

868

Effekter av predatorkontroll og klima på bestandsforhold hos ærfugl på Svalbard

NINA Rapport

Sluttrapport for Svalbards Miljøvernfond

Børge Moe, Sveinn Are Hanssen, Bård-Jørgen Bårdsen, Frank Hanssen, Sophie Bourgeon, Olga Pavlova, Carl Petter Nielsen, Sebastian Gerland, Geir W. Gabrielsen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Effekter av predatorkontroll og klima på bestandsforhold hos ærfugl på Svalbard

Sluttrapport for Svalbards Miljøvernfond

Børge Moe, Sveinn Are Hanssen, Bård-Jørgen Bårdsen, Frank Hanssen,
Sophie Bourgeon, Olga Pavlova, Carl Petter Nielsen, Sebastian Gerland,
Geir W. Gabrielsen



Moe, B., Hanssen, S.A., Bårdsen, B-J., Hanssen, F., Bourgeon, S., Pavlova, O., Nielsen, C.P., Gerland, S. & Gabrielsen, G.W. 2012. Effekter av predatorkontroll og klima på bestandsforhold hos ærfugl på Svalbard. Sluttrapport for Svalbards Miljøvernfond - NINA Rapport 868, 30 s.

Tromsø, mai 2012

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2463-5

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Sidsel Grønvik

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Sidsel Grønvik (sign.)

OPPDRAKSGIVER

Svalbard Miljøvernfond

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Trine Krystad

FORSIDEBILDE

Ærfugl ligger på reir i Kongsfjorden. Foto: Per Flodin

NØKKEWORD

- Kongsfjorden, Bellsund, Eholmen, Svalbard
- Ærfugl, *Somateria mollissima*, sjøfugl
- predatorkontroll, klima, bestandsdynamikk, fenologi, dunvær, fangst
- forskningsrapport

KEY WORDS

Svalbard, Common eider, *Somateria mollissima*, climate, population dynamics, phenology, sea ice, predator control, eider down harvesting,

Sammendrag

Moe, B. Hanssen, S.A., Bårdsen, B.-J., Hanssen, F., Bourgeon, Pavlova, O., Nielsen, C.P., Gerland, S., & Gabrielsen, G.W. 2012. Effekter av predatorkontroll og klima på bestandsforhold hos ærfugl på Svalbard. NINA Rapport 868, 30 s.

Ærfugl ble totalfredet på Svalbard i 1963, og 15 fuglereservater ble opprettet i 1973 med formål om å sikre viktige hekkeområder for fugl, særlig ærfugl og gress. På bakgrunn av dette er det viktig å kartlegge hva som påvirker ærfuglens bestandsutvikling på Svalbard. I Kongsfjorden, som inkluderer Kongsfjorden og Blomstrandhamna fuglereservat, er ærfuglbestanden overvåket av Norsk Polarinstitutt siden 1981. På Eholmen har Louis Nielsen drevet dunvær siden 1987. Her har han utført predatorkontroll som har hatt til hensikt å redusere eggpredasjon fra isbjørn, fjellrev, polarmåke og tyvjo. Samtidig har han gjort årlige registreringer av antall ærfuglreir, og det har gitt en unik mulighet til å undersøke bestandsutviklingen i disse to områdene. Siden Eholmen har vært underlagt predatorkontroll, og Kongsfjorden ikke har vært det, har vi sammenlignet disse to populasjonene for å se på betydning av predatorkontroll på bestandsutviklingen hos ærfugl. Klimaet er i hurtig endring i Arktis, med økende temperaturer og minkende mengder havis. I dette studiet har vi også undersøkt hvordan klima påvirker bestandsutvikling i begge ærfugl populasjonene. Prosessstudier har gitt detaljerte data fra Kongsfjorden. Her har vi fokusert på tidspunkt for hekking og fordeling av ærfugl på ulike holmer, for å øke forståelsen av hvilke klimatiske mekanismer som har størst betydning for ærfugl.

De viktigste resultatene

Resultatene våre viser at ærfuglbestandene i Kongsfjorden og på Eholmen har hatt forskjellig bestandsutvikling og dynamikk. Bestanden på Eholmen har hatt en kraftig positiv utvikling, mens Kongsfjorden har vært stabil over studieperioden (1981-2011). Vi har også vist at isbjørn i økende grad har besøkt Eholmen over tid. En populasjonsdynamisk modell viste at predatorkontroll hadde en stor positiv effekt på områdets bærekapasitet. Den estimerte bærekapasiteten for Eholmen, der predasjonsratene ble redusert, var 3,4 ganger høyere enn for Kongsfjorden. Vi kan ikke fastslå de nøyaktige mekanismene bak dette, men en simuleringsmodell viste at en predatorkontroll som fører til 20-30 % reduksjon i eggpredasjon er tilstrekkelig for å gi en positiv bestandsutvikling lik den vi har observert for Eholmen. Dette scenarioet er konservativt i den forstand at det forutsetter ingen immigrasjon eller emigrasjon. Vi forventer at predatorkontrollen også har en positiv effekt på immigrasjonen, noe som betyr at en enda lavere predasjonsreduksjon er forventet å kunne gi samme positive bestandsutvikling. Klimaet har endret seg gjennom studieperioden, og det har inkludert høyere luft- og havtemperaturer, mindre havis og tidligere is- og snøsmelting på våren. Vi fant at hekkebestanden er større i år med lite havis. Ærfuglene går også tidligere til hekking i år med tidlig isgang og snøsmelting. Klimaendringene har så langt ikke ført til en større bestand i Kongsfjorden, men den romlige fordelingen av hekkende ærfugl har endret seg slik at holmer med relativt sen isgang har fått en økt andel av bestanden.

Miljøgevinst

Dette er det første studiet som undersøker effekten av predatorkontroll og klima på bestandsutvikling hos ærfugl på Svalbard. Studiet har dokumentert at predatorkontroll har en stor og positiv effekt på bestandsutviklingen. Det betyr at eggpredasjon er en veldig viktig faktor for bestandsutviklingen til ærfugl. Studiet diskuterer også avveininger knyttet til predatorkontroll og gir således et godt faglig grunnlag for forvaltning av fangstmannsrollen i dunvær på Svalbard. Studiet gir kunnskap om populasjonsdynamikken til ærfugl, noe som gir bedre forståelse av effekten av historiske og fremtidige forvaltningstiltak. Studiet viser også at et varmere klima har positiv effekt på en rekke hekkebiologiske forhold hos ærfugl. Paradokset

er at de fleste naturlige ærfuglpopulasjoner ikke er i økning selv om klimaet stadig har blitt varmere.

Forslag til tiltak

1. Tidsseriene med bestandsdata på ærfugl bør opprettholdes. Det betyr at den pågående forskningsbaserte overvåkning av bestandsutvikling hos ærfugl bør opprettholdes i Kongsfjorden. Det betyr også at registreringene i dunværet på Eholmen, i regi av fangstmannen, bør opprettholdes.
2. Predatorkontroll bør opprettholdes på Eholmen dersom man ønsker å opprettholde nåværende bestandsnivå av ærfugl, som gir et godt ressursgrunnlag for dunværet. Den nåværende bærekapasiteten er beregnet å være >3,4 ganger høyere enn tilsvarende uten predatorkontroll.
3. I tillegg til telling av bestandsstørrelse er det nødvendig med prosessorienterte studier for å forstå mekanismene bak bestandsutviklingen. Slike studier har vært gjennomført i Kongsfjorden og bør fortsette. Det gir data på voksenoverlevelse, hekkesuksess, predasjon, migrasjon, miljøgifter og fenologi/tidspunkt for hekking. Dette understreker også viktigheten av kontinuitet og det å ha data over mange år.
4. Man bør også studere i hvilken grad ærfugl står over hekking. Det har mye å si for forståelsen av de store årsforskjellene som vi observerer i antall reir. Migrasjonsstudiene som bruker såkalte lysloggere, i kombinasjon med beregning av årlige gjensynsrater for individmerkede fugler, er antakeligvis godt egnet til å belyse dette.
5. En integrering av klimadata og effektstudier som tar i bruk ulike vitenskapelige tilnærminger, der en kombinasjon av modellering og statistiske analyser av empiriske data, kan føre til økt informasjon om hvilke mekanismer som påvirker ærfuglbestander. En slik tilnærming vil sannsynligvis være nøkkelen for å kunne løse det paradokset at et varmere klima positivt påvirker en rekke demografiske parametere samtidig som at et varmere klima ikke ser ut til å føre til økt antall ærfugl.
6. Studier for å bedre kunnskapen om ærfuglenes predatorer. Dette studiet har identifisert kunnskapshull om de forskjellige predatorartene og deres effekt på ærfugl.

Hva er viktig for miljøforvaltningen?

Dette studiet bidrar til en økt forståelse av hva som påvirker bestandsutviklingen til ærfugl på Svalbard. Det gir et faglig grunnlag for framtidig forvaltning av arten, samt en forståelse for hvordan forvaltningstiltakene fra 1963 og 1973 har virket på ærfuglbestanden. Høsting av dun har hatt både økonomisk og kulturell betydning på Svalbard. Dette studiet gir et naturfaglig grunnlag for forvaltning av fangstmannsrollen i dunværet på Eholmen, som er det eneste i sitt slag på Svalbard.

Moe, B. (borge.moe@nina.no), Hanssen, S.A. (sveinn.a.hanssen@nina.no), Bårdsen, B.-J. (bjb@nina.no), Bourgeon, S. (sophie.bourgeon@nina.no), NINA, Framsenteret, 9296 Tromsø, Hanssen, F. (frank.hanssen@nina.no), NINA, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim, Nielsen, C.P. (Carl.Petter.Nielsen@statkart.no), Statens Kartverk, 9173 Ny-Ålesund, Pavlova, O. (olga.pavlova@npolar.no) Gerland, S. (sebastian.gerland@npolar.no), Gabrielsen, G.W. (gabrielsen@npolar.no), Norsk Polarinstitutt, Framsenteret, 9296 Tromsø

Abstract

Moe, B. Hanssen, S.A., Bårdsen, B.-J., Hanssen, F., Bourgeon, Pavlova, O., Nielsen, C.P., Gerland, S., & Gabrielsen, G.W. 2012. Effects of predator control and climate on population trends of common eiders in Svalbard. NINA Rapport 868, 30 pp.

The common eider became a protected species in Svalbard in 1963, and in 1973, 15 bird reserves were established, with the purpose of protecting important bird breeding areas, especially the common eider and geese. Hence, it is important to study the factors affecting the common eider population size in Svalbard. In Kongsfjorden, which includes Kongsfjorden and Blomstrandhamna bird reserves, the common eider population has been monitored by the Norwegian Polar Institute since 1981. On Eholmen Louis Nielsen has been a down harvester. Since 1987, he has managed this island as an eider farm and executed predator control for the purpose of reducing the egg predation from the polar bear, Arctic fox, glaucous gull and Arctic skua. During this work, he has also conducted annual counts of the common eider breeding population, which has provided a unique opportunity to study the population sizes and trends in these two areas. Since Eholmen has been managed with predator control, while Kongsfjorden has not, we have compared these populations to study the effect of predator control on common eider population size. The climate is currently changing rapidly in the Arctic, with increasing temperatures and decreasing sea ice cover. In this study we have also investigated how climatic variation has affected the common eider population sizes. Mechanistic studies have provided more detailed data from Kongsfjorden. Here we have focused on timing of breeding and breeding distribution on different islands, in order to increase the understanding of how climatic factors affect the common eider.

The most important results

The results show that the common eider populations in Kongsfjorden and on Eholmen have shown contrasting population trends and dynamics. The population on Eholmen has substantially increased, while the population has been stable in Kongsfjorden over the study period (1981-2011). We have also shown that polar bears have increased their presence on Eholmen over time. A population dynamic model showed that predator control had a substantial positive effect on the island's carrying capacity. The estimated carrying capacity for Eholmen, where the egg predation was reduced, was 3.4 times higher compared to Kongsfjorden. We cannot reveal the mechanisms behind this effect. However, a simulation model showed that a predator control with 20-30% reduced egg predation rates is sufficient to create the observed positive population trend on Eholmen. This is a conservative scenario, as it assumes no immigration or emigration. We expect that the predator control has also caused immigration to Eholmen, which means that an even lower effect on egg predation rates can cause the same observed positive population trend. The climate has changed over the study period, including higher air- and sea temperatures, less sea ice and earlier sea ice and snow cover retreat in spring. We found that the breeding population size was higher in years with less sea ice. The common eiders initiated breeding earlier in years with early sea ice and snow cover retreat. The climate changes have not been paralleled with an increasing population size in Kongsfjorden. However, the spatial distribution of breeding common eiders has changed. Islets with relatively late sea ice retreat have got a higher proportion of the breeding population.

