 1975, 1976, 1979).



Figur 1. Storsylglaciärens avsmältning mellan 1908 (Fredrik Enquist) och 2009 (Leif Kullman).

Baserat på den allmänt spridda föreställningen om ett framtida varmare klimat (Persson med flera 2013) spekuleras ofta att skogs- och buskekosystem kan komma att spridas över nuvarande kalfjällsarealer och på så sätt hota fortbeståndet av det storslagna fjällandskapet och dess olika habitattyper (SOU 2007). En sådan utveckling skulle i förlängningen också kunna leda till att utrymmet generellt minskar för den mer genuina fjällfloran och fjällfaunan (Theurillat & Guisan 2001; Moen med flera 2004; Chapin med flera 2005; Bernes 2007).

Ännu föreligger dock inga empiriska data som styrker en sådan utveckling, vare sig när det gäller klimatet eller växttäcket (Willis 2010; Sherrer & Körner 2011; Kullman 2014a). Detta till trots finns skäl att hålla frågan under uppsikt genom kontinuerlig övervakning av trädsiktets dynamik i övergångszonen mellan skog och kalfjäll.

Studier i vitt skilda delar av världen ger klara belägg för att stigande trädgränser under den senaste 100-årsperioden är ett närmast globalt fenomen, som ytterst anses bero av ett varmare klimat (Kullman 1979, 1981, 1986; Esper &

Schweingruber 2004; Kharuk 2005; Lloyd 2005; Kapralov 2006; Danby & Hik 2007; Kullman & Öberg 2009; Harsch med flera 2009; Holtmeier & Broll 2010; Kirdeyanov med flera 2012; Mamet & Kershaw 2012).

Mycket talar för att en stor del av den bakomliggande uppvärmningen under de senaste 100 åren är en återgång till det varmare klimat som rådde strax före "Lilla Istiden" (1300–1850 AD) (Humlum med flera 2011; Akasofu 2013; Kullman 2014a).

Utvecklingen faller således inom ramen för den naturliga klimatvariationen under senare delen av vår nuvarande mellanistid (Holocen), vilket i och för sig inte utesluter en antropogen komponent. Eftersom klimatet, i dagens kunskapsläge, kan betraktas som ett dynamiskt, icke-linjärt och oförutsägbart system omöjliggörs seriösa projektioner av det närmaste århundradets klimat- och ekosystemutveckling. Som senare motiveras i detalj så framstår i dag förändringar av trädgränsens position som den känsligaste och mest entydigt tolkningsbara indikatorn på ändrade växtvillkor rent generellt i fjällvärlden (Kullman 1998, 2007a,b, 2010b; Holtmeier & Broll 2005; Behringer 2010).

En mer heltäckande beskrivning av projektets bakgrund ges av Öberg (2008).



Figur 2. Numera försvunna palsar på Ö. Helagsskattet i Härjedalen, 900 meter över havet
Foto: Harry Smith 1910-08-24.

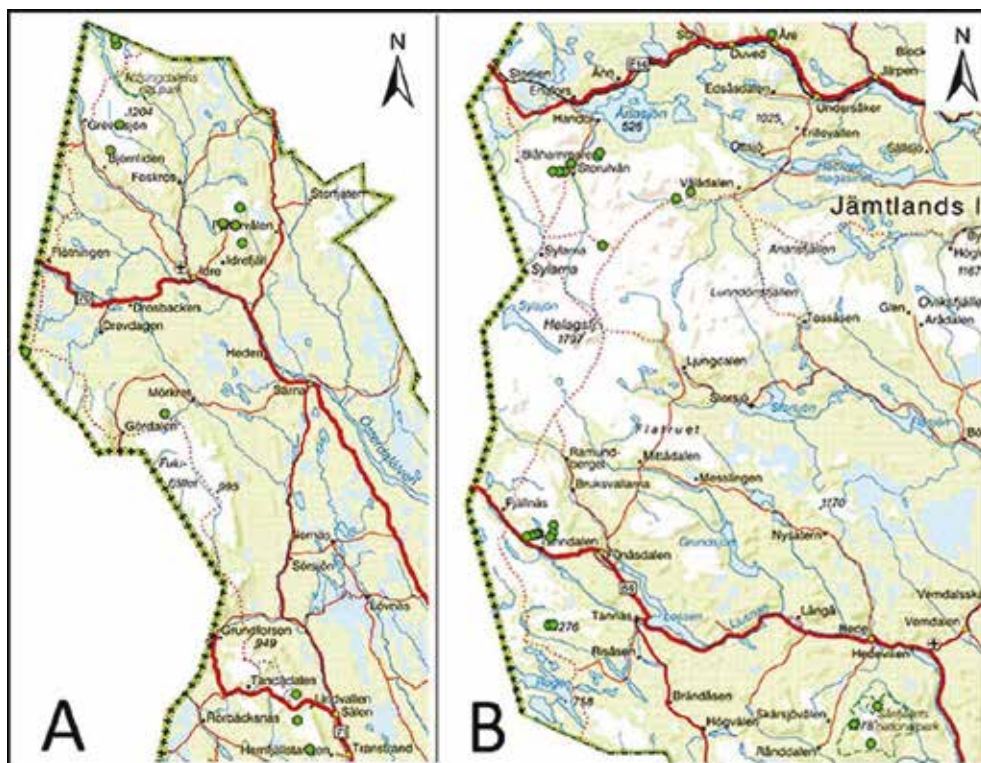


Figur 3. Linnea (*Linnaea borealis*) och vitsippa (*Anemone nemorosa*) är några av de skogsväxter som under de senaste varma decennierna avancerat mot avsevärt högre nivåer i projektområdet. Snölegornas växtlighet av lågvuxna kärlväxter och mossor har tenderat att ersättas av gräshedar.

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 4). Fjällens höjd över havet varierar från 870 meter i Transtrandsfjällen till cirka 1 500 meter i Bunnerfjällen.

Inom det aktuella undersökningsområdet utgörs den översta trädgränsen (definition nedan) vanligtvis av fjällbjörk (*Betula pubescens* ssp. *czerepanowii*), som också bildar ett varierande brett bälte av fjällbjörkskog mellan kalfjället och den slutna barrskogen. Granens (*Picea abies*) och tallens (*Pinus sylvestris*) trädgränser återfinns ofta som insprängda solitära träd i nedre eller mellersta delen av fjällbjörkskogen, omkring 50, respektive 100 meter under björkens trädgräns. I Dalarnas relativt torra och tidigt snöfria fjäll är fjällbjörkbältet svagt utbildat och lokalt kan barrträden (oftast tall) bilda den översta trädgränsen.



Figur 4. Karta över området med undersökta lokaler i Dalarnas (A) och Jämtlands län (B). Lantmäteriet Geodatasamverkan.©

Klimat och klimatutveckling

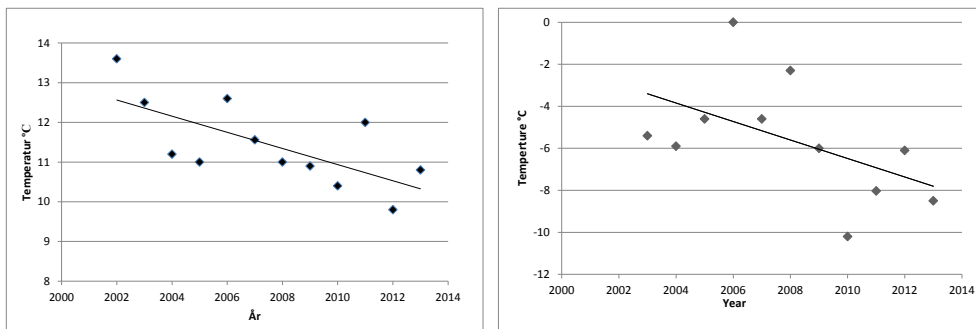
Generellt präglas de nordvästra delarna av undersökningsområdet av ett relativt fuktigt och utjämnat lokalmaritimt klimat. De mellersta och södra delarna har ett mer kontinentalt klimat med kalla vintrar, varma somrar och med stora temperaturvariationer över dygnet.

Av SMHI:s väderstationer torde Storlien/Visjövalen (642 meter över havet) och Särna (435 meter över havet) bäst representera områdets norra respektive södra delar. Medeltemperaturen för den senaste "normalperioden" (1961–1990) under

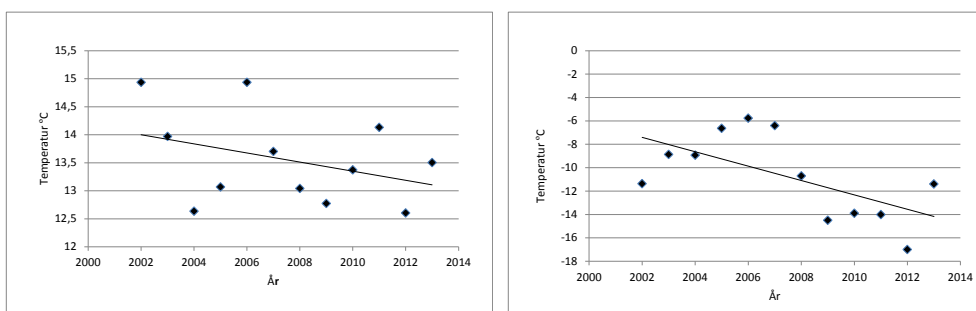
januari och juli samt årsnederbörden är $-12,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $13,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 608 millimeter för Särna och $-8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 857 millimeter för Storlien.

En stor fördel med det aktuella undersökningsområdet är att den historiska klimat- och trädgränsutvecklingen är väl utforskad, vilket ger perspektiv på nutida förändringar och deras orsaker (Bergman med flera 2005; Öberg & Kullman 2011a,b; Kullman 2012, 2013b).

Temperaturens förändring under den period som omfattar det aktuella övervakningsprojektet, avviker starkt från den långsiktigt stigande trenden för de senaste 100 åren (Kullman & Öberg 2009). Somrarna har efter 2002 blivit $2\text{--}3\text{ }^{\circ}\text{C}$ svalare och vintrarna $2\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$ kallare (Figur 5 och 6) och har härigenom kommit mycket nära medelvärdet för de senaste 100 åren. I enlighet med gängse meteorologiska norm representeras sommar och vinter av medeltemperaturen för juni–augusti, respektive december–februari. Dessa perioder är biologiskt mer utslagsgivande än årsmedeltemperaturen (Kullman 2007c).



Figur 5. Medeltemperaturens utveckling i Storlien/Visjövalen 2002–2013. Juni–augusti (vänster) och december–februari (höger). Källa: SMHI.



Figur 6. Medeltemperaturens utveckling i Särna 2002–2013. Juni–augusti (vänster) och december–februari (höger). Källa: SMHI.

Trädgränsen – beskrivning och definition

Trädgränsen definieras som den översta nivån för den minst två meter höga (långa) en- eller flerstammiga individ av en viss art i en definierad del av en viss fjällsluttning (Kullman 1979, 2010b; Miehe & Miehe 2000; Hofgaard med flera 2013). Ytterligare ett kriterium är att träden kan bedömas som inte helt snötäckta under vintern (Körner 1998; Gansert 2004) (Figur 7).

Trädgränsens läge (meter över havet) kan med den här tillämpade avgränsningen lätt och entydigt bestämmas i fält. Förändringar av trädgränsens position framstår allt tydligare som den känsligaste och mest lättolkade indikatorn på ändrade växtvillkor rent generellt i fjällvärlden (Kullman 1998, 2007a,b, 2010a; Behringer 2010; Holtmeier & Broll 2005). Definitionen är mycket precis och objektiv, vilket möjliggör adekvata jämförelser i tid och rum. Genom fokusering på de översta, mer eller mindre solitära, individen maximeras det regionala klimatinflytandet genom att olika klimat- och interaktionseffekter i mer slutna bestånd minimeras.



Figur 7. Vänster. Stammar av detta slag definierar trädgränsen.

Höger. Stammen är drygt två meter lång och helt snötäckt under en stor del av vintern. Den uppfyller således inte villkoret för trädgränsträd.

I vidaste bemärkelse bestäms trädgränsens läge av faktorer associerade med bristande värme under vegetationsperioden, i komplex samverkan med snö- vind- och strålningsförhållanden under vinter och vår (Tranquillini 1979; Grace med flera 2002; Körner & Paulsen 2004; Kullman 2007c). I det lokala perspektivet moduleras trädgränsens position och reaktionsmönster i relation till ändrat klimat av lokala geomorfologiska faktorer och deras styrande effekter på vindströmmar och snöfördelning. Det innebär att det lokala utfallet av en viss storskalig klimatiförändring blir mycket varierande i det lokala landskapet (Holtmeier & Broll 2005, 2010; Kullman & Öberg 2009; Elliott & Kipfmueller 2010; Kullman 2010b; Leonelli med flera 2011; Nagy med flera 2013).

Trädgränsen har, i motsats till skogsgränsen, visat sig reagera relativt snabbt på ändringar i klimatet under de senaste 100 åren (Kullman & Öberg 2009, Öberg & Kullman 2012; Rannow 2013; Kullman 2014a). Många exempel från det aktuella undersökningsområdet finns där trädgränsen i senare tid avancerat hundratals meter i höjddled samtidigt som fördelningen mellan skog och kalvfjäll förblivit praktiskt taget oförändrad (Figur 8).

Trädgränsens nära koppling till klimatets föränderlighet bestyrks även av paleoekologiska studier i den skandinaviska fjällkedjan (Bergman med flera 2005; Öberg & Kullman 2011a,b; Kullman 2013). Det har visat sig att trädgränserna för fjällbjörk, tall och gran låg 500–600 meter högre än i dag under den varmaste perioden efter den senaste istiden, för 9 000–10 000 år sedan (Figur 9).

