Nærtidsvarsel – en nøkkel til forvaltning av bestander i rask endring

Eivind Flittie Kleiven, Jane Uhd Jepsen og Nigel Gilles Yoccoz

https://doi.org/10.7557/ottar.8447

Mange nordlige arter varierer stort i antall fra et år til et annet. Ved bruk av de lange tidsseriene COAT samler inn har vi nå utviklet nærtidsvarsling for et knippe, viktige arter. Dette hjelper forvaltningen med å være i forkant når de skal ta vare på naturresursene i nord, noe som blir stadig viktigere i takt med at de ytre påvirkningene øker.

Dynamiske økosystem

Nordlige økosystemer er naturlig dynamiske, med store variasjoner i tid. Innen et år er det store kontraster mellom årstider. Mange nordlige bestander kjennetegnes videre av kraftige bestandssvingninger fra et år til det neste. Et av de mest kjente eksemplene er lemen og mus. Deres voldsomme svingninger i antall gir ringvirkninger i hele økosystemet. Alt fra planter, vadefugler og ryper til rovfugler og rever blir påvirket. Lignende svingninger ser man også hos bjørkemålere, som har stor påvirkning på den nordlige skogen. Arter med kraftige svingninger er en utfordring for forvaltningen. Hvis det for eksempel går fra å være en stor rypebestand et år, til en veldig liten neste år må forvaltningen raskt stramme til for at høstingen ikke skal bli større enn det bestanden tåler. På den andre siden, hvis det går fra et relativt dårlig år til et godt år for rypene kan forvaltningen slippe til flere jegere. Forskning kan gi naturforvaltere viktige nøkler til en rasjonell forvaltning av dynamiske bestander som i økende grad utsettes for klimaendringer.

Den første nøkkelen for å gi forvaltningen mulighet til å ta gode beslutninger er å ha kontinuerlig oppdatert kunnskap om hvordan systemene endrer seg og hva som driver disse endringene. Dette gjøres gjennom langsiktig økosystemovervåkning. COAT har allerede tidsserier på flere tiår for mange sentrale faktorer i tundraøkosystemet og tilgrensende subarktisk bjørkeskog. Disse tidsseriene kan brukes til å beskrive endringene mens de skjer og undersøke årsakssammenhenger. Gjennom disse lange tidsseriene har vi dermed mulighet til å si noe om hva som skjer og hvorfor.

