



Analyser av resultat från övervakningsprogram fjällvegetation

**vägledning samt analys av Åreskutans vegetation
2006–2017**

Simon Hallstan och Ulf Grandin

SLU, Vatten och miljö: Rapport 2018:1

Referera gärna till rapporten på följande sätt:

Hallstan, S. & Grandin, U. 2018. Analyser av resultat från övervakningsprogram fjällvegetation – vägledning samt analys av Åreskutans vegetation 2006–2017. SLU, Vatten och miljö: Rapport 2018:1

Omslagsfoto: Åreskutan 2011. Foto: Bengt-Göran Carlsson.

Kontakt

simon.hallstan@slu.se

<http://www.slu.se/vatten-miljo>

Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning	2
Summary	3
1 Introduktion	4
2 Metoder.....	5
2.1 Inventering	5
2.2 Databearbetningar och dataurval.....	5
2.3 Harmoniseringar.....	5
2.4 Miljövariabler.....	6
2.5 Analysmetoder	6
2.5.1 Multivariat analys av artsammansättning och vegetationstyper.....	7
2.5.2 Förändringar för arter.....	8
2.5.3 Förändringar i täckningsgrader, vegetationshöjd och trädantal	8
2.6 Naturvårdsarter.....	9
3 Resultat	10
3.1 Multivariata analyser.....	10
3.2 Förändringar i enskilda vegetationsvariabler över tid.....	13
3.2.1 Förändringar på artnivå.....	13
3.2.2 Förändringar i täckningsgrader, vegetationshöjd och trädantal	18
3.3 Biologisk mångfald	22
3.4 Naturvårdsarter.....	23
4 Diskussion.....	24
4.1 Vegetationsförändringar.....	24
4.2 Naturvårdsarter.....	26
4.3 Framtida arbete.....	26
4.3.1 Variabelns lämplighet för miljöövervakning	27
4.4 Slutsatser	27
Referenser	28
Bilagor	30

Förord

Denna rapport utgör rapportering av ett projekt med syfte att utföra olika analyser av vegetationsdata på Åreskutan, från det regionala miljöövervakningsprogrammet Fjällvegetation, och beskriva metodiken så analyserna kan upprepas när mer data finns tillgängligt för Åreskutan, och för andra fjäll inom övervakningsprogrammet. Projektet har utförts av SLU på uppdrag av Länsstyrelsen i Jämtlands län, enligt överenskommelse med diarienummer 502-6782-2017 och med Tomas Bergström som länsstyrelsens kontaktperson.

Tack till följande personer som bidragit till rapporten: Bengt-Göran Carlsson (Limo Natur), som svarar på frågor om inventeringarna; Artur Larsson (SLU), som hjälpt till med uttag från databasen Artfakta; Tomas Bergström (Länsstyrelsen i Jämtlands län), Lotta Ström (Länsstyrelsen i Västerbottens län) och Daniel Udd (Länsstyrelsen i Dalarnas län) som kommenterat tidigare versioner av rapporten; Richard K. Johnson (SLU), som interngranskat rapporten.

Sammanfattning

Inom övervakningsprogrammet Fjällvegetation inventeras vegetationen på tolv svenska fjäll. Inventeringarna utförs i provytor utlagda längs transekter som utgår från toppen av fjällen och är riktade åt olika håll. Varje fjäll inventeras var femte år. Åreskutan, som var det första fjället att inventeras, har inventerats tre gånger.

I den här rapporten presenteras resultaten från analyser av de tre inventeringarna på Åreskutan. Det övergripande målet har varit att föreslå metoder och tillvägagångssätt för att analysera och presentera data från övervakningsprogrammet, samt tillhandahålla en vägledning som kan användas för analyser av data i framtiden.

Analyserna av data visade att vegetationen som förväntat påverkas av bland annat höjd över havet och lutning, samt att vegetationen skiljer sig mellan de olika transekterna. Vi fann signifikanta förändringar i artsammansättning mellan inventeringarna, men förändringarna var små jämfört med variationen mellan ytor, och det fanns ingen enhetlig riktning i förändringarna. Analys av omsättning av arter över tid visade på skillnader mellan olika ytor, men den skillnaden kunde inte förklaras med ytornas höjd, lutning, riktning eller markfuktighet, och skiljde sig heller inte mellan transekterna. Sammantaget indikerar dessa resultat att det ännu inte finns några storskaliga riktade förändringar i vegetationen på Åreskutan.

Analyser av enskilda arter visade att vissa arter var vanligare vissa år, exempelvis var ängsfryle vanligare 2006 än övriga år, och mattlumner vanligast vid inventeringen 2017. Många arters förekomstfrekvens förändrades mellan inventeringarna, och många av arterna med största förändringar var lavar. Den stora ökningen av många lavars förekomstfrekvens är intressant, och bör undersökas ytterligare. Exempel på arter vars förekomstfrekvens minskade mellan 2006 och 2017 är odon, fjällglim och fjällskära.

Medianhöjd över havet för enskilda arters förekomster minskade för 60 arter, var oförändrad för 15, och ökade för 56 mellan 2006 och 2017. Den största ökningen observerades för revlumner, vars medianhöjd ökade med 223 meter. Den högsta observationen på fjället var högre 2017 än 2006 för 50 av 131 arter, oförändrad för 52 arter och lägre för 29 arter. Svartfibblors maxhöjd minskade mest, med 328 meter, medan revlummers maxhöjd ökade mest, med 308 meter.

Antalet träd per provyta och medelhöjd på träden förändrades inte signifikant under perioden 2006–2017. Däremot minskade både trädsiktets täckningsgrad och fältsiktets täckningsgrad. Även flera enskilda vegetationstypers täckningsgrad minskade mellan inventeringarna. Om de olika observerade förändringarna beror på naturlig klimatvariation, skillnader i betestryck, klimatförändringar, andra mänskliga aktiviteter, eller om den beror på variation i inventeringarna, går inte att klargöra. När analyserna upprepas för fler fjäll, och när mer data finns tillgängliga, kommer det bli lättare att dra slutsatser om orsaker till observerade förändringar.

Summary

The alpine vegetation of twelve Swedish mountains is surveyed in a regional monitoring program. The vegetation is surveyed within circular plots, placed in transects starting from the mountain peak and facing different compass directions. Each mountain is surveyed every five years. Mount Åreskutan in the county of Jämtland, which was the first mountain to be surveyed, has been surveyed on three occasions, 2006, 2011 and 2017. In this report, results from the three surveys of Åreskutan are presented. The overall aims were to suggest methods for analyses and ways to present the data graphically, and to provide guidelines for future analyses.

The analyses showed that the vegetation, as expected, is affected by e.g. altitude and slope, and that the vegetation differs between transects. We found significant differences in species composition between years, but changes were minor compared to variation between plots, and no consistent direction of the change was observed. Analyses of the species turnover over time revealed differences between plots, but differences could not be explained by altitude, slope, aspect or moisture, and was not different between transects. Combined these results indicated no major changes of the vegetation on mount Åreskutan.

Analysis of individual species showed that species prevalence changed between surveys. For example, *Luzula multiflora* was found more frequently in 2006 than in other years, and *Lycopodium clavatum* was more common in 2017. The prevalence of many species changed between surveys; especially notable was the increase in prevalence of several lichens. The reason for this is unknown, and should be investigated further. Several species were recorded less frequently in 2017 compared to 2006 and 2011, for example *Lycopodium clavatum*, *Silene acaulis* and *Saussurea alpine*.

Median altitude decreased for 60 species, was unchanged for 15 species and increased for 56 species between 2006 and 2017. The largest increase, 223 meters, was observed for *Lycopodium annotinum*. The highest observation (i.e. maximum altitude) was higher 2017 than 2006 for 50 of 131 species, unchanged for 52 species and lower for 29 species. The taxon for which the maximum altitude decreased the most was *Hieracium sect. Subalpina* (328 meters), whereas the taxon for which the maximum altitude decreased the most was *Lycopodium annotinum* (308 meter).

The number of trees and the mean tree height did not change significantly between 2006 and 2017. In contrast, the total coverage of the tree layer and the field layer, and the coverage of several individual vegetation types, decreased over time. Whether or not the observed changes are caused by natural variability, variability of herbivore pressure, climate change or other human activities, or if there are discrepancies between surveys, cannot be concluded. Repeating the analyses with data from other mountains, and with data from future surveys of Åreskutan, will increase the probability of finding the underlying causes of observed changes.

1 Introduktion

Den pågående klimatförändringen förväntas ha stor påverkan på alpina ekosystem, både på grund av relativt hög risk för förluster av arter och på grund av möjligheter för nya arter att etablera sig där klimatet tidigare varit begränsande (Thuiller et al 2005). En förväntad konsekvens är att fjällväxter skiftar sin utbredning norrut och mot högre höjder, och att andra arter konkurrerar ut fjällväxter längre söderut och vid lägre höjder. Sådana förändringar har också observerats. Bland annat har en förflyttning uppåt för tall, gran, viden och rönn setts längs Åreskutans sydsluttning (Kullman 2002), och i Abiskofjällen har man konstaterat en ökning av trädbiomassa och förändring av vegetationstyper (Hedenås m fl 2011).

För att undersöka om det skett förändringar, och i så fall vilka, och vilka konsekvenser förändringarna kan innebära, är övervakning av fjällmiljöer nödvändig. Vegetationen i de svenska fjällen övervakas som en del av nationella miljöövervakningsprogrammet NILS (Nationell Inventering av Landskapet i Sverige), men de 1370 provytor som inventeras i fjällkedjan är till största del belägna på lägre höjder (Eriksson 2015). För att komplettera den nationella övervakningen skapades därför delfprogrammet Fjällvegetation, som är inriktat på vegetation på högre höjder. Övervakningsprogrammet startades 2006 i Jämtlands län. År 2010 anslöt Västertobottens län och 2016 Dalarnas län. De tolv fjällen som ingår i övervakningen är tänkta att återinventeras var femte år. Inventeringarna utförs i transekter som utgår från toppen på respektive fjäll. Bland annat inventeras täckningsgrader och förekomster av olika arter och artgrupper i samtliga vegetationsskikt.

Det övergripande målet med det här arbetet har varit att föreslå metoder och tillvägagångssätt för att analysera och presentera data från övervakningsprogrammet, samt tillhandahålla en vägledning som kan användas för analyser av data i framtiden.

2 Metoder

2.1 Inventering

Inventeringarna i delprogrammet Fjällvegetation utförs i sex transekter som utgår från högsta toppen på respektive fjäll och placerats ut jämnt fördelat från varandra, med viss anpassning till de topografiska förhållandena. På Åreskutan består varje transekt av 5–14 provytor. Under 2006 inventerades totalt 169 provytor, vilket minskades till 51 vid inventeringen 2011 och till 50 vid inventeringen 2017. Fyrtionio av ytorna inventerades vid alla tre hittills genomförda inventeringar.

Provytorna utgörs av cirklar med radien 10 meter. Inom cirkeln finns tre småytor med radien 28 centimeter. I både de stora (fortsättningsvis 10m-ytor) och de mindre (småytor) provytorna inventeras bland annat täckningsgrader, förekomster av olika arter och artgrupper i samtliga vegetationsskikt (bottenskikt, fältskikt, buskskikt och trädsikt). För mer detaljerad metodbeskrivning se Carlsson (2011, 2017 & 2018).

2.2 Databearbetningar och dataurval

Åreskutan har inventerats tre gånger (2006, 2011 och 2017). Analyserna är begränsade till de provytor som inventerats vid alla tre inventeringstillfällena. Provyta nr 405 inventerades inte alls 2006; data för småytorna i provyta 152 år 2006 fanns inte tillgängliga och data för provyta 231 år 2017 saknades i det datamaterial som levererades till SLU vid projektets start. Detta innebär att totalt 49 stycken 10m-ytor och 47×3 stycken småytor är inkluderade i analyserna.

2.3 Harmoniseringar

Skillnader i metoder och genomförande av inventeringar mellan åren kan innebära att uppmätta skillnader inte beror på förändringar i vegetationen, utan på skillnader i inventeringarna. Därför genomfördes en del bearbetningar med syfte att harmonisera fältdata mellan åren.

Låga täckningsgrader registrerades olika 2017 jämfört med 2006 och 2011, och omkodades därför enligt Tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av hur låga täckningsgrader har noterats de olika åren, och hur de harmoniserats för analyserna i denna rapport.

År	I protokoll	Innebörd	I datafiler för analys
2006, 2011	blankt	Ingen förekomst	0
2006, 2011	1	0–1,4 %	1
2017	blankt	Ingen förekomst	0
2017	0	0–0,5 %	1
2017	1	0,5–1,4%	1

Den taxonomiska nivå som vegetationen bestämdes till skiljde sig mellan åren. Till exempel registrerades underarter av fjällvedel endast 2017. Dessutom användes i några fall olika synonymer för samma taxa. För att kunna genomföra analyserna var en harmonisering nödvändig. En artlista skapades därför med en nivå som är lika för alla inventeringstillfällen (Bilaga A).

2.4 Miljövariabler

Olika miljövariabler användes för att undersöka vilka faktorer som påverkar vegetationen. Höjd över havet togs från Lantmäteriet (GSD-Höjddata, grid 2+), lutning, riktning (väderstreck) och markfuktighet registrerades vid inventeringarna. Ytornas kompassriktning är en cirkulär variabel. Detta innebär till exempel att skillnaden mellan 1° och 359° är numeriskt större än skillnaden mellan 1° och 90°, när det i verkligheten istället är närmare mellan de två senare gradtalen. För att kunna använda kompassriktning i analyserna räknades variabeln därför om till två olika variabler: avstånd (i grader) till norr samt avstånd till öster.

Täckningsgrader av icke-vegetation summerades till en variabel kallad avvikande mark. För 10m-ytorna summerades vattenyta, sten/block/häll, hårdjord/belagd och snöyta och för småytorna vattenyta, sten/block/häll, mineraljord och humus/torv. Om summan blev över 100 % ändrades den till 100 %.

2.5 Analysmetoder

Två olika typer av analyser har genomförts, univariata och multivariata (Tabell 2). Univariata analyser innebär att responsvariabler, exempelvis täckningsgrad av örter, analyseras enskilt. Multivariat analys innebär att flera responsvariabler analyseras samtidigt, exempelvis hela artsamhällen, eller flera olika täckningsgrader.

Målet med de multivariata metoderna var att undersöka och åskådliggöra vilka miljövariabler som styr artsammansättning, och hur arterna ”placerades” längs miljögradienter, samt att testa om artsammansättningen skiljde sig mellan åren. Univariata metoder, det vill säga analyser av enskilda variabler en i taget, genomfördes för att undersöka förändringar över tid för bland annat täckningsgrader.

Tabell 2. Översikt av de analysmetoder som använts i denna rapport.

Undersökning	Analys och metod	Respons	Grafisk presentation
Samband mellan arter, ytor och miljövariabler	Ordinationer med CCA (tillägg vegan i R)	Artsammansättning täckningsgrader	Ordinationsdiagram
Förändring av artsammansättning	Turnover (tillägg betapart i R)	Artsammansättning	
Vegetationsförändringar	Mixed models (tillägg nlme i R)	Täckningsgrader antal träd vegetationshöjd antal taxa	Boxplot punktdiagram
Förändring av förekomstfrekvenser	Grafisk presentation av arter med störst förändring 2006-2017	Antal ytor med observationer av enskilda arter	Stapeldiagram
Förändring av höjdbredning	Grafisk presentation av arter med störst förändring 2006-2017	Höjd för förekomster	Punktdiagram

2.5.1 Multivariat analys av artsammansättning och vegetationstyper

2.5.1.1 Ordinationsanalys

Enkelt uttryckt är den grundläggande delen av en ordinationsanalys att sammanfatta variationen i ett dataset med flera variabler (ex arter) i två eller tre dimensioner, för att kunna visualisera skillnader och likheter mellan exempelvis provytor i ett ordinationsdiagram. En ordinationsanalys gör det möjligt att hitta provytor som liknar varandra, identifiera miljögradienter i datasetet och att undersöka vilka miljövariabler som kan förklara variationen i artsammansättning. Här användes metoden CCA (*Canonical correspondence analysis*), som utfördes med R-tillägget Vegan (Oksanen m. fl 2017) i R version 3.4.2 (R Core Team, 2017). CCA är en väl beprövad metod som tillhandahåller en överblick över förhållandet mellan arter, miljövariabler och lokaler.

CCA-analyserna genomfördes för att (1) få allmän insyn i vilka miljöfaktorer som påverkar vegetationen på Åreskutan, och för att (2) undersöka om det fanns skillnader i artsammansättning mellan inventeringarna. Analyserna utfördes dels på artsammansättningen (närvaro-frånvaro i 10m-ytorna och abundans 0–3 i småytorna), dels på täckningsgrader av olika vegetationstyper (exempelvis ris, örter, glansvide) i både 10m-ytorna och småytorna.

De uppmätta miljövariablernas inflytande på artsammansättning och täckningsgrader testades genom stegvis variabelselektion med funktionen *ordistep* (i Vegan).

Förändringar av vegetationen över tid undersöktes genom att med ett permutations-test undersöka om år signifikant förklarade skillnader i artsammansättning och täckningsgrader (*anova.cca* i Vegan).

2.5.1.2 Förändringar i artsammansättning

Artsammansättningen (engelska *turnover*) mellan inventeringstillfällena undersöktes för att få reda på om det fanns skillnader i förändringens storlek mellan olika delar av fjället, exempelvis mellan ytor på olika höjd. Som mått användes artsammansättningsdelen av Jaccards olikhetsindex (Baselga & Orme 2012), som beräknades för varje yta med tillägget betapart (Baselga m fl 2017) i R.

Linjär regression användes för att undersöka om förändringarna skilde sig mellan ytornas höjd, lutning samt riktning. Skillnader mellan de olika transekterna och mellan provytor med olika markfuktighet undersöktes med Anova eller Kruskal-Wallis test (den senare metoden om variansen inte var lika mellan grupper enligt Bartlett's test).

2.5.2 Förändringar för arter

2.5.2.1 Indikatorvärden per år

Indikatorvärden (Dufrêne & Legendre 1997) beräknades för alla arter och år och kombinationer av år med R-tillägget *indicspecies* (De Cáceres & Legendre 2009). Indikatorvärden beskriver hur väl en art associerar med en grupp, i det här fallet år. Indikatorvärdet består av två delar, *specificity*, hur vanlig arten är i gruppen, och *fidelity*, hur ovanlig den är i andra grupper. Höga indikatorvärden för en art ett år innebär att arten är vanligare det året men inte vanlig andra år. Ett värde på 1.0 skulle innebära att arten påträffats i alla ytor det året, men inte i några ytor andra år. Indikatorvärdenas statistiska signifikans testades med ett permutationstest.

