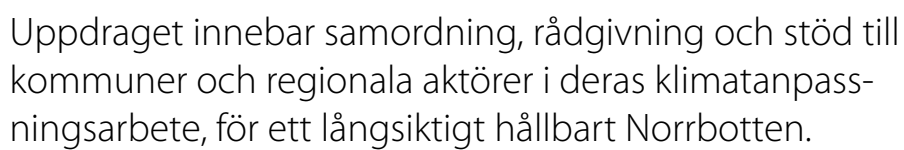




Naturmiljö och klimat- förändringar i Norrbotten



Länsstyrelsen
Norrbotten



Förord



FOTO: ANDERS LUDVIGSSON

Klimatet påverkar allt levande. Det är en förutsättning för den otroliga och mångskiftande naturen på vår planet. Klimatet avgör i stor utsträckning om en art kan fortleva i ett område och relativt små temperaturförändringar har betydelse för denna möjlighet.

Vi står inför en kraftig global förändring av klimatet i och med uppvärmningen av klimatsystemet. Naturmiljön kan följaktligen komma att påverkas grundligt och den är samtidigt en grundläggande förutsättning för en mängd olika livs-uppehållande funktioner, ekosystemtjänster och värden.

Länsstyrelsen i Norrbotten vill med denna rapport uppdatera tidigare gjord rapport (14/2015) för att beskriva vad aktuell forskning visar när det gäller hur klimatförändring kan påverka naturmiljön i Norrbotten. Vi vill också berätta vad Länsstyrelsen gör och vad vi kan göra, när det gäller klimatförändringar i den norrbottniska naturmiljön.

Publikationen vänder sig till en bred målgrupp; intresserad allmänhet, men även politiker, tjänstemän och myndigheter som kan ha nytta av denna information som underlag för beslutsfattande.

Vid läsning av rapporten är det viktigt att ha i åtanke att forsknings- och kunskapsläget om klimatförändringar och naturmiljö ständigt utvecklas.

Den forskningssammanställning som finns i rapport 14/2015 har tagits fram i samverkan med Länsstyrelsen i Västerbotten.

Länsstyrelsen i Norrbotten



Innehåll

Förord	3
Sammanställning av aktuell forskning om hur klimatförändringar kan påverka arter, ekosystem och biologisk mångfald i Norrbottens och Västerbottens län	7
1. Inledning	9
1.1. Ramar för sammanställningen och uppdateringen	10
1.2. Koppling till den förväntade klimatförändringen i Norrbottens och Västerbottens län	10
1.3. Presentationens struktur	10
2. Grundläggande förutsättningar och begrepp	11
2.1. Hur kommer klimatet att förändras i Norrbottens och Västerbottens län?	11
2.2. Arter, ekosystem och biologisk mångfald – hur hänger de ihop och vad har betydelse för hur de påverkas?	14
3. Vad säger den aktuella forskningen?	21
3.1. Påverkan på arter och artgrupper	22
3.2. Påverkan på ekosystem och naturtyper	34
4. Biologisk mångfald och ett ändrat klimat – en sammanfattning	61
5. Länsstyrelsen och naturmiljön	69
Miljöanalysenheten	71
Naturmiljöenheten, naturskyddsenheten och fältenheten	75
Vatten- och fiskeenheten	79
Vattenmyndigheten	81
Naturresurs- och rennäringenheten	83
6. Bilagor	86
6.1. Metodbeskrivning	86
6.2. Referenser	88

Detta avsnitt i rapporten "Naturmiljö och klimatförändringar i Norrbotten – konsekvenser och anpassning", syftar till att sammanställa och tillgängliggöra resultaten och slutsatserna från forskning som har gjorts kring hur klimatförändringarna kan påverka arter, ekosystem och biologisk mångfald i Norrbottens och Västerbottens län. Sammanställningen har gjorts 2014 av Enetjärn Natur AB på uppdrag av länsstyrelserna i Norrbotten och Västerbotten. I denna rapport har uppdatering av sammanställning gjorts av Ecogain (tidigare Enetjärn Natur AB).

Sammanställning av aktuell forskning om hur klimatförändringar kan påverka arter, ekosystem och biologisk mångfald i Norrbottens och Västerbottens län

Det står klart att klimatet håller på att förändras utöver den naturliga variationen. Historiska mätserier av både globala och regionala data visar tydligt förändringar på temperatur och nederbörd. Under kommande decennier förväntas förändringarna både fortsätta och öka. De förväntade framtida klimatförändringarna i Norrbottens och Västerbottens län kommer med stor sannolikhet att ha stora effekter på djur och växter, deras samverkan liksom hur vanliga eller ovanliga de olika arterna i området kommer att bli. Förändringar kommer att ske i alla de miljöer som rapporten belyser och de berör alla möjliga slags arter och artgrupper.

Den största förändringen kommer troligtvis ske i form av ändrade dominansförhållanden i artsamhällen och ekosystem. Det vill säga att våra redan befintliga arter sinsemellan blir vanligare/ovanligare eller får tätare/glesare förekomster. Exakt hur förändringarna kommer att se ut går inte att säga, mönstren i forskningsresultaten varierar till viss del och bedömningarna görs med olika grad av säkerhet. Vilka effekter de fortsatta klimatförändringarna kommer att ha beror även på vilket av flera möjliga klimatscenarier som blir verklighet.

Av de översiktliga naturtyper som behandlas framstår fjällmiljöerna som de som kommer att påverkas och minska mest, särskilt de öppna högfjällsmiljöer som ligger på de högsta höjderna. Här finns många arter av fåglar, kärlväxter och insekter som hotas av det ändrade klimatet. Utöver dessa är det även troligt att de s.k. palsmyrarna kan komma att försvinna helt fram till år 2100.

De flesta arter som finns i länen idag kommer att finnas kvar, men flera nordliga arter som vi ser som

typiska och självklara kommer att minska eller rent av försvinna. Istället kommer arter söderifrån bli vanligare, ofta anpassningsbara generalister eller rentav invasiva arter. Totalt sett kommer Norrbotten och Västerbotten antagligen att få fler arter. Detta under förutsättning att det finns nya områden med passande habitat för arterna att sprida sig till även inom deras kommande lämpliga klimatzoner. Avgörande är också att det finns spridningskorridorer mellan deras befintliga lokalisering och de nya, klimat- och habitatmässigt passade områdena. Den särpräglade natur vi idag har i Norrbottens och Västerbottens län kommer dock gradvis att mer och mer påminna om naturen i mellersta och södra Sverige.

Av vattenmiljöerna verkar höjda temperaturer och minskad is till havs att få störst konsekvenser för mångfalden i sjöar och hav, medan ändrade vattenflöden och isförhållanden troligen får störst betydelse i rinnande vatten.



1. Inledning

Forskningen pekar på att de pågående globala klimatförändringarna utgör ett av de största hoten mot den biologiska mångfalden. Även i Sverige pekas ett förändrat klimat ut som ett allvarligt hot mot fortlevnaden för många arter och ekosystem.

Trots att de allra flesta är överens om att den pågående globala uppvärmningen förändrar klimatet i snabb takt, är forskarna inte helt överens om hur denna förändring kommer att se ut i detalj i framtiden, främst för att utfallet beror på om, och hur snabbt, vi människor klarar av att minska utsläppen av växthusgaser. Den internationella klimatforskningen har tagit fram flera tänkbara scenarier och 2013 presenterade FN:s klimatpanel IPCC

en rapport med flera möjliga utvecklingsvägar, så kallade RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways). Utifrån dessa har SMHI tagit fram klimatanalyser för samtliga län (2015). En sammanställning av analysen för Norrbottens län presenteras i rapporten Klimatförändringar i Norrbottens län - konsekvenser och anpassning, utgiven av Länsstyrelsen i Norrbotten 2016. För Västerbottens län har SGI (Statens geotekniska institut), i samarbete med SMHI, gett ut rapporten Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys – Naturolyckor (2011), vilken på motsvarande sätt beskriver hur klimatet förväntas förändras i Västerbotten.

Denna publikation vänder sig till en bred mål-



FOTO: OLA JENNERSTAM

grupp; intresserad allmänhet, men även politiker, tjänstemän och myndigheter som kan ha nytta av denna information som underlag för beslutsfattande.

1.1. Ramar för sammanställningen och uppdateringen

Klimatförändringens effekter är ett enormt ämnesområde inom forskningen. För att ge denna sammanställning ett tydligt fokus sattes några ramar för omfattningen. Vid eftersök av litteratur och andra källor har vi gjort vissa begränsningar med avseende på vilket geografiskt område forskningen studerat, under vilken tidsperiod forskningen är publicerad, vilket ämnesmässigt fokus forskningen har och vilken vetenskaplig kvalitet som vi har bedömt att artiklarna och rapporterna håller. Ramarna för utredningen och uppdateringen har satts upp av Ecogain (tidigare Enetjärn Natur), efter överväganden samt i diskussion med uppdragsgivarna. En mer detaljerad beskrivning av tillvägagångssättet återfinns i avsnitt 5.1.

Markanvändningen (nuvarande och framtida) och olika naturvårdsåtgärder har också en stor och i många fall avgörande betydelse för hur den biologiska mångfalden utvecklas i ett förändrat klimat. Det är ett stort och viktigt forskningsfält i sig som vi översiktligt behandlar i avsnitt 4.

1.2. Koppling till den förväntade klimatförändringen i Norrbottens och Västerbottens län

I varje del i forskningssammanställningen ger vi ett antal exempel på hur klimatet förväntas förändras just i Norrbotten och Västerbotten. Som utgångspunkt för detta har vi använt de klimatanalyser som SMHI har tagit fram för Norrbottens, respektive Västerbottens län. SMHI:s analyser grundar sig på både observationer och beräkningar från SMHI liksom alla tillgängliga utsläpps- och klimatscenarier från den internationella klimatforskningen. Analyserna behandlar bland annat temperatur, nederbörd, snöfall, snötäcke, isförhållanden, avrinning, växtsäsongens längd, vindar och markförhållanden.

Sedan 2014, då den första versionen av denna kunskapssammanställning gjordes, har SMHI tagit fram nya länsvisa klimatanalyser (2015). Under 2019 publicerade även FN:s klimatpanel IPCC en global rapport om klimatförändringarnas effekt i haven och kryosfären (den del av jorden som tidvis eller alltid är frusen). Resultaten från SMHI:s nya analyser skiljer sig något från de förra, men inte så mycket att det förändrar de förväntade konsekvenserna för arter, ekosystem och biologisk mångfald som denna rapport presenterar. Även IPCC:s rapport

beskriver liknande storskaliga klimateffekter på naturmiljön som presenteras i denna rapport.

I nästa kapitel ges en kort beskrivning av de faktorer som vi har ansett få störst betydelse för naturmiljön.

1.3. Presentationens struktur

Eftersom klimatförändringar och arter, naturtyper och biologisk mångfald kan vara nya ämnen för läsaren ges inledningsvis ett grundläggande kapitel för att ge läsaren en förståelse för de olika begrepp och förutsättningar som används och hänvisas till i publikationen. I detta kapitel presenteras även de klimatförändringar som förväntas i Norrbottens och Västerbottens län (baserat på SMHI:s länsvisa klimatanalyser) samt begrepp så som arter, naturtyper och biologisk mångfald och hur de olika begreppen hänger ihop.

Därefter presenteras själva forskningsresultaten, uppdelade på artgrupper och naturtyper. I en avslutande del om biologisk mångfald sammanfattas slutsatserna, de övergripande mönstren lyfts fram samt vilka större osäkerheter och kunskapsluckor som fortfarande finns inom forskningsfältet.

För varje avsnitt presenteras först resultaten från den ursprungliga kunskapssammanställning som gjordes 2014. Därefter presenteras vad som framkommit genom den uppdatering som genomförts 2019.

Sist i publikationen finns bilagor som dels beskriver metoden för hur sammanställningen och uppdateringen har gjorts, dels listar all den vetenskapliga litteratur och det material som har använts vid sammanställningen och uppdateringen (referenser).

För att underlätta läsningen har inga referenser angetts i texten, vilket annars är brukligt i vetenskaplig litteratur. För att det ändå ska gå att koppla ihop vilka referenser som har använts till de olika delarna i sammanställningen så redovisas referenserna dels uppdelade utifrån publikationens olika kapitel, dels samlade i en total referenslista.

2. Grundläggande förutsättningar och begrepp

I första delen av avsnittet ges en kort beskrivning av hur klimatet förväntas ändras i Norrbottens och Västerbottens län fram till år 2100. Att ha en bra bakgrundsbild av de förväntade klimatförändringarna är viktigt inför det vidare läsandet i denna publikation eftersom vi i sammanställningen av den aktuella forskningen hänvisar till och sätter forskningsresultaten i relation till de förväntade förändringarna av klimatet i just Norrbotten och Västerbotten. I den andra delen av avsnittet förklaras några av de viktigaste samlingsbegreppen när man diskuterar biologisk mångfald, och hur de hänger ihop.

2.1. Hur kommer klimatet att förändras i Norrbottens och Västerbottens län?

Att klimatet kommer att förändras är de flesta överens om, men hur stora dessa förändringar kommer att bli och exakt hur detta kommer att förändra klimatet i Norrbottens och Västerbottens län är mer osäkert. I detta avsnitt sammanfattas SMHI:s klimatanalyser för Norrbottens, respektive Västerbottens län, vilka båda tagits fram under 2011. Även om temperaturökningen, globalt sett, har och kommer att gå snabbare ju längre norrut man går, bedöms Sverige i ett internationellt perspektiv komma jämförelsevis lindrigt undan effekterna av temperaturökningen. I båda länen beräknas klimatet bland annat ge mildare och kortare vintrar, medan effekten av stigande havsnivåer motverkas av den landhöjning som sker längs länens kuster.

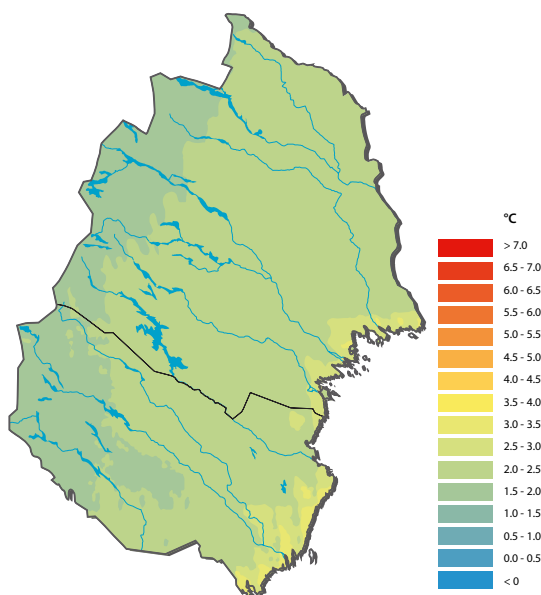


FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

Kartor som visar förväntad temperaturökning i Norrbotten och Västerbottens län (Klimatanalys SMHI 2011).

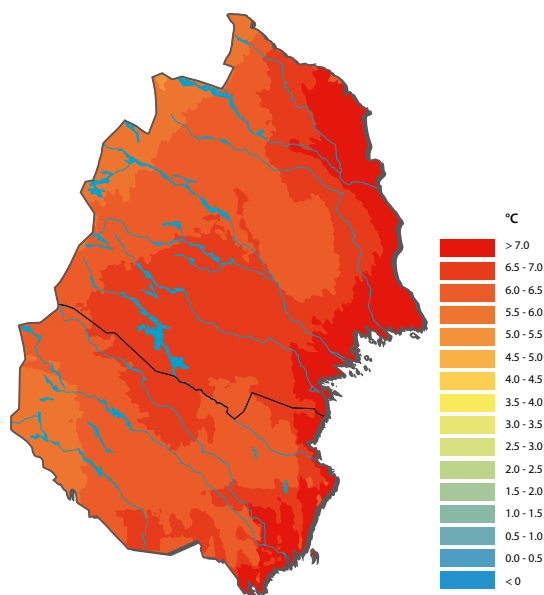
Årsmedeltemperatur

Differens 2021–2050 vs. 1961–1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



Vintermedeltemperatur

Differens 2069–2098 vs. 1961–1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



Temperatur

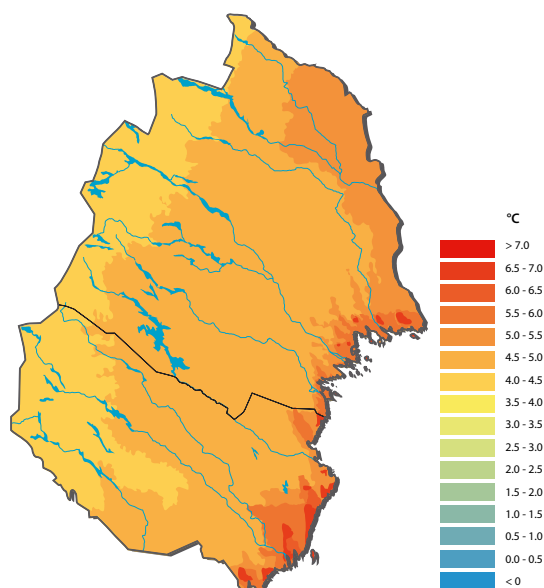
Alla klimatberäkningar som SMHI använt som underlag visar på att den genomsnittliga temperaturen över året kommer att öka fram till 2100. Enligt beräkningar förväntas årsmedeltemperaturen öka med ca 4–6 $^{\circ}\text{C}$ i Norrbotten och ca 3,5–7 $^{\circ}\text{C}$ i Västerbotten, jämfört med perioden 1961–1990. Ökningen kommer vara mest framträdande under vintermånaderna, med mildare vintrar som följd. Geografiskt sett kommer ökningen vara mest påtaglig längs kusten och till viss del i fjällen och längs gränsen mot Finland. Som jämförelse kan sägas att under perioden 1961–1990 hade största delen av Norrbottens län, liksom Västerbottens fjällregion, en årsmedeltemperatur under 0 $^{\circ}\text{C}$. Med den förväntade ökningen kommer medeltemperaturen istället ligga över 0 $^{\circ}\text{C}$.

Temperaturen är kopplad till många av de andra klimatfaktorerna, så som snöförhållanden, isförhållanden och växtsäsongens längd, vilka i sin tur på olika sätt påverkar olika djurs och växters möjlighet att överleva och föröka sig, se avsnitten nedan. Fiskar, grod- och kräldjur, insekter och växter är alla grupper som på många sätt styrs av temperaturen.

Illustration 1: Karta som visar förväntad temperaturökning i Norrbotten och Västerbottens län.

Årsmedeltemperatur

Differens 2069–2098 vs. 1961–1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



Nederbörd

Prognoserna för hur nederbörden kommer att förändras varierar mycket i de olika invägda scenarierna. Den genomsnittliga nederbörden över året kommer att öka med 15–50 % i Norrbottens län till år 2100. Störst ökning väntas ske i fjällområdena. Även i Västerbotten förväntas nederbörden öka, ca 10–50 %. I Västerbotten förväntas dock högst ökning ske i kustregionen. Även förekomsten av kraftiga regn och skyfall förväntas öka.

Nederbördsmängden har betydelse för till exempel hur mycket vatten som rinner i olika vattendrag och hur flödena fördelar sig över året. Detta har i sin tur betydelse för bland annat de fiskar och insekter som lever i vattendragen. Hur nederbörden fördelar sig, hur ofta det regnar respektive är uppehåll, kan ha betydelse för flygande insekter såsom fjärilar, liksom för ungarnas överlevnad för ripor och skogshöns.

Snöfall och snötäcke

Efterhand som klimatet blir varmare förväntas snötillgången minska i båda länen. Mot slutet av seklet beräknas antalet dygn med snötäcke ha minskat med upp till en månad i Norrbottens län och mellan 1–3 månader i Västerbottens län. Störst minskning förväntas i länens östra delar samt de högst belägna områdena i nordväst. I områden med glaciärer fungerar dock beräkningsmodellerna sämre och där är prognoserna mer osäkra. Antalet gånger som temperaturen växlar mellan plus- och minusgrader under en vintersäsong förväntas öka något fram till slutet av seklet. När denna typ av temperaturväxling sker under vintern kan det innebära att det bildas skare på snön eller isskorpa på marken.

Snötäcket har betydelse för mindre däggdjurs möjligheter att överleva under vintern eftersom de då söker skydd och föda under snön. Snömängden och snöns struktur påverkar även tillgången på föda under vintern för större däggdjur såsom renar, rådjur och vildsvin.

Isförhållanden

Isläggningen i Bottenviken kommer ske senare på säsongen och issmältningen tidigare. I SMHI:s analyser kring hur isförhållandena förväntas ändras i Norrbottens län som följd av klimatförändringarna anges att islossningen i havet i medeltal beräknas ske ca 24 dagar tidigare i slutet av seklet än den gjorde under jämförelseperioden 1961–1990. Den genomsnittliga issäsongen i Östersjön har redan blivit flera veckor kortare än den var i början av 1900-talet. En temperaturhöjning med tre grader skulle kunna minska isens maximala utbredning

med fyra femtedelar. Islossningen i sjöar beräknas infalla i medeltal ca 15–25 dagar tidigare. Ingen information har hittats kring isperiodens längd.

Förändringar i isläggning och islossning i havet kan påverka vikaresälarna i Bottenviken eftersom de normalt sett föder sina ungar på isen. Förändringar i isperiodens längd kan även påverka häckningsframgången för tidigt häckande sjöfåglar, påverka alger- nas fotosyntes samt på andra sätt förändra samspelet inom och mellan olika arter i sjöar.

Avrinning

Avrinningen och flödet i vattendragen är starkt kopplade till nederbörden liksom till när snösmältningen inträffar. I de större älvarna beräknas det genomsnittliga flödet över året (årsmedelvattenföringen) öka med 10–25 % mot slutet av seklet. I dagsläget varierar flödet i Norrbottens och Västerbottens älvar mycket över året, men följer i stort sett ett liknande mönster år från år, med en tydlig topp på våren i samband med snösmältningen och en mindre tydlig topp på hösten då det generellt har regnat mer. Lägst vattenföring brukar inträffa under senare delen av vintern, innan snösmältningen. Detta mönster förväntas ändras med det ändrade klimatet. Vårflödena kommer att inträffa lite tidigare och de kommer att minska i storlek. Högre flöden kan istället väntas under längre perioder. Under vinter och höst kommer flödena öka generellt i alla områden, medan flödena kommer minska under sommaren, åtminstone i Västerbotten. Varmare, torrare somrar kan öka risken att små bäckar torrläggas.

Förändringar i avrinningens mängd och fördelning över året har en avgörande inverkan på många växtsamhällen längs framför allt vattendrag. Det påverkar växternas artsammansättning och därmed även insektslivet och produktionen av småkryp som är föda för fisk.

Växtsäsongens längd

Den period under året som det är tillräckligt varmt och fuktigt för att växterna ska kunna växa brukar kallas vegetationsperiod. Förutom den variation i temperatur och fuktighet som vädet i sig står för påverkas även växtsäsongens längd lokalt av när snön smälter, vilket i sin tur beror både på luftens temperatur och hur mycket snö det föll under den föregående vintern. Mellan jämförelseperioden 1961–1990 och 2100 beräknas vegetationsperioden öka med ca 40–70 dagar i Norrbotten och 25–90 dagar i Västerbotten. Störst ökning förväntas närmast kusten för båda länen. Vårens sista frost (järnnätterna) beräknas inträffa omkring 20–30 dagar tidigare år 2100 än under jämförelseperioden.

Denna faktor har naturligtvis främst betydelse för växter och deras tillväxt och möjligheter att hinna blomma och sätta frön. Det kan dock även ha betydelse för exempelvis insekter som är beroende av olika typer av blommande växter under delar av sin livscykel.

Extrema händelser

Till extrema händelser som är klimatrelaterade kan man nämna bland annat skyfall, extrem torka (med tillhörande brandrisk), stormar, olika typer av ras och skred samt isstormar. Olika slags extrema händelser kan förstås få stor påverkan på arter och ekosystem. Det är svårt att utifrån uppgifter i SMHI:s klimatscenarier för Norrbottens och Västerbottens län avgöra om dessa fenomen får avgörande betydelse för den biologiska mångfalden i stort. Däremot kan de få stor betydelse lokalt. SMHI visar att ökad nederbörd och avrinning väntas ge en ökad benägenhet för ravinutveckling i delar av fjällerna och Norrbottens kustnära älvdalar. Samtidigt ökar risken för ras och skred i östra Norrbotten. I såväl Norrbotten som Västerbottens fjälltrakter kommer risken för skred att öka.

Ingen ökad frekvens av hårda vindar förutspås och perioderna utan nederbörd verkar inte heller bli fler och längre i Norrbottens eller Västerbottens län. Beroende på osäkerhet i modellerna är det ändå lite svårt att utifrån rapporterna bedöma om risken för exempelvis sommartorka kan öka.

Olika typer av extrema händelser skapar en variation i naturen vilket ger fler djur- och växtarter möjlighet att hitta livsmiljöer, ofta specialiserade sådana. Exempel på speciella miljöer är rasbranter och brandfält. Samtidigt kan sådana händelser slå ut eller kraftigt minska andra arters förekomster, lokalt eller över större områden.

2.2. Arter, ekosystem och biologisk mångfald – hur hänger de ihop och vad har betydelse för hur de påverkas?

Arter ingår och samverkar i olika naturtyper och deras gemensamma variation skapar biologisk mångfald. Men hur hänger begreppen egentligen ihop och vilka egenskaper och faktorer hos dessa har betydelse för hur de kommer att påverkas av klimatförändringar?

Art och artgrupp

Det som vi vardagligen betraktar som olika djur, växter eller svampar är oftast olika arter. Exempel på olika arter är blåmes, gran och trattkantarell liksom mört, röding och gädda. Den vetenskapliga definitionen av en art är mer komplicerad än den

vardagliga användningen av ordet. I denna publikation använder vi dock ordet art i den vardagliga betydelsen, så som det används i exempelvis vanliga floror och fågelböcker.

Arter delas ibland, av olika anledningar, in i artgrupper. Arter inom en grupp är ofta mer eller mindre närbesläktade, men indelningen är inte alltid densamma utan kan variera beroende på syftet med indelningen, exempelvis fåglar, eller kråkfåglar. Indelningen görs inte heller alltid utifrån de ingående arternas släktskap, utan ibland delas arterna in efter egenskap eller funktion, exempelvis växtätare och rovdjur. I denna publikation har sammanställningen av forskningen utförts med utgångspunkt från artgrupper. Exempel på artgrupper som delats in utifrån släktskap i denna publikation är växter, fåglar och däggdjur.

Hur olika arter påverkas av klimatförändringar beror bland annat på vilka egenskaper de har och hur de samspelar med andra arter. Exempel på egenskaper som har betydelse för hur de påverkas är på vilket sätt de sprider och förökar sig, hur väl de kan konkurrera med andra arter under olika klimathållanden liksom vad de lever av. Andra faktorer som kan vara viktiga för hur de olika arterna i Norrbottens och Västerbottens län kommer att påverkas är om denna region ligger i utkanten av artens utbredningsområde, hur mycket individerna inom arten varierar mellan varandra i området (det vill säga hur mycket genetisk variation det finns inom populationen) liksom hur anpassningsbara individerna inom arten är (deras plasticitet).

Population

Med population avses en grupp individer av en art som finns inom ett visst område vid en viss tid. Det kan gälla såväl växter som djur.

En population kan påverkas av klimatet på många sätt. I sin enklaste form genom att klimatet påverkar populationens fortplantning eller dödlighet, till exempel genom att varmare vårar leder till att en växt kan bilda fler frön, eller genom att fler individer fryser ihjäl under strängare vintrar. Men det kan också ske om klimatet exempelvis ger upphov till minskad/ökad födotillgång, en ökad konkurrens från andra arters populationer eller att nya arter av rovdjur invandrar.

Artsamhälle

Med artsamhälle menas här populationerna av samtliga arter som finns inom ett visst geografiskt område samtidigt. Begreppet kan användas i olika sammanhang men i sin enklaste form beskriver det en grupp av varelser som finns på en särskild plats

Art:

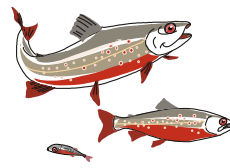
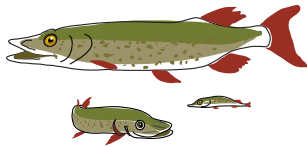
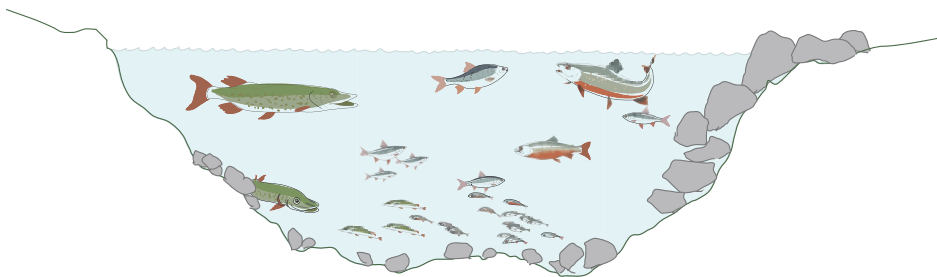
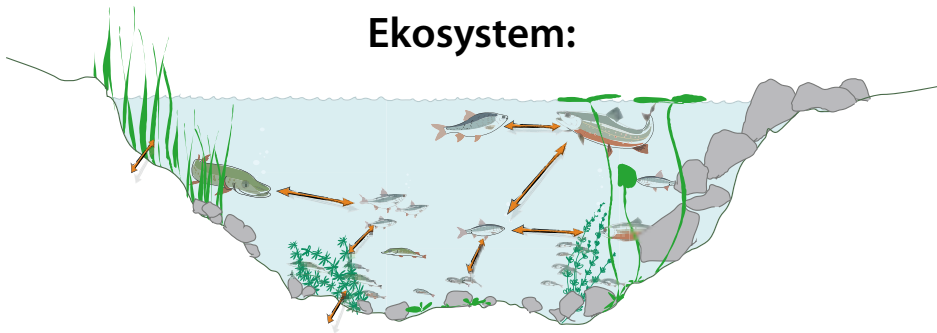
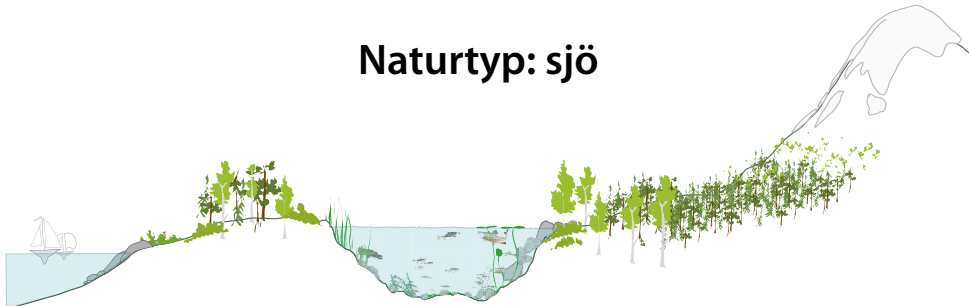
Gädda



Mört



Röding

Population:**Artsamhälle:****Ekosystem:****Naturtyp: sjö**

Schematisk illustration (med fiskar och en sjö som utgångspunkt) som visar art, population, artsamhälle, ekosystem, naturtyp och biodiversitet.

vid en given tidpunkt, exempelvis ett artsamhälle av fiskar i en särskild sjö.

Artsamhället kan påverkas av ett ändrat klimat genom att de populationer som det utgörs av påverkas. Förändringar kan vara att artpopulationer tillkommer eller helt försvinner men också att arternas populationer sinsemellan förändrar sina relativa antal, sin dominans.

Ekosystem

Ett ekosystem är en avgränsad del av naturen som vi människor valt att betrakta som ett system, det vill säga en helhet. Alla levande varelser och den miljö som finns inom ett visst område bildar tillsammans ett ekologiskt system. Ett ekosystem kan vara stort eller litet beroende på vad man väljer att studera, till exempel ekosystemet i havet eller i en liten damm. Alla levande varelser och den miljö som finns inom ett visst område bildar tillsammans ett ekologiskt system. Här lever djur och växter tillsammans. De påverkar varandras livsmiljöer och betingelser.

Ekosystemen består oftast av många olika djur och växter som samverkar (interagerar) i mer eller mindre komplexa kedjor eller nätverk. Ofta talar man om rena ”äta eller ätas”-interaktioner där arterna sammanlänkas i näringskedjor som tillsammans bildar närings- eller födovävar. En förenklad beskrivning av en födoväv i en sjö kan vara att växtplankton äts av djurplankton som i sin tur äts av mörtar som äts av abborrar eller gäddor. Stora gäddor kan dock även äta abborrar och andra, mindre gäddor och stora abborrar kan äta små gäddor. Andra typer av interaktioner mellan arter kan vara konkurrens om samma föda eller att en art förser andra arter med något viktigt, t.ex. hackspettar vars bohål är mycket viktiga för andra hålhäckande fågelarter som inte själva kan skapa hål.

Klimatet kan förändra viktiga delar av miljön som tillgången på vatten och näring, påverka nedbrytning och fotosyntes, eller gynna eller missgynna olika djur och växter som i nästa steg påverkar andra. En invandring av nya arter kan i sin tur möjliggöra för fler arter att etablera sig. Alla sådana förändringar kan få konsekvenser för ekosystemet.

