

Forum

Grønlands højarktiske vadefugle trives, men øget frekvens af dårlige yngleår lurder i fremtiden

HANS MELTOFTE

Siden 1996 har naturovervågningen ved Zackenberg Forskningsstation i det centrale Nordøstgrønland fulgt op- og nedturene i det lokale højarktiske miljø inklusive fuglebestanden i et 15,8 km² stort undersøgelsesområde. De 25 års data viser få væsentlige ændringer blandt de seks vadefuglearter, der yngler regelmæssigt i området, både hvad angår bestandsstørrelser og ynglefænologi. Sandløberne steg i antal, mens Stenvenderne tilsyneladende aftog. Tilsvarende ændrede tidspunktet for æglægning sig ikke hos tre godt undersøgte vadefuglearter. År til år-variationen i både ynglefænologien og til en vis grad også bestandenes størrelse var hovedsageligt relateret til forårets snedække og den ledsagende variation i fødetilgængelighed, hvor flere parametre viste stigende variation i løbet af undersøgelsesårene. Klækningssuccesen var meget lavere i den senere del af undersøgelsesperioden, men dette kan være et resultat af forskeraktivitet ved rederne, som kan have øget prædationen. Sommerklimaet i højarktisk Grønland er generelt favorabelt for fuglene med en længere periode med fødetilgængelighed end på lokaliteter i højarktiske områder i Sibirien og Canada, men sen snesmeltning og snestorme i nogle få af årene havde markante effekter både på yngleaktiviteter og tilsyneladende også på voksenallevelsen. På grund af det bjergrige landskab med udtalte S-N og Ø-V gradienter i forårets snedække og sekundærproduktionen i højarktisk Grønland synes sådanne hændelser oftest ikke at være geografisk særlig udbredte. Der vil oftest være gunstige forhold i det ene eller andet område, således at vadefuglebestanden i højarktisk Grønland og det nordøstligste Canada ikke svinger så meget i antal og ynglesucces som vadefuglebestanden i arktisk Sibirien og Nordamerika. Øget hyppighed af dårlige yngleår i forbindelse med klimaændringerne kan dog resultere i forværrede yngleforhold i fremtiden.

Levevilkårene i Arktis er kendt for at være meget variable – ikke kun i form af ekstreme årstidsforskelle – men også i form af år til år-variation og mere langsigtede udsving (ACIA 2005). Logistiske og økonomiske udfordringer har begrænset vores muligheder for at studere virkningerne af denne variabilitet i store dele af Arktis, og især i Højarktis, indtil forskningsstationer blev etableret relativt sent. Disse forskningsbegrænsninger gælder også for de arktiske fugle, der overvintrer på lavere breddegrader, men 'forsvinder' ind i Arktis i den kritiske ynglesæson.

Omkring 200 fuglearter yngler i det egentlige Arktis (*sensu* CAVM Team 2003, Meltofte 2017), hvoraf langt de fleste tilbringer det meste af året i tempererede og tropiske områder og kun trækker til Arktis om sommeren for at formere sig. Det gælder i høj grad vadefuglene, hvoraf 41 arter er ægte arktiske ynglefugle og yderligere 18 boreale (subarktiske) arter yngler langt ind i den arktiske zone (Ganter & Gaston 2013).

Desværre ved vi kun lidt om årsagerne til nedgangen (eller stigningerne) observeret blandt mange tundrafuglebestande, især i Asien og Nordamerika (Smith *et al.* 2020). Vi ved ikke engang, om de største problemer er på ynglepladserne eller i raste- og overvintringsområderne

(fx MacKinnon *et al.* 2012, van Gils *et al.* 2016), selvom tab af levesteder uden for Arktis vides at påvirke nogle af disse arter negativt (Piersma *et al.* 2016, Studds *et al.* 2017). For at få indsigt i de faktorer, der påvirker fuglebestanden i højarktisk Grønland, var overvågning af fuglebestanden og deres ynglesucces en del af BioBasis-programmet lige fra begyndelsen ved etableringen af Zackenberg Forskningsstation i 1995 (Meltofte 1997). Samtidig blev overvågning af geofysiske såvel som biologiske faktorer, der potentielt kunne påvirke bl.a. fuglebestanden, en integreret del af overvågningen på stationen.

Gunstigt yngleområde

Ikke alene er vadefuglene den dominerende gruppe af fugle på højarktisk grønlandsk tundra både hvad angår artsantal og tæthed, de dækker også næsten hele spektret af levesteder fra næsten nøgne gruskråninger og plateauer til frodige kær (Meltofte 2006). Kun højtliggende plateauer og stenede områder undgås.

Med næsten 300 par eller territorier af vadefugle i vores 15,8 km² store undersøgelsesområde i Zackenbergdalen er det blandt de mest gunstige yngleområder for



Fig. 1. Tidspunktet for snesmeltning er af afgørende betydning for arktisk ynglende vadefugle, idet det afgør, hvornår der er tilstrækkelig plads og føde til at igangsætte æglægningen. Alene i højarktisk Grønland varierer snesmeltningen med en måned fra sted til sted og fra år til år. Foto: Erik Thomsen.

vadefugle i højarktisk Grønland (Meltofte *et al.* 2020). Her er tætheder på 2-7 par pr. km² almindelige og når 10-15 par pr. km² på de bedste steder (Meltofte 1985, Boertmann *et al.* 1991, Mortensen 2000). Derfor tyder de høje yngletætheder, der er registreret ved Zackenberg på, at forholdene her er mere gunstige end mange andre steder i regionen (Meltofte *et al.* 2008).