2.5.2.2 Höjdförändringar

Höjdförändringar (observationernas höjd över havet) undersöktes genom att beräkna skillnaden i medianvärdet för förekomster mellan 2006 och 2017. Analyser utfördes enbart för taxa funna vid alla tre inventeringarna.

2.5.2.3 Förekomstfrekvens

För varje art beräknades skillnaden mellan antal ytor där arten hittats 2006 och 2017.

2.5.3 Förändringar i täckningsgrader, vegetationshöjd och trädantal

Eftersom inventeringarna sker i samma ytor vid varje inventeringstillfälle kan observationerna inte sägas vara oberoende. Så kallade *mixed models* är därför en lämplig metod för att analysera förändringar i bland annat täckningsgrader över tid, eftersom man då kan ta hänsyn till att det rör sig om upprepade mätningar i samma provyta.

Mixed models användes för att undersöka förändringar i täckningsgrader, vegetationshöjd, trädantal och antalet taxa över tid. Innan analysen transformerades den beroende variabeln: täckningsgraderna transformerades genom att ta \sin^{-1} av roten,

vegetationshöjder log-transformerade och antal träd samt antal taxa rot-transformerades. Anledningarna till att man transformerar data innan analyser är att erhålla data som möter kraven för olika statistiska tester (främst normalfördelning), samt minskar inflytande från extremvärden (*outliers*).

Analyserna av vegetationshöjd (lavhöjd och trädhöjd) utfördes bara med data från ytor där träd (av respektive art) respektive lavar påträffades varje år. Analys av trädantal utfördes på ytor där respektive art påträffats minst ett år. Höjd för rönn kunde inte analyseras eftersom rönn inte påträffats tillräckligt ofta (endast sju observationer totalt).

Mixed model-analyser genomfördes med funktionen lme i tillägget nmle (Pinheiro m. fl. 2017) i R. För att ta hänsyn till upprepade mätningar av samma provytor användes första ordningens autokorrelationsstruktur med tid som en kontinuerlig kofaktor (corCAR1 i nmle).

2.6 Naturvårdsarter

Arter funna under någon av inventeringarna på Åreskutan matchades i november 2017 mot Artdatabankens (SLU) databas Artfakta, som bland annat innehåller information om rödlistning, förekomst i habitatdirektivet samt fridlysning. Resultatet användes för att sammanställa en lista med arter som kan undersökas i mer detalj. Taxa bestämda till högre nivå än art (exempelvis skogsfibblor eller torsklavar) inkluderades inte i matchningen, däremot matchades både art och underart för de bestämda till underart (exempelvis hönsarv och riparv) och de ingående arterna i komplex som lappvide/ripvide. Totalt matchades 183 arter och tre underarter mot Artfakta.

3 Resultat

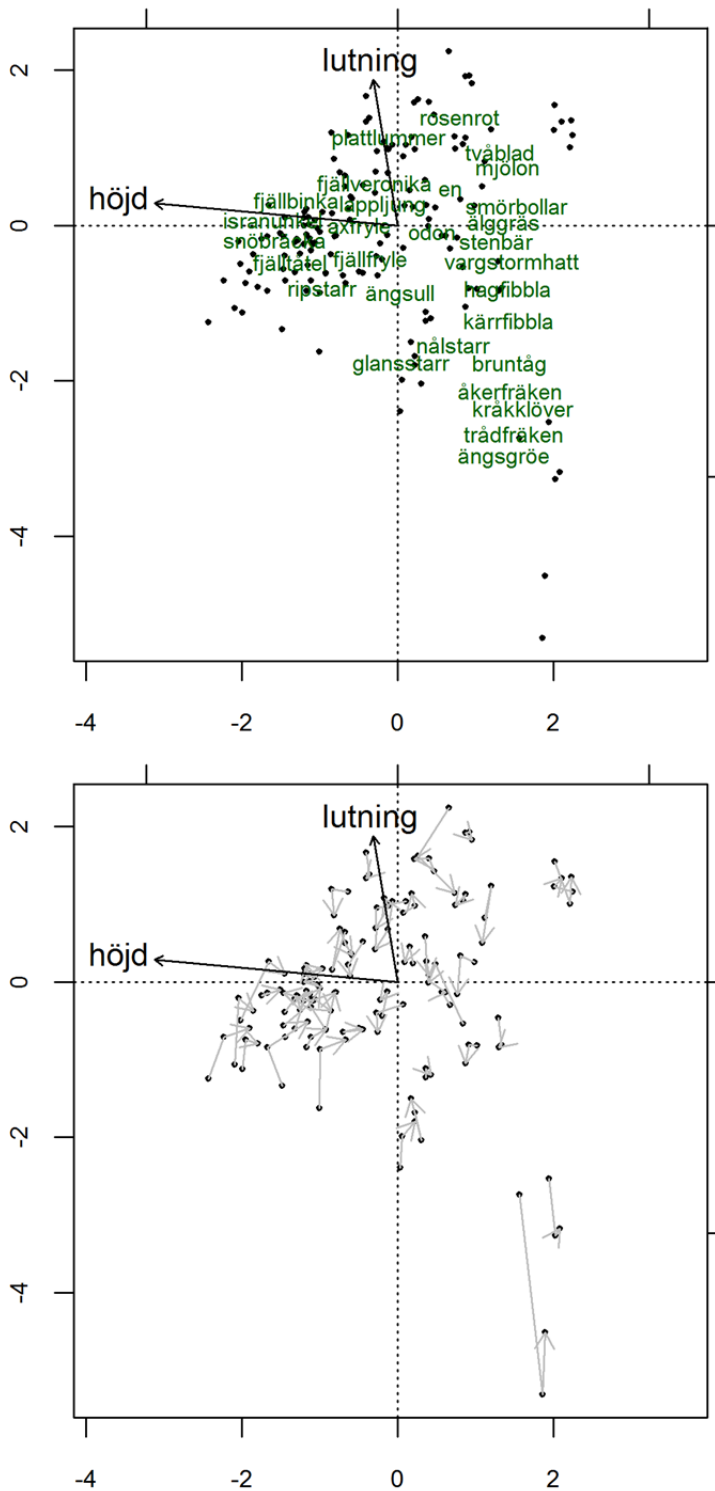
3.1 Multivariata analyser

De multivariata analyserna av artsammansättningen och täckningsgrader av olika vegetationstyper i både småytor och 10m-yltor visade att vegetationen påverkas av höjd över havet samt lutning, och att vegetationen skiljer sig mellan de olika transekterna (Tabell 3, Figur 1 samt Bilaga B). Markfuktigheten påverkade artsammansättningen, men inte täckningsgraderna i 10m-ytorna (markfuktighet registreras inte för enskilda småytor). Avvikande mark påverkade både täckningsgrader och artsammansättningen i småytorna, men inte i 10m-ytorna. Ytornas väderstreck påverkade både artsammansättning och täckningsgrader i småytorna, men endast artsammansättning i 10m-ytorna.

Artsammansättningen i 10m-ytorna förändrades signifikant mellan inventeringarna, men inte artsammansättningen i småytorna eller täckningsgrader av olika vegetationstyper (varken i 10m-yltor eller i småytor).

Tabell 3. Resultat från CCA-analyser. Signifikanta variabler enligt stegvis variabelselektion (se text), varians förklarad av dessa variabler, p-värde för modell med år som förklarande variabel, samt hur mycket variation som år förklarar.

yta och respons	variabler stegvis	varians förklarad p år stegvis		varians förklarad år
10m artsammansättning	höjd, transekt, lutning, år, väst, markfuktighet	0,240	0,040	0,019
Småytorsartsammansättning	höjd, transekt, avvikande mark, lutning, väst, syd	0,191	0,981	0,012
10m täckningsgrader	höjd, transekt, lutning	0,343	0,977	0,010
Småytors täckningsgrader	höjd, transekt, avvikande mark, syd, lutning, väst	0,191	0,785	0,006



Figur 1. CCA av artsammansättning i 10m-tytor. Det övre ordinationsdiagrammet visar tytor (svarta prickar), ett urval av arter och deras förhållande till höjd och lutning. Det nedre ordinationsdiagrammet visar ytornas förändring mellan åren.

Förändringarna i artsammansättning per yta (artomsättning mellan 2006 och 2017) varierade mellan 0,08 och 0,59 för 10m-ytorna. För småytorna var förändringen mellan 0 och 0,67. Medelförändringen var 0,28 för 10m-ytorna och 0,32 för småytorna.

Varken höjd över havet, lutning, väderstreck, transekt eller markfuktighet förklarade variationen i förändringsgraden mellan ytor, varken för 10m-ytor eller för småytor.

Tabell 4. Påverkan på artomsättning (turnover) mellan 2006 och 2017. Påverkan från de fyra översta variablerna är analyserade med linjär regression, medan skillnader mellan transekter och skillnader mellan markfuktighetsgrader är analyserade med Anova eller Kruskal-Wallis. Markfuktighet registrerades inte för enskilda småytor och har därför inte tagit med i analysen för småytor.

	10m-ytor		småytor	
	r2	p-värde	r2	p-värde
höjd	0,005	0,613	0,002	0,743
lutning	0,002	0,767	0,004	0,655
Söder*	0,051	0,118	0,005	0,624
Väst**	0,077	0,054	0,000	0,912
transekt		0,061		0,306
markfuktighet		0,459		

*) Transektens riktning mätt i antal grader från norr

***) Transektens riktning mätt i antal grader från öster

3.2 Förändringar i enskilda vegetationsvariabler över tid

3.2.1 Förändringar på artnivå

Indikatorvärden beräknades för alla arter och år. Totalt 14 arter var signifikant associerade med ett år eller kombination av år, för 10m-ytor, småytor eller båda (Tabell 5). Exempelvis var höstfibbla vanligt förekommande i småytor 2006 och i 10m-ytor 2006 och 2011, medan fjällfryle var vanlig 2017 i 10m-ytor.

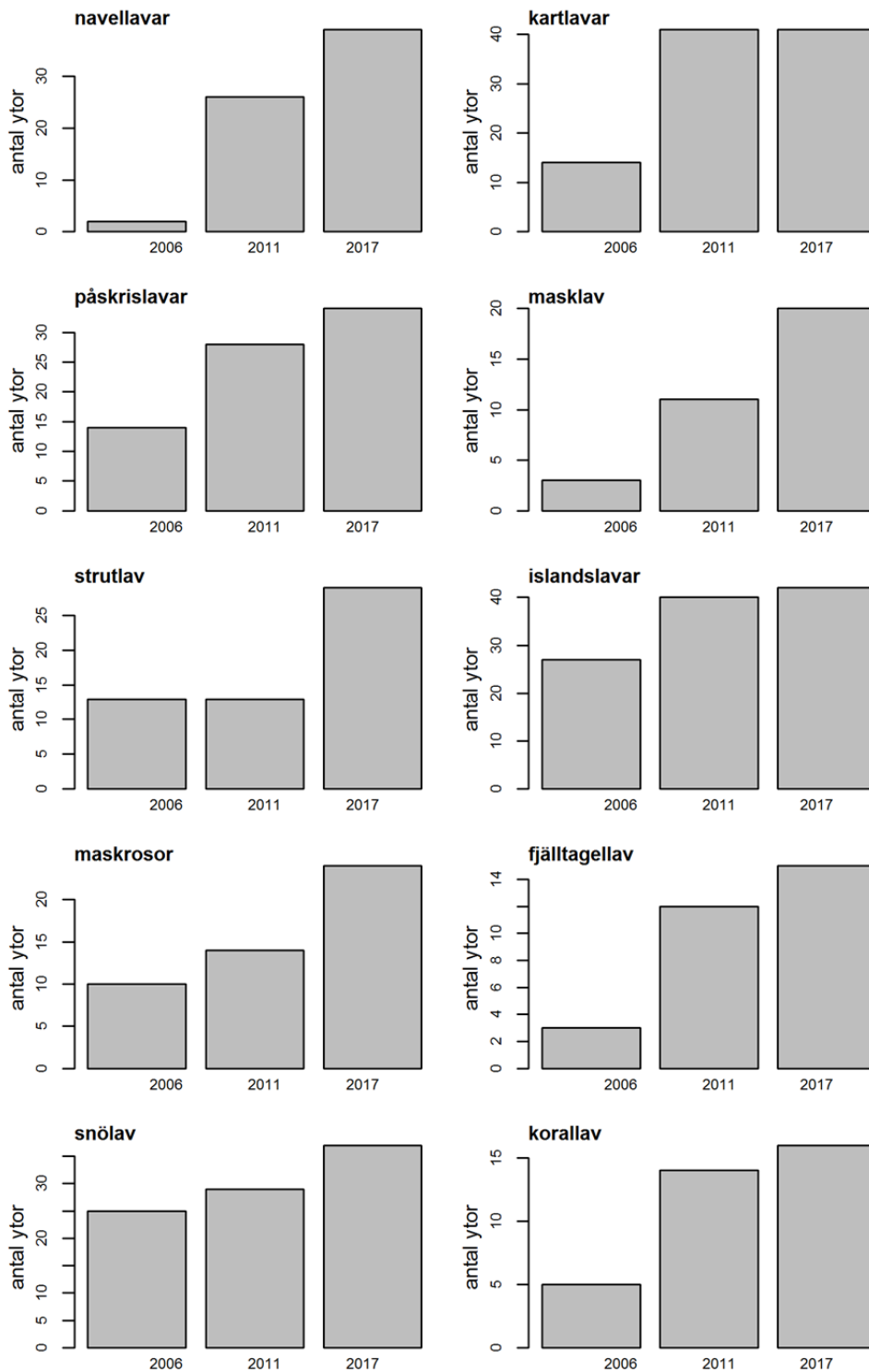
Tabell 5. Typiska arter/artgrupper för de olika åren (eller kombination av år) för 10m-ytor och småytor. s = $\sqrt{\text{indikatorvärde}}$, p = p -värde från permutationstest. Endast arter med $p \leq 0,05$ redovisas.

	10m-ytor	småytor
2006	ängsfryle ($s=0,286$, $p=0,035$)	hirsstarr ($s=0,357$, $p=0,01$)
2011	fjällven ($s=0,35$, $p=0,01$)	höstfibbla ($s=0,292$, $p=0,02$)
2006+2011	ögontröster ($s=0,488$, $p=0,005$) fjälltåtel ($s=0,429$, $p=0,005$) lapparv ($s=0,365$, $p=0,050$) höstfibbla ($s=0,364$, $p=0,025$)	
2011+2017	kartlavar ($s=0,845$, $p=0,005$) navellavar ($s=0,802$, $p=0,005$) masklav ($s=0,537$, $p=0,005$) korallav ($s=0,512$, $p=0,005$) fjälltagellav ($s=0,498$, $p=0,005$)	navellavar ($s=0,476$, $p=0,015$)
2017	fjällfryle ($s=0,378$, $p=0,005$) mattlummer ($s=0,319$, $p=0,010$) vargstormhatt ($s=0,286$, $p=0,040$)	masklav ($s=0,39$, $p=0,015$)

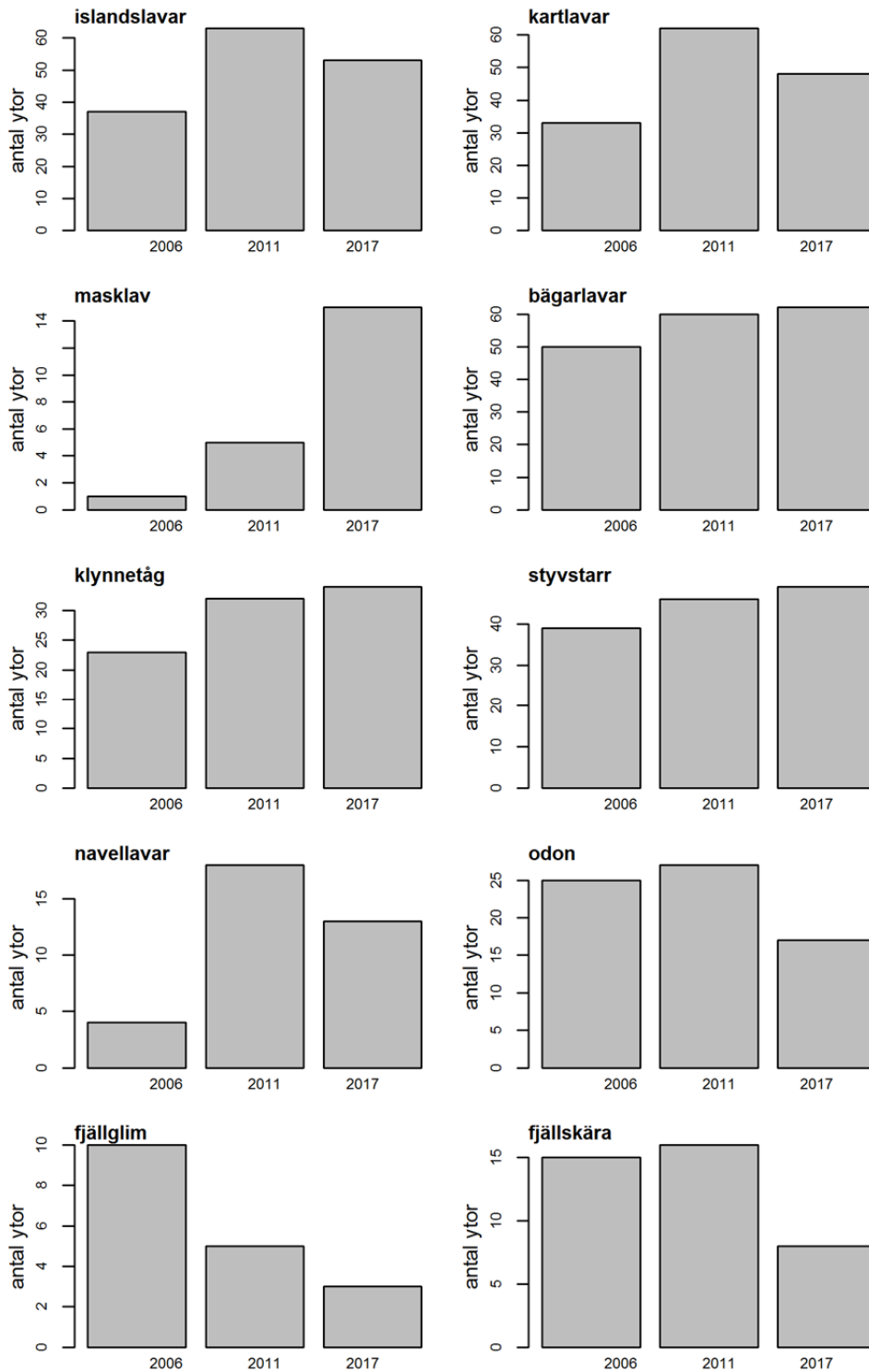
Förändringar i förekomstfrekvens undersöktes genom att, per art, beräkna skillnader mellan antal ytor med förekomst 2006 och antal ytor med förekomst 2017. Av de 134 arter som observerades i 10m-ytorna både 2006 och 2017 blev 80 vanligare 2017 och 30 sällsyntare, medan 24 påträffades i lika många ytor bägge åren. Elva arter observerades endast vid inventeringen 2006, 12 arter endast vid inventeringen 2011 och 12 arter endast vid inventeringen 2017.

