

Effekter av klimaendringer på biologiske/økologiske systemer

DNs overvåkingsdata – potensial og kunnskapsressurs

Annika Hofgaard



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

Norsk institutt for naturforskning

Effekter av klimaendringer på biologiske/økologiske systemer

DNs overvåkingsdata – potensial og kunnskapsressurs

Annika Hofgaard

Med bidrag fra:

Tycho Anker-Nilssen, Inga E. Bruteig, Arne Follestad, Erik Framstad,
John Atle Kålås, Erling Solberg, Ingunn Tombre

NINA publikasjoner

NINA utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utrednings-prosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, års-rapporter fra overvåkingsprogrammer, o.a.

NINA Project Report

Serien presenterer resultater fra instituttets prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

NINA Temahefte

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmennheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

NINA Fakta

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Hofgaard, A. 2004. Effekter av klimaendringer på biologiske/økologiske systemer. DNs overvåkingsdata – potensial og kunnskapsressurs. NINA Oppdragsmelding 848. 53pp.

Trondheim, november 2004

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1494-6

Rettighetshaver ©:

Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Annika Hofgaard, NINA

Design og layout:

Annika Hofgaard, Kari Sivertsen, NINA

Ansvarlig kvalitetssikrer:

Sidsel Grønvik, NINA

Kopiering: Norservice

Opplag: 100

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

N-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefax: 73 80 14 01

<http://www.nina.no>

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.:18508000

Ansvarlig signatur:



Forskningsjef

Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Hofgaard, A. 2004. Effekter av klimaendringer på biologiske/økologiske systemer. DNs overvåkingsdata – potensial og kunnskapsressurs. NINA Oppdragsmelding 848. 53pp.

Behovet for overvåking av biologiske/økologiske systemer øker i takt med at kunnskapsbehovet om responser som skyldes klimaendringer øker. Samtidig øker også behovet for å skille klimaresponsene fra responser som skyldes endret arealbruk og andre menneskelige trusler mot naturmiljøet. Diversiteten i klima og naturtyper i Norge medfører at responsene på klimaendringer varierer sterkt mellom ulike deler av landet, og mellom arter, organismegrupper og økosystem. Responsene varierer i tillegg også mellom ulike tidsperioder, noe som først blir tydelig når en har tilgang til lange tidsserier. Effektiv tilstandsrapportering, som i økende grad er etterspurt som grunnlag for politiske beslutninger og forvaltning, krever regelmessig langsiktig overvåking for å kunne vurdere nåværende status og trender forbundet med naturlig variasjon og menneskelig påvirkning. I denne rapporten gis klimatisk bakgrunn for forandringer i naturen, og nytten og behovet av den DN-finansierte overvåkingen presenteres sammen med overvåkingsprogrammets kvaliteter ut fra et klimaperspektiv. Eksisterende tidsseriers potensial til å vise responser i forhold til klimaendringer er avhengig av serienes lengde, kontinuitet og geografisk representativitet. Serienes kvalitet er vurdert ut fra en rekke kriterier. Eksempler på terrestriske og akvatiske serier med sterkest klimarelevans ut fra de oppsatte kriteriene er presentert. Samlet for alle seriene er at de først etter relativt lang tid med datainnsamling gir tolkbare og klimarelevante resultater som kan brukes i forvaltningssammenheng. Mange av overvåkingsseriene ble initiert for 10-20 år siden. Disse begynner nå å få en klimarelevant lengde og dermed økende potensial for å produsere ny viten, for vitenskapsmiljøet, samfunnet og forvaltningen. Serienes store potensial forutsetter imidlertid at de vedlikeholdes og eventuelt også utbedres for å styrke klimarelevansen.

Abstract

Hofgaard, A. 2004. Effects of climate change on biological systems. Monitoring data at the Directorate for Nature management – possibilities and source of knowledge. NINA Oppdragsmelding 848. 53pp.

The need for monitoring biological/ecological systems increases with the increased need for knowledge regarding effects of climate change. At the same time, the need to separate climate related responses from responses due to land use changes or other human related causes increases. Due to the diversity in climate and nature along and across Norway, responses to changes in the climate will vary strongly between different parts of the country, and between species, groups of organisms, and ecosystems. Additionally, the response pattern varies through time, which only can be clearly revealed by the use of long term monitoring data. State of environment reporting is to an increasing degree requested as a basis for political and management decisions. To be an efficient tool for examination of current status and trends related to natural variability or human-induced pressures, it has to rely on regular, long-term monitoring. This report presents climatic background to changes occurring in nature. Benefits of, and needs for, long-term monitoring programs financed by DN are presented along with an evaluation of quality and climate relevance for individual programs. The potential for existing time series to disclose climate related responses is set by their length, continuity and geographic significance. The quality of individual series is evaluated and ranked according to quality values. Examples of terrestrial and aquatic series with strong climate relevance according to these values are presented along with available analyses and results. All series bear in common that they only after a long period of regular recording produce data that are relevant in climate effect studies and for management issues. Many of the examined monitoring programs were initiated 10-20 years ago. These series are thus now approaching a length with relevance for climate effects studies. Consequently, their potential for scientific, political and management communities will increase during the years to come, provided that they are maintained and possibly developed to strengthen their climate relevance.

Forord

Direktoratet for naturforvaltning (DN) har finansiert sammenstillingen av denne rapporten og Norsk institutt for naturforskning (NINA) er ansvarlig for innhold og konklusjoner som presenteres. Sammenstillingen er gjort av prosjektansvarlig med innspill fra forskere ansvarlige for de respektive overvåkingsprogram.

Oppdraget som DN ga NINA var å designe et prosjekt som ut fra dataserier fra DN sine overvåkingsprogram vurdere mulige effekter av klimaforandringer i Norge. Etter gjennomgang av i hvilken grad dataserier fra DNs overvåkingsprogram er benyttet til klimaeffektanalyser, og som følge av at analyser av klimaeffektsignaler i biologisk materiale er et meget tidskrevende og kostnads-krevende arbeid, så ble en endring av oppdragets fokus foreslått. Generelt sett så har dataserier som omfatter størst geografisk område eller tidsrom, og som dermed også har størst potensial for prosjektet, inngått i, eller inngår i, mer eller mindre omfattende analyser i forhold til klimaeffekter. Det som derimot ikke har vært tilgjengelig er en overgripende sammenstilling. Sammenstillingen i foreliggende rapport inkluderer resultater som er publisert eller som på annet sett er tilgjengelig, og vurdering av dataserier som ikke tidligere er blitt analysert ut fra klimaeffektsynspunkt. Utvelgelse av dataserier er bestemt ut fra serienes lengde, kvalitet og geografiske representativitet.

Jeg vill rette en takk til alle kolleger som har bidratt til rapporten med data, synspunkter, entusiasme og diskusjoner, og til DN for initiering av prosjektet.

Tromsø november 2004

Annika Hofgaard

Innhold

Referat.....	3
Abstract.....	3
Forord.....	4
1 Innledning.....	6
2 Klimaets rolle og påvirkning på arter og økosystem.....	7
3 Klimaets naturlige variasjon og endring.....	7
4 Effekter av klimaforandring på norsk natur.....	9
5 DN-finansierte overvåkingsdata ut fra et klimaperspektiv.....	11
5.1 Eksisterende tidsserier.....	11
5.2 Kriterier for rangering av dataserier.....	12
5.3 Eksempler på effekter av klimaforandring.....	13
5.3.1 Terrestrisk vegetasjon.....	13
5.3.2 Terrestrisk fauna.....	15
5.3.3 Akvatisk flora og fauna.....	22
6 Diskusjon.....	23
6.1 Overvåkingsseriers styrke og svakheter.....	23
6.2 Oppsummerende punkter og anbefalinger.....	24
7 Referanser.....	25
Vedlegg I	Sammendrag og konklusjoner fra "Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning – Viktige terrestriske og limniske dataserier"
Vedlegg II	Sesongtemperaturutvikling i seks regioner i Norge
Vedlegg III	Eksempler fra NINA Minirapport 70
Vedlegg IV	Oversikt over DN-finansierte dataserier.

1 Innledning

Kunnskapsbehovet om biologiske/økologiske responser som skyldes klimaendringer, og om variasjonsbredden på responsene, har økt mer og mer i de siste årene i takt med økt innsikt om menneskets påvirkning på klimasystemet (IPCC 2001, ACIA 2004, EEA 2004). Kunnskapsbehovet er svært stort til tross for at det nå begynner å finnes mye nasjonal og internasjonal litteratur som utgår fra analyser av dataserier for enkeltarter (for eksempel Post et al. 1997; Loison & Langvatn 1998; Hofgaard et al. 1999; Yoccoz & Ims 1999; Stenseth et al. 2002; Durant et al. 2003) eller analyser og sammenstillinger av en rekke dataserier (for eksempel Mysterud et al. 2002; Parmesan & Yohe 2003; Root et al. 2003). Globale klimafenomen som El Niño Southern Oscillation (ENSO), North Atlantic Oscillation (NAO) og Arctic Oscillation (AO) har stått i fokus for mange av studiene noe som har gjort at responsenes variasjonsbredde i tid og rom fått har mindre fokus i litteraturen og i debatten om effekter av klimaendringer.

Norges geografiske beliggenhet, store breddegradsgradient og mengden av naturtyper innebærer at variasjonsbredden til responsene på endringer i klimaet blir svært stor mellom for eksempel organismegrupper, økosystem og ulike deler av landet fra Svalbard i nord med sine arktiske system til Sør-Norges tempererte systemer. I tillegg varierer responsene på endringer i klimaet mye mellom ulike tidsperioder (Mysterud et al. 2000; Solberg et al. 2002, Durant et al. 2004a). Dette innebærer at en ikke kan forvente lineære responser på endringer i ulike klimaparametere over lengre tid noe som først blir tydelig når en har tilgang til lange tidsserier.

Lange tidsserier dvs. data fra overvåking er helt uunnværlig også fordi overvåkede arter eller system inngår i større komplekse systemer og sjelden responderer gjennom enkeltmekanismer, men i korrespondanse med øvrige komponenter i systemene. Kompleksiteten i økosystemene (både responser og de komponenter som inngår) gjør at data fra langsiktige overvåkingsprogrammer aldri kan erstattes av for eksempel kortsiktige programmer eller eksperimenter der deler av systemene inngår. Slike kortsiktige studier eller eksperimenter gir imidlertid verdifull informasjon om funksjonen hos viktige involverte enkeltmekanismer men ingen informasjon om hvordan arter i den samlede helheten responderer i ulike tidsperioder.

I tillegg er det viktig at de registrerte responsenes relevans med hensyn til klimaet settes inn og diskuteres i en større tidsmessig sammenheng enn lengden på de enkelte dataseriene. Med andre ord bør relevansen vurderes i et utvidet tidsperspektiv fordi ulike responser på populasjons- og artsnivå er avhengige av tidligere klimatiske hendelser (eller andre hendelser), den etterfølgende utvikling og av endringer i menneskenes utnyttelse av systemet der den overvåkede arten eller biotopen inngår (se Sprugel 1991; Hofgaard 1997, 1999; Scheffer et al. 2001). Ikke minst vil ulike sider ved menneskets arealbruk og forurensningseffekter som eutrofiering kunne virke sammen med klimaendringer og gi en sammensatt respons hos arter og andre økosystemkomponenter. Det er og behov for kritisk gransking av de enkelte data/tidsseriens styrke og svakheter som grunnes metoder ved valg av lokalitet, innsamling av data, og analyser, og den opprinnelige hensikten med innsamlingen (jmf. Yoccoz et al. 2001).

Denne rapporten setter fokus på disse komplekse sammenhengene og på behovet for lange tidsserier (overvåkingsdata) for å spore og analysere klimarelaterte forandringer i norsk natur, kunnskap som er uunnværlig i forvaltningssammenheng.

I løpet av de siste 10-20 årene har en rekke overvåkingstiltak blitt igangsatt i tillegg til noen få eldre (se NFR 2003, Vedlegg I). De fleste overvåkingstiltakene har en problemorientert begrunnelse (f.eks. forurensning) og mange er uten sikker framtidig finansiering.

I dagens moderne samfunn blir rapportering om tilstanden i vårt miljø (State of Environment reporting) oftere etterspurt både lokalt, nasjonalt, og internasjonalt, som grunnlag for politiske beslutninger og forvaltning. Effektiv tilstandsrapportering krever regelmessig langsiktig overvåking for å kunne studere både nåværende status og trender i miljøvariabler og andre relevante variabler forbundet med naturlig variasjon og/eller menneskelig industert påvirkning. Nyten og behovet for overvåking er åpenbar og den kommer med all sannsynlighet til å bli mer etterspurt og å få økt betydning i tiden fremover.

2 Klimaets rolle og påvirkning på arter og økosystem

Klimaforandringenes virkninger på arter og økosystemer kan ikke presenteres komplett med full dekning av alle mulige responsmønstre. Ethvert forsøk på det må mislykkes fordi responser på klimaendringer er spesifikke for hver art (i tillegg varierer responsen innen hver art avhengig av f.eks. genotype og omgivende samfunnsstruktur), geografisk område (bestemt av breddegrad, høyde, avstand til kysten) og tidsperiode i forhold til tidligere historie. Eksemplene i denne rapporten må sees i dette perspektivet og er valgt for å illustrere både ulike responsmønstre og behovet for lange tidsserier for å kunne vise mønstre og sammenhenger.

Innenfor temaet klimaendringer og effekter på det biotiske miljøet har en av de største bekymringene vært mulige endringer i grensene for utbredelsen av arter og økosystem. En rekke kart og grafer som projiserer framtidige utbredelsesmønstre er blitt publisert de siste tiårene. Disse prediksjonene er imidlertid basert på enkle forutsetninger som ikke innbefatter den økologiske kompleksiteten og heterogeniteten i responsene hos arter og økosystemer. Forventede endringer estimeres ved å framskrive sammenfall i nåværende utbredelsesgrenser og nåværende klimaforhold (f. eks. temperatur, nedbør, sesongstart, sesonglengde) (jfr. Thomas et al. 2004). Imidlertid vil ikke grenser og utbredelsesmønstre respondere individuelt som enkeltorganismer på endringer i miljøet. En utbredelsesgrense er en biologisk overgangssone som må forstås som et rom- og tidsrelatert fenomen som ikke vil respondere lineært i forhold til miljømessige forhold (cf. Holtmeier 2003).

Hvordan arter fordeler seg i rom og antall innenfor sitt utbredelsesområde er resultat av interaksjoner med andre arter over tid, historiske og nåværende forstyrrelsesmønstre, regionale geografiske og topografiske forhold, habitattilgjengelighet, nåværende og tidligere menneskelig aktivitet, og nåværende og tidligere klimaforhold. Utbredelsesgrenser, populasjonstetthet og demografiske trekk endrer seg dermed over tid og harmoniserer ikke nødvendigvis med nåværende klima. Således vil ethvert mål for artsutbredelse, populasjonsdynamikk eller demografi reflektere et komplekst sett av nåværende og historiske påvirkningsfaktorer. Følgelig må alle analyser og tolkninger av klimaets betydning for arter og økosystem gjøres med stor forsiktighet.

Populasjonstrekk (for eksempel størrelse, dynamikk og demografi) kan således ikke forutsettes å være i balanse med nåværende klimaforhold og den økologiske avstanden til en teoretisk likevektstilstand kan knapt vurderes med særlig grad av sikkerhet. Det er vanskelig og ofte umulig å identifisere og vurdere historiske påvirkninger og underliggende årsaker til registrerte endringer. For eksempel kan planter overleve under svært harde klimatiske forhold ved lang levetid og vegetativ reproduksjon, og/eller de kan vise en forsinket respons i løpet av en periode med bedre klimaforhold pga hindringer i frøspredning eller mangel på passende habitater. Videre kan responser i dyrepopulasjoner skjules ved at menneskelig aktivitet påvirker overlevelse eller dødlighet i områder eller tidsperioder hvor klimaforholdene alene ville ha ført til en annen utvikling.

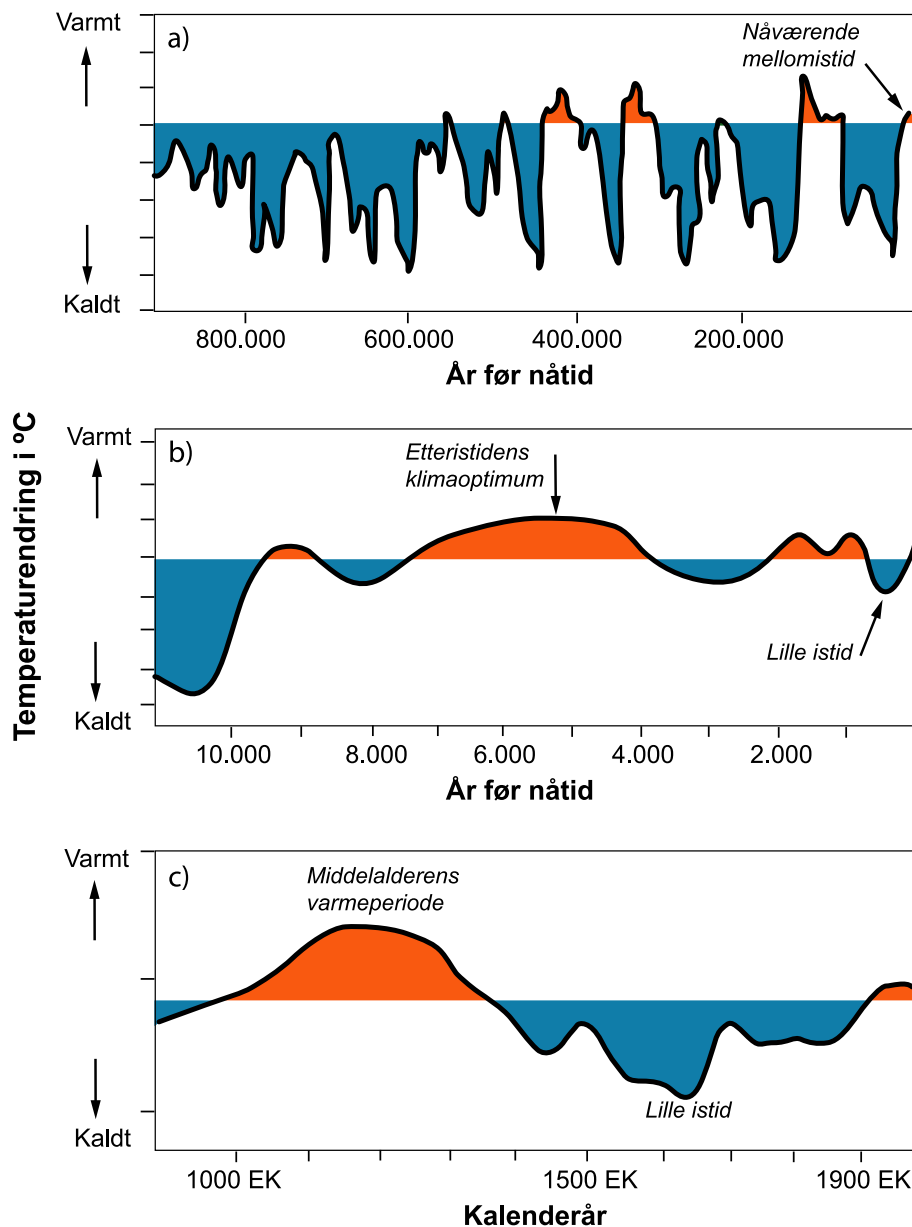
Imidlertid kan karakteristika for arter og populasjoner være nyttige verktøy og gi viktig informasjon om klimarelaterte endringer i naturen så lenge vi er i stand til å skille de ulike responsene fra hverandre og ikke undervurdere betydningen av annen menneskelig innflytelse på systemene gjennom tidene.

3 Klimaets naturlige variasjon og endring

Klimaet endrer seg naturlig over tid både i forhold til utslagene i ulike klimavariabler (amplitude) og i forhold til hyppigheten (frekvensen) i endringene. Hvor stor del av klimaets utvikling de naturlige klimaendringene står for er avhengig av hvilket tidsperspektiv en betrakter. På lang sikt vil de naturlige endringene overskride de menneskeskapte.

Det klimasystem vi har i dag ble etablert for ca to millioner år siden og karakteriseres av vekslinger mellom relativt lange istider (ca. 100 000 år) og korte mellomistider (ca. 10-15 000 år)

(figur 1). Ved slutten av siste istid for ca 15 000 år siden ble klimaet raskt varmere noe som resulterte i den mellomistiden vi nå befinner oss i. Oppvarmingen nådde sitt maksimum for ca 6000 år siden da temperaturen i Norge var 1-3 grader høyere enn i dag. Siden da har klimaet blitt kaldere og de breene vi finner i landskapet i dag, er et resultat av denne klimaforverring- en. Klimaforverringen har imidlertid ikke vært kontinuerlig. Vikingtida og utover i middelalderen var en avvikende klimatisk gunstig periode som fremmet spredning av arter mot nord og opp i fjellet, og den lille istid (ca 1450-1880, se Grove 1988 for mer informasjon) var en periode med økt klimaforverring som f. eks resulterte i vekst av breer, tilbaketrekking av skog og tregrenser og fraflytting fra bosettinger i marginale klimatiske områder.

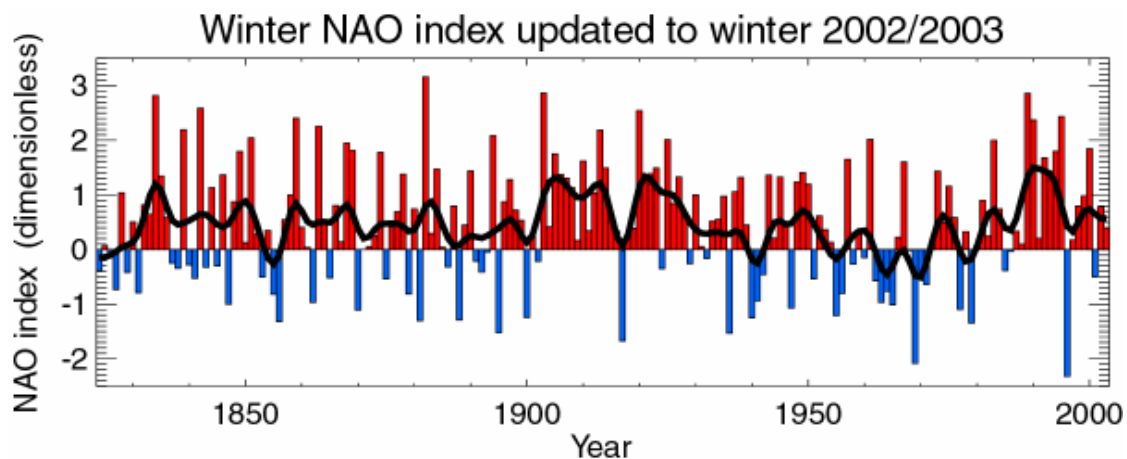


Figur 1: Temperaturforandring på nordre halvkule i de siste 900 000, 10 000 og 1000 årene. Kilde: Gates 1993. – Temperature changes in the northern hemisphere during the last 900 000, 10 000 and 1000 years, respectively. Source: Gates 1993.

I løpet av de siste ca. 100 - 150 år, dvs. etter den lille istid, har den globale gjennomsnittstemperaturen igjen økt med 0,5-1°C. Denne tidsperioden tilsvarer omtrent den tid som menneskelige utslipp kan ha ført til økt konsentrasjon av klimagasser og bidratt til temperaturøkningen, men både temperatur- og nedbørsvariasjonene i den perioden det har vært instrumentelle

målinger i Norge (fra ca 1860) ligger godt innenfor den rekonstruerte naturlige variasjonen for perioden etter siste istid.

Generelt har klimaet i løpet av de siste ca 10-20 årene vært varmere og fuktigere enn flere av de foregående tiårsperioder. Særlig har vi opplevd flere varmere vintre, men endringer har funnet sted i alle årstider (i vedlegg II gis sesongsinformasjon om temperaturutviklingen i seks regioner i Norge siden starten av temperaturmålingene ved slutten av 1800-tallet og begynnelsen av 1900-tallet). Forandringene i senere år ligger innenfor den naturlige variasjonen i klimaet og sammenhenger med periodiske svingninger i mønstret av lavtrykk og høytrykk over Atlanterhavet. Disse svingningene eller mønstrene som benevnes North Atlantic Oscillation (NAO), har i den senere tid fått stor oppmerksomhet og illustreres ved hjelp av en sesongindeks beregnet på forskjellen i lufttrykk mellom Island, Azorene og Gibraltar (**figur 2**).