For at forstå de store forskelle i bestandstæthederne inden for et relativt begrænset område som højarktisk Grønland, er det vigtigt at forstå, at der er store forskelle i tundraens produktivitet og timingen af snesmeltningen langs S-N og Ø-V gradienterne. Jo længere man bevæger sig fra syd mod nord i højarktisk Grønland, jo mindre nedbør og mindre produktivitet findes der (højarktisk ørken i nord), hvorimod snefrit terræn er tilgængeligt gradvist tidligere om foråret på grund af vinterens begrænsede snedække. Det samme gælder, når man bevæger sig fra yderkysten nær Grønlandshavet til indlandet nær Indlandsisen, idet landet bliver mere og mere tørt, snesmeltningen sker tidligere (med mere end en måned), og den gennemsnitlige sommertemperatur stiger med op til 4,5°C (Meltofte 1985, Meltofte & Rasch 2008, Pedersen *et al.* 2018). Det er balancen mellem disse ekstremer, der resulterer i de gunstige forhold, der findes i 'mellemområder' som Zackenberg. Her er snesmeltningen oftest tilstrækkeligt tidlig og tundraens produktivitet tilstrækkeligt høj og pålidelig til, at fuglene kan yngle i relativt høje tætheder (Meltofte 1985).

En klemt ynglesæson

Når vadefuglene ankommer til højarktisk Grønland i slutningen af maj og begyndelsen af juni, er kysterne dækket af to meter is og sne. Så fuglene slår sig ned direkte på tundraen, hvor de ofte flokkes og fouragerer intensivt i tidligt snefrie fælles fourageringsområder, før de spreder sig på territorier efter snesmeltningen (Meltofte 1985, Meltofte & Lahrmann 2006; Fig. 1). Æglægningen i tidlige snefrie områder (og år) kan begynde først i juni, men mediandatoerne er normalt i midten af juni, hvor hovedparten af æglægningen kun strækker sig over omkring 10-14 dage (Meltofte *et al.* 2021).

Det nøjagtige tidspunkt for æglægningen afhænger af snesmeltningens forløb i de enkelte år og områder (Meltofte 1985, Meltofte *et al.* 2021). Da tidspunktet varierer med mere end en måned mellem forskellige områder og år i højarktisk Grønland (se nedenfor), er der lige så stor variation i tidspunktet for æglægningen mellem dale kun 50 km fra hinanden i højarktisk Grønland, som man finder på tværs af hele den langt mere homogene palæarktiske tundra (Holmgren *et al.* 2001).

Klækningen af æggene begynder i de sidste dage af juni og toppe i begyndelsen/midten af juli, hvor fødetilgængeligheden for ungerne også toppe. Omlæg efter tab af ægkuld finder sted indtil slutningen af juni, hvor efter mislykkede ynglefugle begynder at danne flokke. Borttrækket af voksne i juli og primo/medio august sker oftest direkte fra tundraen, men fra midten af juli be-

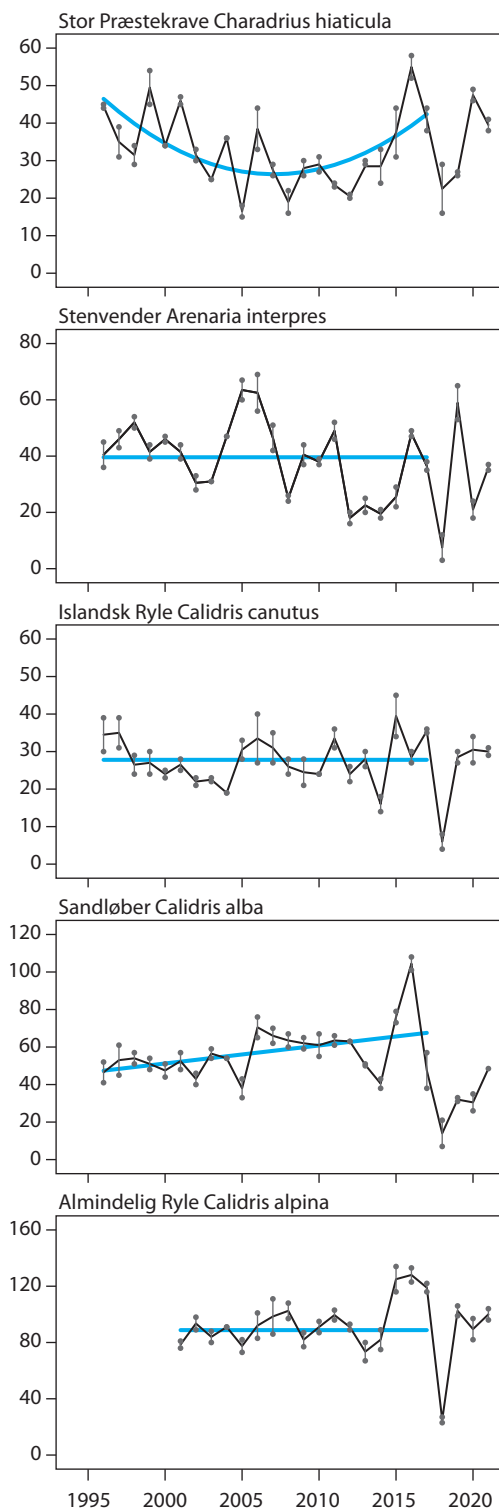
gynder kysterne at blive isfrie, så de voksne fugle kan fouragere intensivt dér i en kort periode, før de påbegynder efterårstrækket (Meltofte & Berg 2004, Meltofte & Lahrman 2006). Ungfuglene begynder at kunne flyve i slutningen af juli, hvorefter antallet topes langs kysterne i løbet af august, og de fleste er trukket bort i begyndelsen af september, når vinteren begynder.