Därefter har de gradvis, med endast kortare avbrott, sänkts i takt med att klimatet långsiktigt blivit svalare, ända fram till det förra sekelskiftet. Som tidigare berörts så inträffade en uppflyttning av trädgränsen med drygt 100 meter för omkring 1 000 år sedan, i anslutning till den Medeltida Värmeperioden (Kullman 2013). Därefter sänktes trädgränsen successivt under de kyliga århundradena fram till slutet av 1800-talet, en period som brukar benämnas Lilla Istiden.

Ett flertal undersökningar har klargjort att trädgränsens mobilitet (stigning såväl som sänkning) går hand i hand med genomgripande förändringar på övriga nivåer i subalpina/alpina ekosystem (Hustich 1978; Kullman 1997, 2007a,b, 2010a; Sundqvist med flera 2008; Hallinger med flera 2010). Trädgränsens förändringar kan därför ses som ett mer generellt uttryck för ändrade växtförhållanden i fjällens ekosystem. Med andra ord, trädgränsen är en ypperlig och lättolkad indikator på klimatrelaterade ekologiska förändringar (Kullman 1998; Fagre 2003).



Figur 8. Strukturen i övergångszonen mellan skog och kalfjäll på fjället Täljstensvalen i Jämtland har inte ändrats påtagligt i det varmare klimatet under de senaste 100 åren. Övre bild 14 april 1917 (Harry Smith). Nedre bild 18 mars 2013 (Leif Kullman).



Figur 9. Vänster. Ett stort stycke bark från en grov björk som i ett varmare klimat för 9 000 år sedan växte 450 meter högre än dagens trädgräns. Björken har bevarats under den glaciär som bildades för omkring 4 000 år sedan. Senare tids avsmältning har exponerat resterna av björken samt liknande lämningar av tall, gran och sibirisk lärk. Ekorrglaciären (Sylarna) 1 350 meter över havet 2008-08-25.

*Höger. Fram till för omkring 4 000 år sedan var almen (*Ulmus glabra*) ett regelbundet inslag i de fjällnära skogarna. I dag finns enstaka reliktexemplar i varma sydsluttningar, Åreskutan (Totthummeln) 645 meter över havet.*

I motsats till många andra bergskedjor i världen (jfr Gansert 2004; Emanuelsson 2009), så är trädgränserna i svenska fjäll i relativt ringa grad nedpressade av aktiviteter relaterade till människans resursutnyttjande (Kilander 1965; Virtanen med flera 2003; Kullman 2010b). Det har dock ibland spekulerats i att exempelvis tamrenen, genom betning och tramp, skulle ha en negativ inverkan på trädgränsens nivå och dess förmåga att svara på ett varmare klimat (till exempel Van Bogaert med flera 2012). Mot detta talar att trädgränsen (som här definierad) har reagerat likartat i fjällområden med intensivt respektive obetydligt/inget renbete (Kullman 2004, 2005).

Dessutom, i Dalarnas och Jämtlands fjälltrakter har trädgränserna stigit signifikant under de senaste 100 åren (Kullman & Öberg 2009), trots att renantalet i samma område ökat med cirka 160 procent (Figur 10). Tallens största trädgränsstigning i Dalafjällen har ägt rum i ett av de mest intensivt renbetade områdena (Figur 10).

Trots de här fokuserade trädarternas olika överlevnads- och reproduktionsstrategier så har trädgränserna i hela fjällkedjan reagerat på uppvärmningen sedan början av 1900-talet med stigning i samma storleksordning (Kullman & Öberg 2009; Öberg & Kullman 2011a). Detta hade knappast varit fallet om betande djur eller andra lokala störningar skulle ha ett avgörande inflytande på trädgränsernas position.

Strikt lokalt kan trädgränsen påverkas av olika typer av störningar, exempelvis geomorfologisk dynamik, kortvariga väderextremer, laviner och insektsangrepp.

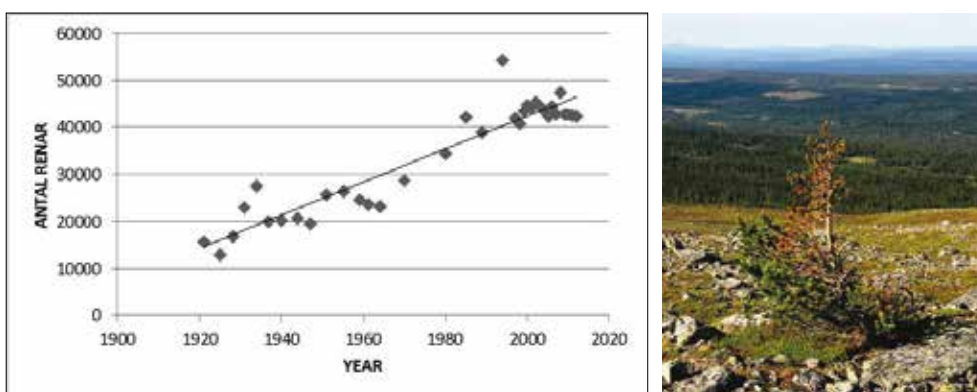
Eliminering av solitära trädgränsträd på detta sätt kan få till följd att trädgränsen temporärt sänks en aning, utan tydlig relation till den mer allmänna klimatutvecklingen. Betydelsen av effekter av detta slag kan emellertid minimeras genom att övervakningsprojekt baseras på ett stort antal lokaler inom ett relativt vidsträckt geografiskt område med varierande lokalklimat, topografi och geologi och med mätserier som spänner över långa tidsperioder.

Dessutom har särskilt björk och gran en eminent förmåga till vegetativ förökning, vilket gör att de ytterst sällan dör och snabbt kan återhämta sig efter mekaniska skador. Övervakning som är individbaserad och fotografiskt dokumenterande möjliggör att orsaken till denna typ av störningar i de allra flesta fall kan identifieras.

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 meter) väletablerade individ av framför allt fjällbjörk eller gran. Genotypisk förändring sker genom etablering (eller död) av ny individ och gäller huvudsakligen tall (Öberg & Kullman 2011b).

Den så kallade skogsgränsen - gränsen för slutna skogsbestånd - baseras på mer eller mindre godtyckliga kriterier för rumslig avgränsning. I motsats till trädgränsen är dess struktur och utformning unik i praktiskt taget varje enskild fjällsluttning. Det omöjliggör en användbar definition som ger jämförbara resultat i tid och rum.

Botanister och växtgeografer har sedan länge insett att skogsgränsen och dess långsamma förändringar ger en mycket avrubbad bild av klimatets utveckling (Enquist 1933; Nägeli 1969, Kvamme 1993; Körner 2007; Rannow 2013). Skogsgränsen är därför olämplig att användas för miljöövervakning (Kullman 1979, 2005, 2010b; Kjällgren och Kullman 1998).



Figur 10. Vänster. Renantalets ökning i Jämtlands och Dalarnas län 1920–2012 (SOU 6, uppdaterad).

Höger. Tallens trädgräns på Blåkläppen (Långfjället) är 175 meter högre än för 100 år sedan (Kullman & Öberg 2009). De delar som inte är snötäckta under en stor del av vintern är starkt skadade av frosttorka under de senaste åren, men är fortfarande vid liv. 2013-07-24.

Historisk dokumentation

En omfattande och mycket noggrann dokumentation av björkens trädgräns i det aktuella fjällområdet utfördes åren kring 1915 av docent Harry Smith (Smith 1920). Denna bildar basen till ett regionalt nätverk av systematiskt fördelade lokaler i södra delen av fjällkedjan där trädgränsens läge sedermera bestämts vid olika tidpunkter.

Nätverket (TREENET) är unikt i sitt slag och omfattar totalt drygt 200 lokaler/höjdtransekter, systematiskt fördelade längs gradienter med avseende på klimat (kontinentalitet/ maritimitet), topografi, geologi och tidigare markutnyttjande, inom ett cirka 8 000 km² stort område i Jämtland, Härjedalen och Dalarna.

Omfattande återinventeringar och årsringsanalyser av trädgränserna för björk, gran och tall gjordes i mitten av 1970-talet (Kullman 1979, 1981, 1986) samt 2005–2007 (Kullman & Öberg 2009). Tack vare dessa tidigare undersökningar har de lokaler som ingår i föreliggande metodstudie basdata angående trädgränsernas positioner från omkring 1915, mitten av 1970-talet samt 2005–2007 (Öberg 2008).

Metodik

Träden – transekterna

Ungefär en femtedel (34) de drygt 200 lokalerna i TREENET återinventerades inom ramen för det aktuella övervakningsprojektet under 2006 och 2007.

Urvalet av lokaler gjordes med tanke på att representera geomorfologisk och lokalklimatisk variation inom hela det södra fjällområdet. Därtill har urvalet baserats på logistiska hänsyn, samt existerande långsiktigt skydd i form av naturreservat eller nationalpark.

Omdrev/återinventering, OMDREV 1, har därefter gjorts vid ett tillfälle på samtliga här ingående lokaler under perioden 2010-2013. En detaljerad fältinstruktion för inventeringarnas genomförande har presenterats av Öberg (2008).

Den översta trädformiga individen av fjällbjörk, gran och tall har lokaliserats inom höjdtransekter (lokaler), centrerade kring Smiths (1920) väldokumenterade mätpunkter. Dessa är systematiskt fördelade i landskapet med ett inbördes avstånd på cirka 2–5 kilometer. I förekommande fall är transekterna utdragna till en nutida högre trädgräns. Längs bredare fjällsidor finns i vissa fall flera höjdtransekter. Transekterna har en bredd som varierar mellan 300 och 500 meter, beroende på lokal topografi. De är i de flesta fall i huvudsak orienterade vinkelrätt mot höjdkurvorna. En principskiss av utformningen visas i Figur 11.



Figur 11. Principskiss för avgränsning av lokalen Härjehåгна OSO, cirka 0,5 x 1 kilometer.

Ursprungligen var avsikten att även dokumentera större exemplar av de olika träddarterna i transekterna ovanför trädgränsen. Detta visade sig dock alltför tidskrävande för ett konsekvent genomförande och fick därför överges. För vissa lokaler finns dock ett större material dokumenterat, vilket skulle kunna utnyttjas för framtida mer detaljerade undersökningar.

Fotografisk dokumentation

Fotografisk dokumentation har genomgående gjorts av de enskilda träd, som vid varje inventeringstillfälle bildade artens trädgräns. Där fotografier från tidigare inventeringstillfällen funnits att tillgå har fotograferingen upprepats för jämförelse med senare förhållanden.

Tillgången till fotografier har väsentligen underlättat återinventeringsarbetet och garanterar att varje omdrev ger ett mycket exakt värde på eventuell trädgränsförskjutning. Den fotografiska dokumentationen har huvudsakligen gjorts med digitalkameror av fabriken Pentax Optio och Canon Power Shot G7. Huvuddelen av bilderna har under de fem år som omdrevet har pågått tagits med Canon Power Shot SX10IS, Canon EOS 550D och Ricoh CX3-5.

Höjdmätning och positionsbestämning

Tidigare altitudmätningar (åren kring 1915 och på 1970-talet) utfördes med aneroidbarometer (kalibrerad mot tillgängligt kartmaterial). Höjd- och lägesbestämningarna 2006–2007 (RT 90 samt longitud/latitud) har utförts med Garmin 60CS. GPS-mätningarnas noggrannhet i höjddled i öppen terräng och med tillräckligt antal satelliter tillgängliga, är som regel ± 5 meter.

Samma definition av trädgränsen (se ovan) har använts sedan 1915. Alla värden är avrundade till närmaste 5-tal meter över havet (meter över havet).

Fältarbete

Grunddokumentationen till övervakningsprojektet utfördes under 2006 och 2007 av Lisa Öberg och Leif Kullman på flertalet lokaler. Gettryggen, Störvätteshåga och Städjans östra sluttning i Dalarnas län dokumenterades 2003–2004, respektive 2003 och 2005 av Leif Kullman. En första återinventering av samtliga lokaler (OMDREV 1) utfördes under somrarna 2010–2013 och enligt samma metodik som basinventeringen.

Datalagring

Koordinater, övriga data samt beskrivningar av alla enskilda objekt (träd) som ingått i denna studie och som kan ligga till grund för framtida miljöövervakning har initialt lagrats som Excel-filer. Äldre bilder har skannats och har tillsammans med nytagna digitala fotografier lagrats som jpeg-filer. Data har levererats till respektive länsstyrelse för långsiktig datalagring.

Resultat och diskussion

Den aktuella studien omfattar 34 regionalt spridda lokaler, som har återinventerats efter 3–4 år. På så kort tid kan rimligtvis inga större förändringar av trädgränsernas position förväntas. På många lokaler fanns dock 2006–2007 individer, "trädgränskandidater", av de aktuella trädarterna med en höjd strax under två meter i en zon omedelbart ovanför trädgränsen (Öberg 2008). Under gynnsamma klimatförhållanden skulle därför trädgränsen, genom höjdtillväxt på bara 0,5 meter eller mindre, ha kunnat höjas några tiotal meter. Det framgår av Appendix 1–3 att så har skett endast i ett fåtal undantagsfall, som för övrigt balanseras av ungefär lika många lokaler där trädgränsen sjunkit.