Figur 2: Vinterindeks for NAO i perioden 1821-2003. Kilde: www.cru.uea.ac.uk – NAO winter index for the period 1821-2003. Source: www.cru.uea.ac.uk

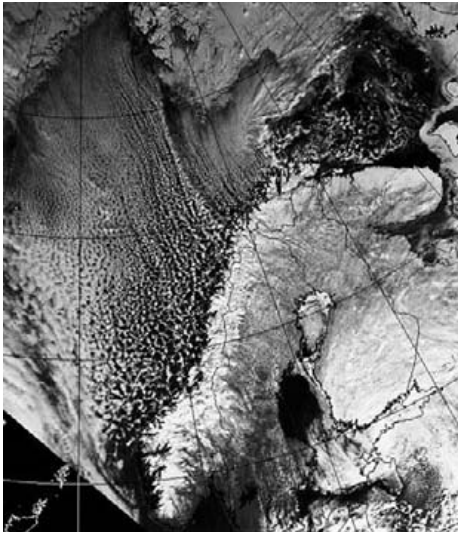
Informasjon om NAO og dens endringer siden 1821 finnes på internettadressen www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm. Siden midten av 1980-tallet har lavtrykkene om vinteren generelt fulgt en nordligere bane (positiv NAO indeks) og dermed gitt mildere og fuktigere vinterklima i nordlige deler av Europa. Vintre med positiv indeks dominerte også på begynnelsen av 1900-tallet mens perioden 1930 til 1980 hadde en stor frekvens av år med lav vinterindeks og en klimatype som medførte kaldere og tørrere vintre. De atmosfæriske trykkforskjellene, og de bevegelsene av luftmasser som det innebærer, har størst påvirkning på norsk klima om vinteren men innvirker også på været i de andre årstidene.

4 Effekter av klimaforandring på norsk natur

Under hele perioden etter siste istid har vekslinger i dominerende luftmasser (atlantiske vs. arktiske) over Norge styrt ikke bare klimaets utvikling men også økosystemenes utbredelse og struktur og arters vitalitet og vekst. Generelt ligger grensen for tørre og kalde arktiske luftmasser lengre sør om vinteren enn om sommeren, men kan periodevis påvirke hele Skandinavia gjennom alle sesonger (**figur 3**).

Balansen og posisjonen mellom luftmassene bølger over landskapet over tid og veksler mellom år (på tidsskalaen fra år til århundrer og årtusener) og gjennom alle årstider. Hyppigheten av ulike luftmasser på regionalt nivå og over tid har dermed resultert i de vegetasjonsregionene, utbredelsesgrensene og økosystemstrukturene vi ser i dag. Svingningene gir endrede vekstforhold for arter og populasjoner, men responsenes styrke (amplitude) varierer sterkt mellom arter og mellom økosystemer langs breddegrads-, oceanitets- og høydegradienter. Det er derfor viktig å ha et kombinert rom- og tidsfokus i studier og analyser av klimaforand-

ringers effekter på biologiske systemer og være klar over de ulike skalaenes betydning for tolkningen av de mønstrene vi observerer.



Figur 3:
Tilførsel av arktiske luftmasser over Skandinavia vintertid. - Flow of arctic air masses over Scandinavia in winter.

Det Holocene perspektivet, dvs. forandringer over siste 10-15 000 år, gir generelt sett tydelige data på effekter av storskalaendringer i klimaet, men detaljnivået i denne type data blir grovt og er helt avhengig av at biologisk materiale finnes oppbevart i ulike typer av "biologiske arkiv", f. eks plante- og dyremateriale i ulike typer sediment. Analyse av oppbevart materiale kompliseres av at oppbevaringstiden varierer sterkt mellom ulike typer materiale og mellom arter. I tillegg representerer ulike typer materiale og arter ulike romlige skalaer f. eks pollen av furu som lett spres over store områder representerer landskaps- eller regionnivået, mens pollen av alm med sterkt begrenset spredningsevne presenterer lokal tilstedeværelse. Sammenlagt vanskeliggjør slike forhold tolkningen av hvordan tidligere økosystem var sammensatte og hvordan de har respondert på endringer i klimaet. Denne type data utgjør i stor grad basis for både rekonstruert historisk klima og rekonstruert økosystemstruktur som brukes som referanser for de forandringene vi ser i dag. Sammensettingen av de økosystem som danner dagens natur er imidlertid ikke identisk med de som formet de biologiske arkivene og kan dermed ikke forutsettes å respondere på samme måte på endringer i deres miljø.

Tidsserier for diametervekst hos trær (årringer) har i lang tid blitt brukt i studier av klimaeffekter på skog (vekst og vitalitet) og i rekonstruksjon av klimautviklingen sommerstid for store deler av perioden etter siste istid. Disse rekonstruksjonene forutsetter et konstant forhold mellom vekst og sommerklima over tid, noe som ikke er tilfelle (Solberg et al. 2002).

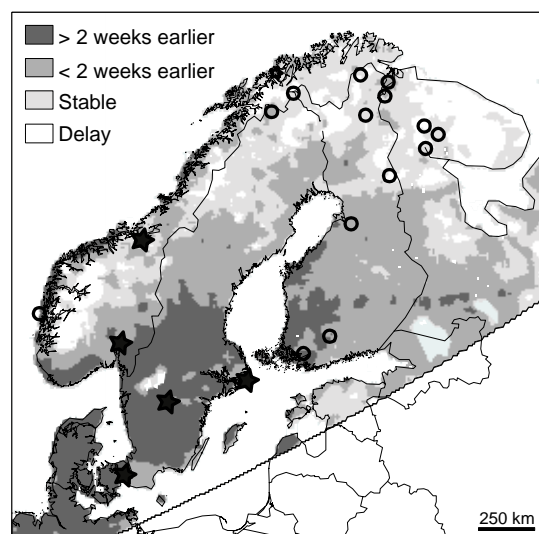
Data fra de siste århundrene representerer responser i økosystem som har stor grad av likhet med dagens systemer, unntatt for jordbruksarealer som har gjennomgått en storskala forandring gjennom de siste århundrene. Det er også for arter knyttet til dette miljøet at det er påvist størst forandring i utbredelse og populasjonsstørrelse som følge av endringer i naturmiljøet. Registrerte forandringer skyldes først og fremst endringene i arealbruken og i mindre grad endringer i klimaet, men endringer i klimamønstre kan være en grunnleggende drivkraft for bruksendringer sammen med endringer i teknologi og økonomi i jordbruket. Empiriske data fra faste prøveflater eller områder fra tidlig på 1900-tallet er ofte blitt brukt i studier av forandringer av utbredelse grenser og strukturelle forandringer (se Nygaard & Ødegaard 1999, Klanderud & Birks 2003). Det er ofte stort detaljnivå i beskrivende data fra denne tidsperioden men forandringer i metoder og målsetting med studiene får stor betydning for klimarelevansen.

Forandringer som skjer innen tidsperioder på ti år kan ikke generelt brukes som bevis på effekter av klimaforandring i den forstand at de skulle vise til en trend som avviker fra et tidligere mønster. Tiårsperspektivet viser arters og systemers svar på, eller iboende tilpasninger til, klimatiske variasjoner mellom år, og det meste av det som har vært omtalt i klimadebatten de senere årene faller i denne kategorien. Det kreves lengre serier for å kunne si noe om de for-

andringer som vises innenfor en tiårsperiode er del av eller tegn på et trendskifte eller om de bare representerer periodiske variasjoner.

Endringer i klima, uavhengig av om endringene skyldes naturlige svingninger eller menneskelig påvirkning, gir endrede vekstforhold for plante- og dyrearter. Vekstsesongens lengde og vårens ankomst (**figur 4**) har spesielt stor eller lett observerbar innvirkning, men endringer i alle årets måneder har betydning. For eksempel så vil en tidlig start på våren gi tidligere vekststart, ankomst, blomsting eller egglegging for mange arter. Dermed øker muligheten for økt biomasse- og frøproduksjon, og bedre frøkvalitet hos planter, og for f. eks flere kull og/eller flere levedyktige unger hos mange dyrearter. Men dette forutsetter at etterfølgende sommer- og vintermåned er gunstige for vekst, modning og overlevelse. En tidlig vår og start på vekstsesongen øker også risikoen for frostskafer, svikt i mattilgang, og temporær destabilisering av etablerte interaksjoner mellom primærprodusenter og konsumenter.

Figur 4: Forandring i vårens start i perioden 1982 til 1999. Stjerner viser observasjonsstasjoner for pollen og sirkler fenologidata, som ble brukt i analysen. Kilde: Høgda et al. i trykk. – Change in spring arrival for the period 1982 to 1999. Stars show stations for pollen data and circles fenology data used in the analyses. Source: Høgda et al. in press.



5 DN-finansierte overvåkingsdata ut fra ett klimaperspektiv

5.1 Eksisterende tidsserier

Eksisterende tidsseriers potensial til å vise responser i forhold til klimaendringer varierer med serienes lengde, kontinuitet, kvalitet (f. eks variablenes relevans ut fra et klimasynspunkt) og geografisk representativitet. Få serier er arealrepresentative og dermed vanskelige å overføre eller bruke til generelle beregninger av effekter på regionalt og nasjonalt nivå, men kan gi uvurderlig informasjon på lokalt nivå. Informasjon om DN's overvåkingsprosjekt finnes samlet i metadatabasen "Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning" (<http://tidsserier.dirnat.no>). Alle prosjekt som er innlagt i denne basen er gjennomgått og rangert i forhold til kvalitet og klimarelevans (se 5.2) og utvalgte serier er presentert og diskutert i seksjon 5.3.

De eldste tidsseriene som er vedlikeholdt inntil i dag er fra 1930-tallet og enkelte fra begynnelsen av 1900-tallet. Dataene fra denne perioden er detaljerte men gir ikke informasjon om årlig variasjon. Dermed gir de først og fremst grovskalainformasjon om forandringer i f. eks populasjonsstørrelser og struktur i relasjon til dominerende klimatrekk på ulike analysetidspunkter men ikke direkte informasjon om hvordan forandringen har skjedd i forhold til klimaets endringer over tid.

Innsamling av biologiske data er tidkrevende og kostnads-krevende. For arealrepresentative data med relevans for endringer i klimaet kreves ikke bare langsiktig innsamling av overvå-

kingsdata men også omfattende innsats på et antall likeartete arealer som samlet representerer et regionalt eller nasjonalt nivå. Dessuten vil resultat og verdier som er skapt gjennom datainnsamling kanskje bli tilgjengelige først flere titalls år etter at beslutninger om finansiering og start av overvåkingsprogrammet er tatt. En ugunstig finansieringssituasjon for oppstart og vedlikehold av programmene kan derfor lett oppstå.

I de siste 10-20 årene har en rekke overvåkingsprosjekter med årlig datainnsamling blitt igangsatt (NFR 2003) i tillegg til noen eldre serier som ble igangsatt på 1960- og 70-tallet. Siden flere av disse overvåkingsseriene av arter og bestander nå begynner å få en klimarelevant lengde, så har de i økende grad blitt brukt i klimaeffektsammenheng i de siste årene og produsert mye ny viten, for vitenskapsmiljøet, samfunnet og forvaltningen. De fleste seriene vil imidlertid først gi verdifull informasjon om responser på klimaforandring om noen år. Serienes store potensial forutsetter imidlertid at de vedlikeholdes og utbedres for å styrke deres klimarelevans.

I vedlegg III gis tre eksempler på pågående overvåking finansiert av DN som har blitt brukt til vitenskaplige og populærvitenskaplige publikasjoner: Terrestrisk naturovervåking med start 1990; Lundens populasjonsøkologi på Røst med start 1964; og Hjorteviltovervåking med start på 1960-70 tallet. De tre overvåkingsprogrammene representerer ulike geografiske områder, økosystem og overvåkingsperioder. Samlet for alle seriene er at de først etter relativt lang tid med datainnsamling gir tolkbare og klimarelevante resultater som kan brukes i forvaltningsammenheng. Disse eksemplene ble presentert i NINA Minirapport 70 (Hofgaard et al. 2004) og viser klimarelaterte forandringer i norsk natur i senere tid.

5.2 Kriterier for rangering av dataserier

To overordnede kriterier for utvelgelse av dataserier er *i)* at overvåkingen må være finansiert av DN og *ii)* lagt inn i metabasen for "Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning". Metabasen er tilgjengelig på nettstedet <http://tidsserier.dirnat.no>, og inneholder 276 dataserier. Av disse har 101 dataserier hel eller delvis finansiering fra DN. Etter denne innledende utvelgelse ble følgende kriterier lagt til grunn for videre rangering av tidsserier: tilgjengelighet, tidsseriens lengde, datainnsamlingens frekvens, antall arter som er med i overvåkingen, geografisk område som inngår i overvåkingen, metodikk, antall parametere, parametersensitivitet, og grad av menneskelig påvirkning/støy. Alle kriteriene ble delt opp i tre klasser, 1-3 (se tabell 5.1), og i tillegg 0 for manglende informasjon.

Tabell 5.1 Kriterier og klasser brukt i rangeringen av dataserier (se tekst for forklaring). – *Criteria and classes used in the ranking of monitoring series.*

Kriterier/klasser	3	2	1
Tilgjengelighet	god	moderat	dårlig
Tidsseriens lengde	>15 år	10-15 år	<10 år
Frekvens	>årlig	årlig	<årlig
Antall arter	mange	få	en
Geografisk område	nasjonal	regional	lokal
Metodikk	internasjonal	norsk	subjektiv
Antall parametere	mange	få	en
Parametersensitivitet	god	moderat	mindre
Menneskelig påvirkning/støy	lav	noe	mye

Fordelingen av klasser for alle kriterier for alle de DN-finansierte seriene er presentert i Vedlegg IV. Den totale summen av alle kriterier er veiledende for serienes kvalitet og potensial i klimasammenheng. To ulike sum er beregnet – en der alle kriterier inngår og en der de to

kriteriene "Sensitivitet" og "Støy" er utelatt. Serier som har oppnådd henholdsvis 20 og/eller 16 for de to summene er presentert i tabell 5.2. Presentasjonen fremover er basert på informasjonen og data knytta til de individuelle seriene i tabell 5.2.

Enkelte serier som ikke er tatt opp i tabell 5.2 (på grunn av låg kriteriesum) kan likevel ha en stor verdi ur klimasynspunkt på f.eks. lokal nivå og/eller kan belyse viktige mekanismer som styr enkelte arters respons på klimaforandringer eller enkelte klimavariabler. For eksempel serien "Fossefall" (ID 201) har blant annet produsert gode data på hvordan endringer i bestandsstørrelse mellom år avhenger av gjennomsnittlig vintertemperatur (Sæther et al 2000). Men det vil kunne råde usikkerhet kring enkelt arters og enkelt seriers representativitet og overforbarhet til en større geografisk skala.

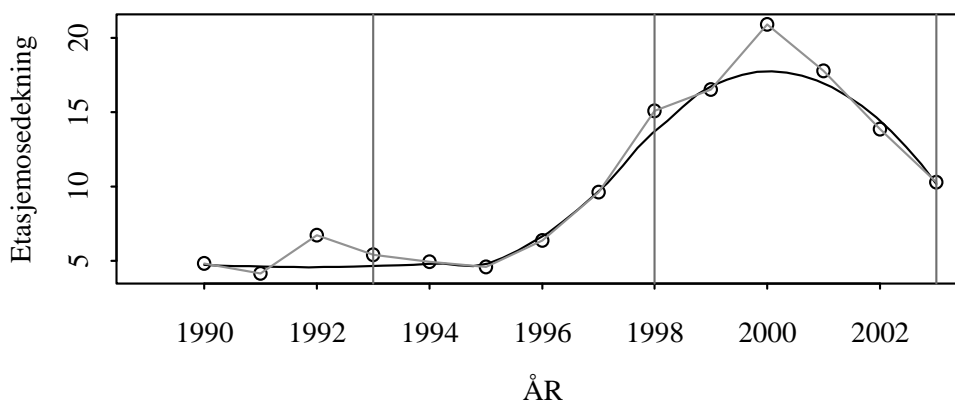
5.3 Eksempler på effekter av klimaforandring

5.3.1 Terrestrisk vegetasjon

Vegetasjonen responderer på variasjon og forandringer i klimaet med forandringer i artenes populasjonsstørrelser, utbredelsesområder, produktivitet og vekstmønstre (sesongstart, -avslutning, -lende). Vegetasjonens struktur endres således gjennom at enkelte arter fremmes og andre går tilbake i et endret klimaregime. Av seriene med sterkest klimarelevans, det vil si at de har **god** sensitivitet og **lavt** støynivå (se tabell 5.2), er det først og fremst tre serier, de to TOV-seriene (ID 206 og 244) og Karlshaugen (ID 232), som peker seg ut.

TOV "Terrestrisk naturovervåking i Norge" er et relativt nytt overvåkingsprogram (start 1990) og flere av de overvåkede komponentene registreres kun hvert femte år, men programmet er representativt for store deler av Norge. Vegetasjonsdelen av TOV omfatter skog, markvegetasjon, og epifytter på trær. Grunnet observasjonsperiodens begrensede lengde kan det foreløpig ikke dras noen klare konklusjoner fra dataene, men det er påvist at mengden moser i skogbunnen og lav på trestammer har økt i perioden 1990-2002 i søndre delen av landet (figur 5 og 6). Dette er satt i sammenheng med lengre veksts sesong med gunstige fuktighetsforhold på grunn av varme nedbørrike høster i den undersøkte perioden (Framstad et al. 2003).

Fortettingen av mosedekket er spesielt tydelig for store moser som etasjemose (Økland et al. 2004; Økland & Nordbakken 2004). På sikt kan fortettningen resultere i redusert arts mangfold for karplanter og små moser (som avtar i mengde). Det tette mosedekket av store moser begrenser utviklingen av små moser og forhindrer både nyetablering og overlevelse av karplanter i skogbunnen ved fysisk å hindre spirende frø tilgang til vann og næringsstoffer. En slik utvikling kan føre til store strukturelle forandringer av skogøkosystemene, men det forutsetter en vedvarende fuktig og varm klimatype med lange veksts sesonger. Kortere perioder med tørke i en ellers fuktig klimatype kan motvirke trenden og gi en reduksjon i mosevekst (figur 5) (se Framstad 2004).

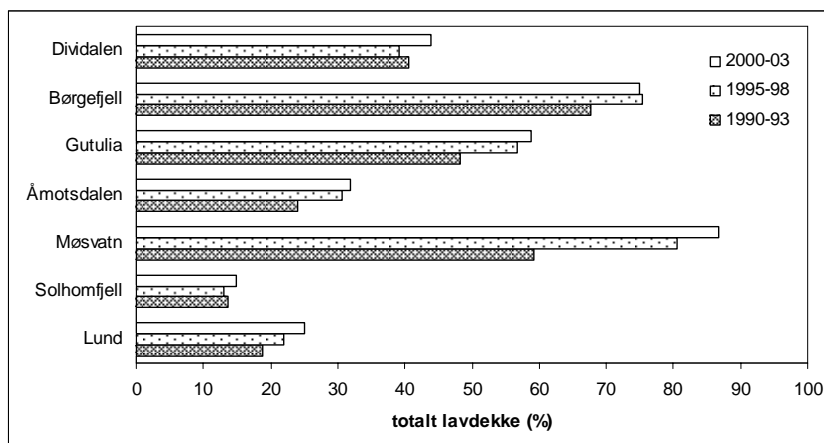


Figur 5: Etasjemosedekning, Solhomfjell 1990-2003. Kilde: Økland & Nordbakken 2004. – Ground cover by *Hylocomium splendens*, Solomfjell 1990-2003. Source: Økland & Nordbakken 2004.

Tabell 5.2 Serier med totalsum på ≥ 20 for alle kriterier sammenlagt (se tekst for forklaring) eller med en totalsum på ≥ 16 når de to klassene "Sensitivitet" og "Støy" ikke medregnes. ID-nummer refererer til metadatabasen for "Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning" (se tekst og Vedlegg IV). Kursiv tekst indikerer serier som er lite klimasensitive grunnet sterkt menneskelig påvirkning. – Individual monitoring series with a sum of ≥ 20 for all criteria taken together (how this is done is explained in the text) or ≥ 16 when criteria "Sensitivity" are "Støy" are excluded. ID numbers refer to the meta-database "Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning" (cf. text and Attachment IV). Text in italic indicate series with low sensitivity to cli-mate due to strong human impact.

Navn	ID-nr	Startår	Tilgjengelighet	Lengde	Frekvens	Arter	Område	Metodikk	Parametre	Sensitivitet	Støy	Sum 1	Sum 2
Terrestrisk flora:													
<i>Kystlynghei Lurekalven</i>	14	1993-97	3	1	3	3	1	2	3	1	1	18	16
<i>Vegetasjonsanalyse: Planter i fastruter på Dovrefjell</i>	77	1989-94	3	1	3	3	1	2	3	1	1	18	16
<i>Sølandet naturreservat, Røros: Slåttemyr- og engvegetasjon</i>	128	1974	2	3	2	3	1	3	2	1	1	18	16
TOV bjørkeskog	206	1990	3	1	1	3	3	2	3	2	3	21	16
Karlshaugen et fredet skogområde i Nittedal	232	1930	2	1	1	3	1	3	3	3	3	20	14
Overvåking av skogøkosystem Pasvik	237	1988	2	2	2	3	1	3	3	2	1	19	16
TOV: epifyttvegetasjonen	244	1990	3	1	1	3	3	2	3	3	3	22	16
Terrestrisk fauna:													
Lundens populasjonsøkologi på Røst	9	1964	3	3	2	1	1	3	3	3	2	21	16
Det nasjonale overvåkingsprogrammet for hekkende sjøfugl	25	1988	3	3	2	3	3	3	1	2	2	22	18
Det nasjonale overvåkingsprogrammet for overvintrende sjøfugl	27	1980	3	3	2	3	3	3	1	3	2	23	18
TOV-gnagere	74	1990	3	2	3	2	3	2	3	2	2	22	18
Faunaovervåking i TOV	112	1990	3	2	2	3	3	2	3	2	2	22	18
Overvåking av elgbestander	152	1967	3	3	2	1	3	3	2	2	2	21	17
<i>Det skandinaviske bjørneprosjektet</i>	192	1984	3	3	3	1	2	3	3	1	1	20	18
<i>Miljøgifter i rovfuglegg</i>	203	1966	3	3	2	3	3	2	3	1	1	21	19
Overvåking av grågås	209	1972	3	3	3	1	3	2	3	3	1	22	18
Kortnebbgås i Vesterålen	219	2000	3	1	3	1	3	2	3	3	1	20	16
Sjøfugl, Hornøya (inngår i nr 25 o. 27)	221	1980	3	3	2	3	1	2	3	3	2	22	17
<i>Skrotter av store rovdyr</i>	238	1960-2003	2	3	2	2	3	2	2	1	1	18	16
Bestandsovervåking villrein	246	1978	3	3	2	1	2	3	2	2	2	20	16
Overvåking av hjort	281	1965	3	3	2	1	2	3	3	2	2	21	17
<i>Fallvilt av oter</i>	286	1978	3	3	3	1	3	2	3	1	1	20	18
Akvatisk flora:													
Kalkingsovervåking, ca 250 elve- og innsjøstasjoner	161	1980	2	3	2	3	3	2	3	2	1	21	18
Nettverk av vassdrag for overvåking av biologisk mangfold	175	1984	2	3	3	3	1	2	3	2	2	21	17
Akvatisk fauna:													
<i>Radioaktivt cesium i fisk og næringsdyr, Høysjøen, Verdal</i>	76	1986	3	3	3	2	1	2	2	1	1	18	16
Overvåking av krepsdyr i 100 norske innsjøer, nasjonal forsøringsovervåking	82	1996	3	1	3	3	3	2	1	2	2	20	16
Plankton Atnsjøen	136	1985	3	3	3	3	1	3	3	3	3	25	19
Kalkingsovervåking -ca 250 elve- og innsjøstasjoner	161	1980	2	3	2	3	3	2	3	2	1	21	18
Øtra elveovervåking - 48 stasjoner	168	1977	3	3	2	3	1	2	3	2	2	21	17
Store Finntjenn i Aust-Agder	177	1980	3	3	3	3	1	2	3	2	2	22	18
Smoltproduksjon i Orkla	187	1983	3	3	2	1	1	3	2	3	2	20	15

Økt lavdekning kan skyldes en kombinasjon av naturlig suksesjon ved at skogen blir eldre, og at sammensetningen av nedbøren (f. eks forurensningsinnhold) eller klimaet har blitt gunstige for lavvekst. I de sørlige TOV-områdene er det i tillegg registrert en framgang av svakt varmekjære arter som vanlig kvistlav, brunskjegg og furustokklav og en tilbakegang av den subalpine karakterarten snømållav. Dette er trekk som trolig kan skyldes forandringer av flere miljøfaktorer som trekker i samme retning: mindre mengde forsurende stoffer i atmosfæren, økt mengde næringsstoffer i nedbøren og økt temperatur. Utviklingen er i tråd med utviklingen i andre deler av Nordvest-Europa (se Framstad et al. 2004) men grunnet dataseriens begrensede lengde kan det ikke konkluderes om eller hvor stor del av utviklingen som kan skyldes temperaturøkningen i regionen.