Relativt stabile bestande og miljøfaktorer

Efter mere end 25 års feltarbejde har vi en af de længste dataserier fra Arktis, og sandsynligvis den længste fra Højarktis (Fig. 2). Til manges overraskelse fandt vi ud af, at i modsætning til de store økologiske ændringer, der er sket i flere andre dele af den arktiske region, var der kun få entydige ændringer i fuglebestandene og i de klimatiske og biologiske faktorer, der potentielt påvirker fuglebestandene (Meltofte *et al.* 2020). Ud af 14 arter af regelmæssigt ynglende fugle svingede otte eller ni bestande uden nogen signifikant tendens, fire steg, og kun en eller to aftog. Men blandt de samme 14 arter viste seks stigende år til år-variabilitet i løbet af undersøgelsesårene. Blandt de seks arter af vadefugle, der regelmæssigt yngler i undersøgelsesområdet, gik Sandløberne frem, mens Stenvenderne tilsyneladende aftog (Fig. 2; Meltofte *et al.* 2020).

Tilsvarende viste to ud af 36 klimatiske såvel som biotiske faktorer en stigende tendens (juli middeltemperatur og antallet af polarræve, vi så på tundraen i juni-juli), mens resten svingede uden entydige tendenser. De tiltagende antal observerede ræve er dog ikke helt pålidelige, da et element af tilvænning til vores tilstedeværelse kan være involveret, så rævene ikke mere er så sky. Ligesom nogle af fuglebestandene viste tidspunktet for snesmeltningen og maj-middeltemperaturen stigende variation i løbet af undersøgelsesårene. Vi fandt også få signifikante sammenhænge mellem fuglebestandenes svingninger og år til år-variationen i de undersøgte klimatiske og biologiske faktorer med omfanget af forårs-snedækket som den mest udtalte sammenhæng (Meltofte *et al.* 2020).

Fig. 2. Bestandsudviklingen for i de fem almindelige vadefuglearter ved Zackenberg angivet som minimum, gennemsnit og maksimum antal 'territorier' 1996-2021 i det 15,8 km² store undersøgelsesområde med trendlinjer frem til 2017; meget lidt yngel forekom i 2018 (1996-2018-data fra Meltofte *et al.* 2020; 2019-2021 fra Jannik Hansen, Greenland Ecosystem Monitoring database). Også Odinshane yngler regelmæssigt med nogle få par i området.



Stedtrohed kan spille en vigtig rolle for den relative stabilitet ved at udligne virkningerne af år til år-fluktuationerne i snefri tundra og fødemængder i før-æglægningsperioden, hvor – som nævnt – især vadefugle er meget afhængige af lokale mængder af hvirvelløse dyr som føde (Meltofte *et al.* 2007b). Hos de fleste arter ser det derfor ud til stort set at være de samme individer, der ankommer hvert år og afprøver ynglemulighederne i undersøgelsesområdet i antal, der afspejler 'gennemsnitlige' lokale ynglemuligheder (Reneerkens & Grond 2009; se også Meltofte *et al.* 2007b for meget mere fluktuerende arktiske fuglebestande blandt mindre stedfaste arter andre steder).

Sne og prædation påvirker ynglesuccesen

Vi fandt ingen signifikante ændringer i tidspunktet for æglægning eller kuld størrelse hos de mest almindelige vadefuglearter over mere end to årtier. Med en vis variation fra art til art fandt vi tidligere æglægning i sæsoner med tidligere snesmeltning, med flere hvirvelløse dyr i perioden inden æglægningen, med tidligere forekomst af hvirvelløse dyr og med højere junitemperaturer (Meltofte *et al.* 2021; se Boks 1). Derudover fandt vi større kuld størrelser i år med tidlig snesmeltning og lavere kuld størrelser jo senere de enkelte par påbegyndte æglægningen eller lagde om.

Klækningssuccesen var lavere i de sene ynglesæsoner, men så ud til at stige i de enkelte år efterhånden som sæsonen skred frem (Meltofte *et al.* 2021). Men data kan være negativt påvirkede af vores aktiviteter ved rederne, og klækningssuccesen var meget lavere i de sidste 18 år af undersøgelsesperioden end under den første del af undersøgelsen. Dette kan både skyldes den tilsyneladende øgede ræveaktivitet på tundraen og øget forskeraktivitet ved rederne, som kan have efterladt duftspor til rævene (se Boks 2). Alligevel ser antallet af producerede unge Almindelige Ryler ud til at være negativt korreleret med vores indeks for ræveaktivitet på tundraen under ruge- og ungetiden, hvorimod vi ikke fandt nogen sammenhæng mellem ræveaktivitet og lemmingforekomsterne (Meltofte *et al.* 2021).

Samlet viser analyserne, at fuglebestandene og deres miljø ved Zackenberg har ændret sig relativt lidt i løbet af de sidste to et halvt årti. Øget variabilitet var den mest markante ændring, og som forventet var forårsnedækket og tilgængeligheden af hvirvelløse dyr i perioden inden æglægningen de vigtigste drivkræfter for år til år-variationen i flere fuglenes yngleparametre og levevilkår.