Naturtyp

Med naturtyp menas land- eller vattenområden med ganska enhetlig karaktär och struktur som har ett visst växt- och/eller djursamhälle. Mycket förenklat kan man säga att en naturtyp är den synliga form som ekosystemen tar sig. Begreppet naturtyp kan användas för en grov indelning av naturmiljön, t.ex. hed, myr, granskog eller sjö, men kan också användas på mer detaljerad nivå, t.ex. olika typer

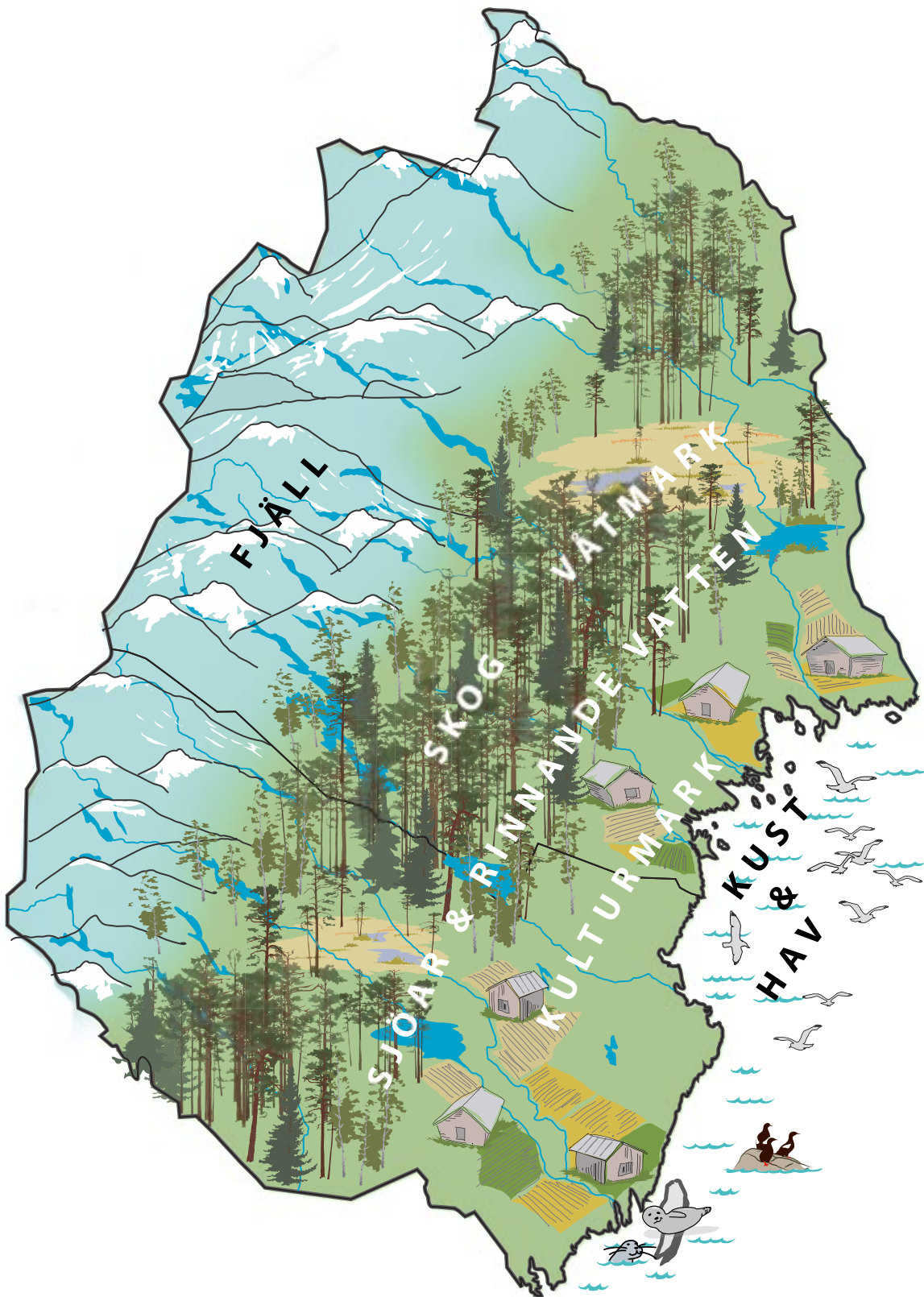
av dammar eller sjöar, eller olika typer av stränder. Växter och djur kräver olika livsmiljöer för att kunna överleva och reproducera sig. En och samma naturtyp kan innefatta många olika sådana livsmiljöer (habitat) för växter och djur. Hur många naturtyper som finns i Sverige beror på vilken detaljnivå man lägger sig på. I denna publikation har vi sammanställt forskningen kring naturtyper utifrån en grov uppdelning av de huvudsakliga naturtyper som förekommer i Norrbottens och Västerbottens län: fjäll, nordlig (borel) skog, sjöar, vattendrag, våtmarker, kulturmarker, hav och kust.

Liksom för arter är det naturtypernas egenskaper som har betydelse för hur de påverkas av klimatförändringar. Exempel på sådana egenskaper är om utbredningsgränsen för naturtypen går i Norrbottens- och Västerbottensregionen, hur många och vilka arter naturtypen består av, hur interaktionerna mellan arterna ser ut och om någon art dominerar och karakteriserar naturtypen eller inte. Exempel på naturtyper där en art eller artgrupp har stor betydelse för naturtypens funktion är den nordliga granskogen där gran och blåbär är mycket dominerande, liksom den typ av våtmarker vi har i Norrbotten och Västerbotten, där olika arter av vitmossa är mycket dominerande och ofta bygger upp strukturen för våtmarken. Naturtyper utan denna typ av dominans är exempelvis näringsfattiga gräsmarker som regelbundet betas eller slås liksom fjällängar i områden med kalk i marken. Dessa naturtyper består istället ofta av många olika arter.

Biologisk mångfald

Biologisk mångfald, eller biodiversitet som det även kallas, är ett begrepp som beskriver variationsrikdomen inom allt som lever, vilket inkluderar växter, svampar och djur, men även bakterier. Ofta talar man om den biologiska mångfalden inom ett visst område, som Norrbotten och Västerbotten. Den biologiska mångfalden innefattar dels variationen mellan de olika arterna (artantalet eller artrikedomen), men även den variation som finns mellan individer inom en art (genetisk variation inom arten), liksom variationen av ekosystem inom det område som avses.

Vissa naturtyper har naturligt större biologisk mångfald än andra, exempelvis har de slagna eller betade gräsmarkerna och fjällängarna som nämns ovan, liksom strandmiljöer längs oreglerade älvar, högre biologisk mångfald än en nordlig gran- eller tallskog. Även de artfattiga naturtyperna bidrar till den totala mångfalden inom det område som avses genom att de ofta innehåller en annan slags variation, exempelvis andra arter, och har formats under lång tid av sina speciella förutsättningar.



Schematisk bild som visar de olika naturtyperna som beskrivs, utifrån en kartbild på Norrbotten och Västerbotten.



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN



FOTO: JAN ERIK NILSSON, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

3. Vad säger den aktuella forskningen?

Avsnittet ger en genomgång av det rådande forskningsläget. För varje ämnesavsnitt sammanfattas huvuddragen i de forskningsresultat som publicerats. Fokus ligger på de klimatförändringar för området som man bedömer som mest sannolika. De generella mönster som redovisas är de som framträder i majoriteten av forskningsrapporterna. Om ingen entydig bild framträder i forskningen så beskrivs om möjligt vilka faktorer som är av stor betydelse för vad utfallet av ett förändrat klimat blir.

I denna rapport belyser vi hur ett ändrat klimat påverkar växter, däggdjur, fåglar, grod- och kräldjur, fiskar och insekter. I samband med uppdateringen 2019 har även ett avsnitt om jordlevande svampar och mikroorganismer lagts till. Det finns många grupper av djur och växter som inte får egna avsnitt i texten, antingen för att litteraturen på området är knapp eller för att utrymmet inte medger. Dit hör andra ryggradslösa djur än insekter, encelliga djur och bakterier. Självfallet kommer ett förändrat klimat även att påverka dessa men forskningen på området

är i allmänhet begränsad och rör i första hand sådana organismer som orsakar sjukdomar hos människor och djur eller ekonomisk skada genom angrepp på grödor och skog.

För naturtyperna har vi fokuserat på en grov indelning i fjäll, skog, sjöar och vattendrag, våtmarker, kulturmarker samt hav och kust. Dessa naturtyper har använts för att de är lätta att relatera till för de flesta läsare, de är karaktäristiska och tillsammans täcker de in praktiskt taget hela Norrbotten och Västerbotten. Mycket av den forskning som används vid sammanställningen beskriver även någon av dessa naturtyper, om än ofta endast en mindre detalj av naturtypen. Inom vardera av de ovan nämnda naturtyperna innefattas en rad olika mer detaljerade naturtyper, t.ex. innefattas allt från små bäckar och rännilar till de största älvarna i den samlande naturtypen ”vattendrag”. Självfallet finns en rad andra unika småmiljöer, mikro-habitat, som också är viktiga för den biologiska mångfalden, till exempel för att de har förekomster av arter med speciella krav på miljön. Bland dem kan nämnas till exempel extremrikkärr, rasbranter, flytjordsfält och sand-



FOTO: CARL JOHAN UTSI



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

dyner. Vi bortser inte från dem, men i många fall är forskningen på klimatförändringar i dessa småmiljöer begränsad, eller så utgör de inte något påfallande inslag för den vanliga besökaren i Norrbottens och Västerbottens natur. Många av dessa småmiljöer ingår ändå i de samlingsbegrepp vi använder som fjäll, skog, vattendrag och kulturmiljöer.

3.1. Påverkan på arter och artgrupper

Allmänt sett kommer en ökad temperatur att medföra att artsamhällen och naturtyper förändras genom att arter tillkommer och försvinner, eller att dominansförhållanden förändras. Generellt är arternas spridningsförmåga, förekomsten av lämpliga livsmiljöer och miljöernas inbördes förbindelser mycket viktiga faktorer som styr hur arterna i slutänden klarar att anpassa sin utbredning till de förskjutna klimatzonerna. Fler etableringar av främmande arter förväntas ske.

Sådana förändringar kan i sin tur ge än större påverkan på enskilda arter genom exempelvis förändrad predation och konkurrens. Det verkar finnas en generell koppling mellan klimat och stora svängningar i populationer av smågnagare, skogshöns och många insekter. Eftersom artsamhällena tar tid på sig att stabiliseras i förhållande till pågående förändringar kommer vissa effekter inte att slå igenom i samma takt som klimatet förändras.

Redan här måste det poängteras att människans aktiviteter och markanvändning i form av skogsbruk, jordbruk, fiske, rennäring, vattenkraft,

infrastruktur och olika sorters naturvårdsåtgärder också är av stor betydelse för utvecklingen, och de kan både påskynda eller motverka förändringar som drivs av ett ändrat klimat, mer så i vissa miljöer än i andra. För vissa arter och artgrupper är det troligen betydligt mer avgörande för deras fortlevnad än klimatet i sig. Ämnet berörs i olika exempel nedan och ägnas ett avslutande stycke i kapitel 4.

Växter, mossor och lavar

Kärlväxter kan sägas utgöra grunden till flera av de vanliga naturtyper som återfinns i Norrbottens och Västerbottens län: fjäll, nordliga skogar liksom gräsmarker. Inkluderar man även våtmarker i detta, vilka vanligtvis i Norrbottens och Västerbottens län domineras av mossor, kan man konstatera att naturtyper som domineras av växter och mossor täcker huvuddelen av områdets landyta. I alla dessa naturtyper förutsätts sammansättningen av växt- och mossarter att ändras, framför allt till följd av att det förändrade klimatet gör att konkurrensförhållandena mellan redan befintliga arter förändras. Konkurrensförhållanden kan förskjutas av exempelvis förlängd växtsäsong, ökat kväve, ökad koldioxid, ändrade fuktförhållanden och bruten vintervila. I en studie av hur ökad temperatur påverkar insektsangreppen på växter visade det sig att effekten blev olika på olika växtarter. Slutsatsen av detta experiment var att det skiljer sig åt mellan växtarter vilka som blir utsatta för ökande insektsangrepp med ett varmare klimat, vilket kan påverka växtsamhällenas sam-

mansättning. Även mängden angrepp från parasit-svampar kommer troligtvis att ändras på grund av ändrade temperatur- och fuktighetsförhållanden, vilket kommer bidra ytterligare till den förändrade artsammansättningen. Olika studier har även visat att artsamhällena av lavar kommer att ändras, vilket naturligt kommer att påverka de arter som är beroende av lavar. Eftersom växter och i vissa fall mossor har så stor betydelse i de flesta naturtyper så kan en förändring i växt- och moss-samhället få ett genomslag i hur hela naturtypen fungerar, det vill säga i det samspel som sker mellan alla olika arter inom naturtypen.

Liksom för andra artgrupper kommer även växtarter, mossarter och lavararter som förekommer i Norrbottens och Västerbottens län att ändra sina utbredningar till följd av klimatförändringarna. Dessa artgrupper kommer följa samma mönster som andra artgrupper; sydliga arter kommer att expandera norrut och mer in i landet från kusten medan arter med en nordlig utbredning kommer att trängas ihop i de högsta och nordligaste områdena. Exempel på sådana arter är purpurbräcka, dvärg- och polarvide liksom arter som är specifikt knutna till snölegor.



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

Trädgränsen kommer fortsätta förskjutas uppåt medan växtarter från lägre liggande områden också vandrar uppåt. Områden dominerade av gräs och risväxter kommer att breda ut sig mer i fjällen, på bekostnad av lav- och mossdominerade marker. Till viss del kommer troligtvis även arter som är nya för Norrbottens och Västerbottens län eller för en viss naturtyp spridas in och bidra till de förändrade artsamhällena. Dessa arter kommer både vara inhemska arter men som tidigare inte funnits i länen, men även införda arter. Vissa av arterna riskerar att bli invasiva, det vill säga att de sprider sig av egen kraft och skadar de ekosystem som de invaderar. Förändringen av utbredningsmönster kan även leda till hybridisering (korsningar) mellan närbesläktade arter som tidigare inte funnits på samma plats. Invandring av nya växter och trädslag söderifrån begränsas dock av faktorer som markanvändning, spridningsförmåga och tillgång på lämpliga livsmiljöer.

Generellt kommer troligtvis förändringarna i artsamhällena och utbredningsmönster att leda till ett totalt sett ökat artantal av växter, mossor och lavar i Norrbotten och Västerbotten. Artantalet kommer dock troligtvis att minska lokalt, eftersom det är de lokala förhållanden på växtplatserna och inbördes konkurrensförhållanden som är avgörande.

Det förändrade klimatet kommer även att ändra växternas fenologi, det vill säga när på året som de börjar blomma, utvecklar knoppar, producerar frön, faller sina löv och så vidare. Detta kan leda till att arter som är beroende av ett nära samspel med växterna inte lyckas tajma på rätt sätt med växten. En sådan tajming är viktig till exempel mellan växtätande insekter och deras värdväxter liksom mellan pollinatörer och de blommande växterna. Eftersom vissa delar av växternas fenologi även styrs av ljuset (främst dagslängden), som inte påverkas av klimatförändringen, så är det inte så enkelt att fenologiförändringen enbart följer med temperaturförändringen.



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

Mossor spelar en stor roll, både för våtmarker och myrarnas men även för den nordliga (boreala) skogen. Vissa uppskattningar säger att upp till 95 % av den nordliga skogens ”botten” är täckt av mossor. På senare tid har man upptäckt att åtminstone en av de vanligaste mossorna i den nordliga skogen, väggmossa, innehåller blågröna bakterier, vilket gör att den kan ta upp kväve (N) direkt från luften och omvandla detta till en kemisk form som även andra växter kan tillgodogöra sig som näring. Detta har troligtvis en stor betydelse eftersom kväve är ett ämne som växter är mycket beroende av, men som de själva inte kan ta upp direkt ur luften. Vissa växter samarbetar med andra typer av mikroorganismer och kan på så sätt ta upp kväve ur luften. Exempel på sådana växter är ärtväxter, al och pors. Ingen av dessa växter är dock särskilt vanlig i den nordliga skogen och därför bedömer man att mossornas kvävebindande funktion är mycket viktig för den nordliga skogen som naturtyp. En markant förändring i mossamhället i den nordliga barrskogen skulle därför potentiellt kunna få stor effekt på kvävetillgången i skogen. I fältförsök har man visat att både väggmossa och husmossa ökar med ökad temperatur. Om detta helt avspeglar hur de kommer att svara på de framtida klimatförändringarna är dock osäkert eftersom mossornas täthet i skogen även torde påverkas av förändrad fuktighet och ljustillgång.

En förlängd växtsäsong till följd av ett varmare klimat kommer generellt att ge en ökad tillväxt av växtbiomassa. Fjällbjörksskogen kommer att kunna bli grövre och tätare och i barrskogen kommer tillväxten av träd öka vilket skulle kunna öka mängden död ved, vilket är en viktig faktor för den biologiska mångfalden i barrskogen. Även i våtmarker är det troligt att tillväxten av biomassa kommer att öka, men hur denna tillväxt kommer fördela sig mellan mossor och kärlväxter är osäkert och beror troligtvis till stor del på de lokala förhållandena.

Uppdatering 2019

Forskare som kontaktades inför uppdateringen bekräftade att det som presenterades om växter, mossor och lavar i den ursprungliga rapporten (2015) fortfarande stämmer.

I en nyligt publicerad studie (2019) har forskare undersökt hur sammansättningen av växtarter har förändrats mellan början av 1900-talet och tiden kring millennieskiftet (kring år 2000), i fyra områden i Sverige. Inget av de undersökta områdena ligger visserligen i Norrbotten, men resultaten överensstämmer med vad som kan förutses hända i Norrbotten i framtiden. Resultaten från studien visar att växtsamhällena allt mer utgörs av arter som

sammankopplas med varmare och fuktigare miljöer, vilket stämmer med hur klimatet har förändrats under samma tid. Denna typ av utveckling kan leda till lokal utrotning av arter som är anpassade till kallare och torrare miljöer. Studien visade även att växtsamhällena hade blivit mer homogena när det gäller växtarternas temperatur- och nederbördsanpassning. Övrig mänsklig påverkan, som förändrad markanvändning och införandet av främmande arter, kan både förstärka eller motverka dessa klimatdrivna processer.

Uppdatering 2019

Svampar och mikroorganismer i jorden

På grund av brist på tillgänglig information gavs svampar och mikroorganismer inget eget avsnitt i den ursprungliga kunskapssammanställningen (2015). Det finns fortfarande ett stort behov av ytterligare forskning om hur dessa viktiga grupper påverkas av ett förändrat klimat, men i denna revidering börjar vi fylla på denna kunskapslucka med resultat från forskning som genomförts under de senaste åren.

Svampar och mikroorganismer som lever i jorden har flera viktiga funktioner i naturen. Dels gör de så att döda växter och djur bryts ner och att näringsämnen i dem återcirkuleras i det ekologiska kretsloppet. I de nordliga ekosystemen har marklevande svampar även en mycket viktig funktion som partner till växterna, främst träd och risväxter. Samarbetet heter mykorrhiza och sker genom att svamparna kopplar samman sina svamptrådar (hyfer) med växternas rötter. Fördelen för svamparna är att de får tillgång till sockerämnena som växterna producerar genom fotosyntes. Fördelen för växterna är att de får större tillgång till näringsämnen, mineraler och vatten genom svamparnas stora nätverk av svamptrådar. Dessa samarbeten är mycket viktiga för funktionen av den boreala skogen och en studie har visat att upp till 50–70 % av den mängd kol som finns lagrad i den boreala jorden utgörs av mykorrhiza-svampar och de rötter som de är sammankopplade med.

Svamparnas och övriga mikroorganismers aktivitet i jorden anses till stor del styras av temperatur och fuktighet. En studie av hur mikroorganismerna i starrdominerade myrarnas i norra respektive södra Sverige reagerade på förändringar i temperatur och fuktighet visade dock ingen entydig reaktion. Forskarna drog slutsatsen att hur de marklevande mikroorganismerna och svamparna reagerar även beror på många andra faktorer så som pH, syretillgång och vilka växter svamparna samarbetar (bildar mykorrhiza) med.

Just det faktum att marklevande svampar och mikroorganismer lever i jorden gör det svårt att observera och mäta deras svar på klimatförändringar i naturen. Svamparter som orsakar sjukdom för växter och djur är lättare att studera och vissa av dessa har genomgått stora utbredningsförändringar under flera decennier. Ett sätt att studera hur marklevande svampar förändras över tid och i förhållande till väder och klimatförhållanden är att studera deras fruktkroppar (svamparnas fruktkroppar är det som vi i vardagligt tal brukar kalla "svampar", även om själva svampen egentligen till största delen lever i jorden eller inne i något annat substrat, så som en trädstam). Ett flertal sådana studier har gjorts, bl.a. på data insamlat av allmänhet. I dessa studier har forskarna sett tydliga förändringar t.ex. för när på året svamparna börjar och slutar "frukta", hur mycket eller lite fruktkroppar som produceras och av vilka arter.

Olika svampar har dock visat sig reagera på olika sätt. Generellt sätt har tidpunkten för svamparnas "fruktning" flyttats tidigare på säsongen. Tidsförändringen gäller främst svampar som får fruktkroppar tidigt under hösten, vilket har lett till en totalt längre svampsäsong på hösten. Dock visar studier från Norge, Österrike och Schweiz tvärtom att tidiga svampar numera "fruktar" senare, vilket i dessa fall har lett till en förkortad svampsäsong. Tidpunkterna för svamparnas fruktning har visat sig påverkas både av temperaturen det aktuella året och året innan. På de platser där fruktningen flyttas tidigare tros detta bero på milda vintrar och svala somrar.

Sammantaget kan sägas att klimatförändringarna påverkar svamparna och mikroorganismerna i jorden. På ett generellt plan förväntar sig forskarna att ökad värme och fuktighet leder till en ökad nedbrytning, vilket i sådant fall leder till att koldioxid som är bundet i organiskt material frigörs snabbare till atmosfären. Samtidigt skulle ökad mykorrhizaaktivitet kunna leda till att växtligheten i de nordliga ekosystemen blir effektivare på att binda koldioxid. Eftersom både olika enskilda svamparter och svamp- och mikroorganismssamhällen tycks reagera olika på klimatförhållandena, gissningsvis för att de är anpassade till olika miljöer, går det dock inte att i dagsläget veta i hur förändringarna kommer att te sig i Norrbotten.

Däggdjur

Däggdjuren i Norrbottens och Västerbottens län innefattar allt ifrån stora välkända djur som älg, ren och brunbjörn ner till små lämlar, sorkar och näbbmöss varav flera arter är ganska okända och dåligt kartlagda. Många stora och medelstora däggdjur är ekonomiskt betydelsefulla eller jagas i stor omfatt-

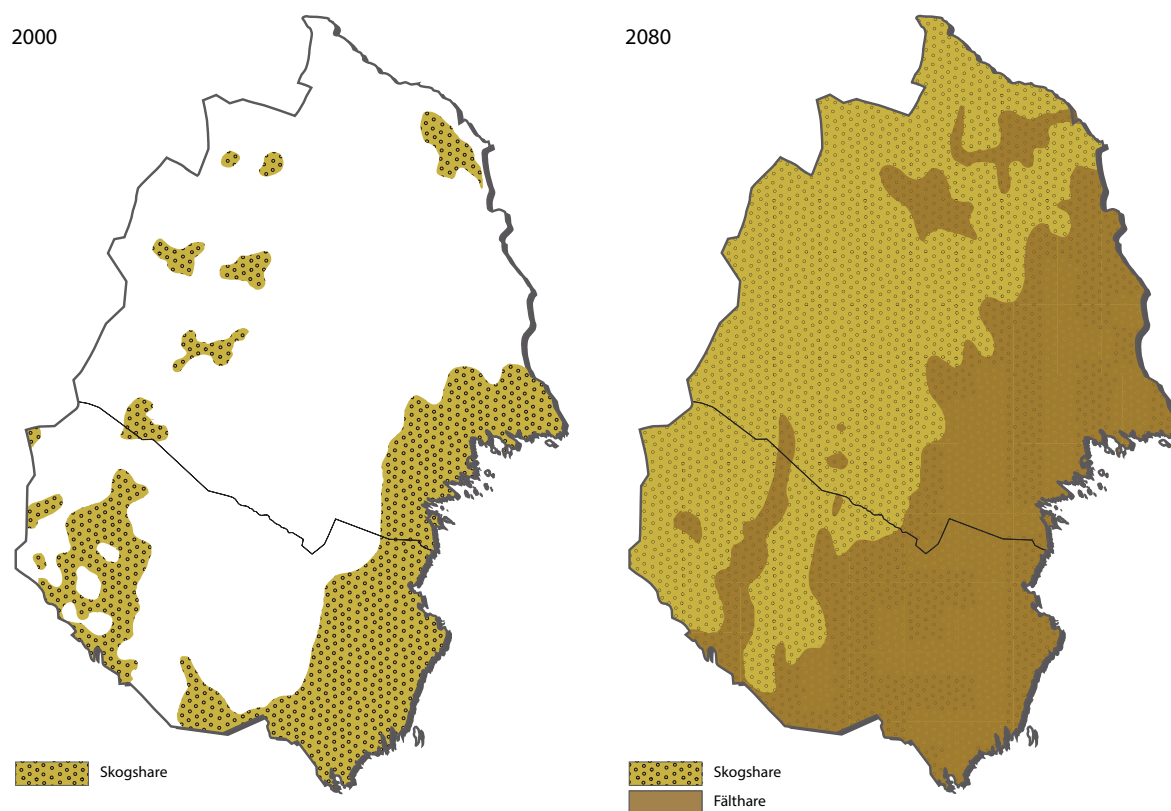


FOTO: JAN-ERIK NILSSON, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

ning. Till det kommer fladdermössen, som länge ansetts vara en artfattig och ganska marginell däggdjursgrupp i denna del av Sverige, men där mycket ny kunskap kommit fram de senaste åren.

Ett förändrat klimat kan påverka däggdjuren på många sätt. En längre barmarksperiod och mildare vintrar ökar många djurs vinteröverlevnad. Snövintrar är besvärliga för rådjuren men i ett varmare klimat minskar vinterdödligheten och de kan öka och sprida sig. Man befärar att ett förändrat klimat kan öka risken att främmande däggdjur etableras och ökar i utbredning. För Norrbotten och Västerbotten gäller det till exempel mårhund, vitsvanshjort och vildsvin. Brunbjörn och grävling går normalt sett i vinterdvala i norr men kortare, mildare vintrar gör att aktivitetsperioden blir längre och de kan till och med börja bli aktiva under vintern om vädret blir riktigt mildt. Igelkottar och fladdermöss kan även de vara aktiva längre perioder men om vinterdvalan bryts av mildväder kan de förbruka så mycket energi att de dör. Inte bara fåglar utan även fladdermöss flyttar söderut eller till lägre höjdnivåer på vintern och klimatet skulle kunna påverka både flyttningens tidtabell och hur långt de flyttar på samma sätt





Karta som visar den förväntade förändringen av utbredningen för skogshare respektive tyskhare utifrån förväntade klimatförändringar, i Norrbottens och Västerbottens län.

som har setts för fåglar men ännu finns inte mycket forskning på detta.

Hur snöförhållandena ser ut har visat sig ha stor betydelse för många djur. Mildare vintrar med upprepade töväder följt av kyla har stor inverkan på snötäckets tjocklek och konsistens. Den kompakta snö som blir följden, tillsammans med islager och ett minskat eller försvunnet luftskikt mellan marken och snön (det subnivala rummet) påverkar många smådäggdjur mycket negativt och hämmar tillväxten av populationerna av sorkar och lämlar. Samtidigt får betande klövdjur, inte minst renar, mycket svårt att nå ner till lavar och gräs under snön och deras vinterdödlighet ökar.

Klimatet kan också påverka många olika interaktioner mellan djur. Om populationerna av lämlar och sorkar hämmas och toppåren uteblir eller kommer glesare så påverkar det förstås alla de rovdjur som lever av smågnagare, till exempel rävar och mårddjur. När deras stapelföda minskar får de färre ungar såvida de inte kan kompensera för bortfallet genom att växla över till andra bytesdjur. Om klimatet underlättar för olika rovdjur att öka eller nya arter

av rovdjur att invandra kan det få konsekvenser för både bytesdjur och konkurrenter. I fjällen har man sett att rödrevens expansion påverkat fjällräven mycket negativt genom att rödrevens är en starkare konkurrent. När det gäller vår inhemska skogshare finns farhågor om att dess sydliga släkting fältharen ska sprida sig norrut längs kusten med mildare vintrar och att konkurrens och hybridisering (korsning) ska ske i de zoner där arterna möts.

För de havslevande däggdjuren vikaresälen och gräsälen är isförhållandena till havs av stor betydelse, särskilt för vikaresälen. Arten, som annars mest är knuten till nordliga hav och har sina största förekomster i Ishavet, föder sina ungar uppe på isen under senvintern och gräver en isgrotta där sälkuten föds. En havsis som ligger allt kortare tid och som blir tunnare och mer opålitlig kommer troligen att ge en kraftigt ökad ungdomdödlighet och minskande sälpopulationer på samma sätt som har skett i Rigabukten i södra Östersjön. Gräsälen är inte lika utsatt genom att dess beroende av is inte är lika utpräglat, men gräsälsungar som föds på land verkar ha en högre dödlighet och ungarna är av sämre kondition.



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN



FOTO: JAN-ERIK NILSSON, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

Farhågor finns också om att lindrigare isförhållanden till havs ska underlätta för minken och medföra en ökning och spridning av mink i kustområden och skärgårdar.

När däggdjuren sprider sig till nya områden ökar möjligheterna för andra arter att följa med. Många däggdjur bär på olika slags parasiter som kan sprida sig till nya områden. Vitsvanshjort och mårhund är två främmande arter som bär på parasitmaskar som kan smitta inhemska däggdjur. Den spridning som har skett av fästingar i Norrbottens och Västerbottens län på senare decennier anses ha underlättats genom rådjurets expansion norrut och in mot fjällen.

Uppdatering 2019

I den ursprungliga versionen (2015) av rapporten beskrevs att klimatförändringarna kan få olika arters utbredningsområden att förändras. Under de senaste åren har fler artiklar publicerats som beskriver just detta.

En samlingsstudie (review) publicerad 2015 har undersökt hur utbredningen av olika arter av däggdjur och fåglar har förändrats i Sverige under 1900-talet. Studien visar att sydliga arter av hov- och rovdjur, t.ex. rådjur och grävling, har fått större utbredningsområden och ökade individtätheter.

Nordligt anpassade arter, så som järv, fjällräv och sorkarten gråsidning som alla förekommer i Norrbotten har fått mindre utbredningsområden och har minskat i antal. Återkommande och regelbundna populationstoppar hos små och medelstora däggdjur tycks ha minskat och har ibland uteblivit under perioder. Forskarna misstänker att detta kan gynnat generalistpredatorer, såsom rödräv, medan det missgynnar nordligt anpassade rovdjur, som fjällräv och järv. Samma studie visar även att fålthare har ökat i alla de tre studerade länen (Jämtland, Västerbotten och Norrbotten), samtidigt som skogshare visar en minskande trend. I en annan, norsk studie, har det även konstaterats att täthet av skogshare minskar med ett kortare snötäcke – en effekt som förstärks av ökad täthet av generalistpredatorer.

Vitsvanshjort nämndes i den tidigare sammanställningen som en potentiellt ny art i Norrbotten genom att den finns i Finland och förutspås expandera norrut. En nyttillkommen studie från Nordamerika (2019) har undersökt både hur vitsvanshjort och älg kan komma att påverkas av klimatförändringarna. Studien visar att ett varmare klimat och mindre snötäcke gynnar vitsvanshjort, medan älgar kan bli fysiologiskt stressade. Dessutom kan vitsvanshjort föra med sig parasiter som är skadliga för älg.



FOTO: JAN-ERIK NILSSON, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

Antalet älgar förutspås därför minska där vitsvans-hjort ökar.

I den ursprungliga versionen (2015) av denna kunskapssammanställning beskrevs att klimatförändringarna kan gynna fiskarter som gädda, gös och mört och missgynna arter som lax, siklöja och röding. De första arterna är magrare fiskar, och de senare fetare. En av de tillfrågade forskarna nämner att detta i förlängningen skulle kunna få en påverkan på sälar. När sälar enbart har tillgång till mager fisk kan de få svårare att bygga upp tjockleken på sitt späcklager, och ett tjockt späcklager är avgörande för att honan ska kunna ge tillräcklig di till sin kut.

Fåglar

Fåglarna är en artrik grupp i Norrbottens och Västerbottens län genom att många naturtyper och klimatzoner möts i detta område. Hela, eller betydande delar, av det svenska beståndet för en rad fågelarter som är knutna till nordliga barrskogar och fjällmiljöer finns i detta område. Många av fågelarterna är rödlistade, det vill säga är i Sverige starkt minskande eller rentav hotade. De förändringar av naturtyperna som sker om vegetationen förändras, skogarna blir tätare, myrarna blir torrare eller mer trädbevuxna och arealerna av kalvfjäll

krymper kommer att påverka många fåglar. Redan idag anses klimatförändringar ha påverkat fåglarnas populationer i Sverige och mycket pekar på att arter anpassade till nordliga klimatlägen och naturtyper är de som kommer att drabbas värst av de väntade klimatförändringarna. Fågelfaunan i Norrbotten och Västerbotten kommer dock troligen att bli mer artrik totalt sett genom att en rad sydliga arter kan vandra in.

Liksom för däggdjuren kommer antagligen överlevnaden att öka för många fåglar om vintrarna blir mildare och snötäcket kortvarigare. De ökningarna som skett på senare decennier av arter som blåmes, grönfink och nötväcka har troligen underlättats av mildare vintrar. En tydlig trend i Västerbottens län är att många arter av sjöfåglar och måsfåglar sedan 1990-talet har börjat ses regelbundet längs kusten under vintern vilket var betydligt ovanligare förr – ett resultat av allt mindre is till havs. Sjöfåglar som häckar tidigt kan också gynnas av en tidig islossning. Självklart kan dock även ett ändrat klimat längs flyttningssvägar och på vinterkvarteren påverka fåglarna hos oss.

En allmän trend som observerats i hela Europa, inte minst i Sverige, är att fåglarnas flyttning har förskjutits i tid – något som tillskrivs de pågående

klimatförändringarna. Det brukar anses fördelaktigt att vara först på plats för att etablera revir inför häckningen. Flera studier pekar också på att många flyttfåglar verkar anlända tidigare än förr på våren. En anledning är säkert att vissa fåglar inte flyttar lika långt söderut på vintern som förr. Men forskningen visar att det inte bara gäller de kort- och medeldistansflyttande fåglarna som brukar anses styras av väderförhållanden utan att mönstret även kan ses hos vissa tropikflyttare. För flyttande fåglar har man uppmärksammat risken på att klimatförändringar orsakar att fåglarnas ankomst och häckning hamnar i otakt med de födokällor t.ex. insekter som de är beroende av.

Tillgången på sorkar och lämlar och hur den beror på snöförhållanden har redan berörts, se ovan under Däggdjur. Även för fåglarna får färre smågnagare konsekvenser, i första hand genom att olika rovfåglar och ugglor har svårt att hitta föda och lyckas sämre med häckningarna – eller tvingas utvandra till andra områden i värsta fall. En indirekt följd effekt som ofta är tydlig är att bottenår för smågnagarna gör att många rovdjur och rovfåglar övergår till att jaga andra byten, och det drabbar ofta populationerna av markhäckande fåglar som skogshöns och ripor hårt.

Uppdatering 2019

Forskare som kontaktades inför uppdateringen bekräftade att det som presenterades om fåglar i den ursprungliga rapporten fortfarande stämmer i stort.