Materialet som helhet uppvisar en förkrossande överblick av lokaler med oförändrad trädgräns under den aktuella tidsperioden 2006–2007 till 2010–2013. Resultaten har för varje lokal en mycket hög grad av exakthet eftersom utgångspunkterna är enskilda träd, som kunnat återfinnas tack vare fotografier och koordinatangivelser. I medeltal för hela undersökningsområdet (Dalarna + Jämtland) har trädgränserna förändrats med bara några få meter i höjdlängd (Tabell 1, Figur 16–140; Appendix 1-3). Skillnaderna mellan arterna, är dock alltför små för att kunna diskuteras i termer av artspecifika responser på klimatets förändring.

Inte heller finns underlag för slutsatser om regionala olikheter i utvecklingen, exempelvis mellan Dalarna och Jämtland. Sänkningen av björkens trädgräns i Dalarna reproduceras av mer omfattande studier (Öberg & Kullman 2012). Den detaljerade tolkningen av resultaten kompliceras väsentligt av det faktum att den senaste inventeringsomgången inte utförts under ett och samma år.

TABELL 1. TRÄDGRÄNSENS HÖJDFÖRÄNDRING (METER) FÖR OLIKA TRÄDARTER MELLAN 2006/2007 OCH 2010/2013, I DALARNAS OCH JÄMTLANDS LÄN SAMT I HELA UNDERSÖKNINGSOMRÅDET.

| Art | Dalarna | Jämtland | Dalarna + Jämtland |
|-------|--------------|------------|--------------------|
| Björk | - 6.33±18.75 | 1.00±13.24 | -1.81±16.0 |
| Gran | -1.15±4.16 | 4.64±11.45 | 1.79±9.15 |
| Tall | 1.54±10.88 | 7.14±18.78 | 4.44±15.46 |

Eftersom trädgränserna sedan början av 1900-talet och fram till 2007 har stigit med i vissa fall närmare 200 meter (se beskrivningen av varje lokal) och i god överensstämmelse med klimatets samtida uppvärmning (Öberg 2008; Kullman & Öberg 2009; Öberg & Kullman 2012), så kan de aktuella resultaten med företräde tolkas som att klimatet under omdrevsintervallet förändrats i mindre gynnsam riktning för trädväxt på höga nivåer. Den regionala klimathistoriken (Figur 5 och 6) ger klara besked om att temperaturen under de senaste tio åren sjunkit avsevärt (från en mycket hög nivå) under såväl sommar som vinter.

Ovanstående tolkning styrks av det samlade bildmaterialet, som ger få exempel på att vitaliteten och höjdtillväxten ökat för de individer som markerar en oförändrad trädgräns. Många exempel finns på motsatsen (Figur 88, 119, 120). När det gäller "trädgränskandidaterna" (se ovan), så kan konstateras att många av dessa

drabbats av svåra skador (barr och bladförluster) eller helt dött (Figur 89 och 90). Till bilden hör också att vissa kärlväxter, som i undersökningsområdet avancerade mot högre nivåer under tidigare relativt varma decennier, under de senaste 5–7 åren dött ut på sina högst belägna växtplatser (Kullman 2014a).



Figur 12. Tall (1,5 meter hög) nära toppen av Stådjan, 1 075 meter över havet. Tallen var påtagligt vital och snabbväxande 2007-07-14 (vänster). Som en följd av frosttorka under de relativt kalla vintrarna 2010 och 2011 (mitten) började en gradvis tillbakagång (2011-05-26). Den högra bilden visar den slutgiltigt döda tallen (2013-06-24). Frosttorkan har även skadat många enbuskar och det tidigare välslutna fältskiktet av kråkbär, som numera är starkt uppbrutet.



Figur 13. Snabbväxande och vital tall (1,7 meter hög) strax ovanför trädgränsen (950 meter över havet) och dess utveckling under projektperioden. Ö. Barfredhåga 2007-07-13 (vänster) och 2013-07-27 (höger).

Utvärdering av projektet

De hittills uppnådda resultaten visar att den aktuella typen av rumsligt relativt begränsad övervakning ger resultat som på ett trovärdigt sätt speglar den regionala klimat- och trädgränsutvecklingen (jfr. Kullman & Öberg 2009; Öberg & Kullman 2012; Kullman 2012, 2014a; Kullman 2014b), samt i viss mån även växttäcket mer generella förändring i fjällandskapet.

Projektet har skapat en användbar bas och incitament för fortsättning i någon form. En styrka är att på varje lokal finns historien dokumenterad i detalj för alla i projektet ingående trädarter, i det närmaste 100 år bakåt i tiden. Även den långsiktiga trädgränsutvecklingen efter den senaste istiden är dokumenterad i sina huvuddrag (Kullman 2013). Projektet är i dessa avseenden världsunikt och möjliggör att nutida dynamik kan sättas in i ett längre historiskt perspektiv. Detta ökar möjligheterna att utveckla mer realistiska prediktiva modeller för den framtida utvecklingen av det levande fjällandskapet i ett ändrat klimat.

Ett projekt av det aktuella slaget innebär stora logistiska utmaningar med tydlig relation till budgetramarna. En i sammanhanget viktig erfarenhet och bedömning är att tolkningsbarheten skulle kunna optimeras om varje omdrev utförs under ett och samma år på samtliga lokaler. Trots koordinatangivelser och fotografier har det inte alltid varit helt okomplicerat att snabbt hitta de aktuella positionerna. Särskilt arbetet med upprepad fotografering är tidskrävande då det gäller att rekonstruera ursprungliga fotovinklar. Många gånger krävs dessutom att bättre ljusförhållanden eller uppehållsväder inväntas. Långa transportsträckor (till fots) och ett i högsta grad variabelt fjällväder gör att fältarbetet kan tendera att bli stressigt om tidsramarna är alltför snäva.

Metodutveckling

Mot ovanstående bakgrund kan frågan ställas om projektet skulle kunna koncentreras till avsevärt färre lokaler med en högre detaljeringsgrad i övervakningen och utvalda efter hittills vunna lokala erfarenheter med avseende på topoklimatiska reaktionsmönster, representativitet och fältarbetslogistik. En vinst med en sådan koncentration skulle kunna vara att återinventeringarna på sikt kan anförtros till olika personer, som lär känna varje objekt mer i detalj.

För att korrekt kunna tolka orsaken till inträffade förändringar bör omdreven utföras med maximal tre års mellanrum. Nedan redovisas två alternativa modeller för projektets fortsättning.

Alternativ 1

En möjlighet som bör övervägas är att fokusera mer i detalj på den pågående utvecklingen i hela trädgränsekotonen, det vill säga den mer eller mindre breda övergångszonen där skogen och trädvegetationen gradvis tunnas ut upp mot trädgränsen och kalvfjället. På vissa av projektets lokaler finns i denna zon omfattande fotografisk dokumentation från 1970-talet och senare (Leif Kullman) av enskilda träd, trädgrupper, lägre (yngre) individer (även ovanför trädgränsen) samt landskapsvyer. Förslaget är att dessa objekt omfotograferas från fixa fotopunkter, som dokumenteras med GPS. Analyser utförs och dokumenteras på ett sätt som möjliggör framtida upprepningar av Länsstyrelsens personal.

En nyligen genomförd pilotstudie av detta slag på fjället Ö. Barfredhågna i Dalarna (Kullman 2014b) illustrerar den aktuella metoden och dess potential att ge en mer detaljerad och orsaksrelaterad bild av föränderligheten i trädgränsekotonen. Detta innebär att övervakningen omfattar ett bredare område än de tidigare transekterna. Insikten har under senare tid vuxit att kontinuerlig "monitoring" av detta slag är den kanske viktigaste vägen för att öka förståelsen av trädgränsens klimatberoende (Danby 2011; Mamet & Kershaw 2012; Kullman 2014a).

Med utgångspunkt från projektets resultat och den allmänna kunskapen om olika lokaler föreslås att projektet begränsas till åtta olika lokaler – fyra i vardera län. Detta torde motsvara vad som är möjligt att utföra under ett och samma år. Samtliga lokaler centreras kring och inkluderar data från lokaler som inventerats hittills i projektet. Urvalet baseras på befintlighet av en mer eller mindre fullständig trädartszonering (fjällbjörk, gran och tall) i sluttningar, som sträcker sig utan större geomorfologiska diskontinuiteter ett gott stycke över trädgränsen. På så sätt finns utrymme för eventuell framtida klimatbetingad trädgränsstigning, som då inte ovillkorligen begränsas av strikt lokala förhållanden som exempelvis geomorfologi och associerade extrema vind- och snöförhållanden.

Vidare har en viss spridning med avseende på grad av renbetetryck och klimatisk kontinentalitet/marimitet eftersträvat. Även logistiska hänsyn har beaktats. En lokal i varje län kräver helikoptertransport.

För Jämtland föreslås: Getryggen (Figur 19–29), S. Kyrkstenskäftet (Figur 77–79), Lillskarven (Figur 49–51) Gråsidan (Figur 9) och för Dalarna: Ö Barfredhågna (Figur 96–98), Härjehågna (Figur 100–102), Fulufjället (Figur 126–128) och Köarskärsfjället (Figur 130–132).

För samtliga lokaler genomförs en grunddokumentation av historiska fotoobjekt under något av de närmaste åren. Till detta kommer ny fotografisk dokumentation av träd och plantor på ett sätt som ger en representativ och heltäckande bild av strukturen i hela ekotonen, det vill säga inte enbart det översta trädet (trädgränsen) för varje trädart. Samtliga objekts vitalitet skattas enligt en bestämd skala.

För området ovanför trädgränsen bestäms den högsta gränsen för trädplantor med en minimihöjd av 0,5, 1,0 och 1,5 meter respektive. Motsvarande individer fotograferas och koordinatsätts. Alla lokaler bör samtidigt oanalyseras vart tredje år. Försök bör göras med individmärkning av plantor, exempelvis med någon form av numrerade plast- eller metallbrickor. Användning av handdatorer bör testas för att underlätta och standardisera fältregistreringar.

Alternativ 2

En alternativ form för projektets fortsättning är en modifiering av den metodik som hittills tillämpats. Istället för att som tidigare på varje lokal dokumentera enbart det översta trädet av varje art så utvidgas programmet till det tre översta individerna av björk, gran och tall. Antalet lokaler reduceras med några av de logistiskt mest svårtillgängliga och farliga objekten (branta blocksluttningar), samt några lokaler där trädgränsen i dag ligger mycket nära fjällets topp eller branta klippstup.

De aktuella lokalerna är: Korpflyet (Figur 33–35), Hamrafjället (Figur 56–57), Gittjetjarve (Figur 81–83); Nipfjället (Figur 108, 109, 111–112, 114–116); Storfjället (Fig. 134–136).

Omdrev 1 – Jämtlands län

De undersökta lokalerna i Jämtlands län sträcker sig från Åreskutan i norr till Sonfjället i söder (Figur 1).

Trädgränsernas förändring mellan perioderna 2006–2007 och 2010–2013 redovisas lokalvis och art för art. Till detta kommer uppgifter om trädgränsernas positioner omkring 1915 och 1975 på samma lokaler. För detaljerade beskrivningar av de enskilda lokalernas geologi, geomorfologi, lokalklimat och växttäcke hänvisas till Öberg (2008).



Figur 14. Fjällbjörkskogen från skogsgränsen och nedåt är på många håll starkt påverkad av historiskt markutnyttande av samer och fåbodbrukare. När detta nyttjande upphör inleds igenväxtningsprocesser vars hastighet beror av klimatets utveckling. Trädgränsen är däremot mer opåverkad och regleras i hög grad av rent naturliga krafter. Den är därför det optimala valet som miljöindikator. Bilden visar igenväxande rengärde. Handölsdalen (Mettjeburretjakke) 2013-05-31.



1 Åreskutan S

Åreskutan är ett välkänt sydväxtberg i de svenska fjällen. Fjället består av mjuka kalkrika bergarter i botten som överlagras av hårdare bergarter (gnejs och amfibolit). De lättvittrade bergarterna vid basen bidrar till den stora artrikedomen och till de rikliga förekomsterna av sydiskandinaviska arter i de branta, sydligt exponerade sluttningarna.


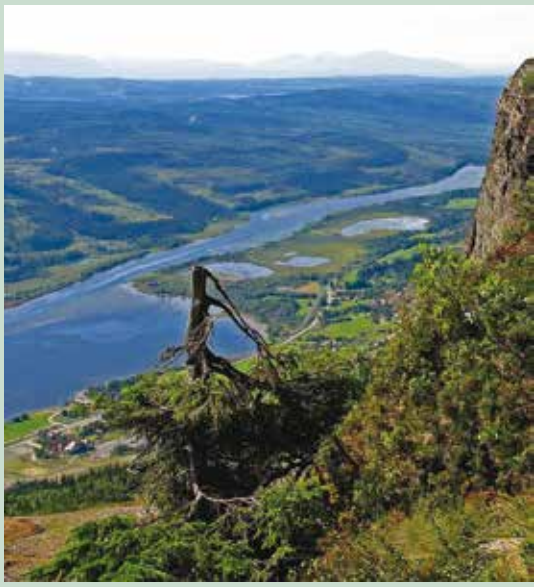


Figur 15. En av få tallar på Åreskutan. Svartberget, 890 meter över havet. Vänster. Tallen är svårt skadad av frosttorka. 2010-06-29. Höger. Trots skadorna har tallen återhämtat sig väl. 2011-08-30.