Dårlige ynglear er en 'dark horse'

Som en del af dette tror jeg, at virkningerne af ufavora-

Boks 1: Betydningen af tidspunktet for snesmeltning

At tidspunktet for vadefuglenes æglægning i høj grad er styret af tidspunktet for snesmeltningen blev dokumenteret allerede i 1970'erne, hvor jeg fandt ud af, at vadefugle, der yngede i det nordligste landområde i verden, Peary Land på toppen af Grønland, lagde æg tidligere end nogen andre vadefugle i højarktisk Grønland på grund af de ørkenlignende forhold med meget lidt sne (Meltofte 1976). Kun et år senere fandt Green *et al.* (1977) meget forskellige lægningsdatoer fra dal til dal længere sydpå i Nordøstgrønland og tolkede det som et resultat af lokale forskelle i tidspunktet for snesmeltning. Her kan den tidligt ynglende Stenvender være særligt følsom, idet væsentlige dele af bestanden kan undlade at yngle i år med sen snesmeltning, og arten yngler ikke i nævneværdigt antal i snerige områder (Meltofte 1985, Meltofte *et al.* 2021).

Siden da har kulstofisotopforhold i dun fra nyudklækkede vadefugleunger fra Zackenberg og andre steder i Arktis vist, at vadefuglehunners ressourcer til ægdannelsen består af invertebrater på tundraen, hvilket gør de fleste arktiske vadefugle til såkaldt 'income breeders' med æglægning meget afhængig af fødetilgængelighed før og under æglægningen (Klaassen *et al.* 2001, Meltofte *et al.* 2021). Dette er i modsætning til fx gæs og andre svømmefugle, som har store kropsreserver med sig fra overvintrings- og rasteområderne inden ankomsten til Arktis; såkaldte 'capital breeders'. I Zackenberg var dette tilfældet både for tidligt og sent ynglende hunner (Meltofte *et al.* 2007a; men se Morrison & Hobson 2004, Morrison *et al.* 2005, Yohannes *et al.* 2010). Sammen med konstateringen af, at bestandstæthederne er relateret til omfanget af snefri fødesøgningshabitat i perioden inden æglægningen (Meltofte 1985), gør dette perioden mellem ankomsten og æglægningen til en af de mest kritiske perioder i hele den årlige cyklus for arktiske vadefugle.

ble forhold i flere af vores studieår kan være lige så vigtige for fuglebestandenes trivsel som de gennemsnitlige forhold. Alvorlige begivenheder kan være ekstremt sen snesmeltning eller perioder med dårligt vejr, især i form af hård vind og snefald i flere dage i træk i juni-juli. Ved sådanne lejligheder kan mange vadefugle opgive deres reder og danne flokke i gunstige fourageringsområder.

De fleste af fuglene ved Zackenberg er stedtrofaste og længelevende arter med relativt langsom bestandsomsætning (Cramp 1983, Meltofte *et al.* 2007b). Dette kan betyde, at de er relativt lidt påvirkede af år til år-variationen i ynglesucces, forudsat at den langsigtede rekruttering til ynglebestandene er tilstrækkelig til at kompensere for voksendødeligheden. De er derfor meget mere følsomme over for voksendødelighed, og her kan både svære år, som 2001 og 2018, og øget variabilitet være afgørende. I begge disse år blev voksne fugle, der sultede ihjel, dokumenteret (Meltofte 2003, Schmidt *et al.* 2019), og mange flere er muligvis bukket under, men blev ædt af prædatorer eller ådselædere, før de blev registreret.

I modsætning til mere lokalt ufavorable forhold er der relativt få registreringer i litteraturen af omfattende ikke-yngleår i højarktisk Grønland, men de få registreringer peger på alvorlige effekter. I en tidsserie på 27 år med ungfugleandele blandt britisk overvintrende Islandske Ryler, der stammer fra højarktisk Grønland

og det nordøstligste arktiske Canada, havde kun ét år – 1992 – tæt på nul ungfugle (Boyd & Piersma 2001). I 1992 var der stærkt ufavorable forhold i store dele af Arktis på grund af Mount Pinatubo-vulkanudbruddet i Filippinerne året før (Ganter & Boyd 2000). Ydermere var der i 1972 og '74 så dårlige forårsforhold i Nordvestgrønland, at et stort antal nyankomne Islandske Ryler og Stenvendere samledes omkring huse og blev skudt eller døde af sult (Lyngs 2003, Meltofte *et al.* 2007b). Disse hændelser anses for at være en del af en række dårlige ynglesæsoner, der resulterede i en stærkt reduceret flywaybestand af Islandske Ryler i de følgende årtier (Boyd & Piersma 2001, Lyngs 2003).

Ved Zackenberg havde snestormen i midten af juni 2001, som tilsyneladende dræbte adskillige voksne vadefugle og resulterede i mange ikke-ynglende fugle (Meltofte 2003), kun lokal effekt, idet 'normale' antal ungfugle dukkede op ved kysterne i sensommeren. Det samme skete i 2000, da en snestorm i midten af juli dræbte rigtig mange unger ved Zackenberg (Meltofte 2001). Tværtimod kan de hårde forhold i 2018 have været meget mere geografisk omfattende, eftersom tilsvarende sen snesmeltning og reduceret ynglen af vadefugle blev rapporteret fra lokaliteter så langt fra hinanden som Jameson Land i det sydlige højarktiske Grønland (K. de Korte *in litt.*) og Hochstetter Forland 80 km længere mod nord (O. Gilg *in litt.*). På samme måde