I småytorna observerades totalt 144 olika arter. Sju av dem observerades endast 2006, 12 endast 2011 och 14 endast 2017. Av de 87 arter som hittades både 2006 och 2017, blev 40 vanligare och 26 sällsyntare, medan 21 arters förekomstfrekvens var oförändrad mellan åren.

För både 10m-ytor och småytor var en stor del av arterna med störst absolut skillnad i förekomstfrekvens mellan 2006 och 2017 lavar. Exempelvis påträffades masklav endast i 3 st 10m-ytor och 1 småyta 2006, men i 20 st 10m-ytor och 15 st småytor 2017. Medan lavarna generellt ökade i förekomstfrekvens, minskade antal ytor där odon, fjällglim och fjällskära påträffades.



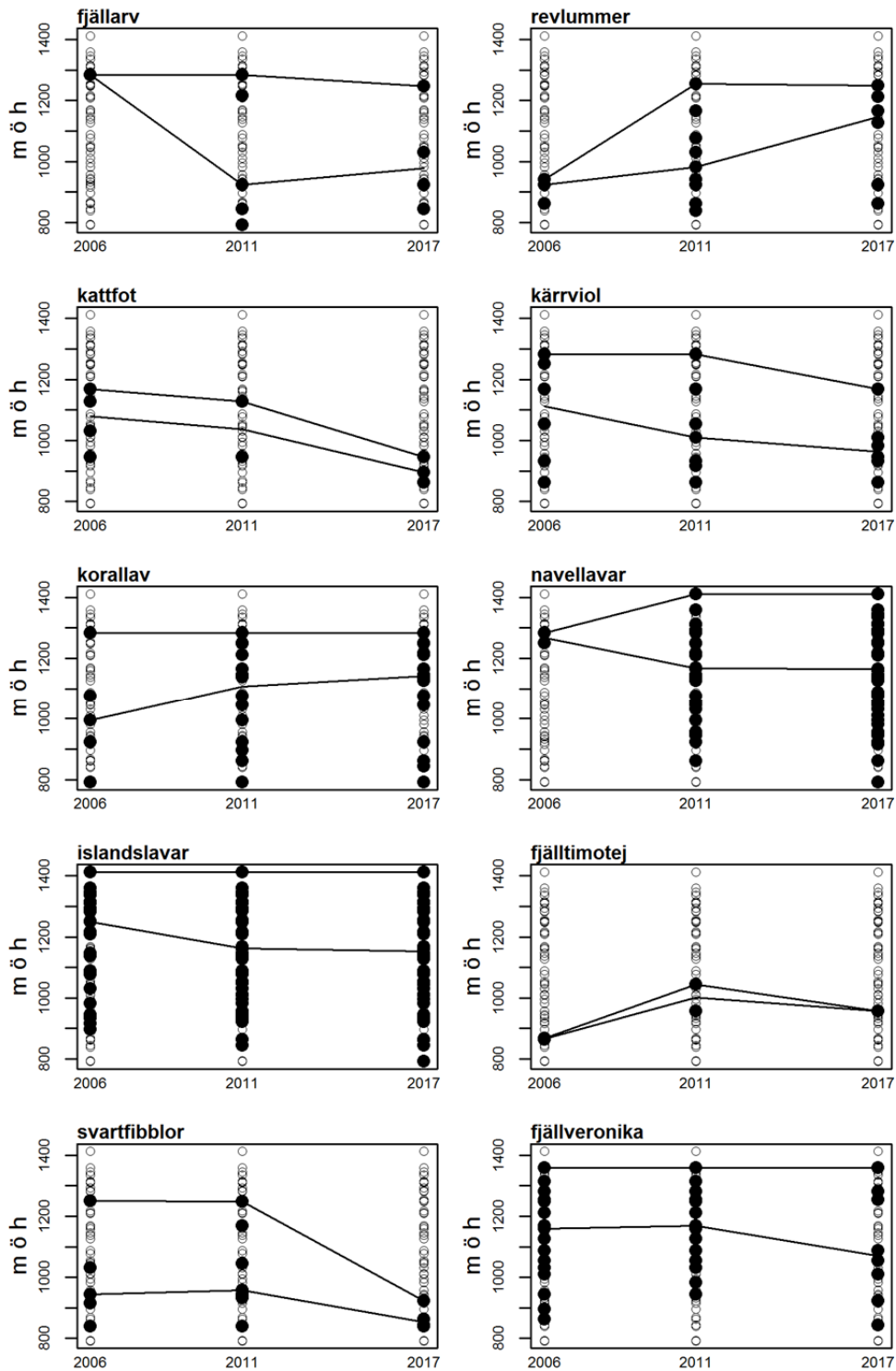
Figur 2. De 10 arterna/artgrupperna med störst förändring i antal 10m-ytor med förekomst mellan 2006 och 2017.



Figur 3. De 10 arterna/artgrupperna med störst förändring i antal småytor med förekomst mellan 2006 och 2017.

Analys av förändring i höjdbredning genomfördes för de arter som påträffades alla tre åren i 10m-ytorna, vilket innebar 131 arter. Medianhöjden minskade för 60 av arterna, var oförändrad för 15, och ökade för 56 (Figur 4 och Bilaga E). Den största ökningen observerades för revlumner, vars medianhöjd ökade med 223 meter, från 923 möh till 1146 möh. Fjällarv var den art vars medianhöjd minskade mest, från 1284 möh 2006 till 977 möh 2017.

Den högsta observationen på fjället var högre 2017 än 2006 för 50 av 131 arter, oförändrad för 52 arter och lägre för 29 arter. Svartfibblors maxhöjd minskade mest, med 328 meter, från 1251 möh 2006 till 923 möh 2017, medan revlummers maxhöjd ökade mest, med 308 meter från 941 möh 2006 till 1249 möh 2017.



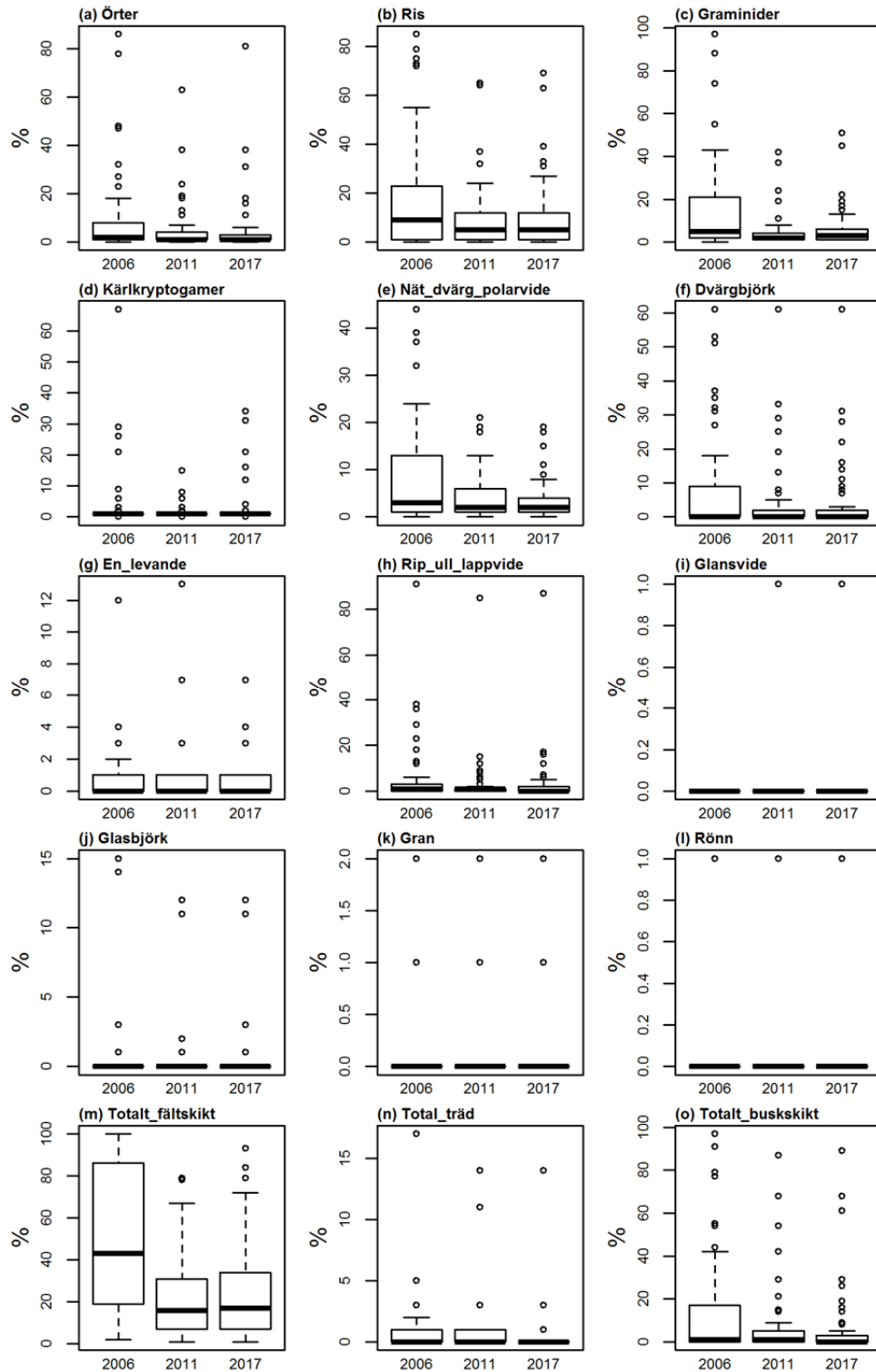
Figur 4. Höjdförändringar för de tio arter med störst skillnad i medianhöjd av förekomster, mellan 2006 och 2017, i 10m-ytorna. Stora fyllda cirklar symboliserar förekomster medan små ofyllda cirklar symboliserar ytor utan förekomst. Den övre linjen representerar maxvärdet och den undre linjen medianvärdet för ytor med förekomster.

3.2.2 Förändringar i täckningsgrader, vegetationshöjd och trädantal

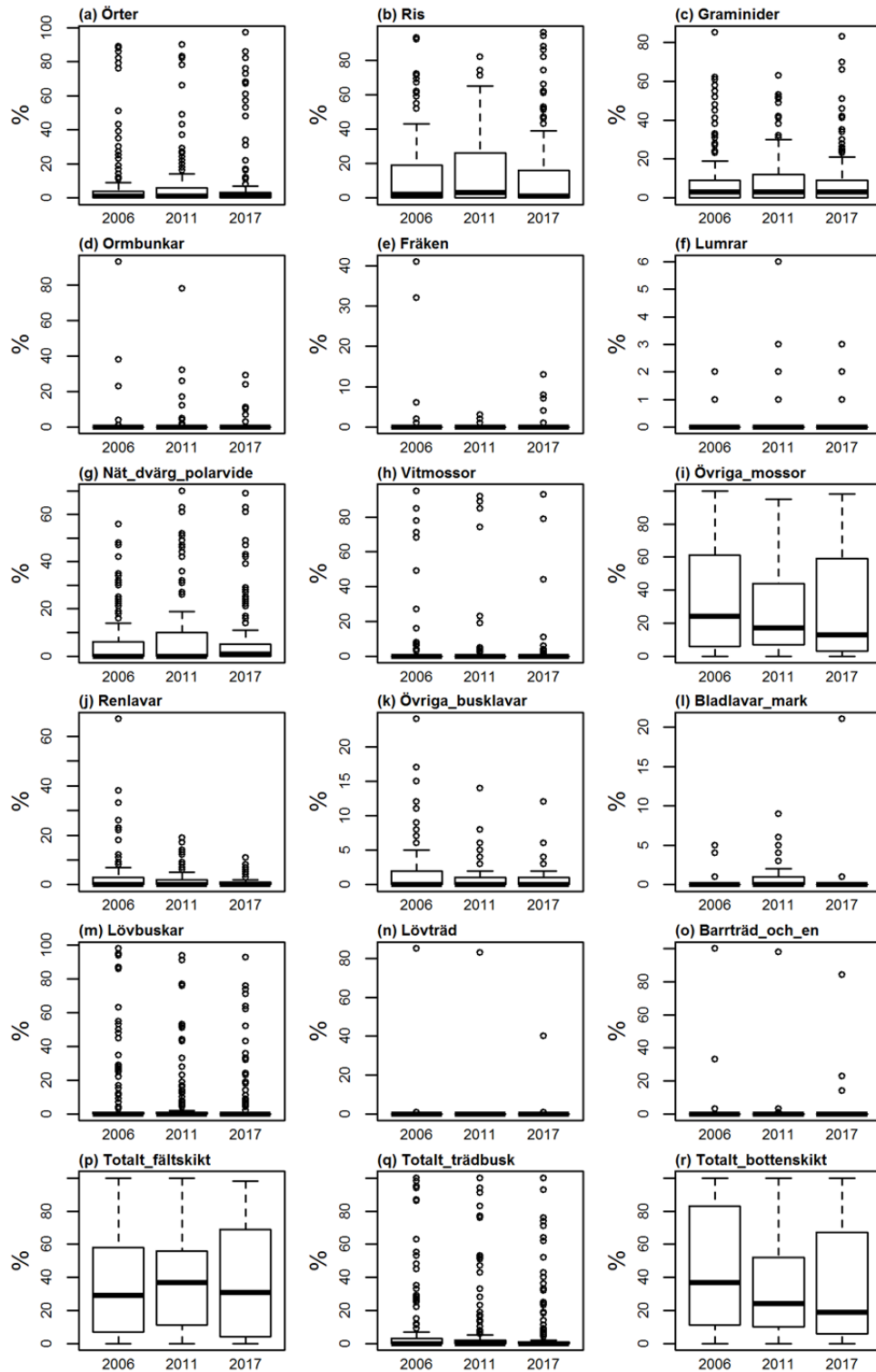
Ett flertal variabler förändrades mellan inventeringarna (Figur 5–8 och Bilaga C). I 10m-ytorna minskade täckningsgraden av graminider, nät/dvärg/polarvide, ris, örter, rip/ullvide, dvärgbjörk samt den totala täckningen i trädsiktet och fältskiktet. Även i småytorna minskade täckningsgraden för flera vegetationstyper (renlavar, övriga mossor, övriga busklavar, vitmossor och den totala täckningen av bottenskiktet).

Renlavshöjden ökade över tiden i småytorna. Medelhöjden var 40,0 mm 2007, 53,6 mm 2011 och 48,3 mm 2017.

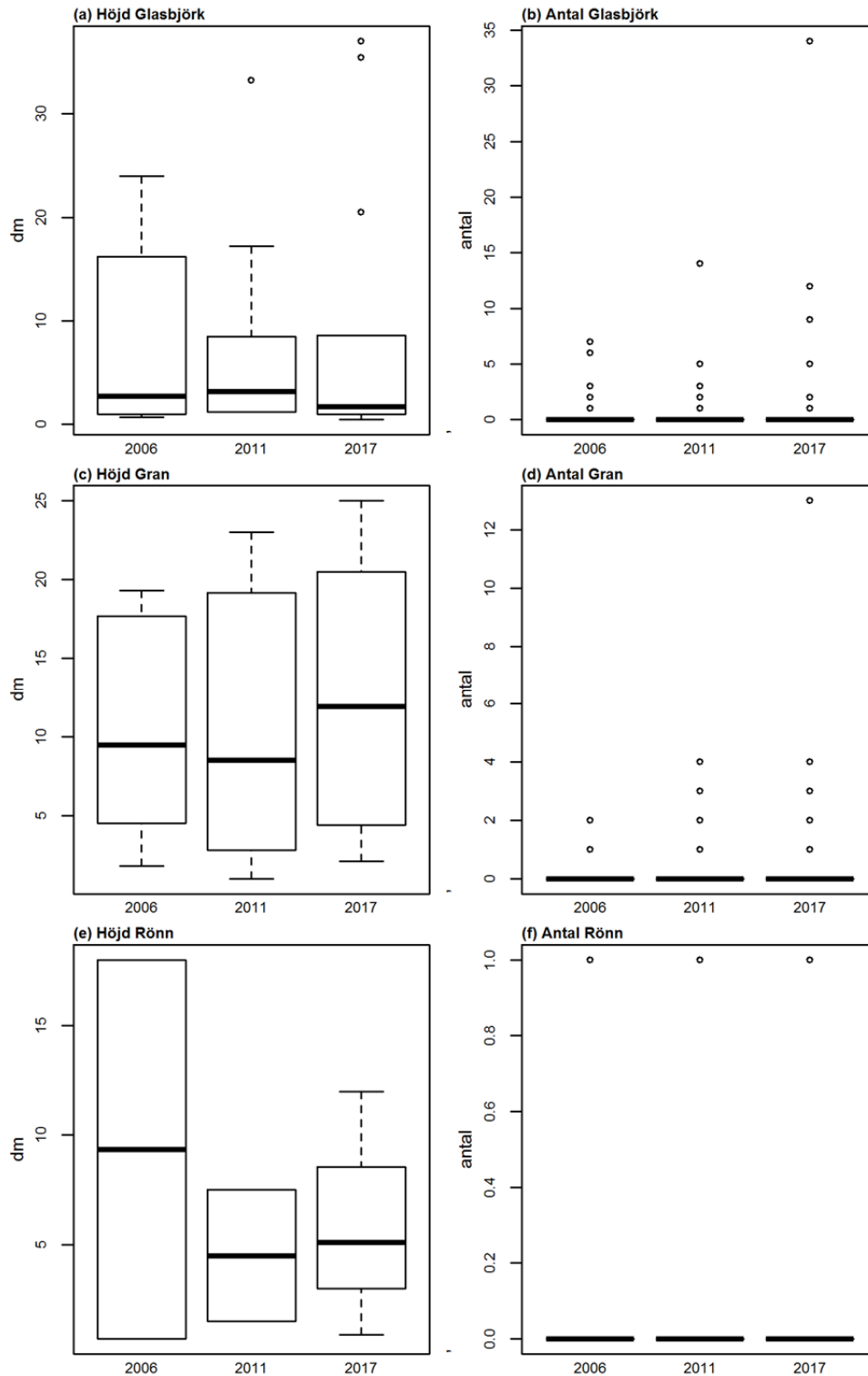
Antalet träd och trädhöjd förändrades inte signifikant under perioden 2006–2017. Inga förändringar i täckningsgrader kunde påvisas i trädsiktet i 10m-ytorna eller i träd- och busksiktet i småytorna.