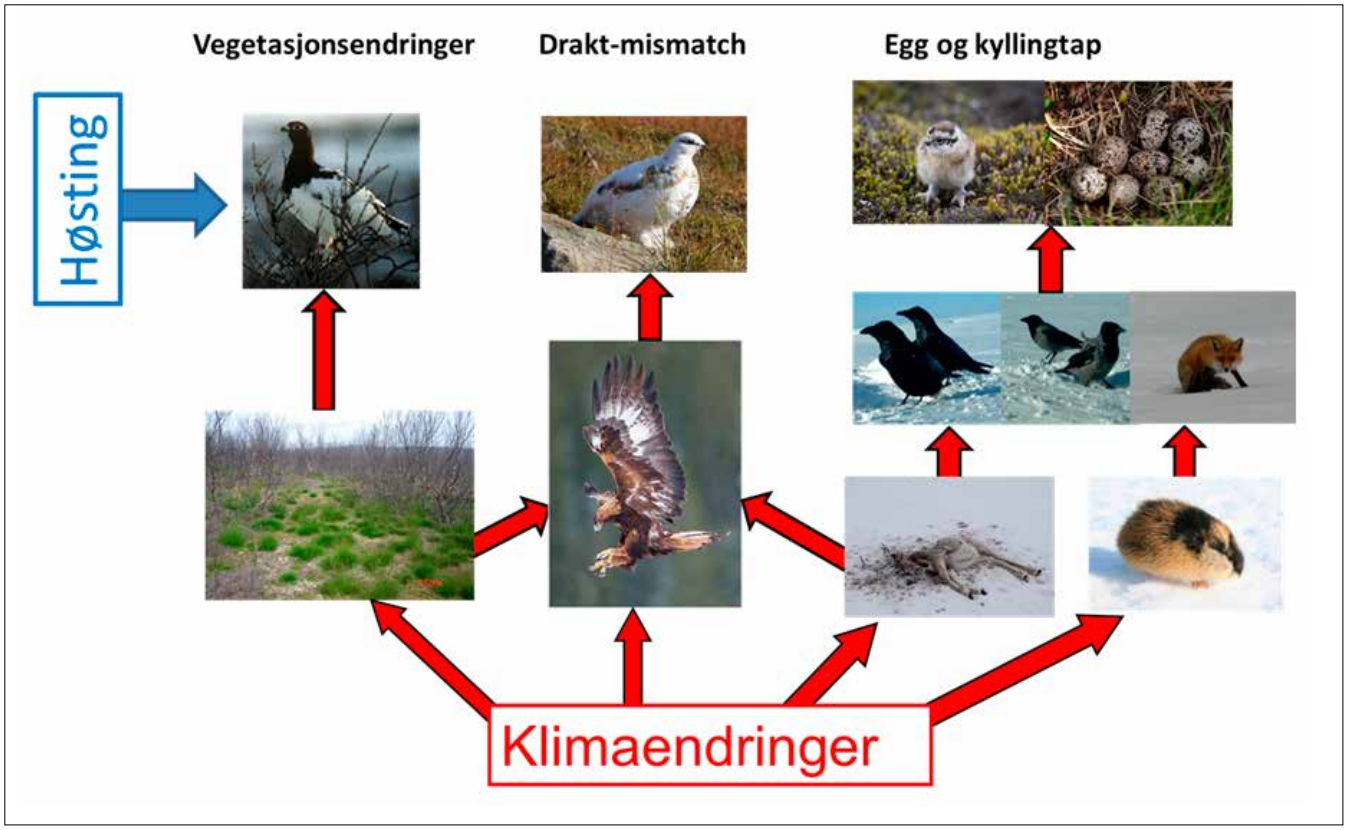
Den neste nøkkelen er å levere forvaltningen noen frampek om hvor utviklingen er på vei. Man kan sammenlikne dette med værvarsel. Vet man hvilket vær som kommer kan man forberede seg og gjøre de nødvendige tiltakene, f.eks. komme seg i hus før en storm treffer. Dette sikrer oss mot skader på mennesker og infrastruktur. Et værvarsel er en forventning om været som kommer basert på komplekse modeller og store mengder målinger i tid og rom. På samme måte kan man tenke seg at økologiske modeller basert på overvåkningsdata, kan varsle forventet utvikling i sentrale arter eller andre viktige komponenter i økosystemet.