Figur 6: Lavdekke på bjørkestammer ved tre registreringsperioder for de syv TOV-områdene i årene 1990-2003. Kilde: Framstad et al. 2003. – Lichen cover on birch stems in the seven TOV areas for three analysed periods. Source: Framstad et al. 2003.

Karlshaugen-serien, som er en av de eldste overvåkingsseriene i Norge, ble etablert i 1930 og omfatter reanalyser hvert 30. år av blant annet markvegetasjon og tresjikt (Nygaard & Ødegaard 1999). Analyser av endringer i artssammensetting i felt- og bunnsjikt viser store endringer i den undersøkte 60-årsperioden. Den største forandringen er en nedgang i frekvensen av arter og en tilknyttet nedgang i frekvensen av karplanter. Forandringene skyldes hovedsakelig interne prosesser i skogen der økt dominans av gran og blåbær har hatt negativ innvirkning på miljøet for andre arter. Til tross for at datasettet særlig er relevant for studier av endringer knyttet til suksesjonsforløp kan det på sikt ha stor relevans i klimasammenheng.

5.3.2 Terrestrisk fauna

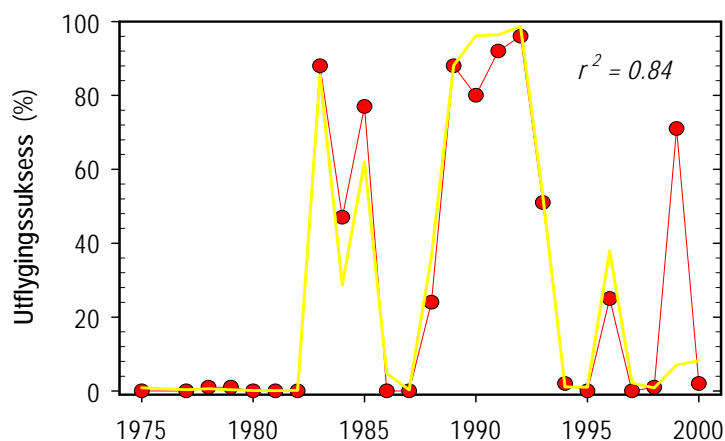
Fugler og pattedyr er varmblodige dyr noe som innebærer at de har muligheter til å tilpasse seg en stor bredde av klimatisk variasjon. I tillegg er de mobile og kan tilpasse sin utbredelse synkront med klimaendringer, forutsatt at mattilgangen er tilfredsstillende. Innen utbredelsesområdene responderer dyresamfunnene med endringer i reproduksjon, overlevelse, demografi og populasjonsstørrelse. Samfunnene endrer dermed struktur over tid, men sammenhengene er komplekse og mange ikke-klimatiske faktorer har stor betydning for utviklingen. De serier som etter rangeringen peker seg ut i tabell 5.2, og som både er antatt sensitive for forandringer i klimaet og påvirket av relativt lite *støy*, er seriene med sjøfugldata. I første rekke er det "Lundens populasjonsøkologi på Røst" (ID 9) og overlevelsesdataene i "Det nasjonale overvåkingprogrammet for sjøfugl" (ID 27), der også data fra Hornøya (ID 221) inngår, som peker seg ut. De to gåseseriene "Overvåking av grågås" (ID 209) og "Kortnebbgås i Vesterålen" (ID 219), og småfuglseriene innen TOV (ID 112) er antatt sensitive for forandringer i klimaet men også relativt sterkt påvirket av menneskelig forstyrrelse og arealbruksendringer. De nord-boreale og alpine delene av TOV-spurvefuglmaterialet er imidlertid trolig godt egnet til å studere forandringer relaterte til endringer i klimaet. Seriene for pattedyr er antatt mindre "sensitive" og mer påvirket av andre faktorer enn klima som f. eks høsting, arealutnyttelse og arealfragmentering på grunn av en rekke forskjellige menneskelige aktiviteter. Blant disse seriene

er det først og fremst hjorteviltseriene "Overvåking av elgbestander" (ID 152), "Bestandsovervåking av villrein" (ID 246) og "Overvåking av hjort" (ID 281) som har potensial i klimasammenheng, og eventuelt også "TOV-gnagere" (ID 74), men TOV-seriene for smågnagere er foreløpig for korte til å gi indikasjoner om eventuell sammenheng mellom klima og registrerte bestandssvingninger.

Sjøfugl

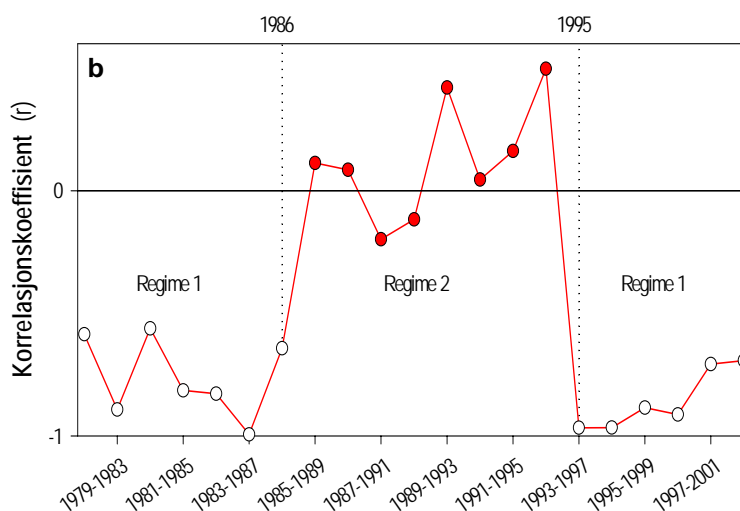
Analyser av dataene fra overvåkingen av sjøfugl på Hornøya har påvist en sammenheng mellom sjøfuglenes overlevelse og temperaturen i sjøvannet (Sandvik 2004). Dersom vannet blir varmere, går overlevelsen ned. Fuglene er tilpassete til store variasjoner i temperaturen men mengden småfisk, som er viktig for en rekke sjøfuglarter, minker med økende temperatur og dette har blitt satt i sammenheng med overlevelse hos fuglene. Det er disse indirekte effektene av forandringer i klimaet som er av størst betydning for sjøfuglene. På Hornøya er den sterkeste sammenheng mellom klima og overlevelse vist for lomvi. Hvis havet blir bare én grad varmere, vil overlevelsen til lomvien årlig reduseres med ca 4 %. Hvilket på sikt vil føre til at livslengden går ned fra ca 50 år til under 20 år. Tatt i betraktning at fuglene bare legger ett egg i året og dermed ikke rekker å legge så mange egg som tidligere gjennom ett livsløp, kan dette få store konsekvenser for bestandsstørrelsen. Data fra det nasjonale overvåkingsprogrammet viser store forandringer i populasjonsstørrelse for mange arter ved mange hekkplasser langs norskekysten i senere tid (Lorentsen 2003), men det er ikke klarlagt om forandringene har noen sammenheng med endringer i for eksempel temperaturforholdene.

Data fra overvåking av lunde på Røst har blitt brukt i omfattende analyser av sammenhengen mellom ulike klimavariabler og bestandsparemetere (se Vedlegg III; Durant et al. 2003, 2004a, b; Anker-Nilssen & Aarvak 2004). I tillegg til at episodiske hendelser som for eksempel perioder med sterk storm, som påvirker de voksne fuglenes mulighet til å hente mat til ungene, så er ungenes vekst og overlevelse influert av temperaturforholdene i havet. For eksempel så har gjennomsnittlig sjøtemperatur på 0-75 m dyp i månedene mars-juli (de første levemånedene til 0-gruppe sild frem til de passerer hekkingsområdet) og kyststrømmens temperatur og salinitet på 0-20 m dyp i februar-mai (den viktigste produksjonsperioden for plankton) stor betydning for utflygingssuksessen (figur 7) og ungeperiodens lengde. Sammenhengene viser at lundenes reproduksjon i stor grad er styrt av produksjonen på det laveste trofiske nivå (plankton) selv om effekten er indirekte via planktonets betydning for overlevelsen til 0-gruppe sild og andre av lundens pelagiske byttedyr (se Vedlegg III for detaljer).



Figur 7: Utflygingssuksessen hos lunde kan predikeres vha. temperaturen i kyststrømmen på 0-75 meters dyp i mars-juli og størrelsen til sildeyngel i lundeungenes diett (røde symboler er observerte verdier, gul linje er modellprediksjon). Kilde: Durant et al. 2000. – The fledging success of Atlantic puffins can be predicted by the temperature in the coastal current at 0-75 meter depth in March- July and the size of herring in the chick diet (red symbols are observed values, yellow line is model prediction). Source: Durant et al. 2003.

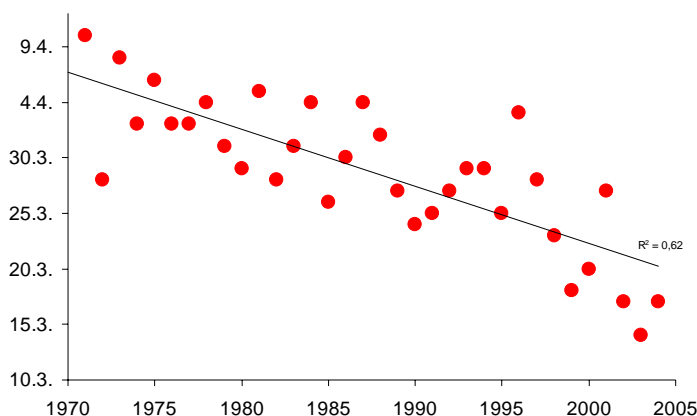
Det er også påvist en klar samvariasjon mellom lundenes hekkestart og vinterindeksen for NAO (for NAO se seksjon 3 ovenfor). Jo høyere indeks, det vil si vintre som er varmere og fuktigere enn middels, dess tidligere hekking (Durant et al. 2004a). Forholdet er likevel ikke konsekvent, men holder stikk en del år av gangen. Det var f.eks. ingen tydelig samvariasjon i årene 1987-94, i motsetning til periodene før og etter dette. Det er ikke i detalj kjent hvilke mekanismer som forklarer slike "regimeskifter", men både NAOs vinterindeks, samt hekke-suksessen og sildestørrelsen i det foregående året var forskjellige i de to regimene. I det regimet hvor det er samvariasjon mellom NAO og hekkestart, kan disse tre parametrene forutsi klekketidspunktet med en sikkerhet på 86 % (figur 8).



Figur 8: Regimeskifte i samvariasjonen mellom lundenes hekkestart på Røst og vinterindeksen for NAO. Årene 1987-1994 oppviser ingen signifikant samvariasjon i motsetning til periodene før og etter. Klilde: Durant et al. 2004a. – Regime switches in the relationship between the timing of breeding of Atlantic puffin at Røst and the NAO winter index. The period 1987-1994 show no significant relationship in contrast to the periods before and after that period. Source: Durant et al. 2004a.

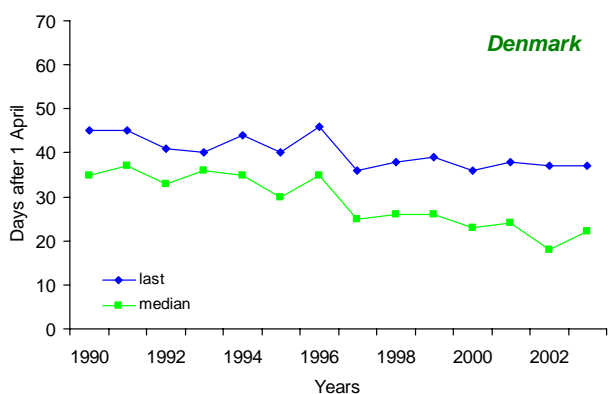
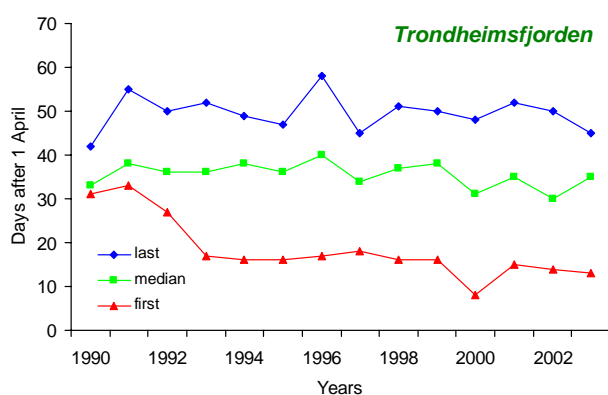
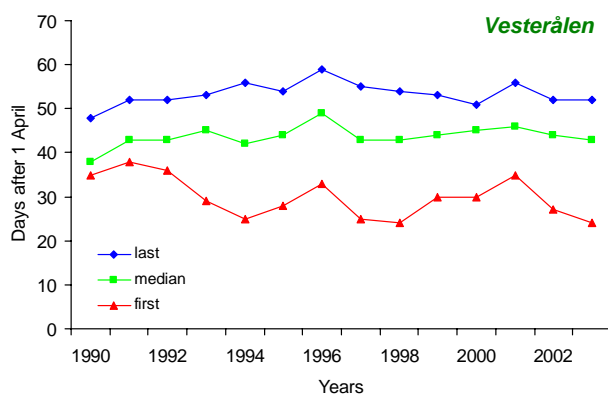
Gås

Overvåkingen av grågås i Nordland (Vega) har vist at fuglene trekker nordover og ankommer hekkeplassene tidligere enn før (figur 9). Siden begynnelsen av 1970-tallet har forandringen vært ca. 5-7 dager per desennium (Pistorius et al. subm.). Det er også observert at eggene legges tidligere og at trekket sørover går tidligere. Ved starten av overvåkingen på 1970- og 1980-tallet la grågåsa egg tidlig når våren var tidlig og sent når våren var sen. Dette har forandret seg og fra 1990-tallet legger den egg generelt tidlig og tilsynelatende uavhengig av hvordan våren er (Strann et al 2002). Det er mange påvirkende faktorer som styrer etablerte trekk-mønstre, hekkestart og forandringer av mønstrene hvilket medfører at det er stor usikkerhet omkring hva som er årsaken til de observerte forandringene. En tidlig vår i overvintingsområder og sørlige deler av trekk-ruten, kombinert med en normal eller sen vår i nord, kan gi endrede mønstre som kan virke usynkroniserte i forhold til "etablerte" klimaresponser.



Figur 9: Dato for første registrering av grågås på Vega i perioden 1971-2004. Kilde: Pistorius et al. subm.. – First arrival date for Nordic grey-legged geese to Vega during the period 1971-2001. Source: Pistorius et al. subm..

Overvåkingen av kortnebbgås langs trekkruta fra overvintringsområdene i Danmark og Nederland til hekkeplassene på Svalbard har vist store forandringer i gåsas strategier for trekkforløpet og utnyttelse av forskjellige rasteplasser (Madsen 2001, Madsen & Tombre 2002, Madsen & Tombre unpubl.). Det er uklare årsakssammenhenger bak de observerte forandringene, men i tillegg til klimatiske grunner (for eksempel tidspunkt for start av våren) er matforsyning i alle områder langs trekkruta og forstyrrelse fra menneskelig aktivitet av stor betydning. Tilbake på 1970- og 1980-tallet trakk gjessene fra Danmark i begynnelsen av mai og de tilbrakte ca. en uke i Vesterålen før de trakk videre til Svalbard. På slutten av 1980-tallet endret trekkmønstret seg ved at flokker av kortnebbgjess begynte å raste ved Trondheimsfjorden, og i løpet av 1990-tallet har dette området blitt en viktig rasteplass på veien mot hekkeplassene i nord. I tillegg til endret strategi for trekket, ankommer gjessene tidligere til Midt-Norge nå enn i begynnelsen av overvåkingen på 1970-tallet som følge av tidligere vårer (Madsen 2001, Madsen & Tombre 2002). En tidligere start på våren, særlig i sør (se seksjon 4 figur 4) har ført til at gjessene kommer tidligere både til Trøndelag og Vesterålen, men tidspunktet for avreise videre nordover fra disse områdene har ikke endret seg mye siden begynnelsen av 1970-tallet. Forskjellene i mønstre for ankomst og avreise (figur 10) skyldes trolig at tidspunktet for start på våren i nord har vært mer stabil. De observerte forandringen medfører at gjessene befinner seg i områdene under lengre tid og at belastningen på betemarkene øker, noe som kan og har ført til økte konflikter med gårdbrukere i de berørte områdene. Særlig tydelig blir denne effekten når gjessene kommer til beiteområdene der det p.g.a. tidlig vår har vært mye tidligere såing av korn på markene, hvilket innebærer at gjessene beiter på nysådde marker i mye større omfang enn ellers (Tombre et al. 2004).

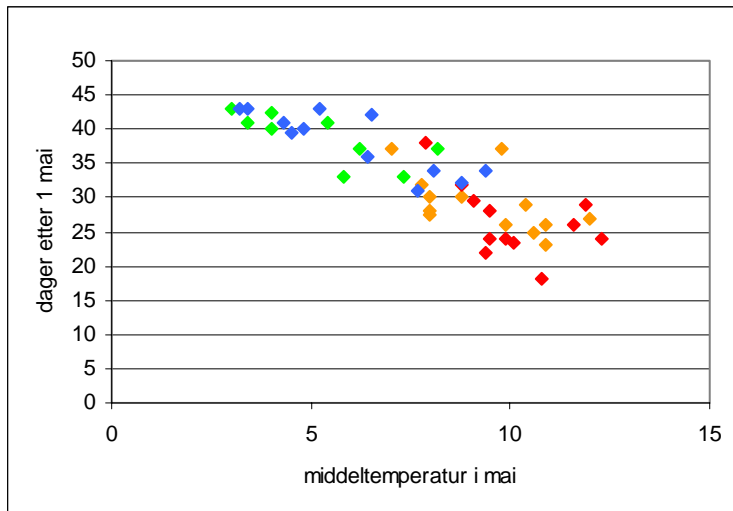


Figur 10: Tidspunkter for avreise og ankomst for kortnebbgjess fra/til Danmark, Trøndelag og Vesterålen, 1990-2003, uttrykt ved tidspunktet for når halsmerkede individer er registrert etter 1. april. Medianen angir når 50 % av de merkede gjessene ble sett for første/siste gang i områdene. Kilde: Madsen 2001, Madsen & Tombre 2002, og Madsen & Tombre unpubl. – Departure and arrival time for pink-footed geese from/to Denmark, Trøndelag and Vesterålen, 1990-2003, expressed as time when tagged (neckbands) individuals were seen after 1st April. Median is the date when 50% of all neckbands for the area were observed. Source: Madsen 2001, Madsen & Tombre 2002, and Madsen & Tombre unpubl.

Spurvefugl

TOV - Overvåkingen har vist at det er en klar sammenheng mellom temperaturen om våren og tidspunktet for egglegging hos svarthvit fluesnapper (figur 11). Dette gjelder trolig også for mange andre fuglearter. Temperaturen om våren det siste tiåret har vært ganske høy. Dette har ført til at mange fuglearter starter hekking tidligere, enten fordi de får tak i mer mat i form av insekter (som ofte responderer direkte på økt temperatur med raskere utvikling) eller fordi fuglene oppfanger sesongutviklingen gjennom plantenes utvikling.

Om den påviste tidligere egglegging hos fluesnappere har gitt arten en populasjonsvekst og en fordel sammenlignet med andre arter er enda uklart, men dette kan på sikt avdekkes ved fortsatt overvåking av systemet som helhet.



Figur 11: Median dato (regnet som dager etter 1. mai, for perioden 1992-2002) for klekking av egg i første kull hos svarthvit fluesnapper i TOV-områdene jamført med middeltemperaturen i mai. Farger indikerer ulike TOV-områder. Kilde: Framstad et al. 2003. – Median hatching date (calculated as days after 1st May, for the period 1992-2002) for first brood of Pied Flycatcher (*Ficedula hupoleuca*) in the TOV areas compared with mean May temperature. Colors indicate different TOV areas. Source: Framstad et al. 2003.

For de fleste artene av spurvefugl vil det være gunstig å starte hekking så tidlig som mulig på året, slik at ungene klekkes på et tidspunkt som gir muligheter for en lang oppvekstperiode og gjør at tilgangen på mat i denne perioden er best mulig. Det er dermed et sterkt press for tidlig egglegging hos mange arter. Dette gjelder imidlertid ikke alle arter, siden mange fugler er trekkfugler som kan være styrt av helt andre forhold enn klimaet i Norge. Dessuten vil vanligvis hunnuglene også trenge betydelig tilgang på næring for å få utviklet eggene, slik at hekking vanskelig kan skje før mattilgangen er tilfredsstillende.

I første omgang kan vi vente at økte temperaturer om våren vil virke gunstig på bestandene av spurvefugler siden de kan få fram flere unger som overlever bedre. Hvordan dette vil påvirke økosystemene som helhet er imidlertid ikke klart. Framgang for noen arter vil vanligvis føre til tilbakegang for andre, og store endringer i artssammensetting kan ha effekter på økosystemenes stabilitet og funksjon.

Hjortedyr

Hjort:

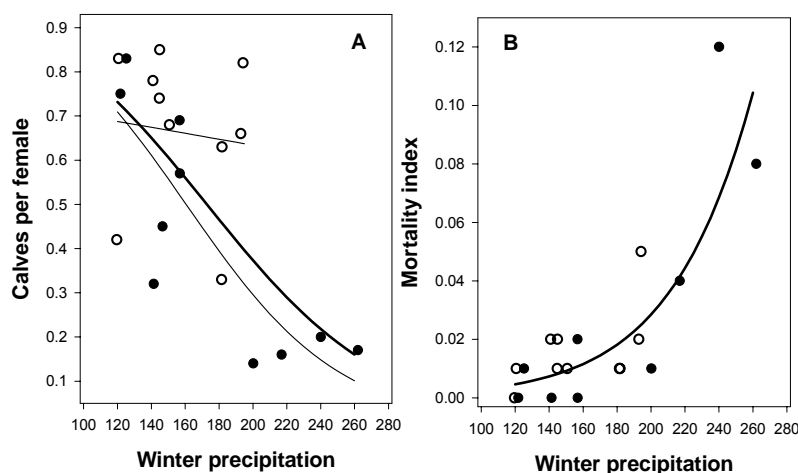
Analyser av årlige data på hjortens kjønn, alder, reproduksjon og slaktevekt i det naturlige utbredelsesområdet i Norge (Vestlandet, Møre og Romsdal, og sørvestre Sør-Trøndelag) siden 1965 viser at klimaet har både direkte og indirekte innvirkning på hjortebestanden. En rad ulike effekter av klimaet kan påvises på slaktevekter, reproduksjon og dødelighet og i sin tur

på bestandsutviklingen (Loison et al. 1998, Post & Stenseth 1999, Mysterud et al. 2001). Spesielt vinterklimaet synes å ha en effekt. Harde vintre virker negativt på overlevelsen av kalver, mens milde vintre gir økt kroppsvekst og større dyr.

En trend med økende varmemengde om vinteren (positiv NAO) er gunstig for hjorten grunnet to mekanismer. Milde vintre gir 1) mindre snø i lavtliggende overvintringsområder, noe som reduserer energibruken for varmeregulering og forflytting, og øker tilgjengeligheten av beite (Loison et al 1999). Samtidig gir milde vintre 2) mer snø i høytliggende sommerområder, noe som gir en forlengelse av perioden med god beitekvalitet (Mysterud et al. 2001). Det er vist at snøens fordeling langs høydegradienter er en nøkkelfaktor for veksten hos hjort. Høyden er avgjørende for hvorvidt nedbøren kommer som snø eller regn og i sin tur de økologiske effektene av klimaet (for eksempel innvirking av NAO) (Mysterud et al. 2000). Beitekvaliteten på urter og gras er høyest i nye ferske skudd og minker utover sesongen i takt med at plantene blir eldre. Vinterklimaet påvirker derfor indirekte beitekvaliteten sommerstid gjennom at kontinuerlig tilbaketrekking av snøflekker forlenger perioden med tilgang på nye planter og skudd av høy kvalitet.

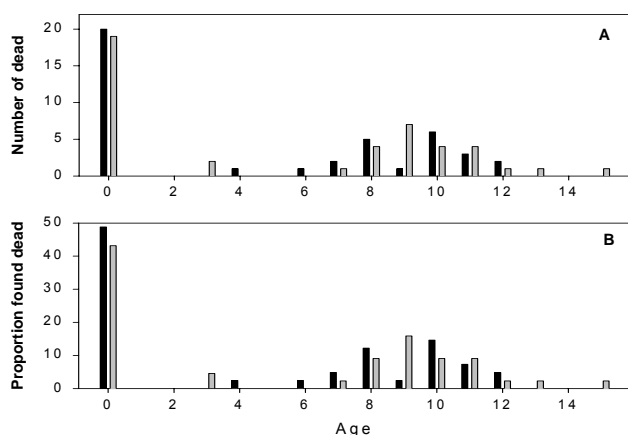
Villrein Svalbard:

Analyse av sammensettingen av villreinstammen i Reindalen-området på Svalbard for årene 1979-1999 viser stor variasjon mellom år i populasjonsstørrelse, mortalitet og rekruttering (Solberg et al. 2001). Svingningene i populasjonsstørrelse skyldes både endringer i rekrutteringsrate og vinterdødelighet (figur 12 og 13). Disse endringene henger nært sammen med klimaforholdene om vinteren men er også en tetthetsavhengig respons på begrensede beiteresurser. Særlig vintre med høy nedbør og isdannelse i beiteområdene har sterk negativ innvirking på populasjonsstørrelsen, mens størrelsen i den undersøkte perioden ikke viste tegn på å være påvirket av sommerklimaet.