Benefits for the environment

This is the first study to investigate the effect of predator control and climate on population biology of common eiders in Svalbard. The study has shown that predator control has a substantial positive effect on population size. This emphasizes the importance of egg predation on common eider breeding success and population size. This study discusses management considerations with respect to predator control and provides a biological basis for the management of down harvesting in Svalbard. This study also provides knowledge about the population dynamics of the common eider, which in turn provides a better understanding of the outcome of previous and future management actions. This study also shows that a warmer

climate has a positive effect of several aspects of the breeding biology of the common eider. It is therefore a paradox that the sizes of most natural common eider populations do not seem to increase, despite the trend for a warmer climate.

Suggested actions

1. The time series on common eider population sizes should be continued. Thus, the ongoing research-based monitoring of the common eider population size should be continued in Kongsfjorden. It also means that the counts of the population size on Eholmen, by the down harvester, should continue.
2. Predator control should be continued on Eholmen if the goal is to maintain the present population size, which in turn provides a good resource base for the down harvesting. The present carrying capacity is estimated to be >3.4 times higher compared to a situation without predator control.
3. In addition to monitoring population size, it is important to conduct process studies to reveal the mechanisms behind the population trends. Such studies have been conducted in Kongsfjorden and should be continued. They provide data on adult survival, breeding success, predation, migration, pollutants and timing of breeding. This emphasizes the importance of continuity and long term data series.
4. One should also study breeding propensity of common eiders. This is important for understanding the large variation in annual population size. The migration studies using the light-level geolocators, in combination with calculations of annual return rates, might be well suited for this task.
5. An integration of climate data and effect studies with different scientific approaches, e.g. a combination of modeling and statistical analyses of empirical data, may lead to a better understanding of the mechanisms affecting common eider population size. Such an approach can be a potential key for solving the apparent climate-eider paradox.
6. Studies of the predators of the common eiders. This study has identified gaps in the knowledge of the different predator species and their effects on common eiders.

What is important for the conservation management?

This study contributes to a better understanding of factors affecting common eider population size in Svalbard. It provides a scientific basis for future management of the species, as well as an understanding of how the management actions from 1963 and 1973 have affected the common eider population. Down harvesting had and have an economic and cultural value in Svalbard. This study provides a biological basis for management of the eider down harvesting on Eholmen, which is unique in Svalbard.

Moe, B. (borge.moe@nina.no), Hanssen, S.A. (sveinn.a.hanssen@nina.no), Bårdsen, B.J. (bjb@nina.no), Bourgeon, S. (sophie.bourgeon@nina.no), NINA, FRAM - High North Research Centre for Climate and the Environment, 9296 Tromsø, Norway, Hanssen, F. (frank.hanssen@nina.no), NINA, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim, Norway, Nielsen, C.P. (Carl.Petter.Nielsen@statkart.no), Statens Kartverk, 9173 Ny-Ålesund, Norway, Pavlova, O. (olga.pavlova@npolar.no) Gerland, S. (sebastian.gerland@npolar.no), Gabrielsen, G.W. (gabrielsen@npolar.no), Norwegian Polar Institute, FRAM - High North Research Centre for Climate and the Environment, 9296 Tromsø, Norway

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	5
Innhold	7
Forord	8
1 Innledning.....	9
2 Metode	11
3 Resultater	15
4 Diskusjon.....	20
5 Referanser	26
6 Tabeller	29

Forord

Arbeidet med denne rapporten er finansiert av Svalbards Miljøvernfond, samt Norsk institutt for naturforskning og Norsk Polarinstitut. Arbeidet har foregått i perioden april 2011 – mai 2012.

Prosjektet har vært et samarbeid mellom NINA, Norsk Polarinstitut og Louis Nielsen. Det bygger på årlige bestandsdata fra perioden 1981-2011 i Kongsfjorden og 1987-2010 på Eholmen i Bellsund. Vi vil rette en stor takk til Louis Nielsen som har gjort årlige registreringer av ærfuglbestanden samtidig som han har drevet dunværet på Eholmen. Dette har han gjort på en systematisk og god måte som har gjort det mulig for oss å analysere dataene vitenskapelig. Ved å bidra med disse dataene har han hatt en avgjørende betydning for dette prosjektet. Han har også bidratt med all informasjonen som er knyttet til driften av dunværet, samt andre fakta om dyrelivet ved Eholmen. Prosjektgruppen vil også takke Fridtjof Mehlum som i regi av Norsk Polarinstitut startet overvåkingen av ærfugl i Kongsfjorden og som begynte samarbeidet med Louis Nielsen. Vi takker alle kollegaer og feltarbeidere som har deltatt under arbeidene i Kongsfjorden og på Eholmen. Sanja Forsström takkes for tilrettelegging av Norsk Polarinstituts albedodata fra Sverdrupstasjonen, Frode Dinnessen (Meteorologisk Institutt) for data på iskonsentrasjoner og Thierry Raclot (Centre national de la recherche scientifique) for data på hekkestart i Kongsfjorden. Sysselmannen på Svalbard takkes for tillatelser og tilrettelegging av fangstrapporter, og Svalbards Miljøvernfond takkes for finansiell støtte.

Tromsø, mai 2012



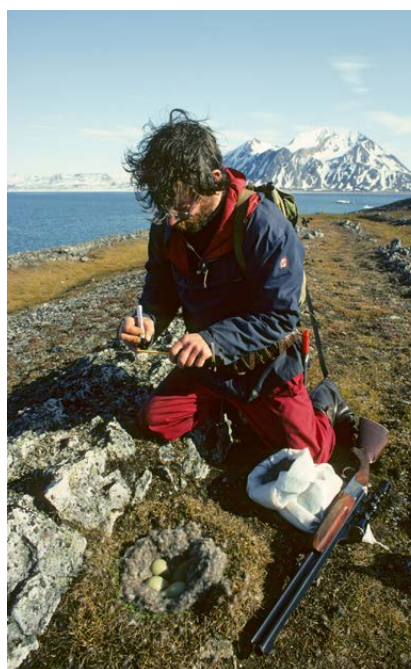
Børge Moe
prosjektleder

1 Innledning

Ærfugl (*Somateria mollissima*) er en havdykkand som hekker i den arktiske og boreale sonen rundt hele den nordlige halvkule. I Europa hekker ærfugl fra Nederland i sør til Svalbard i nord. Bestanden på Svalbard tilhører underarten *S. m. borealis*, og de fleste individene hekker på små holmer, selv om noen også hekker langs kysten av de store øyene. Det er relativt store tettheter på de små holmene som er egnet for hekking. Mesteparten av bestanden hekker på vest- og nordvestkysten av Spitsbergen og på Tusenøyane (Strøm 2006). Svalbardbestanden er migrerende, og befinner seg omtrent halve året på Svalbard. Våre tracking-studier med bruk av lysloggere har vist at ærfuglene på Svalbard overvintrer ved kysten av Island eller Nord-Norge (Moe m.fl. upubliserte data).

Ærfugl er en langt-levende art som har en spesiell hekkestrategi. Det er kun hunnen som ruger eggene og deltar i ungeomsorgen. Det fører til at hunnen faster gjennom hele perioden fra egglegging til klekking, og de forlater reiret kun i korte pauser for å drikke (Gabrielsen m.fl. 1991). I disse pausene er reiret ubevoktet, og eggene er utsatt for predasjon (Mehlum 1991a). De legger 3-6 egg og ligger på eggene ca. 24-25 dager etter at siste egget er lagt. Reiret er på bakken og isoleres godt med dun som hunnen plukker fra seg selv. Ærfugl legger langt flere egg enn det antallet unger som overlever. Mange egg og unger blir tatt av predatorer, der de mest betydningsfulle er polarmåke (*Larus hyperboreus*), fjellrev (*Alopex lagopus*) og isbjørn (*Ursus maritimus*). I tillegg kan også tyvjo (*Stercorarius parasiticus*) predatere egg.

Det finnes lange tradisjoner med å benytte egg og dun fra ærfuglene som en verdifull ressurs for mennesker, og på Vega i Nordland har dunværene fått verdensarv-status av UNESCO. Egg har vært en ernæringsmessig ressurs, mens dunen har gitt gode inntekter pga høy kvalitet og høy kilo-pris. På Svalbard har egg- og dunsanking hatt betydning for mange fangstmenn og kvinner opp gjennom tidene, selv om omfang, betydning og metoder har vært varierende (Rossnes 1992). Louis Nielsen er kanskje den eneste fangstmannen på Svalbard som har drevet dunsanking på stor skala og på en kontrollert måte (**Fig. 1**). I perioden 1987-2010 har han drevet dunvær på Eholmen i Bellsund (**Fig. 2**), etter metoder som har vært inspirert av islandske ærfugl-farmere. Predatorkontroll er sentralt i denne metoden. Det betyr at man skaper beskyttelse for ærfuglene mot deres eggpredatorer, for å skape gode hekkeforhold for ærfuglene, med god egg- og ungeoverlevelse. Dette gjøres for å maksimere mengden dun som kan høstes over tid, samt for å få god dunkvalitet, siden eggpredasjon gir eggeseøl i dunen.



Figur 1. Louis Nielsen merker ærfuglreir og samler dun på Eholmen i Bellsund. Foto: Arcticphoto

I dag regner man med at Svalbardbestanden av ærfugl teller mellom 13500 og 27500 par (Strøm 2006). Selv om man ikke har sikre bestandstall som går langt tilbake i tid, så har man antatt at ukontrollert høsting av dun og egg på begynnelsen av 1900-tallet har vært negativt for ærfuglbestanden (Prestrud & Mehlum 1991, Rossnes 1992). Dette var høsting som hadde preg av plyndring og som har påvirket hekkesuksessen til ærfuglene negativt. Dette og andre potensielle antropogene påvirkningsfaktorer var medvirkende til at ærfugl ble totalfredet på

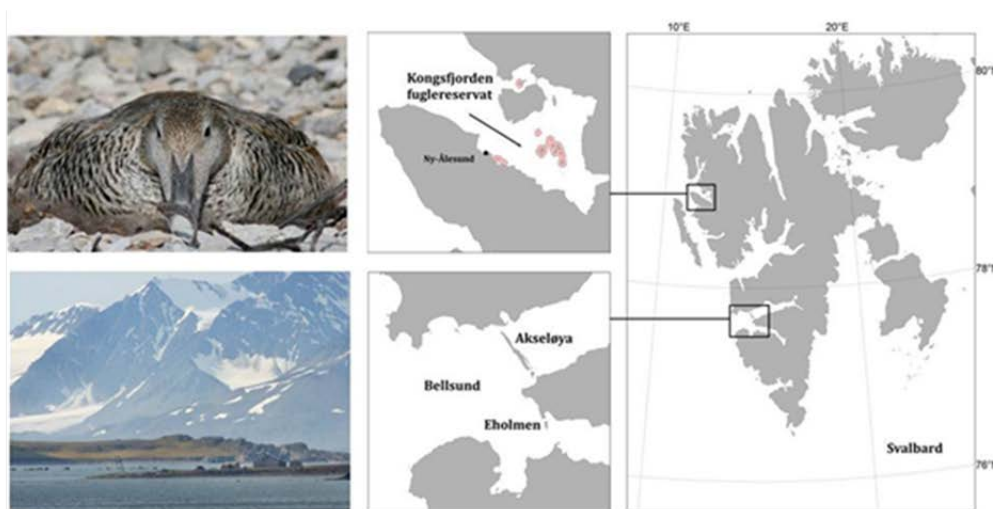
Svalbard i 1963. Videre ble det opprettet 15 fuglereservater i 1973, der formålet var å sikre viktige hekkeområder for fugl, og da særlig for ærfugl og gress. Derfor er det viktig å kartlegge bestandsutviklingen hos ærfugl over tid, og forstå hva som påvirker den. I Kongsfjorden, som inkluderer Kongsfjorden og Blomstrandhamna fuglereservat, har ærfuglbestanden blitt overvåket av Norsk Polarinstitutt siden 1981. På Eholmen har Louis Nielsen gjort årlige registreringer av antall ærfugl reir siden 1987. Det har gitt oss et unikt oppsett der Eholmen har vært underlagt en form for manipulering der eggpredasjonen har blitt redusert, samtidig som at Kongsfjorden representerer en kontrollbestand uten manipulering. Dette gjør at vi kan bruke disse bestandene i et naturlig eksperiment der vi sammenligner disse populasjonene for å se på betydning av predatorkontroll på bestandsutviklingen hos ærfugl på Svalbard.