Stegene mot et bestandsvarsel

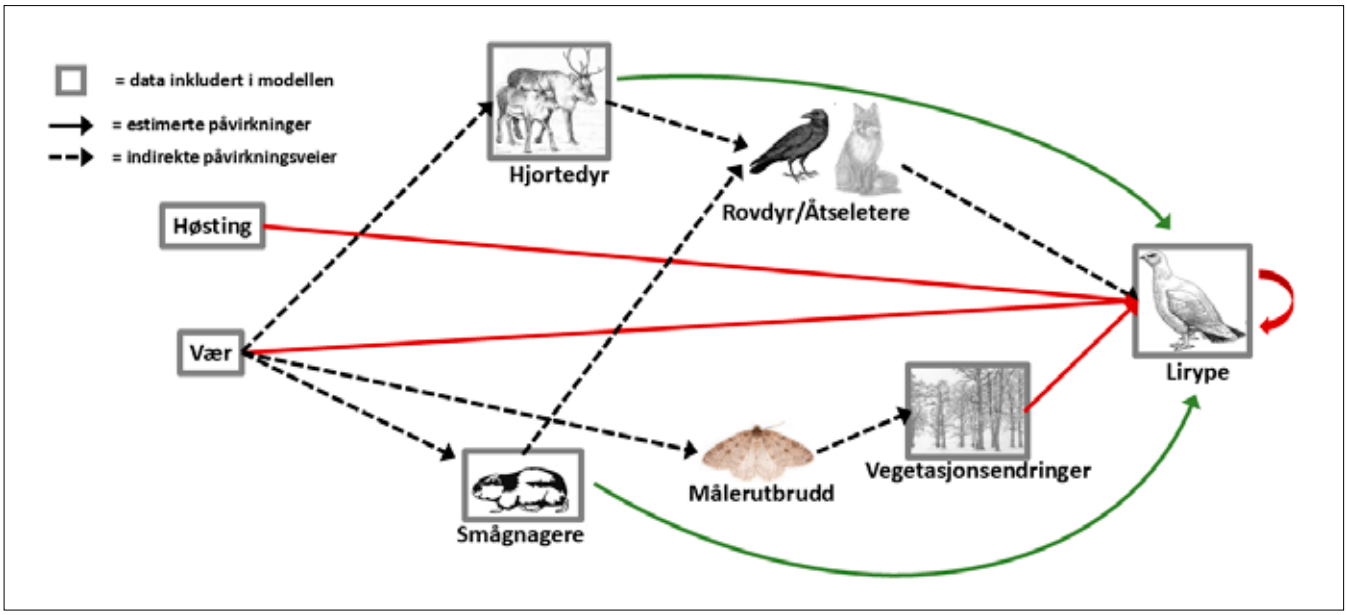
COAT står i en særstilling fordi vi gjennom mange år har vedlikeholdt lange tidsserier på de mest sentrale variablene i økosystemene vi jobber med. Vi har i mange tilfeller også bygd modeller som forklarer hva som driver dynamikken i økosystemet og hvordan økologien påvirkes av vær og klima. Vi jobber nå med å utvikle datadrevne modeller som gir varsler om utviklingen til flere sentrale arter. Først ut var varslet for liryper i Finnmark, som kom i drift i 2021. La oss bruke dette som eksempel til å vise de stegene vi gjør i COAT for å gi varsler om en framtidig endring i en økologisk tilstandsvariabel, som endringer i rypebestanden.

Forstå systemet: For å forutsi hvordan en bestand kommer til å endre seg må man forstå hva som driver slike endringer. I COAT er det laget konseptuelle modeller for alle næringsnettmodulene, se figur 1. Konseptuelle modeller i COAT er diagrammer som viser hvordan klima og forvaltning forventes å påvirke arter, og samhandling mellom arter, i økosystemet. Disse baserer seg på en sammenstilling av kunnskap om bestanden og økosystemet den lever i. I COAT har vi et spesielt søkelys på effekter av klimaendringer. I tillegg fokuserer vi spesielt på forvaltning, fordi det er viktig å forstå hvilke forvaltningstiltak som eventuelt kan motvirke uønskede endringer.

Identifisere datakilder: Neste steg er å finne pålitelige datakilder for de viktigste variablene som inngår i den konseptuelle modellen, eller å etablere ny overvåking der nødvendige data ikke



Figur 1. Konseptuell modell for påvirkninger på rypebestanden på den lav-arktiske tundraen i Finnmark.



Figur 2. Datadreven modell som beregner styrken på de ulike påvirkningsfaktorene på lirypebestanden i Finnmark. De heltrukne pilene viser påvirkningene som beregnes, mens de stiplede linjene viser antatte indirekte påvirkningsveier. Grønne piler viser positive effekter, mens røde piler viser negative effekter. For smågnagere er det en positiv effekt av bestandens størrelse samme år og en negativ effekt fra året før.

finnes. For lirypa finnes det lange tidsserier på de fleste variablene fra den konseptuelle modellen. Liryper overvåkes i Norge gjennom et nasjonalt overvåkingsprogram, Hønsefuglportalen. For Finnmark finnes her data fra bestandstakseringer over en periode på 25 år. COAT overvåker smågnagere, vegetasjonsendringer, mens antall reinkadaver funnet i løpet av vinteren registreres i Rovbase. Finnmarkseiendommen (FeFo) bidrar med jaktstatistikk (dvs. forvaltning) og MET med data på vær. Det er imidlertid mangel på data om rovdyr som rødrev og kråkefugl. Som alternativ kan

man anvende variabler som direkte og indirekte påvirker bestanden av disse: antall smågnagere i samme år (når det er mye smågnagere spiser rovdyr lite annet), og året før (antall rovdyr øker år etter en smågnagertopp), og antallet reinkadaver som blir funnet i løpet av vinteren og våren.