Figur 12: Antall kalv per simle (A) og mortalitetsindeks (B; antall døde dyr / populasjonsstørrelse året før) i forhold til vinternedbøren for år med høy (●) og lav (○) populasjonstetthet. Kilde: Solberg et al. 2001. – Number of calf per female reindeer (A) and mortality index (B, number of dead animals / population size previous year) in relation to winter precipitation for years with high (●) and low (○) population density. Source: Solberg et al. 2001.

Vintrene med mye nedbør og is hadde ikke bare en reduserende effekt på populasjonsstørrelsen, men også en effekt på sammensettingen av reindyrpopulasjonen. I slike år var det først og fremst høy dødelighet av kalver og gamle dyr som sto for populasjonsnedgangen.



Figur 12: Aldersfordelingen av antall (A) og andel (B) av døde reinsdyr som ble funnet i studieområdet i Reindalen, Svalbard, etter forgående vintre; 1981 (sort) og 1991 (grå). Kilde: Solberg et al. 2001. – Age distribution for number (A) and proportion (B) of dead reindeer found in the study area Reindalen, Svalbard, after the winters 1981 (black) and 1991 (grey), respectively. Source: Solberg et al. 2001.

Elg:

Klima påvirker elgens bestandsdynamikk via effektene på kroppsvekst og kondisjon. I flere overvåkningsområder i Norge er det påvist en negativ sammenheng mellom årlig variasjon i slaktevekt hos kalv og åring og temperaturen på forsommeren (Sæther 1985, Solberg & Sæther 1994, Solberg et al. 1999). Lave temperaturer vil ha en forsinkende effekt på plantenes utvikling gjennom sommeren, og fordi planter i et tidlig vekststadium er mer fordøyelige og rikere på næring, vil dette ha en positiv effekt på elgens vekstmuligheter. Av samme grunn ser vi hos elgen, som hos hjorten, en tendens til at snørike vintre har en positiv effekt på kroppsvekten, mest sannsynlig som følge av den forsinkende effekten snøen har på plantevekstens start og utvikling på forsommeren. Denne effekten kan virke direkte på årets tilvekst, men i tillegg vil dårlige klimatiske betingelser i fødselsåret kunne påvirke elgens størrelse gjennom hele livet (Solberg et al. 2004).

Den sterke effekten av klimaet på kroppsveksten forventes å ha en vesentlig effekt på elgens bestandsdynamikk. Små elgkyr blir senere kjønnsmodne og vil produsere tvillingkalv sjeldnere enn store elgkyr (Sæther & Haagenrud 1983, Solberg et al. 1997). I tillegg er det sannsynlig at små dyr er mer utsatt for naturlig dødelighet enn store dyr i godt hold. Fordi klimaet kun er en av mange faktorer som påvirker elgens bestandsdynamikk, er det imidlertid vanskelig å studere den separate effekten av klimaet. En annen grunn er at vi kun unntaksvis har gode data på bestandsstørrelse og sammensetning. Et unntak er elgbestanden i Vefsn-dalføret der utviklingen i bestandstetthet og sammensetning er fulgt siden 1967. Svingningene i denne bestanden er i stor grad et resultat av jakt, men i tillegg innvirker både tetthetsavhengig næringsbegrensning og klimaet på bestandens vekstrate (Solberg et al. 1999).

I de andre overvåkningsområdene for elg (og hjort, villrein) vil vi i større grad kunne studere og overvåke klimaeffekter på livshistorie og bestandsdynamikk etter hvert som tidsseriene blir lengre. Spesielt i jaktede hjorteviltbestander er vi avhengig av lange tidsspenn for å kunne kontrollere for innvirkningen jakten og tettheten har på bestandsdynamikken. På den annen side synes hjorteviltbestandene å være følsomme for klimasvingninger, og samtidig medfører jakten at et stort materiale kan innsamles årlig uten store kostnader.

5.3.3 Akvatisk flora og fauna

Organismer i akvatisk miljø er i stor utstrekning mobile og kan finne gunstige omgivelser gjennom forflyttelse til varmere eller kaldere vann. De forflytter seg oppover eller nedover i innsjøer, eller oppstrøms eller nedstrøms elver til gunstige temperaturomgivelser. Temperaturen

kontrollerer for eksempel næringsopptak, metabolisme og atferd. I tillegg kan organsimene til dels akklimatisere seg til temperaturer som avviker noe fra det normale, men større avvik vil føre til forandringer i produksjon, populasjonsstørrelser, demografi og arts sammensetning. Blant de akvatiske overvåkingsseriene er det få serier som er både antatt sensitive til klimavariasjon og lite påvirket av menneskelig aktivitet, men to serier peker seg ut etter rangeringen, "Plankton Atnsjøen" (ID 136) og "Smoltproduksjon i Orkla" (ID 187). Av disse seriene er "Plankton Atnsjøen" antatt å være godt egnet for studier av effekter av klimaendringer. De innsamlede dataene beskriver blant annet forandringer i vertikalfordeling av alle planktonarter fra midten av 1980-tallet (Halvorsen et al. 2004). Artkomposisjonen varierer lite mellom år, men det er registrert store variasjoner i dominerende art, tidspunkt for maksimal tetthet, og vertikal og horisontal fordeling mellom år. Vanntemperaturen er sannsynligvis en viktig faktor som påvirket de observerte forandringene gjennom overvåkingsperioden, men mangesidige påvirkninger og sammenhenger gjør at det foreløpig ikke er mulig å si hvor stor del av de registrerte forandringene som skyldes forandringer i klimaet.

6 Diskusjon

6.1 Overvåkingsseriers styrke og svakheter

De fleste overvåkingstiltakene har en annen problemorientert begrunnelse enn klima (f.eks. forurensning), men kan likevel gi klimarelevant informasjon forutsatt at det er naturlige systemer som overvåkes og at det kan kontrolleres for effekter av forurensning og andre faktorer (f.eks. arealbruk). De fleste overvåkingsprogrammene inkluderer også bare en eller noen få studiepunkter og spørsmål knyttet til deres representativitet i klimasammenheng og i en større geografisk sammenheng må alltid være i fokus ved analyser og tolkninger av registrerte forandringer og trender. Bruk av mange studiepunkter innen det overvåkede systemet gir vesentlig bedre og sikrere data, men bidrar selvsagt til økte kostnader. Bruk av studieområder langs relevante økologiske og klimatiske gradienter, som for eksempel breddegrad-, høyde- og suksesjonsgradienter, vil øke klimarelevansen og utsagnsstyrken i de innsamlede data. Det vil derfor være naturlig og kostnadseffektivt å utvikle og komplettere overvåkingsprogram som allerede i dag har en bred geografisk representativitet (f. eks. TOV og Det nasjonale overvåkingsprogrammet for sjøfugl) og som omfatter et bredt spekter av økologiske variabler. For eksempel skulle en utvikling av TOV relativt raskt kunne gi gode data med sterkt økt klimarelevans gjennom etablering av *i*) overvåkingsfelter langs eksisterende klimagrader (f. eks. dalbunn – lavalpint miljø) i allerede etablerte overvåkingsområder; og *ii*) flere overvåkingsområder for å inkludere et bredere spekter av klimaregioner (d.v.s. forlengelse av nord-sørgradienten og kyst-innlandsgradienten). Klimarelevansen til Det nasjonale overvåkingsprogrammet for sjøfugl vil bli ytterligere styrket ved at *i*) flere bestands-, produksjons- og overlevelseparametere registreres for respektive arter innen de overvåkede områdene langs norskekysten; og *ii*) flest mulig antall arter blir overvåket i de ulike overvåkingsområdene. I tillegg øker kvaliteten til overvåkingsmaterialet om abiotiske komponenter, som f.eks. klima-, jordbunn-, og vannkvalitetsvariabler, integreres i overvåkingen. Åpenbart viktige klimatiske faktorer med klare økologiske effekter er endringer i temperatur, nedbør, vindforhold, og snø- og isdekkets tykkelse, varighet og tidspunkt for dannelse og forsvinning. Det vil være problematisk å skaffe tilfredsstillende data for lokal variasjon innen en bredde av klimavariabler uten en meget stor feltinnsats og/eller omfattende instrumentering. Dermed må man i de fleste tilfeller bruke lokale eller regionale klimadata fra etablerte meteorologiske stasjoner, noe som imidlertid kan svekke resultatenes prediktive relevans på grunn av store lokale variasjoner i klimaforholdene.

Arter og organismer reagerer både gjennom tilpasning og forflytning på forandringer i miljøet, men ikke-klimatiske faktorer som habitatfragmentering begrenser artenes forflytning og tilpassningsevne. Enkelte arter er svært tilpassningsdyktige og kan tilsynelatende være upåvirkede, enkelte mer spesialiserte arter har problemer med å tilpasse seg i tilstrekkelig grad, og enkelte har meget begrensede muligheter til tilpasning og vil dermed forsvinne fra områder og regioner. Forekomst vs. ikke-forekomst i tid og rom er imidlertid vanskelig å verifisere. For eksempel så er ofte registrering av artsfunn innen enkelte områder fra tidlig på 1900-tallet reanaly-

sert og brukt som bevis på effekter av klimaforandring. Det kan selvsagt være en klimatisk effekt bak forandringene som registreres, men det kan og skyldes forandringer i arealbruk og metodiske ulikheter i datainnsamlingen. Denne uønskede konsekvensen blir minimert ved bruk av langsiktig og metodisk konsekvent overvåking. Det er nødvendig å vurdere tidligere og nåværende økosystemforandringer ut fra et bredt tids-, rom- og årsaksrelatert perspektiv for å kunne diskutere og vurdere sannsynlige responser på fremtidige klimaforandringer. I den sammenhengen er langsiktig overvåking særlig viktig, og særlig i nordlige områder og økosystemer der de biologiske prosessene er relativt langsomme samtidig som populasjonsdynamikken i stor grad domineres av indre prosesser.

Arter og økosystemers sensitivitet for ulike klimavariabler varierer over tid på grunn av forandringer i omgivelsene. Den eneste muligheten til å avdekke slike regime- eller responsskift er å bruke analyser av langsiktige, kontinuerlige og målrettede overvåkingsdata eller andre høyoppløselige tidsserier. Det er av stor betydning å være klar over dette ikke-lineære forhold i arters og systemers respons på klimaforandringer for å kunne produsere sannsynlige scenarier for utviklingen fremover.

6.2 Oppsummerende punkter og anbefalinger

Siden mange av overvåkingsseriene som ble initiert for 10-20 år siden nå begynner å få en klimarelevant lengde, så kommer de i økende grad å bli brukt i klimaeffektsammenheng og deres potensial for å produsere ny viten, for vitenskapsmiljøet, samfunnet og forvaltningen kommer til å øke sterkt i årene som kommer. Serienes store potensial forutsetter imidlertid at de vedlikeholdes og eventuelt også utbedres for å styrke klimarelevansen.

Nedenfor gis oppsummerende punkter og anbefalinger

- Kunnskap fra målrettet overvåking er uunnværlig i forvaltningssammenheng, men for mange av tidsseriene er framtiden usikker på grunn av en ugunstig finansieringssituasjon.
- Resultat og verdier som er skapt gjennom overvåking blir tilgjengelige først kanskje flere titalls år etter at beslutninger om finansiering og start av overvåkingsprogrammet er tatt. En ugunstig finansieringssituasjon for vedlikehold og utvikling av programmene kan derfor lett oppstå.
- Satsing på opprettholdelse og utvikling av lange tidsserier bør økes og er nødvendig for gjennomføring av målrettede fremtidige tiltak.
- Et fåtall av overvåkingsprogrammene er sikret framtidig finansiering. Den usikre finansieringssituasjonen for de fleste seriene bør bedres og gis tryggere forhold.
- Overvåkingstiltak må være en bevisst satsing på fremtidige verdier og som ikke må styres av økonomiske svingninger.
- Rapportering om tilstanden i vårt miljø kommer med største sannsynlighet til å bli etterspurt oftere i tida fremover både lokalt, nasjonalt og internasjonalt, som grunnlag for politiske beslutninger og forvaltning. Effektiv tilstandsrapportering forutsetter regelmessig langsiktig overvåking for å kunne studere både nåværende status og trender i miljøvariabler og andre relevante variabler forbundet med naturlig variasjon og/eller menneskelig indusert påvirkning.
- Innsamling av biologiske data er tidkrevende og kostnadskrevende. For arealrepresentative data med relevans for endringer i klimaet kreves ikke bare langsiktig innsamling av overvåkingsdata men også omfattende innsats på et antall likeartete arealer som samlet representerer et regionalt eller nasjonalt nivå.
- De komplekse sammenhengene bak økosystemenes struktur og funksjon medfører at for å spore og analysere klimarelaterte forandringer i naturen kreves studier over lang tid, det vil si systematisk og langsiktig overvåking av arter og de system de inngår i.
- Mange av de eksisterende tidsserier har et framtidig potensial i forhold til klimaendringer. Særlig gjelder dette serier fra overvåkingsprogrammer med stor geografisk representativitet; som TOV, de ulike overvåkingsprogrammene for sjøfugl (inklusive gås) og hjorteviltprogrammene.

- Eksisterende tidsseriers potensial i forhold til klimaendringer varierer med serienes lengde, kontinuitet, kvalitet og geografisk representativitet. Få av seriene er arealrepresentative og dermed vanskelige å overføre eller bruke til generelle beregninger av effekter på regionalt og nasjonalt nivå men kan ha stor verdi på lokalt nivå.
- Det er særlig viktig å opprettholde tidsserier med data fra integrert overvåking av mange komponenter med tanke på både klimarelevans og alternativ fremtidig bruk av dataseriene.
- Det vil være kostnadseffektivt å utvide eksisterende integrerte overvåkingsprogram med flere overvåkingsområder langs naturlige klimagrader som breddegrad, kyst-innland og høyde over havet; f. eks TOV.
- Det kan være kostnadseffektivt å supplere eksisterende serier med nye parametere i stedet for å sette i gang ny overvåking innen systemene. F. eks sjøfuglprogrammene - der flere registrerte parametere for bestands-, overlevelse- og produksjonsutvikling vil kunne gi seriene en vesentlig økt klimarelevans.
- Biologiske og abiotiske variabler bør i større grad integreres i overvåkingen. For de terrestriske programmene er det først og fremst ulike nedbørvariabler som bør integreres i overvåkingen i tillegg til temperatur (som er mer generelt gyldig over større områder).
- Det bør utarbeides individuelle metodiske opplegg for å komplettere og gjøre enkelte tidsserier mer klimarelevante. Seriene/programmene med stor geografisk representativitet, som TOV og sjøfuglprogrammene, har størst potensial i denne sammenheng.

Nytten og behovet for overvåking er åpenbar og kommer med største sannsynlighet å bli mer etterspurt og å få økt betydning i tiden fremover.

7 Referanser

- ACIA 2004. Impacts of a warming Arctic: Arctic climate impact assessment. ACIA Overview report. Cambridge University press.
- Anker-Nilssen, T. & Aarvak, T. 2004. Lundens populasjonsøkologi på Røst. Status etter hekkesesongen 2003. NINA Oppdragsmelding 809.
- Durant, J.M., Anker-Nilssen, T. & Stenseth, N.C. 2003. Trophic interactions and climate change: the Atlantic puffin as an example. - Proc. R. Soc. Lond. B 270: 1461-1466.
- Durant, J.M., Anker-Nilssen, T., Hjermann, D.Ø. & Stenseth, N.C. 2004a. Regime shifts in the breeding of an Atlantic puffin population. Ecology Letters 7: 388-394.
- Durant, J.M., Stenseth, N.C., Anker-Nilssen, T., Harris, M.P., Thompson, P.M. & Wanless, S. 2004b. Marine birds and climate fluctuations in the North Atlantic. I: Stenseth et al. (red.) Marine ecosystems and climate variation – the North Atlantic. Oxford Univ. Press, s.95-105.
- EEA 2004. Impacts of Europe's changing climate. An indicator based assessment. European Environmental Agency Report No 2/2004. 100pp.
- Framstad, E. (red.) 2004. Terrestrisk naturovervåking. Markvegetasjon, epifytter, smånagere og fugl i TOV-områdene, 2003. NINA Oppdragsmelding 839. 96pp.
- Framstad, E., Bakkestuen, V., Bruteig, I.E., Kålås, J.A., Nygård, T. & Økland, R.H. 2003. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking 1990-2002. NINA Temahefte 24. 30pp.
- Gates, D.M. 1993. Climate change and its biological consequences. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts.
- Grove, J. M. 1988. The Little Ice Age. Methuen, London.
- Halvorsen, G., Dervo, B.K. & Papinska, K. 2004. Zooplankton in Lake Atnsjøen 1985-1997. Hydrobiologia 521: 149-175.
- Hofgaard, A. 1997. Structural changes in the forest-tundra ecotone: A dynamic process. pp 255-263 i: Huntley, B., Cramer, W., Morgan, A.V., Prentice, H.C. and Allen, J.R.M. (eds.) Past and future rapid environmental changes: the spatial and evolutionary responses of terrestrial biota. - NATO ASI Series, Vol. I 47. Springer Verlag.
- Hofgaard, A. 1999. The role of "natural" landscapes influenced by man in predicting responses to climate change. - Ecological Bulletins 47: 160-167.

- Hofgaard, A., Anker-Nilssen, T., Bruteig, I.E., Kålås, J.A. & Solberg, E.J. 2004. Overvåking avdekker klimarelaterte forandringer i norsk natur. NINA Minirapport 70. 18 pp.
- Hofgaard, A., Tardif, J. & Bergeron, Y. 1999. Dendroclimatic response of *Picea mariana* and *Pinus banksiana* along a latitudinal gradient in the eastern Canadian boreal forest. - Canadian Journal of Forest Research, 29: 1333-1346.
- Holtmeier, F.-K. 2003. Mountain timberlines. Ecology, patchiness and dynamics. Kluwer Academic Publishers. 369 pp.
- Høgda, K.A., Karlsen, S.R. & Tømmervik, H. Changes in growing season in Fennoscandia, 1982-1999. I: Oerbaek, J.B, Tombre, I. and Kallenborn, R. (red.). Environmental Challenges in Arctic-Alpine Regions. Ecological Studies, Springer Verlag. I trykk.
- IPCC 2001. Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by Houghton, J.T., Ding, Y, Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C.A. - Cambridge University Press, Cambridge, New York. 881 pp.
- Klanderud, K. & Birks, H.J.B. 2003. Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants. The Holocene 13: 1-6.
- Loison, A. & Langvatn, R. 1998. short and long-term effects of spring and winter weather on growth and survival of red deer in Norway. - Oecologia 116: 498-500.
- Loison, A., Langvatn, R. & Solberg, E.J. 1999. Body mass and winter mortality in reed deer calves: Disentangling sex and climate effects. Ecography 22: 20-30.
- Lorentsen, S.-H. 2003. Det nasjonale overvåkingsprogrammet for sjøfugl. Resultater til og med hekkesesongen 2003. NINA Oppdragsmelding 803. 34pp.
- Madsen, J. 2001. Spring migration strategies in pink-footed geese *Anser brachyrhynchus* and consequences for spring fattening and fecundity. Ardea 89: 43-55.
- Madsen, J. & Tombre, I.M. 2002. Kortnebbgjess i Vesterålen; problemer for norsk gåseforvaltning? Ottar 239: 22-29.
- Mysterud, A., Yoccoz, N.G., Stenseth, N.C. & Langvatn, R. 2000. Relationship between sex ratio, climate and density in red deer: the importance of spatial scale. - Journal of Animal Ecology, 69: 959-974
- Mysterud, A., Stenseth, N.C., Yoccoz, N.G., Langvatn, R. & Steinheim, G. 2001. Nonlinear effects of large-scale climatic variability on wild and domestic herbivores. Nature 410: 1096-1099.
- Mysterud, A., Stenseth, N.C., Yoccoz, N.G., Ottersen, G. & Langvatn, R. 2002. The response of the terrestrial ecosystems to climate variability associated with the North Atlantic Oscillation. - pp.135-162 in: The North Atlantic Oscillation: climatic significance and environmental impact, vol. 134 (ed. by J. Hurrell et al.). American Geophysical Union.
- NFR 2003. Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning. Viktige terrestriske og limniske dataserier. Rapport nr.2. Norges forskningsråd, Oslo. 66 pp.
- Nygaard, P.H. & Ødegaard, T. 1999. Sixty years of vegetation dynamics in a south boreal coniferous forest in Southern Norway. Journal of Vegetation Science 10: 5-16.
- Parmesan, C. & Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. - Nature 421:37-42.
- Pistorius, P.A., Follestad, A. & Taylor, F.E. (subm.). Temporal changes in spring migration phenology in Norwegian Greylag geese *Anser anser* (1971-2003).
- Post, E., Stenseth, N.C., Langvatn, R. & Fromentin, J.-M. 1997. Global climate change and phenotypic variation among red deer cohorts. Proc. R. Soc. Lond. B 264: 1317-1324.
- Post, E. & Stenseth, N.C. 1999. Climatic variability, plant phenology, and northern ungulates. Ecology, 80: 1322-1339.
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig C. & Pounds, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. - Nature 421. 57-60.
- Sandvik 2004. Life-history and breeding biology of seabirds in a changing environment: a comparative approach. Dr.scient. thesis, University of Tromsø, Tromsø, Norway.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C. & walker, B. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. - Nature 413: 591-596.
- Solberg, B., Hofgaard, A. and Hytteborn, H. 2002. Shifts in radial growth responses of coastal *Picea abies* induced by climate change during the 20th century, Central Norway. - Eco-science 9: 79-88.
- Solberg, E.J., Heim, M., Sæther, B.-E. & Holmstrøm, F. 1997. Oppsummeringsrapport, overvåkingsprogrammet for hjortevilt - elgdelen 1991-95. NINA-fagrapport.

- Solberg, E.J., Jordhøy, P., Strand, O., Aanes, R., Loison, A., Sæther, B-E. & Linnell, J.D.C. 2001. Effects of density dependence and climate on the dynamics of a Svalbard reindeer population. *Ecography*, 24: 441-451.
- Solberg, E.J., Loison, A., Gaillard, J-M. & Heim, M. 2004. Lasting effects of condition at birth on moose body mass. *Ecography* 27: 677-687
- Solberg, E.J., Sæther, B-E., Strand, O. & Loison, A. 1999. Dynamics of a harvested moose population in a variable environment. *J. Anim. Ecol.* 68: 186-204.
- Solberg, E.J. & Sæther, B-E. 1994. Male traits as life-history variables: annual variation in body mass and antler size in moose (*Alces alces*). *J. Mammal.* 75, 1069-1079.
- Sprugel, D. G., 1991: Disturbance, equilibrium, and environmental variability - what is natural vegetation in a changing environment. - *Biological Conservation*, 58: 1-18.
- Stenseth, N.C., Viljugrein, H., Mysterud, A., Pucek, Z. & Jedrzejewski, W. 2002. The population dynamics of two forest rodents in a primeval deciduous forest: seasonal density-dependent and density-independent structure of *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis* populations. - *Acta Theriologica* 47: 39-67.
- Strann, K.-B., Follestad, A. & Frafjord, K. 2002. Gjess i Nord-Norge. *Ottar* 239:3-11.
- Sæther, B-E. 1985. Annual variation in carcass weight of Norwegian moose (*Alces alces*) in relation to climate along a latitudinal gradient. *J. Wildl. Manage.* 49: 977-983.
- Sæther, B-E. & Haagenrud, H. 1983. Life history of the moose (*Alces alces*): fecundity rates in relation to age and carcass weight. *J. Mammal.* 64: 226-232.
- Sæther, B.-E., Tufto, J., Engen, S., Jerstad, K., Røstad, O.W. & Skåtan, J.E. 2000. Population dynamical consequences of climate change for a small temperate songbird. *Science* 287: 854-856.
- Thomas, C.D. et al. (19 forf.) 2004. Extinction risk from climate change. - *Nature* 427: 145-148.
- Tombre, I.M., Madsen, J., Bakken, J., Kristensen, P. Nicolaisen, P.I. & Røsshag B. Gåstrekket i Vesterålen og Nord-Trøndelag 2004. En evaluering av effekter av iverksatte tiltak. NINA Oppdragsmelding 840. 34 pp.
- Yoccoz, N.G. & Ims, R.A. 1999. Demography of small mammals in cold regions: the importance of environmental variability. - *Ecological Bulletins* 47: 137-144.
- Yoccoz, N.G., Nichols, J.D. & Boulinier, T. 2001. Monitoring of biological diversity in space and time. - *Trends in Ecology and Evolution* 16: 446-453.
- Økland, T., Bakkestuen, V., Økland, R.H. & Eilertsen, O. 2004. Changes in forest understory vegetation in Norway related to long-term soil acidification and climate change. - *Journal of Vegetation Science* 15: 437-448.
- Økland, R.H. & Nordbakken, J.-F. 2004. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser i boreal barskog i Solomfjell – fjerde gangs analyse 2003. I: Framstad, E. (red.) 2004. Terrestrisk naturovervåking. Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl i TOV-områdene, 2003. NINA Oppdragsmelding 839. 96pp.