Bestandsutviklingen hos ærfugl kan også påvirkes av klima. I Arktis er klimaet i hurtig endring, med økninger i temperatur samt reduserte is- og snødekker (Serreze m.fl. 2007, Moe m.fl. 2009, AMAP 2011). Dette kan påvirke både de fysiske forholdene for hekking, slik som tidspunkt for når holmene blir frie for is og snø (Mehlum 1991b, Svendsen m.fl. 2002, Chaulk & Mahoney 2012) og det marine miljøet og næringstilgangen for ærfugl (Carroll & Carroll 2003). Derfor har vi undersøkt om klima har påvirket bestandsutviklingen i begge populasjonene. I tillegg har vi brukt lokale klimatiske og biologiske data fra Kongsfjorden for å se hvordan is og snøforhold påvirker tidspunkt for hekking hos ærfugl og fordelingen av hekkende ærfugl på holmene i Kongsfjorden.

2 Metode

Bestandstall

Bestandstallene er registrert som antallet reir. I Kongsfjorden ble det gjort årlig i perioden 1981-2011, bortsett fra 1988, -92 og -94, og det samme ble gjort på Eholmen i perioden 1987-2010, bortsett fra 2005. Kongsfjorden inkluderer data fra 14 holmer med et samlet areal på 1,3 km², mens det for Eholmen er på 0,5 km². (Fig. 2). De første ærfuglene starter hekkingen i overgangen mai-juni (Mehlum 1991b). De fleste hunnene legger egg innenfor en periode på ca. 3 uker (ca 80 %), men noen individer kan legge egg > 6 uker etter at de første startet (Moe m.fl. upubliserte data). Tellingene ble gjort etter at de fleste hadde lagt eggene sine og før de hadde begynt å klekke (Mehlum 1991b). I Kongsfjorden er hver holme telt én gang hvert år. I tilfeller hvor en holme er blitt undersøkt mer enn en gang i løpet av hekkesesongen, er det største antallet benyttet. Eholmen er undersøkt flere ganger per sesong, og det er blitt benyttet reirpinner for å skille nye og gamle reir. Dermed unngår man å telle samme reiret flere ganger (pseudoreplikasjon), men det gir et kumulativt tall på antall reir gjennom en sesong. Det kan bety at man overestimerer bestandstallet på Eholmen litt i forhold til Kongsfjorden, fordi man inkluderer noe flere reir som er etablert sent. Dette forholdet har ikke betydning for konklusjonene i denne rapporten. Det som er viktig er at tellingene ble gjort likt hvert år.

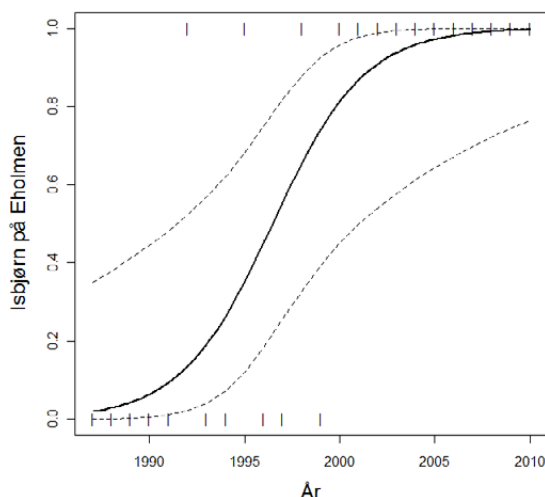


Figur 2. Bestandutviklingen til ærfugl er kartlagt siden 1981 på øyene i Kongsfjorden og siden 1987 på Eholmen i Bellsund. Kongsfjorden er fuglereservat (rosa felt), mens Eholmen er dunvær hvor fangstmann Louis Nielsen har drevet predatorkontroll. Bildet nederst til venstre viser fangststasjonen på Akseloya, men Nielsen har bodd på bifangststasjonen på Eholmen i ærfugl-sesongen. Foto: Elise Biersma og Per H. Olsen

Predatorkontroll på Eholmen

Skjøtsel av dunværet på Eholmen innebærer at fangstmannen har beskyttet ærfuglene mot eggtap til de viktigste predatorene. Det har inkludert skremming av isbjørn for å jage den vekk fra holmen, skremming og avliving av fjellrev, samt skremming og avliving av polarmåke og tyvjo. Isbjørn har vist økt tilstedeværelse på Eholmen over tid. I de første årene var det svært liten sannsynlighet for å observere isbjørn på holmen, mens det har det vært tilnærmet 100 % sannsynlighet for å observere isbjørn på holmen de siste sesongene (Fig. 3). Fjellrev har fra tid til annen kommet seg med dravis over til Eholmen. Antall skutte fjellrev har variert mellom 0 og 4 (gjennomsnittlig 0,5 per år). Det er ingen trend over tid i dette materialet. Det samme gjelder tyvjo, hvor antallet har variert mellom 0 og 3 (gjennomsnittlig 1,5 per år). For polarmåker, derimot, har det vært en nedadgående trend i antallet skutt over tid ($r=-0,70$, $P<0,05$). I perioden fram til 2000 varierte antallet mellom 32 og 75 per år, i motsetning til 16 og 30 i årene etter 2000.

Figur 3. Isbjørn har kommet hyppigere på Eholmen i løpet av tidsperioden 1987-2010. Her vises den predikerte sannsynligheten for å observere isbjørn som funksjon av år (logistisk regresjon med 95 % konfidensintervall). Beregningen av sannsynlighet er gjort på bakgrunn av observasjoner fra hver hekkesesong (0=ingen observert, 1=minimum ett individ observert).



Klimatiske data

Klimatiske data på stor skala

North Atlantic Oscillation Index (NAO) som angir den barometriske forskjell mellom Island og Azorene, ble brukt som stor-skala indeks for vinterklimaet i det nordlige Atlanterhavet (desember-mars). Verdiene ble hentet fra National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA; <http://cpc.ncep.noaa.gov>).

Regionale data fra vestkysten av Spitsbergen

Data på iskonsentrasjon og lufttemperatur er hentet fra Meteorologisk institutt (<http://eklima.no>), sjøtemperatur fra British Atmospheric Data Centre (<http://badc.nerc.ac.uk>), mens data på albedo og fjordis er fra Norsk Polarinstitutt. Iskonsentrasjon er den prosentvise dekkningen med havis innen et gitt areal, og her er det beregnet som snittet av to geografiske ruter på vestkysten av Spitsbergen (78-79°N 10-11°E, 76-77°N 15-16°E, Moe m. fl. 2009). Sjøtemperatur er temperaturen i havoverflaten i den geografiske ruten (77-78°N 10-11°E) på vestkysten av Spitsbergen, mens lufttemperatur er målt ved Longyearbyen flyplass (78°13'N 15°39'E).

Lokale data fra Ny-Ålesund og Kongsfjorden

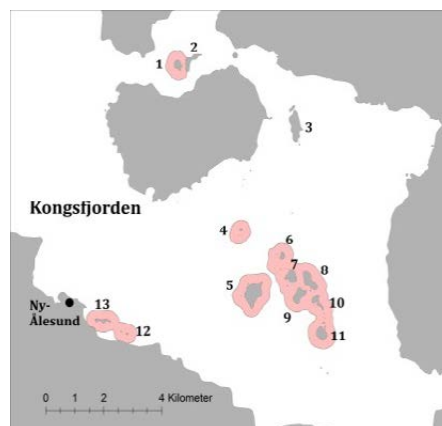
Måling av overflatealbedo er gjort ved Norsk Polarinstituts målestasjon i Ny-Ålesund (Hisdal m.fl. 1992, Winther m. fl. 2002). Albedo på 30 % er brukt til å angi første snøfrie dag. Kart over fjordisens utbredelse i Kongsfjorden ble brukt for å angi tidspunkt for isgang på våren/sommeren. For perioden 1981-1986 kom disse kartene fra Mehlum (1991b) og Lydersen & Gjertz (1986). Fra og med 2003 har isdekket i Kongsfjorden vært gjenstand for årlig overvåkning. Isdekkets utbredelse har blitt godt dokumentert med daglige bilder tatt fra Zeppelinfjellet (se Gerland og Renner 2007). Som en indeks på tidspunkt for isgang har vi valgt å bruke datoen for når isen har kommet bak de innerste holmene (Jutta, Sigridholmen, Innerholmen og Leirholmen, se Fig. 4). I 1981 var det kun laget kart for ett tidspunkt (6. juli). Da lå iskanten ved Storholmen (Mehlum 1991b), og vi beregnet dato for isgang ved å legge til 14 dager som er den gjennomsnittlige tiden det tar for iskanten å flytte seg fra Storholmen til bak de indre holmene. Det er imidlertid stor variasjon mellom år, men konklusjonene i analysene ble ikke påvirket av om vi antok at iskanten flyttet seg vesentlig hurtigere eller senere (± 1 standard avvik). Iskart var ikke tilgjengelig for 1987, men på bakgrunn av god beskrivelse av isforholdene i Mehlum (1991a) ble dag 150 valgt som tidspunkt for isgang.

Data på hekkestart i Kongsfjorden

I Kongsfjorden har vi benyttet data på hekkestart for periodene 1981-87 og 2003-11. Vi har definert hekkestart som dato for første reir, og har brukt forskjellige kilder og metoder for å

beregne dette. For perioden 1981-87 har vi benyttet publiserte data fra Mietholmen (Mehlum (1991a, b), og for perioden 2003-11 har vi benyttet upubliserte data fra Storholmen (Bourgeon m.fl., Moe m.fl., Fig. 4). Disse to holmene er blant de holmene hvor hekkingen starter tidligst hvert år. Vi antar at eventuell forskjell i hekkestart mellom holmene er liten sammenlignet med de forskjellene vi observerer mellom år, og at bruk av data fra to holmer ikke påvirker konklusjonene i denne rapporten. For de årene hvor man ikke har hatt observasjoner helt fra starten av hekkesesongen som har fanget opp første reir er hekkestart beregnet fra ekstrapolering av utvikling av antall reir eller fra observasjon av første unger klekket. Ved bruk av første klekking ble det antatt at klekking skjer 27,5 dager etter at første egg er lagt (gitt en kullstørrelse på 4 og 24,5 dager med ruging etter at siste egg ble lagt).

Figur 4. Kongsfjorden og holmene hvor ærfugl hekker. 1 Ytre Breøya, 2 Indre Breøya, 3 Gerdøya, 4 Eskjæret, 5 Storholmen, 6 Juttaholmen, 7 Observasjonsholmen, 8. Sigridholmen, 9 Midtholmen, 10 Innerholmen, 11 Leirholmen, 12 Mietholmen, 13 Prins Heinrichøya. Arealene som dekkes av fuglereservatene er omgitt av rosa felt.