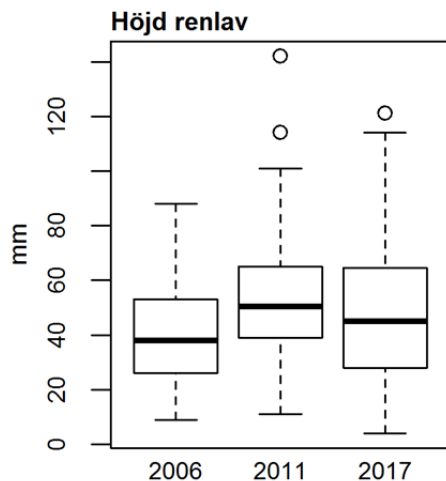
Figur 5. Täckningsgrader för vegetationstyper i 10m-ytorna. Boxplotten visar median (tjockt streck), undre och övre kvartilen (lådans nedre respektive övre gräns), extremvärden exkl. outliers (vågräta streck sammankopplade med lådan), samt outliers (cirkelar).



Figur 6. Täckningsgrader för vegetationstyper i småtorna. Boxplotten visar median (tjockt streck), undre och övre kvartilen (lådans nedre respektive övre gräns), extremvärden exkl. outliers (vågräta streck sammankopplade med lådan), samt outliers (cirklar).



Figur 7. Trädhöjd (a,c,e) och antal träd (b,d,f) i 10m-tyorna. Boxplotten visar median (tjockt streck), undre och övre kvartilen (lådans nedre respektive övre gräns), extremvärden exkl. outliers (vågräta streck sammankopplade med lådan), samt outliers (cirklar).



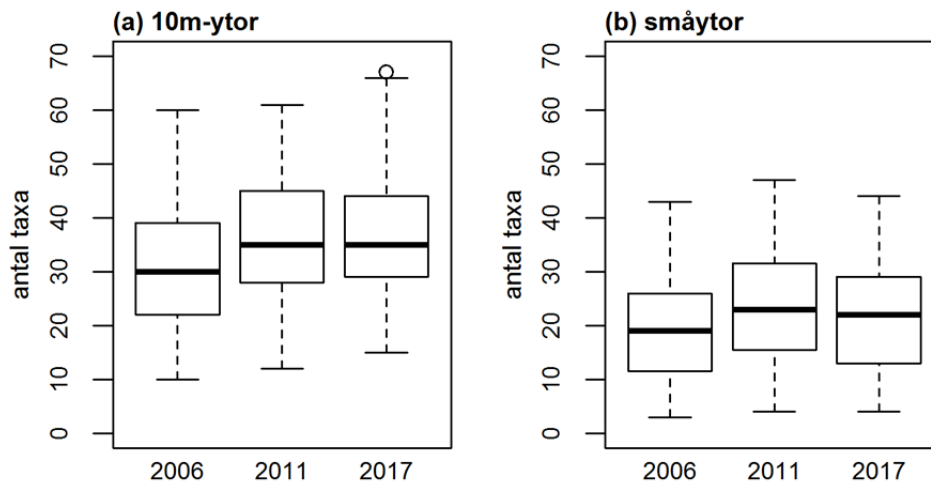
Figur 8. Höjd av den högsta individen av renlav (släkte *Cladina*) i varje kvadrant i småytorna. Boxplotten visar median (tjockt streck), undre och övre kvartilen (lådans nedre respektive övre gräns), extremvärden exkl. outliers (vågräta streck sammankopplade med lådan), samt outliers (cirkelar).

3.3 Biologisk mångfald

Inom 10m-ytorna hittade man 2006 totalt 155 taxa. Vid nästa inventering hade detta ökat till 160 taxa. För år 2017 hade totalantalet taxa minskat till 159. I småytorna påträffades totalt 107 olika taxa 2006, 117 under inventeringen 2011 och 112 under inventeringen 2017.

Medelantal taxa per yta ökade signifikant över tid i både 10m-ytorna och småytorna ($p \leq 0,05$, mixed models, Figur 9 och Bilaga B). Medlet av antal taxa per 10m-yta ökade från 30,9 2006 till 36,4 2011 och 36,7 2017. I småytorna påträffades i medeltal 19,8 taxa per yta 2006, år 2011 fann man 24,0 taxa och år 2017 hade medlet sjunkit till 21,7.

Bland alla funna taxa var det 61 som inte påträffades alla tre år. Av dem påträffades 21 stycken vid någon av de två första inventeringarna, men inte vid den sista, medan 25 stycken endast observerades 2011 och/eller 2017, men inte vid den första inventeringen. 15 taxa observerades endast 2011 eller både 2006 och 2017, men inte 2011.



Figur 9. Antal taxa har ökat signifikant ($p \leq 0,05$, mixed models) i både 10m-ytorna (a) och småytorna (b). Boxplotten visar median (tjockt streck), undre och övre kvartilen (lådans nedre respektive övre gräns), extremvärden exkl. outliers (vågräta streck sammankopplade med lådan), samt outliers (cirkel).

3.4 Naturvårdsarter

Totalt 50 arter eller underarter funna på Åreskutan kategoriserade som naturvårdsarter i databasen Artfakta (Bilaga F). En rödlistad art påträffades, månlåsbräken (*Botrychium lunaria*), som är kategoriserad som *Nära hotad* och främst påverkas negativt av igenväxning och näringsbelastning (ArtDatabanken 2015). Månlåsbräken är också en typisk art för flera fjällvegetationstyper enligt habitatdirektivet. Månlåsbräken påträffades endast vid ett tillfälle (2011) under de tre inventeringstillfällena.

Tio nationellt fridlysta växtarter påträffades, varav 5 orkidéarter och 5 lummeväxter. De fem lummeväxterna var också de enda påträffade arterna från habitatdirektivets bilaga 5, vilket omfattar arter som kan behöva särskilda förvaltningsåtgärder om det finns risk att de minskar på grund av insamling eller annan exploatering.

Totalt var 44 arter och 1 underart listade som typiska arter i den alpina biogeografiska regionen (dock ligger större delen av Åreskutan inom den boreala biogeografiska regionen, men alpina arter antogs vara mer relevanta). Endast taxa typiska för naturtyper inom kategorierna skog respektive gräsmarker inkluderades, vilka tillsammans innehöll 41 arter och 1 underart.

Ingen art omfattas av något åtgärdsprogram.

För flera av de påträffade naturvårdsarterna observerades förändringar över tid. Exempelvis var mattlumner vanligare 2017 enligt indikatorvärdesanalysen, medan revlumner (fridlyst, habitatdirektivet bilaga 5) hittades på högre höjder de två senaste inventeringarna.

4 Diskussion

4.1 Vegetationsförändringar

Klimatförändringarna förutsägs påverka fjällmiljöer starkt. För att kunna följa förändringar i fjällvegetation behövs kunskaper om vilka faktorer som styr vegetations sammansättning. Ordinationsanalyserna visade att höjd över havet, riktning, lutning och markfuktighet styr vegetationsammansättningen på Åreskutan, vilket kunde förväntas utifrån välkända ekologiska samband. Ordinationerna visar också på mönster som kan förväntas, exempelvis att isranunkel är den växt som finns på högst höjd, medan exempelvis kärrfibbla finns på lägre höjder. För artsammansättningen i 10m-ytorna fanns skillnader mellan åren, men enskilda ytors förändringar i ordinationsdiagram indikerar att för de flesta ytorna är förändringarna inte så stora jämfört med den totala variationen på Åreskutan. För de flesta ytorna kan ingen enhetlig riktning observeras vilket indikerar mellanårsvariation, snarare än långsiktig trend, även om det än så länge är för lite data för att göra en säker utsaga. Det kunde inte heller konstateras några skillnader i artomsättning mellan olika höjder. Dessa resultat sammantaget indikerar att det ännu inte finns några storskaliga förändringar i vegetationen på Åreskutan.

Förändringar längs höjdgradienten är en av de förväntade förändringarna vid ett förändrat klimat, men kan också vara en del av naturliga förändringar. Både förändringar i maxhöjd och medianhöjd undersöktes. Förändringar i medianhöjd är mindre känslig för enstaka observationer, och är en stabilare indikation på förändringar i höjdbredning för en art. Förändringar i maxhöjd är ett mer direkt mått på att arter sprids uppåt eller drar sig tillbaka nedåt längs fjällen. Maxhöjd kan dock förändras väldigt mycket om en observation på hög höjd tillkommer eller försvinner mellan inventeringarna, vilket skulle kunna bero på misstag från inventerare eller slumpändelser som att plantor förstörs av människor, djur eller väder.

Större höjdförändringar observerades för exempelvis fjällarv, revlumner, kärrviol, svartfibblor, navellavar och islandslavar. Att bara se till på förändringar i medianvärden kan dock leda till felaktiga slutsatser. Exempelvis minskade medianhöjden för fjällarv. Grafen med förändringar (Figur 4) visar dock att fjällarv påträffades i en 10m-yta 2006 och i fyra ytor 2017, och att arten i själva verket blev vanligare på höjder kring 900 meter över havet. De högsta observationerna var ungefär samma bägge åren, och fjällarv verkar snarare ha flyttat eller expanderat sin utbredning högre upp längs fjället.

Antalet taxa ökade i både småytorna och 10m-ytorna, vilket även konstaterats av Carlsson (2011). Dock skedde den största ökningen mellan 2006 och 2011, mellan 2011 och 2017 skedde en minskning, även om trenden för hela perioden var positiv. Om det är en verklig förändring eller en förändring som beror av skillnader i inventeringsmetodik är osäkert. Kullman (2014) observerade en minskning i artrikedomen på fyra fjälltoppar, också de i Jämtland, för nästan samma tidsperiod, vilket han

förklarade med sjunkande temperaturer under perioden, samt med en väldigt kort och snörikt vegetationsperiod år 2012.

Alla observerade signifikanta trender i täckningsgrader för olika vegetationstyper visade på minskade täckningsgrader. En minskning av det totala fältskiktet i 10m-ytorna observerades i analysen av resultaten från de två första inventeringarna, och förklarades med förändrad metodik, medan en minskning av fältskiktet i småytorna antogs bero på betning av sorkar (Carlsson 2011). Huruvida den fortsatta minskningen även den beror på betning är oklart. Påverkan från sorkar och insektslarver (och andra herbivorer) med cykliska populationsfluktuationer ökar mellanårsvariationen och försvårar möjligheten att upptäcka långsiktiga förändringar. Enligt fältpersonal (BG Carlsson, pers. kom.) överskattades täckningsgraderna 2006, eftersom ingen kalibrering genomfördes inför inventeringarna det året.

Vad förändringarna i alla aspekter av vegetationen beror på är svårt att veta utan stöddata. Klimatvariation, klimatförändringar, annan mänsklig påverkan, förändringar i betetryck eller skillnader i genomförande av inventeringarna är alla tänkbara förklaringar. Det senare innebär givetvis chimära resultat. Enligt fältpersonal skiljer inventeringstiden per yta mellan de tre åren, vilket kan innebära att arter har missats (BG Carlsson, pers. kom.). I många fall skiljer sig 2006 från de övriga åren, till exempel när det gäller artrikedom. År 2006 var också det första året som inventeringarna genomfördes, och fältpersonalens högre erfarenhet (av Åreskutans flora, inventeringsmetoderna, studieområdet) kan ha bidragit till ökningen mellan 2006 och 2011. En annan förklaring till de upptäckta skillnaderna skulle kunna vara att varje förekomst/individ har blivit större, och därför lättare att upptäcka och artbestämma.

En påtagligt stor del av de arter vars förekomstfrekvens förändrades i 10m-ytorna var lavar. Kartlavar, navellavar, masklav, koralllav och fjälltagellav lavar var också mer vanliga 2011 och 2017 enligt indikatorvärdesanalysen, och koralllav, navellavar och islandslavar var tre av de tio arter vars höjdfördelning förändrades mest. Identifikationen av lavar bör diskuteras mellan inventerare, eftersom skillnaderna mellan åren var väldigt påtagliga. Om möjligt bör instruktionerna förtydligas för att resultatet ska bli mer tillförlitligt och mer jämförbart mellan år och mellan fjäll.

Resultat och analyser av vegetationen på andra fjäll inom övervakningsprogrammet bör kunna ge en indikation på om förändringarna beror på variationer i inventeringsmetodik eller på storskaliga förändringar i klimat. Analyser av förändringar på artnivå (förekomstfrekvens och höjdbredning) för fler fjäll kan ge en viktig indikation om den totala populationens utveckling, och fungera som underlag för vidare utredningar, nya inventeringar, som kunskapsunderlag för eventuella åtgärdsprogram.

4.2 Naturvårdsarter

Bland de arter som påträffats på Åreskutan under de tre inventeringarna var 50 klassade som naturvårdsarter i databasen Artfakta. Dessa arter är speciellt intressanta att följa utvecklingen för, eftersom de är hotade, skyddade eller indikerar positiva egenskaper hos specifika naturtyper som ska skyddas enligt habitatdirektivet. Exempelvis har de flesta fridlysta arterna ökat i förekomstfrekvens, medan den rödlistade arten månlåsbräken endast påträffades en gång. Om samma analyser genomförs på övriga fjäll kan det bidra till bilden av hur populationerna av dessa arter utvecklas.

En annan intressant naturvårdsaspekt är främmande arter, som ofta främjas av ett varmare klimat. Ingen matchning gjordes mot arter klassade som främmande i Artfakta, och den enda främmande kärlväxten med koppling till fjällmiljö enligt Artfakta (20171212) är Grizzlybräcka (*Boykinia richardsonii*). Det kan dock finnas arter som inte klassats som fjällarter, men ändå finns på fjällen och är främmande.

Det skulle också vara intressant att undersöka om det förekommer några naturvårdsarter på Åreskutan (eller andra fjäll i programmet) som inte bestämts till artnivå utan ingår i något släkte eller någon sektion eller annan grupp.

4.3 Framtida arbete

Inventeringarna av fjälltopparna i övervakningsprogrammet Fjällvegetation ger en bra möjlighet att upptäcka förändringar i vegetationen, men utan stöddata (exempelvis klimatdata, data om herbivordensitet) är det svårt att göra säkra bedömningar om orsaker till funna förändringar. En del stöddata går säkerligen att få tag på, till exempel temperaturserier från SMHI, men det är tveksamt om de är tillräckligt högupplösta för att vara relevanta. Däremot kan man använda information från publicerade studier, exempelvis om hur olika arter förväntas påverkas av klimatförändringar, för att skapa hypoteser om orsaken till observerade förändringar. Det kräver dock mer information om arterna som påträffas på de studerade fjällen. I en mer omfattande studie bör man sammanställa artegenskaper, som till exempel livslängd, tillväxthastighet, spridningsmetod, och växtform för att formulera hypoteser, och för att utvärdera och tolka resultat. Information om växtarter eller växttypers betydelse för andra växter och djur, och för ekosystemtjänster och ekosystemfunktioner kan också öka nyttan av inventeringsresultaten.

Alla arter som påträffas i småytorna finns också i 10m-ytorna, eftersom småytorna ligger i 10m-ytorna. Dock fanns det exempel på att alla arter som registrerats i småytorna inte fanns registrerade för 10m-ytorna. Dataansvariga bör införa en rutin för att kontrollera och om möjligt korrigera sådana misstag. Detta har dock inte gjorts inför analyserna i denna studie.

Ett av målen med denna studie var att förenkla framtida analyser (för data från framtida inventeringar av Åreskutan och data från andra fjäll) genom att tillhanda-

hålla förslag på metoder och vägledning (Bilaga G) för det praktiska genomförandet. För att förenkla analyser och för att kunna genomföra jämförbara analyser mellan olika fjäll, och för fler fjäll samtligt, är det viktigt att (1) metoder harmoniseras (2) data kvalitetssäkras och lagras med samma struktur, exempelvis i form av en databas. Specifikt bör taxonomin harmoniseras. Att taxonomin från 2017 följer Dyntaxa underlättar, men det bör också tillhandahållas instruktioner för en miniminivå för taxonomisk bestämning, vilket också kan fungera som nivå för analyser med data från flera inventeringar.

4.3.1 Variabelns lämplighet för miljöövervakning

En del av uppdragsbeskrivningen var att ta reda på om de olika variabler som mäts inom övervakningsprogrammet är lämpliga för att påvisa vegetationsförändringar över tid. Om en variabel kan påvisa förändringar beror bland annat på förändringens storlek, den naturliga variationen mellan inventeringar, samt säkerhet i bedömnings.

Hedström Ringvall (2011) skattade sannolikheten att upptäcka förändringar under olika scenarier (storlek på förändring och variation), och kom bland annat fram till att det är svårt att upptäcka även relativt stora förändringar av artförekomster i småytorna, men att för flera variabler (olika täckningsgrader och artantal) finns möjligheter att efter 20 år upptäcka en ökning på 50 %. Utifrån analyserna i den här rapporten går det inte att säga mer om lämpligheten än vad som framkommer från Hedström Ringvalls rapport. Eventuella förändringar av övervakningsprogrammet innebär alltid övervägningar mellan olika faktorer, exempelvis representativitet och kostnadseffektivitet.

4.4 Slutsatser

- Vegetationen på Åreskutan varierar som förväntat mellan transekter och mellan olika höjder, och påverkas också av markfuktighet och ytornas riktning.
- Det fanns vissa signifikanta förändringar i vegetationen mellan 2006 och 2017. Bland annat observerades en minskning av täckningsgrader av olika vegetationstyper, en ökning av artantal, samt förändringar i vissa arters höjdtbredning och förekomstfrekvenser och i artsammansättningen.
- Om skillnaderna beror på naturlig klimatvariation, skillnader i betestryck, klimatförändringar, andra mänskliga aktiviteter, eller om den beror på variation i inventeringarna, går inte att klargöra.
- Framtida analyser skulle kunna förbättras och förenklas genom att främst ytterligare skärpa manualen för inventering. Framförallt med avseende på taxonomisk upplösning och hur täckning ska skattas.