Sedan den ursprungliga kunskapssammanställningen (2015) har flera rapporter, både forskningsrapporter och populärvetenskapliga artiklar, publicerats om hur fågelpopulationerna i Sverige har förändrats under de senaste decennierna, antingen som en effekt av klimatförändringar eller av andra typer av förändringar. Generellt är dessa samstämmiga med vad som nämns ovan:

- flyttfåglar anländer tidigare på våren än förut
- antalsmässigt går det bättre i Sverige för fåglar som trivs i varmare klimat, t.ex. gransångare, bofink och nötväcka medan det generellt går dåligt för ”nordliga” arter, så som videsparv och snösparv som är anpassade till ett kallt klimat
- de sydliga arterna expanderar norrut medan arter som trivs i kallare områden har blivit lokalt utrotade på vissa platser
- Sverige har stadigt fått fler häckande arter under de senaste dryga 150 åren.

En studie som specifikt har undersökt hur fågelpo-

pulationerna i Norrbotten har förändrats visar dock inte lika tydliga trender. Sammanställningen, som är gjord av Länsstyrelsen i Norrbotten, visar att det mellan åren 1998 och 2013 var fler arter som minskade än som ökade i population i Norrbotten. För att specifikt undersöka hur sammansättningen av arter i Norrbotten har förändrats i förhållande till det förändrade klimatet har rapportförfattarna gjort så kallade CTI-beräkningar. CTI står för Community Temperature Index och beräknas med hjälp av de ingående arternas temperaturpreferenser. Enkelt uttryckt så beskriver CTI-värdet alltså ett artsamhälles ”medel-temperaturpreferens”. Med ett varmare klimat kan CTI-värdet förväntas öka, vilket också har kunnat ses i Sveriges fågelfauna generellt. De nationella beräkningarna visar att förändringen varit som störst i norra Norrland men om endast data från Norrbottens län ingår i beräkningarna så skedde ingen säkerställd förändring av CTI-värdet mellan år 2002 och 2013. Om detta beror på att dataunderlaget är mindre eller på att fågelpopulationerna i Norrbotten har reagerat annorlunda än i övriga delar av norra Norrland går inte att bedöma.

Groddjur, ormar och ödlor

Groddjur och kräldjur är en artfattig grupp i norra Sverige, dominerad av en handfull allmänna och utbredda arter. De arter som finns i Norrbottens och Västerbottens län kan överlag förväntas gynnas av ett varmare klimat med varmare somrar och mildare och kortare vintrar. Grod- och kräldjur är växelvarma djur och mycket av deras tillväxt, livscyklar och aktiviteter är starkt styrda av temperaturen.

En längre och varmare barmarksperiod kan väntas påskynda groddjurens fortplantning och utveckling.



FOTO: MICHAEL BREDEFELDT, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

Kortare och mildare vintrar kommer antagligen att minska vinterdödligheten av grod- och kräldjur, förutsatt att inte stora svängningar i temperatur orsakar ökad dödlighet när vinterdvalan bryts för tidigt. Flera arters utbredningsgränser kan antagligen förskjutas norrut och upp mot högre höjdnivåer i ett förändrat klimat. Kopparrödlan är en idag kustbunden art i området som kan tänkas öka och sprida sig norrut och västerut i området med ett varmare klimat.

Om varmare somrar innebär att sommartorka blir vanligare kommer det att kunna slå ut förekomster av groddjur lokalt och tillfälligt, när gölar, diken och hållkar (vattenfyllda gropar och skrevor på klippor och hållmarker) torkar ut. Det kan då drabba årskullar i vissa områden. Det är dock inte troligt att torrperioder eller temperaturer blir så extrema eller återkommande att det orsakar minskningar av grod- och kräldjursarter på samma sätt som kan ske i södra och sydvästra Europa.

Farhågor finns också om att ett varmare klimat kan underlätta spridning av dödliga virus och svampsjukdomar hos groddjur men mönstret verkar inte entydigt enligt forskningen.

Uppdatering 2019

Forskare som kontaktades inför uppdateringen bekräftade att det som presenterades om groddjur, ormar och ödlor i den ursprungliga rapporten fortfarande stämmer i stora drag.

En forskare resonerade även om att en längre vegetationsperiod och ett fuktigare klimat i framtiden kan göra det möjligt för mindre vattensalamander att etablera sig i Norrbotten, en plats där arten idag knappt förekommer. Den mindre vattensalamanderns möjlighet att sprida sig norrut beror dock även på artens spridningsförmåga och hur väl sammanlänkade dess livsmiljöer är längre norrut. Vidare menade samma forskare att det inte är troligt att ett förändrat klimat kommer att hjälpa snoken att återetablera sig i Norrbotten. Snoken behöver nämligen ett kulturlandskap med öppna gödselstackar och komposter där de kan lägga sina ägg för att kunna upprätthålla en population. Denna typ av kulturlandskap minskar löpande i norra Sverige, vilket begränsar snokens möjlighet att återetablera sig.

Fiskar

Fiskarna i Norrbottens och Västerbottens län består mestadels av sötvattensarter och bara ett fåtal arter marina arter är anpassade till att klara Norra Kvarkens och Bottenvikens låga salthalter. Vissa arter har stor ekonomisk betydelse, till exempel lax, röding och siklöja medan andra är populära sportfiskar

som öring, gädda och abborre. Fiskarnas artantal är inte så högt, inga arter är unika för området men ett antal rödlistade fiskarter och fiskpopulationer med särpräglade anpassningar och genetik finns här.

Generellt har inte så mycket forskning inriktats på hur fiskarterna i norra Sverige kommer att påverkas av ett ändrat klimat. Men en hel del slutsatser kan dras från den forskning som rör arternas ekologi, vilken främst har undersökt sådana fiskar som har ekonomisk betydelse. Dessutom bedrivs mycket forskning om födovävar och olika arters interaktioner och som är inriktad på olika artsamhällen i hav, sjöar och vattendrag.

Fiskar kan påverkas av ett ändrat klimat eftersom deras ämnesomsättning, reproduktion, tillväxt och aktivitet i hög grad styrs av den omgivande temperaturen. Olika arter har olika temperaturpreferenser, man skiljer mellan kallvattenfiskar och varmvattenfiskar och de kommer sinsemellan att ha olika respons på ett varmare klimat. Stigande vattentemperaturer kommer att försvåra livsförhållanden för kallvattenfiskar som röding, lake, lax och siklöja medan varmvattenfiskar som gädda, gös och mört kommer att gynnas. Till detta kommer att varje art förstås ha sin egen ekologi som styr i vilken grad och på vilket sätt påverkan sker.

Man kan anta att kallvattenarterna kommer att minska och på sikt försvinna i delar av området, medan arter som gynnas av högre temperaturer ökar och även sprider sig, förutsatt att inga spridningshinder finns. I havet och i stora sjöar och vattendrag kan fiskarna till en viss mån anpassa sig till förändrade temperaturförhållanden genom att förflytta sig i djupled. Risken är dock att deras tillgång till föda och lekplatser minskar och att de träffar på nya konkurrenter och fiender.

Ett ändrat klimat med förhöjda temperaturer och ändrade vattenflöden kan till exempel göra att lektiden förskjuts i tid, fiskarnas tillväxthastighet ökar och de kan växa till sig under en längre period av året. Men det kan också, särskilt sommartid, innebära en ökad risk för värmestress och syrebrist i grunda vatten och att skogsbäckar och andra små vattendrag helt torkar ut om perioder av torka blir långvariga. Det kan tillfälligt och åtminstone lokalt slå ut både fiskbestånd och deras födokällor. Om minskade flöden gör att vandringsvägar i vattendragen stängs av kan i värsta fall lekplatser för fisk från stora områden slås ut.

Om salthalten i havet minskar genom att ändrade nederbördsförhållanden ger mer sötvattentillförsel via älvarna kommer det att kunna förskjuta fördelningen mellan marina arter och sötvattensarter.

Genom forskningen är det väl känt att föränd-



ringar längre upp eller ner i näringskedjan kan ge påverkan på enskilda arter. För fiskarnas del kan en ökad förekomst av rovfisk minska bestånden av bytesfiskar, nya konkurrenter om födan kan ändra dominansförhållanden, men även förändringar i förekomsten av små ryggradslösa djur (evertrebrater) som utgör födan för många fiskar kan i sin tur påverka de fiskar som äter dem. Om evertrebraternas kläckningstider eller aktivitetsperioder förändras, eller om viktiga arter minskar eller ökar har det stor potential att påverka fiskbestånden.

Uppdatering 2019

Forskare som kontaktades inför uppdateringen har bekräftat att det som presenterades om fiskar i den ursprungliga rapporten fortfarande stämmer med aktuell forskning.

Ny kunskap kan dock ytterligare bidra till förståelsen av hur fiskar kan påverkas av klimatför-

ändringarna. Studier på laxar och öringar har visat att inkuberingstemperaturen – vattentemperaturen under fiskäggets utvecklingstid – har påverkan på fiskarna även senare i livet. Högre inkuberingstemperatur har visat sig leda till att fiskarna växer snabbare, utvecklar större könsdelar och lägger större romkorn. Ytterligare, pågående studier undersöker om inkuberingstemperaturen även har en påverkan på fiskarnas beteende, ämnesomsättning och kroppsform. Hur dessa faktorer påverkar fiskarna i naturen går dock i dagsläget endast att spekulera om.

Insekter

Insekterna är en väldigt artrik grupp i Norrbottens och Västerbottens län, liksom i resten av världen. Mångformigheten är stor och de återfinns i alla typer av miljöer, från hav till fjäll. Bland arterna finns allt från iögonenfallande dagfjärilar och trollsländor till små oansenliga myggor, flugor och steklar. Många



FOTO: DAN BLOMQVIST, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

av arterna är knutna till särskilda värdväxter eller mikro-miljöer. Här finns utbredda och allmänna arter, inte minst välkända skadegörare på skog och grödor, såväl som många rödlistade och hotade arter med mycket små förekomster. Fortfarande upptäcks nya insekter för området varje år, och för väldigt många insektsarter är ekologin dåligt känd, vilket försvårar när man ska bedöma påverkan av ett förändrat klimat.

Mycket i insekternas liv styrs av temperaturen, till exempel spridning, reproduktion, utveckling och dödlighet. Temperaturen kan vara avgörande för hur många generationer som en art hinner med på en säsong, eller hur stor sannolikheten för en massförökning är. Värmeälskande insektsarter som finns i Norrbottens och Västerbottens län, till exempel vissa steklar och skalbaggar, kan gynnas av varmare och torrare somrar. I vissa fall kan det räcka med en ovanlig väderhändelse som en utdragen period av

kyla och regn, en extrem torka eller en nedisning för att en insektsgeneration ska slås ut och det kan sedan ta årtal för arten att återhämta sig. Fjärilar är exempelvis känsliga för perioder med kallt och fuktigt väder. Dessutom lever många insekter i ett tätt samspel med olika växter och använder dem som födokällor. När vegetationsperioden blir längre får det konsekvenser för alla de insekter som på ett eller annat sätt är beroende av växterna. Växtätande insekter kommer att påverkas i hög grad om växterna som är deras föda förändrar sitt innehåll av näringsämnen eller försvarsämnen som ett svar på klimatet. Brandgynnade arter kommer att dra fördel av om ett varmare klimat ökar frekvensen av skogsbränder.

Många insektsarter är också pollinatörer som har stor betydelse för växternas frö- och fruktsättning, och andra är viktiga rovdjur som kan reglera populationerna av bytesdjur i form av växtätande insekter. Sammanfattningsvis kan sägas att ett ändrat klimat



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

kan påverka många insekter, direkt eller indirekt, men sambanden är komplexa vilket gör att utgången ofta är svår att förutsäga. Mycket pekar på att insekternas artsamhällen, till exempel i jordbrukslandskap och fjällmiljö redan är i förändring, delvis på grund av pågående klimatförändringar.

Som för många andra arter förutspås rent allmänt att ett varmare klimat kan ge ökningar av insekternas tätheter och att många arter kommer att förskjuta sin utbredning norrut när klimatzonerna flyttas. Indikationer på att sådana förändringar pågår i Sverige finns för dagfjärilar och trollsländor. Det förutsätter dock att arterna har en god spridningsförmåga och inte hämmas av faktorer som ett uppsplittat landskap eller tillgången på mikro-miljöer. Om insekternas möjlighet till spridning är begränsad ökar risken att de minskar eller försvinner. Arter som är beroende av specifika värdväxter kommer förstås inte att kunna anpassa sin utbredning om inte också värdväxten gör det.

Vissa arter insekter orsakar obehag eller ekonomisk skada, eller överför olika sjukdomar till djur och människor. Forskningen visar att klimatet har potential att förändra sådana mönster, såsom angrepp av skadeinsekter på skog, risken för människor att smittas med t.ex. harpest eller utbredningen av myggplågor. De omtalade översvämningsmyggen, välkända från området kring södra

Dalälven, kan i ett varmare klimat sprida sig norrut och etableras även i stora delar av Västerbottens och Norrbottens län.

Uppdatering 2019

Forskare som kontaktades inför uppdateringen har bekräftat att det som presenterades om insekter i den ursprungliga rapporten fortfarande i stora drag stämmer med aktuell forskning.

Så som förutsågs i den ursprungliga kunskapssammanställningen har inventeringar på senare år hittat flera arter av översvämningsmyggor i Övertorneå, Norrbottens län. En av arterna fanns i stora mängder och har orsakat myggplågor i staden. Översvämningsmyggorna har alltså redan etablerat sig åtminstone på en plats i Norrbotten och kan fortsätta sprida sig inom länet. Med tillräckligt hög temperatur kan en av arterna bli till en stor plåga kring Torneälven.

3.2. Påverkan på ekosystem och naturtyper

Eftersom ekosystemen till stor del består av levande organismer så kan man lite förenklat säga att all klimatpåverkan på organismer i någon mån påverkar även ekosystemet. Men hur påtaglig denna förändring ter sig beror på bland annat hur dominerande arterna är, vilka funktioner de har och hur de intera-

gerar med andra arter. Mycket övergripande kan man vänta sig att ekosystemen som utgör grunden i våra naturtyper påverkas i takt med ett förändrat klimat. Naturtyperna förskjuts därmed norrut eller uppåt i höjdlägen när klimatzonerna förändras. Hur våra huvudsakliga naturtyper, från fjäll till hav, påverkas av ett förändrat klimat ser olika ut.

Fjäll

Med fjäll menas här de naturtyper på land som sträcker sig från fjällbjörkskogen och uppåt till kalfjället. Här hittar man till exempel vide-områden, rishedar, gräs- och örtmarker samt lavhedar och kala marker med block och grus. Forskningen pekar på att fjällmiljöerna i Skandinavien är de som generellt kommer att genomgå de största förändringarna till följd av ett förändrat klimat. Arealen kalfjäll kan minska med tre fjärdedelar eller mer fram till år 2100, och minskningen blir störst för de högst liggande naturtyperna, t.ex. fjällens lavhedar.

Förutom förhöjda temperaturer medför klimatförändringen ett kortvarigare snötäcke och en ökad avrinning sommartid vilket är förändringar som kan vara av stor betydelse för arter och artsamhällen. Nederbörden beräknas öka, särskilt under vinterhalvåret. Lokalt kan förekomsten av ytor där snön ligger kvar länge, även en bit in på sommaren (snölegor) minska och glaciärernas avsmältning frigöra ny mark för kolonisation av växter och djur. Om vinterklimatet gör att snötäcket blir mer kompakt och isigt kan det få negativa konsekvenser för olika djur och växter när de inte kommer åt sin föda respektive täcks av is.

Allmänt sett kommer en ökad temperatur att medföra att många växter och djur förskjuter sin utbredning uppåt i höjdlägen medan de arter som idag är knutna till de allra högsta och kargaste miljöerna kommer att minska sin utbredning och bli allt mer i hopträngda eftersom de inte har någonstans att ta vägen. Ett antal nya arter kan också förväntas kolonisera alpina miljöer, både inhemska arter från lägre liggande områden och invasiva arter på spridning från etableringar längs vägar och i kulturmiljöer. Fjällens artantal kan på detta sätt väntas öka totalt sett, men det är anpassningsbara arter med god spridningsförmåga som är vinnarna.

Av fjällens däggdjur kommer ett varmare klimat troligen att ge en negativ påverkan på arter knutna till speciella fjällmiljöer, och prognoser pekar på att deras utbredningar kommer att minska, det gäller t.ex. arter som fjälllämmel, fjällräv och järv. Troligen kommer anpassningsbara däggdjursarter som rödrev och rådjur samtidigt att öka sina utbredningar i alpin miljö. För smågnagare som lämlar och sorkar

pekar forskningen mot att klimatförändringarna ger förändringar i gnagarpopulationernas upp- och nedgångar genom att toppåren blir glesare eller att antalstopparna blir lägre. Det kommer att påverka de djur och fåglar som lever på smågnagare negativt, t.ex. rovdjur som fjällräv och fåglar som fjällvråk och fjällabb. Fjällräven är en av våra mest hotade arter, den har det mycket svårt när tillgången på smågnagare är dålig och situationen förvärras av konkurrens med de rödrev som ökar i fjällen. Även fjällugglan är en akut hotad art som inte häckat i större antal i fjällen sedan 1982, något som anses bero på att stora antalstoppar av lämlar och sorkar har uteblivit.

Grod- och kräldjur har allmänt ganska begränsade förekomster i fjällmiljöernas klimatlägen men ett varmare klimat kan göra det möjligt för vanlig groda och skogsödlor att expandera längre upp på kalfjället. Prognoser visar att specialiserade fågelarter knutna till högre höjder i Skandinavien kommer att minska sin utbredning mest i ett varmare klimat. Arter som snösparv, fjällripa och fjällabb tillhör dessa miljöer. Forskningen pekar också på att fågelarter som är knutna till ett klimat med låga vår- och sommartemperaturer allmänt är extra känsliga för ett varmare klimat.

För insekter har man i Padjelanta sammankopplat förändrade artsamhällen med ett förändrat klimat, och förändringarna har varit störst på högre höjderna. Sydliga insektsarter har samtidigt koloniserat lägre höjder. Ett förändrat klimat, särskilt mildare vintrar, kan öka risken att nya arter av måtarfjärilar koloniserar nordliga fjällbjörkskogar vilket skulle kunna orsaka fler massförökningar med kalätningar. Regnigare somrar kan också minska utbredningen för alpina arter av fjärilar och kärlväxter som lever i fjällens gräsmarker.

Även om trädgränsen styrs av ett flertal olika faktorer så kommer en förskjutning uppåt av trädgränsen att ske även om den inte blir snabb och snarare sker fläckvis än på bred front. En förlängd växtsäsong till följd av ett varmare klimat kommer generellt att ge en ökad tillväxt och mängd växtmaterial (växtbiomassa). Fjällbjörkskogen kommer att kunna bli grövre och tätare. Vad gäller växternas artantal så har olika forskningsstudier kommit fram till olika resultat, där vissa resultat indikerar att artantalet kommer att minska och andra att det kommer att öka, främst beroende på lokala förhållanden på växtplatserna och inbördes konkurrensförhållanden.

Om renarna ändrar sina betesmönster till följd av ett ändrat klimat kommer det också att få stor påverkan på växtligheten. Med ett varmare klimat förutspås låga buskar, risväxter och olika gräs öka sin



utbredning och till exempel kommer konkurrensen från dvärgbjörk att tillta. Överlag visar forskningen att mossor och lavar kommer att påverkas starkt i fjällen och att artantalet blir lägre genom att många arter minskar när temperaturen ökar, även om vissa arter som exempelvis vitmossor och mer typiska skogsarter som husmossa och väggmossa är tåliga och rentav ökar. Fjällets lavhedar kan expandera på högre höjder medan lavsamhällena på lägre höjd övergår till att domineras av olika kärlväxter och mossor som vandrar in. Försvinnande glaciärer kan

ge torrare förhållanden för olika mossor, men även nya områden att kolonisera då glaciärerna minskar i utbredning.

Uppdatering 2019

Forskare som kontaktades inför uppdateringen, tillsammans med nya studier och rapporter, bekräftar att det som presenterades om fjällmiljöer i den ursprungliga rapporten i huvudsak fortfarande stämmer.

I en sammanställning av den nationella miljö-

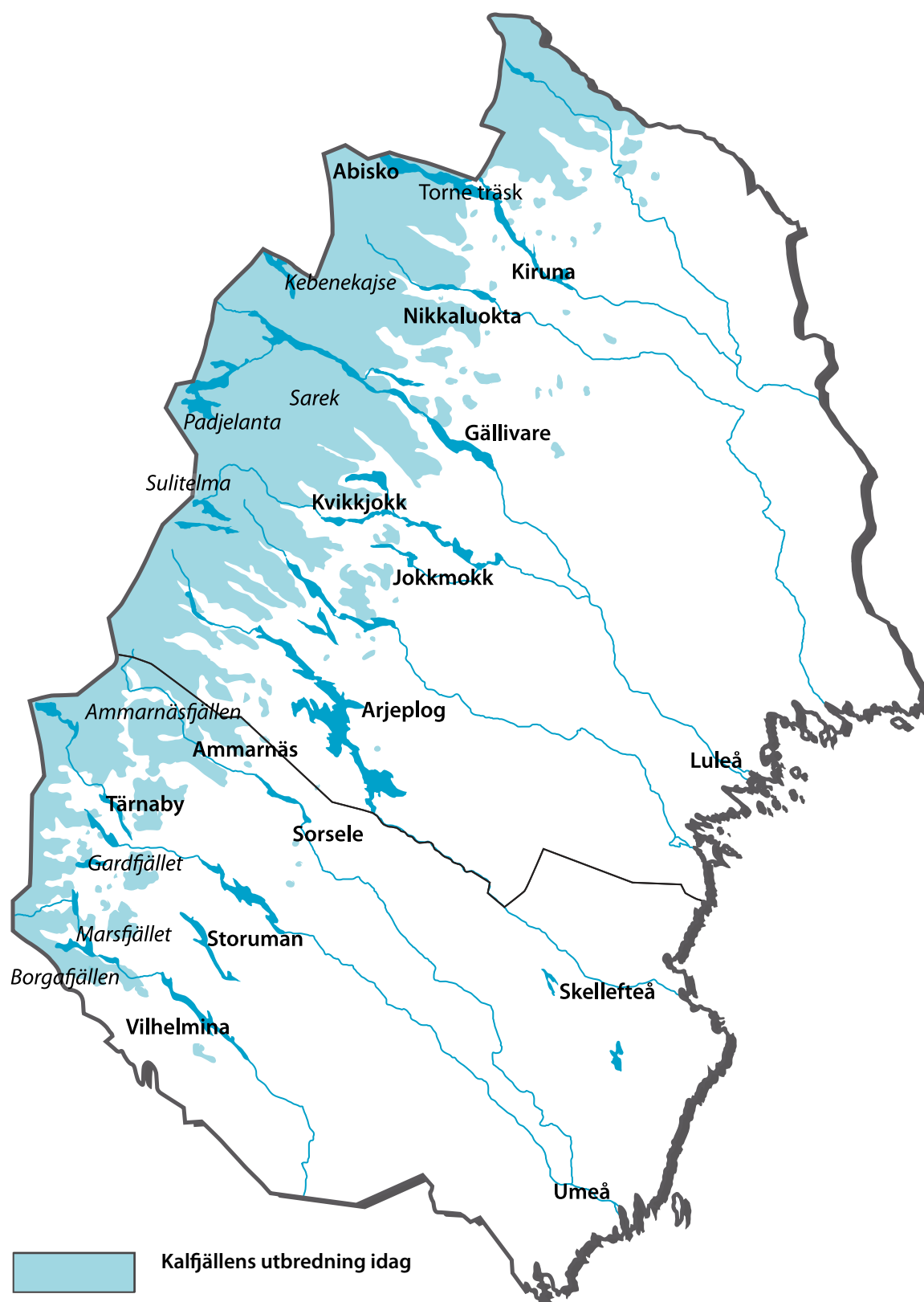


FOTO: JÖRGEN NALISVAARA, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

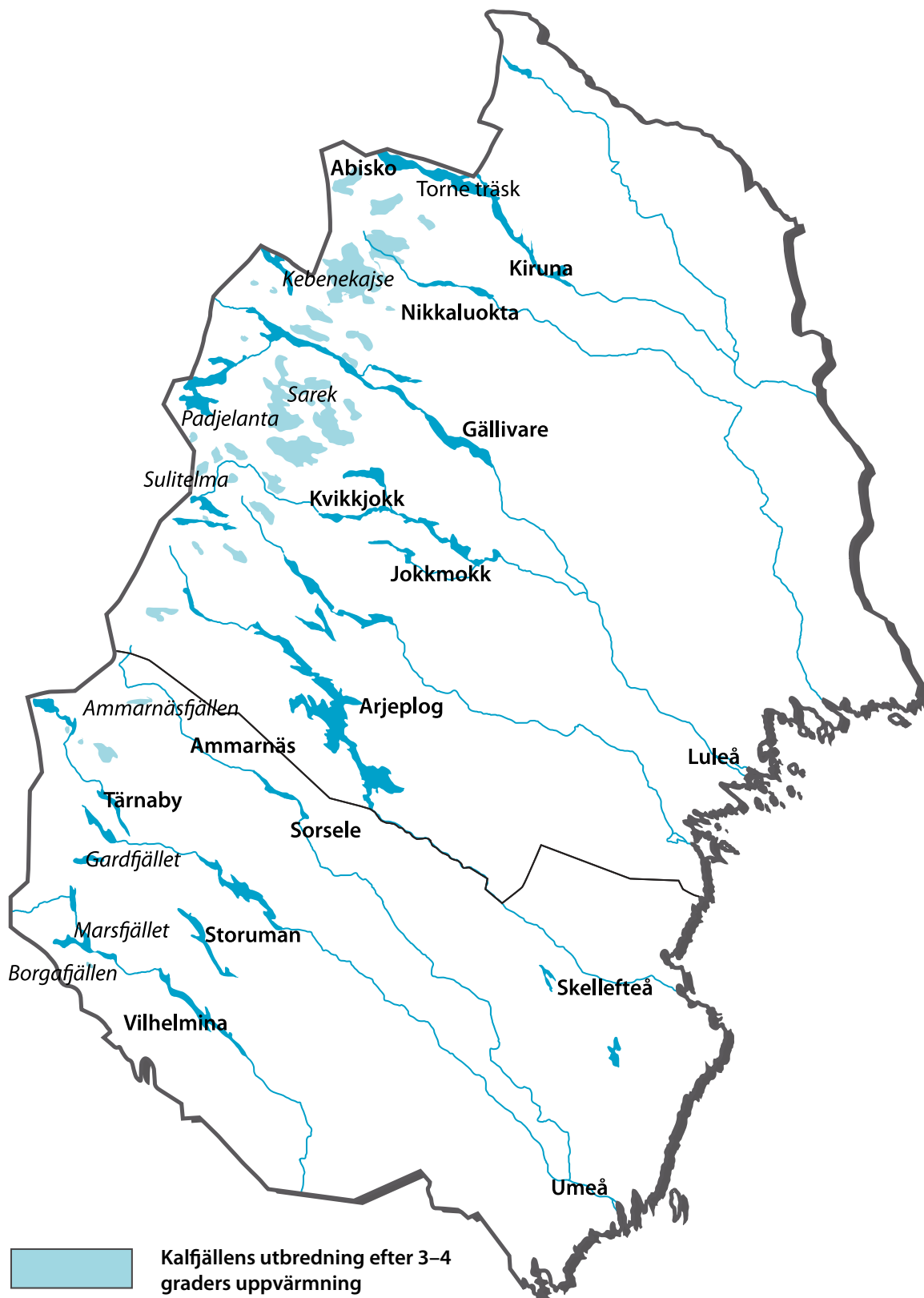
övervakningen i fjällen, som publicerades av Naturvårdsverket 2015, beskrivs hur miljön i fjällen har ändrats dels generellt under de senaste decennierna men även mer specifikt under fem år kring 2010-talet under vilken noggrannare övervakning av fjällmiljön har gjorts. Fem år är en relativt kort tid att mäta förändringar i vegetation på och under dessa fem år kunde inga tydliga förändringar ses i trädens utbredning eller täthet, varken på kalfjället eller i fjällbjörskogen. Däremot kunde en tydlig förändring ses i fältskiktet, d.v.s. bland de lägre

arterna, och det var främst ris- och stråväxter (gräs och halvgräs) som ökat.

En annan ny studie från Norge har undersökt hur lövätande insekter i fjällmiljö reagerar om deras miljö värms upp. Studien visade att en högre temperatur gör lövätande insekter mer aktiva i sitt betande. Om dessa resultat gäller för fjällbjörkmätarens larver skulle det kunna leda till att utbrotten av mätarlarver ökar. Mätarlarverna äter upp skotten på fjällbjörkarna och vid utbrott sker en massutveckling av mätarlarver som kan kaläta stora områden



Karta som visar den förväntade förändringen av utbredningen av kalfjällmiljöer utifrån förväntade klimatförändringar, i Norrbotten och Västerbottens län.



med fjällbjörkar. I vissa fall leder det till att björkarna dör. Studien ger dock inte något entydigt resultat, utan visade att de olika arternas fenologi (när på året de gör olika saker, till exempel kläcks och förpuppas), preferenser och temperaturnischer också har betydelse för hur de reagerar. Detta bekräftar återigen den stora komplexiteten av interaktioner i ekosystem, och svårigheterna med att förutse hur de påverkas av klimatförändringarna.

Under perioden mellan den senaste kunskapssammanställningen (2015) och uppdateringen (2019) har även mätningar av Kebnekajse (Giebmejáisi) nord- och sydtopp visat att sydtoppen, som utgörs av en glaciär och tidigare har angetts som Sveriges högsta punkt, har smält så mycket att den är numera är lägre än nordtoppen. Idag räknas därför nordtoppen som Sveriges högsta punkt med 2096,8 meter över havet.

Nordlig (boreal) skog

Med nordliga skogar menas här de skogar som ingår i den nordligt boreala och mellanboreala zonen vilket i praktiken innefattar alla skogsmiljöer nedanför fjällen inom regionen Norrbottens och Västerbottens län. Skogarna som avses kan något förenklat sägas vara barrdominerade med gran och tall, lövträden består av exempelvis björk, asp och al medan ädla lövträd såsom ek, bok och lind saknas. Marken täcks av ett lager av barr och växtdelar i olika grad av nedbrytning (förna och humus) och jordarna är sura, det vill säga har ett lågt pH-värde. Skogarna sträcker sig från kusten inåt landet och ända upp till gränsen mot fjällbjörkskogen.

Förutom förhöjda temperaturer med varmare somrar och mildare vintrar består viktiga klimatförändringar för växter och djur i nordliga skogar av till exempel ett kortvarigare snötäcke, delvis snöfria vintrar närmast kusten och en ökad nederbörd, antingen sommartid eller vintertid. Ett förändrat vinterklimat kan också få konsekvenser för snötäckets egenskaper och risken för nedisning vilket kan påverka olika djur, växter och lavar negativt när de inte kommer åt sin föda eller blir täckta av is. Om ett varmare klimat ger mer frekvent sommartorka kan det ge en ökad risk för skogsbränder. Arealen skogsmiljö kommer inte att minska på samma sätt som för fjällmiljöerna, den kommer snarast att öka då barrskogen expanderar uppåt mot fjällen.

I likhet med fjällens miljöer kommer ett förändrat klimat att medföra många skiften i artsamhällena i nordliga skogar, både för djur och växter. Ett flertal däggdjursarter kan potentiellt invandra eller öka sin utbredning i regionen liksom en rad främmande arter som mårhund, kron- och vitsvanshjort samt

vildsvin. Däremot talar prognoserna för att inhemska arter med mer specialiserade krav på livsmiljöer minskar, till den gruppen hör järv och sork-arten gråsidning. För smågnagarna, i första hand sorkar, pekar forskningen mot att deras antalstoppar i området infaller mer sällan och att topparna blir lägre. Det kan ge återverkningar på de rovdjur i skogsmiljö som lever på smågnagare, t.ex. rödräv och olika mårddjur och ugglor. En viss spridning av grod- och kräldjur upp på högre höjdnivåer kan tänkas ske. För skogslevande arter kan padda, åkergroda och huggorm följa barrskogen uppåt.

För fåglarna är det troligt att antalet häckande arter i området ökar totalt sett. Betydligt fler fågelarter kommer nämligen att öka sin utbredning i norra Skandinavien än de som kommer att minska, och för Norrbottens och Västerbottens län är det troligt att många arter efterhand kommer att sprida sig och kolonisera området söderifrån. Däremot tyder prognoserna på att de inhemska arter som idag är utbredda i nordliga miljöer som bergfink, videsparv och lavskrika, tillhör förlorarna och att de kommer att minska i utbredning. Därigenom kommer fågelfaunans nordliga prägel att tunnas ut och alltmer ersättas av en sammansättning lik den i de mellan-svenska skogarna.

Genom att ett förändrat klimat ger insekterna möjlighet till snabbare utveckling, en längre aktivitetsperiod och fler generationer per säsong kan risken för utbrott av skadeinsekter i skog öka, exempelvis av fjärilar, barkborrar och tallsteklar, men mönstret är inte entydigt. Nordliga barrskogar är egentligen brandpräglade ekosystem men kommersiellt skogsbruk och brandbekämpning gör att bränder numera tillhör ovanligheten. Om frekvensen av skogsbränder ökar kommer det säkerligen att gynna alla de arter av insekter som är brandgynnade. Mängd och artantal av skogens nedbrytare i form av marklevande småkryp som kvalster och hoppstjärter kommer troligen inte att förändras med de klimatförändringar som förutspås för området.

Förändrade utbredningar av insekter och andra småkryp kan få mer påtagliga konsekvenser för människor. Ökad täthet och utbredning av vissa stickmyggor kan ge större risk för sjukdomsutbrott som till exempel harpest. Den vanliga fästingen som fram till nyligen mest förekommit längs kusten i Västerbottens och Norrbottens län kommer troligen med ett förändrat klimat att kunna breda ut sig inåt landet och nå ända upp mot fjällen. Därmed ökar samtidigt risken för spridning av borrelia, TBE och andra fästingburna sjukdomar.

Skogarnas träd och växter kommer också att påverkas av det ändrade klimatet. En förlängd



växstsäsong till följd av ett varmare klimat kommer att göra att tillväxten av växtbiomassa kan öka och det gör också att mängden död ved som produceras blir större. Det kan i sig gynna förekomster av olika vedlevande insekter, svampar och lavar förutsatt att den ökade skogsproduktionen inte bara kommer skogsbruket till del. Ett ökat inslag av gräs och olika örter i markvegetationen kan förväntas i ett varmare klimat. Man bedömer dock att många nordliga arter av kärleväxter och mossor missgynnas av ett varmare klimat. Sådana arter kan förväntas minska i den södra kanten av sin utbredning och istället förskjuta utbredningen norrut, om t.ex. spridningsförmågan är god och tillgång på livsmiljöer finns.