Statistiske analyser

Vi har gjennomført tre sett av statistiske analyser hvor vi har sett på effekten av predator kontroll og sammenlignet populasjonsmessige forhold på Eholmen og Kongsfjorden. Siden Eholmen er kun én holme mens Kongsfjorden består av mange holmer og har et større areal, har vi fokusert på tetthet i analysene (antall reir per km²). 1) Først analyserte vi bestandsutviklingen over tid i begge populasjonene. Vi benyttet en såkalt Generalisert Additiv Modell (GAM) for å ta høyde for eventuell ikke-linearitet i sammenhengene (Wood 2006). 2) Deretter benyttet vi en såkalt Ricker-modell, der vi predikerer populasjonens vekstrate på log_e-skala (λ) som en funksjon av tetthet. På bakgrunn av dette beregnet vi bærekapasiteten (K) og den indre vekstraten (r) til hver av de to populasjonene (se Morris & Doak 2002). Bærekapasiteten er den tettheten som gir en forventet populasjonsvekst som er lik null (dvs ingen endring fra ett år til det neste), mens den indre vekstraten er den teoretiske populasjonsveksten når tettheten er null. Det mangler hhv. tre og ett år med data fra Kongsfjorden og Eholmen. Derfor ble årene med manglende data erstattet av predikerte verdier fra GAM-modellen. I Ricker-modellen valgte vi å kutte ut de syv første årene fra Eholmen. I disse årene var tilstedeværelsen og predator kontrollen veldig variabel mellom år, samtidig som vi antar at det tar noe tid før predator kontrollen får effekt i systemet. Dette grepet gjorde at K ble estimert med mindre usikkerhet og at K ble estimert til en noe høyere verdi, sammenlignet med om vi estimerte r og K på bakgrunn av alle dataene. 3) Den tredje analysen undersøkte effekten av klimatiske faktorer på tettheten i begge populasjonene med bruk av lineære modeller. Klimavariablene som ble undersøkt var a) juli-temperatur ($t-2$, dvs 2 år tidligere), b) april-temperatur, c) NAO og d) iskonsentrasjon i april. Vi justerte for antall fugl ved at vi testet for om vi fikk bedre modeller (vurdert ut fra modellseleksjonskriterier) ved å inkludere tetthet året før (dvs. $t-1$) samt interaksjonen mellom denne og manipuleringen i modellen vår (predator kontroll). Alle variablene, bortsett fra tetthet året før, ble de-trendet (dvs. vi brukte residualene fra sammenhengen mellom år og variablene). Forventningene knyttet til de enkelte klimavariablene var at; a) juli-temperatur to år tidligere kan ha betydning for oppvekstforholdene til ungene som rekrutteres inn i populasjonen tidligst to år etter klekking, b) april-temperaturen kan ha betydning for de energetiske kostnadene og kroppskondisjonen til hunnene forut for egglegging, som igjen kan ha betydning for om de går til hekking, c) vinterklimaet (NAO) kan påvirke kroppskondisjonen på vinteren som kan ha betydning for

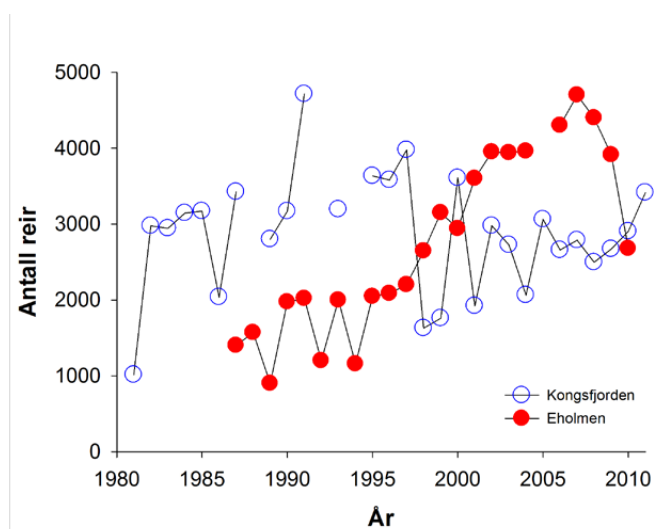
vinteroverlevelse og/eller sannsynligheten for å gå til hekking, og d) iskonsentrasjonen i april kan ha betydning for tilgjengeligheten til beiteområdene og påvirke tidspunktet for når hekkeholmene blir isfrie og hvorvidt de egner seg for hekking.

Til slutt gjorde vi ett siste sett av statistiske analyser hvor vi testet hvordan klimatiske faktorer påvirket ærfuglenes hekkestart i Kongsfjorden. Her benyttet vi lineære modeller. Alle analysene ble gjort med den statistiske programvaren R (R Development Core Team 2011).

3 Resultater

a) Bestandsutvikling over tid og effekten av predatorkontroll

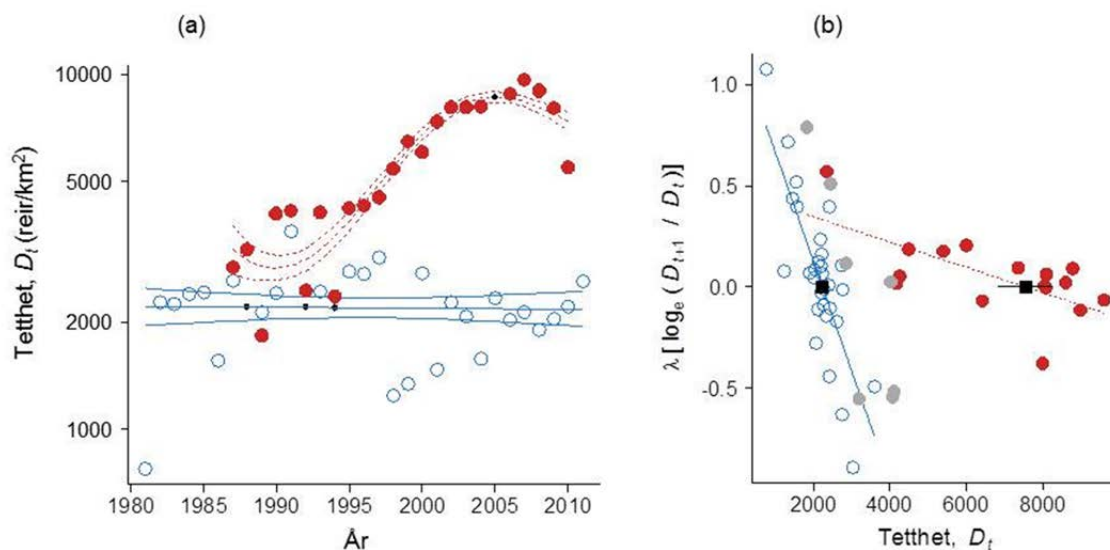
Ærfuglbestanden i Kongsfjorden har variert mellom 1014 og 4714 reir i perioden 1981-2011, og bestanden på Eholmen har vist omtrent samme minimum og maksimum (Fig. 5). Likevel er det store forskjeller i hvordan disse bestandene har utviklet seg over tid. Tettheten av ærfugl har økt kraftig på Eholmen hvor det har vært predatorkontroll, mens Kongsfjorden har vært stabil over studieperioden (Fig. 6a). Økningen i tetthet på Eholmen var særlig tydelig fra 1995, og det kan synes som den har stabilisert seg på en topp utover på 2000-tallet (Fig. 6a). De årlige tetthetene har også variert mye mellom år. GAM-modellen som viser forskjellige bestandsutvikling i de to populasjonene, har en forklaringsgrad på hele 92 % (Fig. 6a).



Figur 5. Bestandsutvikling hos ærfugl (antall reir) på holmene i Kongsfjorden og på Eholmen i Bellsund. Predatorkontroll har vært gjennomført på Eholmen i forbindelse med dunsanking, mens Kongsfjorden har vært uten.

b) Populasjonsdynamikk og effekten av predatorkontroll

I tråd med analysene over, fant vi også at det var stor forskjell på dynamikken i de to populasjonene. Resultatene fra Ricker-modellen viser at bærekapasiteten (K) var hhv. på 7537 og 2240 reir/km² for Eholmen og Kongsfjorden. Det gir en bærekapasitet som er over tre ganger høyere på Eholmen sammenlignet med Kongsfjorden (Fig. 6b, Tabell 1). Usikkerheten i disse estimatene, dvs. standardfeilen (SF) var vesentlig høyere for Eholmen (709) enn Kongsfjorden (89) (Tabell 1). Samtidig var den indre vekstraten (r) mye høyere i Kongsfjorden sammenlignet med Eholmen (Fig. 6b, Tabell 1). Det viser at tettheten i Kongsfjorden varierte med store utslag mellom år, rundt bærekapasiteten. Eholmen, derimot, hadde en svakere regulering. I antall reir, var bærekapasiteten beregnet til hhv. 3683 (± 343 SF) og 2991 (± 135 SF) for Eholmen og Kongsfjorden.

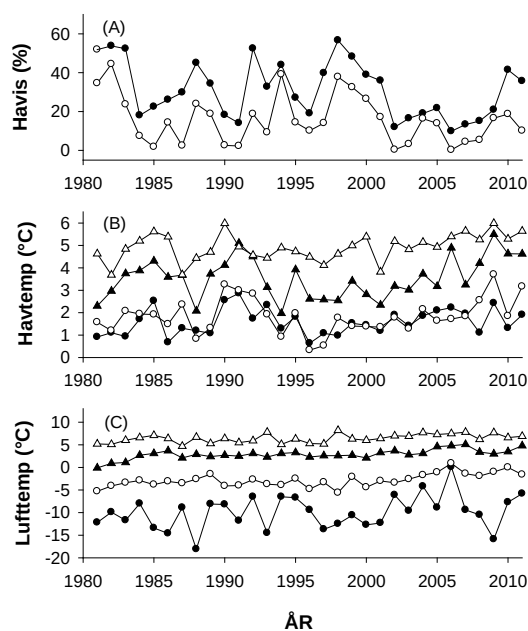


Figur 6. (a) Tetthet (antall reir per km²) som funksjon av år på Eholmen (røde symboler) og i Kongsfjorden (blå symboler). Utviklingen over tid er predikert med en GAM-modell og illustrert med rød og blå linje ($\pm 1SF$). **(b)** Populasjonenes vekstrate (λ) som funksjon av tetthet. Denne grafen viser også prediksjonene fra RICKER-modellen som angir bærekapasiteten til de to populasjonene (svarte symboler, K). Ricker-modellen er kjørt uten de syv første årene av tidsserien for Eholmen, og disse er vist med grå symboler.

c) Endringer og variasjon i klimavariabler over tid

Alle klimavariablene varierte mye mellom år og sesonger (måneder) på Svalbard. På tvers av denne variasjonen er det likevel en klar tendens til at endringer foregår over tid. Dette har gitt høyere temperaturer og mindre is (Fig. 7). I april, innenfor et år med mye havis, er nesten 60 % av arealet dekket av is på vestkysten av Spitsbergen, mens under 20 % er dekket av is i år med lite is (Fig. 7a). Det har vært en signifikant trend for minkende iskonsentrasjon over studieperioden (april, $r=-0,36$, $P<0,05$, Fig. 7a). Iskonsentrasjonen er lavere i mai pga høyere temperaturer og påfølgende ismelting utover vårsesongen. Havtemperaturen varierer også relativt mye mellom år og måneder. Det er positive korrelasjoner mellom år og havtemperatur for alle måneder. Korrelasjonen mellom år og juli-temperaturen er statistisk signifikant ($r=0,42$, $P=0,02$, Fig. 7b), og korrelasjonen mellom år og april-temperaturen er nesten signifikant ($r=0,32$, $P=0,08$, Fig. 7b). Lufttemperaturen har økt signifikant over studieperioden for mai, juni og juli ($r>0,5$, $P<0,05$, Fig. 7c). Lufttemperaturen for april er litt mer varierende mellom år, men den viser også en svak tendens til økende temperaturer over studieperioden ($r=0,28$, $P=0,13$, Fig. 7c).

Figur 7. Iskonsentrasjon (A), havtemperatur (B) og lufttemperatur (C) som funksjon av år og måned. Iskonsentrasjon og sjøtemperatur er hentet fra geografiske ruter i havet vest for Spitsbergen. Lufttemperatur er fra Longyearbyen flyplass. April ●, Mai ○, Juni ▲, Juli △.