Boks 2: Udfordringer med at belyse ynglesucces hos arktiske vadefugle

Da data om prædationsrater for jordrugende fuglearter's æg altid vil være (stærkt) påvirket af observatøraktiviteter ved rederne, er det en stadigt voksende udfordring at opnå reelle data for prædationstryk. En mulighed er at samle allerede eksisterende data fra lysfølsomme geolokatorer påsat vadefugle i overvintningsområderne og analysere dem for afbrudte rugeperioder i uforstyrrede områder i Arktis. Med midnats-sol repræsenterer skiftende mørke og lyse perioder under opholdet på ynglepladserne rugeperioderne, så det er relativt nemt at se, om fuglen har gennemført en fuld rugetid eller ej (se også Schreven *et al.* 2021 for gæs). Med den mængde data, der allerede er tilgængelig, vil dette næppe give data om år til år-forskelle, men det vil give os en god idé om det generelle niveau for daglig redeoverlevelse, måske endda opdelt i de forskellige regioner i Arktis.

I modsætning til flere gåsebestande, for hvilke ungeproduktionen på en række trækveje er blevet overvåget i mere end et halvt århundrede (fx Madsen *et al.* 1999), har ingen hidtil indsamlet og analyseret hovedparten af lignende data for vadefuglenes ungfugleandele (i det mindste indekser) på den østatlantiske trækvej (jf. Robinson *et al.* 2005; se også Hope *et al.* 2021). Især for arktiske vadefugle betyder det, at vi har meget få langsigtede dataanalyser af variabilitet og tendenser i den årlige ungeproduktion og deres årsager (se fx Boyd & Piersma 2001), bortset fra undersøgelser af virkningerne af cykliske lemmingbestande på vadefuglenes ynglesucces i arktisk Sibirien (fx Summers *et al.* 1998, Blomqvist *et al.* 2002, Soloviev *et al.* 2006, Aharon-Rotman *et al.* 2015).

dukkede overordentlig få Bramgåse-ungfugle op på overvintringspladserne for den nordøstgrønlandske bestand på Isle of Isla i Skotland i løbet af efteråret og vinteren 2018-2019; faktisk havde 2018 den laveste ynglesucces nogensinde for denne bestand med en ungeandel på kun 1,1 % og en gennemsnitlig kuld størrelse blandt de få kuld på kun 1,09 (M. Ogiilvie *in litt.*).

Udtalte regionale forskelle i yngleforhold

Årsagen til, at meget dårlige ynglesæsoner er sjældne i højarktisk Grønland, er sandsynligvis landets bjergrige karakter med den ovennævnte udtalte gradient fra maritime snerige forhold ved yderkysten til det tørre indland tæt på Grønlands Indlandsis. Det betyder, at der oftest er gunstige yngleforhold i hvert fald i et eller andet område, så ikke-yngel sjældent er særlig udbredt. Her kan de gunstige forhold i vores undersøgelsesområde betyde, at fuglebestandene her hurtigt bliver suppleret med 'rekrutter' fra andre områder efter dårlige yngleår, mens effekterne mest findes i randområder.

Som det ses i Fig. 2, resulterede det stærkt reducerede antal ynglende vadefugle ved Zackenberg i 2018 ikke i lave antal i de følgende år, bortset fra Sandløberen, som gik frem både på flywayniveau (van Roomen *et al.* 2018) og ved Zackenberg inden 2018, og som stadig er ved at komme sig. Hvorfor denne art blev særligt hårdt ramt, ved vi ikke.

Hvis den begrænsede effekt i de efterfølgende år af den dårlige ynglesæson i 2018 er resultatet af 'rekrutter', der flytter ind fra mindre gunstige nærområder, kan det betyde, at ændringer i fuglebestandene materialiserer sig langsommere ved Zackenberg end i mere marginale områder (Meltofte 1985; se også Ward *et al.* 2018). Dette kan være et problem for vores forståelse af demografiske forhold for fuglebestandene, da tæthederne af fugle i marginale områder er for lave til at være attraktive for undersøgelser på trods af, at vigtige bestandsændringer måske netop foregår her. Hvorvidt det er tilfældet, afhænger blandt andet af, om fuglebestandene er mættede eller ej i et område som Zackenberg, men vi har ikke meget evidens for en sådan mætning (Forchhammer *et al.* 2008).

Mere favorable forhold i højarktisk Grønland end i arktisk Sibirien og Canada

Den store diversitet i yngleforholdene kan være årsagen til, at flywaybestandene i højarktisk Grønland/det nordøstligste Canada ikke viser de samme udtalte udsving i ynglesucces og bestandsstørrelse, som det fx ses i høj-

arktisk Sibirien (Meltofte *et al.* 2007b, 2008). I de fleste år vil der være områder med gunstige forhold – det være sig klimatiske forhold eller prædationstryk – et eller flere steder indenfor de mange gradienter i modsætning til situationen i det meget mere homogene højarktiske Sibirien. Det betyder, at der i de fleste år kan være produktive områder, hvorfra et overskud af afkom kan supplere bestandene i de resterende områder. Fx blev der fundet et betydeligt antal unge vadefugle i juli-august i de to deltaer ved Zackenberg næsten hvert år i 1995-2006 (Meltofte *et al.* 2007c).

På flyway-skala er det også vigtigt at bemærke, at en række Zackenberg-arter yngler i både Nordøstgrønland og Nordvestgrønland/det nordøstligste Canada, det vil sige i to meget forskellige klimatiske regimer. Dette gælder fx Islandsk Ryle og Stenvender og betyder, at yngleforholdene sjældent er dårlige samtidigt på begge sider af Grønlands Indlandsis (se fx Boyd & Piersma 2001).