Bygge en datadreven modell: Når datakildene er funnet må disse inkluderes i statistiske modeller. Det er flere hensikter med slike modeller. Ofte er datakildene man har til rådighet indirekte mål på variablene man faktisk er interessert i. For lirype for eksempel, så er forvaltningen egentlig interessert i hvor mange liryper som finnes på et gitt areal, dvs. antall per km^2. Men dataene som kommer inn fra den nasjonale overvåkingen er antall liryper som frivillige observatører med fuglehund har sett langs fastsatte takseringslinjer. Ved hjelp av en statistisk modell, som blant annet tar hensyn til at sannsynligheten for å oppdage en lirype minker med økende avstand fra takseringslinja, kan man beregne antall liryper per km^2.

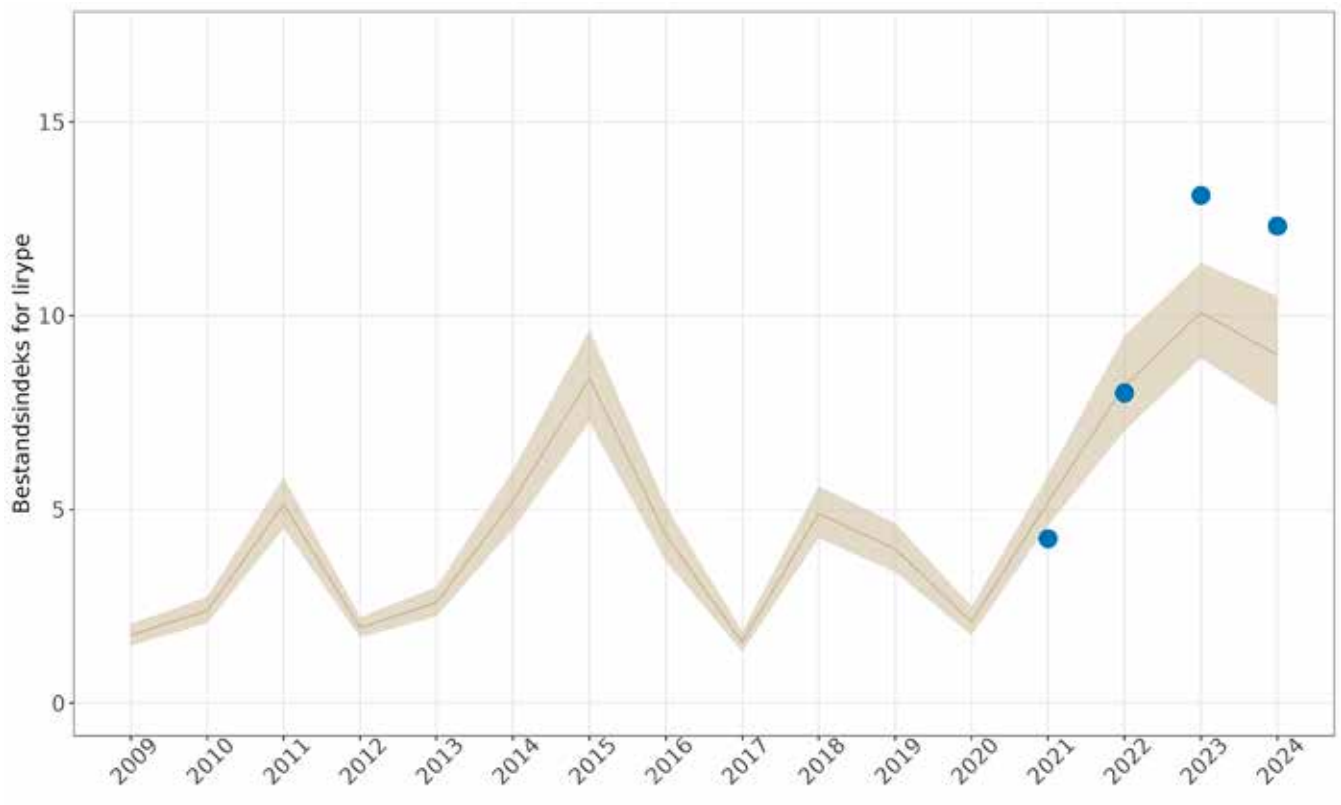
Statistiske modeller er også nødvendige for å beregne hvor viktig de ulike påvirkningsfaktorene er for endringer i lirypebestanden fra et år til et annet, samt hvorvidt disse samvarierer eller ikke. Slik kan man tallfeste hvor sterk påvirkning f.eks. antall smågnagere har på hvordan tettheten av liryper (antall per km^2) endrer seg fra et år til et annet. En egnet statistikkmodell tallfester dette for alle de ulike påvirkningsvariablene, se figur 2. Dataseriene for de ulike forklaringsvariablene er standardisert. Det betyr at man setter gjennomsnittsverdien for forklaringsvariablene til 0, og ser på hvor langt fra gjennomsnittet verdien er i et gitt år avhengig av den naturlige variasjonen i forklaringsvariablene. Hensikten med dette er å kunne sammenlikne styrken til de ulike forklaringsvariablene direkte (høyest tall, sterkest effekt). De sterkeste påvirkningsfaktorene er størrelsen på smågnagerbestanden om våren, samme år og våren, året før. Det er positivt med stor smågnagerbestand samme vår fordi rovdyrene da har lett tilgang på mat og dermed spiser færre ryper. Stor smågnagerbestand året før derimot er negativt for rypa, fordi årets rovdyrbestand da er stor.