Vedlegg I: Sammen drag fra ”Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning – Viktige terrestriske og limniske dataserier”

SAMMENDRAG

Arbeidsgruppa har gjennomført en kartlegging av eksisterende tidsserier og gjort en vurdering av status og muligheter for videreføring av disse seriene. I tillegg til denne rapporten legges resultatene av arbeidgruppas arbeid fram i form av en database (metabase) med informasjon om eksisterende tidsserier for terrestriske og limniske systemer. 276 tidsserier var lagt inn i metabasen pr 07.02.03. Disse danner grunnlaget for arbeidsgruppas vurderinger og anbefalinger. Metabasen er tilgjengelig for alle på nettsstedet <http://tidsserier.dirnat.no>

GENERELLE KONKLUSJONER:

- Det eksisterer relativt få lange tidsserier fra terrestriske og limniske økosystem i Norge. Svært få av de registrerte tidsseriene er landsrepresentative. Mange av seriene har 10-15 års data, og det er få serier med mer enn 20 års data. Det er flere og lengre serier fra limnisk enn fra terrestrisk miljø.
- Lange tidsserier fra Norge har vært nødvendig for gjennomføring av tiltak. Gode eksempler er reduksjon av langtransporterte luftforurensninger (internasjonalt) og gjennomføring av kalkingstiltak (nasjonalt).
- De fleste tidsseriene er produsert som følge av problemorientert overvåking (forurensning, laks).
- Et fåtall av de kartlagte tidsseriene er sikret framtidig finansiering. For de fleste seriene er framtidig finansiering høyst usikker.
- Eksisterende tidsserier har et potensiale i forhold til nye problemstillinger, f eks i forhold til klimaendringer. Særlig anses tidsserier basert på integrert overvåking av abiotiske og biotiske komponenter å være viktige i denne sammenheng. Eksisterende tidsserier fra referanselokaliteter kan også gi referansedata i forhold til nye trusler og ukjente påvirkninger.
- De fleste tidsseriene har begrenset tilgjengelighet. Selv om mange av de eksisterende seriene er digitaliserte, er svært få alment tilgjengelig. Tilgang til data kan imidlertid oppnås etter kontakt med ansvarlig institusjon.

PRIORITERTE SERIER (ikke prioritert rekkefølge, se kap. 8):

Limniske økosystemer:

- Sur nedbør- og kalkingsovervåkingen
- Nasjonal eutrofieringsundersøkelse
- Bestandssammensetning hos voksen laks i elv og sjø
- Nasjonale indeksvassdrag for laksefisk
- Lakseovervåkingen i Repparfjordelva
- Øvre Heimdalsvatn- fisk og bunndyrsamfunn
- Mjøsa – integrert overvåking av kjemi og biota
- Gjersjøen – integrert overvåking av hydrologi, kjemi og biologi
- Jonsvatnet – fyttoplankton og zooplanktondynamikk etter introduksjon av *Mysis relicta*
- FORSKREF-vassdragene Atna og Vikedalsvassdraget.

Terrestriske økosystemer:

- Landskogtakseringen
- Overvåking av skogskader
- Nasjonalt nettverk av flater for intensiv overvåking i skog
- Hjorteviltovervåking
- Rovdyrovervåking
- Sjøfuglovervåking
- Terrestrisk naturovervåking
- Landsomfattende moseundersøkelser - tungmetalldeposisjon
- Populasjonsstudier av etasjemose

- Slåttemyr- og engvegetasjon i Sølendet
- Skog og myrvegetasjon på Karlshaugen
- Trua arter (isbjørn, fjellrev, dvergås, åkerrikse, hortulan, damfrosk)
- Smågnagerbestander på Finse
- Spurvefugl og geometridelarver i Budalen
- Fossekall på Sørlandet
- Vårtrekk av fugl i Troms
- Grågås
- Hvitkinngås
- Dobbeltbekkasin
- Gråspurv på Helgeland

ARBEIDSGRUPPAS ANBEFALINGER:

Arbeidsgruppa anser de prioriterte seriene for å være meget verdifulle for framtidig overvåking og forskning og anbefaler at potensialet i de eksisterende dataseriene vurderes når nye problemstillinger oppstår. Det kan være kostnadseffektivt å supplere eksisterende serier med nye parametere i stedet for å sette i gang ny overvåking. Det anses særlig viktig å opprettholde tidsserier med data fra integrert overvåking av mange komponenter med tanke på alternativ bruk av dataseriene.

De seinere års reduserte budsjetter til overvåking innen en del områder, samtidig med fokus på nye problemstillinger, medfører at mange av seriene er sterkt i faresonen med hensyn til videre finansiering. Arbeidsgruppa synes dette er en svært bekymringsfull utvikling og anbefaler på det sterkeste at de prioriterte seriene sikres finansiering, slik at de holdes i drift og gjøres tilgjengelig for forskning og forvaltning.

Angående finansiering anbefaler arbeidsgruppa videre:

- Forvaltningen bør vurdere om prioriterte serier som mangler finansiering, bør inkluderes i nasjonal overvåking. Flere av tidsseriene anses meget relevante i forhold forvaltningsmessige problemstillinger (EUs vanddirektiv, opprettelse av Artsdatabank, kartlegging og overvåking av biologisk mangfold, organiske miljøgifter/Stockholmkonvensjonen).
- Finansiering av de prioriterte seriene er et ansvar for overordnede myndigheter (departementer). Det meste av de dataseriene som her er identifisert og prioritert, ligger innenfor ansvarsområdene til Miljøverndepartementet, Undervisnings- og forskningsdepartementet og Landbruksdepartementet. Disse og underliggende etater må sikres nødvendige budsjetter slik at de prioriterte seriene kan sikres for framtida.
- Det bør vurderes om ansvaret for videreføring og drift av relevante prioriterte dataserier som samles inn av (miljø)instituttene, bør inkluderes som del av (miljø)instituttens nasjonale oppgaver, og følges opp med tilhørende budsjetter.

Drift av prioriterte serier bør sikres ved at:

- Institusjonene som har ansvar for prioriterte dataserier, bør pålegges i tildelingsbrevne fra overordnet myndighet å samle inn, kvalitetssikre og lagre dataseriene.
- Enkelte serier ligger lagret ved universitetene hvor det kan forventes at de eksisterende seriene ikke vil forbli lagret/tatt hånd om etter at prosjektansvarlig ikke lenger har ansettelsesforhold ved institusjonen. Disse seriene må vurderes spesielt med hensyn til ivaretagelse og sikring for ettertida.

Tilgjengelighet til prioriterte serier skal bedres ved at:

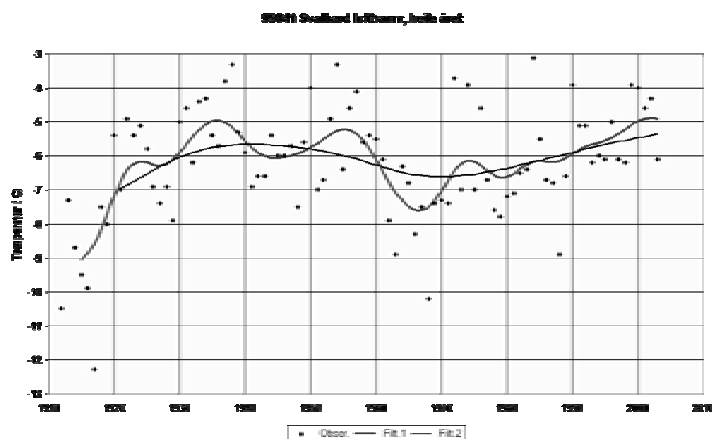
- Metabasen over eksisterende dataserier (<http://tidsserier.dirnat.no>) suppleres og oppdateres for, til enhver tid, å gi forskere og forvaltere oversikt over og oppdatert informasjon om eksisterende tidsserier.
- Institusjonene som med statlig finansiering disponerer/genererer dataseriene, bør pålegges å utforme en data- og informasjonspolitikk som legger til rette for at interesserte kan få tilgang til dataseriene til forsknings- og overvåkingsformål. Dette innebærer bl a dataene må lagres på en tilfredsstillende måte.

Vedlegg II: Sesongtemperaturforandring i seks regioner i Norge

Dataet i vedlegg II er henta fra <http://home.no/klimasida>. Tekst ved de enkelte figurene eksemplifiserer temperaturforhold i nåværende tiår sammenlignet med noen perioder på 1900-tallet.

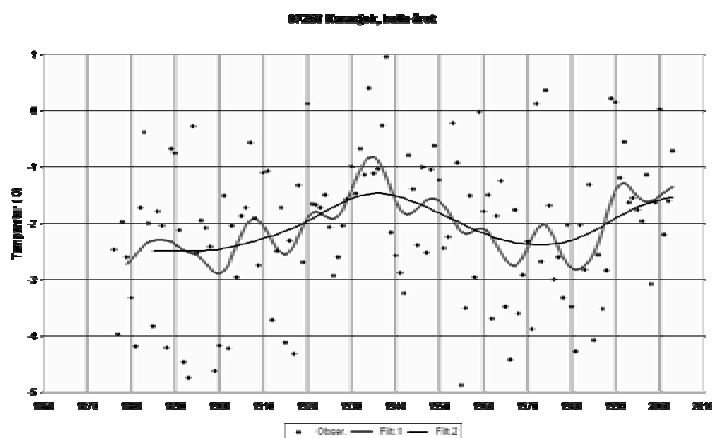
Hele året:

Svalbard 1912-2003:



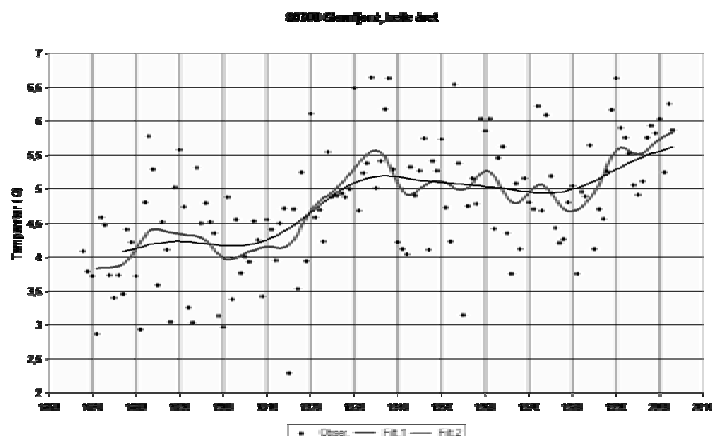
Svalbard er blitt en grad varmere enn på 1970-tallet, men det er ingen forandring sammenlignet med 1930-tallet.

Finmark 1876-2003:



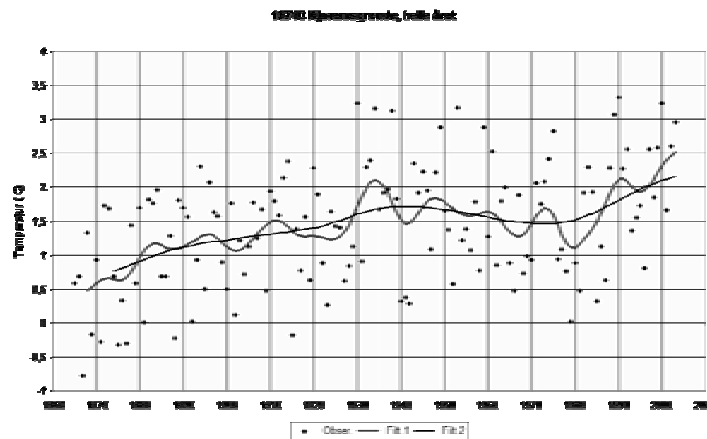
Finmark er blitt 0,8 grader varmere siden 1970-tallet men er litt kaldere enn 1930-tallet.

Nordland-Troms 1868-2003:



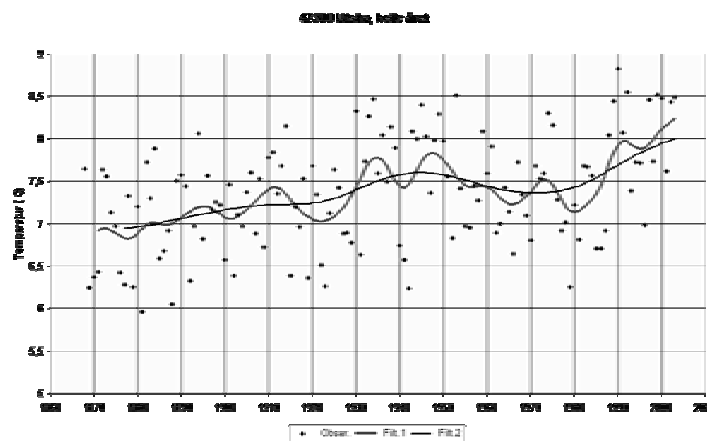
Nordland og Troms er blitt 0,6 grader varmere siden 1970-tallet og en kvart grad varmere sammenlignet med 1930-tallet.

Midt-Norge 1865-2003:



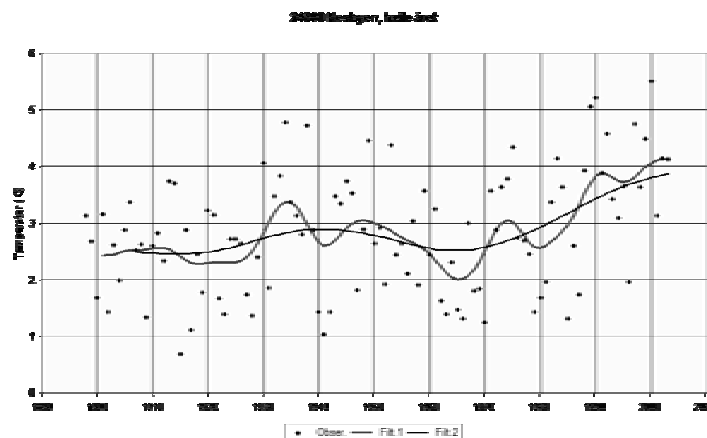
Midt-Norge er blitt 0,8 grader varmere siden 1970-tallet og 0,5 grader varmere siden 1930-tallet.

SV-Norge 1868-2003:



SV-Norge er blitt 0,8 grader varmere siden 1970-tallet og 0,5 grader varmere siden 1930-tallet.

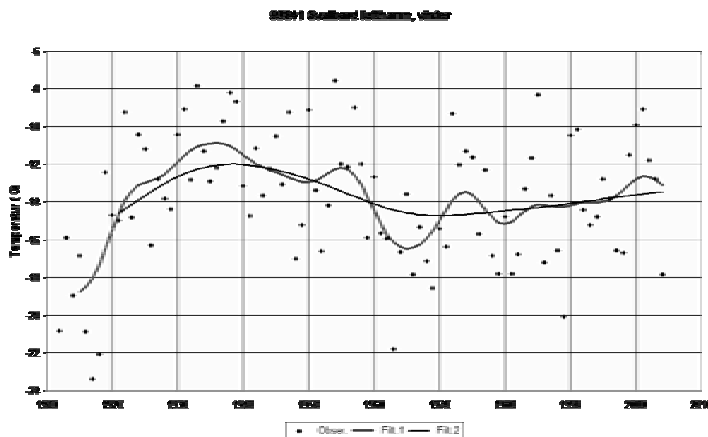
SØ-Norge 1898-2003:



SØ-Norge er blitt 1,2 grader varmere siden 1970-tallet og 1 grad varmere siden 1930-tallet.

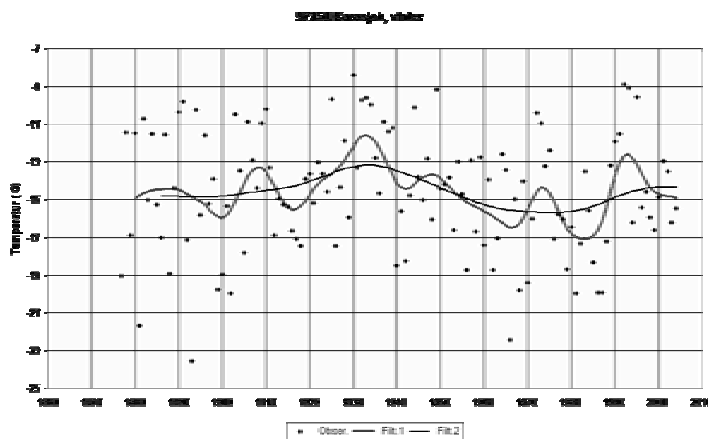
Vinter (desember-februar):

Svalbard 1912-2004:



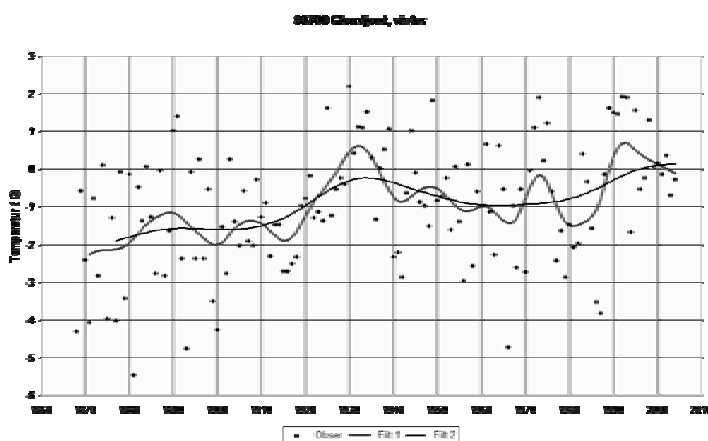
Vinteren på Svalbard er blitt ca 1 grad varmere siden 1970-tallet, men nesten 2 grader kaldere siden 1930-tallet.

Finnmark 1877-2004:



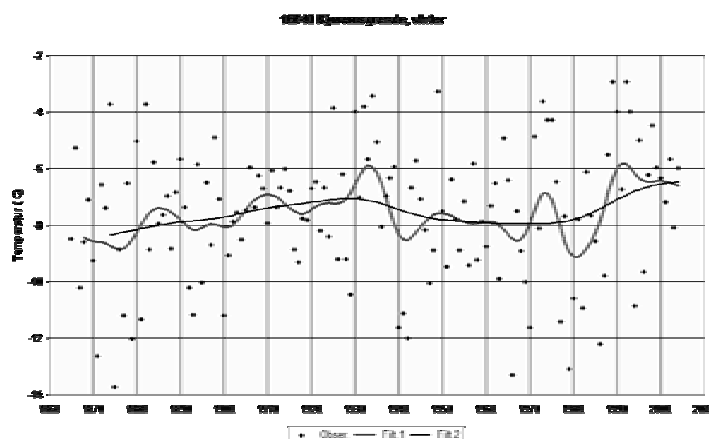
Vinteren i Finnmark er blitt 1 grad varmere siden 1970-tallet, men også 1 grad kaldere enn på 1930-

Nordland-Troms 1868-2004:



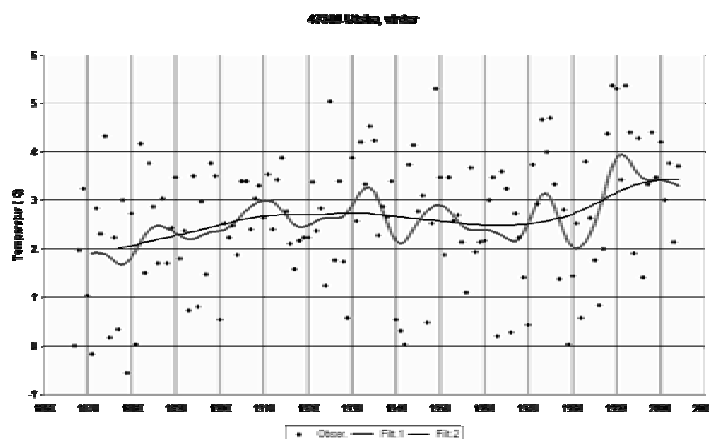
Vintertemperaturen i Nordland og Troms har økt med ca 1 grad siden 1970-tallet, men er nå omtrent den samme som på 1930-tallet, da mid-delttemperaturen også lå over null.

Midt-Norge 1865-2004:



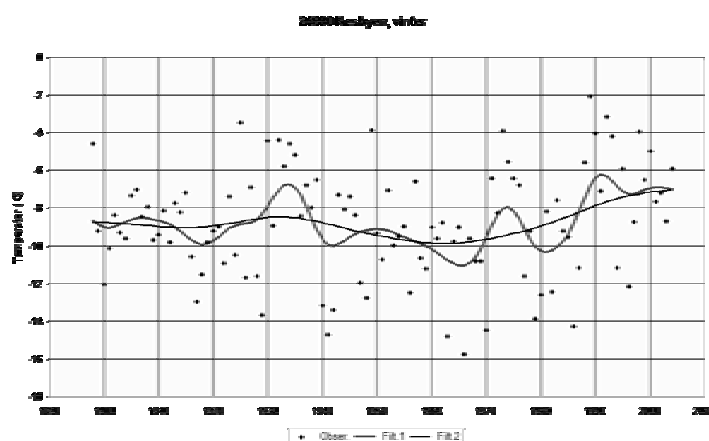
Vinteren i Midt-Norge er ca 1,5 grader varmere enn på 1970-tallet, og omtrent samme som på 1930-tallet.

SV-Norge 1867-2004:



Vintertemperaturen i SV-Norge har økt med ca 1 grad jamført med både 1970-tallet og 1930-tallet.

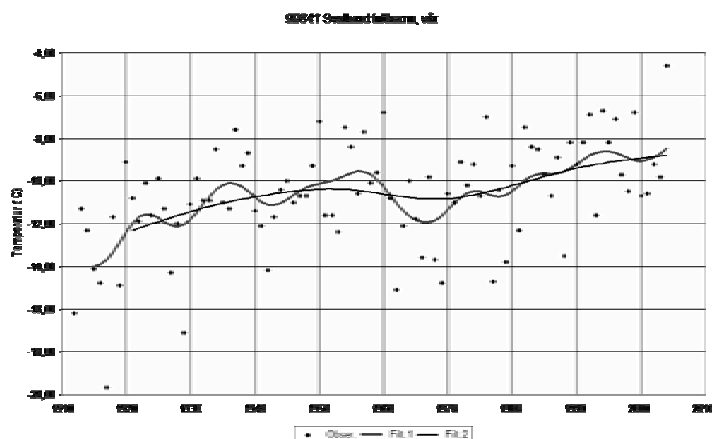
SØ-Norge 1898-2004:



Vinteren i SØ-Norge er ca 2 grader varmere enn på 1970-tallet og ca 1 grad varmere enn på 1930-tallet.

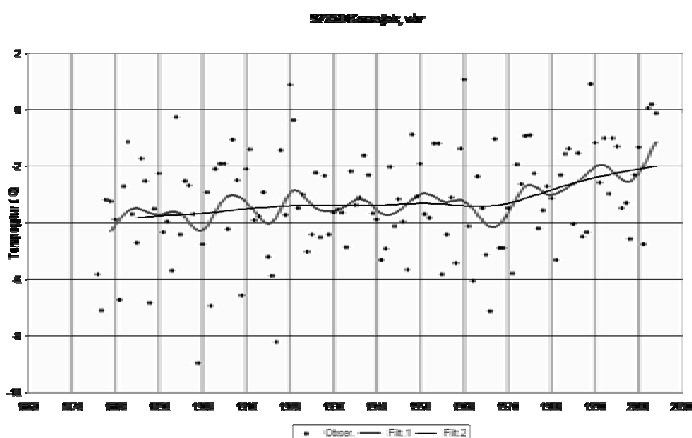
Vår (mars-mai):

Svalbard 1912-2004:



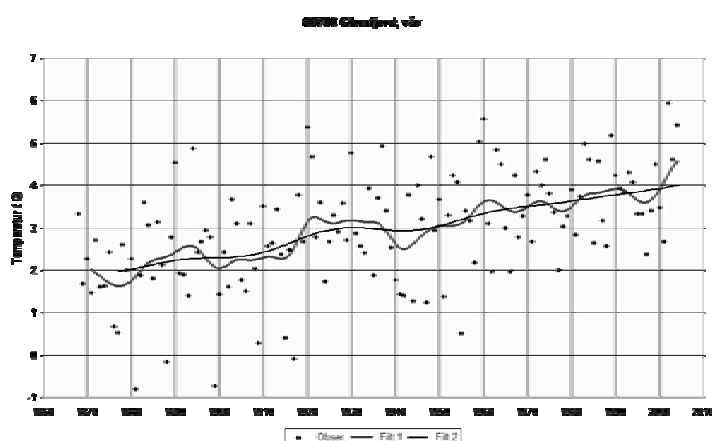
Temperaturen på sen-vinteren på Svalbard har økt med ca 2 grader siden 1970-tallet som hadde omtrent samme temperatur som 1930-tallet.