Referenser

- ArtDatabanken. (2015). Rödlistade arter i Sverige 2015. ArtDatabanken SLU, Uppsala
- Baselga, A. and Orme, C. D. L. (2012), betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 3: 808–812.
doi:10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x
- Baselga, A., Orme, D., Villeger, S., De Bortoli, J. and Leprieur, F. (2017). betapart: Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components. R package version 1.4-1. <https://CRAN.R-project.org/package=betapart>
- Carlsson, B-G. (2011). Klimatövervakning på Åreskutan. En jämförande studie av vegetationens sammansättning vid två inventeringstillfällen med fem års intervall (2006 och 2011). FjällNILS-projektet (Vegetation). Rapport från Länsstyrelsen Jämtland.
- Carlsson, B-G. (2017). Regional miljöövervakning Fjällvegetation - Manual 20170201.
- Carlsson, B-G. (2018). Klimatövervakning på Åreskutan, förändringar i vegetationens sammansättning under perioden 2006 – 2017 - inventeringens upplägg och metoder. Opublicerad.
- De Cáceres, M., Legendre, P. (2009). Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference.
<http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/>
- Dufrêne, M. and P. Legendre, 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 : 345-366.
- Eriksson, T. (2015). Delprogrammet Fjällvegetation. Utvärdering 2006–2015. Länsstyrelsen i Västerbottens län.
- Hedenås, H., Olsson H., Jonasson C., Bergstedt J., Dahlberg U., Callaghan T.V.. (2011). Changes in tree growth, biomass and vegetation over a 13-year period in the Swedish sub-Arctic. *Ambio* 40.6 (2011): 672.
- Hedström Ringvall A. (2011). Övervakning av fjällvegetation – utvärdering av delprogrammets inventeringsdesign. Rapport Länsstyrelsen Jämtlands län. Löpnr 2011:9.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R, O'Hara, R. B., Simpson, G.L, Solymos, P., Stevens, M.H.H.,

- Szoecs, E. and Wagner, H. (2017). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Kullman, L.. "Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes." *Journal of ecology* 90.1 (2002): 68-77.
- Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D and R Core Team (2017). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-131
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B., Sykes, M. T., & Prentice, I. C. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(23), 8245-8250.

Bilagor

Bilaga A: Harmonisering av taxonomi

Bilaga B: Resultat från CCA

Bilaga C: Resultat från mixed model-analys

Bilaga D: Förändringar i förekomstfrekvens

Bilaga E: Förändringar i höjd

Bilaga F: Naturvårdsarters förändring

Bilaga G: Vägledning för analyser i R

Tabell A1. Taxa-namn som ändrats inför analyserna. Tomma rutor innebär att namn i protokoll var samma som namn i analyser.			
analyser	protokoll 2006/11	protokoll 2017	kommentar
blekvide		Blekvide - Fjällblekvide	ändrad till huvudart
brudborste	BORSTTISTEL		synonym
bägarlav	RENLAVAR	Renlav	synonym
daggkåpa		Daggkåpor	
filtlav ex torkslavar	ÖVRIGA FILTLAVAR		
fjällarv		Fjällarv - Vanlig fjällarv	ändrad till huvudart
fjällfibblor	FJÄLLFIBBLA		
fjällvedel		Fjällvedel - Ljus fjällvedel	ändrad till huvudart
fläcknycklar	JUNGFRU MARIE NYCKLAR		ändrad till huvudart
groddsvingel	GRODDSVINGEL/FÅRSVINGEL		enligt BG
grönvide/svartvide	GRÖN/SVARTVIDE	Grönvide	ihopslogna 2006/11
hästhov	TUSSILAGO	Tussilago	synonym
höstfibbla	HÖSTFIBBLA, SVART		ändrad till huvudart
Jungfru Marie nycklar	JUNG. MARIE NYCK.		
kartlav	GULGRÖNA KARTLAVAR	Gulgröna kartlav	synonym
kartlav	GULGRÖNA KARTLAVAR	Gulgröna kartlav	synonym
korallav	KORALLAVAR		
korallav	KORALLAVAR		
kruståtel		Kruståtel - Fjällkruståtel	ändrad till huvudart
kruståtel		Kruståtel - Vanlig kruståtel	ändrad till huvudart
kråkbär		Kråkbär - Nordkråkbär	ändrad till huvudart
lappvide/ripvide	LAPP/RIPVIDE	Lappvide	hopslogna 2006/11
lappvide/ripvide	LAPP/RIPVIDE	Ripvide	hopslogna 2006/11
liljekonvalj	LILLJEKONVALJ		stavning
liten blåklocka	BLÅKLOCKA		synonym
lopplummer		Lopplummer - Groddlummer	ändrad till huvudart
maskrosor	MASKROS	Fjällmaskrosor	Fjällmaskrosor inte bestämd 2006/11
midsommarblomster	SKOGSNÄVA		synonym
mjölke	MJÖLKÖRT		synonym
månlösbräken	LÅSBRÄKEN		synonym
nordisk stormhatt	NORD. STORMHATT		ändrad till huvudart
revlummer		Revlummer - Nordlummer	ändrad till huvudart
riparv		Hönsarv - Riparv	fortfarande underart
skogsfibblor	SKOGSFIBBLA		
svartfibblor	SVARTFIBBLA		
ullvide		Ullvide - Vanligt ullvide	ändrad till huvudart
vargstormhatt		Vargstormhatt - Nordisk stormhatt	ändrad till huvudart
vitpyrola		Vitpyrola - Vanlig pyrola	ändrad till huvudart
vårbrodd		Nordvårbrodd	artkomplex med sydvårbrodd
älgräs	ÄLGÖRT		synonym
ängssyra		Ängssyra - Lappsyra	ändrad till huvudart
ängssyra		Ängssyra - Vanlig ängssyra	ändrad till huvudart
ögontröster	ÖGONTRÖST	Fjällögontröst	Fjällögontröst inte bestämd 2006/11

Bilaga B: Ordinationsanalyser

Tabell B1. Variation (Inertia) och andel av variationen som förklaras av miljövariabler (Constrained) i ordinationer (CCA). Miljövariabler har valts i en stegvis selektionsprocess.

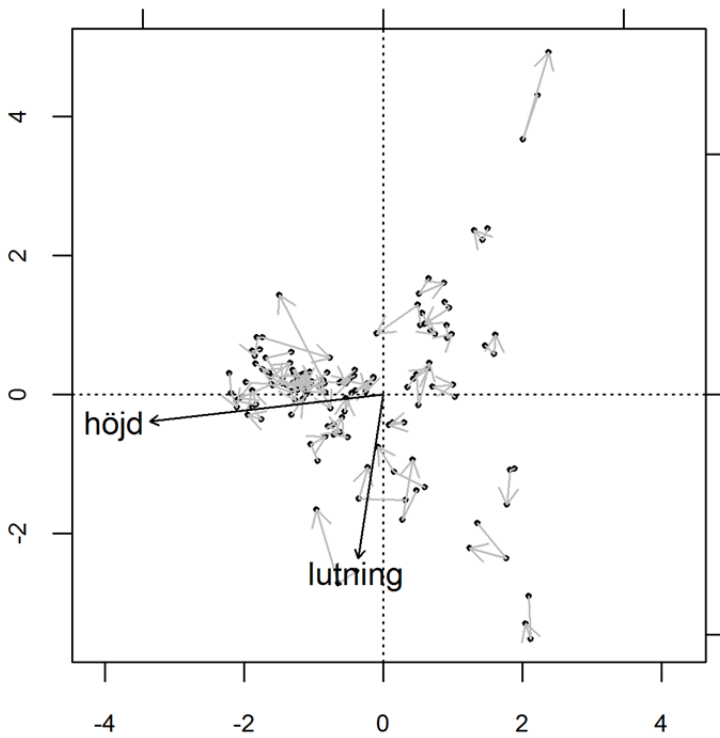
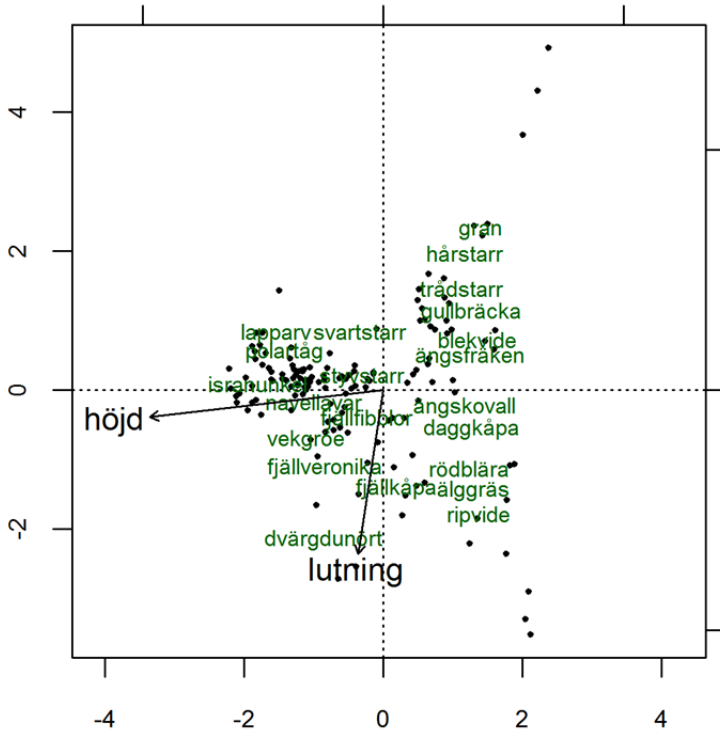
	Artsammansättning 10m-yltor		artsammansättning småyltor		täckningsgrader 10m-yltor		täckningsgrader småyltor	
	Inertia	Proportion	Inertia	Proportion	Inertia	Proportion	Inertia	Proportion
Total	4,05	1,00	7,92	1,00	1,45	1,00	3,37	1,00
Constrained	0,97	0,24	1,52	0,19	0,50	0,34	0,76	0,23
Unconstrained	3,08	0,76	6,40	0,81	0,95	0,66	2,61	0,77

Tabell B2. VIF (variance inflation factors) för alla förklarande variabler i ordinationer (CCA). Tumregeln är att VIF >10 indikerar kollinearitet.

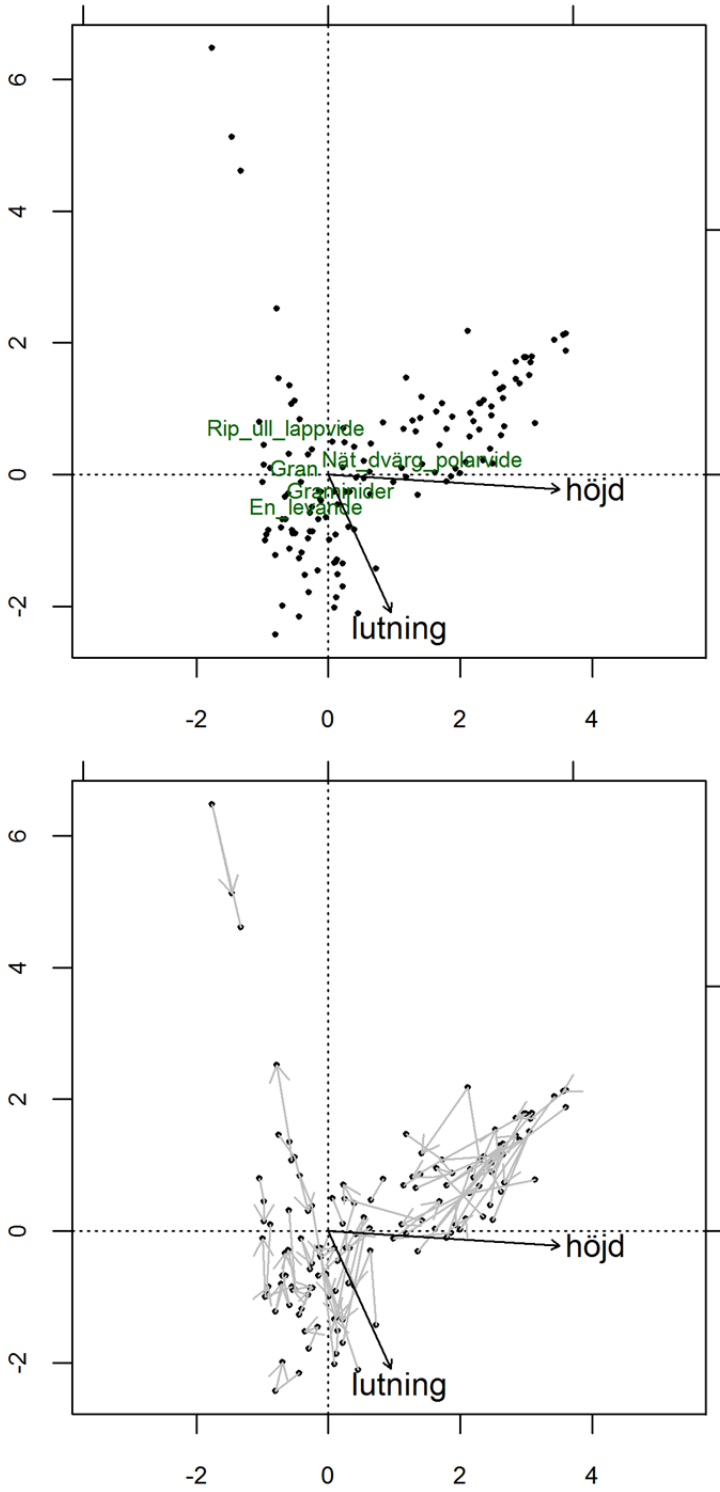
variabel	artsammansättning		täckningsgrader	
	10m-yltor	småyltor	10m-yltor	småyltor
avvikande mark	1,92	1,41	2,21	1,37
höjd	2,00	1,25	2,54	1,39
lutning	1,42	1,29	1,75	1,33
markfuktighetfrisk	4,92		5,70	
markfuktighetfrisk-fuktig	3,88		3,73	
markfuktighetfuktig	2,37		2,67	
markfuktighettorr	2,06		1,71	
syd	2,15	2,18	3,59	2,45
transektB	1,94	1,95	3,51	2,79
transektC	1,77	1,92	2,18	2,21
transektD	1,91	1,84	1,54	1,65
transektE	2,89	3,01	4,42	3,25
transektF	2,25	2,08	3,52	2,19
väst	2,15	2,32	3,33	3,18
år2011	1,58	1,49	1,23	1,35
år2017	1,77	1,48	1,36	1,33

Tabell B3. Variation (Inertia) och andel av variationen som förklaras av År (Constrained) i ordinationer (CCA).

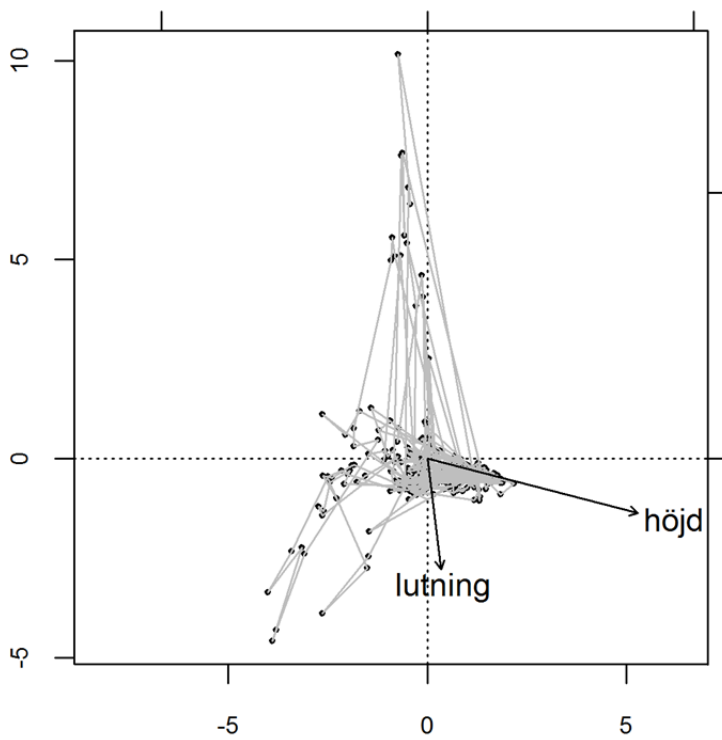
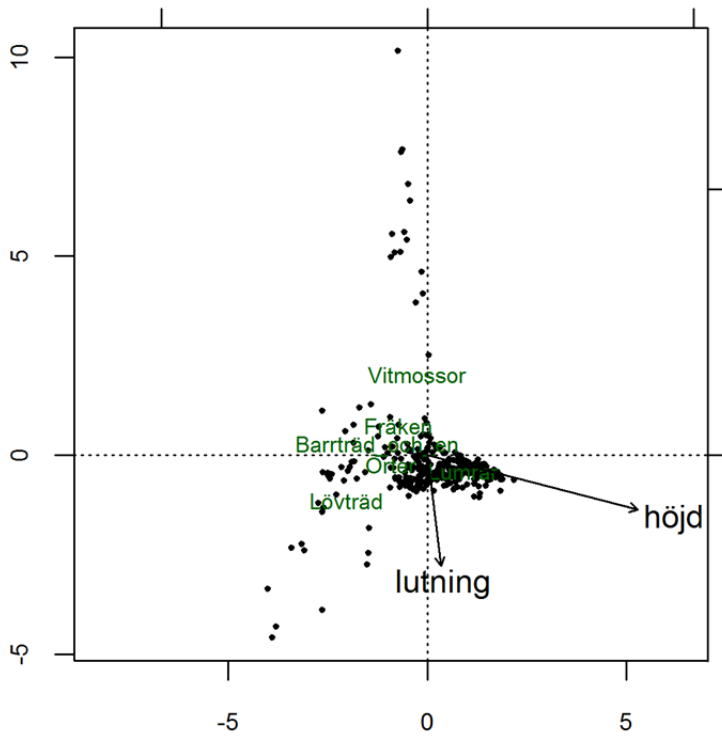
	Artsammansättning 10m-yltor		artsammansättning småyltor		täckningsgrader 10m-yltor		täckningsgrader småyltor	
	Inertia	Proportion	Inertia	Proportion	Inertia	Proportion	Inertia	Proportion
Total	4,05	1,00	7,92	1,00	1,45	1,00	3,37	1,00
Constrained	0,08	0,02	0,10	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Unconstrained	3,97	0,98	7,82	0,99	1,43	0,99	3,35	0,99



Figur C1. CCA av artsammansättning i småtytor. Det övre ordinationsdiagrammet visar ytor (svarta prickar), ett urval av arter och deras förhållande till höjd och lutning. Det nedre ordinationsdiagrammet visar ytornas förändring mellan åren.