Tidspunkt for høstens ankomst året før er også viktig. Det virker å være positivt for rypene om høsten kommer tidlig. Antakelig skyldes dette at tidlig høst som oftest betyr tidlig snøfall. Rypene bytter fjærdrakt til omtrent samme tid hvert år. Hvis snøen kommer veldig sent, blir rypene sittende hvite på bar bakke og er dermed lette å oppdage for rovdyrene. Høsting (hvor mange liryper som ble skutt i et område året før) har ikke overraskende en tydelig negativ effekt på





Figur 3: Venstre: Lirype som er i ferd med å skifte til hvit drakt. Høyre: Skallrester fra rypeegg som er røvet av kråke i et år med lav smågnagerbestand. Dette er de to viktigste variablene i varslingsmodellen. Foto: Rolf A. Ims



Figur 4: Varslet bestandsstørrelse for lirype i Finnmark i årene 2021–2024 (blå punkter) basert på COAT-modellen. Den brune linja viser en estimert bestandsindeks for liryper i Finnmark. Det brune feltet rundt angir 95 % kredibilitetsintervall, basert på linjetakseringer. Vi gjør oppmerksom på at varslingsmodellen oppdateres kontinuerlig slik at denne figuren ikke alltid vil være identisk med varslene som har blitt publisert tidligere.

lirypebestanden, selv om det ikke er den sterkeste effekten i modellen.