Finnmark 1876-2004:



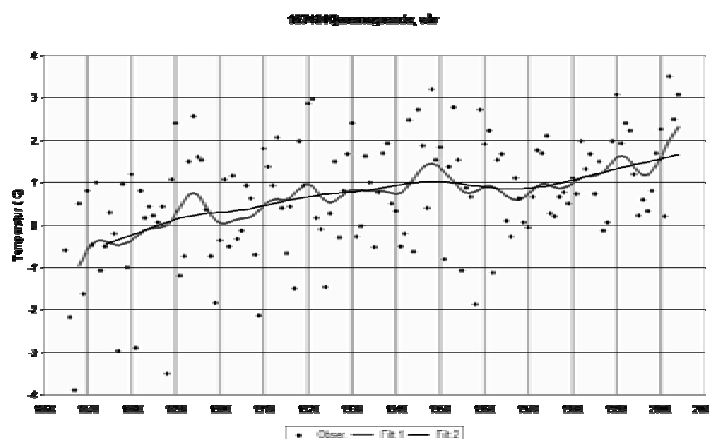
Finnmark har hatt relativt stabil temperatur fram til 1970-tallet, deretter har den økt med ca 1,5 grader.

Nordland-Troms 1868-2004:



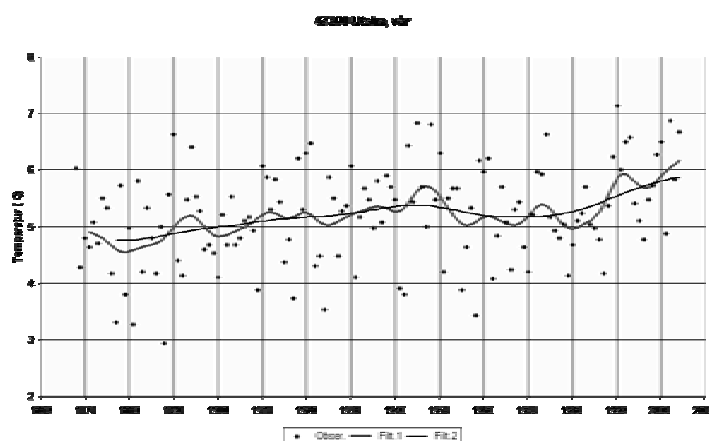
Temperaturen i Nordland og Troms har økt kontinuerlig siden målingene startet. Økningen er ca 1 grad siden 1920-tallet og 0,5 grader siden 1970-tallet.

Midt-Norge 1865-2004:



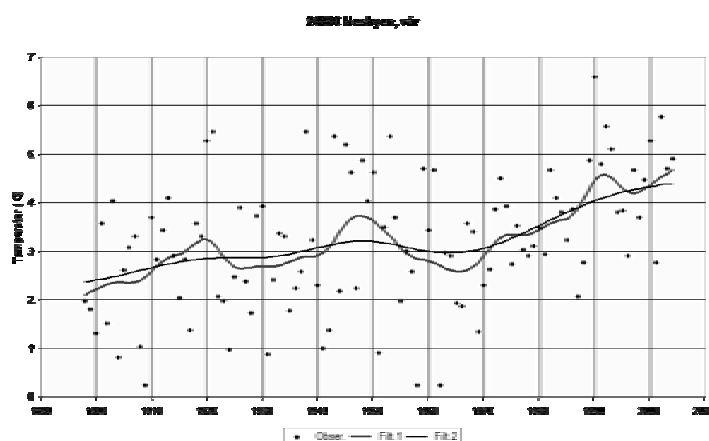
Temperaturen om våren har økt ganske jamt over perioden, med i underkant av 1 grad siden 1930-tallet og ca 0,5 grader siden 1970-tallet.

SV-Norge 1868-2004:



Våren har blitt ca 1 grad varmere i SV-Norge siden 1970-tallet men det var relativt små forandring mellom begynnelsen av 1900-tallet og 1970-tallet.

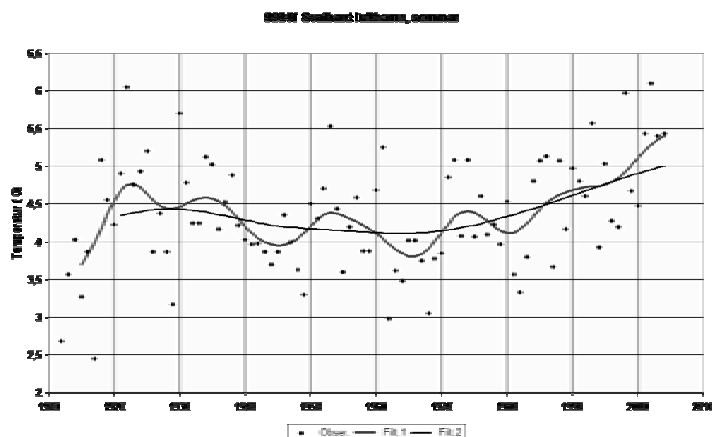
SØ-Norge 1898-2004:



Temperaturen om våren i SØ-Norge har økt med ca 1,5 grader siden 1970-tallet og med ca 1 grad jamført med 1930-tallet.

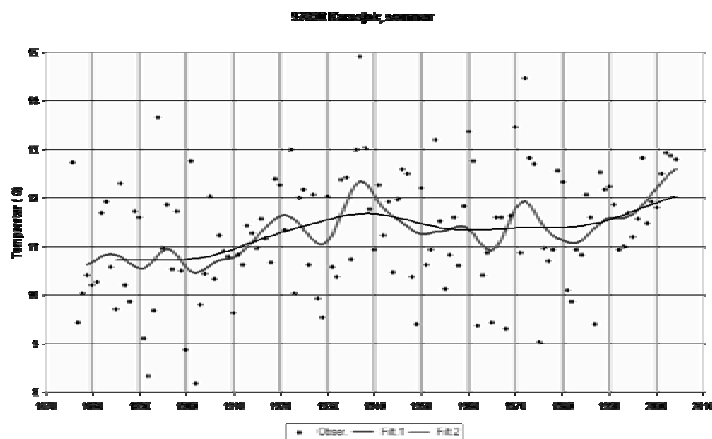
Sommer (juni-august):

Svalbard 1912-2004:



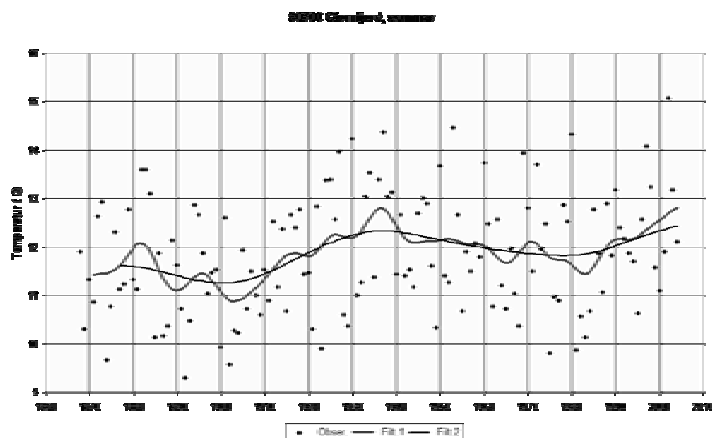
Svalbard var dominert av synkende sommer-temperaturer i perioden 1920-1970, men siden har temperaturen økt med i underkant av 1 grad frem til i dag.

Finnmark 1876-2004:



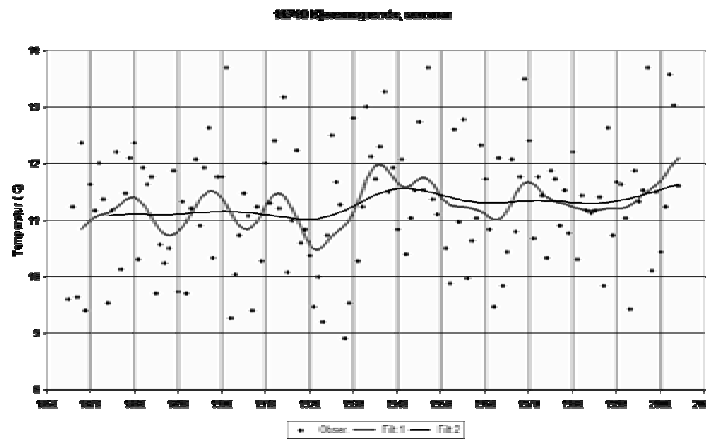
Sommeren har blitt ca 0,5 grader varmere i Finnmark jamført med 1930-tallet, men ca 1,5 grader siden begynnelsen av 1980-tallet.

Nordland-Troms 1868-2004:



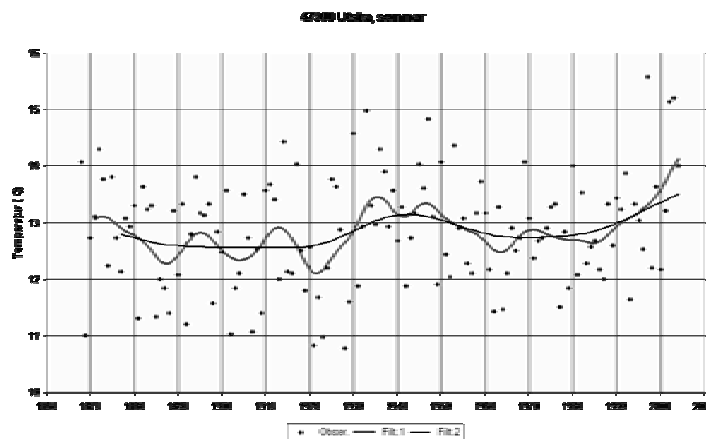
I Nordland og Troms har temperaturen økt med ca 0,5 grader siden 1970-tallet å sommeren er nå igjen like varm som på 1930-tallet.

Midt-Norge 1865-2004:



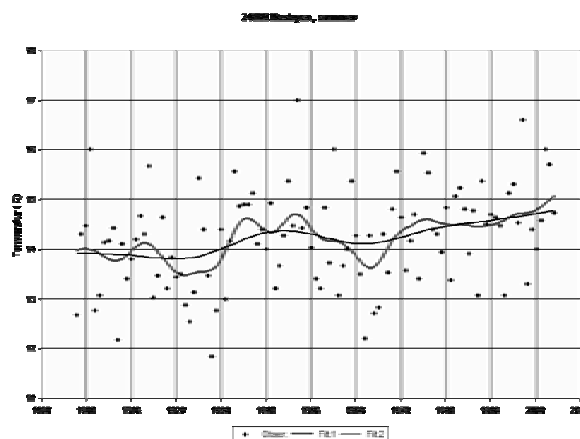
I Midt-Norge er temperaturen omtrent som på 1930-tallet og ca 0,5 grader varmere enn på 1970-tallet.

SV-Norge 1868-2004:



Temperaturen om sommeren har økt med drøyt 1 grad siden 1970-tallet i SV-Norge og med 0,5 grader jamført med 1930-tallet.

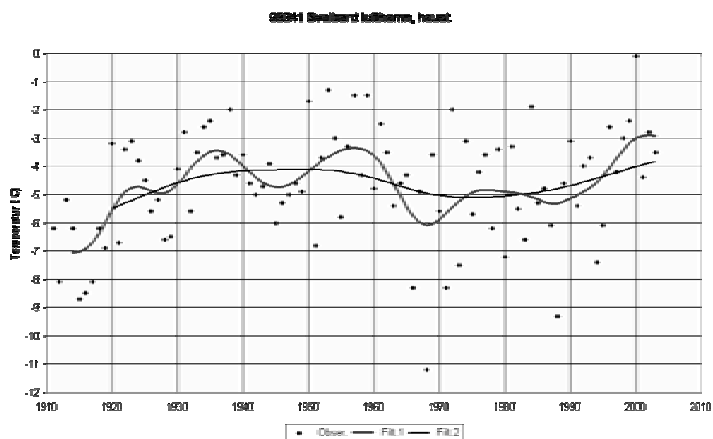
SØ-Norge 1898-2004:



Sommeren i SØ-Norge er nå 0,5 grader varmere enn på 1930-tallet og 1970-tallet.

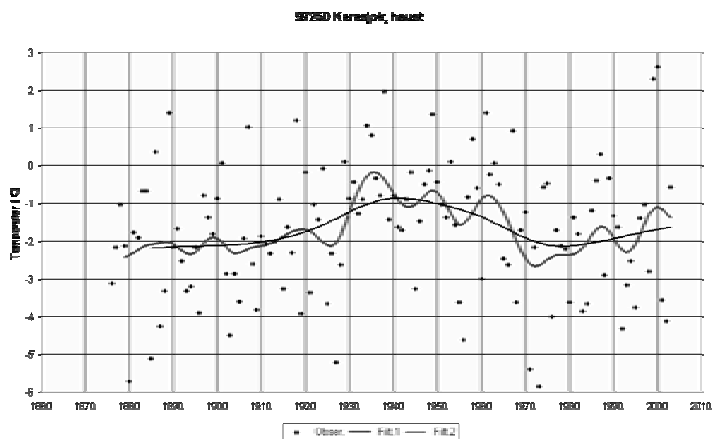
Høst (september-november):

Svalbard 1911-2003:



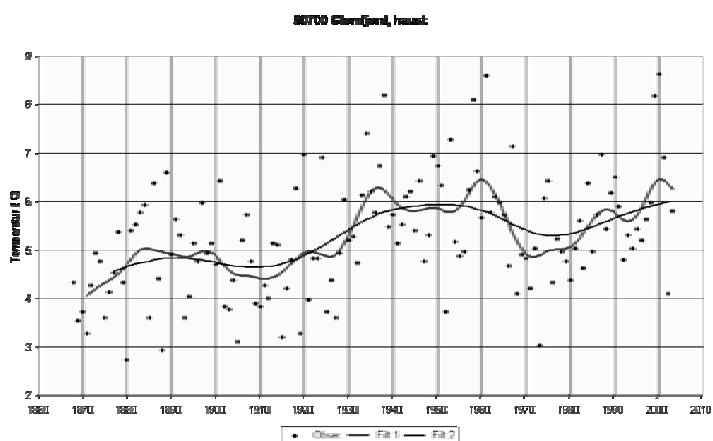
Høsttemperaturen har økt med ca 1 grad de siste 20 årene etter å ha minket siden 30- og 50-tallet og er nå litt varmere.

Finnmark 1876-2003:



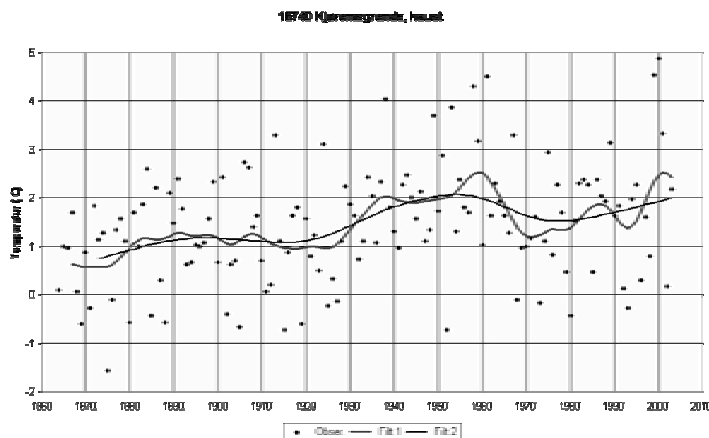
I Finnmark har temperaturen minket med nesten en grad siden 1930-tallet til tross for den økte litt i de siste 20 årene.

Nordland-Troms 1868-2003:



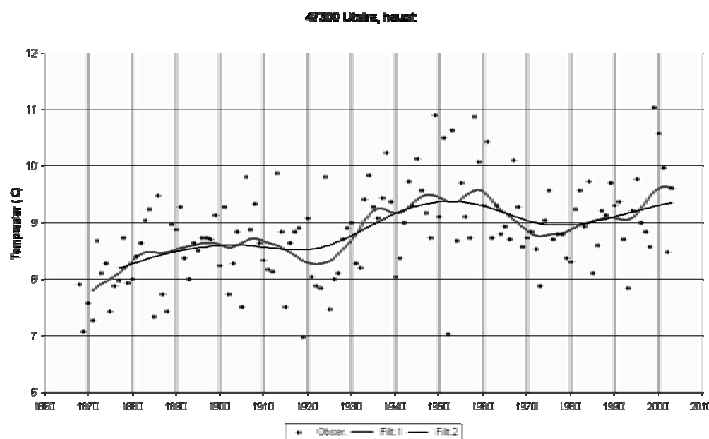
Høsttemperaturen i Nordland og Troms har økt med nesten 1,5 grader siden 1970-tallet og er nå like høy som på 30- og 60-tallet.

Midt-Norge 1864-2003:



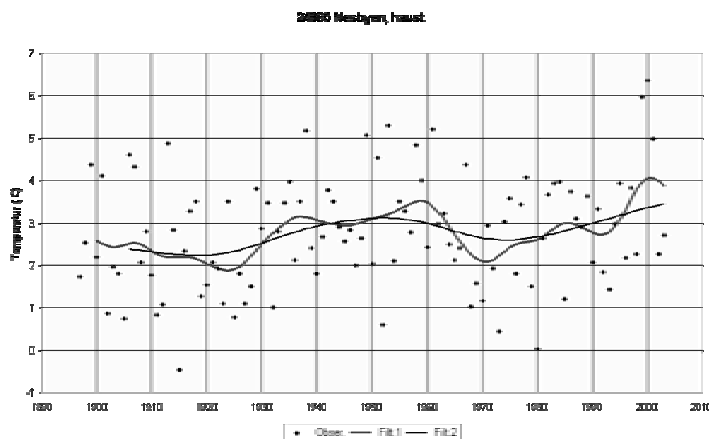
I Midt-Norge har høsten blitt ca 1 grad varmere siden 70-tallet og er nå omtrent like varm som perioden 1930-1960.

SV-Norge 1868-2003:



I SV-Norge er høsten ca 1 grad varmere nå enn på 70-tallet men omtrent lik 40- og 50-tallet.

SØ-Norge 1897-2003:



I SØ-Norge har temperaturen om høsten blitt ca 2 grader varmere siden begynnelsen av 1970-tallet og i underkant av 1 grad varmere jamført med på 1930-tallet.

Vedlegg III: Eksempler fra NINA Minirapport 70

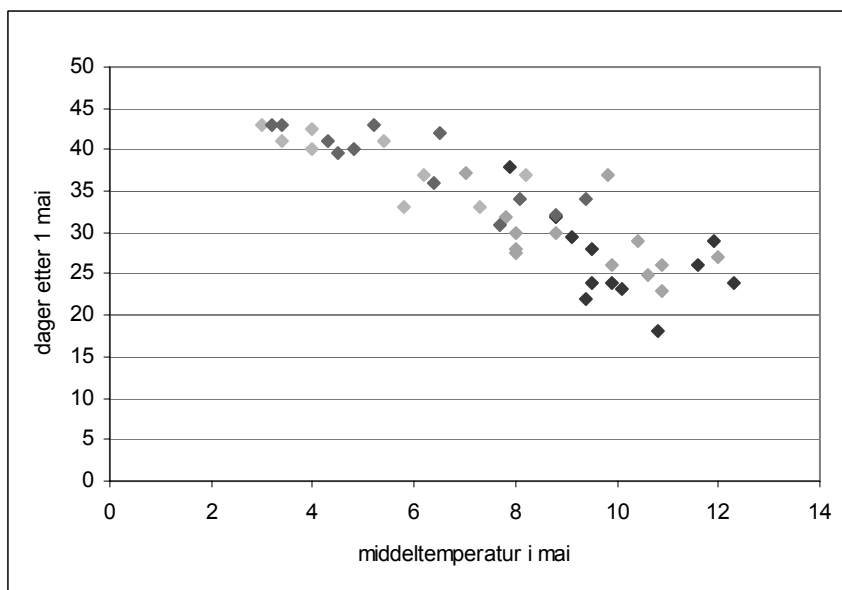
Nedenfor gis tre eksempler på pågående overvåking finansiert av Direktoratet for naturforvaltning. Disse eksemplene viser klimarelaterte forandringer i norsk natur de senere årene.

1. Terrestrisk naturovervåking, start 1990
2. Lundens populasjonsøkologi på Røst, start 1964
3. Hjorteviltovervåking, start 1960-70 tallet

Terrestrisk naturovervåking (TOV)

Terrestrisk naturovervåking i Norge (TOV) i perioden siden 1990 har vist at flere av de overvåkede komponentene viser endringer som kan knyttes til klimavariasjon i observasjonsperioden (Framstad et al. 2003). Grunnet observasjonsperiodens lengde kan det foreløpig ikke dras noen klare konklusjoner fra dataene, men moser i markvegetasjon og lav på trær har respondert med økt vekst under observasjonsperioden (konsistent med endringene i fuktighet/klima). Mengden moser i skogbunnen og lav på trestammer som har økt i søndre del av landet, som i løpet av perioden har fått lengre vekstsesong med gunstige fuktighetsforhold på grunn av varme, nedbørrike høster. Overvåkingen har også vist at fluesnapperer starter egglegging tidligere på grunn av tidligere vår, men om dette har gitt arten en populasjonsvekst og en fordel sammenlignet med andre arter er enda uklart. Dette kan på sikt avdekkes ved fortsatt overvåking av systemet som helhet.

Fluesnapper: Sammenheng mellom eggleggingsdato og temperatur



Figur 4: Median dato (regnet som dager etter 1. mai) for klekking av egg i første kull hos svarthvit fluesnapper i TOV-områdene (grå nyanser indikerer ulike områder) sammenholdt med middeltemperaturen i mai.

Figuren viser at det er en klar sammenheng mellom temperaturen om våren og tidspunktet for egglegging hos svarthvit fluesnapper. Dette gjelder trolig også for mange andre fuglearter. Temperaturen om våren det siste tiåret har vært ganske høy. Dette vil føre til at mange fuglearter starter hekking tidligere om våren, enten fordi de får tak i mer mat i form av insekter (som ofte responderer direkte på økt temperatur med raskere utvikling) eller fordi fuglene oppfanger sesongutviklingen gjennom plantenes utvikling.

For de fleste artene av spurvefugl vil det være gunstig å starte hekking så tidlig som mulig på året, slik at ungene klekkes på et tidspunkt som gir muligheter for en lang oppvekstperiode og

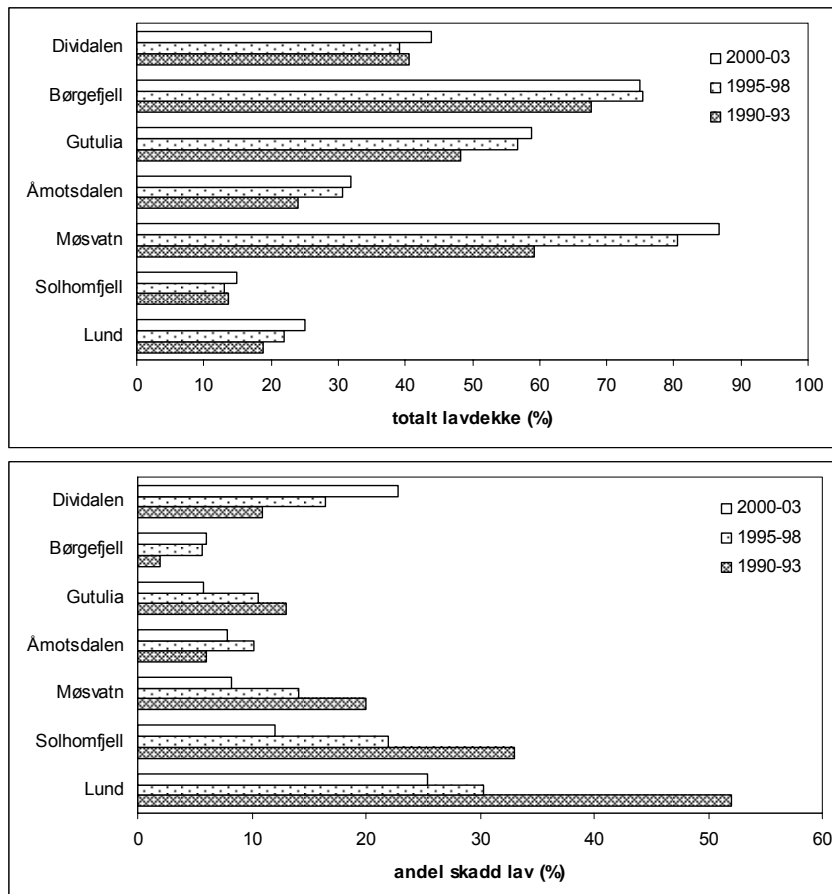
gjør at tilgangen på mat i denne perioden er best mulig. Det er dermed et sterkt evolusjonært press for tidlig egglegging hos mange arter. Dette gjelder imidlertid ikke alle arter, siden mange fugler er trekkfugler som kan være styrt av helt andre forhold enn klimaet i Norge. Dessuten vil vanligvis hunnfluglene også trenge betydelig tilgang på næring for å få utviklet eggene, slik at hekking vanskelig kan skje før mattilgangen er tilfredsstillende.