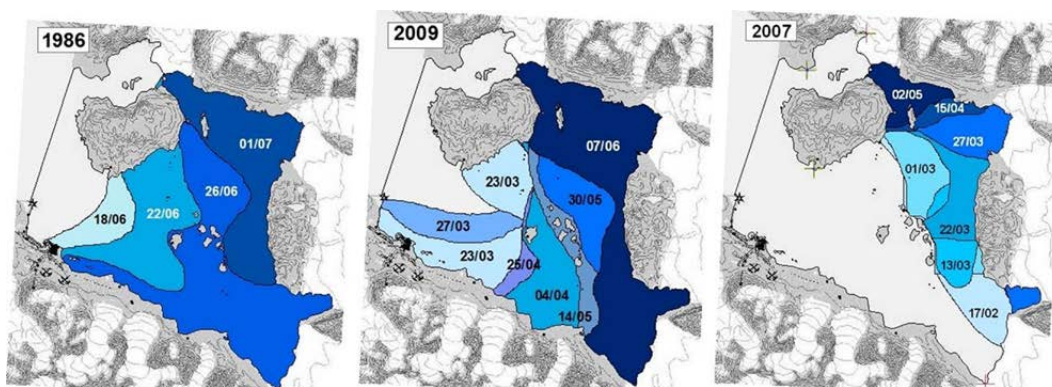


d) Effekten av klima og predatorkontroll på bestandstettheten av ærfugl

Resultatene fra analysene som undersøker effekten av klima på bestandstetthet er vist i tabell 2. De viser at den valgte statistiske modellen forklarer 82 % av variasjonen i tetthet med de inkluderte variablene (Tabell 2). Det er iskonsentrasjonen i april, predatorkontroll og interaksjonen mellom predatorkontroll og tetthet året før, som er de viktige variablene i modellen. Iskonsentrasjonen i april var statistisk signifikant, mens ingen av de andre klimavariablene hadde statistisk signifikante effekter. Estimater for iskonsentrasjon er negativt, og det betyr at år med lite havis i april er assosiert med høye tettheter. I tillegg var predatorkontroll og interaksjonen mellom predatorkontroll og tetthet året før signifikante forklaringsvariabler. Det siste bekrefter de resultatene vi allerede har presentert, dvs. at predatorkontroll har en sterk positiv effekt og at populasjonsdynamikken er veldig forskjellig i de to områdene.

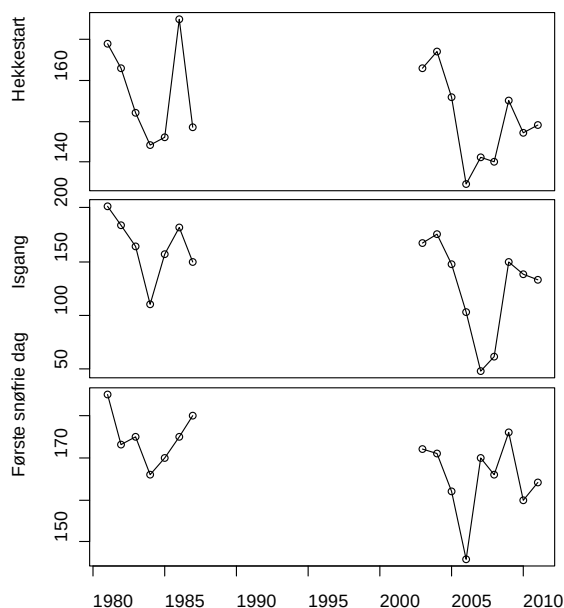
e) Effekten av lokale klimaforhold på tidspunkt for hekking og fordeling av ærfugl i Kongsfjorden

På sammen måte som de regionale klimaforholdene på vestkysten av Spitsbergen, varierer de lokale klimaforholdene i Kongsfjorden veldig mye mellom år og sesonger. I år med mye is og sen isgang kan fjordisen dekke store deler av fjorden til langt ut i juni (Fig. 8). I år med lite is er det kun de nordøstligste delene av fjorden som er dekket med is, dvs. Dyrevika og de andre områdene som ligger øst for Blomstrandhalvøya og de indre holmene (Fig. 8). I tråd med dataene på havis, finner vi også at det er en tydelig trend til at isen forsvinner tidligere på våren (isgang, $r=-0,66$, $P=0,005$, Fig. 9). Det er også en trend til at snødekket forsvinner tidligere på våren (første snøfrie dag, $r=-0,55$, $P=0,03$, Fig. 9). Disse dataene har blitt brukt for å undersøke hvordan disse forholdene påvirker hekkestart og romlig fordeling av ærfugl i Kongsfjorden.

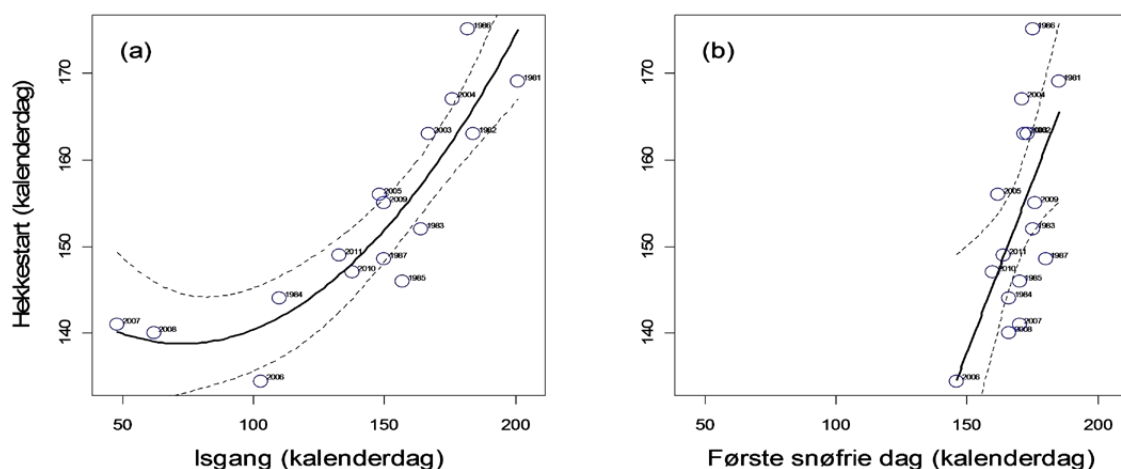


Figur 8. Isdekket i Kongsfjorden i tre år med hhv. sein (1986), middels (2009) og tidlig isgang (2007) ved holmene. Isdekket er angitt med datoer og er kun angitt for arealer som er synlige fra Zeppelinfjellet. Området nord for Blomstrandhalvøya er ikke dekket (Blomstrandhalvøya er den store øya som ligger langt nord i dette kartet). Dvs at isforholdene rundt Indre og Ytre Breøya ikke er vist her. Brefrontenes posisjoner har endret seg over tid, men disse kartene viser en statisk posisjon av brefrontene (fra 1993). Kartet for 1986 er reproduisert etter Mehlum (1991b), mens kartene fra 2007 og 2009 er produsert på bakgrunn av bilder tatt fra Zeppelinfjellet.

Figur 9. Hekkestart, isgang og første snøfrie dag som funksjon av år i Kongsfjorden. Verdiene på y-aksene angir kalenderdag. Det finnes data på hekkestart og isgang fra periodene 1981-87 og 2003-11. Derfor vises de samme periodene for første snøfrie dag.



Parallelt med trenden for tidligere isgang og snøsmelting, så er det også en trend for at ærfuglene hekker tidligere enn før. Denne tidstrenden er dog ikke statistisk signifikant ($r = -0,40$, $P = 0,12$, Fig. 9). Det er likefullt veldig tydelig at tidspunkt for isgang og første snøfrie dag påvirker hekkestart til ærfuglene (Fig. 10). En statistisk modell med isgang forklarer hele 78 % av variasjonen i hekkestart, mens tilsvarende for første snøfrie dag kun forklarer 34 % (Fig 10, tabell 3). To andre undersøkte klimavariabler, temperatur i april-mai og NAO vinterindeksen, var ikke signifikante forklaringsvariabler for hekkestart.



Figur 10. Tidspunkt for når ærfuglene starter hekking i Kongsfjorden som funksjon av (a) isgang og første snøfrie dag (b). Isgang er tidspunktet for når fjordisen har trukket seg bak de indre holmene og holmene er i ferd med å bli 'isfrie', og første snøfrie dag er beregnet fra albedomålinger på tundraen i Ny-Ålesund (se metode). Hvert punkt representerer ett år med data fra periodene 1981-87 og 2003-2011. Sammenhengen mellom variablene er vist med regresjonslinjer og 95 % konfidensintervaller (a, $R^2 = 0,78$, $P < 0,001$; b, $R^2 = 0,34$, $P = 0,01$, Tabell 3).

Fordelingen av ærfugler i Kongsfjorden ser ut til å ha endret seg over de to tidsperiodene vi har undersøkt. I perioden 1981-1987, var hele 88 % av hekkepopulasjonen fordelt på kun 4 holmer, mens samme andel av populasjonen var fordelt på 7 holmer i perioden 2003-2011 (Tabell 4). Det tyder på at ærfuglene sprer seg mer utover og finner flere holmer godt egnet for hekking. Det er et relativt konsistent mønster hvor holmer som blir sent isfrie har fått en økt andel av den totale hekkepopulasjonen, på bekostning av holmer som blir tidlig isfrie. De tre holmene med størst økning, dvs. Indre Breholmen, Leirholmen og Observasjonsholmen, har økt fra hhv. 0 til 10%, 1 til 5% og 1 til 3% av populasjonen. De tre holmene med størst tilbakegang, dvs. Eskjæret, Storholmen og Mietholmen, har hhv. redusert sine andeler fra 25 til 17 %, 34 til 27 % og 13 til 8 % (Tabell 4). Endringen i fordelingen er mest sannsynlig relatert til de endrede isforholdene i Kongsfjorden.

4 Diskusjon

Effekten av predatorkontroll

Resultatene viser at predatorkontroll har en positiv effekt på bestandsutviklingen til ærfugl. Det er i tråd med resultater fra tilsvarende bestander på Island (D'Alba m.fl. 2010, Jónsson m.fl. 2009). Hvis man sammenligner Eholmen med Kongsfjorden, så resulterte predatorkontrollen i en økning i bærekapasiteten på 3,4 ganger. Denne sammenligningen forutsetter at bærekapasiteten var lik på Eholmen og i Kongsfjorden i tiden før predatorkontrollen begynte. Man trenger data fra mange år for å beregne bærekapasitet, men hvis man legger til grunn de tellingene som ble gjort på Eholmen i perioden 1982-84, så er det grunn til å anta at predatorkontrollen har økt bærekapasiteten >3,4 ganger. Prestrud & Mehlum (1991) registrerte 6-800 hekkende par ærfugl på Eholmen i 1982-84, og det gir en gjennomsnittstetthet på 1423 reir/km². Den beregnede bærekapasiteten er 5,3 ganger høyere enn denne tettheten, og denne tettheten er også vesentlig lavere enn den beregnede bærekapasiteten for Kongsfjorden. Det siste overrasket oss noe, siden vi trodde at fangstmannen hadde valgt en holme med høy utgangstetthet for å drive dunvær. Han har avkreftet dette, og forklarer at Eholmen ble ansett som en god lokalitet for drift av dunvær av andre grunner enn høy utgangstetthet. Tellingene fra flere år i perioden før predatorkontrollen begynte ville gitt en bedre beregning av hvor mye predatorkontrollen har økt bærekapasiteten på Eholmen. Vi fastslår at predatorkontrollen har økt bærekapasiteten >3,4 ganger, og at dette er et konservativt anslag.

Et annet forhold man må ta i betraktning, er at det også er en viss usikkerhet knyttet til beregningene av bærekapasiteten. Siden standardfeilen (SF) for bærekapasiteten er mindre for Kongsfjorden enn Eholmen, estimerer vi bærekapasiteten mer presist for Kongsfjorden sammenlignet med Eholmen. Funnene våre tilsier at en opprettholdelse av predatorkontrollen vil ha stor betydning for hvor bærekapasiteten ligger. I 2010 var bestandstallet ganske lavt på Eholmen, og det skyldes nok i hovedsak at fangstmannen hadde sen ankomst til holmen og begynte med predatorkontroll etter at mange reir allerede var tapt. I de første syv årene var også tilstedeværelsen og predatorkontrollen variabel. Når man tar bort slike år fra analysene på Eholmen, så blir den beregnede bærekapasiteten høyere og usikkerheten mindre.

Hvordan har predatorkontrollen skapt den positive bestandsutviklingen på Eholmen?