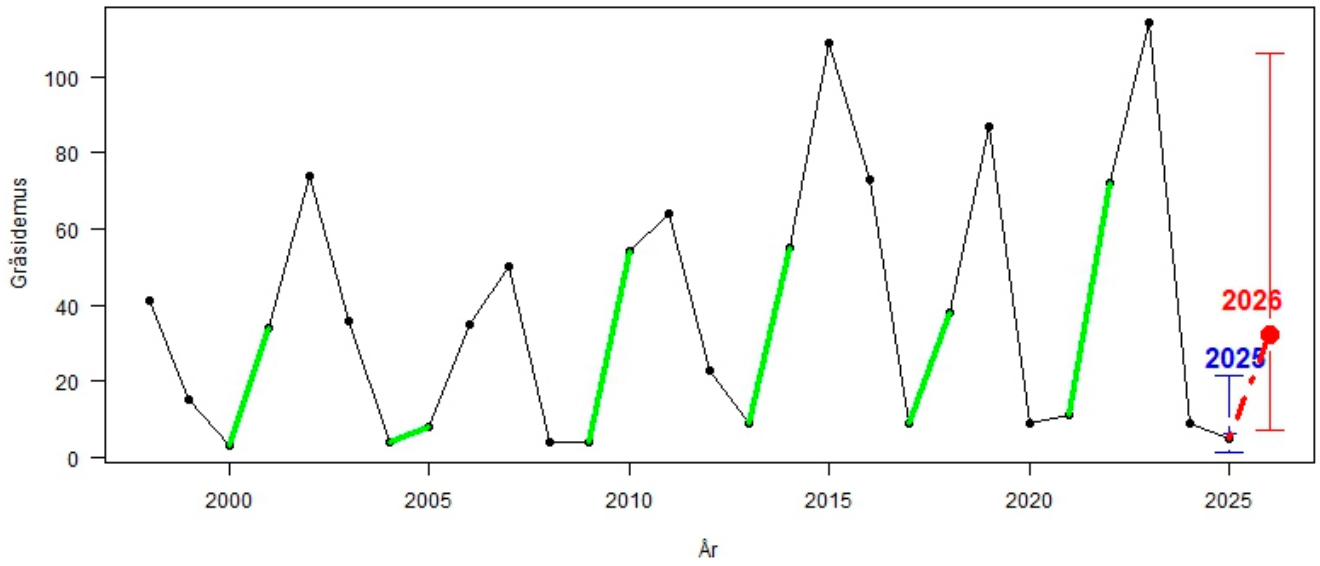
Lage varsel: Når styrken av hver påvirkningsfaktor er beregnet kan modellen brukes til å lage framskrivinger. For å gjøre dette trenger man informasjon om hvordan påvirkningsfaktorene utvikler seg. Noen av påvirkningsfaktorene representerer forsinkede effekter f.eks. størrelsen på smågnagerbestanden året før. Disse variablene er klare allerede et år tidligere. I modellen for lirypebestanden er de siste forklaringsvariablene som samles inn bestandstall for mus og lemen fra slutten av juni og temperatur og nedbør rett etter at lirypekyllingene klekker, første uka i juli. Modellen kan dermed kjøres nesten 2 måneder før resultatene fra de årlige takseringene av lirypebestanden er klare i månedsskifte august/september. Denne bestandsvarslingen for liryper i Finnmark har vært operativt siden 2021. Den har stort sett truffet på retningen av utviklingen i bestanden, og hvor stor endringen blir, se figur 4. Selv om varslet kommer bare 2 måneder før resultatet fra takseringene, og dermed er en såkalt «nærtidsvarsling» – blir det nå brukt aktivt i forvaltningen av liryper i Finnmark. Varslingen gir forvalterne bedre tid til å planlegge årets jaktsesong, med tanke på hvor mange jaktkort de skal selge og hvilke jaktkvoter de skal sette. Samtidig blir varslingene også brukt til å forberede jegerne på det som kommer slik at de kan justere forventningene sine til den kommende jaktsesongen.

Andre tidligvarsler i COAT

Økologiske varslingsmodeller blir nå også utviklet for andre viktige arter i tundraøkosystemet.

Svalbardrype: COAT har også utviklet en bestandsmodell for Svalbardryper. Denne modellen baserer seg på en lange tidsserier på antall territorielle stegger på våren. Ved hjelp av en statistisk modell beregnes tettheten av stegger på liknende måte som hos lirypene i Finnmark. Men det høy-arktisk økosystemet på Svalbard er vesentlig forskjellig fra de lav-arktiske og sub-arktiske systemene i Finnmark, dermed drives bestandsmodellen for Svalbardrypa av andre variable og sammenhenger. Et spennende aspekt av modellen er at den viser at økende vintertemperatur har en positiv effekt på Svalbards rypebestand trolig fordi vinteroverlevelsen til rypene øker.

Smågnagere: Smågnagerbestandene i Finnmark har de siste 20 årene hatt regelmessige svingninger (bestandsykluser) med topper og bunner i antallet dyr hvert fjerde år (2007, 2011, 2015, 2019, 2023). Denne regelmessigheten i bestandene gjør at vi



Figur 5: Tidsserie som viser antallet gråsidemus i juni på COATs fangstfelt i Porsanger. Punkter med usikkerhetsmarginer for årene 2025 og 2026 er varsler basert på årene før. Usikkerheten er mye større for oppgangsåret 2026 enn for bunnåret 2025. Det skyldes at endringen fra bunn til oppgang i tidsserien (markert med grønn linje) varierer mye, mens bunnårene er langt mindre variable.