Björkens trädgräns är oförändrad vid 1 010 meter över havet. Granens trädgräns har stigit 30 meter. Trädformiga tallar saknas i den aktuella sluttningen. De tallar som påträffats är små (< 1 meter) och få till antalet. Samtliga växer i övre delen av trädgränsområdet, ofta i starkt vindexponerade lägen. Figur 16 och 17.

| Figur 16. Åreskutan S (1 420 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2010-06-29 | 1 010 |
|  | 2007-08-23 | 1 010 |
| | 1975 | 955 |
| | 1915 | 845 |

Figur 17. Åreskutan S (1 420 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2010-06-29 | 1 010 |
|  | 2007-08-23 | 980 |
| | 1975 | 980 |
| | 1915 | 835 |

2 Getryggen O



Berggrunden domineras av amfibolit och gnejs som täcks av relativt finkorniga jordar av glacifluvialt ursprung, morän och torv. På högre nivåer dominerar frostsprängt berg.



Björkens trädgräns har på grund av ras sänkts fem meter. Granens och tallens trädgräns är oförändrade. Figur 19–21.




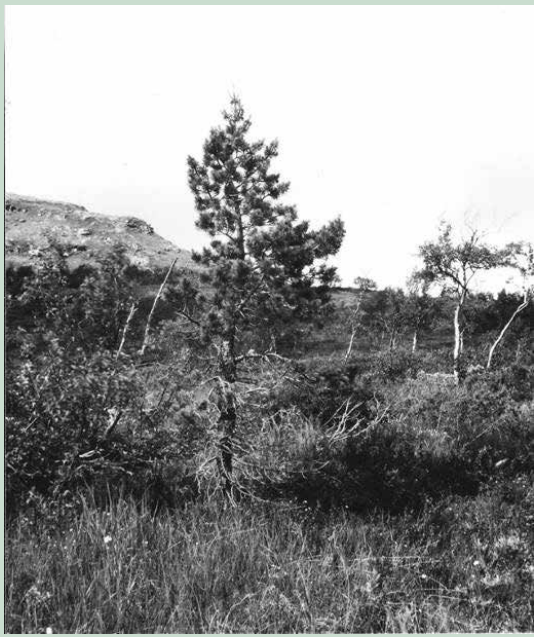
Figur 18. Getryggens O-sluttning från 840 meter över havet. 1915 var sluttningen på bilden helt trädlös. 2010-06-29.

Figur 19. Getryggen O (1 382 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2010-06-28 | 935 |
|  | 2003-07-20 | 940 |
| | 1978 | 920 |
| | 1915 | 810 |

| Figur 20. Getryggen O (1 382 meter över havet) | | |
|--|---------------------|-----------------------------------|
| Gran (Picea abies) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2010-06-28 | 830 |
|  | 2004-07-27 | 830 |
| | 1978 | 830 |
| | 1915 | 730 |

Figur 21. Getryggen O (1 382 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2010-06-28 | 775 |
|  | 2004-07-27 | 775 |
| | 1978 | 700 |
| | 1915 | 700 |

3 Getryggen SO



Berggrunden domineras av amfibolit och gnejs som täcks av relativt finkorniga jordar av glacifluvialt ursprung, morän och torv. På högre nivåer dominerar frostsprängt berg.


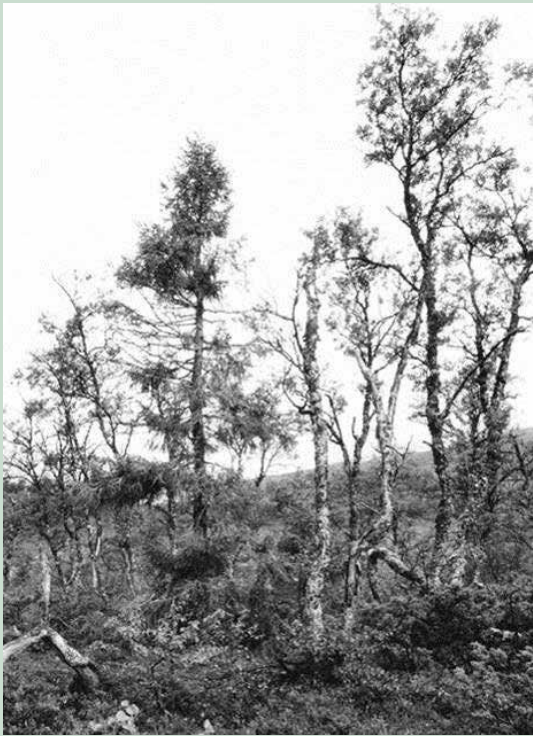
Björkens trädgräns har flyttats upp med tio meter och granens trädgräns är oförändrad. Tall saknas. Figur 23 och 24.



Figur 22. Getryggens SO-sluttning från 820 meter över havet. 2010-06-27.

Figur 23. Getryggen SO (1 382 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2010-06-27 | 905 |
|  | 2004-07-27 | 895 |
| | 1978 | 890 |
| | 1915 | 810 |

| Figur 24. Getryggen SO (1 382 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2010-06-27 | 795 |
|  | 2005-07-25 | 795 |
| | 1978 | 765 |
| | 1915 | 740 |



4 Getryggen S

Berggrunden domineras av amfibolit och gnejs som täcks av relativt finkorniga jordar av glacialfluvialt ursprung, morän och torv. På högre nivåer dominerar frostsprängt berg.



Björkens trädgräns har flyttats upp med 35 meter. Granens trädgräns är oförändrad. Figur 26 och 27.



Figur 25. Getryggens sydsluttning från 740 meter över havet. 2011-09-21.

| Figur 26. Getryggen S (1 382 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-07-19 | 970 |
|  | 2004-07-27 | 935 |
| | 1978 | 935 |
| | 1915 | 835 |

Figur 27. Getryggen S (1 382 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2010-06-27 | 820 |
|  | 2004-07-27 | 820 |
| | 1978 | 770 |
| | 1915 | 770 |

5 Getryggen SV



Berggrunden domineras av amfibolit och gnejs som täcks av relativt finkorniga jordar av glacifluvialt ursprung, morän och torv. På högre nivåer dominerar frostsprängt berg.

Björkens trädgräns har flyttats upp med 20 meter. Gran och tall saknas som träd. Figur 29.



Figur 28. Getryggens SV-sluttning. 2011-09-21.

Figur 29. Getryggen SV (1 382 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-04-30 | 950 |
|  | 2004-07-27 | 930 |
| | 1975 | 855 |
| | 1915 | 810 |

6 Gåsen V



Gåsen har en pyramidliknande form. Trädgränsområdet 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. Gran och tall saknas som träd. Sluttningen är starkt vindexponerad mellan raviner och sänkor.

Björkens trädgräns är oförändrad. Många björkar i exponerade och torra lägen är i mycket dålig kondition. Vissa har transformerats från träd till låga buskformer. Figur 31.



Figur 30. Gåsens V-sluttning från cirka 900 meter över havet. 2010-07-07.

Figur 31. Gåsen V (1 425 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2010-07-07 | 940 |
|  | 2006-09-23 | 940 |
| | 1975 | 935 |
| | 1915 | 910 |

7 Korpflyet SSO



Berggrunden utgörs huvudsakligen av vemdalskvarst och floran är artfattig. Blockfält täcker större delen av den branta sydslutningen. Lavrishedar dominerar markvegetationen mellan blocken.



Björkens trädgräns har stigit fem meter. De flesta björkar i trädgränsområdet är i påtagligt sämre kondition (mer bladfattiga) än 2006. Granens och tallens trädgränser är oförändrade. Snabbväxande meterhöga tallplantor finns högt ovanför tallens trädgräns. Figur 33–35.





Figur 32. Korpflyets S-sluttning från 880 meter över havet. 2011-08-03.

Figur 33. Korpflyet SSO (1 175 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-03 | 1 135 |
|  | 2006-07-11 | 1 130 |
| | 1974 | 1 110 |
| | 1915 | 1 025 |

| Figur 34. Korpflyet SSO (1 175 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-03 | 1 070 |
|  | 2006-07-11 | 1 070 |
| | 1975 | 1 060 |
| | 1915 | 945 |

Figur 35. Korpflyet SSO (1 175 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-03 | 905 |
|  | 2006-07-11 | 905 |
| | 1975 | 905 |
| | 1915 | 845 |

8 Sonfjället NO



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.



Björkens trädgräns är oförändrad. Björkarna har dock allmänt förlorat bladmassa. Granens och tallens trädgränser har avancerat 35 respektive 5 meter. Figur 37–39.




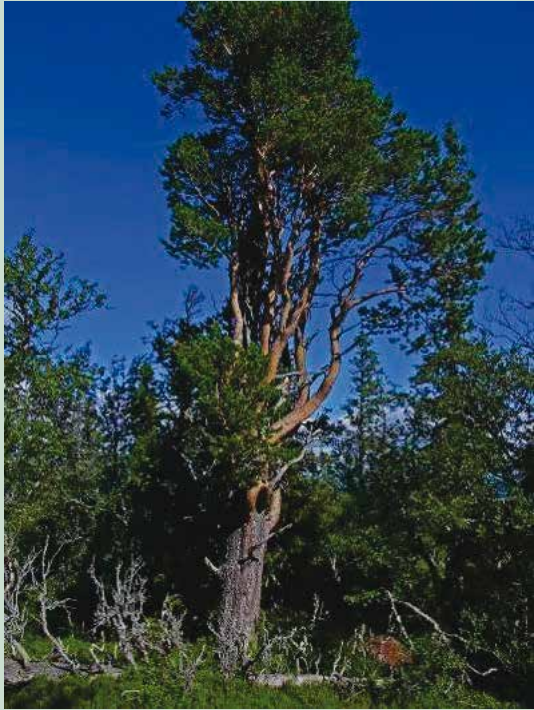
Figur 36. Sonfjällets N-NO-sluttning. 2011-08-02.

Figur 37. Sonfjället NO (1 150 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-02 | 1 040 |
|  | 2006-07-12 | 1 040 |
| | 1974 | 980 |
| | 1915 | 915 |

| Figur 38. Sonfjället NO (1 150 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-02 | 930 |
|  | 2006-07-11 | 895 |
| | 1975 | 940 |
| | 1915 | 885 |

Figur 39. Sonfjället NO (1 150 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-02 | 815 |
|  | 2006-07-11 | 810 |
| | 1975 | 905 |
| | 1915 | 845 |

9 Gråsidan V



Berggrunden utgörs huvudsakligen av vemdalskvartsit och floran är artfattig. Frostsprängda block och blockrik morän täcker större delen av kalfjället. Lavrishedar dominerar markvegetationen mellan blocken.



Björkens trädgräns har sänkts 15 meter. Granens och tallens trädgränser är oförändrade. Figur 41–43.





Figur 40. Gråsidans V-sluttning 945 meter över havet. 2011-08-01.

Figur 41. Gråsidan V (1 193 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-01 | 1 000 |
|  | 2006-07-11 | 1 015 |
| | 1974 | 995 |
| | 1915 | - |

| Figur 42. Gråsidan V (1 193 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-01 | 995 |
|  | 2006-07-11 | 995 |
| | 1975 | 990 |
| | 1915 | 910 |

Figur 43. Gråsidan V (1 193 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-01 | 955 |
|  | 2006-07-11 | 955 |
| | 1975 | 940 |
| | 1915 | 910 |

10 Storskarven O



Berggrunden består av lättvittrade bergarter med god vattenhållande förmåga vilket avspeglas i vegetationens sammansättning och struktur. Storskarvens OSO-sluttning, är förhållandevis slät och måttligt sluttande nedanför den översta branten.



Björkens och granens trädgränser är oförändrade. Tallens trädgräns har flyttats upp med fem meter. Figur 45–47.





Figur 44. Storskarvens O-sluttning från cirka 990 meter över havet. 2011-08-08.

Figur 45. Storskarven OSO (1 260 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-08 | 985 |
|  | 2006-07-17 | 985 |
| | 1975 | 970 |
| | 1915 | 900 |

| Figur 46. Storskarven OSO (1 260 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-08 | 1 005 |
|  | 2006-07-17 | 1 005 |
| | 1975 | 885 |
| | 1915 | 830 |

Figur 47. Storskarven OSO (1 260 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-08 | 935 |
|  | 2006-07-17 | 930 |
| | 1975 | 840 |
| | 1915 | 820 |



11 Lillskarven SO



Lillskarvens relativt branta SO-sluttning har ett ängsartad växttäcke. Många björkar i och strax under trädgränsen har knäckts av laviner. Samtliga arters trädgränser är oförändrade. Figur 49–51.




Figur 48. Lillskarvens SO-sluttning från 1 025 meter över havet. 2011-08-10.

Figur 49. Lillskarven SO (1 224 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-10 | 1 080 |
|  | 2006-07-16 | 1 080 |
| | 1975 | 1 065 |
| | 1915 | 950 |

| Figur 50. Lillskarven SO (1 224 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-10 | 1 020 |
|  | 2006-07-16 | 1 020 |
| | 1975 | 855 |
| | 1915 | 830 |

Figur 51. Lillskarven SO (1 224 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-10 | 940 |
|  | 2006-07-16 | 940 |
| | 1975 | 825 |
| | 1915 | 820 |

12 Småhamrarna SO



Småhamrarna domineras av frisk ängsartad växtlighet. Sydsluttningens lägre delar upptas av en mosaik av fjällbjörkskog och rikkärr.



Björkens trädgräns har sänkts med 35 meter och tallens trädgräns har stigit 15 meter. Figur 53 och 54.



Figur 52. Småhamrarna S-sluttning från cirka 915 meter över havet. 2011-08-11.