Generellt ökar förutsättningarna för invandring av sydliga växter och trädslag, t.ex. nya arter av lövträd. Mycket talar dock för att trädarternas förmåga till spridning inte är så stor att de kan hänga med i klimatzonernas snabba förskjutning. Det är andra faktorer som är mer begränsande. Kommersiellt skogsbruk bedrivs i det mesta av skogarna och det kommer även framledes att ha den största betydelsen för hur skogarnas biologiska mångfald utvecklas. Många rödlistade arter knutna till naturskogar finns idag mest i skyddade skogsreservat, de kan få svårt att anpassa sina utbredningar pga. att deras livsmiljöer är så uppsplittrade i landskapet.

Uppdatering 2019

Forskare som kontaktades inför uppdateringen bekräftade att det som presenterades om boreala skogar i den ursprungliga rapporten fortfarande stämmer.

En teoretisk studie som publicerats efter den ursprungliga kunskapssammanställningen visar att klimatförändringarna ökar den potentiella risken att invasiva trädararter ska sprida sig i boreala skogar och i taigan. Inga studier har däremot kunnat hittas som specifikt undersöker kopplingen mellan klimatförändringar och invasiva arter i den boreala skogen i Skandinavien. Däremot har Artdatabanken gjort en bedömning av ett stort antal främmande arter utifrån deras risk för att bli invasiva i Sverige i stort. I bedömningen har den framtida klimatförändringen inkluderats. Flera av arterna som bedöms ha hög risk, mycket hög risk och potentiellt hög risk förekommer idag i Norrbotten, dock ofta i relativt lågt antal. Många av dessa är örter, t.ex. lupiner och tromsöloka, vilka inte gärna sprider sig in i skogen. Bland de arter som bedöms ha en mycket hög risk för att bli invasiva finns dock även contortatalen, vilken finns spridd över stora områden genom att den planteras inom skogsbruket. Värt att nämna är även sitkagranen som inte finns i Norrbotten idag

men som bedöms som ha potentiellt hög invasivrisk och som finns spridd långt norrut längs Norges kust.

Sjöar och rinnande vatten

Samlingsbegreppet, naturtypen, innefattar för enkelhetens skull de båda länens alla sötvatten, både stillastående och strömmande sådana. I avgränsningen ingår också alla de speciella, tidvis vattendränkta småmiljöer som finns längs stränderna. Sjömiljöerna i Norrbottens och Västerbottens län sträcker sig från fisktomma tjärnar och pölar högt i fjällregionen via stora fjäll- och skogssjöar av klarvattentyp ner till näringsrika sjöar av närmast slättsjökaraktär längs kusten. Vattendragen å sin sida spänner över allt mellan några av Sveriges största älvar och ner till små skogsåar och bäckar. Alla de fyra svenska nationalälvarna som är fredade från utbyggnad av vattenkraft ligger i området. En lång rad andra älvar och åar har dock en utbyggd vattenkraft.

Ett stort antal arter är knutna till sötvattensmiljöer, både i vattnet och i strandzonerna. Forskningen pekar också på att ett förändrat klimat kommer att få omfattande effekter på djur och växter i sötvatten. Förutom allmänt förhöjda temperaturer väntas klimatförändringarna medföra tunnare is, kortvarigare is-säsong, ökad avrinning till följd av ökad nederbörd samt förändrade vattenflöden när nederbördsperiodernas fördelning förskjuts, mer nederbörd kommer som regn istället för snö, och en tidigare-lagd snösmältning. För växterna påverkar det arternas tillväxt och överlevnad, artsammansättningen och den totala produktionen av växtbiomassa. Även om man allmänt kan förvänta sig en omsättning av arter till följd av ett varmare klimat, när nya arter etablerar och sprider sig, så förväntas många förändringar ske just på grund av ändringar i vattenflöden, se avsnitt 2.1 Avrinning. Överlag förväntas att sjöar och vattendrag blir artfattigare på längre sikt när det gäller både djur och växter.

Längs vattendragen kan de ändrade vattenflödena leda till förluster av skyddsvärda, artrika naturtyper. Genom förändringarna kommer vegetationszonerna att förskjutas och bli smalare eller bredare beroende på hur högt vårens maximala vattenstånd och sommarens lågvattenstånd i genomsnitt ligger. Simuleringar av hur vegetationen längs den oreglerade Vindelälven kan förändras pekar på att de mest artrika naturtyperna som strandnära skog och videsnår kommer att minska mycket i utbredning. Förändringar i isförhållanden och extrema flöden kan öppna upp för invandring av nya växtarter i strandzonen.

I sjöarna kan klimatet påverka bland annat vattenståndet, vattentemperaturen och skiktningen det



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

vill säga graden av värmeomsättning mellan yt- och djupvatten. Det i sin tur påverkar vattnets syrehalt, surhet (pH-värde) och näringshalter. Allt detta har betydelse för många arter och artsamhällen.

När det gäller vattenväxter så påverkas tillväxtperiodens längd av temperaturen men även av isläggning/islossning. Om isen är utan snötäcke ger det betydligt mer ljusinsläpp än om isen är snötäckt. Utbredningen av vattenlevande växter kommer generellt att öka till följd av en temperaturhöjning med mindre is, och trenden förstärks om den kombineras med ökad näringstillgång. Även för växtplankton så kommer höjda temperaturer och en längre vegetationsperiod att leda till förändringar. En allmän förskjutning kan ske från kiselalger mot grönalger och cyanobakterier (blågröna alger). Rika förekom-

ster av alger och cyanobakterier kan ge både giftiga förhållanden och syrebrist när de bryts ned.

För alla de smådjur som är beroende av växtplankton och i sin tur utgör föda för fiskar får ett ändrat klimat också effekter, direkt eller indirekt. Olika arter och artgrupper reagerar olika på förändrade förhållanden. Olika slags sländlarver, små kräftdjur och mygglarver har skilda reaktioner på höjda vattentemperaturer. De ryggradslösa smådjur (evertetrater) som klarar av höjda temperaturer kommer att växa fortare och få fler generationer per år. När isläggningen blir mindre på vintern kan evertetrater som kommer upp till vattenytan på vintern mötas av ogästvänliga förhållanden (låga temperaturer och lite föda) som kan leda till att de dör. De små arktiska musselkräftor som lever i vattensamlingar i



FOTO: DAN BLOMQVIST, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

fjällmiljö kan minska kraftigt på grund av klimatförändringarna. Dels blir det för varmt och de saknar möjligheter att flytta sig och dels kommer förändringar i vegetation och fuktighet att göra att de små vattensänkorna växer igen.

Fiskarna kommer att påverkas antingen direkt, av till exempel höjda temperaturer, eller indirekt, via till exempel ändrad tillgång på föda, förekomst av rovfiskar eller konkurrerande fiskarter, sjukdomar. Det är väl dokumenterat att temperaturen i vattnet och isläggning/islossning kan påverka dynamiken mellan och inom olika fiskarter eftersom de till exempel leker vid olika tider på året och föredrar olika vattentemperaturer, vilket i sin tur påverkar hela ekosystemet. I sjöar och djupa vattendrag kan fiskarna till en viss mån anpassa sig till förändrade temperaturförhållanden genom att förflytta sig i djupled. Risken är dock att deras tillgång till föda och lekplatser minskar och att de träffar på nya konkurrenter och fiender. För riktigt små och grunda vattendrag kan perioder av hög sommarvärme och torka leda till lokal dödlighet av fisk och smådjur och utslagning av hela årskullar fiskyngel. I kombination med att vandringshinder kan uppstå ökar risken för konsekvenser på fortplantningen av fisk från större upptagningsområden.

Inga svenska fiskarter finns enbart i Norrbotten och Västerbotten men här finns många exempel på populationer av fiskar i sjöar och vattendrag som är lokalt anpassade till sin miljö och är genetiskt särpräglade. Överlag kan man säga att kallvattenfiskar i Norrbottens och Västerbottens län som röding, lake, sik, siklöja, harr och nors kommer att missgynnas av ett klimat som medför högre vattentemperaturer. De arter som klarar uppvärmningen bättre har däremot en fördel. Exempel på varmvattenfiskar i området är t.ex. gädda, abborre, gös och olika karpfiskar som mört och braxen. Det förväntade mönstret i våra sötvatten är därför att varmvattenarterna generellt kommer att öka och sprida sig medan kallvattenarterna kommer att gå tillbaka.

Fjällröding är en viktig art i ekosystemet och en eftertraktad matfisk som trivs bäst i kalla vatten. Rödingen tål inte temperaturer över 16°C och löper därför risk att försvinna ifall somrarna blir för varma. Studier pekar på att dess utbredning i Sverige kommer att minska kraftigt till år 2100 och att arten mest kommer att finnas kvar i större sjöar i fjällen. Rödingens tillbakagång kommer dels att bero på temperaturhöjningen i sig men också på en förväntad spridning av dess främsta fiende (gädda) och största konkurrent (öring). Gäddan och öringen klarar av ett varmare klimat bättre. Även laken som är en rovfisk och beroende av djupa, kalla, syrerika

vattendrag hotas av stigande temperaturer. Populationerna av lake har redan minskat med över 40 % sedan 1980-talet och 2010 togs arten upp på rödlistan i kategorin Nära hotade arter.

Fiskätande sötvattenfåglar i norra Sverige består av utbredda och relativt vanliga arter som skrakar, storlom och fiskgjuse. De har ett ganska brett register av bytesfisk vilket ger dem möjlighet att anpassa sig om förändringar sker bland fiskarna. För de dopingar och änder som konkurrerar med fisken om vatteninsekter eller som kan drabbas av predation från stor rovfisk kan förändringarna bli större.

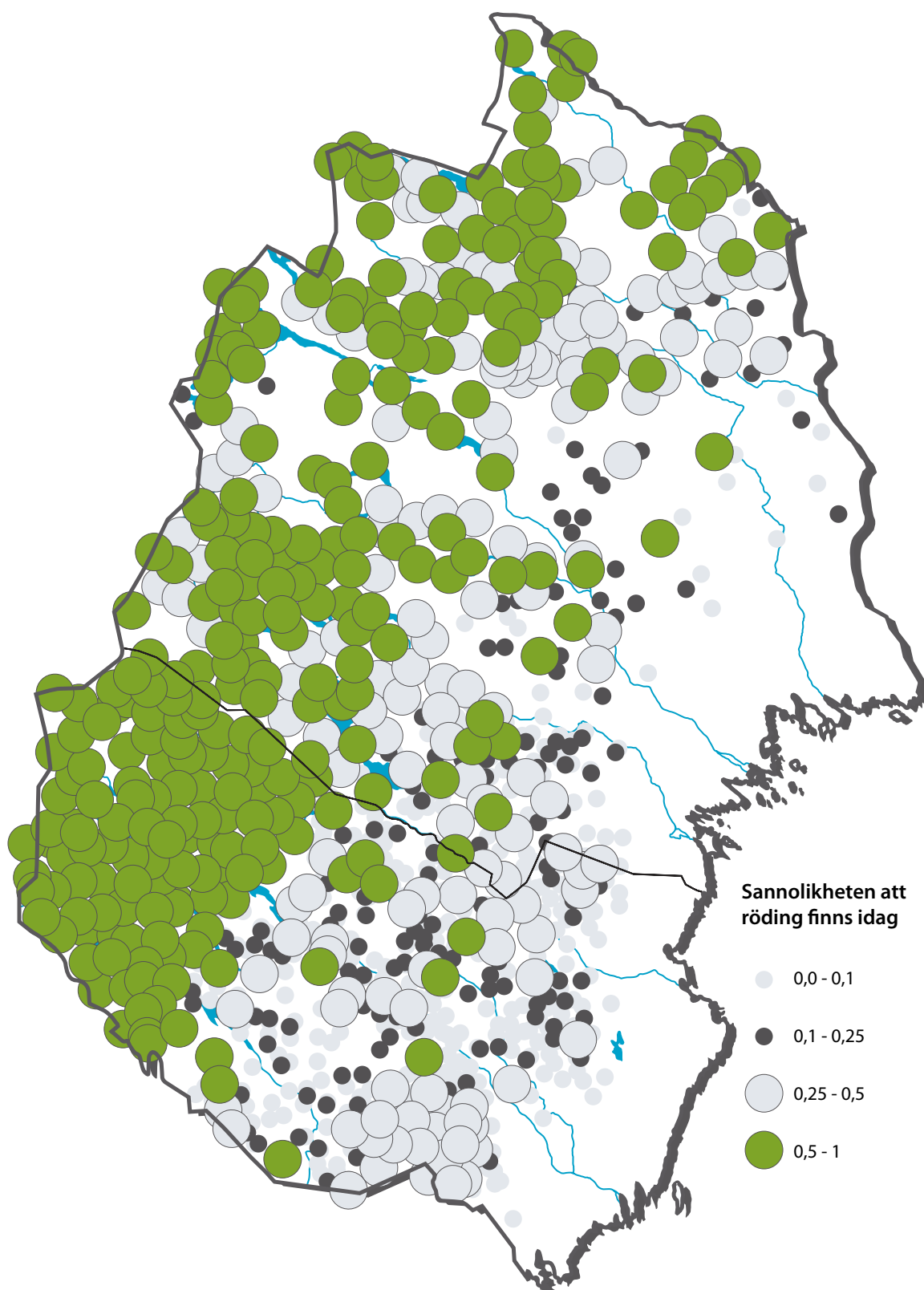
Uppdatering 2019

Forskare som kontaktades inför uppdateringen bekräftade att det som presenterades om sötvattensmiljöer i den ursprungliga rapporten till största delen fortfarande stämmer.

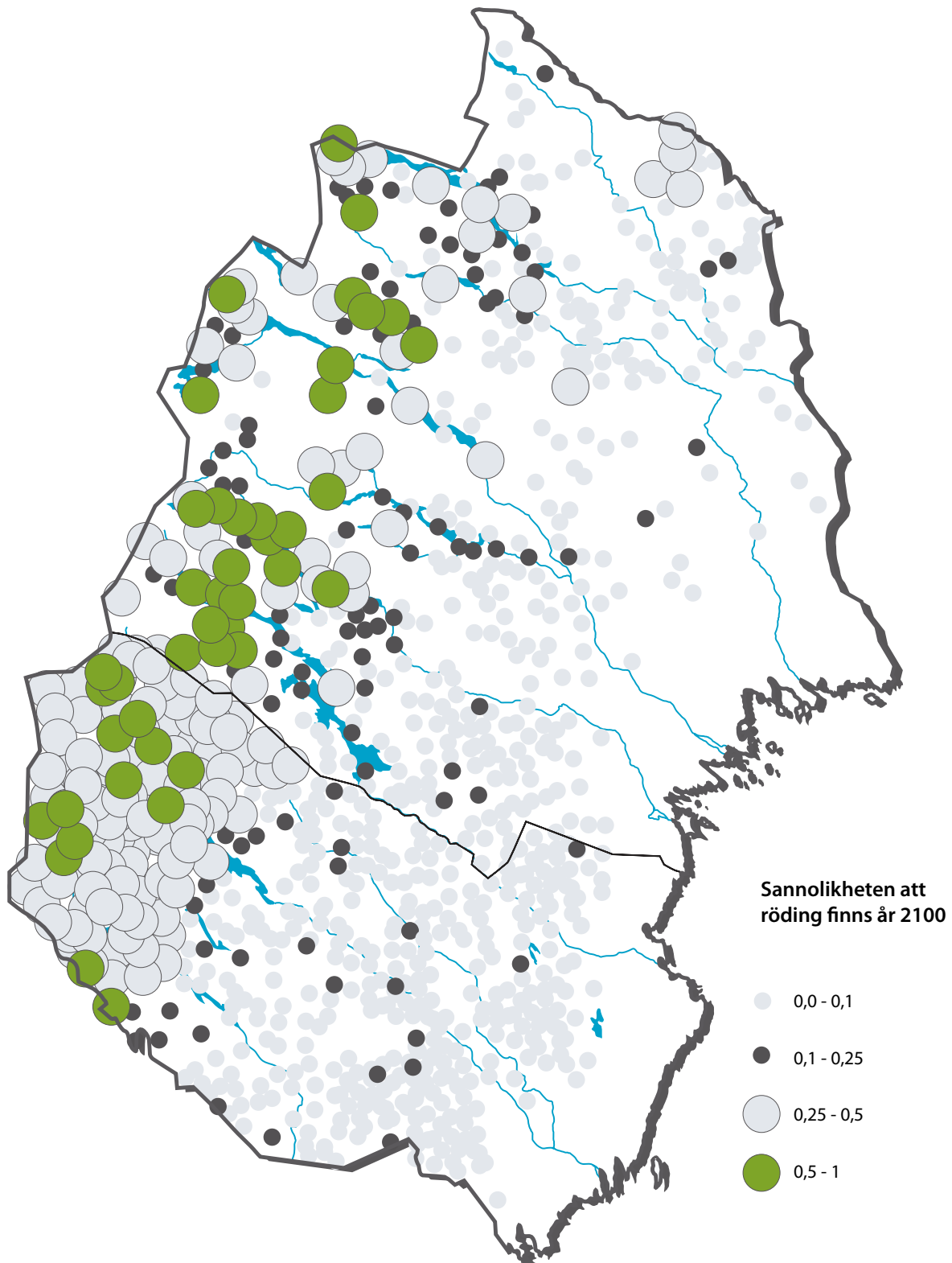
Flera nya studier har dessutom gjorts som kompletterar det som skrevs i den ursprungliga rapporten. En avhandling från Umeå Universitet (2015) behandlar hur isförhållandena i rinnande vatten kan komma att ändras i ett förändrat klimat och vad detta får för effekter på naturmiljöerna i och omkring vattendragen. Avhandlingen visar att isförhållandena i vattendrag under vintern har stor påverkan på vegetationen längs stränderna. Kraftig isbildning innebär en störning som gynnar konkurrenssvaga växter och skapar hög artrikedom längs strandlinjen. Forskarna bakom studierna förutspår att isbildningen i vattendragen kommer att öka med fler nollgenomgångar under vintern, vilket då kan innebära en ökad mångfald av växter i strandlinjen. På sikt, om temperaturen höjs ännu mer så att mindre is bildas, kommer klimatförändringarna dock förmodligen innebära en minskad biologisk mångfald. På grund av den stora mängden vattendrag i Norrbotten kan detta få stora konsekvenser för länets ekosystem.

En av de tillfrågade forskarna påpekade även att extrem torka, med låga vattenflöden i stora vattendrag och uttorkning av mindre vattendrag, i kombination med hög värme kan slå ut många av organismerna som lever i och omkring vattendrag.

En annan studie har visat på motstående resultat än vad som förutspåddes i den ursprungliga kunskapssammanställningen. Den tidigare sammanställningen förutspådde att näringsvärdet i sjöar troligtvis kommer att öka. En ny studie visar tvärtom att halten totalfosfor – den vanligaste parametern för att mäta näringsvärde i vatten – minskar i boreala sjöar i Sverige. Minskningen tros vara relaterad till ett förändrande klimat. Studien menar även att samhällets ökade beroende av skogsbruk och vattenkraft kan förvärra förändringen.



Karta som visar den förväntade förändringen av utbredningen för röding utifrån förväntade klimatförändringar, i Norrbotten och Västerbottens län.



Våtmarker

En våtmark är ett område som är blött under stora delar av året och där majoriteten av växterna som finns i området är hydrofila, det vill säga fuktälskande. I Norrbottens och Västerbottens län utgörs den allra största delen av våtmarkerna av olika typer av myrar. Dessa är vanligtvis uppbyggda av ett mer eller mindre tjockt lager av torv, dvs. döda, men inte förmultnade växter. Det översta lagret på myren består av levande växter. I Norrbotten, och på enstaka platser i Västerbotten, finns även palsmyrar. På dessa myrar finns så kallade palsar, vilket är upphöjda delar av myren som har en kärna av permanent frusen torv eller mineraljord (permafrost). Palsarna kan vara så höga som 6-7 meter. Palsmyren är en unik naturtyp med hög mångfald av växter och ett rikt fågelliv, med många fågelarter som har

viktiga häckningsområden i Sverige på palsmyrar exempelvis brushane, myrspov och rödstrupig piplärka. Palsmyrar är även en prioriterad naturtyp i EU och mycket känsliga för klimatiförändringar.

Den levande ytan på myrarna består ofta av en matta av olika arter av vitmossa, med olika inslag av gräsartade växter (som starr och ull), risväxter (som odon, rosling, tranbär och skvattram) buskar och klena träd. Hur artsammansättningen ser ut på en myr bestäms dels av hur blöt den är, men även på hur mineralrik myren är. Generellt kan man säga att ju torrare en myr är, desto mer träd, buskar och ris växer på den. En mycket blöt myr är ofta helt öppen. De flesta myrar i Norrbotten och Västerbotten är mineralfattiga, men i vissa områden finns rikare myrar, där berggrunden är kalkrik eller rik på andra mineraler. Dessa myrar har mer ovanliga arter, varav



FOTO: ROBERT SANDBERG, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

flera är skyddade, som myrbräcka, käppkrokmossa och olika arter av grynsnäckor.

Eftersom våtmarker och myrar är mycket beroende av hur blött det är på platsen påverkas de av förändringar i mängden och den tidsmässiga fördelningen av nederbörd, liksom av temperatur. En ökad temperatur kommer att öka avdunstningen från myrarna på sommaren, vilket skulle kunna orsaka att myrarna blir torrare. Det är dock oklart om myrarna i Norrbotten och Västerbotten generellt kommer att bli torrare eller blötare eftersom den ökade nederbörd som förväntas i området mer eller mindre kommer att kompensera för den ökade avdunstningen. Troligtvis kommer myrarna att bli torrare på vissa platser och blötare på andra. Oavsett om de blir blötare eller torrare så kommer de förväntade klimatförändringarna med ökande temperatur att leda till

att sammansättningen av arter på myrarna förändras. Studier av myrarnas förhistoriska utveckling visar att många myrar började utvecklas under tidigare värmeperioder. På platser där den ökade nederbörden överstiger den ökade avdunstningen kommer myrarna att bli blötare och troligtvis tillväxa och breda ut sig mer. Även bildandet av nya myrar kan komma att accelerera på dessa platser. Om myrarna blir torrare kommer förändringen att ske ungefär på samma sätt som sker då en myr torkar upp på grund av dikning.

Fördelningen och sammansättningen av vitmossarter kommer att förskjutas mot en dominans av arter som finns på relativt torra och fasta myrar. Mängden kärlväxter (dvs. inte mossor) kommer troligtvis att öka och träd och buskar börjar växa in på myren från sidorna. Då vattennivån i myren sjunker



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

kan syre tränga längre ner i torven, vilket gör att den börjar brytas ner och frigöra växtnäring. Nedbrytningen ökar även generellt med ökad temperatur. Tillsammans med den ökade temperaturen, kommer den ökade näringstillgången att leda till förändrade konkurrenssituationer mellan myrens växter och mossor. På starrdominerade myrar blir det troligtvis en ökad dominans av högväxande starr- och ullarter eftersom de lättare kan konkurrera ut mer lågväxande arter vid högre näringstillgång. Forskare bedömer

även att den ökade förekomsten och tillväxten av buskar och högväxande gräsliknande arter kommer att göra att vitmossorna minskar på grund av skuggning och att de täcks av fallande löv från träden och buskarna.

Effekter av den ökade temperaturen märks redan idag i utbredningen av palsmyrar. Den mest kända palsmyren i Västerbotten ligger i Laivadalen. Här fanns tidigare palsar som var upp till 4,5 m höga. Idag finns inga palsar kvar utan endast de små vat-





FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

tensamlingar som uppstår i anslutning till palsarna. Simuleringar av framtida utveckling för palsmyrarnas utbredning, baserade på olika utsläpps- och klimatscenarier, visar att det är troligt att palsmyrarna kommer att minska, även med de minst extrema klimatscenarierna. Om de mer extrema scenarierna blir verklighet kommer troligtvis inga palsmyrar att finnas kvar i Sverige år 2100. Palsmyrarnas stora biologiska mångfald, framförallt när det gäller fåglar, beror på att en palsmyr erbjuder så stor variation i mikro-miljöer. Dessa mikro-miljöer består av myrens många små vattensamlingar, de upphöjda palsarna samt de flackare öppna områdena däromkring. När palsarna kollapsar och bryts ner och om de små vattensamlingarna minskar i antal minskar variationen i mikro-miljöer liksom även myrarnas lämplighet för många fågelarter.

Ökad temperatur kommer troligtvis att leda till ökad tillväxt, åtminstone för vissa arter och artgrupper. Detta innebär en ökad bindning av koldioxid i växterna. Ökad temperatur kommer även leda till en

snabbare nedbrytning av torven och de döda växtdelarna, vilket kommer att leda till att mer koldioxid och även mer metan avges till luften. Mycket forskning har gjorts för att ta reda på hur dessa effekter kommer att balansera varandra, men processerna är komplicerade och påverkas av många fler faktorer än bara temperatur, vilket gör att forskningsresultaten inte ger något entydigt svar.

Vissa studier visar att ökad temperatur kan leda till att växterna blommar tidigare på säsongen och att de når sin maximala tillväxt tidigare. Andra studier visar att en ökad nedisning på myrarna och ökade perioder under vintern med minusgrader men utan snötäcke, är negativt för flera kärlväxter, framför allt mindre risväxter, och leder till att de dör eller blommar senare och med färre blommor än idag.

Få studier har gjorts kring hur de förväntade klimatförändringarna kan påverka den biologiska mångfalden på just våtmarker och myrar. Resultaten från de studier som gjorts pekar åt lite olika håll. Generellt verkar dock våtmarker i kallt klimat,



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

vilket Norrbotten och Västerbotten har i detta sammanhang, att reagera starkare på klimatförändringar än våtmarker i andra delar av världen. Vissa studier har inte sett någon förändring i biologisk mångfald i experiment där man simulerat en förhöjd temperatur. Om klimatförändringarna leder till att konkurrensstarka arter blir mer dominanta och att det blir mer buskar, ris och högvuxna starrarter på myrarna, är det dock troligt att vissa mer ovanliga och konkurrenssvaga arter blir undanträngda.

Uppdatering 2019

Ingen av de tillfrågade forskarna har specifikt kommenterat det som skrivits om våtmarker i den tidigare kunskapssammanställningen, varken om det stämmer eller inte. I den begränsade litteratursökning som gjorts inom ramen för uppdateringen har inte heller några nya relevanta studier hittats som bekräftar, kompletterar eller motsäger vad som tidigare skrivits.

Kulturmarker

Begreppet kulturmark kan i någon bemärkelse användas på nästan all mark i Norrbottens och Västerbottens län. I denna rapport används det som ett samlingsnamn på öppnare naturtyper i Norrbottens och Västerbottens län som är skapade och starkt präglade av mänskliga aktiviteter. Den största andelen utgörs av jordbruksmark och olika slags betes- och ängsmarker men en liten andel utgörs också av bebyggda områden. Areellt sett har de liten utbredning i denna del av Sverige men miljöerna, särskilt olika typer av ängsmarker, är artrika och har många för området unika arter, både av växter och insekter. Geografiskt är kulturmarker inte begränsade till någon särskild del av Västerbottens eller Norrbottens län men de är starkt koncentrerade till låglandet och de kustnära delarna, och förekommer i inlandet och fjällen främst längs större älvdalar och stora vägar. Från kusten och inåt landet blir naturtypen efterhand allt mindre och mer utspridd.

De klimatiska förändringar som förväntas beror till stor del på var i området naturtypen ligger. Förutom förhöjda temperaturer med längre vegetationsperiod, varmare somrar och mildare vintrar medför de t.ex. ett kortvarigare snötäcke, delvis snöfria vintrar närmast kusten och en ökad nederbörd. Liksom på andra håll kan ändringar i vinterklimatet ge snötäcket förändrade egenskaper och risken för nedisning kan öka. Tjälldjupet kan minska även om tjälen också styrs av snötäckets djup.

Förändringarna för djur- och växtlivet i kulturmarker förväntas generellt sett följa det bekanta mönstret, där det varmare klimatet ger förskjutning-

ar i arternas utbredningar och en del nya arter väntas tillkomma. I högre grad än för någon annan naturtyp kommer dock utgången att modifieras beroende på pågående markanvändning och andra skötselåtgärder.

Däggdjuren i områdets kulturmarker utgörs mestadels av vanliga, utbredda och anpassningsbara arter som är gemensamma med skogsmiljöerna i regionen som rådjur, skogshare och rödrev. En del av dessa, som rådjur och grävling, gynnas säkert av klimatförändringarna. Med ett varmare klimat, kortare vintrar och tunnare snötäcke är det också troligt att fler sydliga arter kan kolonisera Västerbotten och Norrbotten söderifrån eller via Finland. Möjliga sådana är fälthare, vildsvin och dvärgmus. De små frilevande förekomster som redan finns i Västerbottens län av introducerade arter som mufflon och dovhjort får ökade möjligheter att expandera. Den förväntade ökningen av artantalet fladdermöss i Norrbotten och Västerbotten kommer troligen att ske mest i kulturmarker nära kusten.

Fåglarna i Norrbottens och Västerbottens kulturmarker utgörs lite förenklat dels av fåglar knutna till jordbrukslandskapet, dels av fåglar knutna till bebyggelse. En handfull arter förekommer även i mer naturliga gräsmarker, exempelvis i fjällmiljö. Trots att fåglar är lätttröliga är det troligen få av arterna i kulturmarker som kommer att öka och breda ut sig. Istället är det jordbruksmetoder och andra skötselåtgärder som är avgörande. Överlag har många fåglar knutna till jordbrukslandskapet, som storspov, tofsvipa och sånglärka, minskat starkt på senare år, vilket troligen beror på förändringar i jordbruket. Det är inte troligt att ett varmare klimat i sig räcker för att vända den utvecklingen och göra dem till vinnare. Fåglar knutna mer till bebyggelse kan dock gynnas och öka och sprida sig.





Grod- och kräldjur i områdets kulturmarker utgörs i stort av utbredda och anpassningsbara arter som även finns i skogsmiljöerna i regionen, som vanlig groda och skogsödlå. Även om klimatet blir gynnsammare så har andra faktorer, såsom markanvändningen, troligen en minst lika stor betydelse. Kopparödlan är dock en kustbunden art i området som kan tänkas öka och sprida sig norrut och västerut i området med ett varmare klimat.

Insektslivet kommer att påverkas av ett förändrat klimat, antingen direkt eller indirekt, via de växter som många insekter lever av. Ett mindre antal värmekrävande insekter finns i Norrbotten och Västerbotten, t.ex. steklar och skalbaggar, och de kan gynnas av högre temperaturer med varmare och torrare somrar. Många slags insekter har god flygförmåga vilket kan underlätta att följa med när klimatzonerna förskjuts. Överlag är det generalistiska arter med god spridningsförmåga som har lättast att öka och sprida sig. Fjärilar kan sprida sig snabbt norrut om förutsättningarna är bra i övrigt. Men utbredningen

för alla de insekter som bara förekommer i särskilda småmiljöer eller på speciella växter i ängsmarker styrs mer av markanvändning och skötselåtgärder och de kan inte dra nytta av ett varmare klimat på samma sätt. Trots ett varmare klimat har mångfalden av insekter i jordbrukslandskapet minskat över tid. Insekter knutna till gräsmarker i fjällen förutspås minska om sommarnederbörden ökar, om naturvårdande åtgärder inte sätts in.

För kulturmarkernas flora är det med all säkerhet markanvändning och skötselåtgärder som även framöver kommer att vara avgörande för utvecklingen när det gäller artmångfalden. Faktorer som tillgången på passande livsmiljöer och förmågan till spridning kommer att vara minst lika avgörande som klimatet för ändringar i utbredningarna. Även för växter kommer generalister med god spridningsförmåga att ha bäst förutsättningar att bli vinnare. Fler främmande, invasiva arter kommer att etableras och sprida sig i området. Redan idag finns många sådana etablerade och de kan få ökade möjligheter



FOTO: ANNIKA KARLSSON, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

att sprida sig. Ett varmare klimat med högre växtproduktion och ökad näringsomsättning missgynnar också konkurrenssvaga växter. Vissa fjällväxter på gräsmarker förutspås minska med fuktigare somrar om sommarnederbörden ökar, om inte skötselåtgärder tillämpas. Ökade angrepp från insekter och svampsjukdomar kan också förändra artsamhällena.

Uppdatering 2019

Ingen av de tillfrågade forskarna har specifikt kommenterat det som skrivits om kulturmarker i den tidigare kunskapssammanställningen, varken om det stämmer eller inte. I den begränsade litteratursökning som gjorts inom ramen för uppdateringen har inte heller några nya relevanta studier hittats som bekräftar, kompletterar eller motsäger vad som tidigare skrivits.

Hav och kust

Havet utanför Norrbotten och Västerbotten, Bottniska viken, är den nordligaste delen av Östersjön.

Norra Kvarken är ett smalt och grunt område mellan Umeå på den svenska sidan och Vasa på den finska sidan. Norra Kvarken utgör gräns mellan Bottenviken i norr och Bottenhavet i söder.

Vattnet i Östersjön är bräckt, det vill säga har lägre salthalt än vanligt havsvatten, men samtidigt högre salthalt än vanligt sötvatten. Det bräckta vattnet beror på att Östersjön är en relativt grund och avsnörd havsvik som i norr tillförs stora mängder sötvatten från de stora älvarna som mynnar ut här. Sötvattnet blandas sedan succesivt med saltvatten som kommer in söderifrån. Blandningen försvåras av flera tvärgående grundare trösklar i havet, som Ålands hav, Skärgårdshavet och Norra Kvarken. Hur salt vattnet i Östersjöns olika delar är beror på hur mycket salt vatten som kommer in söderifrån i förhållande till hur mycket sött vatten som tillförs från de stora älvarna i norr. Salthalten minskar därför ju längre norrut man kommer och tenderar att minska mest markant vid trösklar så som Norra Kvarken. I Bottenviken är salthalten endast 3-5 promille,



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

jämfört med ca 3,5 procent i Atlanten. Sedan istiden har Östersjön dessutom flera gånger växlat salthalt och stundtals har den varit en insjö med sött vatten och stundtals har vattnet varit betydligt saltare än idag. Havet är således ett mycket ungt hav. Utöver detta påverkas framförallt strandområdena av den landhöjning som pågår. Landhöjningen har under de senaste decennierna legat på knappt en cm per år längs Norrbottens och Västerbottens kuster. Eftersom stranden är relativt flack längs denna kustremsa har effekterna av landhöjningen tydligt kunnat märkas genom avsnörning av grunda havsvikar, uppgrundning i skärgårdsmiljöer och tillkomsten av ny mark längs kusterna.