Figur 6: Bilder av noen av artene COAT gir nærtidsvarsler for. Øverst: Svalbardrype og Gråsidemus, Nederst: Dverggås og død bjørkeskog og brun høstmåler (innsatt). Foto: Eva Fuglei, Rolf A. Ims, Ingar J. Øien, Jakob Iglhaut, Moritz Klinghardt

kan bruke COATs lange tidsserier på smågnagere til å gi modellbaserte varsler et år fram i tid. For gråsidemus som er den vanligste smågnageren i Finnmark kan vi varsle at 2026 blir et oppgangsår, men det er en relativt usikkert hvor stor denne oppgangen blir, se figur 5. Det er også viktig å påpeke at slike framskrivinger bare gjelder musearter i smågnagersamfunnet, da vi foreløpig ikke har en modell for lemen. Etter 25-års overvåking har vi bare sett 2 toppår for lemen i Finnmark. Lemen virker å være mer sensitive enn musearter til ugunstig snøforhold, når løs snø på bakken er erstattet av hard snø eller is. Ved hjelp av ny teknologi (se artikkel om kamerafeller) og samarbeid mellom fysikere og økologer (se artikkel om klimaøkologi) har vi en målsetning om å også kunne varsle bestandsdynamikk til lemen.

Dverggås: Dverggås er en av de mest truede artene i Norge og har blitt overvåket av BirdLife Norge siden 1990-tallet. Derfor vet vi at reirpredasjon tidlig på sommeren er veldig viktig for bestandsdynamikken. Akkurat som for lirype avhenger reirpredasjon av smågnagerbestanden – mye smågnagere betyr lite predasjon og et godt år for dverggåsa. COAT har fangststasjoner for smågnagere i Porsanger, nær hekkeområdene til dverggåsa. Sammenhengen mellom gråsidemusenes bestandensdynamikk og antall kull dverggås får frem er svært sterk. Den ble brukt i 2024 for å lage 1-års framskrivinger for antall kull dverggåsa får fram i 2024 og 2025. Begge disse varslene traff svært godt. Vi har i år regnet ut en framskriving for antall mus i 2026, men nå er usikkerheten større. Selv om vi vet at det blir et oppgangsår er det vanskelig å vite hvor stor oppgangen blir, som igjen påvirker varslet for antall dverggåskull. Bedre modeller som tar hensyn til både vår- og høst-tettheter, kan gi mindre usikkerhet, og det er noe vi jobber med.

Bjørkemålere: Bjørkemålere (se kapittel om Klimaøkologi) har store bestandssvingninger med topp omtrent hvert 10. år. Store utbrudd kan forårsake kronetap og skogdød. Selv om bestanden av bjørkemålere ikke forvaltes, så er det likevel verdifullt for forvaltningen av skog- og viltressurser å ha kunnskap om hvor vi til enhver tid er i utbruddssyklus og særlig hvorvidt man i utbruddsfasen kan forvente en ytterligere oppgang eller en bestandsnedgang neste år. I COAT jobbes det derfor med å utvikle varslingsmodeller for bjørkemålertetthet som, basert på tidligere års tettheter og nedskalerte klimadata, varsler neste års bestandstetthet. På grunn av den svært eksplosive dynamikken til disse sommerfuglene – bestanden av bjørkemålere på en lokalitet kan lett ti-dobles fra ett år til det neste – er dette nokså utfordrende modeller å utvikle.

Skogdød: Den viktigste kilden til skogdød i fjellbjørkeskogen i Finnmark er periodiske utbrudd av målere, og siden år 2000 har Finnmark opplevd noen av de mest omfattende utbrudd som noen gang er dokumentert, der dødeligheten hos bjørk stedvis har vært over 90 %. Det er derfor av stor interesse for grunneiere og skogforvaltning å få tallfestet omfanget av skogdød både geografisk (antall km^2) og alvorlighetsgrad (% stammer som er døde). I COAT overvåkes skogdød og gjenvekst hos bjørk etter målerutbrudd både på lokal skala, der man følger tilstanden til individuelt merkede trær hvert år, og på regional skala, der man kartlegger graden av skogskade og gjenvekst langs f aste transekter fordelt over store deler av fylket med 5–10 års mellomrom. Videre overvåkes kronetapet i skogen med satellitt hvert år i hele Finnmark. Kronetapet er en av de viktigste premisser i en regional modell for estimert stammedød hos bjørk for hele Finnmark.