Figur 53. Småhamrarna SO (1 070 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-11 | 990 |
|  | 2006-07-18 | 1 025 |
| | 1975 | 1 010 |
| | 1915 | 940 |

| Figur 54. Småhamrarna SO (1 070 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-11 | 915 |
|  | 2006-07-18 | 900 |
| | 1975 | 870 |
| | 1915 | 860 |



13 Hamrafjället SSO

Hamrafjället är ett välkänt och botaniskt mycket rikt subalpint sydväxtberg. Berggrunden består av lättvittrade skifferbergarter. Högörtvegetation och rikkärr dominerar sydsluttningen.



Björkens trädgräns har sänkts fem meter och tallens trädgräns har stigit tio meter. Figur 56 och 57.



Figur 55. Hamrafjällets S-sluttning från 990 meter över havet. 2011-08-09.

| Figur 56. Hamrafjället SSO (1 138 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-09 | 1 055 |
|  | 2006-07-18 | 1 060 |
| | 1975 | 1 060 |
| | 1915 | 970 |

Figur 57. Hamrafjället SSO (1 138 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-09 | 935 |
|  | 2006-07-18 | 925 |
| | 1975 | 870 |
| | 1915 | 860 |

14 Hamrafjellet SSV

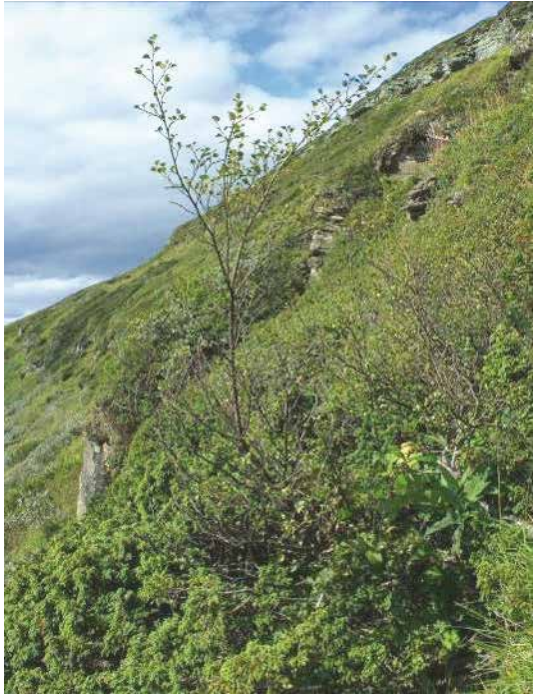
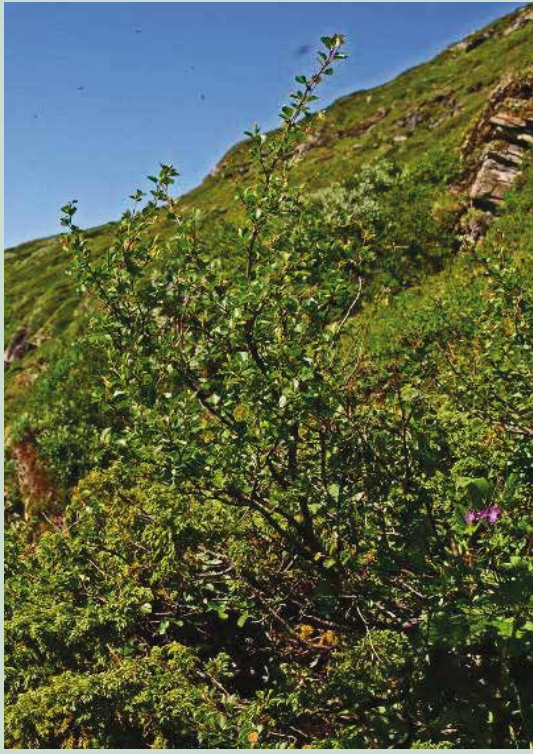
Hamrafjellet är ett välkänt och botaniskt mycket rikt subalpint sydvästberg. Berggrunden består av lättvittrade skifferbergarter. Högörtvegetation och rikkärr dominerar sydsluttningen.



Björkens och tallens trädgränser är oförändrade. Figur 59 och 60.



Figur 58. Hamrafjellets SV-sluttning från cirka 1 070 meter över havet. 2011-08-14.

Figur 59. Hamrafjället SSV (1 138 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-014 | 1 085 |
|  | 2006-07-15 | 1 085 |
| | 1975 | 1 085 |
| | 1915 | 1 030 |

| Figur 60. Hamrafjället SSV (1 138 meter över havet) | | |
|--|---------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-09/14 | 990 |
|  | 2006-07-15 | 990 |
| | 1975 | 990 |
| | 1915 | 935 |



15 Brattriet SV

Brattriet (1 276 meter över havet) är ett brant och blockrikt fjäll med en berggrund av hård, svårvittrad kvartsit, vilket medför en artfattig flora.



Björkens och granens trädgränser är oförändrade. Tallens trädgräns har sänkts fem meter. Figur 62–64.





Figur 61. Brattriets SV-sluttning. 2011-08-12.

| Figur 62. Brattriet SV (1 276 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-12 | 1 135 |
|  | 2006-08-22 | 1 135 |
| | 1975 | Ej dok. |
| | 1915 | 947 |

Figur 63. Brattriet SV (1 276 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-12 | 1 030 |
|  | 2006-08-22 | 1 030 |
| | 1975 | 975 |
| | 1915 | 960 |

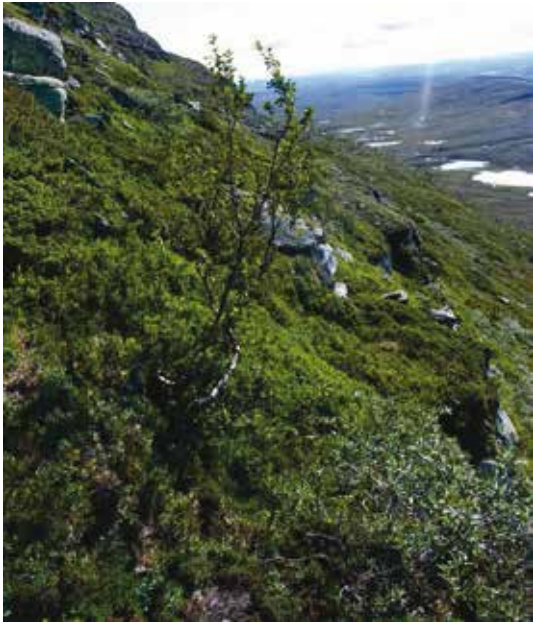

| Figur 64. Brattriet SV (1 276 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-12 | 1 040 |
|  | 2006-08-22 | 1 045 |
| | 1975 | 975 |
| | 1915 | 960 |

16 Brattriet S


Björkens och granens trädgränser är oförändrade. Tallens trädgräns har stigit 70 meter. Figur 66–68.





Figur 65. Brattriets S-sluttning från cirka 1 060 meter över havet. 2011-08-12.

| Figur 66. Brattriet S (1 276 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-12 | 1 135 |
|  | 2006-08-22 | 1 135 |
| | 1975 | 1 115 |
| | 1915 | 975 |

Figur 67. Brattriet S (1 276 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-08-12 | 975 |
|  | 2006-08-22 | 975 |
| | 1975 | 975 |
| | 1915 | 960 |


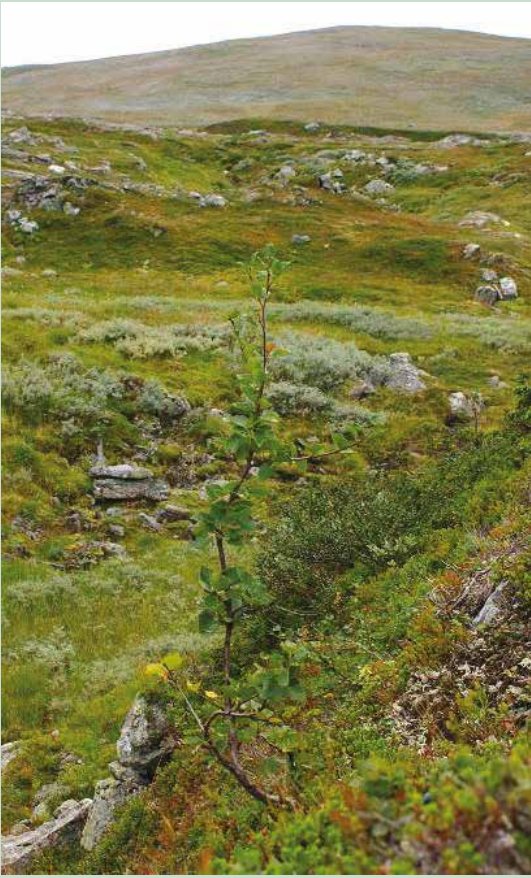
| Figur 68. Brattriet S (1 276 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-08-12 | 1 070 |
|  | 2006-08-22 | 1 000 |
| | 1975 | 955 |
| | 1915 | 920 |

17 Hårdeggen NV



Hårdeggen NV är starkt vindexponerad och torr i de övre delarna där skarpa rishedar och vindblottor karakteriserar växttäckets. Samtliga arters trädgränser är oförändrade. Figur 70–72.





Figur 69. Hårdeggens NV-sluttning från 900 meter över havet. 2011-09-01.

| Figur 70. Hårdeggen NV (967 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-09-01 | 920 |
|  | 2006-09-01 | 920 |
| | 1975 | 865 |
| | 1915 | 855 |

Figur 71. Hårdeggen NV (967 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-09-06 | 885 |
|  | 2006-09-01 | 885 |
| | 1975 | 770 |
| | 1915 | 750 |



| Figur 72. Hårdeggen NV (967 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-09-01 | 720 |
|  | 2006-09-01 | 720 |
| | 1975 | 715 |
| | 1915 | 710 |

18 Hårdeggen N



Björkens och talens trädgränser är oförändrade. Figur 74 och 75.



Figur 73. Hårdeggens N-sluttning från 925 meter över havet. 2011-09-01.

| Figur 74. Hårdeggen N (967 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2011-09-01 | 930 |
|  | 2006-09-18 | 930 |
| | 1975 | 925 |
| | 1915 | 855 |

Figur 75. Hårdeggen N (967 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2011-09-01 | 735 |
|  | 2006-08-18 | 735 |
| | 1975 | 735 |
| | 1915 | 735 |

19 S Kyrkstensskaftet SO



Slutningen är relativt jämn och flack i trädgränsområdet. Rishedar dominerar med dvärgbjörk och viden i lite fuktigare sänkor.



Björkens trädgräns har stigit tio meter. Granens och tallens trädgränser är konstanta. Vissa tallar är påverkade av älgbetning. Figur 77–79.





Figur 76. S Kyrkstensskaftets SO-sluttning från 940 meter över havet. 2012-08-04.

Figur 77. S Kyrkstenskraftet SO (1 212 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-08-04 | 925 |
|  | 2006-09-22 | 915 |
| | 1975 | 870 |
| | 1915 | 840 |

| Figur 78. S Kyrkstenskraftet SO (1 212 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-04 | 885 |
|  | 2006-09-22 | 885 |
| | 1975 | 840 |
| | 1915 | 755 |

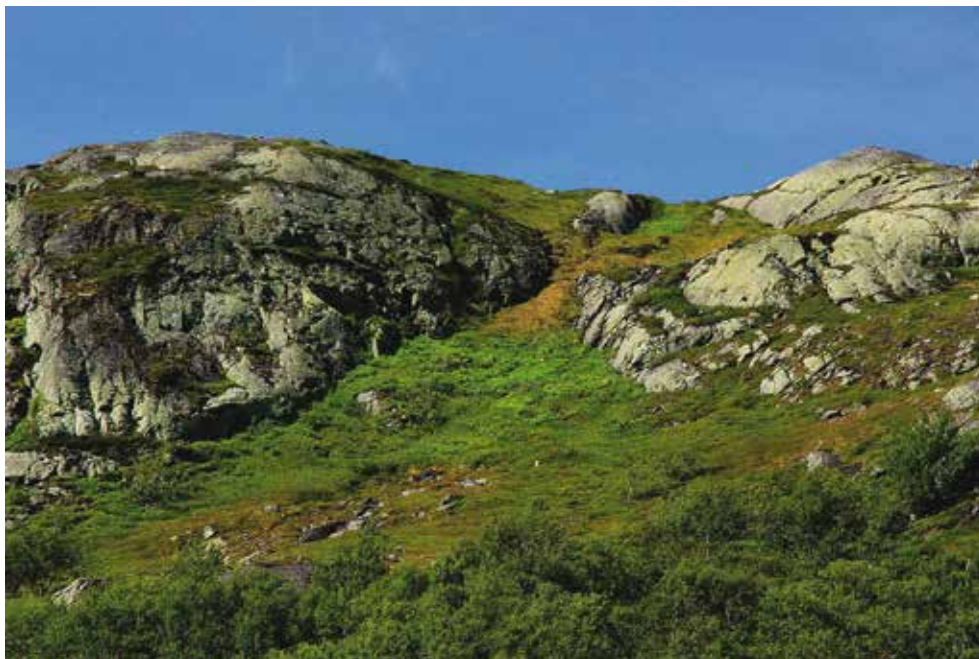
Figur 79. S Kyrkstenskäftet SO (1 212 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-08-04 | 720 |
|  | 2006-09-22 | 720 |
| | 1975 | 800 |
| | 1915 | 755 |

20 Gittjetjarve S

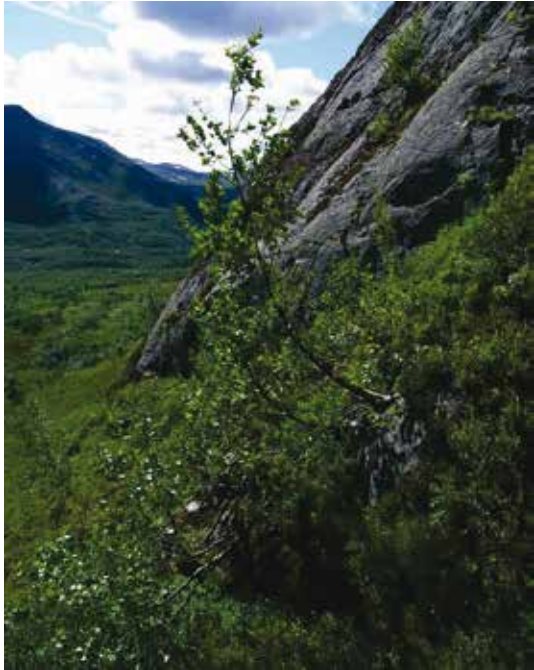

Rishedar dominerar i den relativt torra sluttningen, som uppåt avslutas med en klippbrant. Toppen består till stor del av kalt berg med skyddade klippskrevor där enstaka björkar etablerats.