Dessa speciella förhållanden präglar artsammansättningen och ekosystemen i havet och längs kusten utanför Norrbotten och Västerbotten och i förlängningen hur dessa ekosystem reagerar på klimatförändringarna. I Bottenviken liknar förhållandena praktiskt taget en insjö och här återfinns därför främst insjöarter. I Bottenhavet upp till Norra Kvarken är salthalten något högre vilket gör att

vissa saltvattenarter, t.ex. blåstång, blåmussla, öronmanet och skrubbskädda, har sin nordliga gräns här idag. Generellt sett är Bottniska viken ett artfattigt hav, jämfört med andra hav, och eftersom det är så ungt har få arter hunnit anpassa sig till den speciella miljö det bräckta vattnet utgör. Detta gör havet extra känsligt för förändringar, både klimatmässiga men även förändringar i näringshalt och förekomsten av miljögifter.

De klimatförändringar som förutspås ske i Norrbottens och Västerbottens län kommer att förändra förutsättningarna för livet i Bottniska viken på olika sätt, både i kustnära områden och i öppet hav. Vattentemperaturen kommer troligtvis öka framför allt i ytvattnen, isbeläggningen kommer att minska både i utbredning och längd på issäsongen och inflödet av sötvatten kommer att öka och leda till lägre salthalt. Dessutom bedömer forskarna att nivåerna på de så kallade salthalts- och temperaturskiktningarna kommer att förändras. Skiktningar av vattnet i hav och sjöar är ett fenomen som skapar en relativt skarp gräns (sprängskikt) mellan det yttligare

vattnet och det undre. Dessa vattenlager kan skilja sig mycket i både temperatur och salthalt, där salt vatten är tyngre än sött vatten. Vattenutbytet mellan det ytligare och undre skiktet är ofta dåligt, vilket ökar risken för syrebrist på djupare nivåer. Även den ökade vattentemperaturen kan bidra till ökad risk för syrebrist eftersom varmt vatten är sämre på att ta upp syre från luften än kallt vatten. Det ökade utflödet av vatten från älvar och åar skulle potentiellt kunna transportera mer näringsämnen, miljögifter samt humus och annat organiskt material (små partiklar av exempelvis döda växter). Under förutsättning att markanvändningen och belastningen från miljögifter i Norrbottens och Västerbottens län inte ändras markant under det kommande seklet så kommer troligtvis inte utflödet av näringsämnen och miljögifter att orsaka någon markant påverkan eftersom vattnet är relativt rent från dessa ämnen idag. Förekomsten av miljögifter förväntas dock öka i utsjödelar av framförallt Bottenhavet och Bottenviken. Den ökade utförseln av humusämnen kan dock få en större påverkan.

Liksom i alla naturtyper, samverkar arterna i havet i mer eller mindre komplexa kedjor eller nätverk. Detta gör att även om en förväntad förändring i första hand påverkar en art eller artgrupp är det stor sannolikhet att det får konsekvenser på många andra ställen i systemet. Eftersom Bottniska viken är så artfattig är denna typ av spridning av påverkan extra trolig här. Av samma anledning är det ekologiska systemet förhållandevis enkelt att studera, men trots enkelheten är sambanden komplexa och det är svårt att förutse exakt vad som kommer att hända.

Den förväntade höjningen av ytvattentemperaturen tror forskarna kan leda till ökad växtplanktontillväxt, vilket i sin tur kan försämra ljusförhållanden för stora vattenväxter på grunda havsbotten. Om de stora vattenväxterna minskar kan detta påverka många andra arter negativt, så som små fiskar, fisklarver, snäckor och andra smådjur som har sin viktigaste livsmiljö bland de stora vattenväxterna. Den ökade temperaturen ökar även risken för kraftig algblooming. Viss forskning, tyder dock på att den ökade temperaturen, i kombination med det ökade tillflödet av humus och organiskt material, kan leda till att tillväxten av bakterier ökar medan tillväxten av växtplankton minskar. Dessa bakterier är inte primärt sjukdomsframkallande bakterier, utan bakterier som normalt finns i havsvatten. Detta beror på att humusämnena gör vattnet brunare och mindre genomsläppligt för ljus vilket missgynnar växtplankton som är beroende av solljus medan det gynnar bakterier som istället lever av själva humusämnena. Denna typ av förskjutning mellan växtplankton

och bakterier har forskarna sett vid vårfloderna vid Råne- och Öreälvs mynningar. En sådan förändring kan fortplanta sig ända upp till toppen av näringskedjan och påverka många andra arter. Artantal och förekomst av fiskar och bottenlevande smådjur kan till exempel komma att minska när deras huvudfödokälla, växtplankton, minskar. Detta i sin tur påverkar de fiskarter som lever av de bottenlevande djuren och kan i slutänden påverka sammansättningen av fisksamhället. En ökad bakterietillväxt kan även leda till lokal syrebrist.

Den ökade temperaturen i ytvattnet bidrar även till den tidigare nämnda förstärkningen av språngskiktet. Den försämrade cirkulationen av vattenmassorna i djupled som detta orsakar leder till ytterligare förändringar i fördelningen av näringsämnen och syre mellan den övre och den undre vattenmassan.

Stigande vattentemperatur och sjuknande salthalt kommer få en direkt påverkan på fiskarternas utbredning och förekomst. Sammansättningen av fiskarter i Bottenviken och Bottenhavet kommer bli ännu mer dominerad av värmeteroleranta sötvattensfiskar. Saltvatten- och kallvattenberoende arter kommer däremot att trängas till större djup eller längre söderut. Abborre, mört och gös kommer att gynnas av klimatförändringarna medan torsk, lax, sik, öring, och hornsimpa kommer att påverkas negativt. I Norra Kvarken finns världens enda kända population av havslekande harr. Populationen räknas som kritiskt hotad och de som studerar populationen misstänker att förekomsten av storspigg inverkar negativt på yngelöverlevnaden. Hur de förväntade klimatförändringarna kommer att påverka den hotade harrpopulationen är dock oklart.

Vikaresälen är den art som oftast nämns i samband med den förväntade förändringen i isförhållanden. Den population av vikaresäl som finns i Östersjön är isolerad och räknas som en egen underart. Artens huvudsakliga utbredning finns i kallare hav. Vikaresälen föder sina ungar på havsisen. Minskade packisfält kommer att begränsa sälarnas revir och antalet individer som kan få plats. En ökad konkurrens om revir kommer att leda till att honor tvingas föda sin unge (kut) på is av sämre kvalitet eller på land där dödligheten hos kutarna förväntas vara högre. Av den anledningen tror man att populationen är relativt svag i Östersjöns södra delar där isförhållandena är sämre för arten än i Östersjöns norra delar.

Få studier har gjorts specifikt på hur de havslevande fåglar som lever längs Norrbotten och Västerbottens kust kan komma att påverkas av de förväntade klimatförändringarna. Eftersom klimatförändringarna med stor sannolikhet kommer att leda till ett ändrat artsamhälle av fiskar och andra vattendjur är

det dock troligt att fåglar som huvudsakligen lever av dessa djur kommer att påverkas. Dessutom kan fåglarnas överlevnad gynnas av allmänt mildare vintrar och mindre is till havs. De långsiktiga ökningarna av vanliga fiskätande arter som fiskmåsar och tärnor som har skett i Norra Kvarken kan ha gynnats av en ökad tillgång på bytesfisk. Tobisgrisslan är samtidigt en art som kan påverkas negativt, och som kan förskjuta sin utbredning norrut.

Ejder är en art som har nämnts kunna påverkas om blåmusslorna minskar eftersom de längre söderut har musslorna som stapelföda. Men eftersom blåmusslor redan idag är ovanliga i denna del av Östersjön, är det mindre troligt att de utgör ejderns huvudföda i detta område och att ejdern skulle påverkas på detta sätt här. Troligen begränsas tidigt häckande sjöfåglar med lång häckningsperiod, som knölsvan, i sin utbredning norrut av hur tidigt på våren islossningen sker längs stränder och i vikar. Om så är fallet skulle en sådan art kunna expandera norrut om isen försvinner tidigare.

Landhöjningen längs Norrbottens och Västerbottens kust skapar en unik naturtyp längs stränderna. Eftersom landet hela tiden reser sig ur havet är marken närmast havet helt ny. Ju högre upp på land man kommer, desto äldre blir marken. Detta gör att närmast havet är artsammansättningen annorlunda än högre upp på land. Närmast havet är sammansättningen av arter ”ung” för att sedan bli ”äldre” ju längre upp man kommer. Förenklat utgörs den ”unga” artsammansättningen av lågvuxna örter som är dåliga på att konkurrera, sprider sig snabbt och tål den påfrestning som vågor och is medför. Högre upp där marken är äldre lyckas fler och mer konkurrensstarka arter etablera sig. I Norrbotten och Västerbotten skapar denna så kallade succession ett speciellt mönster. Generellt beskrivet finns lågvuxna örter närmast havet, därefter buskar och mer högvuxna örter. Innanför den finns en tät bård av alar och innanför den en bård av rönnar. Högre upp finns en större inblandning av vårtbjörkar och slutligen mer och mer inväxt av granar. Till slut dominerar gran och vårtbjörk helt. På flackare områden med mjukare botten utvecklas istället ofta typiska strandängar. Successionen av dessa innebär också en långsam igenväxning med först buskar, sedan lövträd och sist granar. I Norrbotten är det vanligare med sandiga bottnar som i och med landhöjningen kan utvecklas till sandstränder, kanske med inslag av dynamråden, och slutligen till talldominerad skog. Där landhöjningen gör att grunda havsvikar avsnörs från det öppna havet bildas s.k. flador, ofta med en bäckliknande förbindelse till havet. Fladorna har ofta en rik produktion av olika plankton och smådjur och

är viktiga lekområden för fiskar. Ofta vandrar fiskar från ganska stora kustavsnitt till en och samma flada för att leka.

En effekt av den globala uppvärmningen är att isarna smälter vid polerna och att havsnivån därmed höjs. I Norrbotten och Västerbotten kommer den förväntade höjningen av havsnivån därmed att motverka landhöjningen. Successionen kommer dock att fortsätta på den mark som redan kommit upp ur havet, vilket gör att till slut kommer det sista successionsstadiet, granskog, ha nått ända ner till strandkanten och den typiska och unika naturmiljön som landhöjningskusten innebär har försvunnit.

Uppdatering 2019

Ingen av de tillfrågade forskarna har specifikt kommenterat det som skrivits om havet i den tidigare kunskapssammanställningen, varken om det stämmer eller inte.

IPCC:s nyligen (2019) publicerade rapport om havsmiljöer visar att temperaturökningen av havsytan och den ökade mängden sötvatten i haven förstärker skiktningen i haven. Detta, tillsammans med förändrade havsströmmar innebär att vattnet får svårare att omblandas, vilket gör att närings- och syrehalten i ytvattnet sjunker. Havet i Bottenviken är dock väldigt annorlunda än världshaven, främst när det gäller salthalten. Forskare inom forskningsprogrammet EcoChange undersöker de ekologiska sambanden i Bottenviken och de har under de senaste åren kommit fram till samma slutsats – att syrehalten, liksom produktionen kommer att minska i Bottenviken. De menar dock att mekanismen bakom detta är en annan än i de salta världshaven. I Bottenviken är vattnet redan så pass sött att den ökade tillförseln av sötvatten förutspås leda till en ökad omblandning, snarare än en minskad. Detta kommer att leda till att växtplankton oftare hamnar långt ner i vattenmassan och därmed kommer de inte kunna producera lika mycket syre som tidigare.

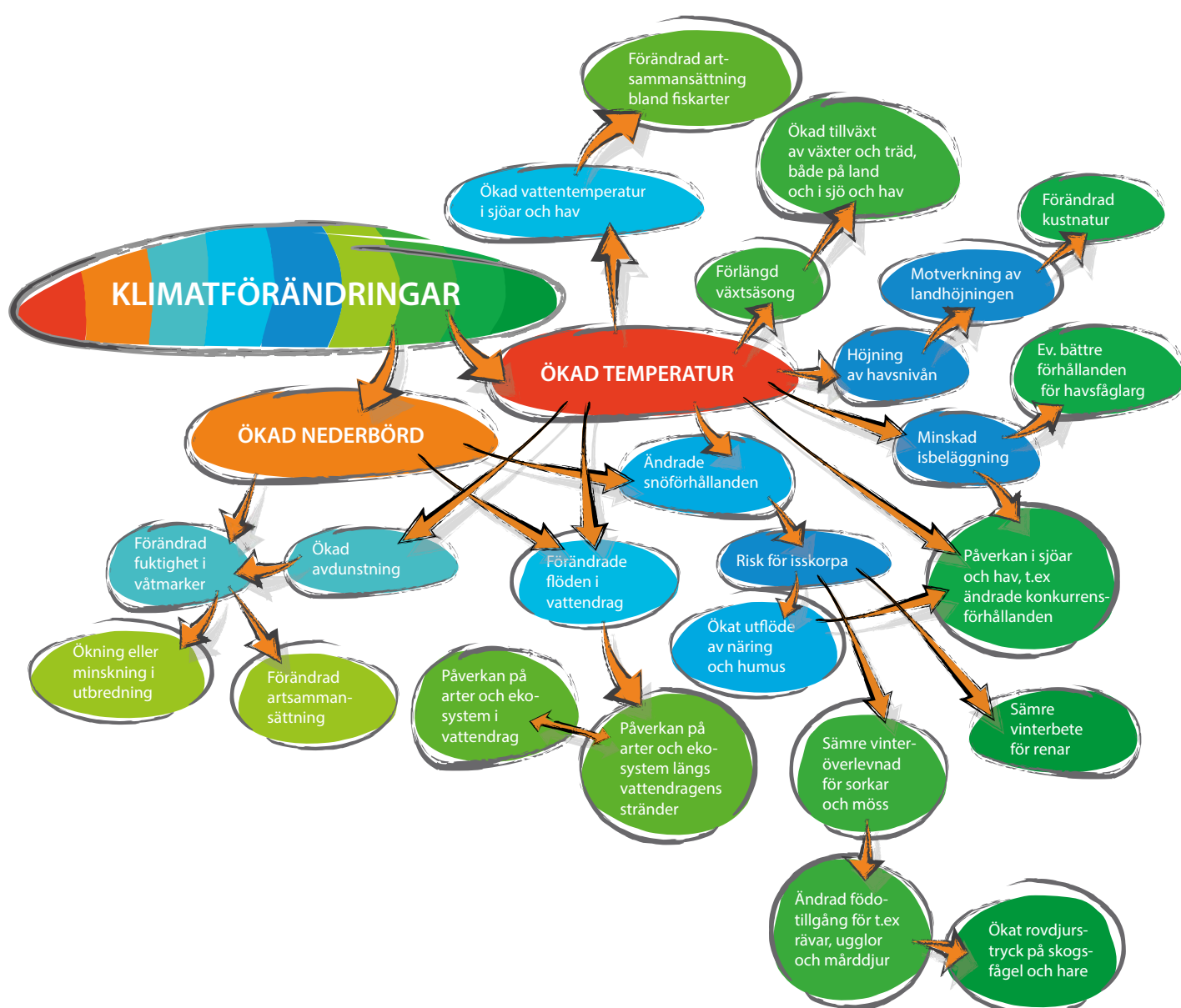
Som redan skrivits i den tidigare sammanställningen kommer den ökade utströmningen även föra med sig mer humusämnen, vilket kommer gynna bakterier och missgynna växtplankton. Detta kommer ytterligare minska syreproduktionen samtidigt som bakterierna konsumerar mycket syre. Visserligen förväntas produktionen av blågröna bakterier öka i ytvattnen som följd av den ökade temperaturen och dessa binder kväve och tillför således näringsämnen till systemet. Trots detta förväntas ”effektiviteten” i näringskedjan att minska när basen i kedjan domineras av bakterier istället för växtplankton. Detta beror på att bakterierna utgör ett extra steg i näringskedjan. Detta förväntas leda till minskad



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

produktion av både bottenlevande djur, djurplankton och i slutänden fisk.

Det extra steget i näringskedjan som bakterierna utgör innebär även att miljögifter så som kvicksilver anrikas i ett extra steg i Bottenviken. Detta förväntas leda till att organismerna högt upp i kedjan, så som fiskar och sälar, får högre koncentrationer av kvicksilver och andra miljögifter.



Schematisk bild som sammanfattar, på en enkel nivå, på vilket sätt de förväntade klimatförändringarna påverkar naturmiljön.

4. Biologisk mångfald och ett ändrat klimat – en sammanfattning

Vilka är de viktigaste slutsatserna?

Kunskapsläget förändras hela tiden tack vare den forskning som pågår. Ny kunskap kan bekräfta och stärka slutsatser som tidigare dragits, liksom ge helt ny förståelse för hur saker och ting hänger ihop och fungerar. Ny kunskap kan även innebära att vi omvärderar tidigare bedömningar. Sådant som tidigare bedömdes som mycket troligt, bedöms istället annorlunda och kanske mindre troligt. Den genomgång som gjordes av forskningen 2014 om klimatförändringar och påverkan på biologisk mångfald visade att de förändringar som väntas i Norrbottens och Västerbottens län med all säkerhet kommer att ha stora effekter på djur och växter. Det stöds både av forskning baserad på olika slags experiment och simuleringar och på jämförelser av hur trender för utbredning och antal av många olika arter sett ut över lång tid. Förändringar kommer att ske i alla de miljöer som raapporten belyser och de berör alla möjliga slags arter och artgrupper, mönstren är dock varierande och bedömningarna görs med olika grad av säkerhet.

Den uppdatering av sammanställningen som gjordes 2019 bekräftar resultaten från 2014-års sammanställning för praktiskt taget alla presenterade artgrupper och naturtyper. Klimatförändringarna är inget som kommer att hända i framtiden utan är något pågår just nu och som redan har pågått under flera decennier. Jämfört med 2014 är dock medvetenheten om klimatförändringarna större i samhället 2019 och många har börjat märka effekterna av förändringarna. Sedan sammanställningen 2014 har även mycket ny forskning gjorts och kunskapen om klimatförändringarna och vilka effekter förändringarna har haft och kan förväntas ge har ökat. Ekosystem och naturmiljöer är dock mycket komplexa och även om mycket ny kunskap har tillkommit sedan den förra sammanställningen så finns fortfarande många osäkerheter om vad som kommer att hända

på ekosystemnivå i framtiden. Hur naturmiljön i norra Sverige kommer att utvecklas i framtiden beror även på vilket av flera möjliga klimatscenario som blir verklighet och hur vi idag och i framtiden kommer använda, bruka och sköta land och vattenområden.

Av de översiktliga naturtyper som behandlas framstår fjällmiljöerna som de mest hotade, särskilt de öppna högfjällsmiljöer som ligger på de högsta höjderna. Här finns många arter av fåglar, kärlväxter och insekter som hotas av det ändrade klimatet. Genom att livsmiljöerna krymper allt mer samtidigt som arterna inte har någon stans att ta vägen ser deras framtid i området mörk ut. I de prognoser som görs pekar mycket på att vi kommer att förlora en del av dessa arter på lång sikt. När det gäller specifika varianter av naturtyperna så är hotbilden mot de s.k. palsmyrarna särskilt stor och denna unika naturmiljö kan komma att försvinna helt fram till år 2100. Det kan inte uteslutas att fler småmiljöer påverkas på samma sätt eftersom vår genomgång inte kunnat göras heltäckande.

Av vattenmiljöerna verkar höjda temperaturer och minskad is till havs att få störst konsekvenser för mångfalden i sjöar och hav, medan ändrade vattenflöden och isförhållanden troligen får störst betydelse i rinnande vatten. Utifrån den genomgångna litteraturen framstår dock inga enskilda grupper av arter eller mikro-miljöer som lika hotade som högfjällsmiljöer och palsmyrar.

En av de enskilt viktigaste slutsatserna av forskningen är att de arter som karaktäriserar våra nordliga ekosystem och naturtyper är de som kommer att drabbas hårdast av ett förändrat klimat. Flera arter som vi ser som typiska och självklara arter i våra fjällmiljöer, nordliga barrskogar och våtmarker kommer att minska och i värsta fall helt försvinna, medan de ersätts av arter söderifrån, ofta anpassningsbara generalister eller rentav invasiva arter. Visserligen kommer Norrbotten och Västerbotten antagligen att få fler arter totalt sett med ett ändrat klimat, eftersom fler arter vandrar in än de som



samtidigt helt försvinner, men den särpräglade natur vi har i Norrbottens och Västerbottens län kommer gradvis att utarmas och mer och mer påminna om naturen i mellersta och södra Sverige.

Naturen i nordligaste Sverige är ganska karg och den nedisning som skett historiskt har format våra ekosystem och de artsamhällen som ingår. Eftersom naturtyperna i Norrbottens och Västerbottens län är ganska artfattiga, har få endemiska arter (dvs. arter som bara förekommer här) eller helt unika livsmiljöer som bara förekommer här, så kommer förändringarna hos oss knappast att få globala konsekvenser för mångfalden. Men i ett nationellt perspektiv innebär det att många rödlistade arter kommer att bli än mer trängda och att vi riskerar att förlora en rad arter. Likaså kommer flera av våra mest särpräglade naturtyper att minska och kanske helt försvinna. I båda fallen rör det bland annat arter och naturtyper som vi har ett europeiskt ansvar att värna fortlevnaden av enligt Art- och habitatdirektivet, t.ex. fjällräv, palsmyrar och de naturtyper och arter som är knutna till landhöjningskust. Även om de inte hunnit utvecklas till egna arter så finns i Norrbotten och Västerbotten många exempel på populationer, exempelvis av fiskar och växter, som har utvecklat unika egenskaper anpassade till sin miljö och som är genetiskt skilda från andra populationer. Dem kan vi i värsta fall förlora.

Vid sidan av de arter som sprider sig och koloniserar Norrbottens och Västerbottens län, och de andra arter (eller genetiskt unika former) som förväntas retirera eller försvinna så kommer troligtvis de flesta förändringarna att ske i form av ändrade dominansförhållanden i artsamhällen och ekosystem. Det vill säga att våra redan befintliga arter sinsemellan blir vanligare/ovanligare eller får tätare/glesare förekomster. För gemene man kommer sådana förändringar att bli mindre uppenbara, men de kan inte desto mindre förändra ekosystemen mycket. Vad det får för betydelse är svårt att överblicka eftersom samspillet mellan de olika arterna är så komplext. Skulle t.ex. arter med väldigt viktiga funktioner minska i antal kan det få konsekvenser för andra arter i ekosystemen på många olika sätt.

Osäkerheter i modellerna

Prognoser baserade på datorsimuleringar och klimatscenarion innehåller förstås osäkerheter. De simulationsmodeller som görs på hur djur och växter kan förändra sina utbredningar i relation till klimatet har hittills haft svårt att hantera hur interaktioner mellan arter styr utfallet. Därför måste resultaten av sådana prognoser tas med en stor nypa salt. Frånvaron eller närvaron av andra arter, till exempel

rovdjur, konkurrenter eller värdväxter kan ha väldigt stor betydelse för om en art kommer att förskjuta sin utbredning. Ett påtagligt exempel är olika djur som växlar värdarter under sin livscykel, t.ex. bladlöss, eller djurarter som lever parasitiskt.

Vissa sidor av ett förändrat klimat har också ägnats betydligt mer forskning än andra. Jämfört med studier på ändrade temperaturer är det betydligt färre studier som behandlar effekter av ändrad fuktighet genom förändrade nederbördsmönster och ökad eller minskad avdunstning. För vissa arter, särskilt grupper av djur och växter som är känsliga för uttorkning som groddjur, landlevande mollusker (snäckor och sniglar) och våtmarksväxter är ändrade fuktförhållanden också viktiga, och ibland mer avgörande. De gällande klimatprognoserna för Västerbotten och Norrbotten pekar inte på att vi generellt går mot ett torrare klimat men det råder ganska stor osäkerhet om hur vattenbalansen i landskapet blir när man räknar in avdunstningen. För utvecklingen på till exempel våtmarker har det stor betydelse.

Naturligtvis finns det sedan en rad andra faktorer som förhöjda koldioxidhalter, kvävetillförsel, miljögifter och ändrade havsströmmar, som kan samverka med temperatur och nederbörd och har betydelse för de förändringar som sker och det gör bilden än mer svårbedömd. Man tycks i nuläget vara ganska eniga om att landhöjningen i Norrbottens och Västerbottens län kommer att motverka effekterna av en ökad havsnivå, hur mycket är dock oklart. För de särpräglade naturtyper som landhöjningen ger upphov till längs kusten av Norra Kvarken och Bottenviken kommer även en minskad eller rentav avstannad strandsuccession att få konsekvenser, även om havsnivån inte kommer att stiga.

Fortsatta forskningsbehov

Denna publikation sammanfattar framför allt de forskningsresultat som var aktuella i slutet av 2014, men ger även en översikt över forskningsläget så som det ser ut i slutet av 2019. Forskningen kring hur de förväntade klimatförändringarna kommer att påverka naturmiljön fortsätter dock och nya resultat och nya rön kommer att tas fram och publiceras. För att kunna ge en rättvisande bild av forskningsläget behöver uppdateringar göras med jämna mellanrum.

Forskningen pekar ut många områden där små och stora kunskapsluckor finns och där mer forskning behövs. En generell svårighet i att göra förutsägelser, och som går igen i väldigt många studier, är att interaktioner mellan arter i ekosystemen har så stor betydelse för vilket utfallet blir när en klimatvariabel, till exempel temperatur, förändras. Vi behöver en ökad förståelse för sambanden i de olika eko-



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

systemen och ett forskningsområde som pekas ut är om det finns generella mönster i vilka typer av arter, eller vilka typer av artfunktioner (till exempel rovdjur), som är mest känsliga för förändringar. Det skulle ge oss en större möjlighet att förutsäga hur arter och naturtyper kommer att påverkas av klimatförändringarna.

Ett annat område som det finns få forskningsstudier om är hur olika mikroorganismer påverkas av ett ändrat klimat. De utgör en stor och ofta förbisedd del av den biologiska mångfalden trots att många av dem utgör bärande delar i våra ekosystem och till exempel bidrar till nedbrytning och näringsomsättning, utgör föda för högre liv i näringsvävorna och kan reglera populationer av djur och växter genom att orsaka angrepp och sjukdomar. Vi vet särskilt lite om hur landmiljöernas mikroorganismer, till exempel olika svampar, påverkas av ett ändrat klimat.

Kunskapen är också väldigt begränsad ännu om hur djur och växter evolutionärt sett kan anpassa sig till de ändrade klimatförhållandena. På andra håll finns många exempel på att arter anpassat sina egenskaper för att möta ändrade omvärldsförhållanden. Organismer med flera generationer per år har särskilt stor möjlighet att hinna utveckla egenskaper

som hjälper dem att klara nya förhållanden eller att sprida sig till nya, bättre lämpade livsmiljöer. Exempelvis kan vissa insekter öka sin benägenhet till spridning i områden som ligger på gränsen av deras utbredning. Sådana anpassningar skulle minska risken för utdöenden.

Klimatförändringarna och markanvändningen

Den samlade forskningen visar också med all tydlighet hur angeläget det är med en ökad insikt att pågående och framtida markanvändning kommer att samverka med ett ändrat klimat och påverka djur och växter. Dagens ekosystem är i varierande grad präglade av mänskliga aktiviteter sedan århundraden. Öppna jordbrukslandskap och bebyggelse är ett påtagligt exempel men även den största delen av våra skogar är idag helt omdanade av det intensiva skogsbruk som bedrivs. Den utbyggnad som skett av vattenkraften har också i grunden förändrat ekologin för de utbyggda vattendragen. Andra verksamheter som rennäring, fiske och jakt utövar andra slags påverkan. Alla dessa och andra aktiviteter har tillsammans haft en avgörande betydelse för hur situationen för den biologiska mångfalden i Norrbottens och Västerbottens län ser ut idag, inte minst det



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN



FOTO: CAMILLA CARLSSON, LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

faktum att så många arter minskar, habitat splittras upp och försvinner och hela ekosystem hotas.

Ett ändrat klimat kommer förstås att lägga en ökad börda på redan utsatta arter och ekosystem. Dessutom kan man räkna med att dagens markanvändning kommer att genomgå anpassningar till det ändrade klimatet vilket medför nya utmaningar för djur och växter. Inom skogsbruket kan tätare gallringar och kortare omloppstider bli resultatet, kanske kombinerat med ökad skogsgödning, större uttag av biobränslen och nya trädslag. För jordbruket kan det handla om nya typer av grödor eller tätare skördar av vall. I utbyggda vattendrag kommer förändringar i vattenregimer att ske. Rennäringens landskapsutnyttjande kommer säkert att förändras. Sådana förändringar i markanvändning kommer att bli en indirekt följd av ett ändrat klimat, och många gånger utöva en än större påverkan på den biologiska mångfalden. I ljuset av det behövs mer forskning om hur anpassad markanvändning, naturvårdsskötelse och strategier för naturskydd kan motverka hotet från klimatförändringarna.

Slutord

Varmt tack till alla ni som bidragit till denna publikation, både ni experter som vi varit i kontakt med och som varit vänliga och bidragit med både munt-

lig och skriftlig information och andra som hjälpt till på andra sätt, t.ex. genom att granska texten. Särskilt vill vi tacka Anouschka Hof och Christer Nilsson som varit mycket hjälpsamma liksom Peerage of Science och de tre anonyma granskarna.

Sammanställningen (2014) gjordes av Enetjärn Natur AB på uppdrag av länsstyrelserna i Norrbotten och Västerbotten.

Medverkande i utredningen:

Niklas Lindberg (Dr i ekologi)
Projektledare, rapport

Åsa Granberg (Dr i ekologi)
Biträdande projektledare, rapport

Sonja Preuss (Dr i ekologi)
Litteratursök och rapport

Mikael Marberg (fil. kand)
Litteratursök

Nic Kruys (Dr i ekologi)
Kvalitetsgranskning



5. Länsstyrelsen och naturmiljön

Länsstyrelsen i Norrbotten har i uppdrag att arbeta för en utveckling där miljö, tillväxt och goda levnadsvillkor går hand i hand. I ett hållbart samhälle är biologisk mångfald och väl fungerande ekosystem en förutsättning eftersom de förser samhället med både ekosystemtjänster och livskvalitet. Ett flertal av Länsstyrelsens enheter arbetar därför med frågor som rör naturmiljö, arter, ekosystem och biologisk mångfald.

Huvudsakligen är det Miljöanalysenheten, Naturvårdsenheten, Naturresurs- och rennäringenheten, Fältenheten, Vatten- och fiskeenheten som arbetar med dessa frågor. Några exempel på viktiga arbetsuppgifter med en direkt koppling till naturen och ekosystemen är skydd, bevarande och förvaltning av naturmiljön, hantering av frågor som rör jakt, fiske och friluftsliv, naturresurs och rennäring, samt övervakning av tillståndet i miljön.

Vi arbetar med att höja vår kunskap och medvetenhet om vad klimatförändringarna innebär idag och vad de kommer att innebära, både vad gäller naturmiljön och det egna arbetet. Klimatet förändras relativt snabbt och effekterna av detta borde vara en naturlig faktor att ha med i beräkningarna när vi planerar verksamheten och fattar beslut, såväl små som stora.

I arbetet inom dessa enheter måste vi förhålla oss till de förändringarna i naturmiljön som klimatförändringarna har medfört och förväntas medföra.

Detta kan innebära anpassningar i arbetssätt, att vidta åtgärder, att skapa en beredskap för att kunna hantera olika typer av situationer eller ibland bara att vara medvetna om de förväntade förändringarna och att dokumentera dem.

Länsstyrelsens naturmiljöarbete är nära kopplat till olika typer av lagstiftning, till exempel terrängkörningslagen, jaktlagstiftningen och miljöbalken. Även andra lagrum som skogsvårdslagen, har betydelse för delar av länsstyrelsens verksamheter inom naturmiljö-området, eftersom sättet som marken brukas, genom bland annat jord- och skogsbruk, har stor betydelse för arterna och den biologiska mångfalden i länet.

I det följande ges beskrivningar av de berörda enheternas verksamheter och hur de berörs av de idag förutsedda förändringarna av klimatet och naturmiljön. Därefter presenteras hur vi nu arbetar i förhållande till klimat- och naturmiljöförändringarna och slutligen presenteras ytterligare anpassningar eller åtgärder som kan bli aktuella för att möta de förväntade förändringarna i naturmiljön. Flera av dessa anpassningar och åtgärder tänker vi oss ska ske i samarbete med andra länsstyrelser, Naturvårdsverket eller andra relevanta aktörer.



Miljöanalysenheten

Miljöanalysenheten ska vara en samlande kraft för att förbättra miljötillståndet i länet, genom analys och dialog samt genom att initiera, samordna och inom vissa områden driva åtgärder. Syftet är att bidra till en hållbar utveckling i Norrbottens län, så att miljömål och miljö kvalitetsnormer uppnås.

Miljöanalysenheten ansvarar för att övervaka och beskriva miljötillståndet i länet samt följa miljötillståndets utveckling. Detta gör vi dels genom egna fältundersökningar och dels genom att samla in, sammanställa och bearbeta data och material som andra aktörer bistår med. Detta utgör ett viktigt underlag för samhällsplanering, näringslivsutveckling, juridisk prövning, miljö- och naturskydd samt miljöförbättrande åtgärder inom områden med miljöproblem. Kommunikation om identifierade behov, möjligheter och risker är en viktig del i uppdraget, liksom att få till stånd åtgärder. Omvärldsbevakning är en nyckelkomponent i arbetet, då miljön påverkas av rådande förutsättningar och vår verksamhet ständigt måste anpassas därefter.

Uppdraget innebär även att bistå med kunskap om länets natur och miljö så att vi förstår orsaks-samband och funktion samt nyttan och värdet av en miljö med fungerande ekosystem och bibehållen biologisk mångfald. I Miljöanalysenhetens uppdrag ingår även att samordna arbetet med miljömålen, vilket innefattar att ta fram åtgärdsprogram tillsammans med aktörer i länet och att varje år följa upp om målen nås.

Verksamhetens koppling till förväntade förändringarna

De förväntade förändringarna i klimatet och naturmiljön är något som redan idag i högsta grad berör enhetens verksamhet. De förväntade förändringarna har betydelse för vad vi fokuserar våra undersökningar på och vilka parametrar vi samlar in information om. De har även betydelse för hur vi genomför undersökningarna, t.ex. vilken tidpunkt på året och med vilka metoder, liksom hur vi analyserar den insamlade informationen. Vi ser ett större behov av att återställa våtmarker och vattendrag för att behålla mer vatten i landskapet och minimera översvämningsrisker. Återställningsåtgärder leder även till bevarande av biologisk mångfald, vilket innebär en större motståndskraft (resiliens) mot klimatförändringar.