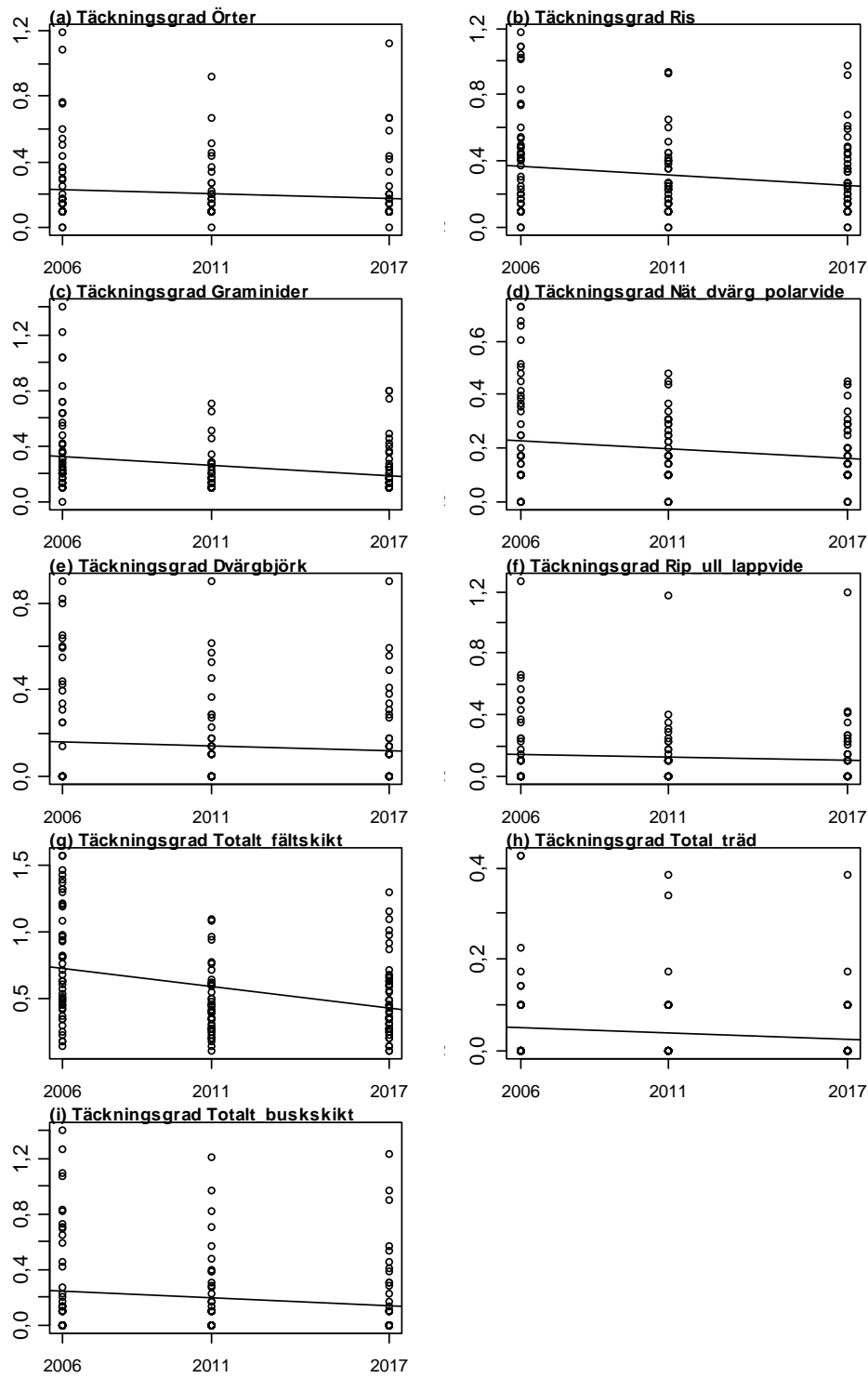


Figur C2. CCA av täckningsgrader av vegetationstyper i 10m-ylor. Det övre ordinationsdiagrammet visar ylor (svarta prickar), ett urval av arter och deras förhållande till höjd och lutning. Det nedre ordinationsdiagrammet visar ytornas förändring mellan åren.

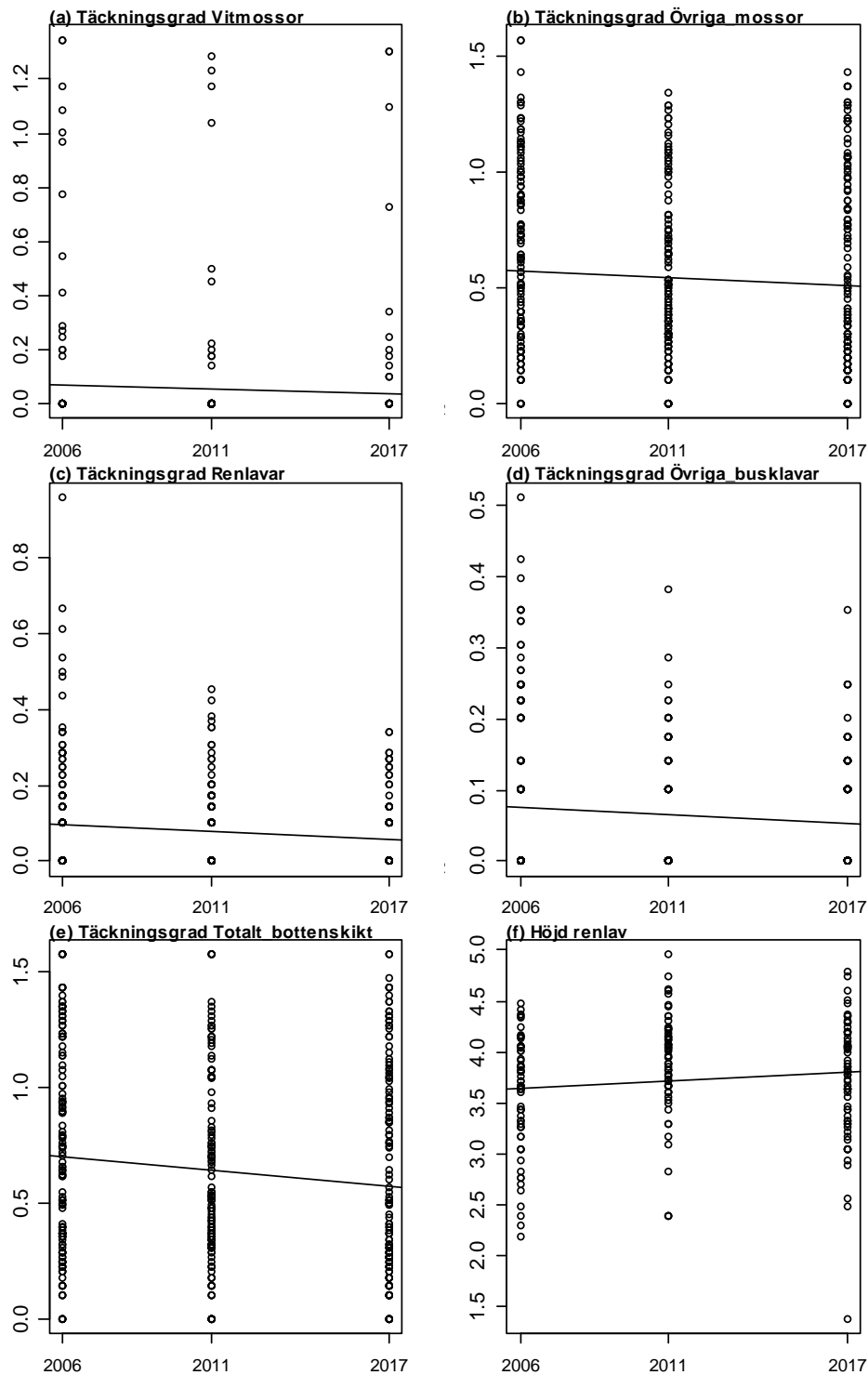


Figur C3. CCA av täckningsgrader av vegetationstyper i småytor. Det övre ordinationsdiagrammet visar ytor (svarta prickar), ett urval av arter och deras förhållande till höjd och lutning. Det nedre ordinationsdiagrammet visar ytornas förändring mellan åren.

Tabell C1. Resultat från mixed model-analys, samt medelvärden och standardavvikelse per år.									
yttyp	vegetationsskikt	vegetationsvariabel	typ av variabel	lutning	intercept	p	medel±SD		
							2006	2011	2017
10m-ytor	Buskskikt	Dvärgbjörk	täckningsgrad	0,00	7,23	0,006	8,39±15,88	4,65±11,17	4,63±10,9
10m-ytor	Buskskikt	En_levande	täckningsgrad	0,00	0,97	0,399	0,86±2,47	0,69±2,11	0,55±1,28
10m-ytor	Buskskikt	Glansvide	täckningsgrad	0,00	-0,70	0,253	0±0	0,06±0,24	0,04±0,2
10m-ytor	Buskskikt	Rip_ull_lappvide	täckningsgrad	0,00	7,98	0,001	6,47±15,56	3,43±12,32	3,73±12,75
10m-ytor	Buskskikt	Totalt_buskskikt	täckningsgrad	-0,01	19,45	0,000	14,63±26,5	8,02±18,19	7,45±18,34
10m-ytor	Fältskikt	Graminider	täckningsgrad	-0,01	25,16	0,000	17,04±5,06	7,06±24,09	8,44±11,96
10m-ytor	Fältskikt	Kärkryptogamer	täckningsgrad	0,00	0,56	0,885	4,08±10,99	1,69±2,43	3,27±7,21
10m-ytor	Fältskikt	Nät_dvärg_polarvide	täckningsgrad	-0,01	11,93	0,000	8,78±12,31	4,31±5,08	4±4,85
10m-ytor	Fältskikt	Ris	täckningsgrad	-0,01	21,21	0,000	19,88±9,55	10,47±25,16	14,08±14,94
10m-ytor	Fältskikt	Totalt_fältskikt	täckningsgrad	-0,03	54,53	0,000	48,92±33,79	22,08±19,49	24,69±23,6
10m-ytor	Fältskikt	Örter	täckningsgrad	-0,01	10,92	0,000	9,76±5,37	6,06±18,65	10,99±14,04
10m-ytor	Trädskikt	Glasbjörk	täckningsgrad	0,00	-0,01	0,968	0,82±2,91	0,65±2,31	0,71±2,32
10m-ytor	Trädskikt	Glasbjörk_dm	vegetationshöjd	0,00	-3,86	0,939	7,85±9,13	7,94±10,22	9,05±13,23
10m-ytor	Trädskikt	Glasbjörk_st	antal träd	0,04	-79,86	0,087	0,55±1,43	0,61±2,16	1,41±5,25
10m-ytor	Trädskikt	Gran	täckningsgrad	0,00	0,03	0,994	0,27±0,57	0,24±0,48	0,27±0,57
10m-ytor	Trädskikt	Gran_dm	vegetationshöjd	0,01	-26,84	0,328	10,47±7,06	10,43±8,78	12,65±8,73
10m-ytor	Trädskikt	Gran_st	antal träd				0,27±0,57	0,33±0,8	0,65±2,03
10m-ytor	Trädskikt	Rönn	täckningsgrad	0,00	-0,38	0,576	0,04±0,2	0,04±0,2	0,06±0,24
10m-ytor	Trädskikt	Rönn_dm	vegetationshöjd				9,35±12,23	4,5±4,24	6±5,6
10m-ytor	Trädskikt	Rönn_st	antal träd	0,00	0,50	1,000	0,04±0,2	0,04±0,2	0,04±0,2
10m-ytor	Trädskikt	Total_träd	täckningsgrad	0,00	4,43	0,018	1,12±3,44	0,82±2,52	0,49±2,04
10m-ytor	hela ytor	biologisk mångfald	antal taxa	0,05	-87,11	0,000	30,88±11,13	36,43±11,41	36,71±11,37
småytor	Bottenskikt	Bladlavar_mark	täckningsgrad	0,00	0,67	0,566	0,09±0,56	0,68±1,26	0,16±1,77
småytor	Bottenskikt	renlav	vegetationshöjd	0,01	-25,39	0,049	40±19,49	53,63±24,47	48,31±24,69
småytor	Bottenskikt	Renlavar	täckningsgrad	0,00	7,14	0,000	3,14±8,05	1,6±3,33	1,04±2,06
småytor	Bottenskikt	Totalt_bottenskikt	täckningsgrad	-0,01	23,65	0,000	44,72±35,74	34,38±31,16	35,49±34,95
småytor	Bottenskikt	Vitmossor	täckningsgrad	0,00	5,51	0,018	4,37±17,3	2,83±14,37	2,39±13,32
småytor	Bottenskikt	Övriga_busklavar	täckningsgrad	0,00	4,25	0,008	2,11±3,85	0,79±1,77	0,89±1,5
småytor	Bottenskikt	Övriga_mossor	täckningsgrad	-0,01	12,57	0,003	35,01±31,4	28,5±28,31	31,01±33,07
småytor	Fältskikt	Fräken	täckningsgrad	0,00	1,30	0,119	0,66±4,41	0,09±0,41	0,25±1,44
småytor	Fältskikt	Graminider	täckningsgrad	0,00	3,67	0,174	9,25±15,16	9,17±13,1	8,21±14,07
småytor	Fältskikt	Lumrar	täckningsgrad	0,00	-0,10	0,870	0,2±0,45	0,27±0,98	0,21±0,5
småytor	Fältskikt	Nät_dvärg_polarvide	täckningsgrad	0,00	0,22	0,979	6,36±11,57	9,09±16,13	6,96±14,48
småytor	Fältskikt	Ormbunkar	täckningsgrad	0,00	1,65	0,262	1,4±9,18	1,4±7,58	0,6±3,43
småytor	Fältskikt	Ris	täckningsgrad	0,00	0,08	0,943	13,1±20,84	14,88±20,79	13,92±23,63
småytor	Fältskikt	Totalt_fältskikt	täckningsgrad	0,00	-1,48	0,575	34,91±30,33	35,79±28,7	37,21±33,63
småytor	Fältskikt	Örter	täckningsgrad	0,00	2,31	0,320	8,26±18,91	8,96±19,34	7,74±19,28
småytor	Träd- och buskskikt	Barrträd_och_en	täckningsgrad	0,00	0,38	0,621	0,96±8,85	0,72±8,25	0,86±7,41
småytor	Träd- och buskskikt	Lövbuskar	täckningsgrad	0,00	2,72	0,243	7,79±20,22	6,9±17,47	6,96±17,66
småytor	Träd- och buskskikt	Lövträd	täckningsgrad	0,00	0,64	0,286	0,61±7,16	0,59±6,99	0,29±3,37
småytor	Träd- och buskskikt	Totalt_trädbusk	täckningsgrad	0,00	3,51	0,189	9±22,78	8,14±20,2	7,85±19,23
småytor	hela ytor	biologisk mångfald	antal taxa	0,02	-30,20	0,048	19,81±9,87	24,04±10,2	21,74±10,63



Figur C1. Vegetationstyper med signifikant förändrad täckningsgrad över tid i 10m-ytorna, enligt mixed model-analys ($p < 0,05$).



Figur C2. Täckningsgrader (a-e) och vegetationshöjd (f) med signifikant förändrad täckningsgrad över tid i småytorna. Förändringarna har analyserats med mixed models, $p \leq 0,05$ anses som signifikant. Diagrammet visar log-transformerade data.

Bilaga D: Förändringar i förekomstfrekvens

Tabell D1. Förekomstfrekvens, dvs antal ytor med observationer, samt förändring mellan 2006 och 2017.								
art	10m-ytor				småytor			
	2006	2011	2017	förändring	2006	2011	2017	förändring
axfryle	11	18	15	4	1	1	1	0
bergslok	1	0	0	-1	0	0	1	1
björkpyrola	3	3	3	0				
björnbrodd	9	7	12	3	1	0	1	0
blekvide	4	5	3	-1	1	0	2	1
blodrot	7	9	6	-1	3	3	3	0
blåbär	33	39	39	6	30	36	31	1
brudborste	2	1	3	1				
brudsporre	0	2	3	3				
brunnrör	1	3	4	3	0	0	3	3
bruntåg	1	1	2	1				
bågfryle	26	24	18	-8	10	6	8	-2
bägarlavar	36	47	46	10	50	60	62	12
daggkåpa	10	11	7	-3	3	1	2	-1
dvärgbjörk	19	22	23	4	29	27	27	-2
dvärgdunört	2	3	0	-2	0	1	0	0
dvärgfingerört	23	27	24	1	6	7	8	2
dvärglummer	6	9	3	-3				
dvärgranunkel	3	0	2	-1				
dvärgvide	38	41	40	2	65	73	70	5
ekbräken	4	5	5	1	5	3	3	-2
ekorrbar	0	1	1	1	0	0	1	1
en	13	14	14	1	1	2	2	1
fjällarv	1	5	4	3	0	1	1	1
fjällbinka	2	4	2	0				
fjällbräken	5	8	7	2	2	2	2	0
fjällbräsma	16	16	14	-2	5	8	4	-1
fjälldunört	1	0	5	4	0	0	1	1
fjällfibblor	30	27	31	1	9	9	12	3
fjällfryle	0	0	7	7				
fjällförgätmigej	0	1	3	3				
fjällglim	23	24	26	3	10	5	3	-7
fjällgröe	3	7	9	6	0	1	3	3
fjällgröna	8	8	9	1	2	2	2	0
fjällkattfot	9	14	10	1	0	1	3	3
fjällkåpa	9	9	8	-1	2	2	2	0
fjällnoppa	22	27	24	2	9	18	12	3
fjällruta	12	16	14	2	5	9	7	2
fjällsippa	5	5	6	1	3	3	2	-1
fjällskräp	1	1	1	0	2	1	0	-2
fjällskära	26	31	26	0	15	16	8	-7
fjällstarr	1	0	0	-1				
fjällsyra	11	13	11	0	0	0	3	3
fjälltagellav	3	12	15	12	5	7	4	-1
fjälltimotej	2	2	1	-1	1	0	0	-1
fjälltåtel	9	9	0	-9	6	4	0	-6
fjälllummer	17	16	17	0	2	4	1	-1