Formålet med predatorkontroll i en ærfuglkoloni er først og fremst å begrense eggtapet som predatorer forårsaker, dvs. eggpredasjon. Redusert eggpredasjon vil føre til at flere unger blir produsert. Ungene, særlig døtrene, kommer tilbake til fødekolonien når de blir voksne (1-6 år, Descamps m. fl. 2011). Det er også vist at hunner som opplever gode hekkeforhold, gjennom lav eggpredasjon, har høy sannsynlighet for å hekke på samme sted og for å hekke oftere (Bustnes & Erikstad 1993, Hanssen & Erikstad 2012). Vi forventer dermed at redusert eggpredasjon først og fremst vil resultere i økt rekruttering inn i populasjonen. Vi antar at predatorkontroll først og fremst har en lokal effekt, og at en eventuell effekt på ungeoverlevelse kun virker i den tiden ungene er i nærheten av holmen. Ungene forlater reiret sammen med moren ett døgn etter klekking. De kan befinne seg på vannet i nærheten av hekkekolonien en kort tid før de trekker til oppvekstområder som er et stykke unna. Etter at de forlater området rundt kolonien er det ingen grunn til å anta at predatorkontrollen har en effekt. Det er heller ingen grunn til å tro at predatorkontrollen vil påvirke voksenoverlevelsen i særlig grad. Fjellrev kan i teorien ta voksne ærfugl, men vi har ikke holdepunkter for at dette er utbredt. Storjo kan ta mange voksne ærfugl på Svalbard, men predatorkontrollen var ikke rettet mot storjo. Derimot er det god grunn til å tro at predatorkontroll kan skape immigrasjon, siden kolonien blir en refugie med redusert predasjonsstrykk som kan bli attraktiv for individer som kommer fra områdene rundt.

Vi har gjort tilleggsanalyser (ikke vist her) hvor vi har simulert bestandsutviklinger for 30 bestander med samme utgangstetthet for 30 år, dvs. omtrent samme lengde som studieperioden. Disse simuleringene tok for seg to typer miljøer; ett der eggtapet ble manipulert og ett der eggtapet var likt det nivået som er rapportert i litteraturen (se Ahlén & Anderson 1970, Mehlum 1991a, Erikstad m.fl. 1993). Alle andre vitale rater ble holdt like, og det ble antatt at det ikke foregikk verken emigrasjon eller immigrasjon. I simuleringene hvor eggtapet var redusert med ca. 25 % fra naturlige rater, fikk vi en bestandsutvikling som tilsvarte den som har vært på Eholmen i perioden 1987-2010. Det viser at en effekt på 20-30 % redusert eggtap alene er nok til å skape en bestandsutvikling lik den som vi har sett på Eholmen. Hvis det i tillegg foregår immigrasjon til bestanden, vil selv en lavere effekt (dvs. <25 % redusert eggtap) kunne resultere i en slik bestandsutvikling som vi har observert. Disse simuleringene styrker tolkningen av at predatorkontroll virker gjennom redusert eggtap og påfølgende økt ungeproduksjon og rekruttering til populasjonen. Vi er ganske sikker på at også immigrasjon har bidratt til den positive effekten, men i mangel av data kan vi ikke kvantifisere viktigheten av denne faktoren. Vi er usikre på om predatorkontrollen har hatt effekt på ungeoverlevelsen, men tror uansett at den er ganske liten. Det vi kan slå fast er at predatorkontroll kan øke bærekapasiteten til et område på mellom >3,4 ganger hvis den reduserer eggtapet med 25 %. Hvis predatorkontrollen i tillegg har en positiv påvirkning på immigrasjon og/eller ungeoverlevelsen, kan effekten på redusert eggtap være mindre enn 25 %, men fortsatt føre til en tilsvarende økning i bærekapasiteten.

Bestandsutvikling etter fredning og opprettelse av fuglereservater

Resultatene viser at bestandsutviklingen har vært relativt stabil over lang tid i Kongsfjorden. Det har vært en kraftig regulering rundt bærekapasiteten, som vi har beregnet til 2991 (± 135 SF) reir for hele Kongsfjorden. Systemet i Kongsfjorden var antakeligvis i en regulert tilstand allerede i starten av den tidsperioden som vi dekker, dvs fra 1981. I litteraturen finnes det også spredte bestandstallinger for Kongsfjorden fra 60- og 70 tallet (Ahlén & Andersson 1970, Anderson m. fl 1974, Norderhaug 1981). Selv om det er lite informasjon å finne om metodene som er brukt i disse gamle studiene, så bekrefter de et bilde av en relativt stabil bestand over lang tid i Kongsfjorden (Mehlum 1991b). Det kan tyde på at bestanden var i en god forfatning da fredningen ble innført i 1963 og ved opprettelsen av fuglereservatene i 1973, og at disse tiltakene ikke har ført til en økning i denne bestanden. Vi vet lite om tilstanden i andre naturlige hekkepopulasjoner på Svalbard, men telling av fjærfellende ærfugl har gitt en viss indikasjon på at totalbestanden har vært stabil (Strøm 2006).

Dagens forvaltningstiltak dekker ærfuglene lokalt på Svalbard. De tilbringer derimot halvparten av året utenfor Svalbard, og det er derfor viktig å ha forvaltningsmessig bevissthet på hele leveområdet til arten. Ett eksempel er at det vil være viktig å unngå jakt på ærfugl i overvintringsområdene. Våre tracking-studier har vist at ærfuglene som hekker i Kongsfjorden overvintrer ved Island og i Nord-Norge. Det er kanskje ikke et sannsynlig scenario at det blir tillatt jakt verken på Island eller i Nord-Norge, men en slik endring av dagens forvaltningspraktis vil potensielt kunne påvirke bestandene på Svalbard.

Vi har indentifisert hvor stor effekt predatorerne har på bærekapasiteten i et ærfugl-system, derfor vil framtidig bestandsutvikling sannsynligvis også være knyttet til hvordan predatorbestandene utvikler seg over tid. Polarmåke har hatt negativ bestandsutvikling på Bjørnøya (Erikstad og Strøm 2012), men både i Kongsfjorden og på Eholmen mangler det historiske bestandsdata for polarmåke. Bestanden av isbjørn i Barentshavet er estimert til i underkant av 3000, men den historiske bestandsutviklingen er noe usikker (Aars m.fl. 2009). Våre resultater viser tydelig at sannsynligheten for å få besøk av isbjørn på Eholmen har økt over tid. Dette er i tråd med hva som er observert på Nordenskiöldkysten hvor det også har vært en kraftig økning, særlig etter 1995 (Drent & Prop 2008). Isbjørn har i økende grad kommet til området, hvor den er en stor eggpredator og kraftig reduserer hekkesuksess til gås og ærfugl. Det samme gjelder Dunøyane og andre holmer lengre sør (Nielsen upubliserte

data). Disse tendensene til økende besøk av isbjørn i ærfugl- og gåsekolonier på vestkysten av Spitsbergen, trenger ikke å være relatert til økende isbjørnbestand i Barentshavet. Den mest nærliggende forklaringen er fordelingen av isbjørn har endret seg som en respons til at jakten opphørte på Svalbard i 1973. Dette er foreslått som hovedforklaringen til at isbjørn i økende grad har hi og føder unger på Spitsbergen (Andersen m.fl. 2012). Det kan bety at isbjørn reetablerer seg i områder hvor det tidligere var hardt jakttrykk. En annen forklaring er at isbjørn i økende grad søker etter føde på land fordi havisen reduseres og at den mister leveområder som gir gode muligheter til å jakte på sel. Disse to hypotesene ekskluderer ikke hverandre. Under begge hypotesene kan det forventes at trenden med mye isbjørnbesøk i ærfugl- og gåsekolonier på vestkysten av Spitsbergen vil fortsette.

Andre arter kan også være viktige for ærfuglenes bestandsutvikling. Ett eksempel er hvitkinngås (*Branta leucopsis*) som foretrekker til dels samme hekkehabitat som ærfugl og som er antatt å være en viktig konkurrent om hekkeareal. Hvitkinngås er dominant over ærfugl og fortrenger ærfugl fra en sone rundt reiret som den forsvaret aktivt. Hvitkinngås har respondert positivt på forvaltningstiltak, særlig fredning i overvintringsområdet, og har hatt en kraftig bestandsvekst på Svalbard. Det sees både på Eholmen og i Kongsfjorden hvor hvitkinngåsbestanden har økt kraftig (Loonen m.fl. 1998, Moe m.fl. upubliserte data). Det er likevel funnet en positiv sammenheng mellom antall reir av ærfugl og hvitkinngås i Kongsfjorden, dvs det motsatte av hva man forventer ut fra et dominans- og konkurranseforhold (Tombre m.fl. 1998). Det tyder på at gode hekkeforhold for gås er gode hekkeforhold for ærfugl, på de tetthetene som har vært i Kongsfjorden. Vi kan likevel ikke utelukke at hekkebestanden av gås på Eholmen, som er anslått til 6-900 reir, er med på å begrense en fortsatt vekst i antall ærfuglreir i dette området.

Gjennomføring av predatorkontroll og avveininger

Fangstmannens virke i dunværet er tillatt av Sysselmannen gjennom dispensasjoner og har hjemmel i lovverket. Fangstmannsvirksomheten og skjøtsel av dunvær har kulturelle, økonomiske og bevaringsbiologiske aspekter. Dette prosjektet har først og fremst gitt en økt biologisk forståelse av hvordan ærfuglbestanden på Eholmen har utviklet seg under predatorkontroll. Uten å gå inn på de kulturelle og økonomiske forholdene, så er det ikke noe tvil om at predatorkontroll er viktig for at fangstmannen kan opprettholde et dunvær med store tettheter av ærfugl. Vi kan slå fast at predatorkontroll er bra for ærfugl, men vi kan ikke si hvilke av fangstmannens tiltak som har mest effekt. Her vil vi diskutere hvordan predatorkontrollen har utviklet seg over tid og hvilke bevaringsbiologiske avveininger som er knyttet til den.

På grunn av de allerede nevnte økende isbjørnforekomster i ærfugl- og gåsekolonier, så har det medført at predatorkontrollen i økende grad har vært knyttet til vakthold og jaging av isbjørn på Eholmen. I perioder med bjørn i nærheten av holmen, har det inkludert jevnlig vaktrunder både om natten og dagen. Selv om isbjørn har status som 'sårbar' på den nasjonale rødlisten (Kålås m.fl. 2010), er dette først og fremst veldig krevende for fangstmannen. Det representerer ingen vesentlig bevaringsbiologisk konflikt siden det ikke innebærer utskyting av isbjørn. Predatorkontrollen har imidlertid inkludert skyting av 16-75 polarmåker i året. Det har dog vært en minkende trend over tid, som, i følge Nielsen, skyldes at predatorkontrollen er endret etter som tettheten av ærfugl har økt. Ved høy tetthet er det lett å forstyrre ærfugl når man jakter polarmåker. Høy tetthet av ærfugl tiltrekker seg mange polarmåker, men i de siste årene har predatorkontrollen vært rettet mot de måkene som har lært å følge etter fangstmannen og som utnytter ærfugler som blir skremt av reiret. Polarmåke var en jaktbar art på Svalbard fram til 2008, men i dag representerer utskyting av polarmåke den største bevaringsbiologiske avveiningen i dette. Arten har i dag status som 'nært truet' (Kålås m. fl. 2010), og det er godt dokumentert at arten har høye nivåer av miljøgifter og at bestanden på Bjørnøya har hatt en negativ utvikling (Erikstad og Strøm 2012). Det mangler likevel bestandsdata fra vestkysten av Spitsbergen og andre steder på Svalbard, som kan gi et bedre bilde på situasjonen for denne arten.

Fjellrev har vært en utfordring i dunværet på Eholmen, særlig i år med mye dravis rundt holmen hvor fjellreven har klart å komme seg til holmen. Antallet skutte fjellrev har variert mellom 0 og 4 per år. Predatorkontrollen har vært rettet mot fjellrev som har slått seg til på holmen og tatt store mengder egg, ikke mot fjellrev som har hentet noen egg med seg inn til fastlandet. Det er heller ikke blitt tatt ut fjellrev før fastisen har løsnet. Med hensyn til at fjellrevbestanden på Svalbard har status som 'livskraftig' (Kålås m. fl. 2010) og at det er en jaktbar art, så er dette lite i konflikt med generelle bevaringsbiologiske hensyn. Det samme gjelder tyvjo som også har status som 'livskraftig' (Kålås m. fl. 2010), men det er ikke en jaktbar art. Predatorkontrollen har inkludert utskyting av 0-3 individer per år. Det anses som relativt lite konfliktfyllt, selv om arten opptrer i lave tettheter og at bestandsforholdene til arten ikke er godt kartlagt på Svalbard.