Desuden kan de relativt 'stabile' forhold ved Zackenberg, med få geografisk omfattende dårlige ynglesæsoner, være relateret til det generelt favorable klima i højarktisk Nordøstgrønland sammenlignet med højarktisk Sibirien og Alaska, hvor dårligt vejr ofte kan varer i mange dage i træk (Myers & Pitelka 1979, Tulp & Schekerman 2008, Saalfeld *et al.* 2019).

Hertil kommer, igen i modsætning til Sibirien og det nordamerikanske Arktis, at rigelige mængder af hvirvelløse fødeemner for tundrafugles unger i det centrale Nordøstgrønland er tilgængelige i en længere periode end den ofte sammentrukne masseforekomst, der ses i andre højarktiske områder (Meltofte *et al.* 2008, 2021, Reneerkens *et al.* 2016). Dette kan betyde, at risikoen for mismatch mellem dunungernes vækstbehov og tidspunktet for maksimal fødetilgængelighed er meget mindre sandsynlig i højarktisk Grønland end i andre arktiske områder.

Konklusioner

Udover at få indsigt i dynamikken og tendenserne i et undersøgelsesområde som Zackenberg, beliggende centralt i højarktisk Nordøstgrønland, var ambitionen med fugleovervågningen lige fra begyndelsen at få indsigt i de faktorer, der påvirker ynglebestandene af fugle i Arktis generelt. Vores håb var, at dette kunne forbedre vores muligheder for at evaluere og forstå fremtidige udviklinger i livsvilkårene i en del af verden, der er så ressourcekrævende at arbejde i, og hvor langtidsdata er fåtallige.

I overensstemmelse hermed bidrager vores undersøgelse til vores forståelse af, at Arktis ikke er et homogent

biom, men kan vise helt forskellige regionale mønstre af klimaændringseffekter. Faktisk har mere end halvdelen af den arktiske tundra ifølge satellitobservationer ikke ændret sig væsentligt på trods af hurtig opvarmning (Callaghan *et al.* 2022). Ydermere, i modsætning til flere andre store flyways i Asien og Amerika, understøtter vores data, at de fleste tundrafuglebestande på den østatlantiske flyway, som 'vores' fugle indgår i, klarer sig godt (Smith *et al.* 2020). Dette kan ændre sig i fremtiden, som indikeret af den stigende variabilitet i både biotiske og abiotiske elementer ved Zackenberg. Med fremtidig global opvarmning kan både ustabilitet og hyppigheden af ekstreme år stige, med potentielle konsekvenser for voksenoverlevelse og ynglesucces (Petersen *et al.* 2001).

Tak

Overvågningen på Zackenberg er en del af Greenland Ecosystem Monitoring (GEM) drevet af grønlandske og danske forskningsinstitutioner. Min bedste tak går til GEM og især til mine kollegaer på programmet BioBasis i Zackenberg, hvor Jannik Hansen udførte en stor del af feltarbejdet og datahåndteringen. Jeg er Aage V. Jensen Charity Foundation meget taknemmelig for økonomisk støtte til at analysere data og skrive artiklerne, der ligger bag denne Forum-artikel. David Boertmann takkes for kritisk gennemsyn af manuskriptet.