I dagens verksamhet

En stor andel av de mätserier och den information som enheten regelbundet har samlat under många år är relevant för att följa förändringar av klimatet och naturmiljön. Vi har även under de senaste åren anpassat vårt arbete för att på ett bättre sätt fånga upp och kunna analysera förändringarna. Inom ramen för det regionala och nationella miljöövervakningsprogrammen arbetar vi med följande undersökningar som har koppling till klimatförändringarna:

Våtmarker

Genom ett regionalt delprogram övervakar vi utvecklingen av palsmyrar. Övervakningen sker bl.a. genom fjärranalysmetoder, laserskanning och fältstudier. Övervakningen ingår även i det nationella delprogrammet Klimatrelaterad övervakning – Våtmarker som även det riktar in sig på framförallt palsmyrar.

Skog

Eftersom alla klimatförändringar påverkar skogs-ekosystemets funktioner och även förutsättningarna för skogsbruk så är det viktigt att följa förändringar i skogslandskapet.

Förändringar i skogslandskapet följs främst genom Riksskogstaxeringen som bedrivs av Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Riksskogstaxeringens främsta syfte är att kontinuerligt beskriva tillstånd och förändringar i Sveriges skogar. Uppgifterna används exempelvis för uppföljning och utvärdering av aktuell skogs-, miljö- och energipolitik. Riksskogstaxeringen är en del av Sveriges officiella statistik.

Riksskogstaxeringen ger oss en möjlighet att följa trender i skogslandskapet över lång tid. Vissa delar av inventeringen har pågått ända sedan 1920-talet, vilket är en otrolig tillgång när vi ska följa långsiktiga förändringar. Inom miljöövervakningen utvärderar länsstyrelserna i Sverige tillsammans med SLU resultaten från riksskogstaxeringen för att få en bättre bild av de förändringar som sker på regional nivå i skogslandskapet.

Fjäll

Information om vegetationsförändringar får vi främst från det nationella övervakningsprogrammet NILS som drivs genom SLU (Sveriges lantbruksuniversitet). Vi planerar även för en regional förtätning

av NILS i fjällmiljö, vilket vi gör tillsammans med andra intressenter. Förtätningen i fjällmiljö görs för att få en bättre lokal information om hur vegetationen förändras, bl.a. eftersom just fjällmiljön förväntas bli en av de naturtyper som påverkas starkast av ett varmare klimat.

Förändringar i fjällekosystemen fångas även upp genom flera andra delprogram, t.ex. den årliga rovdjursinventeringen i fjällen, i övervakningen av nyckel- och ansvarsarter i fjällen samt i övervakningen av fjällbjörkmätarutbrott i fjällbjörkskogen.

Länsstyrelsen har i samarbete med Abisko naturvetenskapliga station tagit fram internetsidan Abiskoögat. Hemsidan tillgängliggör på ett publikt sätt klimatdata från stationens upp till 100-åriga mätserier samt olika typer av forskningsresultat som är relevanta för området kring Abisko och Torneträskområdet. Sidan nås via polarforskningssekretariatets hemsida www.polar.se.

Sötvatten

Inom ramen för ett nationellt övervakningsprogram genomför vi vattenkemiska och biologiska undersökningar i både sjöar och vattendrag över hela länet för att övervaka förändringar av sötvattenmiljön. Dessa mätningar bidrar till långa mätserier där det är möjligt att fånga upp naturmiljö-förändringar som orsakas av ett ändrat klimat.

Vi har även speciella delprogram för övervakning av stora sjöar och å- och älvsmynningar. Genom att övervaka vattendragens mynningar kommer vi att ha möjlighet att se förändringar som orsakas av t.ex. ett ändrat flödesmönster i vattendragen.

Artgrupper

Smågnagare (t.ex. sorkar, lämlar och möss) förutspås påverkas av ett ändrat klimat och detta påverkar i sin tur de arter som har smågnagare som basföda, t.ex. olika rovdjur, rovfåglar och ugglor. Vi genomför, tillsammans med SLU, årliga inventeringar för att följa smågnagarnas populationer.

Även sammansättningen och flyttbeteendet hos länets fåglar väntas förändras när klimatet ändras. Inom ramen för delprogram landskapsövervakning stödjer vi och hämtar information om häckande fåglar från inventeringsprogrammet Svensk fågel-taxering som organiseras genom Lunds universitet. Svensk fågeltaxering är ett nationellt inventeringsprogram som bygger på att ett nät av flera hundra fasta rutor över hela landet inventeras varje år, både vinter och sommar. För att samla information om fåglarnas flyttbeteende, flyttmönster och förändringar i fågelpopulationerna inventerar Länsstyrelsen även själva häckande fåglar vid kusten och stödjer

Norrbottens ornitologiska förening som ringmärker fåglar på några fasta lokaler i Haparanda skärgård.

Kan bli aktuellt på sikt

På sikt kan det bli aktuellt att ytterligare anpassa vårt arbete för att bättre kunna fånga upp de förändringar i naturmiljön som det ändrade klimatet förväntas orsaka. Exempel på aktiviteter som kan bli aktuella på sikt är:

- Anpassa mät- och provtider så att mätserierna håller även om årstiderna förskjuts.
- Anpassa provtagningstillfällena för att på ett bättre sätt fånga upp ändrade temperatur och ljusförhållanden i sjöar.
- Utöka övervakningen av sötvattensmiljöer med några fler vattendrag och sjöar i fjällen eftersom det är troligt att denna region kommer att påverkas extra tydligt av klimatförändringarna.
- Utvärdera och analysera insamlad data på nya sätt för att bättre kunna särskilja vad som beror på klimatförändringar och vad som beror på andra faktorer.
- Anpassa miljöövervakningsprogrammen så att de inkluderar arter som förutspås påverkas extra mycket av det ändrade klimatet, t.ex. kallvattensarter.
- Förbättra recipientkontrollen i områden som påverkas av olika typer av markanvändning, även de som ger en mer diffus påverkan, för att kunna följa om klimatförändringarna ger en större påverkan från markanvändningen än tidigare.
- Utredda och öka den interna kunskapen om hur olika scenarier av grundvattennivåer kommer att påverka effekten av sulfatjordar.
- Utredda betydelsen av befintliga parametrar, vad de indikerar, om det finns anledning att ändra mätmetod, analys av data eller att helt enkelt sluta samla in data för vissa parametrar.
- Utredda om nya parametrar blir viktiga för att övervaka miljön och i så fall på vilket sätt man kan/ska mäta dessa.
- Genomföra riktad övervakning av invasiva arter.
- Följa förändringar i fenologi inom ramen för det regionala miljöövervakningsprogrammet
- Följa landhöjningen inom ramen för det regionala miljöövervakningsprogrammet

- Följa eventuella förändringar inom brukandet av marken till följd av klimatförändringarna (t.ex. förändrade grödor eller odlingsmönster inom jordbruket eller ändrade metoder inom skogsbruket). Detta är viktigt eftersom markanvändningen har stor betydelse för tillståndet i naturen miljö.
- Utvärdera och följa upp om de förutsedda förändringarna i klimat och naturmiljö stämmer.
- Behovet av övervakning av grundvatten ökar med tanke på att dricksvattenresurserna och deras kvalitet äventyras av klimatförändringarna.



FOTO: CARL JOHAN UTSI



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

Naturmiljöenheten, naturskyddsenheten och fältenheten

Naturmiljöenheten och naturskyddsenheten har tillsammans det övergripande ansvaret för naturskyddsfrågor i Norrbottens län och har i uppdrag att genomföra den nationella naturvårdspolitiken på regional nivå så som den bland annat uttrycks i de nationella miljömålen och i miljöbalken. Genom enheternas arbete skapas även förutsättningar för ett rikt friluftsliv i länet i enlighet med de nationella målen för friluftsliv vilket i sin tur också skapar förutsättningar för att besöksnäringen ska kunna utvecklas. Enheterna ska inom lagstiftningens ramar bidra till en hållbar utveckling i länet genom att i sin myndighetsutövning så långt det är möjligt minimera negativ påverkan på naturmiljön så att den biologiska mångfalden bevaras och förutsättningarna för fungerande ekosystemtjänster upprätthålls.

Naturmiljöenheten gör detta genom att:

- ha fokus på och värna områden med höga naturvärden och naturskyddade områden.
- utföra tillsyn och prövning inom delar av miljöbalkens, jaktlagstiftningens och terrängkörningslagens områden.
- samordna och besluta om medel till den lokala naturvårdssatsningen (LONA) i länet.
- förvalta rovdjursstammarna, bland annat genom att jobba med förvaltningsverktyget för rovdjur, förvaltningsplaner för de stora rovdjuren samt besluta om licens och skydds jakt på dessa arter.
- arbeta med frågor kring artskydd och invasiva främmande arter (IAS).
- genomföra uppdrag och projekt inom naturvårdsområdet.
- Naturskyddsenheten gör detta genom att:
- ha fokus på och värna områden med höga naturvärden och naturskyddade områden.
- arbeta med formellt skydd av naturområden. Fokus i detta arbete ligger för närvarande på skogliga miljöer och marina områden.
- genomföra åtgärdsprogram för hotade arter med fokus på i länet prioriterade arter såsom fjällräv, fjällgås, vitryggig hackspett, flodpärlmussla och flodkräfta.
- genomföra uppdrag och projekt inom naturvårdsområdet.

- följa upp statusen hos arter och naturtyper i länets skyddade områden och Natura 2000-områden.

Fältenheten, naturmiljöenheten och naturskyddsenheten står varandra nära. Fältenheten arbetar praktiskt för att länet ska ha ett rikt friluftsliv och att naturen ska vara tillgänglig för alla. Vi förvaltar stora delar av statens mark i fjällen, och vi ansvarar för de statliga lederna med broar, vindskydd samt markering av sommar och vinterleder. Lederna är viktiga för fjällsäkerheten och för att besökarna inte ska skada känsliga områden. Fältenheten inventerar även länets stora rovdjur och andra hotade eller skyddade arter och utför tillsyn inom ramen för miljöbalken, jaktlagstiftningen och terrängkörningslagen.

Verksamheternas koppling till de förväntade förändringarna

Vårt arbete handlar om att värna och vårda naturmiljön och arterna inom Norrbottens län. När förutsättningarna för arterna och naturmiljön förändras kan t.ex. skyddsbehovet för olika naturtyper förändras. Detta kan gälla både vilka naturtyper som bör prioriteras och var, men även på vilket sätt vi utformar vilka föreskrifter och regler som ska gälla i skyddade områden och hur vi hanterar och bedömer prövnings och tillståndsärenden som berör skyddade områden eller arter. Förändringar i miljön kan resultera i att olika åtgärder kan bli aktuella för tidigare vanliga arter eller att nya åtgärder behöver vidtas för redan hotade arter. Vårt arbete handlar även mycket om att tillgängliggöra naturen, om praktisk skötsel och förvaltning. Mycket av detta arbete sker i väglöst land, ofta vintertid, vilket gör att vi berörs i vårt arbete när t.ex. snö och isförhållandena förändras eller när det blir blötare i markerna.

I dagens verksamhet

Fältenheten har redan börjat märka av det förändrade klimatet i form av att det blivit vanligare med skare i fjälltrakterna under vintern liksom att snösongen blivit kortare i skogstrakterna, vilket i båda fall försvårar rovdjursinventeringen. Förändringarna i klimatet har alltså redan börjat inverka på ett konkret sätt inom fältenhetens praktiska arbete. Beträffande invasiva främmande arter medför klimatförändringarna att nya främmande arter kan ta sig in i länet och att de som redan finns här kan breda ut sig. Detta innebär att vi måste ha än större fokus på

omvärldsbevakning och kunskapsinsamling och att effektiva bekämpningsåtgärder måste identifieras och genomföras. Inom vissa delar av naturskyddsenhetens verksamhet är de förväntade förändringarna redan idag en viktig faktor att ta hänsyn till, t.ex. i arbetet med hotade arter. För Norrbottens mest hotade arter, fjällräv och fjällgås kan situationen förvärras ytterligare genom ett mildare klimat om ett förändrat snötäcke påverkar födotillgången negativt, exempelvis genom uteblivna toppår inom lämmelcykeln. En stor farhåga är att ett mildare klimat gynnar rödräven och dess utbredning vilket blir till stor nackdel för de bäge arterna. I prioriterade områden bedriver därför länsstyrelsen riktad jakt på rödräv och utfodrar även fjällrävarna i specialkonstruerade foderautomater. Påverkan av de förväntade klimatförändringarna berörs även i de flesta andra åtgärdsprogram för hotade arter (ÅGP), men frågan tas framförallt upp som en faktor som kan komma att påverka arterna, utan att i dagsläget specificera faktiska åtgärder anpassade till de förväntade klimat och naturmiljöförändringarna.

Kan bli aktuellt på sikt

På sikt kan det både bli aktuellt med anpassningar och olika åtgärder inom både skötsel och förvaltning och i det praktiska arbetet, liksom inom arbetet med hotade arter, områdesskydd och prövning och tillsyn av skyddad natur. Exempel på saker som kan bli aktuellt är:

Skötsel, förvaltning och tillgänglighet

- Ha beredskap och anpassa verksamheten utifrån att snösäsongen blir kortare, vilket gör att det blir kortare säsong för att utföra arbeten som kräver skoterföre.
- Budgetera för högre transportkostnader av t.ex. byggmaterial eftersom många transporter som tidigare gjordes med snöskoter i framtiden kommer behöva göras med helikopter.
- Se över och eventuellt anpassa inventeringsmetoder och tidpunkter för inventering av stora rovdjur utifrån att snösäsongen blir kortare/mer osäker.
- Se över skoterlederna i länet med utgångspunkt från att issäsongen kommer att förkortas och isförhållandena bli mer osäkra när klimatet förändras.
- Anpassa konstruktionen och placeringen av broar längs leder med utgångspunkt från att en ändrad flödesdynamik kan leda till fler slasklavinor och ändrad erosion längs vattendrag.
- Ökad beredskap för brandbekämpning i skyddade

områden om perioderna med långvarig torka blir vanligare.

- Ha medvetenhet och vid behov beredskap för att en förlängd vegetationsperiod kan leda till snabbare uppväxt av t.ex. buskar och sly, vilket kan leda till ett ökat behov av röjning och kortare underhållsperioder.

Områdesskydd

- Anpassa föreskrifterna i skyddade områden mot ett ökat tryck från främmande invasiva arter och arbeta förebyggande för att förhindra att sådana etablerar sig i skyddade områden.
- Öka fokus på limniska miljöer inom skyddsarbetet för att möta ett tänkbart högre tryck på vattenkraftsutbyggnad till följd av högre flöden i vattendrag.
- Arbeta mer aktivt för bredare skyddszoner kring vattendrag eftersom ökad nederbörd och ökade flöden kan innebära ökat sedimentläckage orsakat av skogsbruket. Bredare skyddszoner fungerar även som spridningskorridorer och bidrar till den gröna infrastrukturen vilket är viktigt för att arter ska kunna förflytta sig geografiskt som svar på ändrade klimatzoner.
- Följa upp hur artsammansättningen och utbredningen av naturtyper utvecklas för att kunna planera och vidta åtgärder i framtiden.
- Öka fokus på att bevara stora sammanhängande våtmarksområden eftersom de har en utjämnande effekt vid en ökad nederbörd och förändrade flöden.

Prövning och tillsyn av skyddade arter och natur

- Överväga fler regleringsområden för skotertrafik om kortare period med snötäckt mark leder till ökad skotertrafik under en kortare period.
- Se över villkoren och föreläggandena för terrängkörning eftersom kortare period med snötäckt mark kan leda till ökat behov av att olika verksamheter utförs på barmark.
- Ha kännedom om nya arter inkluderas i Artskyddsförordningen och om rödlistningen för olika arter förändras.
- Se över och vid behov ändra villkor och förelägganden i beslut om dispenser och samråd för fågelskyddsområden utifrån förändringar i fåglarnas flytt och häckningsperioder.



FOTO: LÄNSSTYRELSEN NORRBOTTEN

- Anpassa villkor och förelägganden så att de tar större hänsyn till arter och naturtyper som på sikt kan komma att minska på grund av klimatförändringarna.
- Ha beredskap för en ökad ärendemängd med anledning av ökat behov av markavvattning och dikesrensning när nederbörden ökar.
- Ställa högre krav på skyddsåtgärder i beslut i vattenärenden, t.ex. vid utformning av diken, eftersom risken för erosion och sedimenttransport kan väntas öka.

Hotade arter

- Se över och utvärdera om några nya arter behöver stöd och åtgärder.
- Se över och vid behov anpassa åtgärderna för de hotade arter som det redan pågår ett aktivt arbete för.



Vatten- och fiskeenheten

Länsstyrelserna arbetar för livskraftiga fiskbestånd, en långsiktig och hållbar fiskerinäring samt ett rikt och varierat sport- och fritidsfiske. Det finns en mängd bestämmelser kring både fritids- och yrkesfiske. Bestämmelserna rör bland annat var du får fiska, när du får fiska och hur du får fiska. Om du fiskar i sötvatten finns informationen på det fiskekort du köper för att få fiska. Vill du veta vilka fiskeregler som gäller i havet eller i de stora sjöarna kan du vända dig till oss eller till Havs- och vattenmyndigheten.

För att återskapa eller bevara livskraftiga fiskbestånd stödjer länsstyrelserna ett stort antal fiskevårdsprojekt. Vi fördelar statliga fiskevårdsbidrag, fiskeavgiftsbidrag samt stödpengar från EU som ska användas till fiskevårdande åtgärder.

Vi prövar ansökningar om tillstånd för att få plantera ut fisk och kräfter. Vi arbetar för att förhindra spridning av fisksjukdomar och ser till att icke önskvärda arter och stammar av fisk inte kommer in i regionens vatten.

Länsstyrelserna samordnar och genomför även provfisken för att följa fiskbeståndens utveckling. Dessutom använder vi de möjligheter som finns i lagstiftningen för att skydda fiskens livsmiljö. I regionen finns mycket goda förutsättningar för många olika typer av fritidsfiske, allt från fiske i kringliggande hav och längs kuster till sjöar och vattendrag. Arter som öring, lax, röding, harr, abborre, gös och gädda är viktiga arter för detta fiske. Länsstyrelsen har ansvar för den regionala utvecklingen av fritidsfisket och arbetar för goda fiskemöjligheter genom att bilda fiskevårdsområden som säljer fiskekort för sjöar och vattendrag. Genom fiskevård förbättras fiskbestånden vilket ökar möjligheterna till goda fångster. Länsstyrelsen arbetar även aktivt med fisketillsyn och utser fisketillsynsmän som informerar om fiskeföreskrifterna och fiskereglerna samt ser till att de följs.

Verksamhetens koppling till förväntade förändringarna

Fisksamhällena i både sjöar och vattendrag och i Bottenviken förutspås påverkas tydligt av de förväntade klimatförändringarna. Populära, och för Norrbottens län karakteristiska, arter så som röding, öring, siklöja och lax förväntas påverkas negativt med en ökad temperatur, medan andra arter så som gädda, gös och mört kommer att gynnas. Vatten- och

fiskeenheten arbetar med förvaltningen av länets fiskbestånd så att vi kan bibehålla en långsiktig och hållbar fiskerinäring och ett rikt och varierat sport- och fritidsfiske. För att kunna göra detta kommer det bli allt viktigare för oss att hålla bra koll på hur fiskebestånden i länet utvecklas och även att sätta in och vidta åtgärder för att upprätthålla livskraftiga fiskbestånd i länet.

I dagens verksamhet

Vi genomför regelbundet provfiske för att följa fiskebeståndens utveckling i länet. Genom dessa regelbundna mätningar kan vi även följa upp och upptäcka förändringar i bestånden som orsakas av det ändrade klimatet.

Vi genomför, deltar i eller stödjer även restaureringsprojekt av vattendrag, t.ex. med syfte att restaurera lekbottnar och fria vandringsvägar för fiskar och andra djur. Dessa projekt görs inte med huvudsyfte att anpassa vattendragen till de förväntade klimat- och naturmiljöförändringarna, men de bör göra vattendragens fauna mer motståndskraftig mot t.ex. tillfälligt låga flöden eftersom djuren får en bättre möjlighet att hitta alternativa lekplatser och att förflytta sig längs vattendraget.

Kan bli aktuellt på sikt

- Anpassa fiskeförvaltningen för att stödja kallvatensarter som missgynnas av ett varmare klimat.
- Stödja fiskevårdsåtgärder som på ett tydligt sätt motverkar de negativa effekterna av klimatförändringarna på fiskebestånden.
- Utredda våtmarkernas betydelse i att hushålla vatten och möjligheten att restaurera dikade våtmarker i syfte att minska flödestoppar och bottnar. Detta skulle kunna motverka översvämningar vid ökad nederbörd och uttorkning under perioder med extremt låga flöden.



Vattenmyndigheten

Vattenförvaltningsarbetet har sin utgångspunkt i EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG), vilket binder samtliga EU:s medlemsländer till att arbeta på ett gemensamt sätt med vattenfrågor. Arbetet sker cykliskt i perioder av sex år. Medlemsländerna har även beslutat att klimatförändringar och klimatanpassning ska inkluderas i vattenförvaltningsarbetet. Vattenmyndighetens roll är att samordna vattenförvaltningsarbetet i det egna distriktet,¹ men samverkan och samarbete sker även mellan samtliga fem vattendistrikt.² Vattenförvaltningen syftar till att skydda och bevara vattenresurserna och de vattenberoende ekosystemen för framtiden, samt arbeta för en långsiktigt hållbar vattenanvändning för alla. Det övergripande målet är att alla vatten ska uppnå miljö kvalitetsnormen god vattenstatus,³ ursprungligen till år 2015 och senast till år 2027.

Vattenmyndigheten Bottenviken är en del av Vatten och fiskeenheten vid länsstyrelsen Norrbotten. Vattenmyndighetens vision är att vi i Sverige tillsammans arbetar för att värna vattnets värden och når målen i EU:s ramdirektiv för vatten. Vattenmyndigheternas del i detta är att inspirera till och bana väg för rätt vattenkvalitet där olika samhällsintressen ska vägas mot behovet av en god vattenkvalitet. En viktig del av arbetet är därför bred samverkan mellan berörda aktörer. Vattenmyndigheten vill kunna se tydliga tecken på förbättrad vattenkvalitet i yt och grundvatten så att möjligheten till tillväxt och utveckling för samhället inte begränsas, att fiskar och andra vattenlevande organismer inte påverkas negativt och att vi har ett säkert och långsiktigt skydd för vårt dricksvatten. Vattenmyndigheterna beslutar om miljö kvalitetsnormer för vatten samt fastställer ett åtgärdsprogram för att uppnå målen i slutet av varje förvaltningscykel. Åtgärdsprogrammet är riktat till kommuner och myndigheter.

Verksamhetens koppling till förväntade förändringarna i dagens verksamhet och på sikt

De förväntade klimatförändringarna är nära kopplade till frågor som vattenförvaltningen hanterar

och de kan utgöra en väsentlig faktor för att uppnå miljö kvalitetsnormerna. Klimatförändringar, eller anpassningar som görs för att minska effekten av förändringarna, kan innebära sådan påverkan på vatten och vattenlevande organismer att vattenstatusen sänks och att miljö kvalitetsnormerna inte uppnås. Vi ser redan idag effekter av förändrad nederbörd både när det gäller torka och översvämning. Vattenbrist har blivit ett alltmer utbrett problem över landet de senaste åren och kommer att tas med i Vattenmyndighetens arbete med åtgärdsprogram för 2021-2027. Målsättningen är att integrera klimat aspekterna än mer inför nästa förvaltningscykel (dvs. 2021-2027).

Det behövs bättre kunskap om klimatförändringarna och tänkbara effekter i vattenknutna ekosystem i vattenförekomster. Klimatperspektivet behöver framförallt inkluderas i: 1) kartläggning och analys, 2) övervakning (för att upptäcka effekter av klimatförändringar), och 3) val av åtgärder (kostnadseffektiva och robusta även i ett förändrat klimat). Statusbedömningar, påverkansanalys, övervakning och effekterna av föreslagna åtgärder kan således komma att behöva revideras utifrån framtida klimatförändringar. En viktig del för att förstå och reagera på klimatförändringarna är att klimatanpassa övervakningen, t.ex. genom att studera indikatorer som är känsliga för klimatförändringar. På sikt finns det också behov av att ta fram påverkansanalyser som tar hänsyn till klimatvariabler samt att komplettera bedömningsgrunder för vatten, för att filtrera ut effekter av förändrat klimat i förhållande till annan antropogen påverkan.

¹ Vattenmyndigheten i Bottenvikens vattendistrikt omfattar Norr och Västerbottens län.

² Sverige är indelat i fem vattendistrikt, Bottenviken, Bottenhavet, norra Östersjön, Södra Östersjön och Västerhavet.

³ God vattenstatus innebär för ytvatten god ekologisk och kemisk status och för grundvatten god kemisk och kvantitativ status.



Naturrekurs- och rennäringsenheten

Naturrekurs- och rennäringsenheten uppdrag är att verka för att rennäringsenheten bedrivs så att den ger den renskötande befolkningen en tryggad försörjning på ett ekologiskt, ekonomiskt och kulturellt långsiktigt bärkraftigt sätt i länet. Uppdraget delas med Sametinget. Enheten förvaltar också nyttjanderätterna på Statens mark ovan odlingsgränsen och på Naturvårdsverkets fastigheter. De nyttjanderätter som förvaltas är mark-, jakt- och fiskeupplåtelser. Vi ansvarar även för att älgjakten bedrivs på ett ansvarsfullt sätt till nytta för markägare och jägare. Jakten skall anpassas så att skadorna på skog och naturvärden hålls på en rimlig nivå samtidigt som jägarna får goda möjligheter att utöva älgjakt.

Detta gör vi genom att:

- Föredra ärenden i och informera rennäringsdelegationen som fattar beslut i bland annat rennäringsärenden
- Verka för att tillgodose rennäringsens behov i samhällsplaneringen genom att bevaka att rennäringsens riksintressen beaktas vid exploateringar.
- Arbeta för att mildra effekterna av vattenkraft-etableringen genom att bedöma ansökningar om byggedemedel i yttrande till Sametinget och tillstyrka då dessa uppfyller ändamålet.
- Underhålla de rennäringsanläggningar som staten äger, främst samebyskiljande stängsel.
- Utöva tillsyn över samebyarnas renantal med stöd av rennäringslagen.
- Arbeta för att överbrygga motsättningar mellan rennäringsenheten och andra intressen i samhället, främst mellan rennäringsenheten och andra areella näringar, men också konflikter mellan rennäringsenheten och privatpersoner. Motsättningarna består oftast i att allmänheten inte känner till eller inte vill acceptera de rättigheter att nyttja mark som följer av renskötselrätten.
- Informera allmänheten och samebyarna om rennäringslagens bestämmelser mm.
- Upplåta mark för bostäder mm på statens mark ovan odlingsgränsen om detta kan ske av hänsyn till rennäringsenheten, miljömål och samhällsplanering. Upplåtelse ska ske restriktivt.

- Upplåta jakt på statens mark ovan odlingsgränsen. Älgjakt upplåts främst till ortsbefolkning. Småviltjakt ska upplåtas till allmänheten på en ur ekosystemperspektiv hållbar nivå. Upplåtelseverksamheten ska vara effektiv och till nytta för småviltjägarerna. Jakten ska ske med hög etik och med minimal störning för rennäringsenheten.
- Upplåta nyttjanderätter, främst jakt, på Naturvårdsverkets fastigheter i länet.
- Upprätta avtal enligt jordabalken.
- Informera och föredra ärenden i viltförvaltningsdelegationen som fattar beslut i bland annat älgjaktärenden.
- Förse älgförvaltningsgrupperna med underlag så att dessa kan lämna förslag om lämpliga älgutdelningar. I underlagen ingår jaktstatistik från tidigare år, resultat från älgbetesinventering och resultat från studier av älgarnas vandringsmönster.
- Dela in i olika typer av älgjaktsområden som licensområden, älgskötselområden och viltvårdsområden.
- Handlägga olika typer av skyddsjaktärenden.
- Informera jägare och allmänheten om jaktregler mm.

Det förändrade klimatet kommer att påverka fjällmiljön och vegetationen i fjällen. Kalfjället förväntas minska och låga buskar, risväxter och olika gräs förutspås öka sin utbredning.

Detta kommer troligtvis få konsekvenser för rennäringsenheten då renskötseln är beroende av väder och vind och klimatförändringarna påverkar renskötselstrategin. Snöns hårdhet, djup och mängd, som påverkas av väderförhållanden, är viktiga faktorer för renens tillgång till föda vintertid. Klimatförändringarna medför att det blir fler ”blidor” på vintern, d.v.s. perioder med temperaturer över 0°C, något som även kan medföra att det regnar på snön, vilket gör att vinterbetet täcks av ett lager av is och blir svåråtkomligt för renarna. När vinterbetet blir oåtkomligt till följd av väderomslag påverkas planeringen av renskötselns markanvändning och alternativa betesmarker blir än viktigare att kunna tillgå. Renskötarnas och renarnas möjligheter till flexibilitet och anpassning försvåras av kumulativa effekter på renbetesmarker i form av andra areella näringar,



exploatörer och infrastruktur som skapar barriärer mellan betesområden och minskar betesområdenas arealer. Detta har i sin tur medfört att renskötarna i större utsträckning stödutfodrar sina renar. Isarna på sjöar och vattendrag blir också sämre, vilket medför ökade risker vid t.ex. flyttning av renhjordarna.

Utöver klimatförändringarnas påverkan på den visuella miljön och tillgång till bete och föda ökar risken för sjukdomsspridning med ett förändrat klimat, s.k. klimatkänsliga infektioner. Det vill säga parasiter och andra sjukdomar som inte tidigare överlevt i klimatet får en möjlighet att etablera och sprida sig. Dessa kan komma att ha stor påverkan

på renskötselns markanvändning men även socio-ekonomiskt.

Med en förändrad fjällmiljö ändras förutsättningarna för andra arter som tidigare inte kunnat överleva i området. Detta påverkar konkurrensen mellan arter, vilket kan innebära att nuvarande arter kan minska eller försvinna helt. Ripor, liksom renar, är anpassade till ett kargt klimat och klimatförändringarna med varmare temperaturer kan därför påverka ripans överlevnad. Detta ger en försämrad förutsättning för ripjakt. Andra arter av jaktbart vilt, så som t.ex. älg, kan komma att gynnas av klimatuppvärmningen.



FOTO: CARL JOHAN UTSI

I dagens och framtidens verksamhet

I dagsläget påverkas enhetens verksamhet av klimat- och naturförändringarna främst genom att vi behöver vara medvetna och ha en beredskap för att hantera de förväntade förändringarna.

På grund av ekosystemens och renskötselns komplexitet arbetar enheten hela tiden för att få en helhetsbild över situationen där både ekologiska och samhällsstrukturrella faktorer vägs in. Ny forskning är därför av stor vikt för enheten. Flera konsekvenser av klimatförändringens förväntade påverkan på ekosystemen och renskötseln har inte blivit utredda än och arbetet med att följa forskningen fortsätter.

Inom enheten arbetar vi för att minska vårt bidrag till klimatförändringarna genom att t.ex. minska på användandet av helikopter vid tillsyn av renskötsel-anläggningar. Vidare fortsätter vi med arbetet att anpassa oss till de rekommendationer som kommer fram från forskningen samt arbete med information- och kunskapsspridning. Det kan handla om att anpassa småviltsförvaltningen genom t.ex. begränsad småviltsjakt, samt medverka i konferenser för kunskapsutbyte.

6. Bilagor

6.1. Metodbeskrivning

Kunskapssammanställning 2014

De pågående och förväntade klimatförändringarna är något som berör naturmiljöer i hela världen och mycket av den ekologiska forskning som har gjorts det senaste decenniet har någon koppling till hur olika arter och naturtyper påverkas av olika grader av klimatförändringar. Använder man till exempel sökverktyget Google Scholar och söker i databaserna efter vetenskapliga artiklar publicerade mellan 2004 och 2014 med sökorden "Climate change" + "ecosystem" får man ca 400 000 träffar. För att göra arbetet hanterligt har vi därför varit tvungna att begränsa oss, både i tid och vad gäller sökord och typ av artiklar.

Geografisk ram

Eftersom endast lite forskning har gjorts kring hur klimatförändringarna påverkar naturmiljön specifikt i Norrbottens och Västerbottens län, har sammanställningen istället riktat in sig på forskning som rör arter, artgrupper och naturtyper som finns i detta område, eller forskning som rör snarlika och närbesläktade arter och där resultaten har hög relevans även för Norrbottens och Västerbottens län.

Tidsmässig ram

Många studier som gjorts det senaste decenniet inom forskningsområdet ekologi har någon koppling till hur olika arter och naturtyper påverkas av olika grader av klimatförändringar. Sedan början av 2000-talet har antalet publicerade studier i ämnet ökat närmast lavinartat. Den här sammanställningen fokuserar på de senaste årens forskning, publicerade från 2009 och framåt. Det garanterar aktuell forskning och en rimlig mängd källmaterial för sammanställningen. Vetenskapliga publikationer diskuterar och förhåller sig alltid till den forskning som gjorts tidigare. Därför finns även rön från äldre viktiga studier representerat i den nyare litteraturen. Som en kontroll av detta har vi ändå genomfört litteratursök för vissa snävare ämnesfält längre bak i tiden. I de fall annan relevant litteratur varit känd sedan tidigare av utredarna eller hittats under arbetets gång, har denna också tagits med även om den fallit utanför sökningens begränsning.

Ämnesmässig ram

Sökningen av litteratur genom Google Scholar har avgränsats till artiklar som rör arter, artgrupper och naturtyper som har en stark koppling till Norrbottens och Västerbottens län. För denna studie har vi avgränsat oss till sådan forskning som haft huvudfokus på effekter av ett ändrat klimat på just biologisk mångfald. Därmed har vi inte gått djupare in på forskning om klimatets effekter på till exempel kolbalans, nedbrytning och skogsproduktion. Av utrymmesskäl har vi begränsat oss till effekter av de klimatkrafter som berörs i avsnitt 2.1, vilket gör att vi inte har gått djupare in på effekter av ökad koldioxidhalt, ozon, kvävedeposition, övergödning och näringsläckage. Vi har dock inte begränsat oss till forskning som har använt sig av något specifikt klimatscenario. Om de använda klimatscenerierna i litteraturen skiljt sig mycket åt från de klimatförändringar som förutses för Norrbotten och Västerbotten av SMHI, se avsnitt 2.1, har vi i sammanfattningen uppmärksammat detta och i texten försökt sätta forskningsresultaten i relation till de förutsedda klimatförändringarna i Norrbotten och Västerbotten.