Björkens, granens och tallens trädgränser är oförändrade. Många tallar uppvisar svåra skador (stora barrförluster, brutna grenar och stammar), huvudsakligen orsakade av frosttorka. Figur 81–83.





Figur 80. Gittjetjarves S-sluttning från cirka 900 meter över havet. 2012-08-04.

Figur 81. Gittjetjarve S (1 010 meter över havet)

| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2012-08-04 | 965 |
|  | 2006-09-22 | 965 |
| | 1974 | 945 |
| | 1915 | 890 |

| Figur 82. Gittjetjarve S (1 010 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-04 | 895 |
|  | 2006-09-22 | 895 |
| | 1974 | 895 |
| | 1915 | 820 |

Figur 83. Gitttjetjarve S (1 010 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-08-04 | 830 |
|  | 2006-09-22 | 830 |
| | 1974 | 795 |
| | 1915 | 785 |

Omdrev – Dalarnas Län

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 4).

Trädgränsernas förändring mellan perioderna 2006–2007 och 2010–2013 redovisas lokalvis och art för art. Till detta kommer uppgifter om trädgränsernas positioner omkring 1915 och 1975 på samma lokaler. För detaljerade beskrivningar av de enskilda lokalernas geologi, geomorfologi, lokalklimat och växttäcke hänvisas till Öberg (2008).



Figur 84. Nära trädgränsen förökar sig gran och fjällbjörk huvudsakligen vegetativt genom klonbildning. Vissa individer kan på så sätt uppnå en mycket hög ålder. Granen på bilden "Old Tjikko" är minst 9 500 år gammal. Fulufjället 2013-07-27 (Öberg & Kullman 2011, 2013).



1 Slagufjället N

Slagufjället (1 129 meter över havet) är både sten- och blockrikt, men är trots detta ett av Dalarnas mest växtrika fjäll. Det gäller framför allt i de mot öster vettande branterna. Topplatån är tydligt påverkad av ren.

Björkens trädgräns är oförändrad. Såväl trädgränsbjörkarna som andra björkar i trädgränsområdet uppvisar tecken på avtagande vitalitet i form av reducerad bladmassa. Många yngre tallar har skador orsakade av frosttorka, möjligen i kombination med fejning (älg eller ren). Granens och tallens trädgränser ej dokumenterade. Figur 86.



Figur 85. Slagufjällets N-sluttning från 970 meter över havet. 2012-06-27.

| Figur 86. Slagufjället N (1 129 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-06-27 | 985 |
|  | 2007-07-11 | 985 |
| | 1975 | - |
| | 1915 | 875 |



2 Slagufjället S

Slagufjället (1 129 meter över havet) är både sten- och blockrikt, men är trots detta ett av Dalarnas mest växtrika fjäll. Det gäller framför allt i de mot öster vettande branterna. Topplatån är tydligt påverkad av ren.

Samtliga arters trädgränser är oförändrade. Figur 88–90.





Figur 87. Slagufjällets S-sluttning från 950 meter över havet. 2012-06-27.

| Figur 88. Slagufjället S (1 129 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-06-27 | 1 050 |
|  | 2007-07-11 | 1 050 |
| | 1975 | 990 |
| | 1915 | 970 |

Figur 89. Slagufjället S (1 129 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-06-27 | 940 |
|  | 2007-07-11 | 940 |
| | 1975 | 895 |
| | 1915 | 895 |

| Figur 90. Slagufjället S (1 129 meter över havet) | | |
|--|---|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-06-27 | 1 005 |
| |  | 2007-07-11 |
| | 1975 | 935 |
| | 1915 | 855 |


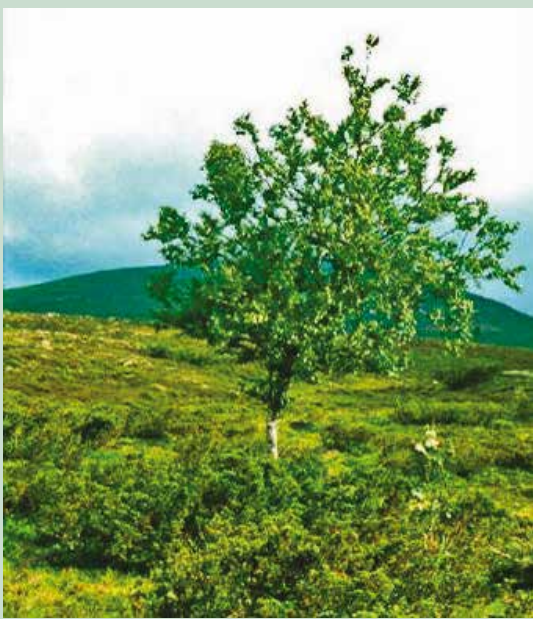
3 Storvätteshågna S

Berggrunden domineras av sparagmiter och vemdalskvartsit. Dessa är anledningen såväl till områdets artfattiga flora.



Björkens trädgräns är oförändrad, men såväl trädgränsbjörken som andra björkar i trädgränsområdet uppvisar tecken på avtagande vitalitet i form av reducerad bladmassa. Granens och tallens trädgränser är oförändrade. Många yngre tallar uppvisar skador orsakade av frosttorka. Figur 92–94.





Figur 91. Misslyckat försök till trädgränsstigning. 1,3 meter hög tallplanta död av frosttorka. Storvätteshågna S-sluttning, 990 meter över havet. 2013-07-28.

| Figur 92. Storvätteshåga S (1 204 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-06-28 | 875 |
|  | 2003-08-23 | 875 |
| | 1975 | 875 |
| | 1915 | 875 |

Figur 93. Storzvätteshågna S (1 204 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2012-06-28 | 900 |
|  | 2003-03-24 | 900 |
| | 1975 | 900 |
| | 1915 | 830 |

| Figur 94. Storvätteshåga S (1 204 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-06-28 | 975 |
|  | 2003-03-24 | 975 |
| | 1975 | - |
| | 1915 | 835 |



4 Ö Barfredhågna S

Berggrunden domineras av flackt liggande sparagmiter och vemdalskvartsit, som är anledningen till områdets artfattiga flora.

Björkens, granens och tallens trädgränser är oförändrade (Figur 94–96). Många björkar är i mycket dåligt skick. Figur 96–98.





Figur 95. Ö. Barfredhågnas S-sluttning från 855 meter över havet. Ett glest bälte av tall, som utmärker övergången mellan skog och fjäll, etablerades huvudsakligen under det varma 1930-talet. 2013-07-27.

| Figur 96. Ö Barfredhågna S (1 022 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-07-23 | 915 |
|  | 2007-07-13 | 915 |
| | 1975 | 920 |
| | 1915 | 920 |

Figur 97. Ö Barfredhågna S (1 022 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|-----------------------------|--------------|----------------------------|
| | 2013-07-23 | 975 |
| | 2007-07-13 | 975 |
| | 1978 | 955 |
| | 1915 | 925 |



| Figur 98. Ö Barfredhågna S (1 022 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-07-23 | 950 |
|  | 2007-07-13 | 950 |
| | 1978 | 890 |
| | 1915 | 875 |



5 Härjehåгна OSO

Härjehåгна, som är beläget i skarven mellan kvartsitberggrunden och den underliggande sandstenen, är ett ur botanisk synvinkel rikt fjäll.



Björkens och granens trädgränser är oförändrade. De få björkar som finns är alla relativt bladfattiga, en trolig effekt av torka. Tallens trädgräns har sänkts med 30 meter. Den förra trädgränstallen har brutits av, troligen på grund av fejning i kombination med skador orsakade av frosttorka. Figur 100–102.





Figur 99. Härjehågnas OSO-sluttning från 970 meter över havet. 2012-06-26.

| Figur 100. Härjehågna OSO (1 185 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-06-26 | 995 |
|  | 2007-07-12 | 995 |
| | 1975 | 995 |
| | 1915 | 960 |

Figur 101. Härjehågna OSO (1 185 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-06-26 | 1 050 |
|  | 2007-07-12 | 1 050 |
| | 1975 | 985 |
| | 1915 | 865 |

| Figur 102. Härjehågna OSO (1 185 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-06-26 | 920 |
|  | 2007-07-12 | 955 |
| | 1978 | 925 |
| | 1915 | 850 |



6 Molnet SSO

Berggrunden domineras av hård och svårvittrad kvartsit vilket ger stor blockrikedom och liten artrikedom.



Samtliga arters trädgränser är oförändrade. Av dessa uppvisar granen den största vitaliteten. Figur 104–106.





Figur 103. Molnets (Mulen) SSO-sluttning från 950 meter över havet. 2012-06-29.

| Figur 104. Molnet SSO (1 192 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-06-29 | 1 095 |
|  | 2006-07-19 | 1 095 |
| | 1975 | 1 070 |
| | 1915 | 975 |

Figur 105. Molnet SSO (1 192 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-06-29 | 1 005 |
|  | 2006-07-19 | 1 005 |
| | 1975 | 975 |
| | 1915 | 975 |

| Figur 106. Molnet SSO (1 192 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-06-29 | 1 005 |
|  | 2006-07-19 | 1 005 |
| | 1975 | 980 |
| | 1915 | 875 |



7 Nipfjället OSO

Berggrunden domineras av hård och svårvittrad kvartsit vilket ger stor blockrikedom och liten artrikedom.



Björkens och tallens trädgränser är oförändrade. Många trädgränsnära björkar har blivit påtagligt bladfattiga. Unga tallplantor ovanför trädgränsen är hårt drabbade av frosttorka. Granens trädgräns har inte dokumenterats. Figur 108–109.



Figur 107. Nipfjällets OSO-sluttning från 895 meter över havet. 2013-06-25.

| Figur 108. Nipfjället OSO (1 104 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-06-23 | 1 015 |
|  | 2006-07-21 | 1 015 |
| | 1975 | 1 000 |
| | 1915 | - |

Figur 109. Nipfjället OSO (1 104 meter över havet)

| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2013-06-23 | 945 |
|  | 2006-07-21 | 945 |
| | 1975 | 905 |
| | 1915 | 905 |



8 Nipfjället S



Berggrunden domineras av hård och svårvittrad kvartsit vilket ger stor blockrikedom och liten artrikedom.

Björkens och granens trädgränser är oförändrade. Tallens trädgräns är inte dokumenterad. Figur 111–112.



Figur 110. Nipfjällets S-sluttning från 1 015 meter över havet, 2007-07-22.

| Figur 111. Nipfjället S (1 104 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-06-23 | 1 005 |
|  | 2006-07-21 | 1 005 |
| | 1975 | 980 |
| | 1915 | 960 |

| Figur 112. Nipfjället S (1 104 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-06-23 | 990 |
|  | 2006-07-21 | 990 |
| | 1975 | 985 |
| | 1915 | 975 |



9 Nipfjället SV

Berggrunden domineras av hård och svårvittrad kvartsit vilket ger stor blockrikedom och liten artrikedom.



Samtliga arters trädgränser är oförändrade. Många björkar vid trädgränsen är påtagligt bladfattiga. Figur 114–116.

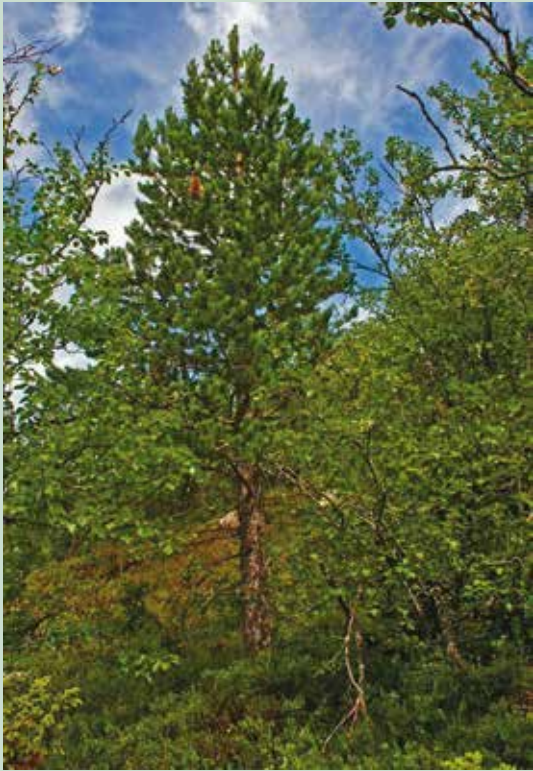


Figur 113. Nipfjällets SV-sluttning från 1 025 meter över havet. 2006-07-21.

| Figur 114. Nipfjället SV (1 104 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-06-23 | 1 035 |
|  | 2006-07-21 | 1 035 |
| | 1975 | 995 |
| | 1915 | 900 |

Figur 115. Nipfjället SV (1 104 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2013-06-23 | 1 005 |
|  | 2006-07-21 | 1 005 |
| | 1975 | 980 |
| | 1915 | 960 |

| Figur 116. Nipfjället SV (1 104 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
| Bild saknas på grund av hållregn och tät dimma. Ingen påtaglig förändring sedan 2006. | 2013-06-23 | 945 |
|  | 2006-07-21 | 945 |
| | 1975 | 920 |
| | 1915 | 900 |



10 Städjan SV

Städjan SV är en torr sluttning som saknar egentligt björkbälte. Vindexponerade partier i sluttningens lägre delar domineras av ljung och kråkris, medan fältskiktet i skyddade lägen på högre nivåer huvudsakligen utgörs av blåbär och dvärgbjörk.