Enda tidligere varsel

Etter hvert som tidligvarsler blir utviklet for ulike arter åpner det nye muligheter. I 2025 ga vi tidligvarslet for liryper i to steg. Allerede i slutten av mars, da foregående jaktsesong ble avsluttet, laget vi et varsel basert på de påvirkningsfaktorene som vi allerede da hadde kunnskaps om. Vi hadde data på når høsten kom foregående år og hvor mange ryper som var skutt i den akkurat avsluttede jaktsesongen. I tillegg inkluderte vi verdier for kommende års smågnagerbestand basert på en varslingsmodell for smågnagere. Dette tidligere rypevarselet ble så oppdatert når all informasjon forelå som vanlig i starten av juli. Det viste seg at det bare var små forskjeller mellom varslet i mars og juli. Dette var en erfaring som tilsier at det kan være mulig at varslene gis enda tidligere. Igjen kan man sammenlikne dette med måten værvarslene er bygget opp, hvor det gis et langtidsvarsel med relativt stor usikkerhet hvorpå varslet oppdateres når man kommer nærmere i tid og presisjonen øker. I likhet med de fysiske prosessene som styrer været, er de økologiske prosessene som driver bestandsdynamikk hos mange arktiske arter komplekse – og typiske ikke-lineære. Dette gjør at tidshorisonter for sikre varsler blir relativt kort. Men selv kortsiktige varsler kan være av stor nytte for forvaltningen og også gi innsikt om endringsbaner som kan bli gjeldene over lengre tidshorisonter.

Veien videre

COATs varslingsmodeller gir allerede nyttig kunnskap slik at naturressursene kan forvaltes bedre. Vi ønsker å bygge videre på dette arbeidet med å utvikle slike modeller for flere arter. I tillegg vil vi videreutvikle modellene vi allerede har i

drift både for at de skal gi varslinger som er mer stedspesifikke, mer presise, men også for at de skal varsle lengre fram i tid. På sikt kan varslingsmodeller også brukes kvantitativt for å velge mellom forskjellige forvaltningstiltak som f.eks. jaktkvoter.

Litteratur:

Lirype: Henden m.fl. 2020. End-user involvement to improve predictions and management of populations with complex dynamics and multi ple drivers. *Ecological Applications 30*(6).

Svalbardrype: Marolla, F., Henden, J.- A., Fuglei, E., Pedersen, Å.Ø., Itkin, M. and Ims, R.A. 2021. Iterative model predictions for wildlife popu lations impacted by rapid climate change. *Glob. Change Biol., 27*: 1547–1559.

Gråsidemus og dverggås: Ims, R. A., Yoccoz, N. G., Aarvak, T., & Øien, I. J. 2024. Om mus og gjess: Mengden av gråsidemus avgjør dverg gjessenes ungeproduksjon. *Vår Fuglefauna, 47*(3), 144–147.

Økologiske nærtidsvarsler: Dietze, M. m.fl. 2024. Near-term ecological forecasting for climate change action. *Nature Climate Change, 14*(12), 1236–1244.

Forfatterne:



Eivind Flittie Kleiven er økolog og forsker ved Norsk Institutt for Naturforskning. Hans forskning fokuserer på bestandsutvikling hos ulike arter på tundraen. Han leder COATs forskningsmodul for ryper i Finnmark.
E-post: eivind.kleiven@nina.no
https://orcid.org/0000-0002-9556-0195



Jane Uhd Jepsen er økolog og seniorforsker ved NINA. Hun arbeider med bestands-dynamikk hos bjørkemålere og effekter av beite, insektsutbrudd og klima på bjørkeskogsøkosys-temet. Hun er regional leder for COAT Finnmark.
E-post: jane.jepsen@nina.no
https://orcid.org/0000-0003-1517-1569



Nigel G. Yoccoz er ansatt ved UiT Norges Arktiske Universitet. Hans forskning fokuserer på utvikling av statistiske model-ler, og langtidsovervåking av smågnagere i arktiske og alpine økosystem.
E-post: nigel.yoccoz@uit.no
https://orcid.org/0000-0003-2192-1039