Vid sökningar med Google Scholar har de huvudsakliga engelska sökorden varit "climate change" och "global warming" i kombination med andra söktermer som "biodiversity", "arctic", "alpine", "boreal", "forest", "wetland", "lakes", "riparian", "marine", "migration" och "invasive", eller samlingsnamn på organismgrupper som "lichens", "plants", "bats", "reptiles", "butterflies", "dragonflies", "soil fauna", "pests" och "parasites". Vi har däremot aktivt uteslutit referenser med termen "carbon" eftersom enbart detta ämnesfält inom klimatforskningen är enormt och många av artiklarna inte behandlar biodiversitet i sig. För vår huvudsakliga analys har vi även uteslutit artiklar med orden "land use" och "management" samt "forestry" och "agriculture" men ett urval artiklar med dessa teman har ändå letats fram och gått igenom under arbetet med Avsnitt 4.

Kvalitet på ingående källor

För att säkerställa den vetenskapliga kvaliteten i sammanställningen har vissa krav ställts på den litteratur som tagits med i sammanställningen. I första hand har vi fokuserat på s.k. review-artiklar (forskningsöversikter). Förutom vetenskapliga artiklar, det vill säga artiklar som granskats av andra forskare

innan publicering genom det så kallade peer-review systemet (s.k. kollegial granskning) har även vissa rapporter och andra skrifter som inte granskats på detta sätt tagits med, i de fall de bidragit med relevant information och varit skrivna eller faktagranskade av etablerade forskare och experter på ämnesområdena. Det kan till exempel röra ”grå litteratur” i form av rapporter från olika myndigheter och centra som vi hittat genom sökningar på webben (Google), kontakter med experter eller hänvisningar i referenslistor. Kontakter har också tagits med en rad forskare för att vara säkra på att vi inte missat väsentliga kunskapskällor på deras respektive forskningsfält. På det sättet har vi samlat ihop ytterligare att antal referenser.

Kvalitetsgranskning

För att säkerställa att publikationen håller hög vetenskaplig kvalitet har texten granskats genom kollegial granskning. Detta har gjorts genom den vetenskapliga tjänsten Peerage of Science (<http://www.peerageofscience.org>). Granskningen gjordes av tre ämnesmässigt relevanta forskare och var anonym åt båda håll, d.v.s. granskarna visste inte vilka som skrivit texten och vi som skrivit texten vet inte vilka som granskat, vilket ger en mycket objektiv bedömning av texten. Alla tre granskarna bedömde att texten höll hög kvalitet. De specifika kommentarer och synpunkter som granskarna hade på texten har åtgärdats eller på andra sätt beaktats i den slutgiltiga versionen av publikationen.

Versioner

Den första versionen av sammanställningen gjordes av Ecogain AB (dåvarande Enetjärn Natur AB) på uppdrag av länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län. Arbetet utfördes september–december 2014.

Medverkande i utredningen 2014:

Niklas Lindberg (Dr i ekologi)

Projektledare, rapport

Åsa Granberg (Dr i ekologi)

Biträdande projektledare, rapport

Sonja Preuss (Dr i ekologi)

Litteratursök och rapport

Mikael Marberg (Fil. kand i biologi)

Litteratursök

Nic Kruys (Dr i ekologi)

Kvalitetsgranskning

En uppdatering av sammanställningen gjordes 2019 av Ecogain AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Norrbottens län.

Medverkande i uppdateringen 2019:

Åsa Granberg (Dr i ekologi)

Projektledare, informationssök och rapport

Claes Vernerback (Fil. mag i biologi)

Informationssök och rapport

Lisa Kejving (Språkkonsult)

Kvalitets- och språkgranskning

Uppdatering 2019

Omfattningen av kunskapsinsamlingen inför uppdateringen 2019 har varit betydligt mindre än vid den ursprungliga kunskapssammanställningen. För att ändå kunna göra en så heltäckande uppdatering som möjligt kontaktades olika forskare i Sverige och Norden som forskar inom de naturmiljöer och arter som den tidigare sammanställningen fokuserade på. Vi bad dem läsa igenom den ursprungliga kunskapssammanställning och sedan tala om för oss om det som stod i sammanställningen fortfarande stämmer eller inte, utifrån den nyare forskning som gjorts. Vi bad dem även tala om ifall ny viktig kunskap tillkommit inom ämnet och om de i sådant fall hade tips om var vi kunde läsa mer.

Totalt kontaktade vi 43 forskare och vissa av dessa hänvisade oss sedan vidare till andra kollegor. Totalt fick vi informativa svar från 9 forskare, vilket täckte in flertalet av de artgrupper och naturtyper som den ursprungliga sammanställningen fokuserat på. Flera av forskarna skickade eller tipsade oss även om relevanta vetenskapliga publikationer.

Utöver den information vi fick direkt via de tillfrågade forskarna, sökte vi även riktat efter både vetenskaplig litteratur och annan typ av information för att kunna göra en så heltäckande uppdatering som möjligt. Främst sökte vi information om de artgrupper och naturtyper som vi inte fått information om från de tillfrågade forskarna. Vi sökte även specifikt efter information om klimatets påverkan på svampar och mikroorganismer i jord, eftersom denna gruppering inte täckts av den ursprungliga kunskapssammanställningen. I första hand sökte vi information direkt från forskningsgrupper eller forskningsprojekt som vi vet arbetar specifikt i norra Sverige. I andra hand sökte vi information bredare, via Google Scholar och andra sökmotorer. Vi sökte även i första hand publikationer där forskargrupperna sammanfattar sin och andras forskning, antingen populärvetenskapligt eller i kollegialt granskade review-artiklar. Sökningen gjordes dock inte lika omfattande eller organiserat som i den ursprungliga sammanställningen.

Huvuddelen av den information som vi fick från de tillfrågade forskarna eller som vi själva sökte fram

pekade på att majoriteten av det som skrivits i den ursprungliga kunskapssammanställningen fortfarande anses stämma, och i många fall bekräftar den nya forskningen det som står i den ursprungliga rapporten. I de fall vi hittat ny information eller information som motsäger det som tidigare angetts har detta beskrivits i ett separat tillägg till varje enskilt avsnitt i den uppdaterade rapporten.

6.2. Referenser

- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- IPCC, 2019: Summary for Policymakers. I: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (H.- O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)). I tryckning.
- Länsstyrelsen Norrbotten 2011. Klimatförändringar i Norrbottens län – och risken för naturolyckor. Rapport.
- Länsstyrelsen Norrbotten 2012. Klimatförändringar i Norrbottens län – Konsekvenser och anpassning. Rapport.
- Länsstyrelsen Norrbotten 2016. Klimatförändringar i Norrbottens län - konsekvenser och anpassning. Rapport
- Berglöv G. m.fl. 2015. Framtidsklimat i Norrbottens län – enligt RCP-scenarier. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Klimatologi Nr 32.
- Berglöv G. m.fl. 2015. Framtidsklimat i Västerbottens län – enligt RCP-scenarier. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Klimatologi Nr 33.
- Statens Geotekniska Institut 2011. Västerbottens län – Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys – Naturolyckor. Rapport, Diarienummer: 2-1005-0372.
- 2.2. Arter, ekosystem och biologisk mångfald**
- Artdatabanken 2014. <http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/artdatabanken/naturtyper/>
- Centrum för biologisk mångfald 2014. <http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/centrum-for-biologisk-mangfald-cbm/biologisk-mangfald/>
- Magurran, A.E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell.
- Växter, mossor och lavar**
- Auffret, A. G. and Thomas, C. D. 2019. Synergistic and antagonistic effects of land use and non-native species on community responses to climate change. *Global Change Biology* (Juli). Sid. 1–12.
- DeLuca, T. H., 2011. Feather mosses, nitrogen fixation and the boreal biome. *IBERS Knowledge-Based Innovations* nr 4. Sid 27-31.
- Kullman, L. 2010a. Alpine flora dynamics - a critical review of responses to climate change in the Swedish Scandes since the early 1950s. *Nordic Journal of Botany* nr 28. Sid 398-408.
- Kullman, L. 2010b. A Richer, Greener and Smaller Alpine World: Review and Projection of Warming-Induced Plant Cover Change in the Swedish Scandes. *AMBIO* nr 39. Sid 159–169.
- Lang, S., m.fl. 2012. Arctic warming on two continents has consistent negative effects on lichen diversity and mixed effects on bryophyte diversity. *Global Change Biology* nr 18. Sid 1096–1107.
- Marberg, M. 2015. *Phippsia concinna* in Sweden –Exploring ecological dependencies in a regionally endangered plant species that occurs in alpine snowbeds. Degree Thesis in Biology, Umeå Universitet.
- Mossberg, B. och Stenberg, L. 2003. Den nya nordiska floran. Wahlström & Widstrand.
- Sandvik, S. M. och A. Odland 2014. Changes in alpine snowbed-wetland vegetation over three decades in northern Norway. *Nordic Journal of Botany* nr 32. Sid 377-384.
- Skogsstyrelsen (Claesson, S.) 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008 –SKA-VB 08. Rapport 25 2008. Skogsstyrelsens förlag, Jönköping
- Stenberg, L. 2010. Norrbottens flora II. SBF-förlaget, Uppsala.
- Stenberg, L. (red) 2012. Norrbottens flora I. SBF-förlaget, Uppsala.
- Thuiller, W., m.fl. 2008. Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* nr 9. Sid 137–152.
- Svampar och mikroorganismer i jorden**
- Bahram, M., m.fl. 2018. Structure and function of the global topsoil microbiome. *Nature*, 560(7717), sid. 233–237.
- Bidartondo M. I., m.fl. 2018. State of the World's Fungi 2018. 9. Climate change: Fungal responses and effects. Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Boddy L. m.fl. Climate variation effects on fungal

- fruiting. *Fungal Ecology* 10. Sid 20-33
- Büntgen U., H. Kausrud and S. Egli. 2012. Linking climate variability to mushroom productivity and phenology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol 10 (1). Sid 14–19
- Clemmensen K. E. m.fl. 2013. Roots and Associated Fungi Drive Long-Term Carbon Sequestration in Boreal Forest. *Science*, vol 339. Sid 1615-1618
- Kausrud H. m.fl. 2008. Mushroom fruiting and climate change. *PNAS*, vol 105 (10). Sid 3811–3814
- Kausrud H. m.fl. 2010. Climate change and spring-fruiting fungi. *Proceedings of the royal Society B*, vol 277. Sid 1169–1177
- Kausrud H. m.fl. 2012. Warming-induced shift in European mushroom fruiting phenology. *PNAS*, vol 109 (36). Sid 14488–14493
- Peltoniemi K., 2015. Microbial ecology in a future climate: effects of temperature and moisture on microbial communities of two boreal fens. *Federation of European Microbiological Societies*, vol 91. Sid 1-14
- Däggdjur*
- Björvall, A. och Ullström, S. 1995. *Däggdjur - alla Europas arter i text och bild*. Wahlström och Widstrand.
- Elmhagen B., m.fl. 2015. A boreal invasion in response to climate change? Range shifts and community effects in the borderland between forest and tundra. *AMBIO*, vol. 44. Sid 39–50
- Jarzyna M. A., 2019. Chapter 6 Consequences of Climate Change for Wildlife. In: *International Wildlife Management – Conservation Challenges in a changing World*. Eds: Koprowski J. L. and Krausman P. R. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Fløjgaard, C., m.fl., 2009. Potential 21st century changes to the mammal fauna of Denmark – implications of climate change, land-use, and invasive species. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* nr 8.
- Heggberget, T. M. m.fl. 2002. Reindeer (*Rangifer tarandus*) and climate change: Importance of winter forage. *Rangifer*, nr 22 (1). Sid 13-31.
- Hof, A., m.fl. 2012 a. Future Climate Change Will Favour Non-Specialist Mammals in the (Sub)Arctics. *PLOS ONE* vol 7, nr 12.
- Härkönen, T. 2011. Klimatförändringar – så påverkas våra sälar. Miljögifter och deras effekter. Havet 2011. Havsmiljöinstitutet.
- Hörnfeldt, B., m.fl. 2005. Fading out of vole and predator cycles? *Proc. R. Soc. B* nr 272. Sid 2045–2049.
- Ims, R. A., J.-A. Henden, and S. T. Killengreen. 2008. Collapsing population cycles. *Trends in Ecology & Evolution* 23:79–86.
- Jaenson, T., m.fl. 2012. Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years in Sweden. *Parasites & Vectors* vol 5, nr 8.
- Kausrud, K. L., m.fl. 2008. Linking climate change to lemming cycles. *Nature* nr 456. Sid 93-97.
- Pedersen, S., M. Odden och H. C. Pedersen. 2017. Climate change induced molting mismatch? Mountain hare abundance reduced by duration of snow cover and predator abundance. *Ecosphere* vol 8 (3). Sid 1-8
- Rebelo, H., m.fl. 2010. Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. *Global Change Biology* nr 16. Sid 561–576.
- Rydén, P., m.fl. 2009. Effects of climate change on tularemia disease activity in Sweden. *Global Health Action*, nr 2.
- Weiskopf, S. R., Ledee, O. E. och Thompson L. M. 2019. Climate Change Effects on Deer and Moose in the Midwest. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 83(4). Sid. 769–781
- Fåglar*
- Both, C. & Visser, M.E. 2001. Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411, s. 296-298.
- Green, M. och Lindström Å., 2014. Övervakning av fåglarnas populationsutveckling Årsrapport för 2013. Rapport, Biologiska institutionen, Lunds Universitet. 78 sid.
- Green, M. & Lindström, Å. 2015. Häckande fåglar i Norrbottens län - Trender för arter och miljö-indikatorer baserade på standardruttr 1998-2013 och punktrutter i odlingslandskapet 2007-2013. Länsstyrelsen i Norrbottens län.
- Green, M., Lindström, Å., Svensson, M. & Wirdheim, A. 2018. Sveriges fåglar 2018. BirdLife Sverige.
- Haas, F., Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Green, M. & Lindström, Å. 2014. Species turnover in the Swedish bird fauna 1850–2009 and a forecast for 2050. *Ornis Svecica*, 24(3–4), sid. 106–128.
- Hof, A. R., G. Rodríguez Castañeda, R. Jansson, and C. Nilsson. 2014. What does it take to be a loser? The vulnerability of species that live on the edge. *Global Change Biology*.
- Ims, R. A., J.-A. Henden, and S. T. Killengreen. 2008. Collapsing population cycles. *Trends in Ecology & Evolution* 23:79–86.
- Ims, R.A., Henden, J.A., Strømeng, M.A., Thingnes, A. V., Garmo, M.J., Jepsen, J.U. 2019. Arctic greening and bird nest predation risk across tundra ecotones. *Nat. Clim. Chang.* 9.

- Jiguet, F., m.fl. 2010 a. Bird population trends are linearly affected by climate change along species thermal ranges. *Proc. R. Soc. B* nr 277. Sid 3601–3608.
- Jiguet, F., m.fl. 2010 b. Population trends of European common birds are predicted by characteristics of their climatic niche. *Global Change Biology* nr 16. Sid 497–505.
- Jiguet, F., M. Barbet-Massin, V. Devictor, N. Jonzén, and Å. Lindström. 2013. Current population trends mirror forecasted changes in climatic suitability for Swedish breeding birds. *Bird Study* 60:60–66.
- Jonzén N, Lindén, A., Ergon, T. et al. 2006. Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds. *Science* 312 (5782), s. 1959–1961.
- Lehikoinen, A., Brotons, L., Calladine, J., Campedelli, T., Escandell, V., Flousek, J., Grueneberg, C., Haas, F., Harris, S., Herrando, S., Husby, M., Jiguet, F., Kålås, J. A., Lindström, Å., Lorrillière, R., Molina, B., Pladevall, C., Calvi, G., Sattler, T., Schmid, H., Sirkiä, P. M., Teufelbauer, N. & Trautmann, S. 2019. Declining population trends of European mountain birds. *Global Change Biology*, 25(2), sid. 577–588.
- Lindström, Å. 2018. Så påverkas fåglarna. *Bi-lagan*, Mars (1), sid. 2018–2020.
- Lindström, Å., Green, M., Husby, M., Kålås, J. A. & Lehikoinen, A. 2015. Large-Scale Monitoring of Waders on Their Boreal and Arctic Breeding Grounds in Northern Europe. *Ardea*, 103(1), sid. 3–15.
- Olsson, C. och Wiklund, J. 1999. Västerbottens fåglar. Umeå.
- Ottosson, U. m.fl. 2012. Fåglarna i Sverige – antal och förekomst. Sveriges Ornitologiska förening SOF, Halmstad.
- Ram, D., Axelsson, A. L., Green, M., Smith, H. G. & Lindström, Å. 2017. What drives current population trends in forest birds – forest quantity, quality or climate? A large-scale analysis from northern Europe. *Forest Ecology and Management*, 385, sid. 177–188.
- Scridel, D., Brambilla, M., Martin, K., Lehikoinen, A., Iemma, A., Matteo, A., Jähnig, S., Caprio, E., Bogliani, G., Pedrini, P., Rolando, A., Arlettaz, R. & Chamberlain, D. 2018. A review and meta-analysis of the effects of climate change on Holarctic mountain and upland bird populations. *Ibis*, 160(3), sid. 489–515.
- Stephens, P. A., Mason, L. R., Green, R. E., Gregory, R. D., Sauer, J. R., Alison, J., Aunins, A. & Brotons, L. 2016. Consistent response of bird populations to climate change on two continents. *Science*, 352(6281), sid. 84–87.
- Svensson S., m.fl. 1999. Svensk fågelatlas. Vår Fågelvärld, supplement 31. Stockholm.
- Tayleur, C., Caplat, P., Massimino, D., Johnston, A., Jonzén, N., Smith, H. G. & Lindström, Å. 2015. Swedish birds are tracking temperature but not rainfall: Evidence from a decade of abundance changes. *Global Ecology and Biogeography*, 24(7), sid. 859–872.
- Tayleur, C. M., Devictor, V., Gaüzère, P., Jonzén, N., Smith, H. G. & Lindström, Å. 2016. Regional variation in climate change winners and losers highlights the rapid loss of cold-dwelling species. *Diversity and Distributions*, 22(4), sid. 468–480.
- Virkkala, R., m.fl. 2010. Predicting range shifts of northern bird species: Influence of modelling technique and topography. *Acta Oecologica* nr 36. Sid 269–281.
- Wegge, P. & Rolstad, J. 2017. Climate change and bird reproduction: Warmer springs benefit breeding success in boreal forest grouse. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1866).
- Groddjur, ormar och ödlor*
- Araújo, M. B., m.fl. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, nr 33. Sid 1712–1728.
- Elmberg, J. 1995. Grod- och kräldjurens utbredning i Norrland. *Natur i Norr*, 14 (2): 57–82.
- Elmberg, J. 2008. Ecology and natural history of the moor frog (*Rana arvalis*) in boreal Sweden. *Zeitschrift für Feldherpetologie*, Supplement 13: 179–194.
- Elmberg, J., Hagman, M., Löwenborg, K. & Kärvermo, S. 2013. Snokens barnkammare försvinner. *Fauna och Flora*, 108(1), sid. 10–16.
- Fiskar*
- Finstad, A. G. & Jonsson, B. 2012. Effect of incubation temperature on growth performance in Atlantic salmon. *Marine Ecology Progress Series*, 454(1), sid. 75–82.
- Hein, C. L. m.fl. 2013. Fish introductions reveal the temperature dependence of species interactions. *Proc. R. Soc. B* nr 281.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Finstad, A. G. 2014. Linking embryonic temperature with adult reproductive investment in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Marine Ecology Progress Series*, 515, sid. 217–226.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. 2005. Does climate during embryonic development influence parr growth and age of seaward migration in Atlantic salmon (*Salmo salar*)? *Canadian Journal*

- of Fisheries and Aquatic Sciences, 62(11), sid. 2502–2508.
- Kullander m.fl. 2012. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Strålfeniga fiskar. Actinopterygii. ArtDatabanken, SLU. Uppsala.
- Rinkineva L. och P. Bader 1998. Kvarkens natur. Kvarkenrådets publikationer. Vasa.
- Insekter*
- Bale, J. S., and S. A. L. Hayward, 2010. Insect overwintering in a changing climate. *The Journal of Experimental Biology*, nr 213. Sid 980–994.
- Blomgren, E., Hesson, J. C., Schäfer, M. L. & Lundström, J. O. 2018. Pest occurrence of *Aedes rossicus* close to the Arctic Circle in northern Sweden. *Journal of Vector Ecology*, 43(1), sid. 36–43.
- Chen, m.fl. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333: 1024–1026.
- Eliasson m.fl. 2005. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Fjärilar: Dagfjärilar. Hesperidae – Nymphalidae. ArtDatabanken, SLU. Uppsala.
- Jönsson, A. M., m.fl. 2007. Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology* nr 146. Sid 70–81.
- Jordbruksverket 2010. Klimatförändringars effekt på den biologiska mångfalden i odlingslandskapets gräsmarker. Rapport. Redigerad av Johan Wallander. 98 sid.
- Netherer, S., and A. Schopf. 2010. Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests—general aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecology and Management* 259:831–838.
- Nilsson, S.G. m.fl. 2008. Long-term land-use changes and extinction of specialised butterflies. *Insect Conservation and Diversity* 1: 197–207.
- Pöyry m.fl. 2009 Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies. *Global Change Biology* 15: 732–743.
- Sahlén, G. 2014. Snabb artsuccession av trollsländor i våra vatten – orsaker och verkan. Högskolan Halmstad. Presentation. http://www.limnologerna.org/VD2007/16_goran_sahlen_trollslandor.pdf 2014-12-07.
- Schäfer, M. och Lundström, J. 2009. The present distribution and predicted geographic expansion of the floodwater mosquito *Aedes sticticus* in Sweden. *Journal of Vector Ecology*. 34: 141–147.
- Fjäll*
- Alexander, J. M. 2011. Assembly of nonnative floras along elevational gradients explained by directional ecological filtering. *PNAS* nr 2, vol 108. Sid 656–661.
- Ammunét, T. m.fl. 2012. Invading and resident defoliators in a changing climate: cold tolerance and predictions concerning extreme winter cold as a range-limiting factor. *Ecological Entomology*, nr 37. Sid 212–220.
- Backe, S. 2014. Kartering av Sveriges palsmyrar. Länsstyrelsen i Norrbotten, rapportserie nr 4/2014.
- Bale, J. S., and S. A. L. Hayward, 2010. Insect overwintering in a changing climate. *The Journal of Experimental Biology*, nr 213. Sid 980–994.
- Bernes C. 2011. Biologisk mångfald i Sverige. Del 22 i serien Monitor. Naturvårdsverket. 280 sid.
- Birkemoe, T., Bergmann, S., Hasle, T. E. & Kländerud, K. 2016. Experimental warming increases herbivory by leaf-chewing insects in an alpine plant community. *Ecology and Evolution*, 6(19), sid. 6955–6962.
- Bjerke, J. W., 2011. Winter climate change: Ice encapsulation at mild subfreezing temperatures kills freeze-tolerant lichens. *Environmental and Experimental Botany*, nr 72. Sid 404–408.
- Cornulier, T., 2013. Europe-Wide Dampening of Population Cycles in Keystone Herbivores. *Science*, nr 340. Sid 63–66.
- Ellis, C. J., m.fl., 2007. Response of British lichens to climate change scenarios: Trends and uncertainties in the projected impact for contrasting biogeographic groups. *Biological Conservation*, nr 140. Sid 217–235.
- Elmberg, J. 1995. Grod- och kräldjurens utbredning i Norrland. *Natur i Norr*, 14 (2): 57–82.
- Franzén, M. och E. Öckinger 2012. Climate-driven changes in pollinator assemblages during the last 60 years in an Arctic mountain region in Northern Scandinavia. *Journal of Insect Conservation* nr 16. Sid 227–238.
- Fronzek, S., m.fl., 2010. Applying probabilistic projections of climate change with impact models: a case study for sub-arctic palusa mires in Fennoscandia. *Climatic Change* nr 99. Sid 515–534.
- Hasle, T. E. 2013. The effect of experimental warming on insect herbivory in an alpine plant community. Master thesis 30 credits, Norwegian University of Life Sciences, Department of Ecology and Natural Resource management.
- Heggberget, T. M. m.fl. 2002. Reindeer (*Rangifer tarandus*) and climate change: Importance of winter forage. *Rangifer*, nr 22 (1). Sid 13–31.
- Hof, A., m.fl. 2012 a. Future Climate Change Will Favour Non-Specialist Mammals in the (Sub) Arctic. *PLOS ONE* vol 7, nr 12.
- Hof, A., m.fl. 2012 b. How biotic interactions may

- alter future predictions of species distributions: future threats to the persistence of the arctic fox in Fennoscandia. *Diversity and Distributions*, nr 18. Sid 554–562.
- Hof, A. R., G. Rodríguez Castañeda, R. Jansson, and C. Nilsson. 2014. What does it take to be a loser? The vulnerability of species that live on the edge. *Global Change Biology*.
- Jiguet, F., m.fl. 2010 a. Bird population trends are linearly affected by climate change along species thermal ranges. *Proc. R. Soc. B* nr 277. Sid 3601–3608.
- Jiguet, F., m.fl. 2010 b. Population trends of European common birds are predicted by characteristics of their climatic niche. *Global Change Biology* nr 16. Sid 497–505.
- Jordbruksverket 2010. Klimatförändringars effekt på den biologiska mångfalden i odlingslandskapets gräsmarker. Rapport. Editerad av Johan Wallander. 98 sid.
- Jägerbrand, A. K. och J. M. Alatalo 2009. Plant community responses to 5 years of simulated climate change in meadow and heath ecosystems at a subarctic-alpine site. *Oecologia* nr 161. Sid 601–610.
- Kausrud, K. L., m.fl. 2008. Linking climate change to lemming cycles. *Nature* nr 456. Sid 93–97.
- Kullman, L. 2010a. Alpine flora dynamics - a critical review of responses to climate change in the Swedish Scandes since the early 1950s. *Nordic Journal of Botany* nr 28. Sid 398–408.
- Kullman, L. 2010b. A Richer, Greener and Smaller Alpine World: Review and Projection of Warming-Induced Plant Cover Change in the Swedish Scandes. *AMBIO* nr 39. Sid 159–169.
- Kullman, L. 2014. Treeline (*Pinus sylvestris*) landscape evolution in the Swedish Scandes—a 40-year demographic effort viewed in a broader temporal context. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography* 68:155–167.
- Lang, S., m.fl. 2012. Arctic warming on two continents has consistent negative effects on lichen diversity and mixed effects on bryophyte diversity. *Global Change Biology* nr 18. Sid 1096–1107.
- Sandvik, S. M. och A. Odland 2014. Changes in alpine snowbed-wetland vegetation over three decades in northern Norway. *Nordic Journal of Botany* nr 32. Sid 377–384.
- Virkkala, R., m.fl. 2010. Predicting range shifts of northern bird species: Influence of modelling technique and topography. *Acta Oecologica* nr 36. Sid 269–281.
- Östergård, S., Inghe, O., Abenius, J., Carlsson, A. L. & Schönberg Alm, D. 2015. Skog & mark - Om tillståndet i svensk landmiljö Tema: Fjäll. Naturvårdsverket.
- Nordliga skogar*
- Bale, J., and S. Hayward. 2010. Insect overwintering in a changing climate. *The Journal of Experimental Biology* 213:980–994.
- Bernes C. 2011. Biologisk mångfald i Sverige. Del 22 i serien Monitor. Naturvårdsverket. 280 sid.
- Bjerke, J. W. 2011. Winter climate change: Ice encapsulation at mild subfreezing temperatures kills freeze-tolerant lichens. *Environmental and Experimental Botany* 72:404–408.
- Björkman, C., m.fl., 2011. Insect Pests in Future Forests: More Severe Problems? *Forests*, nr 2. Sid 474–485.
- Cornulier, T., 2013. Europe-Wide Dampening of Population Cycles in Keystone Herbivores. *Science*, nr 340. Sid 63–66.
- Ellis, C. J., m.fl., 2007. Response of British lichens to climate change scenarios: Trends and uncertainties in the projected impact for contrasting biogeographic groups. *Biological Conservation*, nr 140. Sid 217–235.
- Elmberg, J. 1995. Grod- och kräldjurens utbredning i Norrland. *Natur i Norr*, 14 (2): 57–82.
- Elmberg, J. 2008. Ecology and natural history of the moor frog (*Rana arvalis*) in boreal Sweden. *Zeitschrift für Feldherpetologie*, Supplement 13: 179–194.
- Flojgaard, C., N. Morueta-Holme, F. Skov, A. B. Madsen, and J.-C. Svenning. 2009. Potential 21st century changes to the mammal fauna of Denmark—implications of climate change, land-use, and invasive species. Page 012016. IOP Publishing.
- Hof, A., m.fl. 2012 a. Future Climate Change Will Favour Non-Specialist Mammals in the (Sub) Arctics. *PLOS ONE* vol 7, nr 12.
- Hof, A. R., G. Rodríguez Castañeda, R. Jansson, and C. Nilsson. 2014. What does it take to be a loser? The vulnerability of species that live on the edge. *Global Change Biology*.
- Hörnfeldt, B., m.fl. 2005. Fading out of vole and predator cycles? *Proc. R. Soc. B* nr 272. Sid 2045–2049.
- Jaenson, T., m.fl. 2012. Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years in Sweden. *Parasites & Vectors* vol 5, nr 8.
- Jiguet, F., m.fl. 2010 a. Bird population trends are linearly affected by climate change along species thermal ranges. *Proc. R. Soc. B* nr 277. Sid 3601–3608.