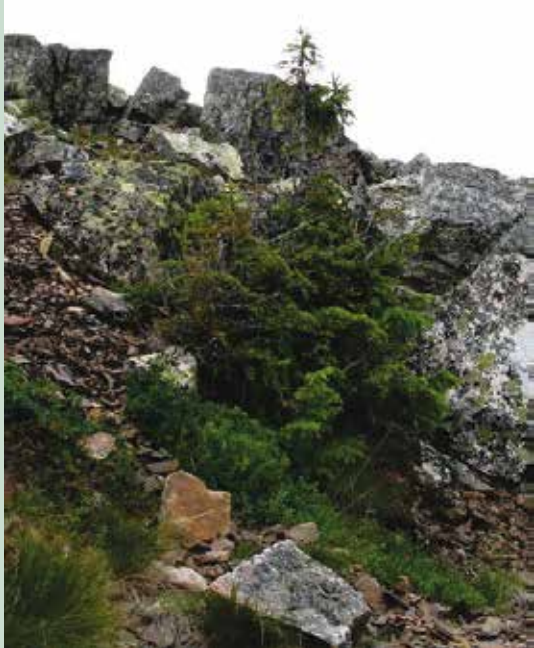
Björkens trädgräns har sänkts 70 meter (Figur 118), samtidigt som granens och tallens trädgränser är oförändrade. De flesta unga tallplantor som etablerats i trädgränsezonen under senare årtionden är svårt skadade av frosttorka. Detsamma gäller vissa trädformiga granar i trädgränsområdet. Figur 118–120.





Figur 117. Städjans S-sluttning från 950 meter över havet. 2013-06-24.

| Figur 118. Städjan SV (1 131 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-06-24 | 895 |
|  | 2007-07-14 | 965 |
| | 1975 | 905 |
| | 1915 | 905 |

Figur 119. Städjan SV (1 131 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|---|--------------|----------------------------|
|  | 2013-06-24 | 1 115 |
|  | 2007-07-14 | 1 115 |
| | 1975 | 1 040 |
| | 1915 | 980 |

| Figur 120. Städjan SV (1 131 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-06-24 | 1 045 |
|  | 2007-07-14 | 1 045 |
| | 1975 | 895 |
| | 1915 | 865 |



11 Städjan O

Terrängen i trädgränsområdet är småkullig och växttäcknet domineras av omfattande blåbärshedar, som relaterar till en förhållandevis omfattande snöackumulation.



Björkens och tallens trädgränser har sänkts med 25 respektive 15 meter. Granens trädgräns är oförändrad. Figur 122–124.





Figur 121. Stadjans O-sluttning från 970 meter över havet. 2013-07-26.

| Figur 122. Stådjan O (1 131 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-06-25 | 960 |
|  | 2005-09-05 | 985 |
| | 1975 | 960 |
| | 1915 | 955 |

Figur 123. Städjan O (1 131 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2013-06-25 | 970 |
|  | 2005-09-05 | 970 |
| | 1975 | 930 |
| | 1915 | 905 |

| Figur 124. Stådjan O (1 131 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2013-06-25 | 960 |
|  | 2005-09-05 | 975 |
| | 1975 | 865 |
| | 1915 | 865 |



12 Fulufjället SO

Fulufjället (1 039 meter över havet) har karaktären av en mjukt böljande högfjällsplatå med branta, skogklädda sidor. Berggrunden utgörs av huvudsakligen svårvittrad och näringsfattig dalasandsten som lokalt bildar stora blockhav. Fjället betas inte av tamren.



Samtliga arters trädgränser är oförändrade (Figur 126–128).





Figur 125. Fulufjällets SO-sluttning från 900 meter över havet. 2013-07-27.

| Figur 126. Fulufjället SO (1 039 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-29 | 945 |
|  | 2006-07-20 | 945 |
| | 1978 | 910 |
| | 1915 | 870 |

Figur 127. Fulufjället SO (1 039 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-08-29 | 915 |
|  | 2004-08-12 | 915 |
| | 1974 | 930 |
| | 1915 | 820 |

| Figur 128. Fulufjället SO (1 039 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-29 | 940 |
|  | 2006-07-20 | 940 |
| | 1975 | 870 |
| | 1915 | 795 |



13 Köarskärsfjället SSV

Köarskärsfjället utmärks av en mycket diffus övergång mellan skog och fjäll. Fjällhedarna intas av ljung i fuktigare svackor och av kråkbär i torrare och mer exponerade partier. Fjället betas inte av tamren.



Samtliga arters trädgränser är oförändrade. Figur 130–132.



Figur 129. Köarskärsfjällets S-slutting från 870 meter över havet. 2010-06-15.

| Figur 130. Köarskärsfjället SSV (875 meter över havet) | | |
|---|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-30 | 875 |
|  | 2007-10-04 | 875 |
| | 1974 | 855 |
| | 1915 | 855 |

| Figur 131. Köarskärsfjället SSV (875 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-30 | 870 |
|  | 2007-10-04 | 870 |
| | 1974 | 855 |
| | 1915 | 855 |

| Figur 132. Köarskärsfjället SSV (875 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-30 | 875 |
|  | 2007-10-04 | 875 |
| | 1974 | 815 |
| | 1915 | 790 |



14 Storfjället NV

Topplatån (890–895 meter över havet) där trädgränserna i dag befinner sig utgörs av ett svagt undulerande hedlandskap. Växtäcket domineras av fuktig, mosaikartad lavrished med kråkbär och lavar i torrare, exponerade partier samt kruståtel, styvstarr och stagg i grunda svackor. Fjället betas inte av tamren.

Björkens och tallens trädgränser är oförändrade. Granens trädgräns har sänkts 15 meter på grund av stambrott, troligen orsakat av snö- eller ispålagring i samband med hård vind. Figur 134–136.





Figur 133. Storfjällets topplatå från 910 meter över havet. 2007-07-10.

| Figur 134. Storfjället NV (924 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-30 | 925 |
|  | 2007-07-10 | 925 |
| | 1973 | 900 |
| | 1915 | 860 |

Figur 135. Storfället NV (924 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-08-30 | 910 |
|  | 2007-07-10 | 925 |
| | 1973 | 875 |
| | 1915 | 820 |



| Figur 136. Storfjället NV (924 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-30 | 920 |
|  | 2007-07-10 | 920 |
| | 1973 | 855 |
| | 1915 | 790 |

15 Gammalsätersfjället OSO



Gammalsätersfjällets högsta delar utgörs av en starkt vindpåverkad höjdplatå. Samtliga arters trädgränser är oförändrade. Hela topplatån är glest översållad med döda och halvdöda tallar (2–3 meter höga), vilket troligen är en effekt av de kalla, blåsiga och snöfattiga vintrarna i slutet av 1980-talet. Figur 138–140.



Figur 137. Gammalsätersfjällets topplatå 870 meter över havet. 2007-07-17.

| Figur 138. Gammalsätersfjället OSO (971 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Björk (<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>czerepanowii</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-30 | 865 |
|  | 2007-07-15 | 865 |
| | 1972 | 855 |
| | 1915 | 835 |

Figur 139. Gammalsättersfjället OSO (971 meter över havet)

| Gran (<i>Picea abies</i>) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|--|--------------|----------------------------|
|  | 2012-08-30 | 860 |
|  | 2007-07-15 | 860 |
| | 1972 | 860 |
| | 1915 | 825 |

| Figur 140. Gammalsätersfjället OSO (971 meter över havet) | | |
|--|--------------|----------------------------|
| Tall (Pinus sylvestris) | År/fotodatum | Altitud (meter över havet) |
|  | 2012-08-30 | 865 |
|  | 2007-07-15 | 865 |
| | 1972 | 800 |
| | 1915 | 780 |

Citerad litteratur

- Akasofu, S.-I. 2013. On the present halting of global warming. *Climate* 1, 4-11.
- Behringer, W. 2010. A cultural history of climate. Polity Press, London.
- Bergman, J. mfl. 2005. Deglacial vegetation succession and Holocene tree-limit dynamics in the Scandes Mountains, west-central Sweden: stratigraphic data compared to megafossil evidence. *Review of Palaeobotany and Palynology* 134, 129-151.
- Bernes, C. 2007. En ännu varmare värld. Växthuseffekten och klimatets förändringar. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Chapin, F.S. med flera 2005. Role of land-surface changes in Arctic summer warming. *Science* 310, 657-660.
- Danby, R.K. 2011. Monitoring forest-tundra ecotones at multiple scales. *Geography Compass* 5/9, 623-640.
- Danby, R.K. & Hik, D.K. 2007. Variability, contingency and rapid change in recent subarctic alpine treeline dynamics. *Journal of Ecology* 95, 352-363.
- Elliott, G.P. & Kipfmüller, K.F. 2010. Multi-scale influences of slope aspect and spatial pattern on ecotonal dynamics at upper treeline in the Southern Rocky Mountains U.S.A. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 42, 45-56.
- Emanuelsson, U. 2009. Europeiska kulurlandskap. Formas, Stockholm.
- Enquist, F. 1933. Trädgränsundersökningar. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift 31, 145-191.
- Esper, J. & Schweingruber, F.H. 2004. Large-scale tree-line changes recorded in Siberia. *Geophysical Research Letters* 31, 1-5.
- Fagre, D.B., Peterson, D.L. & Hessle, A.E. 2003. Taking the pulse of mountains: ecosystem responses to climatic variability. *Climate Change* 59, 263-282.
- Gansert, D. 2004. Treelines of the Japanese Alps – altitudinal distribution and species composition under contrasting winter climates. *Flora* 1999, 143-156.
- Grace, J., Berninger, F. & Nagy, L. 2002. Impacts of climate change on the treeline. *Annals of Botany* 90, 537-544.
- Hallinger, M., Manthey, M. & Wilmking, M. 2010. Establishing a missing link: warm summers and winter snow cover promote shrub expansion into alpine tundra in Scandinavia. *New Phytologist* 186, 890-899.
- Harsch, M.A. mfl. 2009. Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming. *Ecology Letters* 12, 1040-1049
- Hofgaard, A. mfl. 2013. Latitudinal forest advance in northernmost Norway since the early 20th century. *Journal of Biogeography* 40, 938-949.
- Holtmeier, F.-K. & Broll, G. 2005. Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales- *Global Ecology and Biogeography* 14, 395-410.

- Holtmeier, F-K, och Broll, G. 2007. Treeline advance – driving processes and adverse factors. *Landscape Online* 1, 1-33.
- Holtmeier, F.-K. & Broll, G. 2010. Wind as an ecological agent at treeline in North America, the Alps and the European Subarctic. *Physical Geography* 31, 203-233.
- Humlum, O., Solheim, J.E. & Stordahl, K. 2011. Identifying natural contributions to late Holocene climate change. *Global and Planetary Change* 79, 145-156.
- Hustich, I. 1978. The growth of Scots pine in northern Lapland, 1928-77. *Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo* 15, 241-252.
- Kapralov, D.S., Shiyatov, S.G., Moiseev, P.A. & Fomin, V.V. 2006. Changes in composition, structure, and altitudinal distribution of low forest at the upper limit of their growth in the northern Ural Mountains. *Russian Journal of Ecology* 37, 367-372.
- Kharuk, V.I. Dvinskaya, M.L., Ranson, K.J. & Im, S.T. 2005. Expansion of evergreen conifers to the larch-dominated zone and climatic trends. *Russian Journal of Ecology* 26, 186-193.
- Kilander, S. 1965. Alpine zonation in the southern part of the Swedish Scandes. *Acta Phytogeographica Suecica* 50, 78-84.
- Kirdyanov, A.V., Hagedorn, F., Knorre, A.A., Fedotova, E.V., Vaganov, E.A., Naurzbaev, M.M., Moiseev, P.A. & Rigling, A. 2012. 20th century tree-line advance and vegetation changes along an altitudinal transect in the Putorana Mountains, northern Siberia. *Boreas* 41, 56-67.
- Kjällgren, L & 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.
- Körner, C. 1998. A re-assessment of high elevation tree-line positions and their explanation. *Oecologia* 155, 455-459
- Körner, C. 2007. Climatic treelines: conventions, global patterns, causes. *Erdkunde* 61, 316-324.
- Körner, C. & Paulsen, J. 2004. A world-wide study of high altitude treeline temperatures. *Journal of Biogeography* 31, 713-732.
- Kullman, L. 1975. Fjällområdena kan inte alltid betraktas som genuin vildmark. *Samefolket* 1975(1), 4-7.
- 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. 1981. Recent tree-limit dynamics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the southern Swedish Scandes. *Wahlenbergia* 8, 1-67.
- 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. 1997. Tree-limit stress and disturbance- a 25-year survey of geological change in the Scandes Mountains of Sweden. *Geografiska Annaler* 79 A, 139-165.
- Kullman, L. 1998. Tree-limits and montane forests in the Swedish Scandes: sensitive biomonitors of climate change and variability. *Ambio* 27, 312-321.
- Kullman, L. 2002. Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes. *Journal of Ecology* 90, 68–77.
- Kullman, L. 2004. Tree-limit landscape evolution at the southern fringe of the Swedish Scandes (Dalarna province) – Holocene and 20th century perspectives. *Fennia* 182, 73-94.
- Kullman, L. 2005. Gamla och nya träd på Fulufjället – vegetationshistoria på hög nivå. *Svensk Botanisk Tidskrift* 99, 315-329.
- 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. Modern climate change and shifting ecological states of the subalpine/alpine landscape in the Swedish Scandes. *Geo-Öko* 28, 187-221.
- Kullman, L. 2007c. 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. 2010a. A richer, greener and smaller alpine world. Review and projection of warming-induced plant cover change in the Swedish Scandes. *Ambio* 39, 159-169.
- Kullman, L. 2010b. A century of treeline change and stability. *Landscape Online* 17, 1-31.
- Kullman, L. 2012. The alpine treeline ecotone in the southernmost Swedish Scandes: dynamism on different scales. I: Myster, R. (ed.): *Ecotones Between Forest and Grassland*, 271-298. Springer, New York.
- Kullman, L. 2013. Ecological treeline history and palaeoclimate – review of megafossil evidence from the Swedish Scandes. *Boreas* 42, 555-567.
- Kullman, L. 2014a. Recent cooling and dynamic responses of alpine summit floras in the southern Swedish Scandes. *Nordic Journal of Botany* DOI:10.1111/j.1756-1051.2013.00229x.
- Kullman, L. 2014b. Treeline (*Pinus sylvestris*) landscape evolution in the Swedish Scandes – A 40-year demographic effort viewed in a broader temporal context. *Norwegian Journal of Geography* 2014, 155-167.
- Kullman, L. 2014c. Trädgränsekotonens dynamik 1974-2013 – upprepad fotografering på fjället Ö. Barfredhåga i norra Dalarna. Rapport Länsstyrelsen Dalarnas län.
- Kullman, L. & Öberg, L. 2009. Post-Little Ice Age tree line rise and climate warming in the Swedish Scandes – a landscape-scale perspective. *Journal of Ecology* 97, 415-429.