Det synes som at predatorkontrollen har vært drevet på en dynamisk måte, hvor fangstmannen har basert seg på erfaring og tilpasset seg endrede forhold. Det finnes også flere metoder enn de som er beskrevet her som kan gi ærfugl beskyttelse. Hunder i bånd eller innhegning kan for eksempel gi en beskyttelse til hekkende ærfugl. De vil også være nyttige for å gjøre fangstmannen oppmerksom på isbjørn og fjellrev. Det vil likevel kreve veldig mange hunder hvis man skal kunne gi beskyttelse til et stort antall ærfugl i et dunvær, og det er nok ikke realistisk som eneste tiltak mot predatorer i en slik sammenheng.

Klimaendringer og effekter av klima på bestandsforhold hos ærfugl

Når man undersøker om klima har endret seg over tid, så er svaret avhengig av hvilke klimavariabler man undersøker, hvor de er målt og hvilke sesonger og tidsperioder som er inkludert. Våre resultater viser ganske tydelig at klimaet har endret seg i studieområdet over de siste 30 år. Ved vestkysten av Spitsbergen har dette inkludert mindre havis og høyere hav- og lufttemperaturer. I Kongsfjorden, har vi også vist at det er en trend over tid til at både fjordisen og snødekket forsvinner tidligere på våren. Dette er i tråd med trenden for høyere temperaturer og redusert utbredelse og varighet av is og snø i Arktis (IPCC 2007, AMAP 2011). På Grønland har det for eksempel blitt 15 dager tidligere snøfritt over perioden 1996-2005 (Høye m. fl. 2007), og i Nordishavet har isdekket blitt redusert med mellom 3 og 9 % per tiår (Serreze m. fl. 2007).

Våre undersøkelser viser også at klima har betydning for tettheten i hekkebestandene. Det er en negativ sammenheng mellom iskonsentrasjonen i april og ærfugltetthet, og det betyr at hekkebestanden er høyere i år med lite havis på våren. De andre klimavariablene som ble undersøkt hadde ingen vesentlig betydning på tetthet. Det inkluderer temperatur i april, juli-temperatur to år tidligere og NAO vinterindeksen. Vi fant også at tidspunkt for isgang og første snøfrie dag hadde stor betydning for når ærfuglene starter hekking i Kongsfjorden. Tidlig hekking i år med tidlig isgang er i tråd med tidligere studier fra Canada (Chaulk & Mahoney 2012, Love m.fl. 2010). Dette tyder på at isforhold på våren har stor betydning for ærfuglenes hekkebiologi, og at lite is er positivt for ærfuglene. I Arktis er sommeren kort, og ærfuglene har kort tid på at ungene skal vokse seg store og levedyktige. Hunnene må både sørge for a) at de kan bygge opp nok kroppsressurser til å legge egg og gjennomføre rugingen, b) at ungene har nok tid til å vokse seg store, c) at de hekker under forhold med minst mulig predasjon og d) at ungene vokser opp under best mulig næringsforhold.

I år med lite is eller tidlig isgang på våren, får ærfuglene tidligere tilgang og større tilgang på beitearealer i fjordene og langs kysten. Da kan ærfuglene bygge opp en god kroppscondisjon forut for hekkingen. Ved slike isforhold kan ærfuglene også hekke tidlig uten at fjellreven kan bruke isen til å nå ut til holmene. Dette gir gode hekkeforhold som både fører til at mange ærfugl går til hekking og at predasjon fra fjellreven blir lav. Hos mange sjøfugler, som er langtlevende arter, er det vanlig at en viss andel av populasjonen står over hekking, og at denne andelen kan øke i år med dårlige miljøforhold (Chastel m. fl. 1993, Cam m. fl. 1998). For ærfugl er det foreslått at flere 'lavkvalitets-hunner' velger å hekke i år med klimatiske gunstige forhold

(Love m. fl. 2010). Vi vet likevel lite om hvor utbredt det er å stå over hekking eller hvilke forhold som påvirker dette hos ærfugl. Vi tolker resultatene slik at isforholdene på våren påvirker hvor stor andel av ærfuglene som går til hekking. Vi tror også at isforholdene kan påvirke fjellrevpredasjonen. Ærfugl kan ha mistet reiret som følge av predasjon før tellingene skjer, og det vil påvirke dataene som vi registrerer. Bestandsstørrelse er også bestemt av fødsels- og dødsrater, samt av immigrasjons- og emigrasjonsrater. Vi vil ikke utelukke at isforholdene på våren kan påvirke eller samvarierte med voksenoverlevelse som i sin tur påvirker bestandstallet. Mye is kan reflektere en hard vinter og/eller vår, som gir lavere overlevelse, men man trenger tilleggsdata for å teste slike mekanismer. Vi tror ikke at forholdet mellom is og bestandstall har noe med fødselsrater gjøre, fordi det er prosesser som opererer på helt forskjellige tidspunkt. Bestandstall er påvirket av fødselsratene som har vært 2-3 år tilbake i tid. Vi tror heller ikke at is påvirker bestandstallene gjennom immigrasjon eller emigrasjon, fordi slike klimatiske forhold opererer på stor romlig skala slik at isforholdene et gitt år vil være like over store geografiske områder. Det vi imidlertid ser tegn til, er at fordelingen av ærfugl mellom holmene innad i Kongsfjorden er påvirket av isforhold. I dag er hekkingen spredt over flere holmer enn for 30 år siden, og holmer som har sein isgang har fått en større andel av hekkepopulasjonen. Vi tror at disse holmene hadde mindre gunstige hekkeforhold tidligere, og at forandringene i isforholdene, med mindre fjordis og tidligere isgang, har gjort at disse holmene nå har fått bedre hekkeforhold og tiltrekker seg flere ærfugl.

Ærfuglene starter hekking lenge etter isgang i år med tidlig isgang, mens de starter hekking allerede før isgang i år med veldig sen isgang. Dette indikerer at ærfugl balanserer mellom tidlig hekking og risiko for predasjon når de skal legge egg. Den kurveformede sammenhengen mellom tidspunkt for hekkestart og isgang, tyder også på at det er andre forhold som styrer hekkestart når isgangen skjer veldig tidlig. Det kan for eksempel være at holmene ikke har fått snøfrie områder. Det kan også være slik at det er for kostbart for hunnene å ruge ut eggene når omgivelsestemperaturene blir for lave. Det kan også være relatert til næringsforholdene, både i overvintringsområdene og ved Svalbard, samt tidspunkt for når migrasjonen starter fra overvintringsområdene. Fuglene trenger gode næringsforhold forut for både migrasjonen og for hekkingen. Forut for hekkingen må de bygge opp store kroppsressurser som de skal tære på under den krevende eggleggingen og rugingen (Parker & Holm 1990, Gabrielsen m.fl. 1991, Hanssen m.fl. 2005, Bustnes m.fl. 2010).

Vi viser at et varmere klima har positive effekter på bestandstetthet og tidspunkt for hekking. Det støtter tilsvarende funn fra Island og Canada (Jónsson m.fl. 2009, D'Alba m.fl. 2010, Love m. fl. 2010, Chaulk & Mahoney 2012). I tillegg har også andre studier dokumentert positive effekter på kullstørrelse (Lehikoinen m. fl. 2006, Chaulk & Mahoney 2012), kroppscondisjon (Descamps m. fl. 2010, Lehikoinen m. fl. 2006), rugekostnader og frigivelse av miljøgifter under ruging (Bustnes m. fl. 2012) og hekkesuksess (Lehikoinen m. fl. 2006). Det er altså dokumentert en lang rekke positive effekter av et varmere klima på ærfugl. Likevel er det svært få naturlige ærfuglbestander som viser en positiv trend i tetthet eller antall, på tross av at klimaet blir varmere. Dette er et paradoks. Det må derfor bety at det samtidig må være andre negative klimaeffekter eller at andre ikke-klimatiske forhold påvirker bestandene negativt.

Vi har allerede vært inne på én mulig negativ effekt av et varmere klima. Økt predasjon fra isbjørn som en konsekvens av mindre is og dårlig forhold for å fange sel, kan være en slik effekt. I tillegg kan et varmere klima føre til økt utbrudd av sykdommer. Det kan også gi endringer i næringskjedene og skape dårligere næringsforhold. Dette er særlig fryktet som en respons av CO₂ utslipp og påfølgende havforsuring, siden det kan påvirke skalldyr som er ærfuglenes viktigste byttedyr (Kleypas et al. 2006). Varmere klima kan også føre til innvandring av nye arter. Bestanden av storjo synes å vise en økende trend på Svalbard, og det er en art som påvirker voksendødeligheten til ærfugl. Hver sommer observerer vi ærfugl som er drept av storjo (Moe m.fl. upubliserte data). Det er derimot andre positive effekter av storjo. Den kan på visse holmer være veldig dominant og holde polarmåker unna, noe som reduserer eggtapet hos ærfugl. Det kreves derfor mer detaljerte studier for å slå fast om storjo er negativ for bestandsutviklingen av ærfugl.

Konklusjon

Dette studiet har vist at bestandsutviklingen for ærfugl har vært stabil i Kongsfjorden og økende på Eholmen over de siste 30 år. Predatorkontroll har ført til at bærekapasiteten er 3,4 ganger høyere på Eholmen enn i Kongsfjorden. Klimaet har blitt varmere på Svalbard, og vi finner at isforholdene påvirker bestandsforhold hos ærfugl. I år med lite is er hekkebestanden av ærfugl større. Vi ser også at tidlig isgang er knyttet til tidlig hekkestart og at endring i isforhold har endret den romlige fordelingen av hekkende ærfugl i Kongsfjorden.

5 Referanser

- Aars, J., Marques, T.A., Buckland, S.T., Andersen, M., Belikov, S., Boltunov, A. & Wiig, Ø. 2009. Estimating the Barents Sea polar bear subpopulation size. *Marine Mammal Science* 25: 35–52.
- Ahlén, I. & Andersson, Å. 1970. Breeding Ecology of an Eider Population on Spitsbergen. *Ornis Scandinavica* 1: 83-106.
- AMAP 2011. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA): Climate Change and the Cryosphere. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
- Andersen, M., Derocher, A.E., Wiig, Ø. & Aars, J. 2012. Polar bear (*Ursus maritimus*) maternity den distribution in Svalbard, Norway. *Polar Biology* 35: 499-508.
- Anderson, A., Campbell, L., Murray, W., Stone, D.P. & Swann, R.L. 1974. Spitsbergen 1972-ornithological work of the Aberdeen University Expedition. *Scottish Birds* 8: 53-62.
- Bustnes, J.O. & Erikstad, K.E. 1993. Site fidelity in breeding common eider *Somateria mollissima* females. *Ornis Fennica* 70: 11-16.
- Bustnes, J.O., Moe, B., Herzke, D., Hanssen, S.A., Nordstad, T., Sagerup, K., Gabrielsen, G.W. & Borgå, K. 2010 Strongly increasing blood concentrations of lipid-soluble organochlorines in high-Arctic common eiders during incubation fast. *Chemosphere* 79: 320-325.
- Bustnes, J.O., Moe, B., Hanssen, S.A., Herzke, D., Fenstad, A., Nordstad, T., Borgå, K. & Gabrielsen, G.W. 2012. Temporal dynamics of circulating persistent organic pollutants in a fasting seabird under different environmental conditions. (manuskript)
- Cam, E., Hines, J.E., Monnat, J.Y., Nichols, J.D., Danchin, E. 1998. Are adult nonbreeders prudent parents? The Kittiwake model. *Ecology* 79: 2917-2930.
- Carroll ML, Carroll J (2003) The Arctic seas. I: Black, K.D. & Shimmield, G.B. (red.). Biogeochemistry of marine systems. Blackwell, Oxford, s. 127–156.
- Chastel, O., Weimerskirch, H. & Jouventin, P. 1993. High annual variability in reproductive success and survival of an Antarctic seabird, the snow petrel *Pagodroma nivea*: a 27-year study. *Oecologia* 94, 278-285.
- Chaulk, K.G. & Mahoney M.L. 2012. Does spring ice cover influence nest initiation date and clutch size in common eiders? *Polar Biology*, 35: 645–653.
- D'Alba L, Monaghan P & Nager RG 2010 Advances in laying date and increasing population size suggest positive responses to climate change in common eiders *Somateria mollissima* in Iceland. *Ibis* 152:19–28.
- Descamps, S., Forbes, M.R., Gilchrist, H.G., Love, O.P. & Bêty, J. 2011. Avian cholera, post-hatching survival and selection on hatch characteristics in a long-lived bird, the common eider *Somateria mollissima*. *Journal of Avian Biology*. 42: 39-48
- Descamps, S., Yoccoz, N.G., Gaillard, J-M., Gilchrist, H.G., Erikstad, K.E., Hanssen, S.A., Cazelles, B., Forbes, M.R. & Bêty. 2010. Detecting population heterogeneity in effects of North Atlantic Oscillations on seabird body condition: get into the rhythm. *Oikos* 119: 1526–1536.
- Drent, R.H., & Prop, J. 2008. Barnacle goose *Branta leucopsis* survey on Nordenskiöldkysten, west Spitsbergen 1975–2007: breeding in relation to carrying capacity and predator impact. *Circumpolar Studies* 4: 59–83.
- Erikstad, K.E. & Strøm, H. 2012. Effekter av miljøgifter på bestanden av polarmåke på Bjørnøya. Sluttrapport til Svalbard Miljøvernfond. 025 Kortrapport/Brief Report Series. Norsk Polarinstitut, Tromsø.