- Jiguet, F., m.fl. 2010 b. Population trends of European common birds are predicted by characteristics of their climatic niche. *Global Change Biology* nr 16. Sid 497–505.
- Jönsson, A. M., m.fl. 2007. Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology* nr 146. Sid 70–81.
- Korpela, K., m.fl. 2013. Nonlinear effects of climate on boreal rodent dynamics: mild winters do not negate high-amplitude cycles. *Global Change Biology* nr 19. Sid 697–710.
- Lang, S., m.fl. 2012. Arctic warming on two continents has consistent negative effects on lichen diversity and mixed effects on bryophyte diversity. *Global Change Biology* nr 18. Sid 1096–1107.
- Rydén, P., A. Sjöstedt, and A. Johansson. 2009. Effects of climate change on tularaemia disease activity in Sweden. *Global Health Action* 2.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009. Forest resilience, biodiversity and climate change – a synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. CBD Technical Series no. 43.
- Skogsstyrelsen (Claesson, S.) 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. Rapport 25 2008. Skogsstyrelsens förlag, Jönköping
- SNA 1996. Sveriges Nationalatlas. Gustafsson, L. & Ahlén, I. (red). Växter och Djur.
- Strand, M., Aronsson, M., & Svensson, M. 2018. Klassificering av främmande arters effekter på biologisk mångfald i Sverige – ArtDatabankens risklista. ArtDatabanken Rapporterar 21. ArtDatabanken SLU, Uppsala.
- Sundberg, S 2014. Boreal plant decline in southern Sweden during the twentieth century. *New Journal of Botany* vol 4 Nr 2.
- Taylor, A.R. m.fl. 2004. Response of different decomposer communities to the manipulation of moisture availability: potential effects of changing precipitation patterns. *Global Change Biology* 10, 1313–1324.
- Thompson, I., m.fl. 2009. Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series no. 43, 67 pages.
- Virkkala, R., m.fl. 2010. Predicting range shifts of northern bird species: Influence of modelling technique and topography. *Acta Oecologica* nr 36. Sid 269–281.
- Wang, C. J., Wan, J. Z. and Zhang, Z. X. 2017. 'Expansion potential of invasive tree plants in ecoregions under climate change scenarios: an assessment of 54 species at a global scale', *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(8), sid. 663–670.
- Zhu, K., m.fl. 2012. Failure to migrate: lack of tree range expansion in response to climate change. *Global Change Biology* nr 18. Sid 1042–1052.
- Sjöar och rinnande vatten*
- Adrian, R. S., O'Reilly, C. M. Zagarese, H. et al. 2009. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography*, 54, 2283–97.
- Baulch HM, Schindler DW, Turner MA, Findlay DL, Paterson MJ, Vinebrooke RD. 2005. Effects of warming on benthic communities in a boreal lake: Implications of climate change. *Limnology and Oceanography* 50, s. 1377–1392.
- Bernes C. 2011. Biologisk mångfald i Sverige. Del 22 i serien Monitor. Naturvårdsverket. 280 sid.
- Hallstan, S., m. fl. 2013. The impact of climate on the geographical distribution of phytoplankton species in boreal lakes. *Oecologia* nr 173. Sid 1625–1638.
- Hein, C. L. m.fl. 2012. Future Distribution of Arctic Char *Salvelinus alpinus* in Sweden under Climate Change: Effects of Temperature, Lake Size and Species Interactions. *AMBIO* nr 41 (Supplement 3). Sid 303–312.
- Hein, C. L. m.fl. 2013. Fish introductions reveal the temperature dependence of species interactions. *Proc. R. Soc. B* nr 281.
- Hering, D., A. Schmidt-Kloiber, J. Murphy, S. Lücke, C. Zamora-Munoz, M. J. López-Rodríguez, T. Huber, and W. Graf. 2009. Potential impact of climate change on aquatic insects: a sensitivity analysis for European caddisflies (Trichoptera) based on distribution patterns and ecological preferences. *Aquatic Sciences* 71:3–14.
- Huser, B. J. m.fl. 2018. 'Persistent and widespread long-term phosphorus declines in Boreal lakes in Sweden', *Science of the Total Environment*. The Authors, 613–614, pp. 240–249
- Iglikowska, A. och T. Namiotko 2012. The non-marine Ostracoda of Lapland: changes over the past century. *Journal of Limnology* vol 71, nr 2. Sid 237–244.
- Lind, L. 2015. Breaking the ice : effects of ice formation and winter floods on vegetation along streams. Doktorsavhandling, Umeå Universitet
- Manabe, S., P. C. D. Milly and R. Wetherald, 2004. Simulated long- term changes in river discharge and soil moisture due to global warming. *Hydrological Sciences* 49 (4), s. 625 – 642.
- Nilsson, C., Polvi, L. E. and Lind, L. 2015. 'Ex-

- treme events in streams and rivers in arctic and subarctic regions in an uncertain future', *Freshwater Biology*, 60(12), pp. 2535–2546.
- Ström, L., m.fl., 2011. Hydrologic effects on riparian vegetation in a boreal river: an experiment testing climate change predictions. *Global Change Biology* nr 17. Sid 254–267.
- Ström, L., m.fl., 2012. Projected changes in plant species richness and extent of riparian vegetation belts as a result of climate-driven hydrological change along the Vindel River in Sweden. *Freshwater Biology* nr 57. Sid 49–60.
- Våtmarker**
- Backe, S. 2014. Kartering av Sveriges palsmyrar. Länsstyrelsen i Norrbotten, rapportserie nr 4/2014.
- Bernes C. 2011. Biologisk mångfald i Sverige. Del 22 i serien Monitor. Naturvårdsverket. 280 sid.
- Fronzek, S., m.fl., 2010. Applying probabilistic projections of climate change with impact models: a case study for sub-arctic palsa mires in Fennoscandia. *Climatic Change* nr 99. Sid 515–534.
- Jeglum, J., m.fl. 2011. Main Ecosystem Characteristics and Distribution of Wetlands in Boreal and Alpine Landscapes in Northern Sweden Under Climate Change. Sid 193–218 i boken *Ecosystems Biodiversity*, redigerad av Oscar Grillo.
- Länsstyrelsen Norrbottens län 2012. Förslag till övervakningsprogram för Sveriges palsmyrar. Rapport nr 16/2012.
- Sandvik, S. M. och A. Odland 2014. Changes in alpine snowbed-wetland vegetation over three decades in northern Norway. *Nordic Journal of Botany* nr 32. Sid 377–384.
- Ström, L., and T. R. Christensen. 2004. Myrens växter styr växthuseffekten. *Svensk botanisk tidskrift* 98:313 – 316.
- Weckström, J., H. Seppä, and A. Korhola. 2010. Climatic influence on peatland formation and lateral expansion in subarctic Fennoscandia. *Boreas* 39:761–769.
- Zhaojun, B., m.fl. 2011. The response of peatlands to climate warming: A review. *Acta Ecologica Sinica* nr 31. Sid 157–162.
- Kulturmarker**
- Elmberg, J. 1995. Grod- och kräldjurens utbredning i Norrland. *Natur i Norr*, 14 (2): 57–82.
- Green, M., and A. Lindström. 2014. Övervakning fåglarnas populationsutveckling. Årsrapport för 2013. Rapport, Biologiska institutionen, Lunds Universitet. Page 78 (L. U. Biologiska institutionen, Tran.). Rapport.
- Hasle, T. E. 2013. The effect of experimental warming on insect herbivory in an alpine plant community. Master thesis 30 credits, Norwegian University of Life Sciences, Department of Ecology and Natural Resource management.
- Hof, A., m.fl. 2012 a. Future Climate Change Will Favour Non-Specialist Mammals in the (Sub) Arctic. *PLOS ONE* vol 7, nr 12.
- Hof, A. R., G. Rodríguez Castañeda, R. Jansson, and C. Nilsson. 2014. What does it take to be a loser? The vulnerability of species that live on the edge. *Global Change Biology*.
- Jiguet, F., R. D. Gregory, V. Devictor, R. E. Green, P. VOŘÍŠEK, A. Van Strien, and D. Couvet. 2010b. Population trends of European common birds are predicted by characteristics of their climatic niche. *Global Change Biology* 16:497–505.
- Jordbruksverket 2010. Klimatförändringars effekt på den biologiska mångfalden i odlingslandskapets gräsmarker. Rapport. Redigerad av Johan Wallander. 98 sid.
- Länsstyrelsen Västernorrland 2010. En kunskaps-sammanställning av främmande invasiva växter i Västernorrlands län. Rapport.
- Nilsson, S.G. m.fl. 2008. Long-term land-use changes and extinction of specialised butterflies. *Insect Conservation and Diversity* 1: 197–207.
- Pöyry m.fl. 2009 Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies. *Global Change Biology* 15: 732–743.
- Rebelo, H., m.fl. 2010. Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. *Global Change Biology* nr 16. Sid 561–576.
- Hav och kust**
- Alanära, A., 2008. Världsunik, havslekande harr i Kvarken. *HavsUtsikt* 1/2008, sid 10–11. Havet.nu
- Andersson, A., 2014. Ett ekosystem i ständig förändring. *Havsutsikt* 2/2014.
- Bernes C. 2011. Biologisk mångfald i Sverige. Del 22 i serien Monitor. Naturvårdsverket. 280 sid.
- Buchadas, A.R.C. & Hof, A. Future breeding and foraging sites of a locally endangered seabird. Inskickat manuskript. (opubl).
- Hudd, R., m.fl. 2007. Verifiering och justering av GIS-modell för den havslekande harrens (*Thymallus thymallus*) yngelproduktionsområden i Kvarken. Substansrapport för InterregIIIA-projektet Kvarkenharrens yngelproduktionsområden.
- Härkönen, T. 2011. Klimatförändringar – så påverkas våra sälar. Miljögifter och deras effekter. Havet 2011. Havsmiljöinstitutet.
- Länsstyrelsen Västernorrland 2010. Utvärdering av den samordnade kustfisk- övervakningen i Bott-

- niska viken. Rapport.
- Nydahl, A., m.fl. 2013. Increased microbial activity in a warmer and wetter climate enhances the risk of coastal hypoxia. *FEMS Microbiol Ecol* vol 85, nr 2. Sid 1–10.
- Olsson, J., m.fl. 2013. Top-Down Regulation, Climate and Multi-Decadal Changes in Coastal Zoobenthos Communities in Two Baltic Sea Areas. *PLOS ONE* vol 8, nr 5.
- Rinkineva L. och P. Bader 1998. Kvarkens natur. Kvarkenrådets publikationer. Vasa.
- Snickars M., m.fl 2014. Impact of eutrophication and climate change on fish and zoobenthos in coastal waters of the Baltic Sea. *Marine biology*. Published online 20 November 2014.
- Sundström, T. & Olsson, C. 2005. Västerbottens kustfågelfauna – inventering av kustfågelbestånden 2001/2002. Länsstyrelsen Västerbotten. Meddelande 4, 2005.
- Svensson S., m.fl. 1999. Svensk fågelatlas. Vår Fågelvärld, supplement 31. Stockholm.
- Tysklind, M. och P. Haglund 2012. Miljögifter och klimatförändringar. I *HavsUtsikt* nr 3, s 10-11
- Wikner J. och Andersson, A. 2012. Increased freshwater discharge shifts the trophic balance in the coastal zone of the northern Baltic Sea. *Global Change Biology* nr 18. Sid 2509–2519
- Kap 4 (Diskussionen)**
- Araújo, M. B., m.fl. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, nr 33. Sid 1712-1728.
- Chen, m.fl. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333: 1024-1026.
- Hof, A., m.fl. 2012 b. How biotic interactions may alter future predictions of species distributions: future threats to the persistence of the arctic fox in Fennoscandia. *Diversity and Distributions*, nr 18. Sid 554–562.
- Hof, A., m.fl. 2012 c. The usefulness of elevation as a predictor variable in species distribution modelling. *Ecological Modelling* nr 246. Sid 86–90.
- Länsstyrelsen Norrbotten 2012. Klimatförändringar i Norrbottens län – Konsekvenser och anpassning. Rapport.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* nr 37. Sid 637–69.
- Price, DT; Alfaro, RI; Brown, KJ; Flannigan, MD; Fleming, RA; Hogg, EH; Girardin, MP; Lakusta, T; Johnston, M; McKenney, DW; Pedlar, JH; Stratton, T; Sturrock, RN; Thompson, ID; Trofymow, JA; Venier, LA. 2013 Anticipating the consequences of climate change for Canada's boreal forest ecosystems. *ENVIRONMENTAL REVIEWS*, 21(4): 322-365.
- Polley et al 2010. Climate change, parasites and shifting boundaries. *Acta Veterinaria Scandinavica* 52(Suppl 1):S1.
- Virkkala, R., m.fl. 2010. Predicting range shifts of northern bird species: Influence of modelling technique and topography. *Acta Oecologica* nr 36. Sid 269-281.
- Samtliga referenser**
- Adrian, R. S., O'Reilly, C. M. Zagarese, H. et al. 2009. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography*, 54, 2283-97.
- Alanära, A., 2008. Världsunik, havslekande harr i Kvarken. *HavsUtsikt* 1/2008, sid 10-11. Havet.nu
- Alexander, J. M. 2011. Assembly of nonnative floras along elevational gradients explained by directional ecological filtering. *PNAS* nr 2, vol 108. Sid 656-661.
- Ammunét, T. m.fl. 2012. Invading and resident defoliators in a changing climate: cold tolerance and predictions concerning extreme winter cold as a range-limiting factor. *Ecological Entomology*, nr 37. Sid 212-220.
- Andersson, A., 2014. Ett ekosystem i ständig förändring. *Havsutsikt* 2/2014.
- Araújo, M. B., m.fl. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, nr 33. Sid 1712-1728.
- Auffret, A. G. and Thomas, C. D. 2019. Synergistic and antagonistic effects of land use and non-native species on community responses to climate change. *Global Change Biology* (Juli). Sid. 1–12.
- Backe, S. 2014. Kartering av Sveriges palsmyrar. Länsstyrelsen i Norrbotten, rapportserie nr 4/2014.
- Bahram, M., m.fl. 2018. Structure and function of the global topsoil microbiome. *Nature*, 560(7717), sid. 233–237.
- Bale, J. S., and S. A. L. Hayward, 2010. Insect overwintering in a changing climate. *The Journal of Experimental Biology*, nr 213. Sid 980-994.
- Baulch HM, Schindler DW, Turner MA, Findlay DL, Paterson MJ, Vinebrooke RD. 2005. Effects of warming on benthic communities in a boreal lake: Implications of climate change. *Limnology and Oceanography* 50, s. 1377–1392.
- Berglöv G. m.fl. 2015. Framtidsklimat i Norrbottens län – enligt RCP-scenarier. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Klimatologi Nr 32.
- Berglöv G. m.fl. 2015. Framtidsklimat i Västerbottens län – enligt RCP-scenarier. Sveriges me-

- teorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Klimatologi Nr 33.
- Bernes C. 2011. Biologisk mångfald i Sverige. Del 22 i serien Monitor. Naturvårdsverket. 280 sid.
- Bidartondo M. I., m.fl. 2018. State of the World's Fungi 2018. 9. Climate change: Fungal responses and effects. Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Birkemoe, T., Bergmann, S., Hasle, T. E. & Klanderud, K. 2016. Experimental warming increases herbivory by leaf-chewing insects in an alpine plant community. *Ecology and Evolution*, 6(19), sid. 6955–6962.
- Bjerke, J. W., 2011. Winter climate change: Ice encapsulation at mild subfreezing temperatures kills freeze-tolerant lichens. *Environmental and Experimental Botany*, nr 72. Sid 404–408.
- Björkman, C., m.fl., 2011. Insect Pests in Future Forests: More Severe Problems? *Forests*, nr 2. Sid 474–485.
- Blomgren, E., Hesson, J. C., Schäfer, M. L. & Lundström, J. O. 2018. Pest occurrence of *Aedes rossicus* close to the Arctic Circle in northern Sweden. *Journal of Vector Ecology*, 43(1), sid. 36–43.
- Boddy L. m.fl. Climate variation effects on fungal fruiting. *Fungal Ecology* 10. Sid 20–33
- Both, C. & Visser, M.E. 2001. Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411, s. 296–298.
- Buchadas, A.R.C. & Hof, A. Future breeding and foraging sites of a locally endangered seabird. Inskickat manuskript. (opubl).
- Büntgen U., H. Kauserud and S. Egli. 2012. Linking climate variability to mushroom productivity and phenology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol 10 (1). Sid 14–19
- Chen, m.fl. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333: 1024–1026.
- Clemmensen K. E. m.fl. 2013. Roots and Associated Fungi Drive Long-Term Carbon Sequestration in Boreal Forest. *Science*, vol 339. Sid 1615–1618
- Cornulier, T., 2013. Europe-Wide Dampening of Population Cycles in Keystone Herbivores. *Science*, nr 340. Sid 63–66.
- DeLuca, T. H., 2011. Feather mosses, nitrogen fixation and the boreal biome. *IBERS Knowledge-Based Innovations* nr 4. Sid 27–31.
- Eliasson m.fl. 2005. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Fjärilar: Dagfjärilar. HesperIIDae – Nymphalidae. ArtDatabanken, SLU. Uppsala.
- Ellis, C. J., m.fl., 2007. Response of British lichens to climate change scenarios: Trends and uncertainties in the projected impact for contrasting biogeographic groups. *Biological Conservation*, nr 140. Sid 217–235.
- Elmberg, J. 1995. Grod- och kräldjurens utbredning i Norrland. *Natur i Norr*, 14 (2): 57–82.
- Elmberg, J. 2008. Ecology and natural history of the moor frog (*Rana arvalis*) in boreal Sweden. *Zeitschrift für Feldherpetologie*, Supplement 13: 179–194.
- Elmberg, J., Hagman, M., Löwenborg, K. & Kärvermo, S. 2013. Snokens barnkammare försvinner. *Fauna och Flora*, 108(1), sid. 10–16.
- Elmhagen B., m.fl. 2015. A boreal invasion in response to climate change? Range shifts and community effects in the borderland between forest and tundra. *AMBIO*, vol. 44. Sid 39–50
- Finstad, A. G. & Jonsson, B. 2012. Effect of incubation temperature on growth performance in Atlantic salmon. *Marine Ecology Progress Series*, 454(1), sid. 75–82.
- Flojgaard, C., m.fl., 2009. Potential 21st century changes to the mammal fauna of Denmark – implications of climate change, land-use, and invasive species. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* nr 8.
- Franzén, M. och E. Öckinger 2012. Climate-driven changes in pollinator assemblages during the last 60 years in an Arctic mountain region in Northern Scandinavia. *Journal of Insect Conservation* nr 16. Sid 227–238.
- Fronzek, S., m.fl., 2010. Applying probabilistic projections of climate change with impact models: a case study for sub-arctic palsa mires in Fennoscandia. *Climatic Change* nr 99. Sid 515–534.
- Green, M. och Lindström Å., 2014. Övervakning av fåglarnas populationsutveckling Årsrapport för 2013. Rapport, Biologiska institutionen, Lunds Universitet. 78 sid.
- Green, M. & Lindström, Å. 2015. Häckande fåglar i Norrbottens län - Trender för arter och miljöindikatorer baserade på standardruttr 1998–2013 och punktrutter i odlingslandskapet 2007–2013. Länsstyrelsen i Norrbottens län.
- Green, M., Lindström, Å., Svensson, M. & Wirdheim, A. 2018. Sveriges fåglar 2018. BirdLife Sverige.
- Gustavsson H., m.fl. 2011. Klimatanalys för Norrbottens län. Rapport Nr 2011–54. SMHI.
- Haas, F., Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Green, M. & Lindström, Å. 2014. Species turnover in the Swedish bird fauna 1850–2009 and a forecast for 2050. *Ornis Svecica*, 24(3–4), sid. 106–128.
- Hallstan, S., m. fl. 2013. The impact of climate on the geographical distribution of phytoplankton species in boreal lakes. *Oecologia* nr 173. Sid 1625–1638.

- Hasle, T. E. 2013. The effect of experimental warming on insect herbivory in an alpine plant community. Master thesis 30 credits, Norwegian University of Life Sciences, Department of Ecology and Natural Resource management.
- Heggberget, T. M. m.fl. 2002. Reindeer (*Rangifer tarandus*) and climate change: Importance of winter forage. *Rangifer*, nr 22 (1). Sid 13-31.
- Hein, C. L. m.fl. 2012. Future Distribution of Arctic Char *Salvelinus alpinus* in Sweden under Climate Change: Effects of Temperature, Lake Size and Species Interactions. *AMBIO* nr 41 (Supplement 3). Sid 303–312.
- Hein, C. L. m.fl. 2013. Fish introductions reveal the temperature dependence of species interactions. *Proc. R. Soc. B* nr 281.
- Hering, D., A. Schmidt-Kloiber, J. Murphy, S. Lücke, C. Zamora-Munoz, M. J. López-Rodríguez, T. Huber, and W. Graf. 2009. Potential impact of climate change on aquatic insects: a sensitivity analysis for European caddisflies (Trichoptera) based on distribution patterns and ecological preferences. *Aquatic Sciences* 71:3–14.
- Hof, A., m.fl. 2012 a. Future Climate Change Will Favour Non-Specialist Mammals in the (Sub) Arctics. *PLOS ONE* vol 7, nr 12.
- Hof, A., m.fl. 2012 b. How biotic interactions may alter future predictions of species distributions: future threats to the persistence of the arctic fox in Fennoscandia. *Diversity and Distributions*, nr 18. Sid 554–562.
- Hof, A., m.fl. 2012 c. The usefulness of elevation as a predictor variable in species distribution modelling. *Ecological Modelling* nr 246. Sid 86–90.
- Hof, A. R., G. Rodríguez Castañeda, R. Jansson, and C. Nilsson. 2014. What does it take to be a loser? The vulnerability of species that live on the edge. *Global Change Biology*.
- Hof, A., R. Jansson, and C. Nilsson. 2015. Future of biodiversity in the Barents region. *TemaNord* 2015:519 Nordic Council of Ministers.
- Hudd, R., m.fl. 2007. Verifiering och justering av GIS-modell för den havslekande harrrens (*Thymallus thymallus*) yngelproduktionsområden i Kvarken. Substansrapport för InterregIIIA-projektet Kvarkenharrrens yngelproduktionsområden.
- Huser, B. J. m.fl. 2018. 'Persistent and widespread long-term phosphorus declines in Boreal lakes in Sweden', *Science of the Total Environment*. The Authors, 613–614, pp. 240–249
- Härkönen, T. 2011. Klimatförändringar – så påverkas våra sälar. *Miljögifter och deras effekter*. Havet 2011. Havsmiljöinstitutet.
- Hörnfeldt, B., m.fl. 2005. Fading out of vole and predator cycles? *Proc. R. Soc. B* nr 272. Sid 2045–2049.
- Iglikowska, A. och T. Namiotko 2012. The non-marine Ostracoda of Lapland: changes over the past century. *Journal of Limnology* vol 71, nr 2. Sid 237-244.
- Ims, R. A., J.-A. Henden, and S. T. Killengreen. 2008. Collapsing population cycles. *Trends in Ecology & Evolution* 23:79–86.
- Ims, R.A., Henden, J.A., Strømeng, M.A., Thingnes, A. V., Garmo, M.J., Jepsen, J.U. 2019. Arctic greening and bird nest predation risk across tundra ecotones. *Nat. Clim. Chang.* 9.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- IPCC, 2019: Summary for Policymakers. I: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (H.- O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)). I tryckning.
- Jaenson, T., m.fl. 2012. Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years in Sweden. *Parasites & Vectors* vol 5, nr 8.
- Jarzyna M. A., 2019. Chapter 6 Consequences of Climate Change for Wildlife. In: International Wildlife Management – Conservation Challenges in a changing World. Eds: Koprowski J. L. and Krausman P. R. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Jeglum, J., m.fl. 2011. Main Ecosystem Characteristics and Distribution of Wetlands in Boreal and Alpine Landscapes in Northern Sweden Under Climate Change. Sid 193-218 i boken *Ecosystems Biodiversity*, redigerad av Oscar Grillo.
- Jiguet, F., m.fl. 2010 a. Bird population trends are linearly affected by climate change along species thermal ranges. *Proc. R. Soc. B* nr 277. Sid 3601–3608.
- Jiguet, F., m.fl. 2010 b. Population trends of European common birds are predicted by characteristics of their climatic niche. *Global Change Biology* nr 16. Sid 497–505.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Finstad, A. G. 2014.

- Linking embryonic temperature with adult reproductive investment in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Marine Ecology Progress Series*, 515, sid. 217–226.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. 2005. Does climate during embryonic development influence parr growth and age of seaward migration in Atlantic salmon (*Salmo salar*)? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(11), sid. 2502–2508.
- Jonzén N, Lindén, A., Ergon, T. et al. 2006. Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds. *Science* 312 (5782), s. 1959–1961.
- Jönsson, A. M., m.fl. 2007. Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology* nr 146. Sid 70–81.
- Jordbruksverket 2010. Klimatförändringars effekt på den biologiska mångfalden i odlingslandskapets gräsmarker. Rapport. Redigerad av Johan Wallander. 98 sid.
- Jägerbrand, A. K. och J. M. Alatalo 2009. Plant community responses to 5 years of simulated climate change in meadow and heath ecosystems at a subarctic-alpine site. *Oecologia* nr 161. Sid 601–610.
- Kausarud H. m.fl. 2008. Mushroom fruiting and climate change. *PNAS*, vol 105 (10). Sid 3811–3814
- Kausarud H. m.fl. 2010. Climate change and spring-fruiting fungi. *Proceedings of the royal Society B*, vol 277. Sid 1169–1177
- Kausarud H. m.fl. 2012. Warming-induced shift in European mushroom fruiting phenology. *PNAS*, vol 109 (36). Sid 14488–14493
- Kausrud, K. L., m.fl. 2008. Linking climate change to lemming cycles. *Nature* nr 456. Sid 93–97.
- Korpela, K., m.fl. 2013. Nonlinear effects of climate on boreal rodent dynamics: mild winters do not negate high-amplitude cycles. *Global Change Biology* nr 19. Sid 697–710.
- Kullander m.fl. 2012. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Strålfeniga fiskar. Actinopterygii. ArtDatabanken, SLU. Uppsala.
- Kullman, L. 2010a. Alpine flora dynamics - a critical review of responses to climate change in the Swedish Scandes since the early 1950s. *Nordic Journal of Botany* nr 28. Sid 398–408.
- Kullman, L. 2010b. A Richer, Greener and Smaller Alpine World: Review and Projection of Warming-Induced Plant Cover Change in the Swedish Scandes. *AMBIO* nr 39. Sid 159–169.
- Lang, S., m.fl. 2012. Arctic warming on two continents has consistent negative effects on lichen diversity and mixed effects on bryophyte diversity. *Global Change Biology* nr 18. Sid 1096–1107.
- Lehikoinen, A., Brotons, L., Calladine, J., Campedelli, T., Escandell, V., Flousek, J., Grueneberg, C., Haas, F., Harris, S., Herrando, S., Husby, M., Jiguet, F., Kålås, J. A., Lindström, Å., Lorrillière, R., Molina, B., Pladevall, C., Calvi, G., Sattler, T., Schmid, H., Sirkkiä, P. M., Teufelbauer, N. & Trautmann, S. 2019. Declining population trends of European mountain birds. *Global Change Biology*, 25(2), sid. 577–588.
- Lind, L. 2015. Breaking the ice : effects of ice formation and winter floods on vegetation along streams.
- Lindström, Å. 2018. Så påverkas fåglarna. Bi-lagan, Mars (1), sid. 2018–2020.
- Lindström, Å., Green, M., Husby, M., Kålås, J. A. & Lehikoinen, A. 2015. Large-Scale Monitoring of Waders on Their Boreal and Arctic Breeding Grounds in Northern Europe. *Ardea*, 103(1), sid. 3–15.
- Länsstyrelsen Norrbotten 2012. Klimatförändringar i Norrbottens län – Konsekvenser och anpassning. Rapport.
- Länsstyrelsen Norrbotten 2016. Klimatförändringar i Norrbottens län - konsekvenser och anpassning. Rapport.
- Länsstyrelsen Västernorrland 2010. En kunskaps-sammanställning av främmande invasiva växter i Västernorrlands län. Rapport.
- Länsstyrelsen Västernorrland 2010. Utvärdering av den samordnade kustfisk- övervakningen i Bott-niska viken. Rapport.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell.
- Manabe, S., P. C. D. Milly and R. Wetherald, 2004. Simulated long- term changes in river discharge and soil moisture due to global warming. *Hydrological Sciences* 49 (4), s. 625 – 642.
- Marberg, M. 2015. *Phippsia concinna* in Sweden – Exploring ecological dependencies in a regionally endangered plant species that occurs in alpine snowbeds. Degree Thesis in Biology, Umeå Universitet.
- Mossberg, B. och Stenberg, L. 2003. Den nya nordiska floran. Wahlström & Widstrand.
- Nilsson, C., Polvi, L. E. and Lind, L. 2015. 'Extreme events in streams and rivers in arctic and subarctic regions in an uncertain future', *Freshwater Biology*, 60(12), pp. 2535–2546.
- Nilsson, S.G. m.fl. 2008. Long-term land-use changes and extinction of specialised butterflies. *Insect Conservation and Diversity* 1: 197–207.
- Nydahl, A., m.fl. 2013. Increased microbial activity in a warmer and wetter climate enhances the risk of

- coastal hypoxia. *FEMS Microbiol Ecol* vol 85, nr 2. Sid 1–10.
- Olsson, J., m.fl. 2013. Top-Down Regulation, Climate and Multi-Decadal Changes in Coastal Zoobenthos Communities in Two Baltic Sea Areas. *PLOS ONE* vol 8, nr 5.
- Ottosson, U. m.fl. 2012. Fåglarna i Sverige – antal och förekomst. Sveriges Ornitologiska förening SOF, Halmstad.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* nr 37. Sid 637–69.
- Pedersen, S., M. Odden och H. C. Pedersen. 2017. Climate change induced molting mismatch? Mountain hare abundance reduced by duration of snow cover and predator abundance. *Ecosphere* vol 8 (3). Sid 1-8
- Peltoniemi K., 2015. Microbial ecology in a future climate: effects of temperature and moisture on microbial communities of two boreal fens. *Federation of European Microbiological Societies*, vol 91. Sid 1-14
- Polley et al 2010. Climate change, parasites and shifting boundaries. *Acta Veterinaria Scandinavica* 52(Suppl 1):S1.
- Price, DT; Alfaro, RI; Brown, KJ; Flannigan, MD; Fleming, RA; Hogg, EH; Girardin, MP; Lakusta, T; Johnston, M; McKenney, DW; Pedlar, JH; Stratton, T; Sturrock, RN; Thompson, ID; Trofymow, JA; Venier, LA. 2013 Anticipating the consequences of climate change for Canada's boreal forest ecosystems. *ENVIRONMENTAL REVIEWS*, 21(4): 322-365.
- Pöyry m.fl. 2009 Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies. *Global Change Biology* 15: 732-743.
- Ram, D., Axelsson, A. L., Green, M., Smith, H. G. & Lindström, Å. 2017. What drives current population trends in forest birds – forest quantity, quality or climate? A large-scale analysis from northern Europe. *Forest Ecology and Management*, 385, sid. 177–188.
- Rebelo, H., m.fl. 2010. Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. *Global Change Biology* nr 16. Sid 561–576.
- Rinkineva L. och P. Bader 1998. Kvarkens natur. Kvarkenrådets publikationer. Vasa.
- Rydén, P., m.fl. 2009. Effects of climate change on tularaemia disease activity in Sweden. *Global Health Action*, nr 2.
- Sahlén, G. 2014. Snabb artsuccession av trollsländor i våra vatten – orsaker och verkan. Höskolan Halmstad. Presentation. http://www.limnologerna.org/VD2007/16_goran_sahlen_trollsländor.pdf 2014-12-07.
- Sandvik, S. M. och A. Odland 2014. Changes in alpine snowbed-wetland vegetation over three decades in northern Norway. *Nordic Journal of Botany* nr 32. Sid 377-384.
- Schäfer, M. och Lundström, J. 2009. The present distribution and predicted geographic expansion of the floodwater mosquito *Aedes sticticus* in Sweden. *Journal of Vector Ecology*. 34: 141-147.
- Scridel, D., Brambilla, M., Martin, K., Lehtikainen, A., Iemma, A., Matteo, A., Jähnig, S., Caprio, E., Bogliani, G., Pedrini, P., Rolando, A., Arlettaz, R. & Chamberlain, D. 2018. A review and meta-analysis of the effects of climate change on Holarctic mountain and upland bird populations. *Ibis*, 160(3), sid. 489–515.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009. Forest resilience, biodiversity and climate change – a synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. CBD Technical Series no. 43.
- Skogsstyrelsen (Claesson, S.) 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008 –SKA-VB 08. Rapport 25 2008. Skogsstyrelsens förlag, Jönköping
- SNA 1996. Sveriges Nationalatlas. Gustafsson, L. & Ahlén, I. (red). Växter och Djur.
- Snickars M., m.fl 2014. Impact of eutrophication and climate change on fish and zoobenthos in coastal waters of the Baltic Sea. *Marine biology*. Published online 20 November 2014.
- Statens Geotekniska Institut 2011. Västerbottens län – Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys – Naturolyckor. Rapport, Diarienummer: 2-1005-0372.
- Stephens, P. A., Mason, L. R., Green, R. E., Gregory, R. D., Sauer, J. R., Alison, J., Aunins, A. & Brotons, L. 2016. Consistent response of bird populations to climate change on two continents. *Science*, 352(6281), sid. 84–87.
- Strand, M., Aronsson, M., & Svensson, M. 2018. Klassificering av främmande arters effekter på biologisk mångfald i Sverige – ArtDatabankens risklista. *ArtDatabanken Rapporterar* 21. ArtDatabanken SLU, Uppsala.
- Ström, L., m.fl., 2011. Hydrologic effects on riparian vegetation in a boreal river: an experiment testing climate change predictions. *Global Change Biology* nr 17. Sid 254–267.
- Ström, L., m.fl., 2012. Projected changes in plant species richness and extent of riparian vegetation belts as a result of climate-driven hydrological change along the Vindel River in Sweden. *Freshwater Biology* nr 57. Sid 49-60.
- Sundberg, S 2014. Boreal plant decline in southern

- Sweden during the twentieth century. *New Journal of Botany* vol 4 Nr 2.
- Sundström, T. & Olsson, C. 2005. Västerbottens kustfågelfauna – inventering av kustfågelbestånden 2001/2002. Länsstyrelsen Västerbotten. Meddelande 4, 2005.
- Svensson S., m.fl. 1999. Svensk fågelatlas. Vår Fågelvärld, supplement 31. Stockholm.
- Tayleur, C., Caplat, P., Massimino, D., Johnston, A., Jonzén, N., Smith, H. G. & Lindström, Å. 2015. Swedish birds are tracking temperature but not rainfall: Evidence from a decade of abundance changes. *Global Ecology and Biogeography*, 24(7), sid. 859–872.
- Tayleur, C. M., Devictor, V., Gaüzère, P., Jonzén, N., Smith, H. G. & Lindström, Å. 2016. Regional variation in climate change winners and losers highlights the rapid loss of cold-dwelling species. *Diversity and Distributions*, 22(4), sid. 468–480.
- Taylor, A.R. m.fl. 2004. Response of different decomposer communities to the manipulation of moisture availability: potential effects of changing precipitation patterns. *Global Change Biology* 10, 1313–1324.
- Thompson, I., m.fl. 2009. Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series no. 43, 67 pages.
- Thuiller, W., m.fl. 2008. Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* nr 9. Sid 137–152.
- Tysklind, M. och P. Haglund 2012. Miljögifter och klimatförändringar. I HavsUtsikt nr 3, s 10-11
- Virkkala, R., m.fl. 2010. Predicting range shifts of northern bird species: Influence of modelling technique and topography. *Acta Oecologica* nr 36. Sid 269-281.
- Wang, C. J., Wan, J. Z. and Zhang, Z. X. 2017. 'Expansion potential of invasive tree plants in ecoregions under climate change scenarios: an assessment of 54 species at a global scale', *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(8), sid. 663–670.
- Wegge, P. & Rolstad, J. 2017. Climate change and bird reproduction: Warmer springs benefit breeding success in boreal forest grouse. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1866).
- Weiskopf, S. R., Ledee, O. E. och Thompson L. M. 2019. Climate Change Effects on Deer and Moose in the Midwest. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 83(4). Sid. 769–781
- Wikner J. och A. Andersson 2012. Increased freshwater discharge shifts the trophic balance in the coastal zone of the northern Baltic Sea. *Global Change Biology* nr 18. Sid 2509–2519
- Zhaojun, B., m.fl. 2011. The response of peatlands to climate warming: A review. *Acta Ecologica Sinica* nr 31. Sid 157–162.
- Zhu, K., m.fl. 2012. Failure to migrate: lack of tree range expansion in response to climate change. *Global Change Biology* nr 18. Sid 1042–1052.
- Östergård, S., Inghe, O., Abenius, J., Carlsson, A. L. & Schönberg Alm, D. 2015. Skog & mark - Om tillståndet i svensk landmiljö Tema: Fjäll. Naturvårdsverket.
- Webbsidor:**
- Artdatabanken 2014. <http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/artdatabanken/naturtyper/>
- Centrum för biologisk mångfald 2014. <http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/centrum-for-biologisk-mangfald-cbm/biologisk-mangfald/>
- Climate Impacts Research Center (CIRC), Umeå Universitet. November 2019. <https://www.arcticcirc.net>
- Om EcoChange, November 2014. Umeå Marina Forskningscenter <http://www.umf.umu.se/english/ecochange/om-ecochange--pa-svenska-/>
- Om forskning från EcoChange, November 2019. Umeå Marina forskningscenter <https://www.umu.se/ecochange/>
- Personliga kontakter:**
- Anderson, Jennifer. Uppsala universitet
- Andersson, Agneta. Umeå Universitet
- Bylund, Helena. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala
- Bäcklin, Britt-Marie. Naturhistoriska riksmuseet
- Edenius, Lars. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå
- Elmberg, Johan. Högskolan Kristianstad
- Greenberg, Larry. Karlstads universitet
- Hof, Anouschka. Umeå Universitet, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå
- Jonsson, Bengt-Gunnar. Mittuniversitetet
- Jönsson, Anna Maria. Lunds universitet
- Kullman, Leif. Umeå universitet
- Lindström, Åke. Lunds universitet
- Magnusson, Magnus. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå
- Milbau, Ann. Umeå Universitet, Abisko
- Nilsson, Christer. Umeå Universitet
- Olofsson, Johan. Umeå Universitet
- Schäfer, Martina. BIOLOGISK MYGGKONTROLL, mygg.se
- Sundberg, Sebastian. ArtDataBanken
- Taylor, Astrid. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala
- Vrede, Tobias. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala

Egna anteckningar

Här kan du notera egna upplevelser om hur naturen förändras på grund av klimatförändringar eller om du har läst något om detta.

Är du intresserad av hur klimatet påverkar naturen nära dig? Hjälp oss myndigheter och forskare genom att skriva ner dina iakttagelser. På naturenskalender.se eller artportalen.se kan du skriva ner dina iakttagelser direkt på hemsidan eller använda en app.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal green ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



Rapportserie 09/2019

Kontaktuppgifter

Enheten för samhällsskydd, Micael Bredefeldt

Länsstyrelsen i Norrbottens län, 971 86 Luleå

Telefon: 010-225 50 00

E-post: norrbotten@lansstyrelsen.se

Omslagsfoto

Jörgen Naalisvaara, Länsstyrelsen Norrbotten

ISSN 0283-9636



Länsstyrelsen
Norrbotten