- Kvamme, M. 1993. Holocene forest limit fluctuations and glacier development in the mountains of Southern Norway, and their relevance to climate history. *Palaeoclimate Research* 9, 99-113.
- Leonelli, G., Pelfini, M., Morra di Cella, U. & Garavaglia, V. 2011. Climate warming and the recent treeline shift in the European Alps. The role of geomorphological factors in high-altitude sites. *Ambio* 40, 264-273.
- Lloyd, A.H. 2005. Ecological histories from Alaskan tree line provide insight into future change. *Ecology* 86, 1687-1695.
- Mamet, S.D. & Kershaw, G.P. 2012. Subarctic and alpine tree line dynamics during the last 400 years in north-western and central Canada. *Journal of Biogeography* 39, 855-868.
- Miehe, G. & Miehe, S. 2000. Comparative high mountain research on the treeline ecotone under human influence. *Erdkunde* 54, 34–50.
- Moen, J. mfl. 2004. Potential effects of climate change and treeline position in the Swedish Scandes. *Ecology and Society* 16, 1-10.
- Nägeli, W. 1969. Waldgrenze und Kampfzone in den Alpen. *Hespa Mitteilungen* 19, 1-44.
- Nagy, J., Nagy, L., Legg, C.J. & Grace, J. 2013. The stability of the *Pinus sylvestris* treeline in the Cairngorms, Scotland over the last millennium. *Plant Ecology & Diversity* 6, 7-19.
- Persson, G., Eklund, D., Ohlsson, A., Sjökvist, E. & Asp, M. 2013. Klimatanalys för Jämtlands län. SMHI rapport 2013(69), 1-173.
- Rannow, S. 2013. Do shifting forest limits in south-west Norway keep up with climate change? *Scandinavian Journal of Forest Research* 28, 574-580.
- Scherrer, D. & Körner, C. 2011. Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. *Journal of Biogeography* 38, 406-416.
- Smith, H. 1911. Postglaciala regionförskjutningar i norra Härjedalens och södra Jämtlands fjälltrakter. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 33(7), 503-530.
- Smith, H. 1920. Vegetationen och dess utvecklingshistoria i det centralsvenska högfjällsområdet. *Almqvist & Wiksells, Uppsala*.
- Smith, H. 1957. En botanisk undersökning av Neans dalgång. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Avhandlingar i Naturskyddsärenden*, 16, 1–21.
- SOU 2006. Samernas sedvanemarker. *Statens Offentliga Utredningar* 2006:14. Stockholm.
- SOU 2007: Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. *Statens Offentliga Utredningar*, 2007:60. Stockholm.
- Sundqvist, M.K., Björk, R.G. & Molau, U. 2008. Establishment of boreal forest species in alpine dwarf-shrub heath in subarctic Sweden. *Plant Ecology & Diversity* 1, 67-75.

- Theurillat, J.-P. & Guisan, A. 2001. Potential impact of climate on vegetation in the European Alps, a review. *Climatic Change* 50, 77-109.
- Tranquillini, W. 1979. *Physiological ecology of the alpine timberline*. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg.
- Van Bogaert, R. mfl. 2011. A century of tree line changes in sub-Arctic Sweden shows local and regional variability and only minor influence of 20th century warming. *Journal of Biogeography* 38, 907-921.
- Virtanen, R., Eskelinen, A. & Gaare, E. 2003. Long-term changes in alpine plant communities in Norway and Finland. I: *Alpine Biodiversity in Europe* (eds. L. Nagy, G. Grabherr, C. Körner & D.B.A. Thompson), pp. 411-422. Springer, Berlin.
- Willis, K.J. mfl. 2010. Biodiversity baselines, thresholds and resilience; testing predictions and assumptions using palaeoecological data. *Trends in Ecology and Evolution* 25, 583-591.
- Öberg L. 2008. Trädgränsen som indikator för ekologiska klimateffekter i fjällen. En metodstudie för långsiktig miljöövervakning. Länsstyrelsen Jämtlands län, Miljöövervakningsfunktionen, Avdelningen Miljö och Fiske. Rapport 2008:1. ISSN 1654-4269.
- Öberg, L. & Kullman, L. 2011a. Recent glacier recession – a new source of postglacial treeline and climate history in the Swedish Scandes. *Landscape Online* 26, 1-38.
- Öberg L. & Kullman L. 2011b. Ancient subalpine clonal spruces (*Picea abies*) – sources of postglacial vegetation history in the Swedish Scandes. *Arctic* 64(2), 183–196.
- Öberg L. & Kullman L. 2012. Contrasting short-term performance of mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii*) treeline along a latitudinal continentality-maritimity gradient in the southern Swedish Scandes. *Fennia* 190(1), 19–40.
- Öberg, L. & Kullman, L. 2013. *Fjällens urgamla granar – en faktabok*. Jengel Förlag, Östersund.

Appendix 1–3

Appendix 1. Trädgräns positioner (meter över havet) och förändring (meter) lokalvis för björk i Dalarna och Jämtland, 2006–2007, respektive 2010–2013.

| Lokal | 2006–2007 | 2010–2013 | Förändring (m) |
|-------------------------|-----------|-----------|----------------|
| Slagufjället N | 985 | 985 | 0 |
| Slagufjället S | 1 050 | 1 050 | 0 |
| Storvätteshågna S | 875 | 875 | 0 |
| Ö. Barfredhågna S | 915 | 915 | 0 |
| Härjehågna OSO | 995 | 995 | 0 |
| Molnet SSO | 1 095 | 1 095 | 0 |
| Nipfjället OSO | 1 015 | 1 015 | 0 |
| Nipfjället S | 1 005 | 1 005 | 0 |
| Nipfjället SV | 1 035 | 1 035 | 0 |
| Städjan S | 965 | 895 | -70 |
| Städjan O | 985 | 960 | -25 |
| Fulufjället SO | 945 | 945 | 0 |
| Köarskärsfjället SSV | 875 | 875 | 0 |
| Storfjället NV | 925 | 925 | 0 |
| Gammalsätersfjället OSO | 865 | 865 | 0 |
| Åreskutan S | 1 010 | 1 010 | 0 |
| Getryggen O | 940 | 935 | -5 |
| Getryggen SO | 895 | 905 | 10 |
| Getryggen S | 935 | 970 | 35 |
| Getryggen SV | 930 | 950 | 20 |
| Gåsen V | 940 | 940 | 0 |
| Sonfjället SSO | 1 130 | 1 135 | 5 |
| Sonfjället NO | 1 040 | 1 040 | 0 |
| Sonfjället V | 1 015 | 1 000 | -15 |
| Storskarven OSO | 985 | 985 | 0 |
| Lillskarven SO | 1 080 | 1 080 | 0 |
| Småhamrarna | 1 025 | 990 | -35 |
| Hamrafjället SSO | 1 060 | 1 055 | -5 |
| Hamrafjället SSV | 1 085 | 1 085 | 0 |
| Brattriet SV | 1 135 | 1 135 | 0 |
| Brattriet S | 1 135 | 1 135 | 0 |
| Hårdeggen NV | 920 | 920 | 0 |
| Hårdeggen N | 930 | 930 | 0 |
| S Kyrkstenskiftet | 915 | 925 | 10 |
| Gittjetjarve S | 965 | 965 | 0 |

Appendix 2. Trädgräns positioner (meter över havet) och förändring (meter) lokalvis för gran i Dalarna och Jämtland, 2006–2007, respektive 2010–2013.

| Lokal | 2006–2007 | 2010–2013 | Förändring (m) |
|--------------------------|-----------|-----------|----------------|
| Slagufjället S | 940 | 940 | 0 |
| Storvätteshågna S | 900 | 900 | 0 |
| Ö. Barfredhågna S | 975 | 975 | 0 |
| Härjehågna OSO | 1 050 | 1 050 | 0 |
| Molnet SSO | 1 005 | 1 005 | 0 |
| Nipfjället S | 990 | 990 | 0 |
| Nipfjället SV | 1 005 | 1 005 | 0 |
| Städjan S | 1 115 | 1 115 | 0 |
| Städjan O | 970 | 970 | 0 |
| Fulufjället SO | 915 | 915 | 0 |
| Köarskärsfjället SSV | 870 | 870 | 0 |
| Storfjället NV | 925 | 910 | -15 |
| Gammalsättersfjället OSO | 860 | 860 | 0 |
| Åreskutan S | 980 | 1 010 | 30 |
| Getryggen O | 830 | 830 | 0 |
| Getryggen SO | 795 | 795 | 0 |
| Getryggen S | 820 | 820 | 0 |
| Sonfjället SSO | 1 070 | 1 070 | 0 |
| Sonfjället NO | 895 | 930 | 35 |
| Sonfjället S | 995 | 995 | 0 |
| Storskarven OSO | 1 005 | 1 005 | 0 |
| Lillskarven SO | 1 020 | 1 020 | 0 |
| Hamrafjället SSV | 990 | 990 | 0 |
| Brattriet SV | 1 030 | 1 030 | 0 |
| Brattriet S | 975 | 975 | 0 |
| Hårdeggen NV | 885 | 885 | 0 |
| S Kyrkstensskäftet SO | 885 | 885 | 0 |
| Gittjetjarve S | 895 | 895 | 0 |

Appendix 3. Trädgräns positioner (meter över havet) och förändring (meter) lokalvis för tall i Dalarna och Jämtland, 2006–2007, respektive 2010–2013.

| Lokal | 2006–2007 | 2010–2013 | Förändring (m) |
|-------------------------|-----------|-----------|----------------|
| Slagufjället S | 1 005 | 1 005 | 0 |
| Storvätteshåga S | 975 | 975 | 0 |
| Ö. Barfredhåga S | 950 | 950 | 0 |
| Härjehåga OSO | 955 | 920 | 35 |
| Molnet SSO | 1 005 | 1 005 | 0 |
| Nipfjället OSO | 945 | 945 | 0 |
| Nipfjället SV | 945 | 945 | 0 |
| Städjan S | 1 045 | 1 045 | 0 |
| Städjan O | 975 | 960 | -15 |
| Fulufjället SO | 940 | 940 | 0 |
| Köarskärsfjället SSV | 875 | 875 | 0 |
| Storfjället NV | 920 | 920 | 0 |
| Gammalsätersfjället OSO | 865 | 865 | 0 |
| Getryggen O | 775 | 775 | 0 |
| Sonfjället SSO | 905 | 905 | 0 |
| Sonfjället NO | 810 | 815 | 5 |
| Sonfjället V | 955 | 955 | 0 |
| Storskarven OSO | 930 | 935 | 5 |
| Lillskarven SO | 940 | 940 | 0 |
| Småhamrarna | 900 | 915 | 15 |
| Hamrafjället SSO | 925 | 935 | 10 |
| Brattriet SV | 1 045 | 1 040 | -5 |
| Brattriet S | 1 000 | 1 070 | 70 |
| Hårdeggen NV | 720 | 720 | 0 |
| Hårdeggen N | 735 | 735 | 0 |
| S Kyrkstensskäftet SO | 720 | 720 | 0 |
| Gittjetjarve S | 830 | 830 | 0 |



Länstyrelsen Jämtlands län

Postadress: 831 86 Östersund
Besöksadress: Residensgränd 7
Telefon: 010-225 30 00
jamtland@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/jamtland