I første omgang kan vi vente at økte temperaturer om våren vil virke gunstig på bestandene av spurvefugler siden de kan få fram flere unger som overlever bedre. Om dette er gunstig eller ikke for økosystemene som helhet er imidlertid ikke klart. Framgang for noen arter vil vanligvis føre til tilbakegang for andre, og store endringer i artssamfunnene kan ha effekter på økosystemenes stabilitet og funksjon.

Lav:

Det er registrert høyere lavdekning på trærne ved andre og tredje gangs kartlegging i de fleste TOV-områdene. Økt lavdekning kan skyldes en kombinasjon av naturlig suksisjon ved at skogen blir eldre, og at sammensetningen av nedbøren (f. eks forurensningsinnhold) eller klimaet har blitt gunstigere for lavvekst. Tilsvarende er også observert for skogbunnsmoser i det nasjonale nettverket for intensivovervåking i skog, der TOV inngår (Økland et al. 2001). Dette blir tolket som en respons på klimatisk gunstige vekstforhold for skogsmoser i overvåkingsperioden, karakterisert av lange og/eller spesielt fuktige vekstsesonger (Økland et al. 2004). Lignende endringer er også registrert for lavfloraen i Nederland. Dette er blitt tilskrevet effekten av temperaturøkning de siste 10-15 årene (van Herk et al. 2002). I tillegg er nordlige arter i tilbakegang i Nederland, mens sørlige arter er i framgang. Det blir konkludert med at økt diversitet og økt dekning av både epifyttiske og terrestriske lavararter skyldes flere miljøfaktorer som virker i samme retning: nedgang i svoveldioksid i luft, økt innhold av ammonium i nedbør og global oppvarming. Utviklingen i Nederland de siste årene har gått i retning av en mer varme- og næringskrevende lavvegetasjon (van Herk 1999, van Herk et al. 2002). I de sørlige TOV-områdene er det registrert en framgang av svakt varmekjære arter som vanlig kvistlav, brunskjegg og furustokklav og en tilbakegang av den subalpine karakterarten snømållav. Dette er trekk som passer inn i det samme mønsteret.

Det er også mindre skade på lav i Sør-Norge i løpet av overvåkingsperioden, mens skadeområdet har gått noe opp i Midt-Norge (Åmotsdal og Børgefjell) og betydelig opp i Dividal som ligger lengst nord.



Figur 5: Lavdekke og andel skadd lav (%) på bjørkestammer ved tre registreringsperioder for de syv TOV-områdene i årene 1990-2003.

Lundens populasjonsøkologi på Røst

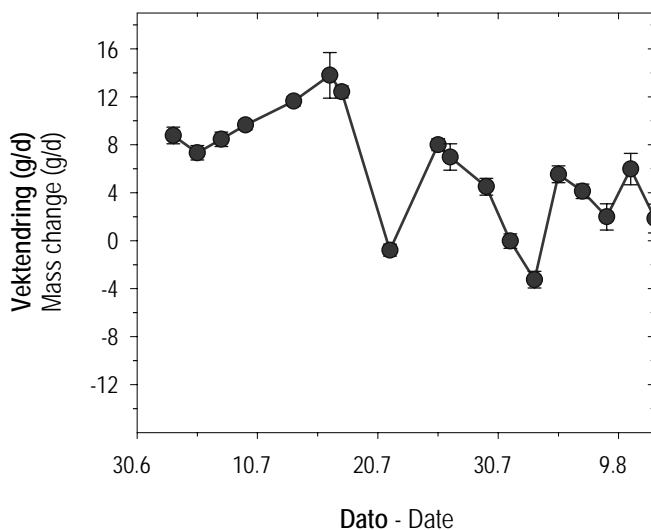
Data fra DNS langtidfinansierte overvåking av lunde på Røst har i årene 2001-2003 vært brukt i prosjektet *The ecological effects of climate fluctuations and change (EcoClim): a multi-disciplinary and integrated approach* finansiert av Norges forskningsråd (se Anker-Nilssen og Aarvak 2004). I dette prosjektet er tidsseriedataene for lundebestanden på Røst blitt anvendt til å studere noen økologiske effekter av klimavariasjoner og en sentral analyseparameter var North Atlantic Oscillation (NAO) Index (se kapittel 2 ovenfor). Dessuten er Havforskningsinstituttets månedlige gjennomsnittsdata for sjøtemperatur og saltinnhold på ulike dyp fra to stasjoner i kyststrømmen nordøst for Røst benyttet i tillegg til lokale værparametere (bl.a. vindstyrke og vindretning) innsamlet på Røst i lundenes ungeperiode i perioden 1979-1998.

Resultatene av *EcoClim*-prosjektet er publisert i artikler i internasjonale tidsskrifter (Durant et al. 2003, 2004a,b) og blir ikke presentert i detalj her. En oppdatert fremstilling av de viktige problemstillingene og resultatene fra arbeidet gjengis i Anker-Nilssen & Aarvak (2004) og oppsummeres nedenfor, sammen med noen resultater fra enkelte andre klimarelaterte analyser av overvåkingsdata på lunde.

Variasjoner på liten skala i tid og rom: Ungevekst

En av hypotesene i prosjektet var at perioder med vedvarende kraftig vind over flere dager temporært vil redusere tilgjengeligheten av byttedyr for lundene. Dette vil i så fall forventes å bli reflektert ved parallelle endringer i hvor mye og hva slags type næring ungene blir tilbudt, f.eks. slik Anker-Nilssen & Aarvak (2002) beskriver som den mest sannsynlige forklaring på at ungeveksten i 2001 stagnerte i to perioder med stiv eller sterk kuling. En foreløpig analyse for et par av hekkesesongene avdekket ikke slike effekter, men kan skyldes for liten variasjon i

værforholdene i de valgte sesongene, for lav oppløsning på vekstdata (måling av unger hver fjerde dag) og/eller at responsene er mer komplekse (ikke-lineære).

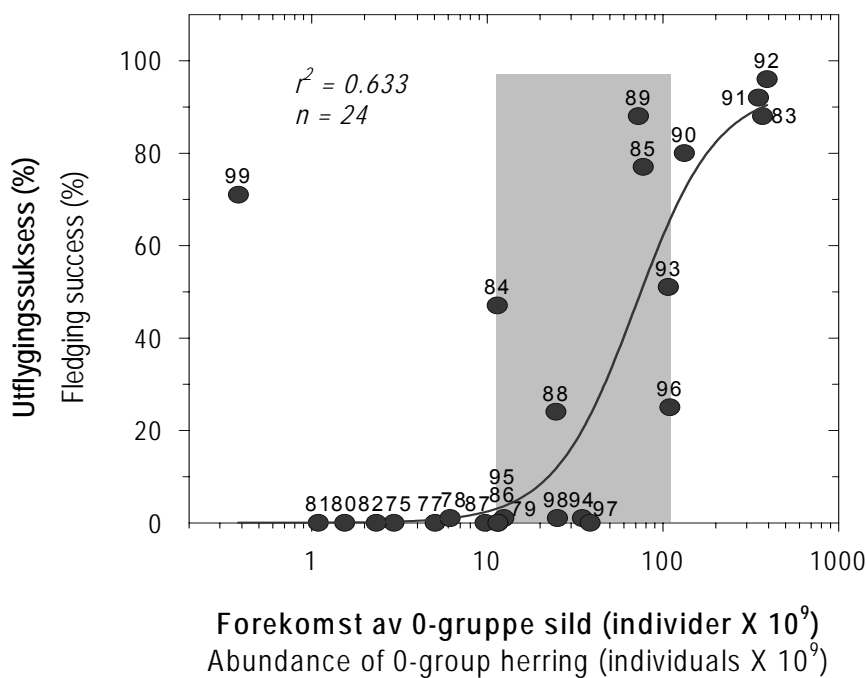


Tilfeller med stiv/sterk kuling ▲ ▲

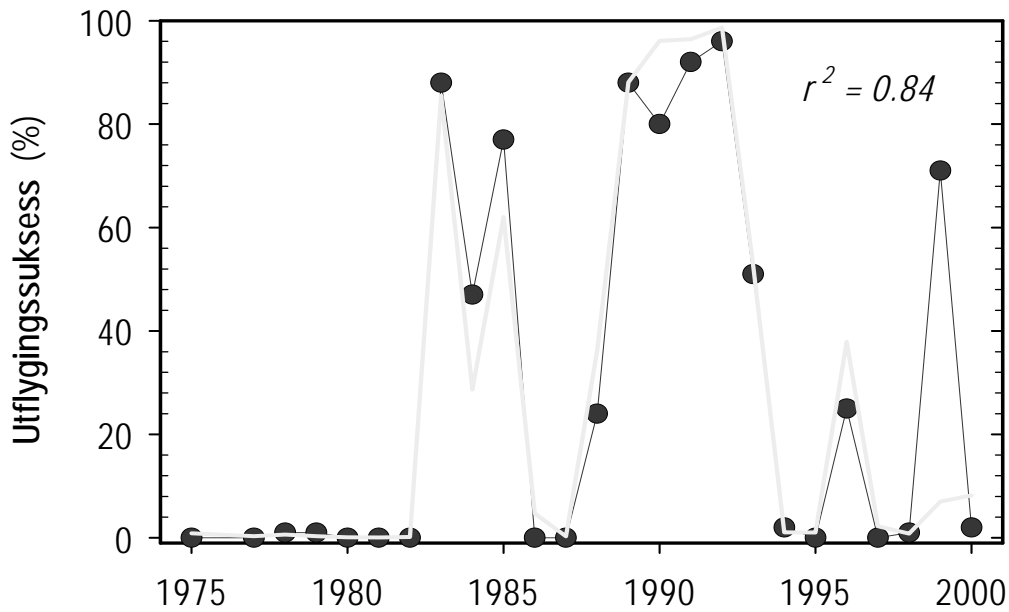
Figur 6: Vektendring i gram per døgn for lundeunger i perioden fra slutten av juni til midten av august og betydningen av to tilfeller av sterk vind som vanskeliggjorde foreldrenes næringsøk.

Variasjoner på intermediær skala i tid og rom: Modell for utflygingssuksess

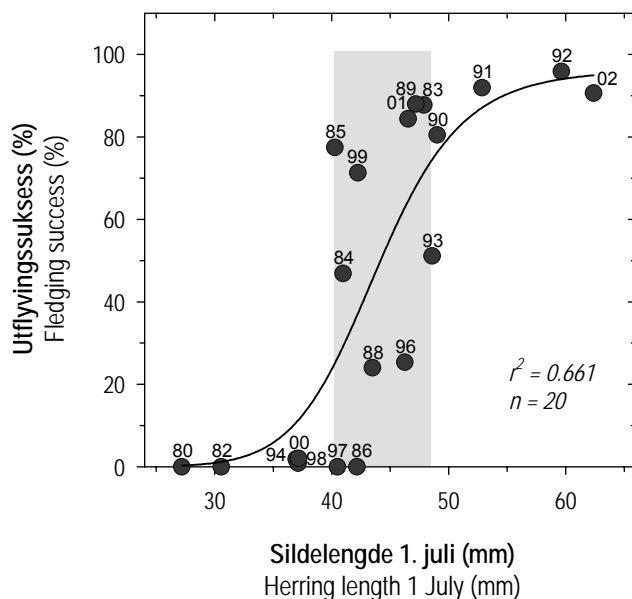
I en multivariat analyse av lundenes utflygingssuksess på Røst siden 1975 (Durant et al. 2003) ble 1) årlige mål for årsklassestyrke for 0-gruppe sild, 2) gjennomsnittlig sjøtemperatur på 0-75 m dyp ved Skrova i månedene mars-juli (de første levemånedene til 0-gruppe sild frem til de passerer Røstområdet) og 3) størrelsen på 0-gruppe sild i lundeungenes diett introdusert. Modellen viste at de to siste variablene forutsier utflygingssuksessen i denne perioden med en sikkerhet på 84 %. Det eneste klare avviket var det dårlige sildeåret 1999, da ungene ble fostret opp på andre byttedyr og hekkingen likevel ble vellykket.



Figur 7: Forholdet mellom årlig mengde av 0-gruppe sild og utflygingssuksess til lunde i perioden 1975-1999.



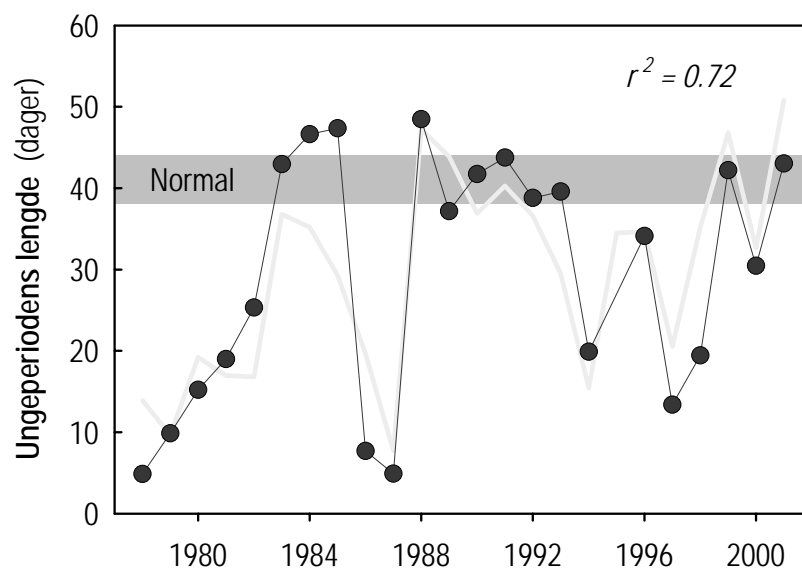
Figur 8: Utflygingssuksessen hos lunde kan predikeres vha. temperatur i kyststrømmen på 0-75 meters dyp i mars-juli og størrelsen til sildeyngel i lundeungenes diett (sorte symboler er observerte verdier, grå linje er modellprediksjon).



Figur 9: Forholdet mellom størrelsen på 0-gruppe sild i lundeungenes diett og utflygingssuksess, 1980-2002.

En annen analyse (Durant et al. manus) viser at ungeperiodens lengde er påvirket av kyststrømmens temperatur og salinitet på 0-20 m dyp i februar-mai (den viktigste produksjonsperioden for plankton), altså lenge før lundenes ungeperiode starter. Ungeperiodens lengde skiller langt bedre mellom dårlige år enn utflygingssuksess. Dette skyldes at det er så mange år (i snitt hvert annet) hvor omtrent samtlige unger dør i reiret. Resultatene viser at lundenes reproduksjon i stor grad er styrt av produksjonen på de laveste trofiske nivå (plankton), selv om

effekten er indirekte via planktonets betydning for overlevelsen til 0-gruppe sild og andre av lundens pelagiske byttedyr.



Figur 10: Ungeperiodens lengde hos lunde kan predikeres rimelig godt vha. temperatur og saltholdighet i kyststrømmen på 0-20 meters dyp i februar-mai (sorte symboler er observerte verdier, grå linje er modellprediksjon).

Variasjoner på stor skala i tid og rom: Hekkefuglenes overlevelse

Siden NAO er et storskalafenomen, forventes denne indeksen å reflektere viktige egenskaper ved miljøforholdene til lundene når de ferdes over store havområder utenfor hekkesesongen. Disse forholdene vil igjen påvirke fuglenes overlevelse og deres villighet til å investere energi i reproduksjon i en ny hekkesesong. Analyser bekrefter da også at den årlige variasjonen i lundenes overlevelse er positivt korrelert med ungenes utflygingssuksess i utgangsåret. Siden det er et sterkt samsvar mellom lundenes reproduksjon og den samtidige årsklassestyrken for sild, kan overlevelsen helt eller delvis være en indirekte effekt av fuglenes næringstilgang den første tiden etter avsluttet hekking. Videre varierer lundenes fangbarhet i hekkesesongen både med sildelengden og NAO vinterindeks, og er høyest for hannene. Dette kan indikere at hannen tilbringer mer tid sittende i kolonien, og er mindre villig enn hunnen til å delta i rugingen og/eller mating av ungen.

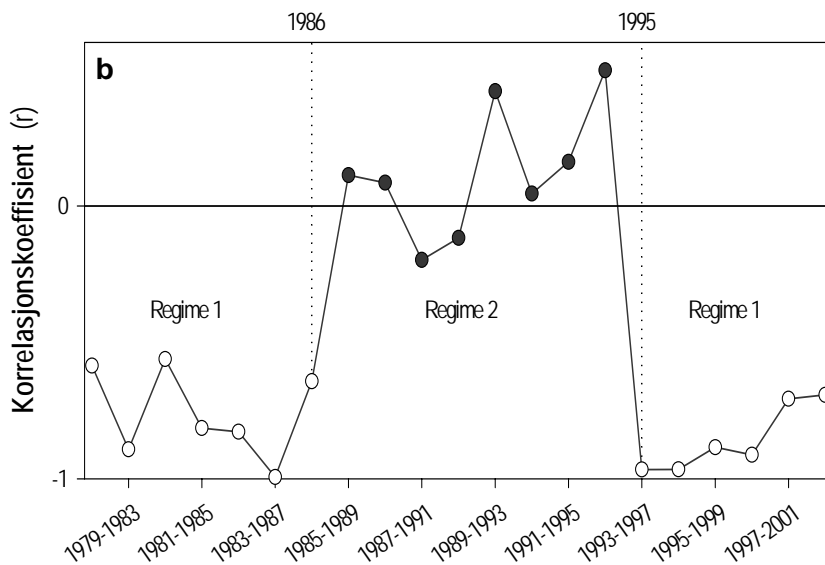
I en annen analyse (Harris et al. under utarb.) sammenligner vi overlevelsen til voksne lunder på Røst, Hornøy (Øst-Finnmark), Isle of May, Fair Isle (Skottland) og Skomer (Wales). Disse bestandene har utviklet seg svært ulikt, og deres utbredelse vinterstid er antatt å være forholdsvis lite sammenfallende. I tre av koloniene er overlevelsen påvirket av sjøtemperaturen omkring kolonien i hekkesesongen (mai-juli), men mens sammenhengen er positiv på Røst (høyere temperatur gir bedre overlevelse), er den negativ på Fair Isle og Skomer. Forklaringen ligger trolig i at bestandene er avhengige av ulike byttedyr som responderer ulikt på temperaturendringer.



Figur 11: Lunde på snø. I enkelte år kan reirringgangen være dekket av snø når lunden ankommer kolonien første gang i månedsskiftet mars-april. Dette er likevel ikke til hinder for lundene på Røst, i alle fall ikke med de rådende klimaforhold. (Foto © Erik Aspegren).

Variasjoner på stor skala i tid og rom; Hekketidspunkt

Det er også påvist en klar samvariasjon mellom lundenes hekkestart (målt siden 1978 som gjennomsnittlig klekketidspunkt) og vinterindeksen for NAO (Durant et al. 2004a). Jo høyere indeks, dess tidligere hekking. Forholdet er likevel ikke konsekvent, men holder stikk en del år av gangen. Det var f.eks. ingen tydelig samvariasjon i årene 1987-94, i motsetning til periodene før og etter dette. Det er ikke i detalj kjent hvilke mekanismer som forklarer slike "regimeskifter", men både NAOs vinterindeks, samt hekkesuksessen og sildestørrelsen i det foregående året var forskjellige i de to regimene. I det regimet hvor det er samvariasjon mellom NAO og hekkestart, kan disse tre parametrene forutsi klekketidspunktet med en sikkerhet på 86 %.



Figur 12: Regimeskifte i samvariasjonen mellom lundenes hekkestart og vinterindeksen for NAO. Årene 1987-1994 oppviser ingen signifikant samvariasjon i motsetning til periodene før og etter.

Hjorteviltovervåking

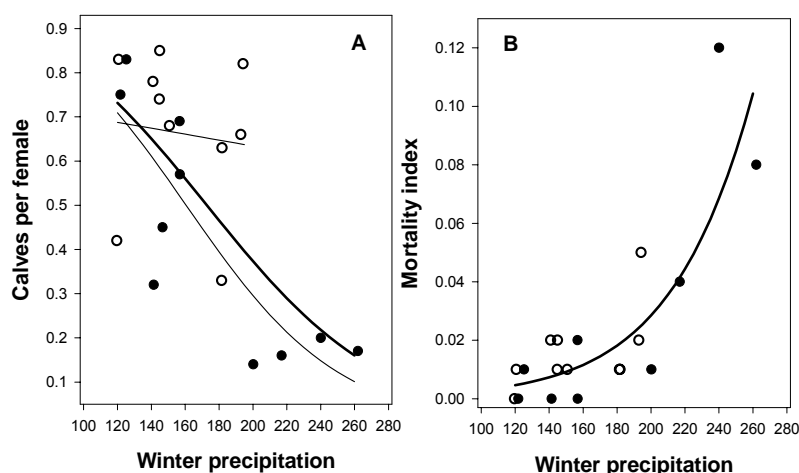
Hjort:

Analyser av årlige data på hjortens kjønn, alder, reproduksjon og slaktevekt i det naturlige utbredelsesområdet i Norge (Vestlandet, Møre og Romsdal, og sørvestre Sør Trøndelag) siden 1965 viser at klimaet har både direkte og indirekte innvirking på hjortebestanden. En rad ulike effekter av klimaet kan påvises på slaktevekter, reproduksjon og dødelighet og i sin tur på bestandsutviklingen (Loison et al. 1998, Post & Stenseth 1999, Mysterud et al. 2001). Spesielt vinterklimaet synes å ha en effekt. Harde vintre virker negativt på overlevelsen av kalver, mens milde vintre gir økt kroppsvekst og større dyr.

En trend med økende varmemengde om vinteren (positiv NAO) er gunstig for hjorten grunnet to mekanismer. Milde vintre gir 1) mindre snø i lavtliggende overvintringsområder, noe som reduserer energibruken for varmeregulering og forflytting, og øker tilgjengeligheten av beite (Loison et al 1999). Samtidig gir milde vintre 2) mer snø i høytliggende sommerområder, noe som gir en forlengelse av perioden med god beitekvalitet (Mysterud et al. 2001). Det er vist at snøens fordeling langs høydegradienter er en nøkkelfaktor for veksten hos hjort. Høyden er avgjørende for hvorvidt nedbøren kommer som snø eller regn og i sin tur de økologiske effektene av klimaet (for eksempel innvirking av NAO) (Mysterud et al. 2000). Beitekvaliteten på urter og gras er høyest i nye ferske skudd og minker utover sesongen i takt med at plantene blir eldre. Vinterklimaet påvirker derfor indirekte beitekvaliteten sommerstid gjennom at kontinuerlig tilbaketrekking av snøflekker forlenger perioden med tilgang på nye planter og skudd av høy kvalitet.

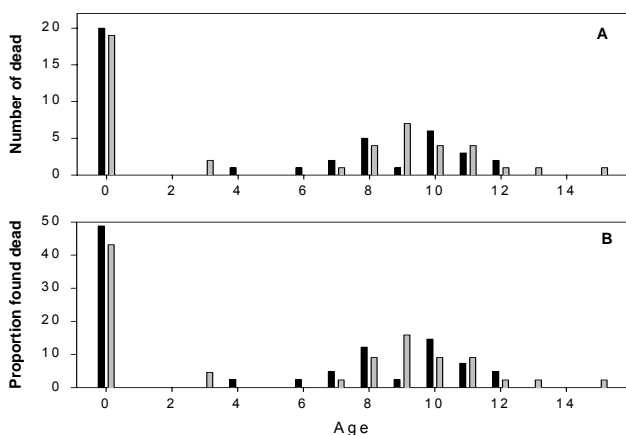
Villrein Svalbard:

Analyse av sammensetningen av villreinstammen i Reindalen-området på Svalbard for årene 1979-1999 viser stor variasjon mellom år i populasjonsstørrelse, mortalitet og rekruttering (Solberg et al. 2001). Svingningene i populasjonsstørrelse skyldes både endringer i rekrutteringsrate og vinterdødelighet. Disse endringene henger nært sammen med klimaforholdene om vinteren men er også en tetthetsavhengig respons på begrensede beiteresurser. Særlig vintre med høy nedbør og isdannelse i beiteområdene har sterk negativ innvirking på populasjonsstørrelsen, mens størrelsen i den undersøkte perioden ikke viste tegn på å være påvirket av sommerklimaet.