Referencer

- ACIA 2005: Arctic Climate Impact Assessment. – Cambridge University Press.
- Aharon-Rotman, Y., M. Soloviev, C. Minton, P. Tomkovich ... & M. Klaassen 2015: Loss of periodicity in breeding success of waders links to changes in lemming cycles in Arctic ecosystems. – *Oikos* 124: 861-870.
- Blomqvist, S., N. Holmgren, S. Åkesson, A. Hedenström & J. Pettersson 2002: Indirect effects of lemming cycles on sandpiper dynamics: 50 years of counts from southern Sweden. – *Oecologia* 133: 146-158.
- Boertmann, D., H. Meltofte & M. Forchhammer 1991: Population densities of birds in central Northeast Greenland. – *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 85: 151-160.
- Boyd, H. & T. Piersma 2001: Changing balance between survival and recruitment explains population trends in red knots *Calidris canutus islandica* wintering in Britain, 1969-1995. – *Ardea* 89: 301-317.
- Callaghan, T.V., R.C. Gatti & G. Phoenix 2022: The need to understand the stability of arctic vegetation during rapid climate change: An assessment of imbalance in the literature. – *Ambio* 51: 1034-1044.
- CAVM Team 2003: Circumpolar Arctic vegetation map. Scale 1:7,500,000. – Conservation of Arctic Flora & Fauna (CAFF) Map No. 1. U.S. Fish & Wildlife Service, Anchorage.
- Cramp, S. 1983: Handbook of the birds of Europe, the Middle East, and North Africa Volume III. – Oxford University Press.
- Forchhammer, M.C., N.M. Schmidt, T.T. Høye, T.B. Berg ... & E. Post 2008: Population dynamical responses to climate change. Pp. 391-420 in H. Meltofte, T.R. Christensen, B. Elberling, M.C. Forchhammer & M. Rasch (red.): High-Arctic ecosystem dynamics in a changing climate. – *Advances in Ecological Research* 40, Academic Press.
- Ganter, B. & H. Boyd 2000: A tropical volcano, high predation pressure, and the breeding biology of Arctic waterbirds: a circumpolar review of breeding failure in the summer of 1992. – *Arctic* 53: 289-305.
- Ganter, B. & A.J. Gaston 2013: Birds. Pp. 142-181 in H. Meltofte (red.): Arctic Biodiversity Assessment. – Conservation of Arctic Flora & Fauna (CAFF), Akureyri.
- Green, G.H., J.J.D. Greenwood & C.S. Lloyd 1977: The influence of snow conditions on the date of breeding of wading birds in north-east Greenland. – *J. Zool.* 183: 311-328.
- Holmgren, N.M.A., P. Jönsson & L. Wennerberg 2001: Geographical variation in the timing of breeding and moult in Dunlin *Calidris alpina* on the Palearctic tundra. – *Polar Biol.* 24: 369-377.
- Hope, D.D., A. Drake, D. Shervill, M.J.F. Lemon & M.C. Drever 2021: Correlates of Annual Stopover Counts in Two Species of Arctic-Breeding Shorebirds: Roles of Local, Breeding, and Climatic Drivers. – *Waterbirds* 44: 13-29.
- Klaassen, M., Å. Lindström, H. Meltofte & T. Piersma 2001: Arctic waders are not capital breeders. – *Nature* 413: 794.
- Lyngs, P. 2003: Migration and winter ranges of birds in Greenland. – *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 97: 1-167.
- MacKinnon, J., Y.I. Verkuil & N. Murray 2012: IUCN situation analysis on East and Southeast Asian intertidal habitats, with particular reference to the Yellow Sea (including the Bohai Sea). – Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 47.
- Madsen, J., G. Cracknell & T. Fox (red.) 1999: Goose Populations of the Western Palearctic. – Wetlands International Publication No. 48 & National Environmental Research Institute, Denmark.
- Meltofte, H. 1976: Ornithological Observations in Southern Peary Land, North Greenland, 1973. – *Medd. Grønland* 205(1): 1-57.
- Meltofte, H. 1985: Populations and breeding schedules of waders, Charadrii, in high arctic Greenland. – *Medd. Grønland, Biosci.* 16: 1-43.
- Meltofte, H. 1997: Zackenberg Ecological Research Operations (ZERO): A new research facility in High Arctic Greenland. – *Wader Study Group Bull.* 82: 46-50.
- Meltofte, H. 2001: Birds. Pp. 30-39 in K. Caning & M. Rasch (red.): Zackenberg Ecological Research Operations, 6th Annual Report, 2000. – Danish Polar Center, Ministry of Research & Information Technology.
- Meltofte, H. 2003: Birds. Pp. 30-44 in K. Caning & M. Rasch (red.): Zackenberg ecological research operations, 7th annual report, 2001. – Danish Polar Center, Ministry of Science, Technology & Innovation.
- Meltofte, H. 2006: Wader populations at Zackenberg, high-arctic Northeast Greenland, 1996-2005. – *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 100: 16-28.
- Meltofte, H. 2017: What is the Arctic and who are Arctic waders? – *Wader Study* 124: 169-171.
- Meltofte, H. & T.B. Berg 2004: Post-breeding phenology of waders in central NE Greenland. – *Wader Study Group Bull.* 104: 22-27.
- Meltofte, H. & D.P. Lahrmann 2006: Time allocation in Greenland high-arctic waders during summer. – *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 100: 75-87.
- Meltofte, H. & M. Rasch. 2008: The Study Area at Zackenberg. Pp. 101-110 in H. Meltofte, T.R. Christensen, B. Elberling, M.C. Forchhammer & M. Rasch (red.): High-Arctic Ecosystem Dynamics in a Changing Climate. – *Advances in Ecological Research* 40, Academic Press.