Bilaga D: Förändringar i förekomstfrekvens

Tabell D1. Förekomstfrekvens, dvs antal ytor med observationer, samt förändring mellan 2006 och 2017.								
art	10m-ytor				småytor			
	2006	2011	2017	förändring	2006	2011	2017	förändring
fjällvedel	5	5	5	0	1	4	2	1
fjällven	0	6	0	0	0	3	0	0
fjällveronika	17	15	8	-9	4	4	1	-3
fjällviol	22	32	27	5	15	22	15	0
fläcknycklar	0	1	1	1				
flädervänderot	1	0	0	-1				
glansstarr	1	1	0	-1	1	0	0	-1
glansvide	0	3	4	4	0	3	0	0
glasbjörk	11	10	12	1	2	2	2	0
gran	10	11	10	0	1	1	1	0
groddsvingel	34	35	35	1	21	28	18	-3
grönkulla	3	4	6	3				
grönvide.svartvide	1	1	2	1				
gullbräcka	4	4	3	-1	2	3	2	0
gullris	18	21	24	6	12	16	18	6
hagfibbla	0	1	0	0				
hagfibblor	0	0	2	2				
harsyra	0	1	2	2				
hirsstarr					6	0	0	-6
hjortron	5	7	7	2	6	6	7	1
hultbräken	1	1	3	2	1	1	1	0
humleblomster	3	3	3	0	1	0	0	-1
hundstarr	0	1	0	0				
hårstarr	2	1	1	-1	1	0	1	0
hästhov	0	1	1	1	0	1	0	0
hönsarv	0	0	1	1	0	0	1	1
höstfibbla	5	8	0	-5	0	5	0	0
islandslavar	27	40	42	15	37	63	53	16
isranunkel	4	4	5	1	0	1	1	1
kabbleka	0	0	1	1				
kartlavar	14	41	41	27	33	62	48	15
kattfot	4	2	3	-1	3	2	0	-3
klotpyrola	1	6	2	1				
klubbstarr	4	4	0	-4				
klynnetåg	31	32	34	3	23	32	34	11
korallav	5	14	16	11	4	4	5	1
kransrams	1	1	1	0	3	3	0	-3
kruståtel	34	31	29	-5	26	19	21	-5
krypljung	19	26	26	7	13	15	17	4
kråkbär	42	41	45	3	57	56	59	2
kråklöver	0	1	1	1	0	1	1	1
kärrfibbla	1	1	3	2				
kärrfräken	2	1	2	0	4	0	5	1
kärrviol	6	7	6	0	3	6	3	0
lapparv	7	7	1	-6	0	1	0	0
lappljung	24	24	26	2	10	11	12	2
lappspira	21	21	27	6	9	15	9	0

Bilaga D: Förändringar i förekomstfrekvens

Tabell D1. Förekomstfrekvens, dvs antal ytor med observationer, samt förändring mellan 2006 och 2017.								
art	10m-ytor				småytor			
	2006	2011	2017	förändring	2006	2011	2017	förändring
lapptåg	1	0	0	-1				
lappvide.ripvide	27	23	23	-4	15	13	12	-3
liljekonvalj	1	1	1	0	0	1	2	2
lingon	30	24	29	-1	34	39	29	-5
linnaea	0	1	0	0	0	1	0	0
liten.blåklocka	1	0	0	-1				
ljung	7	7	9	2	4	5	5	1
lopplummer	37	39	41	4	19	25	25	6
majbräken	0	1	1	1				
masklav	3	11	20	17	1	5	15	14
maskrosor	10	14	24	14	4	2	6	2
mattlummer	0	0	5	5				
midsommarblomster	8	9	9	1	9	10	9	0
mjöldunört	1	0	1	0	0	0	1	1
mjölke	3	3	3	0	0	1	3	3
mjölon	1	1	1	0				
mossljung	25	28	27	2	11	14	16	5
månårsbräken	0	1	0	0				
navellavar	2	26	39	37	4	18	13	9
nordisk.stormhatt	2	2	0	-2	3	3	0	-3
norrlandsarv	0	1	0	0				
norrlandslav	4	6	8	4				
norsknoppa	11	11	10	-1	4	4	1	-3
nålstarr	0	4	3	3	0	3	1	1
nätvide	7	7	10	3	0	1	4	4
odon	22	29	24	2	25	27	17	-8
orbär	0	0	3	3	0	0	3	3
ormrot	41	43	37	-4	25	30	20	-5
plattlummer	0	0	2	2	0	0	1	1
polartåg	6	4	8	2	4	2	0	-4
polarull	7	3	4	-3	0	1	0	0
purpurbräcka	8	7	8	0	1	1	0	-1
påskrislavar	14	28	34	20	9	16	16	7
revlummer	3	9	6	3				
riparv	4	1	1	-3	1	0	1	0
ripbär	12	15	15	3	7	7	7	0
ripstarr	5	4	0	-5				
ripvide	0	3	0	0	0	1	0	0
rosenrot	1	1	1	0	1	1	0	-1
rosling	12	9	11	-1	5	10	5	0
rödblära	2	3	4	2	1	0	1	0
rödsvingel	0	3	0	0	1	0	0	-1
rödven	1	1	0	-1				
rönn	2	2	3	1				
saffranslav	17	22	22	5	9	9	6	-3
skogsbräken	0	0	3	3				
skogsfibblor	1	0	0	-1				

Bilaga D: Förändringar i förekomstfrekvens

Tabell D1. Förekomstfrekvens, dvs antal ytor med observationer, samt förändring mellan 2006 och 2017.								
art	10m-ytor				småytor			
	2006	2011	2017	förändring	2006	2011	2017	förändring
skogsfräken	3	3	4	1	2	1	0	-2
skogskovall	8	8	9	1	6	5	8	2
skogsstjärna	6	8	10	4	6	4	3	-3
skogsstjärnblomma	0	0	1	1				
slidstarr	24	19	18	-6	0	3	3	3
slätterblomma	4	4	2	-2	2	1	0	-2
smörblomma	4	9	11	7	1	2	2	1
smörbollar	0	0	1	1	0	0	1	1
snöbräcka	1	3	1	0				
snölav	25	29	37	12	20	20	16	-4
spindelblomster	1	2	2	1				
stagg	9	9	11	2	5	5	6	1
stenbär	3	2	3	0	3	2	1	-2
stjärnbräcka	21	26	19	-2	4	5	4	0
strutlav	13	13	29	16	11	4	14	3
strätta	2	3	4	2	0	1	1	1
styvstarr	36	42	43	7	39	46	49	10
svartfibblor	5	7	4	-1	1	5	0	-1
svartfryle	0	3	1	1	0	0	1	1
svarthö	16	19	17	1	6	6	6	0
svartstarr	2	6	4	2	0	0	3	3
taggstarr	1	0	0	-1				
torsklavar	0	2	1	1	1	0	0	-1
torta	3	5	4	1	2	3	1	-1
trådfräken	0	2	0	0	0	3	0	0
trådstarr	0	2	0	0	0	1	0	0
trådtåg	1	0	0	-1				
tuvsäv	8	7	8	0	4	3	6	2
tuvtåtel	16	15	16	0	4	3	5	1
tuvull	5	6	7	2	5	2	3	-2
tvåblad	0	0	1	1				
tätört	13	14	16	3	1	2	3	2
ullvide	4	6	5	1	1	3	3	2
upprätt.tagellav	3	0	0	-3	1	0	0	-1
vargstormhatt	0	0	4	4	0	0	2	2
vekgröe	0	2	1	1	0	0	1	1
vitpyrola	5	4	3	-2	1	4	3	2
vårbrodd	16	15	16	0	6	10	9	3
vårfingerört	6	6	8	2				
åkerfräken	1	1	1	0	1	1	2	1
åkerförgätmigej	1	2	0	-1				
älgräs	2	3	3	1	3	4	4	1
ängsfryle	4	0	0	-4				
ängsfräken	3	2	2	-1	3	3	2	-1
ängsgröe	0	1	0	0				
ängskovall	2	1	1	-1	1	2	0	-1
ängsmyskgräs	0	1	0	0				

Bilaga D: Förändringar i förekomstfrekvens

Tabell D1. Förekomstfrekvens, dvs antal ytor med observationer, samt förändring mellan 2006 och 2017.								
art	10m-yltor				småyltor			
	2006	2011	2017	förändring	2006	2011	2017	förändring
ängsskallra	2	2	0	-2				
ängssvingel	1	0	0	-1				
ängssyra	12	12	13	1	10	12	9	-1
ängsull	11	15	14	3	2	9	0	-2
ögontröster	13	13	3	-10	0	2	0	0

Bilaga E. Höjdförändringar.

Tabell E1. Förändringar i höjd mellan 2006 och 2017. Kolumnen höjdförändring visar skillnaden i medianhöjd för ytor med förekomst mellan 2006 och 2017. Positiva värden innebär att arten hittats på högre höjder 2017.

art	höjdförändring	min 2006	min 2011	min 2017	median 2006	median 2011	median 2017	max 2006	max 2011	max 2017
axfryle	0	792	792	792	1248	1215	1248	1310	1315	1315
björkpyrola	-27	844	844	844	923	896	896	1127	923	923
björnbrodd	25	839	839	839	945	1054	970	1212	1212	1212
blekvide	-38	844	839	839	882	868	844	923	923	923
blodrot	6	863	863	863	933	933	939	982	1169	982
blåbär	-23	792	792	792	1077	1054	1054	1315	1359	1336
brudborste	-14	868	868	839	882	868	868	896	868	896
brunnrör	-27	916	916	794	916	933	890	916	982	982
bruntåg	3	839	839	839	839	839	842	839	839	844
bågfryle	21	995	1010	1146	1249	1253	1270	1412	1412	1412
bägarlav	25	792	792	792	1108	1088	1133	1359	1412	1412
daggkäpa	-14	844	844	844	937	982	923	1169	1169	982
dvärgbjörk	8	792	792	792	933	937	941	1165	1165	1165
dvärgfingerört	1	863	863	863	1248	1209	1249	1359	1359	1359
dvärglummer	-31	839	839	844	893	945	862	945	1315	1212
dvärgvide	-22	863	863	863	1189	1165	1167	1412	1412	1412
ekbräken	14	839	839	839	882	896	896	916	945	1146
en	18	839	839	839	933	964	951	1282	1282	1169
fjällarv	-307	1284	792	844	1284	923	977	1284	1284	1248
fjällbinka	-3	1212	1212	1212	1264	1302	1261	1315	1315	1310
fjällbräken	25	863	863	863	957	970	982	1282	1282	1282
fjällbräsma	19	792	1054	1031	1283	1267	1302	1412	1412	1412
fjällfibblor	39	863	863	916	1108	1088	1146	1315	1310	1315
fjällglim	3	792	792	792	1212	1211	1215	1336	1336	1359
fjällgröe	81	1138	1088	844	1255	1284	1336	1310	1359	1412
fjällgröna	-52	792	792	792	1063	1036	1011	1217	1217	1217
fjällkattfot	-21	862	1031	945	1251	1249	1230	1315	1336	1315
fjällkäpa	22	916	945	863	1010	1048	1032	1251	1249	1249
fjällnoppa	44	863	863	863	1189	1249	1233	1359	1359	1359
fjällruta	60	792	839	839	962	1071	1021	1315	1315	1315
fjällsippa	10	792	792	792	844	844	854	995	995	995
fjällskräp	0	839	839	839	839	839	839	839	839	839
fjällskära	36	792	792	794	1003	1077	1038	1336	1336	1336
fjällsyra	-72	844	844	844	1160	1088	1088	1359	1359	1359
fjälltagellav	69	995	792	792	1077	1167	1146	1146	1293	1336
fjälltimotej	92	863	957	957	866	1001	957	868	1045	957
fjälllummer	11	863	862	862	1077	1021	1088	1282	1282	1282
fjällvedel	0	792	792	792	844	844	844	923	923	923
fjällveronika	-89	863	945	844	1160	1169	1071	1359	1359	1359
fjällviol	-17	839	839	839	1071	1050	1054	1315	1359	1359
glasbjörk	-29	839	792	792	982	921	953	1248	1165	1165
gran	0	794	794	794	906	916	906	982	1127	1127
groddsvingel	-2	792	844	792	1167	1165	1165	1359	1359	1359
grönkulla	66	839	839	839	844	870	910	941	982	1127
grönvide.svartvide	-80	933	1045	839	933	1045	854	933	1045	868
gullbräcka	-26	839	839	839	870	884	844	941	941	941
gullris	53	839	839	839	943	957	996	1282	1248	1315
hjortron	8	792	792	792	933	941	941	1165	1249	1249
hultbräken	49	896	896	896	896	896	945	896	896	1010
humleblomster	0	839	839	839	868	868	868	896	896	896
hårstarr	-12	839	862	839	851	862	839	862	862	839
islandslavar	-96	896	844	792	1249	1163	1153	1412	1412	1412
isranunkel	5	1255	1336	1255	1341	1353	1346	1359	1412	1412
kartlavar	-46	792	792	792	1206	1165	1160	1359	1412	1412
kattfot	-183	945	945	862	1079	1036	896	1169	1127	945
klotpyrola	62	863	945	868	863	1007	925	863	1169	982
klynnetåg	-7	792	792	792	1160	1153	1153	1315	1315	1359
korallav	147	792	792	792	995	1108	1142	1284	1284	1284
kransrams	0	896	896	896	896	896	896	896	896	896
krustätel	-35	839	794	792	1066	1045	1031	1315	1315	1359

Bilaga E. Höjdförändringar.

Tabell E1. Förändringar i höjd mellan 2006 och 2017. Kolumnen höjdförändring visar skillnaden i medianhöjd för ytor med förekomst mellan 2006 och 2017. Positiva värden innebär att arten hittats på högre höjder 2017.										
art	höjdförändring	min 2006	min 2011	min 2017	median 2006	median 2011	median 2017	max 2006	max 2011	max 2017
krypljung	-8	862	792	792	1054	1047	1047	1310	1312	1312
kråkbär	12	792	792	792	1066	1077	1077	1315	1315	1359
kärrfibbla	-57	896	844	794	896	844	839	896	844	844
kärrfräken	0	794	794	794	817	794	817	839	794	839
kärrviol	-148	863	863	863	1112	1010	964	1282	1282	1169
lapparv	2	896	1088	1284	1282	1282	1284	1412	1412	1284
lappljung	-46	863	862	839	1153	1083	1108	1336	1255	1359
lappspira	1	792	839	792	1010	1031	1011	1255	1255	1293
lappvide.ripvide	-25	792	792	792	982	995	957	1169	1169	1248
liljekonvalj	0	896	896	896	896	896	896	896	896	896
lingon	7	792	792	792	1038	1021	1045	1312	1310	1310
ljung	8	792	792	792	933	933	941	1010	1010	1127
lopplummer	-5	844	792	792	1165	1165	1160	1359	1359	1359
masklav	-70	1146	862	792	1284	1165	1215	1336	1336	1346
maskrosor	29	863	844	839	1021	1071	1050	1282	1359	1359
midssommarblomster	-47	839	794	794	915	896	868	1169	1169	982
mjöлке	0	896	916	916	957	957	957	1045	1045	1045
mjölon	-34	896	862	862	896	862	862	896	862	862
mossljung	-31	945	863	863	1248	1215	1217	1412	1359	1359
navellavar	-103	1251	862	792	1268	1167	1165	1284	1412	1412
norrlandslav	0	916	792	792	953	932	953	1284	982	1284
norsknoppa	14	863	863	863	982	982	996	1169	1359	1251
nätvide	-14	792	792	792	923	896	910	1169	995	1217
odon	-51	792	792	792	1021	995	970	1251	1284	1248
ormrot	8	792	792	792	1138	1127	1146	1359	1359	1359
polartåg	-60	1048	1048	1045	1267	1216	1207	1359	1359	1359
polarull	44	1011	1045	1045	1160	1048	1204	1412	1293	1412
purpurbräcka	-33	844	1146	941	1191	1248	1158	1336	1336	1315
påskrislavar	-41	945	862	862	1251	1213	1211	1359	1359	1412
revlummer	223	862	839	862	923	982	1146	941	1255	1249
riparv	89	844	1045	1045	957	1045	1045	1088	1045	1045
ripbär	6	792	792	792	939	995	945	1127	1209	1165
rosenrot	0	945	945	945	945	945	945	945	945	945
rosling	-25	792	839	792	970	1010	945	1169	1127	1127
rödblära	73	839	868	844	854	957	927	868	1045	1045
rönn	17	862	839	839	879	1044	896	896	1248	923
saffranslav	-31	792	792	863	1284	1213	1253	1412	1412	1412
skogsfräken	-4	839	839	839	941	941	937	982	982	982
skogskovall	10	839	839	839	906	906	916	982	982	982
skogsstjärna	0	868	868	839	925	937	925	982	1010	1010
slidstarr	-41	792	792	792	1011	1010	970	1315	1282	1248
slätterblomma	-12	839	794	839	853	842	842	868	868	844
smörblomma	62	863	839	844	896	923	957	982	1088	1169
snöbräcka	23	1336	1284	1359	1336	1293	1359	1336	1359	1359
snölav	-57	792	792	792	1217	1169	1160	1359	1412	1359
spindelblomster	-68	896	794	794	896	845	829	896	896	863
stagg	72	863	863	863	982	1010	1054	1282	1251	1315
stenbär	0	839	839	839	896	868	896	945	896	957
stjärnbräcka	6	1010	945	1010	1249	1229	1255	1412	1412	1412
strutlav	-42	792	792	792	1251	1165	1209	1336	1310	1359
strätta	-12	839	794	794	854	839	842	868	896	896
styvstarr	-11	792	792	792	1149	1108	1138	1359	1359	1359
svartfibblor	-92	839	839	839	945	957	854	1251	1248	923
svarthö	9	792	794	792	932	945	941	1212	1212	1212
svartstarr	67	896	862	844	1012	1133	1079	1127	1310	1315
torta	14	863	863	863	868	941	882	957	1088	957
tuvsäv	0	863	863	863	970	1011	970	1146	1146	1146
tuvtåtel	77	794	794	794	951	941	1028	1315	1251	1412
tuvull	-13	933	933	794	995	1003	982	1346	1251	1165
tätört	10	792	839	792	933	970	943	1127	1169	1169

Bilaga E. Höjdförändringar.

Tabell E1. Förändringar i höjd mellan 2006 och 2017. Kolumnen höjdförändring visar skillnaden i medianhöjd för ytor med förekomst mellan 2006 och 2017. Positiva värden innebär att arten hittats på högre höjder 2017.

art	höjdförändring	min 2006	min 2011	min 2017	median 2006	median 2011	median 2017	max 2006	max 2011	max 2017
ullvide	-14	844	844	844	910	882	896	941	941	1045
vitpyrola	-24	839	839	839	868	884	844	982	982	923
vårbrodd	-47	863	863	844	1043	1010	996	1282	1282	1282
vårfingerört	1	844	923	844	1079	1248	1079	1310	1315	1412
åkerfräken	0	839	839	839	839	839	839	839	839	839
älgräs	-14	868	839	839	882	868	868	896	896	896
ängsfräken	12	839	844	844	844	856	856	868	868	868
ängskovall	-14	868	868	868	882	868	868	896	868	868
ängssyra	-9	794	794	794	925	906	916	1088	1088	1088
ängsull	17	839	794	794	1011	1045	1028	1293	1293	1293
ögontröster	-89	792	792	792	933	945	844	1031	1045	1010

Bilaga F: Naturvårdsarters förändring

Tabell F1. Förändring i höjd och förekomstfrekvens för arter klassade som naturvårdsarter. Kolumnen höjd visar skillnaden i medianhöjd för ytor med förekomst mellan 2006 och 2017. Positiva värden innebär att arten hittats på högre höjder 2017. Om värden saknas innebär det att arten inte påträffats både 2006 och 2017 och att skillnaden i förekomstfrekvens och medianhöjd därför inte kunnat beräknas.

namn	rödlistad	fridlyst	Habitatdirektivet		Förändring 2006-2017		
			bilaga 5	typisk art	förekomstfrekvens 10m-yltor	förekomstfrekvens småyltor	höjd
blodrot				X	-1	0	6
brudborste				X	1		-14
brudsporre		X		X	3		
dvärgfingerört				X	1	2	1
dvärglummer				X	-3		-31
fjällfryle				X	7		
fjällgröe				X	6	3	81
fjällkåpa				X	-1	0	22
fjällsippa				X	1	-1	10
fjällsyra				X	0	3	-72
fjälltagellav				X	12	-1	69
fjälltimotej				X	-1	-1	91
fjälllummer		X	X		0	-1	11
fjällvedel				X	0	1	0
fjällveronika				X	-9	-3	-89
fläcknycklar		X			1		
flädervänderot				X	-1		
glansvide				X	4	0	
grönkulla		X		X	3		66
hirsstarr				X		-6	
hårstarr				X	-1	0	-12
kattfot				X	-1	-3	-183
krypljung				X	7	4	-7
kärrviol				X	0	0	-148
liten blåklocka				X			
loplummer		X	X		4	6	-5
masklav				X	17	14	-69
mattlummer		X	X		5		
mossljung				X	2	5	-31
månåsbräken	X			X	0		
norskknoppa				X	-1	-3	14
ormrot				X	-4	-5	8
plattlummer		X	X		2	1	
revlummer		X	X		3		223
saffranslav				X	5	-3	-31
slätterblomma				X	-2	-2	-11
smörbollor				X	1	1	
snöbräcka				X	0		23
spindelblomster		X			1		-67
stagg				X	2	1	72
svartfryle				X	1	1	
svarthö				X	1	0	9
tvåblad		X			1		
tätört				X	3	2	10
upprätt tagellav				X			
vårbrodd				X	0	3	-47
vårfingerört				X	2		0
ängsfryle				X	-4		
ängsskallra				X	-2		

Bilaga G. Vägledning för analyser i R.

Statistikprogrammet R kan laddas ned gratis från <https://cran.r-project.org/>. R-studio (www.rstudio.com), också det gratis, underlättar användandet av skript. För analyserna behöver tilläggen vegan, betapart, indicpecies och nlme installeras.

Analys av artdata

Data i analyserna med artdata är formaterat enligt följande: kolumn ett är ytans nummer, kolumn två är år, resterande kolumner är arter.

yta	år	Art	Art
100	2006	1	1
100	2017	1	0
150	2006	1	0
150	2017	0	0
200	2006	0	0
200	2017	0	1

Ett exempeldataset kan skapas utifrån ett dataset som följer med R-tillägget vegan (dune meadow vegetation data).

```
# Gör om till presence-absence.
# miljövariabler från dune, men ändrade för att passa fjällvegetation
# år är helt påhittad
require(vegan) #tillägget för olika multivariata funktionerna, samt exempel data
data(dune); arter<-dune; arter[arter>0]<-1
data(dune.env)
miljö<-dune.env[, -3]
colnames(miljö)<-c('höjd', 'markfuktighet', 'transekt', 'väderstreck')
miljö$markfuktighet<-factor(miljö$markfuktighet, ordered=FALSE)
miljö$transekt<-factor(miljö$transekt, ordered=F)
miljö$väderstreck<-as.numeric(miljö$väderstreck)
levels(miljö$transekt)<-c('A', 'B', 'C')
miljö$höjd<-miljö$höjd*200 #för att få realistiska värden
arter<-cbind(yta=rep(100:109, 2), år=c(rep(2006, 10), rep(2017, 10)), arter) #inkludera yta och år som kolumner i artmatrisen
miljö<-cbind(yta=rep(100:109, 2), år=c(rep(2006, 10), rep(2017, 10)), miljö) #inkludera yta och år som kolumner i artmatrisen
miljö$år<-as.factor(miljö$år)
```

Multivariata analyser

De multivariata analyserna illustrerar hur arter, miljövariabler och ytor relaterar till varandra och vilka ytor som är lika varandra med avseende på artsammansättningen. Här används CCA (Canonical correspondence analysis). Miljövariablernas påverkan på artsammansättningen testas genom att stegvis välja variabler. Observera att det finns fler sätt att skapa modeller (ordinationer med ett urval av miljövariabler), och olika metoder ger olika resultat. En ordination med enbart år som förklarande variabel skapas för att testa om artsammansättningen förändras över tid.

```
#Bygg en model med stegvis test av variabler, för att få en bild över vilka faktorer som styr vegetationen
mod1 <- cca(arter[, -(1:2)] ~ ., miljö[, -(1)])
mod0 <- cca(arter[, -(1:2)] ~ 1, miljö[, -(1)])

set.seed(1)
mod.ordistep<-ordistep(mod0, scope = formula(mod1), perm.max = 200)
mod.ordistep #visar hur mycket variation som förklaras
anova(mod.ordistep) #permutationstest för att se om miljövariablerna signifikant förklarar något av den totala variationen
mod.ordistep$anova #variabler valda i selektionsprocessen
plot(mod.ordistep)

#VIF - variance inflation factors
#Kolla om variabler är kollineära. Tumregeln är att VIF >10 indikerar kollinearitet
as.matrix(vif.cca(mod1))

#ÅR
cca.år <- cca(arter[, -(1:2)] ~ år, miljö)
cca.år #visar hur mycket variation som förklaras
plot(cca.år)
anova(cca.år) #permutationstest för att se om miljövariablerna signifikant förklarar något av den totala variationen
```

Omsättningen av arter (eng *turnover*) mellan inventeringar kan kvantifieras med ett olikhetsindex. Här används Jaccards olikhetsindex. Ett högt värde innebär att många arter försvunnit och ersatts av nya. Förändringen kan relateras till miljövariabler, exempelvis höjd över havet.

```
require(betaPart) #tillägget för turnover

arter.2006<-arter[arter$år==2006, -(1:2)] #skapa två objekt med arter, för de
arter.2017<-arter[arter$år==2017, -(1:2)] #två inventeringar som ska jämföras
rownames(arter.2006)<-arter[arter$år==2006, 'yta']
rownames(arter.2017)<-arter[arter$år==2017, 'yta']
betadiv<-beta.temp(arter.2006, arter.2017, index.family='jaccard')

#kolumnen beta.jtu är turnover/artomsättning

#undersök om artomsättningen skiljer sig mellan olika höjder
miljö.2017<-miljö[miljö$år==2017, ]
plot(betadiv$beta.jtu-miljö.2017$höjd, main='höjd')
lm.mod<-lm(betadiv$beta.jtu-miljö.2017$höjd)
summary(lm.mod)
abline(lm.mod)
```

Indikatorarter

Indikatorarter är arter som är typiska för en grupp, här år.

```
require(indicspecies) #tillägg för att beräkna indikatorvärden
indval<-multipatt(arter[, -c(1:2)], arter$år)
summary(indval)
```

Höjdförändringar

Kod för att, för varje art, beräkna min- median och maxvärden för ytor med förekomster, samt kod för grafisk presentation.

```
#skillnader kan inte beräknas för arter som endast påträffats ett år.
arter.tvåår<-colnames(arter)[-(1:2)][colSums(aggregate(arter[, -(1:2)], by=list(arter$år), FUN=max)[-1])==2] #arter som hittats alla (två) år.
arter.m.höjd<-cbind(arter[, c('yta', 'år', arter.tvåår)], höjd=mi lj öhöjd)

#funktion för att beräkna min-, median-, maxhöjd
höjdinfo<-function(x, art)
{
  tmp<-x[x[, art]>0, c('höjd', 'år')]
  tmp.ag<-aggregate(tmp$höjd, by=list(år=tmp$år), FUN=function(a) c(min=min(a), median=median(a), max=max(a)))
  do.call(data.frame, tmp.ag)
}

#funktion för höjdgrafen. År får inte vara en faktor.
höjdgraf<-function(x, art)
{
  ylim<-c(min(x$höjd), max(x$höjd))
  en.art.0<-x[x[, art]==0, c(art, 'år', 'höjd')]
  en.art.1<-x[x[, art]==1, c(art, 'år', 'höjd')]
  en.art.mmm<-aggregate(en.art.1$höjd, by=list(en.art.1$år), FUN = function(x) c(min(x), median(x), max(x)))
  en.art.mmm<-do.call(data.frame, en.art.mmm)
  colnames(en.art.mmm)<-c('år', 'min', 'median', 'max')
  plot(höjd~år, data=en.art.0, ylim=ylim, main=art, xlab='', ylab='', xaxt = "n", pch=21, bg='white', cex=0.7); axis(1, at=x$år)
  points(höjd~år, data=en.art.1, pch=21, bg='black', cex=1.5)
  lines(median~år, data=en.art.mmm)
  lines(max~år, data=en.art.mmm)
}

höjdinfo.tabel<-data.frame(matrix(, nrow=2*(length(arter.tvåår)), ncol=5)); colnames(höjdinfo.tabel)<-c('art', 'år', 'min', 'median', 'max'); höjdinfo.tabel$art<-rep(arter.tvåår, 2) #tom tabel

for(A in arter.tvåår) höjdinfo.tabel[höjdinfo.tabel$art==A, 2:5]<-höjdinfo(arter.m.höjd, make.names(A))

#kolla på resultaten och spara
höjdinfo.tabel
write.table(höjdinfo.tabel, "resultat/höjdinfo.tabel.txt", sep="\t", dec=",", col.names=NA)

#graf
höjdgraf(arter.m.höjd, 'Achimiil')
höjdgraf(arter.m.höjd, 'Agrostol')
```

Förekomstfrekvens

Förekomstfrekvenser är antal ytor som en art påträffats i vid en inventering. Kod för att beräkna förekomstfrekvenser och kod för grafisk presentation.

```
#funktion för stapeldiagram
stapeldiagram<-function(art, artdata, underrubrik=NULL) {plotdata<-aggregate(artdata[, art], by=list(år=artdata$år),
FUN=sum);barplot(plotdata$x, main=paste("Antal ytor med", art), names.arg=plotdata$år, sub=underrubrik)}

antal_ytor<-as.data.frame(t(aggregate(arter[, -c(1,2)], by=list(år=arter$år), FUN=sum)[, -1]))
colnames(antal_ytor)<-unique(arter$år)

antal_ytor$förändring<-antal_ytor$'2017' -antal_ytor$'2006'

#spara resultaten. Krävs att det finns en katalog/mapp som heter resultat som är en undermapp till katalogen/mappen i setwd()
write.table(antal_ytor, "resultat/förekomstfrekvens.txt", sep="\t", dec=",", col.names=NA)
```

Antal taxa

Kod för att beräkna antal taxa olika år, medelantal per yta och kod för att testa om antalet taxa förändras över tid.

```
#beräkna antal taxa och testa förändring över år med mixed model
# -----
#antal taxa per yta och år
antal_taxa<-cbind(arter[, 1:2], antal_taxa=rowSums(arter[, -c(1:2)])) #summerar antal taxa
antal_taxa$år<-as.factor(antal_taxa$år)

summary(colSums(arter[arter$år==2006, -c(1:2)])>0) #antal arter totalt 2006. TRUE är antalet observationer. FALSE är antalet arter som inte
påträffades det speci fika året, men som påträffats andra år.
summary(colSums(arter[arter$år==2017, -c(1:2)])>0) #antal arter totalt 2017
aggregate(antal_taxa$antal_taxa, list(antal_taxa$år), mean) #medel per år

#testa skillnader i antalet taxa över tid
require(nlme);ctrl <- lmeControl(opt='optim') #tillägg för mixed models och inställning för optimeringsmetod
mod.lme<-lme(sqrt(antal_taxa)~år, random=~1|yta, correlation=corCAR1(form=~år|yta), data=antal_taxa, control=ctrl)

coef(summary(mod.lme))[2, 'Value'] #lutning
coef(summary(mod.lme))[1, 'Value'] #intercept
summary(mod.lme)$table[2, 'p-value'] #p-värde

plot(sqrt(antal_taxa$antal_taxa)~as.numeric(antal_taxa$år))
abline(a=coef(summary(mod.lme))[1, 'Value'], b=coef(summary(mod.lme))[2, 'Value'])
```

Täckningsgrader, vegetationshöjd, trädantal

Mixed models används för att undersöka förändringar i täckningsgrader, vegetationshöjd och trädantal. Mixed models tar hänsyn till att observationerna sker i samma ytor, och alltså inte är oberoende. Kod också för medelvärden och standardavvikelse och för grafer.

Här används helt fabricerat exempeldata.

```
require(nlme); ctrl <- lmeControl(opt='optim') #tillägg för mixed models och inställning för optimeringsmetod
#fabricerat exempel data
exempeldata<-as.data.frame(cbind(yta=rep(100:119,3), år=c(rep(2006,20), rep(2011,20), rep(2017,20)), täckningsgrad=round(rnorm(60, mean=30,
sd=10),0), trädantal=round(rnorm(60, mean=2, sd=10),0), vegetationshöjd=round(rnorm(60, mean=2, sd=15),0)))
exempeldata[exempeldata<0]<-0

#täckningsgrad
täckningsgrad.lme<-lme(asin(sqrt(täckningsgrad/100))-år, random=~1|yta, correlation=corCAR1(form=~år|yta), data=exempeldata, control=ctrl)
coef(summary(täckningsgrad.lme))[2, 'Value'] #lutning
coef(summary(täckningsgrad.lme))[1, 'Value'] #intercept
summary(täckningsgrad.lme)$table[2, 'p-value'] #p-värde

#trädantal, börja med att ta bort ytor som inte har träd något år
ytor_med_träd<-aggregate(exempeldata$trädantal, list(exempeldata$yta), max) #kolla vilka ytor som har träd minst ett år
ytor_med_träd_namn<-ytor_med_träd[ytor_med_träd>0,1] #namnet på ytorna
ytor_med_träd_TF<-exempeldata$yta %in% ytor_med_träd_namn # TRUE/FALSE för alla ytor

trädantal.lme<-lme(sqrt(trädantal)-år, random=~1|yta, correlation=corCAR1(form=~år|yta), data=exempeldata[ytor_med_träd_TF,], control=ctrl)
coef(summary(trädantal.lme))[2, 'Value'] #lutning
coef(summary(trädantal.lme))[1, 'Value'] #intercept
summary(trädantal.lme)$table[2, 'p-value'] #p-värde

#vegetationshöjd, börja med att ta bort ytor som inte har träd/lavar något år
ytor_med_veg<-aggregate(exempeldata$vegetationshöjd, list(exempeldata$yta), max) #kolla vilka ytor som har vegetationshöjd över noll minst ett år
ytor_med_veg_namn<-ytor_med_veg[ytor_med_veg>0,1] #namnet på ytorna
ytor_med_veg_TF<-exempeldata$yta %in% ytor_med_veg_namn # TRUE/FALSE för alla ytor

vegetationshöjd.lme<-lme(log(vegetationshöjd+0.01)-år, random=~1|yta, correlation=corCAR1(form=~år|yta), data=exempeldata[ytor_med_veg_TF,],
control=ctrl)
coef(summary(vegetationshöjd.lme))[2, 'Value'] #lutning
coef(summary(vegetationshöjd.lme))[1, 'Value'] #intercept
summary(vegetationshöjd.lme)$table[2, 'p-value'] #p-värde

#medelvärden och standardavvikelse till tabeller. Beräkna och spara. Inkluderar ytor utan träd/vegetation
medel_per_år<-as.data.frame(aggregate(exempeldata[, -(1:2)], by=list(exempeldata$år), FUN=function(x) c(mean(x[x!=0]), SD=sd(x[x!=0]))))
medel_per_år<-do.call(data.frame, medel_per_år)
colnames(medel_per_år)[1]<-'år'
write.table(medel_per_år, "medelvärden.txt", sep="\t", dec=",", col.names=NA)

#grafer
stdav<-function(y, x, sd, epsilon=0.02) arrows(x,y-sd,x,y+sd, code=3, length=epsilon, angle = 90) #funktion för standardavvikelse

#täckningsgrad - transformerade data och regressionslinje
plot(asin(sqrt(exempeldata$täckningsgrad/100))-exempeldata$år, xlab='år', ylab='', cex.axis=1.2, xaxt = "n", main="Täckningsgrad"); axis(1,
at=unique(exempeldata$år))
```



```

abline(a=coef(summary(täckningsgrad.lme))[1, 'Value'], b=coef(summary(täckningsgrad.lme))[2, 'Value'])

#täckningsgrad - medelvärde och standardavvikelse
ylim<-c(0, max(medel_per_år$täckningsgrad.medel+medel_per_år$täckningsgrad.SD*1.5))
barplot.täckningsgrad<-barplot(medel_per_år$täckningsgrad.medel, names.arg=medel_per_år$år, main="Täckningsgrad", ylim=ylim)
stdav(medel_per_år$täckningsgrad.medel, barplot.täckningsgrad, medel_per_år$täckningsgrad.SD)

#träädantal - transformerade data och regressionslinje
plot(sqrt(exempeldata$träädantal)-exempeldata$år, xlab='år', ylab='', cex.axis=1.2, xaxt = "n", main='Trädantal'); axis(1,
at=unique(exempeldata$år))
abline(a=coef(summary(trädantal.lme))[1, 'Value'], b=coef(summary(trädantal.lme))[2, 'Value'])

#träädantal - medelvärde och standardavvikelse
ylim<-c(0, max(medel_per_år$träädantal.medel+medel_per_år$träädantal.SD*1.5))
barplot.trädantal<-barplot(medel_per_år$träädantal.medel, names.arg=medel_per_år$år, main="Trädantal", ylim=ylim)
stdav(medel_per_år$träädantal.medel, barplot.trädantal, medel_per_år$träädantal.SD)

#vegetationshöjd - transformerade data och regressionslinje
plot(log(exempeldata$vegetationshöjd+0.01)-exempeldata$år, xlab='år', ylab='', cex.axis=1.2, yaxt = "n", main='Vegetationshöjd'); axis(1,
at=unique(exempeldata$år))
abline(a=coef(summary(vegetationshöjd.lme))[1, 'Value'], b=coef(summary(vegetationshöjd.lme))[2, 'Value'])

#vegetationshöjd - medelvärde och standardavvikelse
ylim<-c(0, max(medel_per_år$träädantal.medel+medel_per_år$träädantal.SD*1.5))
barplot.vegetationshöjd<-barplot(medel_per_år$vegetationshöjd.medel, names.arg=medel_per_år$år, main="Vegetationshöjd", ylim=ylim)
stdav(medel_per_år$vegetationshöjd.medel, barplot.vegetationshöjd, medel_per_år$vegetationshöjd.SD)

```