Figur 13: Antall kalv per simle (A) og mortalitetsindeks (B; antall døde dyr / populasjonsstørrelse året før) i forhold til vinternedbøren for år med høy (●) og låg (○) populasjonstetthet.

Vintrene med mye nedbør og is hadde ikke bare en reduserende effekt på populasjonsstørrelsen, men også en effekt på sammensetningen av reinsdyrpopulasjonen. I slike år var det først og fremst høy dødelighet av kalver og gamle dyr som sto for populasjonsnedgangen.



Figur 14: Aldersfordelingen av antall (A) og andel (B) av døde reinsdyr som ble funnet i studieområdet i Reindalen, Svalbard, etter forgående vintre; 1981 (sort) og 1991 (grå).

Elg:

Klima påvirker elgens bestandsdynamikk via effektene på kroppsvekst og kondisjon. I flere overvåkningsområder i Norge er det påvist en negativ sammenheng mellom årlig variasjon i slaktevekt hos kalv og åring og temperaturen på forsommeren (Sæther 1985, Solberg & Sæther 1994, Solberg et al. 1999). Lave temperaturer vil ha en forsinkende effekt på plantenes utvikling gjennom sommeren, og fordi planter i et tidlig vekststadium er mer fordøyelige og rikere på næring, vil dette ha en positiv effekt på elgens vekstmuligheter. Av samme grunn ser vi hos elgen, som hos hjorten, en tendens til at snørike vintre har en positiv effekt på kroppsvekten, mest sannsynlig som følge av den forsinkende effekten snøen har på plantevekstens start og utvikling på forsommeren. Denne effekten kan virke direkte på årets tilvekst, men i tillegg vil dårlige klimatiske betingelser i fødselsåret kunne påvirke elgens størrelse gjennom hele livet (Solberg et al. 2004).

Den sterke effekten av klimaet på kroppsveksten forventes å ha en vesentlig effekt på elgens bestandsdynamikk. Små elgkyr blir senere kjønnsmodne og vil produsere tvillingkalv sjeldnere enn store elgkyr (Sæther & Haagenrud 1983, Solberg et al. 1997). I tillegg er det sannsynlig at små dyr er mer utsatt for naturlig dødelighet enn store dyr i godt hold. Fordi klimaet kun er en av mange faktorer som påvirker elgens bestandsdynamikk, er det imidlertid vanskelig å studere den separate effekten av klimaet. En annen grunn er at vi kun unntaksvis har gode data på bestandsstørrelse og sammensetning. Et unntak er elgbestanden i Vefsn-dalføret der utviklingen i bestandstetthet og sammensetning er fulgt siden 1967. Svingningene i denne bestanden er i stor grad et resultat av jakt, men i tillegg innvirker både tetthetsavhengig næringsbegrensning og klimaet på bestandens vekstrate (Solberg et al. 1999).

I de andre overvåkningsområdene for elg (og hjort, villrein) vil vi i større grad kunne studere og overvåke klimaeffekter på livshistorie og bestandsdynamikk etter hvert som tidsseriene blir lengre. Spesielt i jaktede hjorteviltbestander er vi avhengig av lange tidsspenn for å kunne kontrollere for innvirkningen jakten og tettheten har på bestandsdynamikken. På den annen side synes hjorteviltbestandene å være følsomme for klimasvingninger, og samtidig medfører jakta at et stort materiale kan innsamles årlig uten store kostnader.

Referanser

- Anker-Nilssen, T. & Aarvak, T. 2002. Lundens populasjonsøkologi på Røst. Status etter hekkesesongen 2001. NINA Oppdragsmelding 736.
- Anker-Nilssen, T. & Aarvak, T. 2004. Lundens populasjonsøkologi på Røst. Status etter hekkesesongen 2003. NINA Oppdragsmelding 809.
- Durant, J.M., Anker-Nilssen, T. & Stenseth, N.C. 2003. Trophic interactions and climate change: the Atlantic puffin as an example. - Proc. R. Soc. Lond. B 270: 1461-1466.
- Durant, J.M., Anker-Nilssen, T., Hjermand, D.Ø. & Stenseth, N.C. 2004a. Regime shifts in the breeding of an Atlantic puffin population. Ecology Letters 7: 388-394.
- Durant, J.M., Stenseth, N.C., Anker-Nilssen, T., Harris, M.P., Thompson, P.M. & Wanless, S. 2004b. Marine birds and climate fluctuations in the North Atlantic. I: Stenseth et al. (red.) Marine ecosystems and climate variation – the North Atlantic. Oxford Univ. Press, s.95-105.
- Durant, J.M., Anker-Nilssen, T., & Stenseth, N.C. Climate affects the Atlantic puffin through food-chain variation. Manus.
- Framstad, E. (red.) 2003. Terrestrisk naturovervåking. Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl i TOV-områdene, 2002. NINA Oppdragsmelding 793
- Grove, J. M. 1988. The Little Ice Age. Methuen, London.
- Harris, M.P., Anker-Nilssen, T., Grosbois, V., Perrins, C.M., Shaw, D.N. & Erikstad, K.E. The survival of adult Atlantic puffin *Fratercula arctica* at five widely dispersed colonies in the eastern Atlantic. Manus.
- Hofgaard, A. 1997. Structural changes in the forest-tundra ecotone: A dynamic process. pp 255-263. I: Huntley, B., Cramer, W., Morgan, A.V., Prentice, H.C. and Allen, J.R.M. (eds.) Past and future rapid environmental changes: the spatial and evolutionary responses of terrestrial biota. - NATO ASI Series, Vol. I 47. Springer Verlag.
- Hofgaard, A. 1999. The role of "natural" landscapes influenced by man in predicting responses to climate change. Ecological Bulletins 47: 160-167.
- Hofgaard, A., Tardif, J. & Bergeron, Y. 1999. Dendroclimatic response of *Picea mariana* and *Pinus banksiana* along a latitudinal gradient in the eastern Canadian boreal forest. - Canadian Journal of Forest Research, 29: 1333-1346.
- Holtmeier, F.-K. 2003. Mountain timberlines – ecology, patchiness and dynamics. Kluwer Academic Press.
- IPCC 2001. Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C.A. - Cambridge University Press, Cambridge/New York. 881s.
- Loison, A. & Langvatn, R. 1998. Short and long-term effects of winter and spring weather on growth and survival of red deer in Norway. Oecologia 116: 498-500.
- Loison, A., Langvatn, R. & Solberg, E.J. 1999. Body mass and winter mortality in reed deer calves: Disentangling sex and climate effects. Ecography 22: 20-30.
- Mysterud, A., Yoccoz, N.G., Stenseth, N.C. & Langvatn, R. 2000. Relationship between sex ratio, climate and density in red deer: the importance of spatial scale. Journal of Animal Ecology 69: 959-974.
- Mysterud, A., Stenseth, N.C., Yoccoz, N.G., Langvatn, R. & Steinheim, G. 2001. Nonlinear effects of large-scale climatic variability on wild and domestic herbivores. Nature 410: 1096-1099.
- Mysterud, A., Stenseth, N.C., Yoccoz, N.G., Ottersen, G. & Langvatn, R. 2002. The response of the terrestrial ecosystems to climate variability associated with the North Atlantic Oscillation. - pp.135-162 in: The North Atlantic Oscillation: climatic significance and environmental impact, vol. 134 (ed. by J. Hurrell et al.). American Geophysical Union.
- NFR 2003. Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning. Rapport nr.2. Viktige terrestriske og limniske data serier.
- Parmesan, C. & Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421:37-42.
- Post, E., Stenseth, N.C., Langvatn, R. & Fromentin, J.-M. 1997. Global climate change and phenotypic variation among red deer cohorts. Proc. R. Soc. Lond. B 264: 1317-1324.

- Post, E. & Stenseth, N.C. 1999. Climatic variability, plant phenology, and northern ungulates. *Ecology*, 80: 1322-1339.
- Putkonen J. & Roe, G., 2003: Rain-on-snow events impact soil temperatures and affect ungulate survival, *Geophysical Research Letters* 30: Art.no: 1188.
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig C. & Pounds, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. - *Nature* 421. 57-60.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C. & Walker, B. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413: 591-596.
- Solberg, B., Hofgaard, A. & Hytteborn, H. 2002. Shifts in radial growth responses of coastal *Picea abies* induced by climate change during the 20th century, Central Norway. *Ecoscience* 9: 79-88.
- Solberg, E.J., Heim, M., Sæther, B-E. & Holmstrøm, F. 1997. Oppsummeringsrapport, overvåkningsprogrammet for hjortevilt - elgdelen 1991-95. NINA-fagrapport.
- Solberg, E.J., Jordhøy, P., Strand, O., Aanes, R., Loison, A., Sæther, B-E. & Linnell, J.D.C. 2001. Effects of density dependence and climate on the dynamics of a Svalbard reindeer population. *Ecography*, 24: 441-451.
- Solberg, E.J., Loison, A., Gaillard, J-M. & Heim, M. 2004. Lasting effects of condition at birth on moose body mass. *Ecography* 27: 677-687.
- Solberg, E.J., Sæther, B-E., Strand, O. & Loison, A. 1999. Dynamics of a harvested moose population in a variable environment. *J. Anim. Ecol.* 68: 186-204.
- Solberg, E.J. & Sæther, B-E. 1994. Male traits as life-history variables: annual variation in body mass and antler size in moose (*Alces alces*). *J. Mammal.* 75, 1069-1079.
- Sprugel, D. G., 1991: Disturbance, equilibrium, and environmental variability - what is natural vegetation in a changing environment. *Biological Conservation* 58: 1-18.
- Stenseth, N.C., Viljugrein, H., Mysterud, A., Pucek, Z. & Jedrzejewski, W. 2002. The population dynamics of two forest rodents in a primeval deciduous forest: seasonal density-dependent and density-independent structure of *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis* populations. *Acta Theriologica* 47: 39-67.
- Sæther, B-E. & Haagenrud, H. 1983. Life history of the moose (*Alces alces*): fecundity rates in relation to age and carcass weight. *J. Mammal.* 64: 226-232.
- Sæther, B-E. 1985. Annual variation in carcass weight of Norwegian moose (*Alces alces*) in relation to climate along a latitudinal gradient. *J. Wildl. Manage.* 49: 977-983.
- Thomas, C.D. et al. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- van Herk, C. M. 1999. Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. *Lichenologist* 31: 9-20.
- van Herk, C. M., Aptroot, A. & van Dobben, H. F. 2002. Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. *Lichenologist* 34: 141-154.
- Yoccoz, N.G. & Ims, R.A. 1999. Demography of small mammals in cold regions: the importance of environmental variability. *Ecological Bulletins* 47: 137-144.
- Økland, T., Bakkestuen, V., Økland, R.H. & Eilertsen, O. 2001. Vegetasjonsendringer i Nasjonalnettverk av flater for intensivovervåking i skog. NIJOS rapport 08/2001: 1-46.
- Økland, T., Bakkestuen, V., Økland, R.H. & Eilertsen, O. 2004. Changes in forest understory vegetation in Norway related to long-term soil acidification and climate change. *J. of Veg. Science* 15: 437-448.

Vedlegg IV: Oversikt over DN-finansierte dataserier registrert i metadatabasen for "Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning". ID-nummer refererer til denne databasen. For kriterier og verdier henvises til seksjon 5.2 i teksten og figur 5.1. To summer er beregnet fra kriteriene. 1: alle kriterier sammenlagt, og 2: alle kriterier unntatt "Sensitivitet" og "Støy". Serier med totalsum på ≥ 20 respektive ≥ 16 for de to summene er markerte. – Summary of monitoring series financed by the Directorate for Nature Management and registered in the meta-database "Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning". ID numbers refer to this database. Confer section 5.1 in the text and table 5.2 for details on given criteria and values. To sums are calculated for the criteria. 1: sum of all criteria, and 2: sum of all except "Sensitivitet" and "Støy". Series with a total sum of ≥ 20 and ≥ 16 , respectively, for these sums are marked.

Navn	ID-nr	Ansvarig inst	Startår	Tilgjengelighet	Lengde	Frekvens	Arter	Område	Metodikk	Parametre	Sensitivitet	Støy	Sum 1	Sum 2
Terrestrisk flora														
Kystlynghei Lurekalven	14	NINA	1993-97	3	1	3	3	1	2	3	1	1	18	16
Vegetasjonsanalyser: planter i fastruter på Dovrefjell	77	NINA	1989-94	3	1	3	3	1	2	3	1	1	18	16
Populasjonsstudier av etasjemose	107	NIJOS	1990	1	2	3	1	1	2	3	2	3	18	13
Sølandet naturreservat, Røros: Slåttemyr- og engvegetasjon	128	NTNU, VM	1974	2	3	2	3	1	3	2	1	1	18	16
TOV bjørkeskog	206	NINA	1990	3	1	1	3	3	2	3	2	3	21	16
Karlshaugen et fredet skogområde i Nittedal	232	Skogforsk	1930	2	1	1	3	1	3	3	3	3	20	14
Overvåking av skogøkosystem Pasvik	237	Skogforsk	1988	2	2	2	3	1	3	3	2	1	19	16
TOV: Epifyttvegetasjon	244	NINA	1990	3	1	1	3	3	2	3	3	3	22	16
Terrengkalking - overvåking av vegetasjon og jord	256	NINA	1994	3	1	1	3	2	2	3	2	1	18	15
Radiocesium i næringskjeden lav-villrein	282	NINA	1986	3	3	2	2	2	0	2	1	1	16	14
Terrestrisk fauna														
Lundens populasjonsøkologi på Røst	9	NINA	1964	3	3	2	1	1	3	3	2	2	20	16
Bestandsovervåking Dobbelbekkasin	23	NINA	1986	3	3	2	1	1	2	2	2	2	18	14
Det nasjonale overvåkingsprogrammet for hekkende sjøfugl	25	NINA	1988	3	3	2	3	3	3	2	3	2	24	19
Det nasjonale overvåkingsprogrammet for overvintrende sjøfugl	27	NINA	1980	3	3	2	3	3	3	1	3	2	23	18
TOV-gnagare	74	NINA	1990	3	2	3	2	3	2	3	2	2	22	18
Overvåking av dverggås i Norge	87	NOF	1991	1	2	3	1	3	1	2	1	1	15	13
Faunaovervåking i TOV	112	NINA	1990	3	2	2	3	3	2	3	2	2	22	18
Overvåking av bestandsutvikling, i syv elgbestander	152	NINA	1967	3	3	2	1	3	3	2	2	2	21	17
Det skandinaviske bjørneprosjektet	192	NINA	1984	3	3	3	1	2	3	3	1	1	20	18
Overvåking av Åkerrikse i Sør-Norge	193	NOF	1995	1	1	3	1	2	0	1	1	1	11	9
Fossekall	201	NTNU	1978	1	3	2	1	1	2	1	2	2	15	11
Gråspurvstudier på Helgeland	202	NTNU	1993	1	2	3	1	1	3	3	2	1	17	14
Miljøgifter i rovfuglegg i Norge	203	NINA	1966	3	3	2	3	3	2	3	1	1	21	19

Overvåking av grågås	209	NINA	1972	3	3	3	1	3	2	3	3	1	22	18
Kortnebbgås i Vesterålen, Nord-Norge	219	NINA	2000	3	1	3	1	3	2	3	3	1	20	16
"Sjøfugl på Hornøya, Øst-Finnmark" (ingår i nr 25 o. 27)	221	TM-UiTø	1980	3	3	2	3	1	2	3	3	2	22	17
Rutinemessig innsamling av skrotter av store rovdyr	238	NINA	1960-2003	2	3	2	2	3	2	2	1	1	18	16
Bestandsåvervåking av villrein	246	NINA	1978	3	3	2	1	2	3	2	2	2	20	16
Overvåking av hjort	281	NINA	1965	3	3	2	1	2	3	3	2	2	21	17
Det nasjonale overvåkingsprogrammet for store rovdyr	283	NINA	1990	3	2	3	2	3	1	1	1	1	17	15
Overvåking av fjellrev	284	NINA	1990	3	2	2	1	3	0	2	1	1	15	13
Fallvilt av oter	286	NINA	1978	3	3	3	1	3	2	3	1	1	20	18
Akvatisk flora														
Kalkingsovervåking -ca 250 elve- og innsjøstasjoner	161	NIVA	1980	2	3	2	3	3	2	3	2	1	21	18
Otra elveovervåking - 48 stasjoner	168	NIVA	1977	3	3	2	2	1	2	2	2	2	19	15
Nettverk av vassdrag for overvåking av biologisk mangfold	175	NIVA	1984	2	3	3	3	1	2	3	2	2	21	17
Lundetjenn i Aust-Agder	178	NIVA	1997	2	1	3	3	1	2	3	2	2	19	15
Akvatisk fauna														
Bestandssammensetning hos voksen laks i elv og sjø	33	NINA	1989	3	2	2	1	3	2	1	2	2	18	14
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Storelva	34	NINA	1996-2002	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Tovdalselva	35	NINA	1995	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Mandalselva	36	NINA	1995	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Lynga	37	NINA	1991	3	2	2	2	1	0	2	2	1	15	12
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Kvina	38	NINA	1995	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Sokndalselva	39	NINA	1991-2002	3	2	2	2	1	0	2	2	1	15	12
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Bjerkreimselva	40	NINA	1996	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Ogna	41	NINA	1983	3	3	2	2	1	0	2	2	1	16	13
Kalkingsprosjektet, Overvåking av elvemusling i Ogna	42	NINA	1997	3	1	1	1	1	0	2	2	1	12	9
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Frafjordelva	44	NINA	1994-2002	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Espedalselva	45	NINA	1995-2001	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Lyseelva	47	NINA	1995-2002	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Jørpedalselva	48	NINA	1995-2002	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Vikedalselva	49	NINA	1981	3	3	2	2	1	0	2	2	1	16	13
Finprikkaure en verneverdig aurevariant på Hardangervidda	50	UiB	1997	2	1	2	3	1	2	3	2	1	17	14
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Rødneelva	52	NINA	1985-2001	3	2	2	2	1	0	2	2	1	15	12
Overvåking av elvemusling i Norge	53	NINA	1999	3	1	1	1	3	0	2	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av fisk i Nidelva (Arendalsvass)	54	NINA	1996-2000	3	1	2	2	1	0	2	2	1	14	11
Vikedal - Biologisk Mangfold	57	UiB	1995	1	1	3	3	1	2	2	2	2	17	13
Sur nedbør, Overvåking av bunndyr i Vikedalselva	59	UiB	1982	1	3	2	3	1	2	1	2	2	17	13
Kalkingsprosjektet, Overvåking av bunndyr i Vikedalselva	60	UiB	1987	1	3	1	3	1	2	1	2	1	15	12
Kalkingsprosjektet, Overvåking av bunndyr i Audna	61	UiB	1985	2	3	3	3	1	2	1	2	1	18	15
Sur nedbør, Overvåking av bunndyr i Farsund	62	UiB	1981	2	3	3	3	1	2	1	2	2	19	15
Sur nedbør, Overvåking av bunndyr i Ogna	63	UiB	1982	2	3	3	3	1	2	1	2	2	19	15

Kalkingsprosjektet, Overvåking av bunndyr i Ogna	64	UiB	1983	2	3	2	3	1	2	1	2	1	17	14
Sur nedbør, Overvåking av bunndyr i Nausta	66	UiB	1983	2	3	3	3	1	2	1	2	2	19	15
Sur nedbør, Overvåking av bunndyr i Gaular	67	UiB	1984	2	3	3	3	1	2	1	2	2	19	15
Laks og sjørret i Saltdalselva	68	NINA	1975	3	3	3	2	1	0	2	2	2	18	14
Laks og sjørret i Strynselva	70	NINA	1983	3	3	2	2	1	0	2	2	2	17	13
Vandringer av anadrome laksefisk i Halselva, Finnmark	71	NINA	1987	3	3	3	2	1	0	2	2	2	18	14
Radioaktivt cesium i fisk og næringsdyr fra Høysjøen, Verdal	76	NINA	1986	3	3	3	2	1	2	2	1	1	18	16
Sur nedbør, Overvåking av bunndyr i Vosso	78	UiB	1993	2	2	3	3	1	2	1	2	2	18	14
Tetthet og vekst hos ungfisk av laks og ørret i Okla	79	NINA	1979	1	3	3	2	1	0	2	2	2	16	12
Kalkingsprosjektet, Overvåking av bunndyr i Mandalsvassdrag	80	UiB	1995	2	1	3	3	1	2	1	2	1	16	13
Kalkingsprosjektet, Overvåking av bunndyr i Bjerkreimsvassdrag	81	UiB	1996	2	1	3	3	1	2	1	2	1	16	13
Overvåking av krepsdyr i 100 norske innsjøer, nasjonal forsuring	82	NINA	1996	3	1	3	3	3	2	1	2	2	20	16
Kalkingsprosjektet, Overvåking av bunndyr i Yndesdalsvassdrag	83	UiB	1992	2	2	3	3	1	2	1	2	1	17	14
Bestandsdynamiske data for sik og ørret i Femund	84	NINA	1982	3	3	2	2	1	2	2	2	2	19	15
Kalkingsprosjektet, Overvåking av bunndyr i Eskingedalsvassdrag	85	UiB	1995	2	1	1	3	1	2	1	2	1	14	11
Kalkingsprosjektet, Overvåking av bunndyr i Flekke-Guddal	86	UiB	1992-2001	2	2	2	3	1	2	1	2	1	16	13
Kalkingsprosjektet, Overvåking av bunndyr i Tovdalsvassdrag	98	UiB	1995	2	1	3	3	1	2	1	2	1	16	13
Sjøovervåking laks	108	NINA	1976	3	3	2	1	1	2	1	2	2	17	13
Plankton Atnsjøen	136	NINA	1985	3	3	3	3	1	3	3	3	3	25	19
Arendalsvassdraget	138	NINA	1995	3	1	2	3	1	2	2	2	2	18	14
Rore-vassdraget	139	NINA	1992-2001	3	2	2	3	1	2	2	2	2	19	15
Bjerkreimsvassdraget	140	NINA	1996	3	1	2	3	1	2	2	2	2	18	14
Kalkingovervåking, ca 250 elve- og innsjøstasjoner	161	NIVA	1980	2	3	2	3	3	2	3	2	1	21	18
Otra elveovervåking	168	NIVA	1977	3	3	2	3	1	2	3	2	2	21	17
Store Finntjenn i Aust-Agder	177	NIVA	1980	3	3	3	3	1	2	3	2	2	22	18
Lundetjenn i Aust-Agder	178	NIVA	1997	2	1	2	3	1	2	2	2	2	17	13
Smoltvandring i Orkla	186	NINA	1980	3	3	2	1	1	2	2	3	2	19	14
Smoltproduksjon i Orkla	187	NINA	1983	3	3	2	1	1	3	2	3	2	20	15
Oppvandring av voksen laks i Orkla	188	NINA	1994-2002	1	1	2	2	1	0	1	2	1	11	8
Postsmolttråling etter laks	189	NINA	1992	2	2	2	1	2	0	2	2	1	14	11
Overvåking av ungfiskbestandene i Flekke-Guddalsvassdraget	230	UiB	1995-2002	1	1	2	1	1	2	2	2	1	13	10
Overvåking av ungfiskbestandene i Vossovassdraget	231	UiB	1995-2002	1	1	2	1	1	2	2	2	1	13	10
Overvåking av ungfiskbestandene i Yndesdalsvassdraget	233	UiB	1991-2002	1	2	2	1	1	2	2	2	1	14	11
Overvåking av ungfiskbestandene i Audna	234	UiB	1991-2002	1	2	2	1	1	2	2	2	1	14	11
Overvåking av ungfiskbestandene i Ekso	235	UiB	1995-2002	1	1	2	1	1	2	2	2	1	13	10
Prøvefiske etter aure i det kalkede Store Hovvatn	236	UiB	1981-2002	1	3	2	1	1	2	2	1	1	14	12
Sur nedbør - Nasjonal overvåking av fiskestatus i innsjøer	277	NINA	1986	1	3	1	3	3	0	2	1	2	16	13
Tovdalsvassdraget - Effekter av kalking på innlandsfisk	278	NINA	??	0	0	0	2	1	0	2	1	1	7	5
Bjerkreimsvassdraget - effekter av kalking på innlandsfisk	279	NINA	1996	0	1	1	2	1	0	0	1	1	7	5
Enningdalsvassdraget - bestandseffekter av forsuring og kalking	280	NINA	2001	0	1	0	2	1	0	2	1	1	8	6

NINA Oppdragsmelding 848

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1494-6

NINA Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor • Tungasletta 2 • 7485 Trondheim

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

<http://www.nina.no>