- Meltofte, H., T.T. Høye, N.M. Schmidt & M.C. Forchhammer 2007a: Differences in food abundance cause inter-annual variation in the breeding phenology of High Arctic waders. – *Polar Biol.* 30: 601-606.
- Meltofte, H., T. Piersma, H. Boyd, B. McCaffery ... & L. Wennerberg. 2007b: Effects of climate variation on the breeding ecology of Arctic shorebirds. – *Medd. Grønland, Bioscience* 59: 1-48.
- Meltofte, H., B. Sittler & J. Hansen 2007c: Breeding performance of tundra birds in High Arctic Northeast Greenland 1987-2007. Pp. 45-53 in M.Y. Soloviev & P.S. Tomkovich (red.): *Arctic Birds*. – Newsletter of International Breeding Conditions Survey No. 9.
- Meltofte, H., T.T. Høye & N.M. Schmidt 2008: Effects of food availability, snow and predation on breeding performance of waders at Zackenberg. Pp. 325-343 in H. Meltofte, T.R. Christensen, B. Elberling, M.C. Forchhammer & M. Rasch (red.): *High-Arctic Ecosystem Dynamics in a Changing Climate*. – *Advances in Ecological Research* 40, Academic Press.
- Meltofte, H., J. Hansen & F. Rigét 2020: Increased variability in bird populations at Zackenberg, high Arctic Greenland 1996-2018, but few unidirectional trends or correlations with local conditions. – *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 114: 151-167.
- Meltofte, H., J. Hansen & F. Rigét 2021: Trends in breeding performance in wader populations at Zackenberg, high Arctic Greenland, in relation to environmental drivers 1996-2018. – *Polar Biol.* 44: 1939-1954.
- Morrison, R.I.G. & K.A. Hobson 2004: Use of body stores in shorebirds after arrival on high-Arctic breeding grounds. – *Auk* 121: 333-344.
- Morrison, R.I.G., N.C. Davidson & T. Piersma 2005: Transformations at high latitudes: why do red knots bring body stores to the breeding grounds? – *Condor* 107: 449-457.
- Mortensen, C.E. 2000: Bestandstætheder af ynglefugle i Jameson Land, Østgrønland, 1984-88. – *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 94: 29-41.
- Myers, J.P. & F.A. Pitelka 1979: Variations in summer temperature patterns near Barrow, Alaska – analysis and ecological interpretation. – *Arctic Alpine Res.* 11: 131-144.
- Pedersen, S.H., G.E. Liston, M.P. Tamstorf, J. Abermann ... & N.M. Schmidt 2018: Quantifying snow controls on vegetation greenness. – *Ecosphere* 9:e02309.
- Petersen, H., H. Meltofte, S. Rysgaard, M. Rasch ... & S.A. Pedersen 2001: *The Arctic*. Pp. 303-330 in A.M.K. Jørgensen, J. Fenger & K. Halsnæs (red.): *Climate Change Research. Danish Contributions*. – Danish Meteorological Institute.
- Piersma, T., T. Lok, Y. Chen, C. J. Hassell ... & Z. Ma 2016: Simultaneous declines in survival of three shorebird species signals a flyway at risk. – *J. App. Ecol.* 53: 479-490.
- Reneerkens, J. & K. Grond 2009: Return rates, mate fidelity and territory size of Sanderlings *Calidris alba* in Zackenberg. Pp. 89-91 in L.M. Jensen & M. Rasch (red.): *Zackenberg ecological research operations, 14th annual report, 2008*. – National Environmental Research Institute, Denmark.
- Reneerkens, J., N.M. Schmidt, O. Gilg, J. Hansen ... & T. Piersma 2016: Effects of food abundance and early clutch predation on reproductive timing in a high Arctic shorebird exposed to advancements in arthropod abundance. – *Ecol. Evol.* 6: 7375-7386.
- Robinson, R.A., N.A. Clark, R. Lanctot, S. Nebel ... & P.W. Atkinson 2005: Long term demographic monitoring of wader populations in non-breeding areas. – *Wader Study Group Bull.* 106: 17-29.
- Saalfeld, S.T., D.C. McEwen, D.C. Kesler, M.G. Butler ... & R.B. Lanctot 2019: Phenological mismatch in Arctic-breeding shorebirds: Impact of snowmelt and unpredictable weather conditions on food availability and chick growth. – *Ecol. Evol.* 9: 6693-6707.
- Schmidt, N.M., J. Reneerkens, J.H. Christensen, M. Olesen & T. Roslin 2019: An ecosystem-wide reproductive failure with more snow in the Arctic. – *PLoS Biology* 17: e3000392.
- Schreven, K.H.T., C. Stolz, J. Madsen & B.A. Nolet 2021: Nesting attempts and success of Arctic-breeding geese can be derived with high precision from accelerometry and GPS-tracking. – *Anim. Biotele.* 9: 25.
- Smith, P.A., L. McKinnon, H. Meltofte, R.B. Lanctot ... & A.C. Smith. 2020. Status and trends of tundra birds across the circumpolar Arctic. – *Ambio* 49: 732-748.
- Soloviev, M.Y., C.D.T. Minton & P.S. Tomkovich 2006: Breeding performance of tundra waders in response to rodent abundance and weather from Taimyr to Chukotka, Siberia. Pp. 131-137 in G.C. Boere, C.A. Galbraith & D. Stroud (red.): *Waterbirds Around the World*. – The Stationary Office, Edinburgh.
- Studds, C.E., B.E. Kendall, N.J. Murray, H.B. Wilson ... & R.A. Fuller 2017: Rapid population decline in migratory shorebirds relying on Yellow Sea tidal mudflats as stopover sites. – *Nature Comm.* 8: 14895.
- Summers, R.W., L.G. Underhill & E.E. Syroechkovski 1998: The breeding productivity of dark-bellied brent geese and curlew sandpipers in relation to changes in the numbers of arctic foxes and lemmings on the Taimyr Peninsula, Siberia. – *Ecography* 21: 573-580.
- Tulp, I. & H. Schekkermann 2008: Has prey availability for arctic birds advanced with climate change? Hindcasting the abundance of tundra arthropods using weather and seasonal variation. – *Arctic* 61: 48-60.
- van Gils, J.A., S. Lisovski, T. Lok, W. Meissner ... & M. Klaassen 2016: Body shrinkage due to Arctic warming reduces red knot fitness in tropical wintering range. – *Science* 352: 819-821.
- van Roomen, M., S. Nagy, G. Citegetse & H. Schekkerman 2018: *East Atlantic Flyway Assessment 2017: the status of coastal waterbird populations and their sites*. – CWSS, Wilhelmshaven, Wetlands International, Wageningen, BirdLife International, Cambridge.
- Ward, M.P., K.W. Stodola, J.W. Walk, T.J. Benson ... & J.D. Brawn 2018: Changes in bird distributions in Illinois, USA, over the 20th century were driven by use of alternative rather than primary habitats. – *Condor* 120: 622-631.
- Yohannes, E., M. Valcu, R.W. Lee & B. Kempnaers 2010: Resource use for reproduction depends on spring arrival time and wintering area in an arctic breeding shorebird. – *J. Avian Biol.* 41: 580-590.

Forfatterens adresse:

Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, Postboks 358, 4000 Roskilde (mel@ecos.au.dk; hans.meltofte@dof.dk)

Dette er en oversat og bearbejdet udgave af:

Meltofte, H. 2022: High-Arctic Greenland breeding wader populations remained relatively unchanged for 25 years, but more frequent severe spring events lurk in the future. – *Wader Study* 129 (1): 6-13.