- Erikstad, K.E., Bustnes, J.O. & Moum, T. (1993) Clutch-size determination in precocial birds: a study of the common eider. *The Auk* 110: 623-628.
- Gabrielsen, G.W., Mehlum, F., Karlsen, H.E., Andresen, Ø. & Parker, H. 1991. Energy cost during incubation and thermoregulation in the female Common Eider *Somateria mollissima*. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* 195: 51-62.
- Gerland, S. & Renner, H.H. (2007) Sea-ice mass balance monitoring in an Arctic fjord. *Annals of Glaciology* 46: 435-442.
- Hanssen, S.A. & Erikstad, K.E. 2012. The long term consequences of egg predation. (manuskript)
- Hanssen, S.A., Hasselquist, D., Folstad, I. & Erikstad, K.E., 2005. Cost of reproduction in a long-lived bird: incubation effort reduces immune function and future reproduction. *Proc. Roy. Soc. Ser. B Biol. Sci.* 272, 1039–1046.
- Hisdal, V., Finnekåsa, Ø. & Vinje, T. 1992. Radiation measurements in Ny-Ålesund, Spitsbergen 1981-1987. *Norsk Polarinstitutt Meddelelser* No 118, 330s.
- Høye T.T., Post E., Meltofte H., Schmidt N.M., & Forchhammer M.C. 2007. Rapid advancement of spring in the High Arctic. *Current Biology* 17: R449–R451.
- IPCC (2007) Climate change 2007: the physical science basis. Summary for policy makers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- Jónsson, J.E., Gardarsson, A., Gill, J.A., Petersen, A. & Gunnarsson, T.G. 2009. Seasonal weather effects on the common eider, a subarctic capital breeder, in Iceland over 55 years. *Climate Research* 38: 237-248.
- Kleypas, J.A., Feely, R.A., Fabry, V.J., Langdon, C., Sabine, C.L. & Robbins, L.L. 2006. Impacts of ocean acidification on coral reefs and other marine calcifiers: a guide for future research. Report of a workshop held 18–20 April 2005, St Petersburg, FL, sponsored by NSF, NOAA, and the US Geological Survey, 1-88
- Kålås, J. A., Viken, Å., Henriksen, S. & Skjelseth, S. 2010. Norsk rødliste for arter 2010. Artsdatabanken, Trondheim.
- Lehikoinen, A., Kilpi, M. & Øst, M. 2006. Winter climate affects subsequent breeding success of common eiders. *Global Change Biol.* 12: 1355–1365.
- Loonen M.J.J.E., Tombre, I.M. & Mehlum, F. 1998. Development of an arctic barnacle goose colony: interactions between density and predation. I: Mehlum, F., Black, J.M. & Madsen, J. (red.) Research on arctic geese. Proceedings of the Svalbard Goose Symposium, Oslo, Norway, 23–26 September 1997. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* 200: 67–79.
- Love, O.P., H.G. Gilchrist, Descamps, S., C.A.D. Semeniuk & Bety, J. 2010. Pre-laying climatic cues can time reproduction to optimally match offspring hatching and ice conditions in an Arctic marine bird. *Oecologia* 164, 277-286.
- Lydersen, C. & Gjertz, I. 1986. Studies of the ringed seal (*Phoca hispida* Schreber 1775) in its breeding habitat in Kongsfjorden, Svalbard. *Polar Research* 4: 57-63.
- Mehlum, F. 1991a. Egg predation in a breeding colony of the Common Eider *Somateria mollissima* in Kongsfjorden, Svalbard. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* 195: 37-45.
- Mehlum, F. 1991b. Breeding population size of Common Eider *Somateria mollissima* in Kongsfjorden, Svalbard, 1981-1987. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* 195: 21-29.
- Moe, B., Stempniewicz, L., Jakubas, D., Angelier, F., Chastel, O., Dienesen, F., Gabrielsen, G.W., Hanssen, F., Karnovsky, N., Rønning, B., Welcker, J., Wojczulanis-Jakubas, K. & Bech, C. 2009. Climate change and phenological responses of two seabird species breeding in the high-Arctic. *Marine Ecology Progress Series* 393: 235–246.

- Morris, W.F. & Doak, D.F. 2002. Quantitative conservation biology - theory and practice of population viability analysis. Sinauer Associates, Sunderland, USA.
- Norderhaug, M. 1981. Vurderinger med hensyn til forvaltningen av ærfuglbestanden på Svalbard. Miljøverndepartementet. (upublisert rapport)
- Parker, H. & Holm, H. 1990. Patterns of nutrient and energy expenditure in female common eiders nesting in the high Arctic. *Auk* 107: 660–668.
- Prestrud, P. & Mehlum, F. 1991. Population size and summer distribution of the common eider *Somateria mollissima* in Svalbard, 1981-1985. *Norsk Polarinstitutts Skrifter* 195: 9-20.
- R Development Core Team. 2011. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rossnes, G. 1992. Ærfugl som ressurs på Svalbard. *Ottar* 189: 22-31
- Serreze, M.C, Holland, M.M. & Stroeve, J. 2007 Perspectives on the Arctic's shrinking sea-ice cover. *Science* 315: 1533–1536.
- Svendsen, H., Beszczynska-Møller, A., Hagen, J.O., Lefauconnier, B., Tverberg, V., Gerland, S., Ørbæk, J.B., Bischof, K., Papucci, C., Zajaczkowski, M., Azzolini, R., Bruland, O., Wiencke, C., Winther, J-G. & Dallmann, W. 2002. The physical environment of Kongsfjorden–Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard. *Polar Research* 21: 133–166.
- Strøm, H. 2006. Ærfugl. Side 104-108 i *Svalbards fugler og pattedyr*. Kovacs, K.M. & Lydersen, C. (red). Polarhåndbok nr. 11. Norsk Polarinstitut, Tromsø.
- Tombre, I.M., Mehlum, F. & Loonen, M.J.J.E. 1998. The Kongsfjorden colony of barnacle geese: Nest distribution and the use of breeding islands 1980-1997. I: Mehlum, F., Black, J.M. & Madsen, J. (red.) Research on arctic geese. Proceedings of the Svalbard Goose Symposium, Oslo, Norway, 23–26 September 1997. *Norsk Polarinstitutts Skrifter* 200: 57-65
- Winther, J-G., Godtliebsen, F., Gerland, S., & Isachsen, P.E. 2002. Surface albedo in Ny-Ålesund. Svalbard: variability and trends during 1981-1997. *Global and Planetary Change* 32: 127-139.
- Wood, S. N. 2006. Generalized additive models: an introduction with R. Chapman & Hall/CRC.

6 Tabeller

Tabell 1. Bærekapasitet (K) og indre vekstrate (r) beregnet med populasjonsmodell for (a) Kongsfjorden og (b) Eholmen. K er oppgitt i populasjons tetthet (antall reir per km²). I populasjonsmodellen er populasjonens vekstrate (λ), dvs endring i populasjons tetthet (D) fra ett år (t) til et annet (t+1) [$\lambda = \log_e (D_{t+1} - D_t)$], predikert som funksjon av nåværende populasjonstetthet (D_t) (se Fig. 6b).

Parameter	Estimat	SF	t	P
<i>(a) Kongsfjorden</i>				
r	1.218	0.187	6.506	<0.001
K	2240.302	89.416	25.055	<0.001
(residual SE = 0.251, df = 25)				
<i>(b) Eholmen</i>				
r	0.472	0.138	3.410	<0.001
K	7537.190	709.317	10.630	<0.001
(residual SF = 0.158, df = 13)				

Tabell 2. Estimer fra en lineær modell (*lm*) som predikerer tettheten i populasjonene (D_t) som en funksjon av predatorkontroll, klimavariablene og tetthet i året før ($t-1$). Tetthet er transformert logaritmisk ($\log_e$).

Parameter	Estimat	SF	t	P
Populasjonstetthet: $\log_e(D_t)$	$R^2 = 0.82$			
Intercept	8.455	1.403	6.024	<0.001
Predatorkontroll (Eholmen)	-5.775	1.723	-3.352	0.002
Juli temp ($t-2$)	0.066	0.048	1.360	0.181
NAO vinterindeks	-0.015	0.019	-0.773	0.444
Iskonsentrasjon april	-0.008	0.003	-2.573	0.014
Temperatur april	-0.012	0.011	-1.118	0.270
$\log_e(D_{t-1})$	-0.102	0.184	-0.554	0.582
Predatorkontroll (Eholmen) $\times \log_e(D_{t-1})$	0.792	0.218	3.633	0.001
(F = 25.41; df = 1,41; P < 0.01)				

Tabell 3. Estimer fra lineære modeller (lm) som predikerer hekkestart for ærfugl i Kongsfjorden. Det er kjørt separate modeller for hver av de fire prediktor-variablene som er undersøkt: a) isgang, b) første snøfrie dag (FSFD), c) temperatur og d) NAOw. Isgang er tidspunktet for når fjordisen har trukket seg bak de indre holmene og holmene er i ferd med å bli 'isfrie' i Kongsfjorden. FSFD er første snøfrie dag målt i Ny-Ålesund. Temperatur er snitt-temperaturen for april-mai målt i Ny-Ålesund. NAOw er en stor-skala indeks på vinter-klimaet i Nord Atlanteren.

Parameter	Estimat	SF	t	P
(a) Hekkestart som funksjon av isgang			$R^2=0.78$	
Isgang	-0.32	0.18	-1.8	0.1
Isgang ²	0.0022	0.00072	3.1	<0.01
Intercept	150.5	10.6	14.2	<0.001
(b) Hekkestart som funksjon av FSFD			$R^2=0.34$	
FSFD	0.79	0.27	2.9	0.01
Intercept	19.4	45.6	0.4	0.68
(c) Hekkestart som funksjon av temperatur			$R^2=0.11$	
Temperatur	-2.1	1.2	-1.7	0.11
Intercept	141.2	7.6	18.7	<0.001
(d) Hekkestart som funksjon av NAOw			$R^2=0.01$	
NAOw	0.6	1.6	0.4	0.7
Intercept	153	3	50.8	<0.001

Tabell 4. Fordeling av ærfugl populasjonen på forskjellige holmer i Kongsfjorden som funksjon av om holmene blir isfrie tidlig eller seint. Fordeling er angitt som proporsjon, der 0.01 er 1%. Dette er angitt for to tidsperioder, samt endringen over disse periodene.

Holme	Isfritt	Andelen av populasjonen		
		1981-1987	2003-2011	Endring
1 Ytre Breøya	tidlig	0.16	0.15	-0.02
2 Indre Breøya	sent	0.00	0.10	0.10
3 Gerdøya	sent	0.00	0.01	0.01
4 Eskjeret	tidlig	0.25	0.17	-0.08
5 Storholmen	tidlig	0.34	0.27	-0.07
6 Juttaholmen	sent	0.04	0.05	0.01
7 Observasjonsholmen	sent	0.01	0.03	0.03
8 Sigridholmen	sent	0.00	0.02	0.01
9 Midtholmen	sent	0.00	0.01	0.01
10 Innerholmen	sent	0.00	0.01	0.01
11 Leirholmen	sent	0.01	0.05	0.04
12 Mietholmen	tidlig	0.13	0.08	-0.05
13 Prins Heinrichøya	sent/tidlig	0.07	0.06	0.00



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2463-5

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger