

Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2019 30 stp**

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

## **Effekter av GPS-halsbånd på kroppsvekt og reproduksjon hos simler av svalbardrein (*Rangifer tarandus platyrhynchus*)**

Effects of GPS-collars on bodyweight and  
reproduction on female Svalbard reindeer (*Rangifer  
tarandus platyrhynchus*)

**Pernille Stordal Rønning**

Master i naturforvaltning



**EFFEKTER AV GPS-HALSÅND PÅ KROPPSVEKT OG  
REPRODUKSJON HOS SIMLER AV SVALBARDREIN (*RANGIFER  
TARANDUS PLATYRHYNCHUS*)**

**EFFECTS OF GPS-COLLARS ON BODYWEIGHT AND  
REPRODUCTION ON FEMALE SVALBARD REINDEER (*RANGIFER  
TARANDUS PLATYRHYNCHUS*)**



Foto: Leif Egil Loe

PERNILLE STORDAL RØNNING  
MASTER I NATURFORVALTNING VED NMBU

Mai 2019



## FORORD

---

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på min mastergrad i naturforvaltning ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, NMBU. Ved å jobbe med denne oppgaven har jeg fått lære om svalbardreinens økologi, og hvordan GPS-bruk kan påvirke kroppsvekt og reproduksjon hos arten. Det har økt min innsikt og forståelse for arktiske tilpasninger og konsekvenser av menneskelige handlinger, samt gitt meg et større innblikk i naturforvaltning og forskning.

Først vil jeg takke min hovedveileder, professor Leif Egil Loe ved NMBU, for å ha gitt meg interessante data å jobbe med, og for uvurderlig hjelp og veiledning underveis i prosessen. Jeg vil også rette en stor takk til Gabriel Pigeon ved NMBU, for verdifull hjelp og tålmodighet med resultater, databearbeiding og tolkning av analyser. Videre vil jeg takke alle mine venner ved NMBU for gode diskusjoner og tilbakemeldinger, og som har støttet og motivert meg gjennom hele prosessen. Det samme gjelder familien min, som alltid har stilt opp. En spesiell takk til de som har lest igjennom og hjulpet meg med oppgaven. Til slutt vil jeg takke for fem fantastiske år ved NMBU, som har gitt meg både kunnskap og vennskap for livet.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 14. mai 2019

---

Pernille Stordal Rønning



## SAMMENDRAG

---

De siste tiårene har forståelsen for hvordan dyrearter beveger seg i ulike miljø vært et sentralt forskningstema. Biotelemetri er et viktig verktøy for å få innsikt i arters habitatbruk og vandringsmønstre, og bruk av GPS-halsbånd har blitt en vanlig metode. Det er strenge krav for å benytte slike merkingsmetoder etter dyrevelferdsloven i Norge, med mattilsynet som tilsynsmyndighet. Noen få tilfeller av negative effekter av sendere er dokumentert for dyr, og knyttet til vandringsavstand, reproduksjon og overlevelse. Etter flere hendelser med dannelse av isklumper på GPS-halsbånd blant villrein (*Rangifer tarandus tarandus*) i Nordfjella i Norge, har fokuset økt på hvilke konsekvenser GPS-halsbånd kan påføre arten.

Formålet med studien var å kartlegge om GPS-halsbånd hadde negativ effekt på kroppsvekt og reproduksjon hos simler av svalbardrein (*Rangifer tarandus platyrhynchus*). Data ble samlet inn fra GPS-merkede simler og kontrollsimler med plasthalsbånd fra Nordenskiöld Land i perioden 2010-2017. I tillegg inngikk målinger av miljøvariabler som snødybde og bakkeising, også kalt Rain-On-Snow, der regn med påfølgende minusgrader gjør vinterbeiter utilgjengelig for individene. Under gjennomsnittlige miljøforhold ble ingen negative effekter påvist på kroppsvekt i april, drektighet i april eller kalvestatus i august. Noen overraskende interaksjonseffekter ble derimot funnet. For det første viste det seg at kroppsvekten på simler med GPS-halsbånd var mindre påvirket av Rain-On-Snow enn kontrollgruppen. For det andre, var sannsynligheten for å gå med kalv i august 25 % lavere for GPS-merkede simler etter isningsfrie vintre, sammenlignet med kontrollindivider. Det var derimot ikke påvist noen forskjell etter vintre med ising.

Denne studien er, etter det jeg kjenner til, det første som knytter dyrevelferd opp mot GPS-bruk på svalbardrein. Siden det ble dokumentert en forskjell i reproduksjon under enkelte miljøforhold mellom GPS-merkede simler og kontrollgruppen, kan det resultere i en større belastning for individer. Det er derfor viktig å vite at merking kan ha innvirkning på bestander, og ta hensyn til dette i fremtidige studier hvor det brukes GPS-halsbånd.





## ABSTRACT

---

The understanding of animal species movement in various environments has for the last decades been a key research topic. Biotelemetry is an important measure used to gain knowledge about habitat use and migration patterns, commonly applied by marking individuals with GPS-tags. There are strict regulations for marking wildlife in Norway, enforced by the Norwegian Food Safety Authority through the Animal Welfare Act. A few cases of negative impacts of transmitters are documented among animals, and these are connected to migration distances, reproduction and survival. Several cases of severe icing on GPS-collars on wild reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) in Nordfjella in Norway, has led to increased interest on potential negative impacts that may be caused by marking with GPS-collars.

The aim of this study was to investigate whether GPS-collars might negatively impact bodyweight and reproduction in female Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*). The data used was collected from GPS-marked female reindeer and control animals with plastic-collars from Nordenskiöld Land, during the period 2010-2017. The dataset also included measurements of environmental variables, such as snow depths and ground icing. The latter is also known as the indicator Rain-On-Snow, meaning rain with subsequent temperatures below freezing point, leading to prevention of forage access. Under average environmental conditions, no adverse effects were observed on neither bodyweight in April, pregnancy in April, nor calf survival in August. However, some surprising interactions were detected. Firstly, the bodyweight of individuals marked with GPS-collars was less affected by Rain-On-Snow than the control group. Secondly, under good environmental conditions with ice-free winters, the probability for having a calf in August was about 25 % lower for animals carrying a GPS-collar compared to control animals. There was no detected difference after winters with icing.

This study is, to my knowledge, the first to tie animal welfare to GPS-use on Svalbard reindeer. Since a difference in reproduction under certain environmental conditions was documented between GPS-marked female Svalbard reindeer and the control group, this effect could result in an increased burden for marked individuals. This highlighting the importance of considering how such measures may impact a population, and that it is important to following it up in future studies with GPS-collars.



# INNHALDSFORTEGNELSE

---

<b>FORORD</b> .....	<b>III</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VII</b>
<b>INNHALDSFORTEGNELSE</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
<b>2 MATERIALE OG METODE</b> .....	<b>5</b>
2.1 STUDIEOMRÅDE .....	5
2.2 STUDIEART .....	6
2.3 DATAINNSAMLING .....	8
2.3.1 <i>Reinsdyrdata</i> .....	8
2.3.2 <i>Miljødata</i> .....	9
2.4 STATISTISKE ANALYSER .....	10
<b>3 RESULTAT</b> .....	<b>12</b>
3.1 PÅVIRKNINGSVARIABLER I FORHOLD TIL REPRODUKSJON PÅ SIMLER MED OG UTEN GPS- HALSBÅND .....	12
3.1.1 <i>Kroppsvekt i april</i> .....	12
3.1.2 <i>Drektighet i april</i> .....	14
3.1.3 <i>Kalvestatus i august</i> .....	16
3.2 EFFEKTER AV HALSBÅNDVEKT OG VARIGHET .....	18
3.2.1 <i>Kroppsvekt i april</i> .....	18
3.2.2 <i>Drektighet i april</i> .....	19
3.2.3 <i>Kalvestatus i august</i> .....	20
<b>4 DISKUSJON</b> .....	<b>21</b>
4.1 LITEN EFFEKT AV Å BÆRE GPS-HALSBÅND OG INGEN EFFEKTER AV ULIK VEKT ELLER VARIGHET .....	21
4.2 OVERRASKENDE KOMBINASJONSEFFEKTER AV ROS OG GPS-HALSBÅND.....	22
4.3 KONTROLLGRUPPEN – HVILKE EFFEKTER TESTER MAN? .....	24
<b>5 KONKLUSJON</b> .....	<b>25</b>
<b>6 REFERANSER</b> .....	<b>26</b>



# 1 INNLEDNING

---

Biotelemetry har de siste tiårene blitt et viktig verktøy for forskning og forvaltning. ”Global positioning systems” (GPS) er brukt innen økologi for å studere bevegelsesmønster og habitatpreferanser blant arter (Cagnacci et al. 2010; Ensing et al. 2014). GPS kan gi både hyppige intervaller og nøyaktig posisjon på merkede individ (Tomkiewicz et al. 2010). Nøyaktig posisjonsdata kan gi gode estimat på arters hjemmeområde, vandringsmønster, individuell spredning (Ensing et al. 2014; Panzacchi et al. 2013; Panzacchi et al. 2015; Pape & Löffler 2016), samt interaksjoner med andre arter i økosystemet (Cagnacci et al. 2010). I følge Hebblewhite og Haydon (2010) har GPS-telemetry gjort forskning på habitatmodelleringer enklere, og tilgjengelig GPS-data gjør det lettere å identifisere viktige habitater for arter. Dette kan videre gi informasjon om hva som er viktig å bevare, spesielt med tanke på menneskelig påvirkning av biologisk mangfold og naturområder (Hebblewhite & Haydon 2010).

Mange mener at fordelene ved biotelemetriske metoder overskygges av dyrevelferdsaspektet. I dag stilles det strenge krav til merking av dyr med tanke på dyrevelferd, lovfestet i ”Lov om dyrevelferd”, fremhevet i § 10: ”Ved merking av dyr skal det benyttes forsvarlige metoder som ikke påfører dyret atferdsmessige begrensninger eller unødige påkjenninger og belastninger” (Dyrevelferdsloven 2018). Mattilsynet har ansvar for oppfølging av loven, inkludert å påse at den blir fulgt ut i fra det dyrevelferdsperspektivet som gjelder for ville dyr (Mattilsynet 2015). Tillatelse fra mattilsynet kreves også for all bruk av dyr i forsøk (Mattilsynet 2019). I Norge har villrein (*Rangifer tarandus tarandus*) gått med GPS-halsbånd i mange år. Flere episoder med dannelse av store isklumper på GPS-ene i Nordfjella har resultert i avliving av individer (Bitustøyl & Mossing 2018). Årsaken er trolig klimatiske endringer med fuktig luft som fryser. Slike hendelser gir raskt et negativt inntrykk av GPS-merking som metode. Det er i tillegg vist at dyr kan få pelsslitasje etter halsbåndet (Bitustøyl & Mossing 2018), noe som også kan vekke negative reaksjoner fra mennesker. For å vurdere fordeler mot ulemper er det viktig å undersøke effekter av merking på individene.

Effekter av merking og vekt på sendere er dokumentert på dyreatferd i en rekke studier. Håndtering og kjemiske inngrep som narkose påvirker atferden både underveis og i etterkant, og stressreaksjoner kan oppstå. Dette kan videre påføre individet atferdsmessige og psykologiske endringer (Arnemo et al. 2006; Becciolini et al. 2019). Becciolini et al. (2019)

har utført en studie på merking av hjort (*Cervus elaphus*) i Italia. Etter prosesser med fangst, narkose og merking med GPS, responderte individene med en fluktrespons fra områder med menneskelig aktivitet, til skogkledde områder. Dette er trolig en midlertidig respons, og ikke noe som påvirker atferden permanent (Becciolini et al. 2019). Tilsvarende fører tilstedeværelse av mennesker til at skandinavisk brunbjørn (*Ursus arctos arctos*) blir mer nattaktive i flere uker etter hendelsen (Ordiz et al. 2013). En tommelfingerregel tilsier at vekten av en sender ikke skal veie mer enn omtrent 5 % av kroppsvekten til individet, men det finnes lite forskning bak utsagnet. Effekt av økt vektbelastninger er særlig godt dokumentert på atferd hos flyvende arter, som evne til å manøvrere hos flaggermus (Aldridge & Brigham 1988) og flukthastighet hos fugl (Irvine et al. 2007), men er også funnet hos pattedyr. En undersøkelse gjort på katter (*Felis catus*) merket med tre forskjellige GPS-halsbånd av ulik vekt, viste at kattens territorium ble mindre ved høy vekt på GPS-halsbåndet, i tillegg til at vandringsavstanden vekk fra hjemmeområdet ble kortere (Coughlin & van Heezik 2015). En studie på sebrahopper (*Equus burchelli antiquorum*) i Botswana har ved bruk av to ulike GPS-typer vist at tyngre GPS-halsbånd gir redusert vandringsavstand for næringsøk, sammenlignet med individer med lettere GPS-halsbånd (Brooks et al. 2008). Dette viste seg å gjelde selv om begge GPS-halsbåndene var innenfor det som regnes som normal vekt. Slike resultater avslører at små forskjeller i vekt på merkingsenheter kan ha stor effekt på både vandringsmønster og vandringsavstand.

Effekter på livshistorietrekk er derimot langt sjeldnere dokumentert. Igjen er det funnet flest effekter hos flygende arter. Hos fugl fant Barron et al. (2010) at merking med sender har en negativ effekt, med økt energibruk og lavere sannsynlighet for hekking. Dette viste seg også å stemme for fuglen Takahe (*Porphyrio hochstetteri*), som ved bæring av en radiosender økte energibruket med 8,5 %, og dermed fikk økt termoregulering og en lavere overlevelsesrate, spesielt på vinteren (Godfrey et al. 2003). En av få pattedyrstudier er gjort på grizzlybjørn (*Ursus arctos horribilis*) og svartbjørn (*Ursus americanus*) i Canada (Cattet et al. 2008). Her ble det funnet at gjentatt fangst har effekt på aldersspesifikk kroppscondisjon, der individer utsatt for flere gjenfangster hadde dårligere kondisjon enn de som ble fanget kun en gang. Denne effekten viste seg å øke med alderen på individene (Cattet et al. 2008). Det er videre også dokumentert at radiohalsbånd ikke har noen påvist effekt på reproduksjon, overlevelse, kondisjon eller atferd blant middels til store pattedyr (Millspaugh & Marzluff 2001). For eksempel hadde ikke GPS noe effekt på reproduksjon og overlevelse blant snøgeiter

(*Oreamnos americanus*) i Canada (Côté et al. 1998). Det er viktig med flere studier som forsker på mulige effekter av halsbåndvekt på livshistorietrekk hos pattedyr.

Mangelen på kontrollgruppe er et notorisk problem ved undersøkelser på effekter av merking. En kontrollgruppe er i utgangspunktet individer som ikke er merket. For å se effektene av merking, må dyr observeres, noe som er krevende for ikke-merkede individer (Millspaugh & Marzluff 2001). Andre former for merking på kontrolldyr kan påvirke sammenligningen mellom gruppene som undersøkes (Murray & Fuller 2000). I tillegg har ofte undersøkelser mellom merkede og ikke-merkede dyr for lavt datagrunnlag med for få individer (Murray & Fuller 2000). For å undersøke effekten av halsbåndvekt er det ideelt med et oppsett der man kan sammenligne mot dyr med tilnærmet vektløs merking, for dyr som ellers behandles likt under fangst.

Merking av svalbardrein (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) har blitt et sentralt virkemiddel for å undersøke levemåten i form av vandring og habitatbruk (Loe et al. 2016), blant annet ut i fra lystilgang (Loe et al. 2007), fellingsområder (Loe et al. 2017) og kalvingstidspunkt (Danielsen 2016). Samtidig har særlig isingsproblematikken på GPS-halsbånd på villrein i Nordfjella (Bitustøyl & Mossing 2018) ført til negativ oppmerksomhet rundt GPS-merking av rein. Det er ikke utført forskning på konsekvenser ved bruk av GPS-halsbånd på svalbardrein, selv om økologien til arten er godt kjent. Populasjonsdynamikk hos svalbardrein bestemmes av populasjonstetthet og årlig variasjon i vinterforhold (eng.: ”Rain-On-Snow” (ROS)) (Hansen et al. 2013; Stien et al. 2012), som vises gjennom reinens innvirkning på næringstilgang, kroppsvekt og innflytelse på reproduktiv- og overlevelsessuksess (Albon et al. 2017). Det er kjent at ROS forekommer ved milde vintre med regn etterfulgt av lave temperaturer som fører til bakkeising (Albon et al. 2017; Hansen et al. 2013; Hansen et al. 2014), og gjør vinterfôret utilgjengelig for svalbardreinen (Albon et al. 2017; Hansen et al. 2013). En nyere studie viser at snømengde vinterstid har større betydning for individers vekt på senvinteren enn tidligere antatt (Movik 2018). Samtidig er simlers vekt om vinteren avgjørende for om de er drektige i april, og for kalvetapet mellom april og august (Veiberg et al. 2017). Denne studien baseres rundt forskningsspørsmål om effekten av GPS-halsbånd på 0,6-0,9 kg har innvirkning på vektutvikling og reproduksjon hos simler på Svalbard. Som kontrollgruppe brukes simler merket med nærmest vektløse plasthalsbånd. Kontrollgruppen gjenfanges på lik måte som GPS-merkede individ, slik at forskjellen består i vekten på

halsbåndet. Effekten et halsbånd kan ha på kroppsvekt og reproduksjon kan derfor forventes å virke gjennom negativ påvirkning av GPS-vekt.

Formålet med denne studien er å se på om vekten av et GPS-halsbånd påvirker vektutvikling og reproduksjon hos simler av svalbardrein negativt. Dette sammenlignes med kontrollgruppen av simler merket med plasthalsbånd. Med bakgrunn i dette, har jeg flere hypoteser. Hypotese 1 (**H1**) går ut på at GPS-halsbånd har noe å si for kroppsvekt på svalbardsimler. Følgende prediksjoner er antatt: **H1a)** Små individ blir mer påvirket av GPS-halsbånd enn større individ, da halsbåndet utgjør en større andel av kroppsvekten. **H1b)** Mer snø vil gjøre at GPS-merkede individ får høyere reduksjon i vekt enn individ uten GPS-halsbånd. **H1c)** Høy ROS vil føre til lavere kroppsvekt hos simler med GPS-halsbånd enn simler uten GPS. De samme prediksjonene gjelder for hypotesene med variablene drektighet i april og kalvestatus i august. **H2a, H2b** og **H2c** omhandler drektighet, der prediksjonene går ut på at GPS-halsbånd vil påvirke sannsynligheten for å være drektig i april, sett i forhold til kroppsvekt, snødybde og ROS. Det samme gjelder **H3a, H3b** og **H3c**, der variabelen er sannsynlighet for å gå med kalv i august.

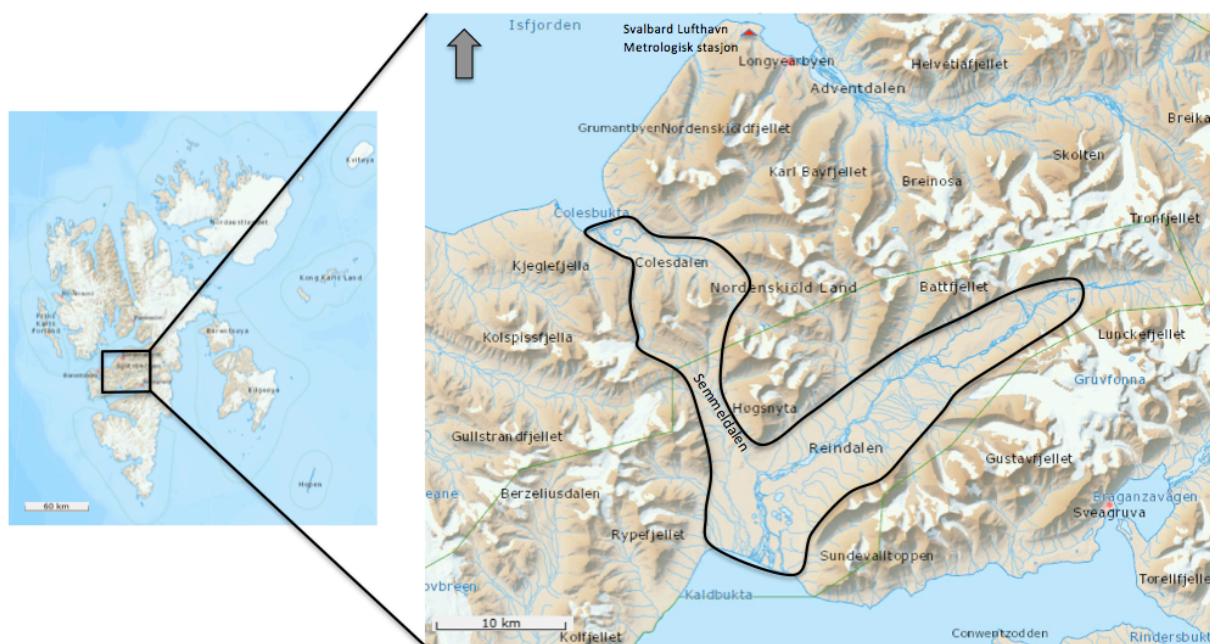
Studien vil også se på om ulike karakteristikker ved halsbåndet, samt varighet av belastningen, har betydning. Her er hypotesen **H4** at vekten på GPS-halsbåndet og antall dager simlene bærer GPS påvirker kroppsvekt i april. Her predikeres: **H4a)** Simler med tunge GPS-halsbånd vil få en reduksjon i kroppsvekt sammenlignet de som bærer lettere GPS-halsbånd. **H4b)** Simler som går med GPS-halsbånd over lengre tid, har lavere vekt enn simler som bærer GPS-halsbånd i en kortere tidsperiode. Disse prediksjonene gjelder tilsvarende for variablene drektighet i april (**H5a** og **H5b**) og sannsynligheten for å gå med kalv i august (**H6a** og **H6b**).



## 2 MATERIALE OG METODE

### 2.1 STUDIEOMRÅDE

Studien er gjort i Nordenskiöld Land (78° N, 15° E) på Spitsbergen på Svalbard. Svalbard er en øygruppe plassert vest i Barentshavet, der Spitsbergen er den største øya. Studieområdet består av tre daler på omtrent 150 km<sup>2</sup>, Colesdalen i nordvest, Reindalen i sørøst, og Semmeldalen som dekker området i mellom, som er markert i figur 1. Avstanden mellom dalene ligger på om lag 20 km, og de er omringet av flere mindre dalsøkk. Dalene har en utpreget U-form, og de høyeste toppene strekker seg opp til 1000 meter over havet. Longyearbyen er den nærmeste, men også den største bosettingen på Svalbard, og ligger omtrent 20-40 km nordøst for studieområdet.



Figur 1: Øygruppen Svalbard (venstre) og studieområdet (høyre, uthevet med svart linje) med Reindalen, Semmeldalen og Colesdalen i Nordenskiöld Land på Spitsbergen. Temperatur- og nedbørsdata ble målt ved metrologisk stasjon ved Svalbard lufthavn. Kartet er hentet fra <https://toposvalbard.npolar.no/> (Norsk Polarinstitutt).

Området har kun lavtvoksende plantevekster, grunnet geografisk plassering i en sone som er klassifisert som middel arktisk tundra (Elvebakk 2005). Dette resulterer i fravær av trær og større buskvekster (Loe et al. 2006). Vegetasjonen varierer, alt fra områder med polar ørken og lite planteproduksjon, til områder som domineres av ulike graminider, mosearter og urter (Van der Wal et al. 2000a). I dalene som studien omhandler, ligger den vegetative grensa på

rundt 100-150 meter over havet (Loe et al. 2006). Vegetasjonen blir mer flekkvis opp mot 250 høydemeter, hvor det deretter forekommer gradvis mindre plantevekster (Van Der Wal & Stien 2014). Vekstsesongen ligger på omtrent ni til ti uker, men varierer noe ut i fra ulike plantearter (Cooper et al. 2011). Dette relateres til snøsmelting og temperaturstigning, og de vaskulære plantene som vokser over bakken får en relativ liten biomasse med gjennomsnitt på 35 g/m<sup>2</sup> (Van Der Wal & Stien 2014).

Lystilgangen påvirker planteproduksjonen gjennom året. Geografisk plassering nær polområdet gjør Svalbard sterkt preget av både mørketid og midnattssol, med svært store lysvariasjoner i løpet av året. Mørketid med polarnetter starter i midten av november (11. november) og varer til slutten av januar (30. januar), mens midnattssol pågår fra midten av april (20. april) til midten av august (23. august) (Sysselmannen på Svalbard 2012). Lufttemperaturmålinger fra perioden 1981-2010 viser at vinterens kaldeste måned er februar, med en gjennomsnittstemperatur på -13 °C, mens juli er sommerens varmeste, med gjennomsnittstemperatur på 5,8 °C (Nordli et al. 2014). Nedbørsmengden ligger på mellom 119 mm og 440 mm i året (Nordli et al. 2014), som er et relativt lavt nivå. Bakken er snødekt fra oktober/november til midten av juni, vel og merke med årlige variasjoner (Hansen et al. 2014). De siste tiåra er det påvist en økt temperatur på Svalbard grunnet klimaendringer (Albon et al. 2017; Førland et al. 2011). Dette har resultert i tidligere snøsmelting og en høyere planteproduksjon sommerstid (Veiberg et al. 2017). Samtidig har et varmere klima ført til mildere vintre og en høyere ROS-indeks (Albon et al. 2017; Hansen et al. 2011; Hansen et al. 2014; Loe et al. 2016). Dette resulterer i krevende forhold for herbivorer med tanke på næringssøk (Hansen et al. 2014), da økning i islegging gjør vinterbeitene mindre tilgjengelig. Dette er et sentralt moment for svalbardreinen, og vanskeligere beiteforhold har vist seg å resultere i lavere fekunditet (Albon et al. 2017; Stien et al. 2012), overlevelse (Albon et al. 2017) og populasjonsvekt (Albon et al. 2017; Hansen et al. 2013).

## **2.2 STUDIEART**

Svalbardreinen er Svalbards eneste store herbivor, og en underart av rein (*Rangifer tarandus*) (Pedersen u.å.). De er lave med korte bein og har en kompakt kropp med tykk pels (Tyler 1987). Dette er tilpasninger til de arktiske miljøforholdene. Sommerstid lagrer svalbardreinen fett på kroppen for å øke overlevelsesraten vinterstid, samt sikre overskudd til reproduksjon (Parker et al. 2009). En gjennomsnittlig bukk veier om lag 65 kg om våren og 90 kg om

høsten, mens en simle veier om lag 53 kg om våren og 70 kg om høsten (Pedersen u.å). Det er en ikke-territoriell art, og sosiale barrierer preger dermed ikke vandringsmønsteret (Loe et al. 2016). Svalbardreinen lever i mindre grupper på noen få individ, og vandringene bestemmes på individnivå i motsetning til villreinen som lever i store flokker på fastlandet (Loe et al. 2006; Tyler 1987).

Svalbardrein er en polygon art. I brunstperioden som foregår i oktober samler bukkene et harem av simler (Pedersen u.å). Simlene går drektig i omtrent sju måneder (Albon et al. 2017; Pedersen u.å), og har en forholdsvis synkron kalvingssesong i første halvdel av juni (Tyler 1987). Kalvingstidspunktet blir bestemt ut i fra aktivitets- og bevegelsesmønster for arten (Danielsen 2016). Laktasjon starter i forbindelse med fødsel, og det kreves lagret energi i form av fettreserver til melkeproduksjon for å fostre opp en kalv (Taillon et al. 2013). Det viser at hunddyr som investerer i kalv har høyere energiforbruk enn individ som ikke gjør det (Pekins et al. 1998). Svalbardreinen er en iteropar art, og får normalt kalv fra de er to år gamle, med størst reproduksjonssuksess i fem til sju års alderen (Douhard et al. 2016). Sannsynligheten for å være drektig i april, overlevelse blant avkom og årlige rekruttering er forklart av morens vekt på sen vinteren, og det viser at lagret energi er hovedfaktoren for vellykket reproduksjon for svalbardrein (Veiberg et al. 2017).

Det finnes to andre store pattedyr på Svalbard, isbjørn (*Ursus maritimus*) og fjellrev (*Vulpes lagopus*). Ingen av disse er predatorer på svalbardrein, selv om tap til isbjørn har forekommet (Derocher et al. 2000). Svalbardrein har ingen konkurranse med andre herbivorer, og insektangrep er ikke utbredt på Svalbard som ellers i Norge (Loe et al. 2016). Mangelen på predatorer og konkurranse gjør næringstilgang til den mest begrensende faktoren for arten, noe som direkte påvirker vandringsmønster (Tyler 1987). Foringsinntak er sesongbasert, der det ikke er påvist variasjon i aktivitetsmønster i perioden med kontinuerlig lystilgang, som resulterer i høyt næringsinntak (Loe et al. 2007). Dietten varierer med kvalitet og tilgjengelighet av planter, med snøforhold som en betydelig påvirkningsfaktor vinterstid (Bjørkvoll et al. 2009). Reinen velger fortrinnsvis områder med tidlig snøsmelting og høy planteproduksjon (Van der Wal et al. 2000b). Næringsopptaket om vinteren består av plantearter som vokser på åpne og eksponerte områder, slik som siv, små buskvekster, helårsplanter, og ulike moser og lav (Bjørkvoll et al. 2009). Sommeren er preget av næringsrike plantevekster som gress, starr og urter (Bjørkvoll et al. 2009; Van der Wal et al. 2000a). Næringsopptak påvirker kroppsvekt, der gode beiteforhold gir styrket vekt (Parker et

al. 2009). Tilgang på næring er tetthetsavhengig og preget av værforhold (Douhard et al. 2014). Dette kan resultere i at svalbardreinen utfører midlertidig utvandring fra området den opprinnelig oppholder seg i under vanskelige vinterforhold (Loe et al. 2016; Stien et al. 2010). Likevel har klimaendringer med varmere temperatur ført til en høyere planteproduksjon (Vickers et al. 2016) og lengere vekst- og beitesesong for arten (Albon et al. 2017; Hansen et al. 2013). Reinsdyrbestanden i Nordenskiöld Land har økt de siste tiårene, der et varmere klima er antatt å være hovedgrunnen (Albon et al. 2017). De siste 20 årene har det vært et økende jaktuttak av svalbardrein (Loe et al. 2017). Det er et mål å holde bestanden innenfor et bærekraftig bestandsnivå, samtidig som arten skal kunne utvikle seg naturlig uten nevneverdig påvirkning fra mennesker (Loe et al. 2017).

## **2.3 DATAINNSAMLING**

### **2.3.1 Reinsdyrdata**

Dataene brukt i denne studien er hentet fra undersøkelser utført på simler fra Nordenskiöld Land på Svalbard fra perioden 2010-2017. I datasettet ble 18 simler fra innhenting i 2017 fjernet, da disse også ble benyttet i andre prosjekter. Sammenlignet med de resterende individene ble disse utsatt for flere menneskelige inngrep, både ved operasjon av hjerterateloggere og flere fangstepisoder. I prosjektet ble både kalver, åringer og voksne simler merket som et utvalg av bestanden. Individene ble fanget i april hvert år. Fangstmetoden gikk ut på å bruke et nett mellom to snøskutere for å fange individet, for så å måle beinlengde og veie kroppsvekt til nærmeste 0,5 kg (Omsjoe et al. 2009). Alle individ som ikke allerede var merket, ble merket med øremerker og plasthalsbånd for gjenkjenning. Merking gjorde at individene ved senere år hadde en kjent alder. I tillegg ble et utvalg voksne simler på minimum 2,5 år merket med GPS-halsbånd, med hovedformål for å kunne observere hvordan dyrene bruker landskapet. Aldersspennet varierte mellom 1-17 år, men i denne studien ble det kun fokusert på simler i reprodusertiv alder, der det også fantes god utvalgsstørrelse per aldersklasse. Utvalget ble et aldersspenn på 3-13 år (Tabell 1). Ved gjenfangst i april i årene etter merking, ble individene veid, målt og kontrollert for drektighet ved hjelp av blodplasma progesteron eller ultralydskanning (Ropstad et al. 1999). I tillegg ble GPS-data innhentet fra individ med GPS-halsbånd. Feltpersonell var også ute og observerte simlene i juli/august for å se om de gikk med kalv eller ikke. Alle individ hadde ikke

gjenfangst hvert år, noe som kunne resultere i mangelfulle data på kroppsvekt og GPS-data. I forhold til GPS-bruk kunne manglende data oppstå ved flate batterier.

Tabell 1: Antall simler i hver aldersklasse med og uten GPS fanget i Nordenskiöld Land på Svalbard i perioden 2010-2017.

<b>Alder</b>	<b>Med GPS</b>	<b>Uten GPS</b>
3	13	145
4	18	124
5	23	112
6	25	104
7	28	78
8	27	58
9	17	57
10	16	55
11	13	57
12	6	46
13	5	39

Ulike typer GPS (Vectronic Aerospace, Berlin, Germany) ble benyttet, der selve vekta av utstyret varierte, mest som en funksjon av antall batterier i halsbåndet (om det var to eller tre D-celler). Flertallet av GPSene veide 0,68 kg, men enkelte veide 0,85 kg, 0,88 kg eller 0,95 kg. Gjennomsnittsvekten lå på 0,73 kg. Vintervekten på svalbardreinsimle lå på rundt 50 kilo (Albon et al. 2017). Et halsbånd kunne dermed utgjøre opp mot 2 % av individets vekt. Videre var det variasjon i tidsperioden simlene var merket med GPS-halsbånd. Tidsspennet stod mellom 14 og 2566 dager. I gjennomsnitt gikk et individ med GPS i 912 dager.

### **2.3.2 Miljødata**

#### **Rain-On-Snow (ROS)**

Rain-On-Snow-begrepet benyttes om milde vintre der regn med påfølgende lave temperaturer fører til islegging av nedbøren (Albon et al. 2017; Hansen et al. 2013; Hansen et al. 2014). Temperatur- og nedbørsdata ble målt ved en metrologisk stasjon plassert ved flyplassen i utkanten av Longyearbyen (78°25'N, 15°46'E) ([www.eklima.no](http://www.eklima.no)), og effekten er skalert til gjennomsnitt 0 og SD = 1. Data fra stasjonen ble benyttet til å angi nedbørsmengden mellom

1. november og 30. april ved en temperatur over 1 °C, som videre ble brukt som et mål på ROS (Stien et al. 2012).

### **Snødata**

En årlig kumulativ snødybde ble benyttet i datasettet. Verdier for snø ble hentet for hvert GPS-punkt langs GPS-sporene til simlene, og samtlige punkter ble summert for hele vintersesongen opp mot fangsttidspunkt. Det ble brukt en romlig snøutviklingsmodell for å utvikle kart bestående av estimater for snødybde og tetthet av snø (Liston & Elder 2006). Modellen tok for seg værforhold, simuleringer av snødybde og vannforhold, endringer innen overflatespenning og fordelingen av snø ut i fra vindforhold (Liston & Elder 2006). Den tok utgangspunktet i et 100 x 100 meters rutenett hvor det ble estimert snødybde og snøtetthet. Data for årlig estimert snødybde ble brukt til å undersøke om det kunne ha en potensiell effekt på bruk av GPS-halsbånd.

## **2.4 STATISTISKE ANALYSER**

De statistiske analysene ble gjennomført ved bruk av R versjon 3.5.1 (R Core Team 2018) og RStudio versjon 1.1.456 for Mac (RStudio Team 2016). All data benyttet i analysene ble samlet via feltarbeid. For å analysere effekten av GPS-bruk på kroppsvekt og reproduksjon, ble det brukt logistiske og lineære Bayesianiske Lineære og Generaliserte Lineære "blanda-effekt" (Eng: Mixed-Effects) modeller, tilpasset med henholdsvis blmer og bglmer funksjonene i pakken lme4 i R (Bates et al. 2015).

Den første modellen testet om kroppsvekt blant individer i april ble påvirket av GPS-halsbånd, med kroppsvekt i kg som responsvariabel. Startmodellen skulle sammenligne simler med og uten GPS-halsbånd ut i fra ulike variabler. Den tok for seg følgende prediktorvariabler: alder (kategorisert ved 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 og 13 år), kroppsstørrelse i form av beinlengde (metatarsus; siden individene ikke ble fanget hvert år ble individuelt flerårs-gjennomsnitt benyttet), om individet hadde GPS eller ikke, kumulativ snødybde langs GPS-sporet, ROS-indeks for hvert år, og interaksjonene mellom GPS og størrelse, GPS og snødybde, samt GPS og ROS. År, fødselsår og individets id ble brukt som tilfeldige variabler i modellen, med årsak i at alle de tre variablene kan fange opp variasjoner som ellers ikke fanges opp av de resterende forklaringsvariablene. Modellen ble deretter

forenklet ved å bruke ”stepwise backward”-modellseleksjon i form av ”likelihood ratio”-test (LRT). Dette ved å starte med en full modell som inneholdt alle relevante variabler og interaksjoner, for så å forenkle modellen ved å fjerne interaksjoner og variabler. Det gikk ut på stegvis å fjerne de minst signifikante variablene helt til man stod igjen med en forenklet modell med kun signifikante effekter basert på LRT-testing (Tabell 2). Dette ble også gjort for responsvariablene drektighet i april (drektig =1, ikke drektig = 0) (Tabell 3) og sannsynlighet for kalv i august (kalv =1, ikke kalv = 0) (Tabell 4), med de samme prediktorvariablene som utgangspunkt.

De tre neste modellene tok kun utgangspunkt i simler med GPS-halsbånd. De testet også effekt på kroppsvekt i april, sannsynligheten for å være drektig i april og kalvestatus i august som responsvariabler. Prediktorvariablene som ble benyttet i startmodellene, var: alder (kategorisert ved 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 og 11 år), størrelse i form av beinlengde, totalt antall dager med GPS og vekt på GPS-halsbånd. I tillegg var år, fødselsår og id tilfeldige variabler. Den fulle modellen ble forenklet ved bruk av ”stepwise backward”-modellseleksjon og LRT-testing som tidligere beskrevet, helt til man sto igjen med den beste sluttmodellen (Tabell 5, 6 og 7).

## 3 RESULTAT

---

### 3.1 PÅVIRKNINGSVARIABLER I FORHOLD TIL REPRODUKSJON PÅ SIMLER MED OG UTEN GPS-HALSBÅND

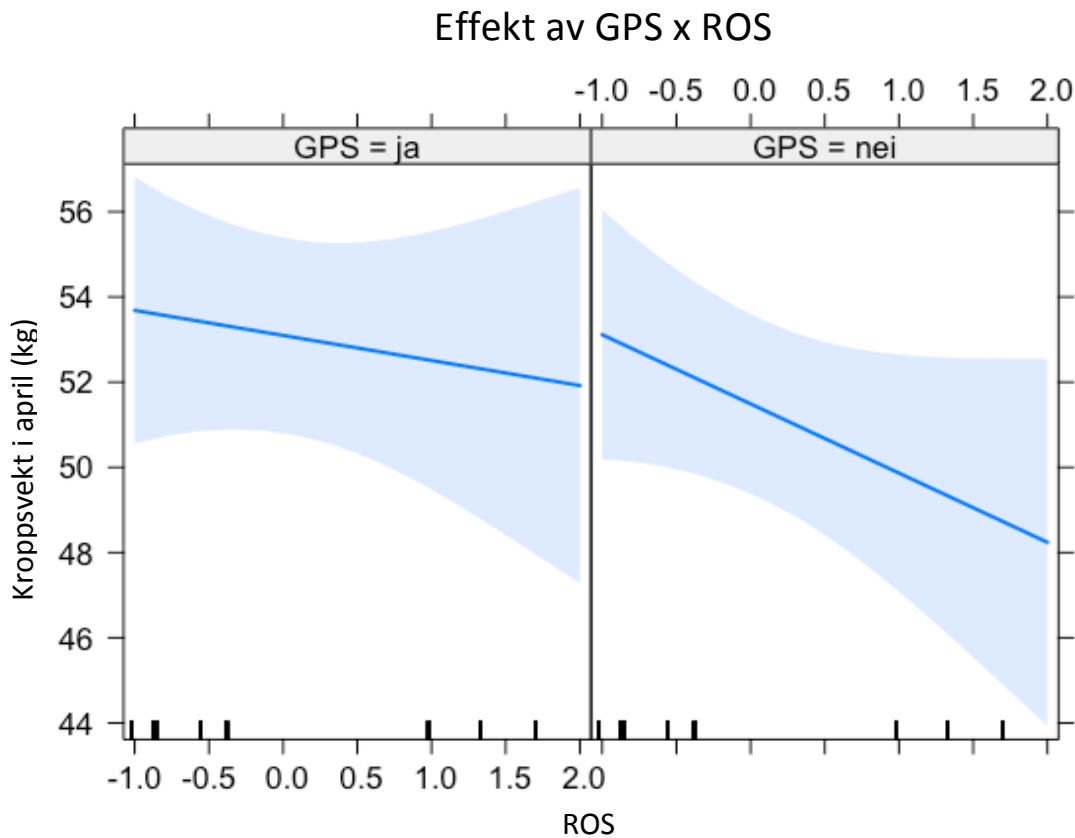
#### 3.1.1 Kroppsvekt i april

Kroppsvekt i april varierte mellom individer som en additiv funksjon av alder (høyest for åtteåringer), kroppsstørrelse (positiv effekt av beinlengde) og snødybde (negativ effekt). I tillegg viste resultatene en signifikant interaksjon mellom GPS-halsbånd og ROS (Tabell 2). Det var en sterk negativ effekt av ROS på simler uten GPS, mens den negative effekten av ROS på simler med GPS-halsbånd var lavere (Figur 2). Det var dermed mindre vektforskjell mellom høy og lav ROS hos simler med GPS (ca. 2 kg) enn de uten (ca. 5 kg). I snitt hadde simler med GPS en høyere vekt (ca. 52 kg) enn simler uten GPS (ca. 48 kg) ved høy ROS (Figur 2). Ved gjennomsnittlig ROS var det liten forskjell mellom vekt blant individene med og uten GPS-halsbånd (Figur 2), og i en modell uten GPS x ROS interaksjonen var effekten av GPS-halsbånd innenfor et 95 % konfidensintervall på 0,514-2,742, som viser en positiv signifikant effekt. Interaksjonseffekten mellom GPS og ROS var motsatt enn forventet ved at simler uten GPS-halsbånd ble mest påvirket av ROS. Interaksjoner mellom GPS-halsbånd og henholdsvis kroppsstørrelse og snødybde inngikk ikke i endelig modell. Dermed forkastes samtlige prediksjoner under **H1**.



Tabell 2: Modellseleksjon ved bruk av LRT for å finne den beste sluttmodellen for variabler som påvirker kroppsvekt på svalbardrein ut i fra GPS-bruk. Variablene som testes er representert i kronologisk rekkefølge for når de faller ut av modellen som ikke signifikante variabler, sammen med deres respektive avvik ( $X^2$ ), frihetsgrader (DF) og p-verdi. Det grå feltet representerer de signifikante variablene og sluttmodellen. Under vises sluttmodellen, og tilhørende regresjonskoeffisienter ( $\beta$ ) og konfidensintervall (95 %).

Variabler	$X^2$	DF	P-verdi
GPS x beinlengde	1,835	1	0,176
GPS x snødybde	0,963	1	0,327
GPS x ROS			
ROS			
Snødybde			
GPS			
Beinlengde			
age			
Variabler	$\beta$	2.5 %	97.5 %
Intercept	46,504	44,556	48,368
Alder (4 vs. 3 år)	3,831	2,325	5,456
Alder (5 vs. 3 år)	4,778	3,354	6,419
Alder (6 vs. 3 år)	6,502	5,049	8,131
Alder (7 vs. 3 år)	6,416	4,911	8,239
Alder (8 vs. 3 år)	6,892	5,305	8,646
Alder (9 vs. 3 år)	6,359	4,584	8,300
Alder (10 vs. 3 år)	6,103	4,315	8,127
Alder (11 vs. 3 år)	5,905	4,066	8,121
Alder (12 vs. 3 år)	4,663	2,531	7,178
Alder (13 vs. 3 år)	3,998	1,883	6,456
Beinlengde	1,727	1,237	2,302
GPS (ja vs. nei)	1,607	0,542	2,770
Snødybde	-1,996	-3,429	-0,558
ROS	-1,625	-3,060	-0,177
GPS x ROS	1,037	0,095	1,932



Figur 2: Kroppsvekt i kg som en funksjon av ROS hos simler av svalbardrein med (venstre) og uten (høyre) GPS-halsbånd. Effekt av ROS er skalert til gjennomsnitt 0 og SD = 1. Høyere ROS gir lavere vekt, men simler med GPS-halsbånd er tyngre enn de uten. I tillegg har de en mindre forskjell i vekt ved lav og høy ROS sammenlignet med simler uten GPS-halsbånd. Det blå feltet viser et konfidensintervall på 95 %.

### 3.1.2 Drektighet i april

Modellen som testet drektighet i april, fikk variablene alder og ROS i sluttmodellen. Det var kun fem og seksårige simler som hadde en signifikant høyere drektighet enn referanse kategorien, som var treåringer. Alle andre aldersklasser hadde konfidensintervall som overlappet null. Den negative effekten av ROS var i grenseland, siden konfidensintervallet så vidt overlappet null (Tabell 3). Effekten av GPS-halsbånd ble ikke med i endelig modell. Dermed forkastes **H2** med prediksjonene **H2a**, **H2b** og **H2c**.

Tabell 3: Responsvariabel er drektighet i april blant simler på Svalbard, og tabellen viser modellseleksjon ved LRT for når variablene faller ut av modellen og den tilhørende sluttmodellen. Variablene som testes er representert i kronologisk rekkefølge for når de faller ut av modellen som ikke signifikante variabler, sammen med deres respektive avvik ( $X^2$ ), frihetsgrader (DF) og p-verdi. Det grå feltet representerer sluttmodellen, som også vises under med regresjonskoeffisienter ( $\beta$ ) og konfidensintervall (95 %).

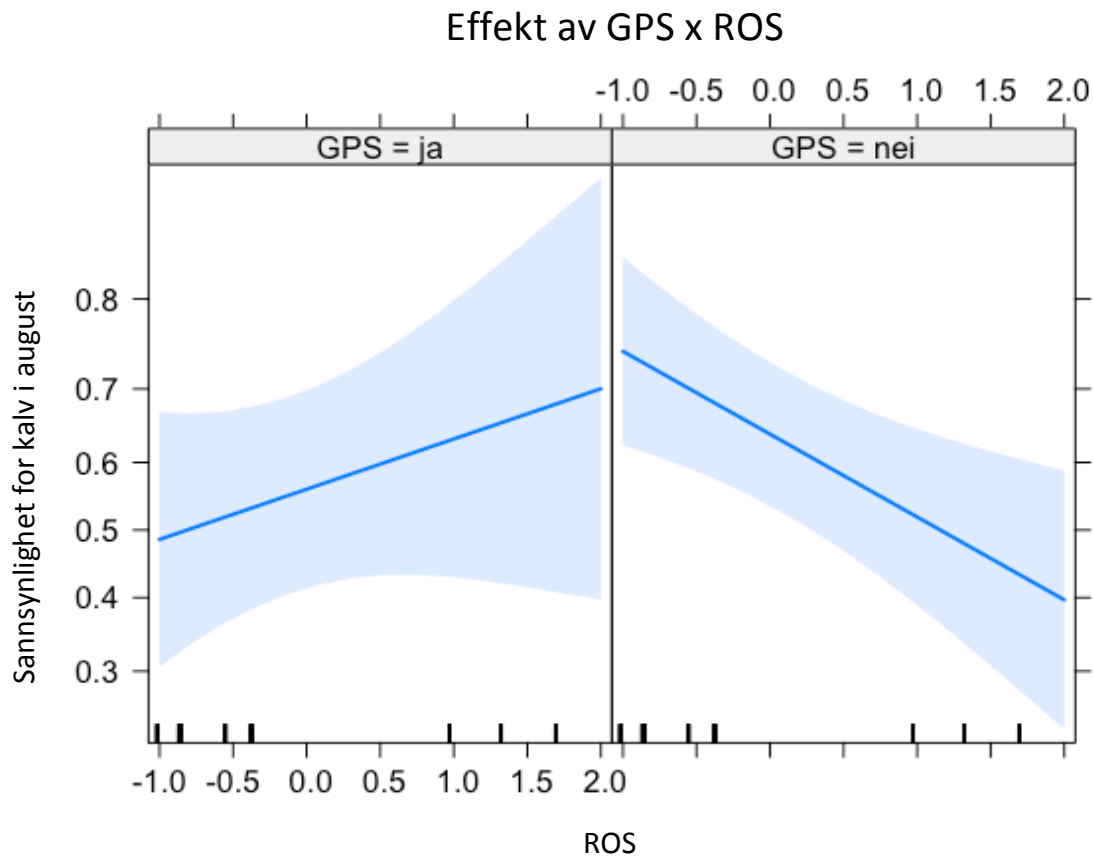
Variabler	$X^2$	DF	P-verdi
GPS x ROS	0,180	1	0,671
GPS x beinlengde	0,529	1	0,467
Beinlengde	0,030	1	0,863
GPS x snødybde	1,172	1	0,279
Snødybde	0,104	1	0,747
GPS	0,478	1	0,489
Alder			
ROS			
Variabler	$\beta$	2.5 %	97.5 %
Intercept	1,229	0,261	2,196
Alder (4 vs. 3 år)	0,749	-0,366	1,865
Alder (5 vs. 3 år)	1,507	0,283	2,731
Alder (6 vs. 3 år)	2,282	0,945	3,618
Alder (7 vs. 3 år)	0,623	-0,402	1,648
Alder (8 vs. 3 år)	0,753	-0,344	1,850
Alder (9 vs. 3 år)	0,535	-0,648	1,718
Alder (10 vs. 3 år)	0,618	-0,582	1,819
Alder (11 vs. 3 år)	0,489	-0,752	1,729
Alder (12 vs. 3 år)	0,738	-0,742	2,218
Alder (13 vs. 3 år)	-0,038	-1,320	1,245
ROS	-0,422	-1,018	0,173

### 3.1.3 Kalvestatus i august

Sluttmodellen for kalvestatus i august inneholdt en additiv funksjon av alder, selv om ingen aldersklasse i seg selv reproduerte signifikant forskjellig fra referanseklassen treåringer, samt en negativ effekt av snødybde. Som i vektanalysen var det også en interaksjonseffekt mellom GPS og ROS (Tabell 4). Det var ingen signifikant effekt av GPS ved høy ROS, men effekten økte ved bedre miljøforhold med lavere ROS (Figur 3). Effekten av GPS var signifikant ved lav ROS (omtrent 75 % sannsynlighet for å ha kalv hos kontrolldyr mot omtrent 50 %;  $p=0,003$ ) mens forskjellen mellom gruppene var redusert til omtrent 10 % ved gjennomsnittlig ROS, en forskjell som ikke var statistisk signifikant ( $p=0,226$ ). Det var ingen signifikant effekt av GPS i en modell uten interaksjonen mellom GPS og ROS på kalvestatus i august ( $p=0,175$ ). Siden interaksjonseffekten var motsatt enn forventet, ble **H3c** forkastet. På grunn av manglende interaksjonseffekt mellom GPS og henholdsvis kroppsstørrelse og snødybde, ble også **H3a** og **H3b** forkastet.

Tabell 4: Modellseleksjon ved bruk av LRT-testing for å finne den beste modellen til å se hvilke variabler som påvirker sannsynligheten for kalv i august for svalbardsimler ved bruk av GPS-halsbånd eller ikke. Variablene som testes er representert i kronologisk rekkefølge for når de faller ut av modellen som ikke signifikante variabler, sammen med deres respektive avvik ( $X^2$ ), frihetsgrader (DF) og p-verdi. Det grå feltet representerer den endelige modellen, som også vises under med regresjonskoeffisienter ( $\beta$ ) og konfidensintervall (95 %).

Variabler	$X^2$	DF	P-verdi
GPS x beinlengde	0,299	1	0,584
Beinlengde	0,600	1	0,439
GPS x snødybde	0,011	1	0,917
GPS x ROS			
ROS			
Snødybde			
GPS			
Alder			
Variabler	$\beta$	2.5 %	97.5 %
Intercept	0,445	-0,402	1,297
Alder (4 vs. 3 år)	-0,281	-1,191	0,629
Alder (5 vs. 3 år)	0,531	-0,425	1,486
Alder (6 vs. 3 år)	0,486	-0,488	1,460
Alder (7 vs. 3 år)	0,674	-0,392	1,740
Alder (8 vs. 3 år)	0,268	-0,780	1,316
Alder (9 vs. 3 år)	0,201	-0,964	1,366
Alder (10 vs. 3 år)	-0,427	-1,649	0,795
Alder (11 vs. 3 år)	0,178	-0,999	1,355
Alder (12 vs. 3 år)	-0,203	-1,453	1,046
Alder (13 vs. 3 år)	-0,649	-1,996	0,698
GPS (ja vs. nei)	-0,330	-0,865	0,205
ROS	-0,497	-0,835	-0,159
Snødybde	-0,410	-0,728	-0,092
GPS x ROS	0,799	0,255	1,342



Figur 3: Sannsynlighet for å gå med kalv i august som en funksjon av ROS hos svalbardsimlener med (venstre) og uten (høyre) GPS-halsbånd. Effekt av ROS er skalert til gjennomsnitt 0 og SD = 1. Kun signifikant effekt ved lav ROS, der simlener med GPS-halsbånd har lavest kalvestatus i august. Simlener uten GPS har en lavere sannsynlighet for kalv ved høy ROS, mens simlener med GPS har stigning i sannsynlighet for kalv ved dårligere ROS-forhold. Det blå feltet er et konfidensintervall på 95 %.

## 3.2 EFFEKTER AV HALSBÅNDVEKT OG VARIGHET

### 3.2.1 Kroppsvekt i april

I analysen for kroppsvekt på simlene som bar GPS-halsbånd, inneholdt den endelige modellen kun positive effekt av kroppsstørrelse (målt som beinlengde) (Tabell 5). Antall dager med GPS-halsbånd og vekt på disse hadde ingen effekt på kroppsvekten til simlene (Tabell 5). **H4** med prediksjonene **H4a** og **H4b** forkastes.

Tabell 5: Modellseleksjon ved LRT-testing for å finne sluttmodellen for kroppsvekt blant GPS-merkede svalbardsimler. Variablene som testes er representert i kronologisk rekkefølge for når de faller ut av modellen som ikke signifikante variabler, sammen med deres respektive avvik ( $X^2$ ), frihetsgrader (DF) og p-verdi. Størrelse i form av beinlengde er variabelen som signifikant påvirker vekt, vist med regresjonskoeffisient ( $\beta$ ) og konfidensintervall (95 %).

Variabler	$X^2$	DF	P-verdi
Dager med GPS	0,332	1	0,564
GPS-vekt	0,490	1	0,484
Alder	8,003	7	0,332
Beinlengde			
Variabler	$\beta$	2.5 %	97.5 %
Intercept	54,328	51,162	57,272
Beinlengde	1,139	0,143	2,188

### 3.2.2 Drektighet i april

Vekt på GPS-halsbånd, størrelse, antall dager med GPS-halsbånd og alder falt ut av modellen som skulle teste effekt av disse variablene på sannsynlighet for å bli drektig i april (Tabell 6). Modellen er basert på 109 individer. Dermed forkastes **H5** med prediksjonene **H5a** og **H5b**.

Tabell 6: Drektighet i april blant svalbardsimler er responsvariabel, og det er modellseleksjon ved LRT for å finne den beste sluttmodellen med variabler som påvirker GPS-bruk. Variablene er representert i rekkefølgen for når de faller ut av modellen som ikke signifikante variabler, med deres respektive avvik ( $X^2$ ), frihetsgrader (DF) og p-verdi.

Variabler	$X^2$	DF	P-verdi
GPS-vekt	0,006	1	0,940
Beinlengde	0,187	1	0,666
Dager med GPS	0,000	1	1,000
Alder	11,830	7	0,106

### 3.2.3 Kalvestatus i august

Som for drektighetsmodellen, påvirket ingen av kandidatvariablene sannsynligheten for å ha kalv i august (Tabell 7). Kalvestatus i august var bare kjent for 61 individ. Siden hverken vekt på GPS-halsbånd eller antall dager simlene bar GPS samlet i løpet av forskningsperioden hadde signifikant effekt, forkastes **H6** med de tilhørende prediksjonene **H6a** og **H6b**.

Tabell 7: Modellseleksjon ved LRT for å finne den beste modellen som tester variabler som påvirker kalvestatus i august hos GPS-merka simler på Svalbard. Variablene som testes er representert i kronologisk rekkefølge for når de faller ut av modellen som ikke signifikante variabler, sammen med deres respektive avvik ( $X^2$ ), frihetsgrader (DF) og p-verdi.

Variabler	$X^2$	DF	P-verdi
Dager med GPS	0,212	1	0,646
GPS-vekt	0,044	1	0,834
Alder	5,200	7	0,636
Beinlengde	1,001	1	0,316



## 4 DISKUSJON

---

I denne studien er det undersøkt om GPS-halsbånd kan ha negativ effekt på kroppsvekt og reproduksjon hos svalbardsimler. Under gjennomsnittlige miljøforhold var det ingen signifikant negativ effekt av å bære GPS-halsbånd på hverken kroppsvekt, drektighet i april eller kalvestatus i august. Det ble funnet noen overraskende interaksjonseffekter. Vekt var mindre påvirket av ROS hos GPS-simler enn simler med lette plasthalsbånd. Videre hadde simler med GPS-halsbånd lavere sannsynlighet for å ha kalv enn kontrollsimlene etter gode vintre uten ising, mens det ikke var noen forskjell etter isingsvintre. Fra tidligere studier av svalbardrein er det påvist at vintervekta er helt avgjørende for både drektighet i april, tap av kalv mellom april og august, og kalverate i august (Veiberg et al. 2017). Funnene i denne studien strider mot det som er kjent for svalbardreinens reproduksjon. Dette fordi det ikke ble påvist negativ effekt av GPS på kroppsvekt eller drektighet i april, men først på kalvestatus i august. Studien konkluderer med at det kan være en liten negativ effekt av GPS-halsbånd på reproduksjon hos svalbardrein. Dette er under andre miljøforhold enn forventet og gjennom andre mekanismer enn en gradvis tapping av energireserver gjennom vinteren.

### 4.1 LITEN EFFEKT AV Å BÆRE GPS-HALSBÅND OG INGEN EFFEKTER AV ULIK VEKT ELLER VARIGHET

Ved gjennomsnittlige miljøforhold var det ingen signifikant forskjell i kroppsvekt, drektighet eller kalvesuksess på simler med GPS-halsbånd og plasthalsbånd. Det var heller ingen signifikant effekt av størrelse på simler ut i fra GPS-merking. Tidligere studier viser økt energibruk og en lavere reproduksjonsrate på grunnlag av sendere (Barron et al. 2010; Millspaugh & Marzluff 2001), der et forhøyet energiforbruk resulterte i en lavere overlevelse (Godfrey et al. 2003) og hekkerate blant GPS-merkede fugler (Barron et al. 2010). Jeg fant ikke tilsvarende resultat hos svalbardsimler. Vekten på GPS-halsbåndene utgjorde kun 2 % av individenes kroppsvekt, og var innenfor 5 %-regelen for kroppsvekt. Det antas at tyngden på senderne derfor ikke har påført simlene en høyere energibelastning. Côté et al. (1998) fant det samme i sin studie, der senderens lave vekt (<1 % av kroppsvekten) utgjorde liten belastning og ikke hadde negativ effekt på individer.

Som en av få pattedyrstudier var jeg i stand til å undersøke effekt av variabelen vekt på halsbånd. De få studiene som har funnet konsekvenser av tyngden på sendere, har vist at

tyngre GPS-halsbånd reduserer vandringsavstand og påvirker vandringsmønster mer enn GPS-halsbånd av lavere vekt (Brooks et al. 2008; Coughlin & van Heezik 2015). Disse studiene hadde ikke data til å se på innvirkninger blant kroppsvekt eller reproduksjon. Barron et al. (2010) fant som nevnt negativ effekt av GPS-merking på energiforbruk og hekking blant fugler, men det var ikke dokumentert økende effekt ved bruk av tyngre sendere. For simlene i denne studien, var vektforskjellen mellom de letteste og tyngste GPS-halsbåndene 0,3 kg. Vekt av GPS-halsbånd hadde dermed ingen stor effekt på kroppsvekt og drektighet blant individene, så fremt det ble holdt innen en viss grense av kroppsvekten. Brooks et al. (2008) viser at tyngden av et halsbånd kan ha innvirkning i forhold til høyere energibruk for beiting. Han forklarer effekten ved at den økte vekten rundt nakken medfører styrket beiting på planter i nærliggende radius kontra å løfte hodet for søk etter næring av mer optimal kvalitet (Brooks et al. 2008). Jeg fant ingen forskjell mellom lette (ca. 0,6 kg) og tunge (ca. 0,9 kg) GPS-halsbånd, men vekt differansen i min studie var mindre enn i studien til Brooks et al. (2008), der forskjellen var 0,6 kg. Et relativt lite datagrunnlag med få individer kan medføre vanskeligheter for å oppdage effekt av variablene (Murray & Fuller 2000), noe som også var relevant i flere av mine undersøkelser. Mine funn er i tråd med andre studier, hvor det ikke ble funnet høyere energibruk eller lavere kroppsvekt som følge av vekt på GPS-halsbånd (Berteaux et al. 1996; Gursky 1998).

Jeg fant heller ingen effekt av varighet av GPS-halsbånd på noen av livshistorietrekkene. Det er liten carry-over effekt mellom sesonger hos svalbardrein. Konsekvensene av en dårlig vinter viskes ut av gode beiteforhold neste sommer (Albon et al. 2017). Svalbardreinen er derfor en art der man forventer å finne lite kumulative effekter over år. Påvirkning av både GPS-vekt og varighet kan også forventes å virke gjennom en gradvis energitapping. Dette gjør at litteraturen som ikke finner noe effekt av vekt på sendere, indirekte støtter forventningen om å ikke finne effekt av varighet. Det finnes, etter det jeg kjenner til, ingen studier som direkte har testet effekt av varighet av å gå med GPS-halsbånd. Videre studier er dermed viktig for å kunne dokumentere eventuelle konsekvenser av å gå med GPS-halsbånd over lengre tid.

## **4.2 OVERRASKENDE KOMBINASJONSEFFEKTER AV ROS OG GPS-HALSBJÅND**

Høy ROS ga lavere kroppsvekt blant simler i april, noe som også ble påvist i Albon et al. (2017). Det kommer av en redusert næringstilgang når bakkeising dekker plantene som reinen

spiser om vinteren (Albon et al. 2017; Hansen et al. 2013). Det er godt kjent at kondisjon hos store beitedyr blir bestemt av næringstilgang, der gode beiteforhold gir høyere kroppsvekt enn ved lite tilgang på fôr (Parker et al. 2009). Et overraskende resultat var at individ uten GPS-halsbånd hadde større negativ effekt av ROS enn simler med GPS-halsbånd, som også hadde en gjennomgående tyngre kroppsvekt under alle miljøforhold. Dette kan forklares ved et skjevt utvalg av individer ved merking de første årene av forskningen. Individer som var i så dårlig forfatning at det var stor risiko for at de ikke ville overleve inneværende vinter, ble ikke merket. Det ble gjort for å redusere sannsynligheten for å miste de verdifulle GPS-halsbåndene med data lagret om bord tidlig i forskningen. Som et resultat ble ikke de aller letteste individene merket med GPS, mens alle individ uansett kroppsvekt fikk plasthalsbånd (L. E. Loe pers med). En slik utvelgelse kan ha ført til et mindre representativt utvalg av bestanden som bærer av GPS. Man sitter igjen med individer som takler høye ROS-forhold bedre, selv om de bærer halsbånd som veier mellom 0,6-0,9 kg rundt halsen.

For simler uten GPS-halsbånd var det som forventet en negativ effekt av ROS på sannsynlighet for å gå med kalv i august (Albon et al. 2017; Stien et al. 2012). Dette er igjen i tråd med internasjonale studier som viser at dårlige miljøforhold gir lav kalvesuksess (Parker et al. 2009). Individer med GPS reproduserte overraskende bra med en reproduksjonsrate på 0,5-0,7 under dårlige miljøforhold. Dette er høyt om man sammenligner med funn i Albon et al. (2017), der den gjennomsnittlige reproduksjonsraten var betydelig lavere ved høy ROS. Overraskende viste GPS-simlene tendens til økt sannsynlighet for kalv etter vintre med dårligere ROS-forhold (Figur 3). Denne positive sammenhengen er beheftet med stor usikkerhet, vist gjennom et stort konfidensintervall i figur 3. Usikkerheten skyldes først og fremst et færre antall individer med GPS-halsbånd. Ulikheten kan også reelt sett komme av en stor variasjon mellom simlene, der noen GPS-merkede individ fikk konsekvenser av å bære GPS-halsbånd, mens andre ikke ble påvirket i nevneverdig grad.

Ut fra tidligere studier skulle man forvente at effekten på reproduksjon virket gjennom kroppsvekt og drektighet, og ikke kun direkte på tap av kalv mellom april og august. Bæring av GPS-halsbånd kan forhindre effektiv beiting i perioder av året som krever særlig høyt energibehov. En antagelse er at et løst halsbånd hindrer effektiv beiting ved å slå mot underkjeven, som også vurderes som grunn til redusert beiting og næringsøk hos sebraer (Brooks et al. 2008). For simler kan redusert næringsgrunnlag påføre dårligere melkeproduksjon og kalvedød kort tid etter fødsel. Siden tapet av kalv oppstår i perioden med

laktasjon mellom april og august, og ikke under drektighetsperioden frem til april, kan dette bidra til å forklare hvorfor reproduksjon til GPS-merkede simler ikke så ut til å bli påvirket av ROS i noe stor grad. Et argument som går mot denne tolkningen, er at det meste av melken hos reinsdyr produseres på fettreserver fra høsten før (Taillon et al. 2013), siden simlene kalver før plantenes vekstsesong har kommet ordentlig i gang. Likeledes vises det til at kalveproduksjon og overlevelse blant avkom blir bestemt ut i fra vintervekta og lagrede fettreserver på simla (Veiberg et al. 2017). Dette tyder på at effekten på kalvetap ikke går gjennom en gradvis energitapping som konsekvens av vektbelastning.

### **4.3 KONTROLLGRUPPEN – HVILKE EFFEKTER TESTER MAN?**

Kontrollgruppen som er benyttet, kan brukes til å teste effekten av å bære et GPS-halsbånd. Det tas utgangspunkt i at plasthalsbåndet ikke har negativt utslag på simlenes kroppsvekt og reproduksjon, da disse halsbåndene så å si er vektløse. Det er ingen grunn til å tro at denne metoden ikke fungerer, siden simlene som er GPS-merket og kontrollgruppen utsettes for det samme innen fangst, håndtering og merking.

Det som ikke er testet, er effekter av håndtering av dyrene. Om alle individene har blitt mer sky som følge av håndtering, at de unngår snøskuter i større grad siden de brukes til fangst, eller om det har konsekvenser for livshistorien, kan ikke testes. Dette krever kontrolldyr som vi kun får gjennom fangst. Det finnes studier som viser effekt av håndtering og fangst, men de har fokus på responser av merkede individ ved observasjon av aktivitetsmønster rett etter håndtering sammenlignet med perioden i etterkant (Becciolini et al. 2019; Cattet et al. 2008). De har dermed andre grunnlag enn det som hadde vært aktuelt i denne studien, hvor det ville vært sentralt å teste individ som har vært gjennom fangst mot ikke-håndterte individ.

## 5 KONKLUSJON

---

GPS-halsbånd gir viktig kunnskap om arters økologi. For svalbardrein har bruk av GPS-halsbånd bidratt med viktig tilskudd til grunnforskning, som å vise at dyra bruker midlertidig utvandring for å unnsnippe nedisete områder (Loe et al. 2016; Stien et al. 2010), at arten mangler døgnrytme i perioder med kontinuerlig lys og mørke (Loe et al. 2007), og at mønstre i aktivitet og bevegelse kan brukes for å finne kalvingstidspunkt (Danielsen 2016). GPS-data har også bidratt til forvaltningskunnskap som å vurdere om avgrensning av reinens områdebruk sammenfaller med jaktområdene, informasjon som trengs for å vite om man jakter på bestands- eller delbestandsnivå (Loe et al. 2017). Det er disse fordelene ved omfattende merking man må vurdere opp mot ulempene. I denne studien fant jeg en liten effekt av å bære GPS-halsbånd under enkelte miljøforhold. Overraskende var det under de beste miljøforholdene, der effekten viste seg å være størst. Det vil uansett alltid være en veldig liten del av bestanden som bærer halsbånd. I mitt tilfellet reproduserte GPS-merkede simler omtrent 25 % dårligere i år da den generelle reproduksjonssuksessen var høy, noe som reduserer bestandseffekten. Allikevel må dyrevelferdsaspektet vurderes. Det faktum at det ble dokumenterte en forskjell i reproduksjon mellom gruppene under enkelte forhold, kan bety et betydelig ubehag og en større belastning for enkeltindivider. Det fremhever også at forskerne må være klar over at belastningen av halsbånd kan påvirke reproduksjon, noe som må tas høyde for i fremtidige vitenskapelige studier. Siden bruk av GPS-merking er lite studert ut i fra et dyrevelferdsaspekt, er det viktig med videre forskning for å finne eventuelle konsekvenser på levemåten til både svalbardrein, men også andre dyrearter som merkes.

## 6 REFERANSER

---

- Albon, S. D., Irvine, R. J., Halvorsen, O., Langvatn, R., Loe, L. E., Ropstad, E., Veiberg, V., Van Der Wal, R., Bjørkvoll, E. M., Duff, E. I., et al. (2017). Contrasting effects of summer and winter warming on body mass explain population dynamics in a food-limited Arctic herbivore. *Global change biology*, 23 (4): 1374-1389.
- Aldridge, H. & Brigham, R. (1988). Load carrying and maneuverability in an insectivorous bat: a test of the 5%“rule” of radio-telemetry. *Journal of Mammalogy*, 69 (2): 379-382.
- Arnemo, J. M., Ahlqvist, P., Andersen, R., Berntsen, F., Ericsson, G., Odden, J., Brunberg, S., Segerström, P. & Swenson, J. E. (2006). Risk of capture-related mortality in large free-ranging mammals: experiences from Scandinavia. *Wildlife Biology*, 12 (1): 109-114.
- Barron, D. G., Brawn, J. D. & Weatherhead, P. J. (2010). Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 1 (2): 180-187.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67 (1): 1-48.
- Becciolini, V., Lanini, F. & Ponzetta, M. P. (2019). Impact of capture and chemical immobilization on the spatial behaviour of red deer *Cervus elaphus* hinds. *Wildlife Biology*, 2019 (1).
- Berteaux, D., Masseboeuf, F., Bonzom, J.-M., Bergeron, J.-M., Thomas, D. W. & Lapierre, H. (1996). Effect of carrying a radiocollar on expenditure of energy by meadow voles. *Journal of Mammalogy*, 77 (2): 359-363.
- Bitustøyl, K. & Mossing, A. (2018). *Ising på GPS-sendarar har fått konsekvensar*. Tilgjengelig fra: <http://www.villrein.no/aktuelt/ising-p-gps-sendarar-har-ftt-konsekvensar> (lest 04.04.2019).
- Bjørkvoll, E., Pedersen, B., Hytteborn, H., Jónsdóttir, I. S. & Langvatn, R. (2009). Seasonal and interannual dietary variation during winter in female Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*). *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 41 (1): 88-96.
- Brooks, C., Bonyongo, C. & Harris, S. (2008). Effects of global positioning system collar weight on zebra behavior and location error. *The Journal of Wildlife Management*, 72 (2): 527-534.
- Cagnacci, F., Boitani, L., Powell, R. A. & Boyce, M. S. (2010). Animal ecology meets GPS-based radiotelemetry: a perfect storm of opportunities and challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1550): 2157-2162.
- Cattet, M., Boulanger, J., Stenhouse, G., Powell, R. A. & Reynolds-Hogland, M. J. (2008). An evaluation of long-term capture effects in ursids: implications for wildlife welfare and research. *Journal of Mammalogy*, 89 (4): 973-990.

- Cooper, E. J., Dullinger, S. & Semenchuk, P. (2011). Late snowmelt delays plant development and results in lower reproductive success in the High Arctic. *Plant science*, 180 (1): 157-167.
- Côté, S. D., Festa-Bianchet, M. & Fournier, F. (1998). Life-history effects of chemical immobilization and radiocollars on mountain goats. *The Journal of Wildlife Management*: 745-752.
- Coughlin, C. E. & van Heezik, Y. (2015). Weighed down by science: do collar-mounted devices affect domestic cat behaviour and movement? *Wildlife Research*, 41 (7): 606-614.
- Danielsen, P. (2016). *Climate trends, weather fluctuations and calving phenology in Svalbard reindeer (Rangifer tarandus platyrhynchus)* [Master Thesis]. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology. Tilgjengelig fra: <http://hdl.handle.net/11250/2398887> (lest 27.04.2019).
- Derocher, A. E., Wiig, Ø. & Bangjord, G. (2000). Predation of Svalbard reindeer by polar bears. *Polar Biology*, 23 (10): 675-678.
- Douhard, M., Plard, F., Gaillard, J.-M., Capron, G., Delorme, D., Klein, F., Duncan, P., Loe, L. E. & Bonenfant, C. (2014). Fitness consequences of environmental conditions at different life stages in a long-lived vertebrate. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281 (1785): 20140276.
- Douhard, M., Loe, L. E., Stien, A., Bonenfant, C., Irvine, R. J., Veiberg, V., Ropstad, E. & Albon, S. (2016). The influence of weather conditions during gestation on life histories in a wild Arctic ungulate. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283 (1841): 20161760.
- Dyrevelferdsloven. (2018). *Lov om dyrevelferd av 15. juni 2019 nr. 38*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-97> (lest 07.04.2019).
- Elvebakk, A. (2005). A vegetation map of Svalbard on the scale 1: 3.5 mill. *Phytocoenologia*, 35 (4): 951-967.
- Ensing, E. P., Ciuti, S., de Wijs, F. A., Lentferink, D. H., ten Hoedt, A., Boyce, M. S. & Hut, R. A. (2014). GPS based daily activity patterns in European red deer and North American elk (*Cervus elaphus*): indication for a weak circadian clock in ungulates. *PLoS One*, 9 (9): e106997.
- Førland, E. J., Benestad, R., Hanssen-Bauer, I., Haugen, J. E. & Skaugen, T. E. (2011). Temperature and precipitation development at Svalbard 1900–2100. *Advances in Meteorology*, 2011.
- Godfrey, J. D., Bryant, D. M. & Williams, M. J. (2003). Radio-telemetry increases free-living energy costs in the endangered Takahe *Porphyrio mantelli*. *Biological Conservation*, 114 (1): 35-38.
- Gursky, S. (1998). Effects of radio transmitter weight on a small nocturnal primate. *American Journal of Primatology*, 46 (2): 145-155.

- Hansen, B. B., Aanes, R., Herfindal, I., Kohler, J. & Sæther, B.-E. (2011). Climate, icing, and wild arctic reindeer: past relationships and future prospects. *Ecology*, 92 (10): 1917-1923.
- Hansen, B. B., Grøtan, V., Aanes, R., Sæther, B.-E., Stien, A., Fuglei, E., Ims, R. A., Yoccoz, N. G. & Pedersen, Å. Ø. (2013). Climate events synchronize the dynamics of a resident vertebrate community in the high Arctic. *Science*, 339 (6117): 313-315.
- Hansen, B. B., Isaksen, K., Benestad, R. E., Kohler, J., Pedersen, Å. Ø., Loe, L. E., Coulson, S. J., Larsen, J. O. & Varpe, Ø. (2014). Warmer and wetter winters: characteristics and implications of an extreme weather event in the High Arctic. *Environmental Research Letters*, 9 (11): 114021.
- Hebblewhite, M. & Haydon, D. T. (2010). Distinguishing technology from biology: a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1550): 2303-2312.
- Irvine, R. J., Leckie, F. & Redpath, S. M. (2007). Cost of carrying radio transmitters: a test with racing pigeons *Columba livia*. *Wildlife Biology*, 13 (3): 238-244.
- Liston, G. E. & Elder, K. (2006). A distributed snow-evolution modeling system (SnowModel). *Journal of Hydrometeorology*, 7 (6): 1259-1276.
- Loe, L. E., Irvine, R. J., Bonenfant, C., Stien, A., Langvatn, R., Albon, S. D., Mysterud, A. & Stenseth, N. C. (2006). Testing five hypotheses of sexual segregation in an arctic ungulate. *Journal of Animal Ecology*, 75 (2): 485-496.
- Loe, L. E., Bonenfant, C., Mysterud, A., Severinsen, T., Øritsland, N. A., Langvatn, R., Stien, A., Irvine, R. J. & Stenseth, N. C. (2007). Activity pattern of arctic reindeer in a predator-free environment: no need to keep a daily rhythm. *Oecologia*, 152 (4): 617-624.
- Loe, L. E., Hansen, B. B., Stien, A., D Albon, S., Bischof, R., Carlsson, A., Irvine, R. J., Meland, M., Rivrud, I. M. & Ropstad, E. (2016). Behavioral buffering of extreme weather events in a high-Arctic herbivore. *Ecosphere*, 7 (6).
- Loe, L. E., Øyjordet, I., Veiberg, V., Pedersen, Å. Ø., Hansen, B. B. & Stien, A. (2017). Jakt på svalbardrein - hva er naturlige grenser for fellingsområdene? *Sluttrapport til Svalbards miljøvernfond*. 27 s.
- Mattilsynet. (2015). *Ville dyr*. Tilgjengelig fra: [https://www.mattilsynet.no/dyr\\_og\\_dyrehold/dyrevelferd/ville\\_dyr/](https://www.mattilsynet.no/dyr_og_dyrehold/dyrevelferd/ville_dyr/) (lest 07.04.2019).
- Mattilsynet. (2019). *Forsøksdyr*. Tilgjengelig fra: [https://www.mattilsynet.no/dyr\\_og\\_dyrehold/dyrevelferd/forsoksdyr/](https://www.mattilsynet.no/dyr_og_dyrehold/dyrevelferd/forsoksdyr/) (lest 07.04.2019).
- Millsbaugh, J. & Marzluff, J. M. (2001). *Radio tracking and animal populations*. San Diego: Academic Press.



- Movik, L. K. (2018). *Effects of spatio-temporal weather conditions in autumn and winter on body mass and behaviour of the high Arctic Svalbard reindeer (Rangifer tarandus platyrhynchus)* [Master Thesis]. Ås: Norwegian University of Life Sciences. Tilgjengelig fra: <https://static02.nmbu.no/mina/studier/moppgaver/2018-Movik.pdf> (lest 12.03.2019).
- Murray, D. L. & Fuller, M. R. (2000). A critical review of the effects of marking on the biology of vertebrates. I: Boitani, L. & Fuller, T. K. (red.) *Research techniques in animal ecology: controversies and consequences*, s. 15-64. New York: Columbia University Press.
- Nordli, Ø., Przybylak, R., Ogilvie, A. E. & Isaksen, K. (2014). Long-term temperature trends and variability on Spitsbergen: the extended Svalbard Airport temperature series, 1898–2012. *Polar Research*, 33 (1): 213-49.
- Omsjoe, E., Stien, A., Irvine, J., Albon, S., Dahl, E., Thoresen, S., Rustad, E. & Ropstad, E. (2009). Evaluating capture stress and its effects on reproductive success in Svalbard reindeer. *Canadian Journal of Zoology*, 87 (1): 73-85.
- Ordiz, A., Støen, O. G., Sæbø, S., Sahlén, V., Pedersen, B. E., Kindberg, J. & Swenson, J. E. (2013). Lasting behavioural responses of brown bears to experimental encounters with humans. *Journal of Applied Ecology*, 50 (2): 306-314.
- Panzacchi, M., Van Moorter, B., Jordhøy, P. & Strand, O. (2013). Learning from the past to predict the future: using archaeological findings and GPS data to quantify reindeer sensitivity to anthropogenic disturbance in Norway. *Landscape Ecology*, 28 (5): 847-859.
- Panzacchi, M., Van Moorter, B., Strand, O., Loe, L. E. & Reimers, E. (2015). Searching for the fundamental niche using individual-based habitat selection modelling across populations. *Ecography*, 38 (7): 659-669.
- Pape, R. & Löffler, J. (2016). Towards a process-based biogeography of reindeer—scaling space, time, and organizational levels of space use. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography*, 70 (4): 230-246.
- Parker, K. L., Barboza, P. S. & Gillingham, M. P. (2009). Nutrition integrates environmental responses of ungulates. *Functional ecology*, 23 (1): 57-69.
- Pedersen, Å. Ø. (u.å). *Svalbardrein (Rangifer tarandus platyrhynchus)*. Tilgjengelig fra: <https://www.npolar.no/no/arter/svalbardrein.html> (lest 09.04.2019).
- Pekins, P., Smith, K. & Mautz, W. (1998). The energy cost of gestation in white-tailed deer. *Canadian Journal of Zoology*, 76 (6): 1091-1097.
- R Core Team. (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Tilgjengelig fra: <https://www.R-project.org/>.

- Ropstad, E., Johansen, O., King, C., Dahl, E., Albon, S., Langvatn, R., Irvine, R., Halvorsen, O. & Sasser, G. (1999). Comparison of plasma progesterone, transrectal ultrasound and pregnancy specific proteins (PSPB) used for pregnancy diagnosis in reindeer. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 40 (2): 151-162.
- RStudio Team. (2016). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio, Inc., Boston, MA. Tilgjengelig fra: <http://www.rstudio.com/>.
- Stien, A., Loe, L. E., Mysterud, A., Severinsen, T., Kohler, J. & Langvatn, R. (2010). Icing events trigger range displacement in a high-arctic ungulate. *Ecology*, 91 (3): 915-920.
- Stien, A., Ims, R. A., Albon, S. D., Fuglei, E., Irvine, R. J., Ropstad, E., Halvorsen, O., Langvatn, R., Loe, L. E. & Veiberg, V. (2012). Congruent responses to weather variability in high arctic herbivores. *Biology letters*, 8 (6): 1002-1005.
- Sysselmannen på Svalbard. (2012). *Klima og lysforhold på Svalbard*. Tilgjengelig fra: <https://www.sysselmannen.no/Toppmeny/Om-Svalbard/Klima-og-lysforhold/> (lest 23.01.2019).
- Taillon, J., Barboza, P. S. & Côté, S. D. (2013). Nitrogen allocation to offspring and milk production in a capital breeder. *Ecology*, 94 (8): 1815-1827.
- Tomkiewicz, S. M., Fuller, M. R., Kie, J. G. & Bates, K. K. (2010). Global positioning system and associated technologies in animal behaviour and ecological research. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1550): 2163-2176.
- Tyler, N. J. C. (1987). *Natural limitation of the abundance of the high arctic Svalbard reindeer*: University of Cambridge. 321 s.
- Van der Wal, R., Irvine, J., Stien, A., Shepherd, N. & Albon, S. (2000a). Faecal avoidance and the risk of infection by nematodes in a natural population of reindeer. *Oecologia*, 124 (1): 19-25.
- Van der Wal, R., Madan, N., Van Lieshout, S., Dormann, C., Langvatn, R. & Albon, S. (2000b). Trading forage quality for quantity? Plant phenology and patch choice by Svalbard reindeer. *Oecologia*, 123 (1): 108-115.
- Van Der Wal, R. & Stien, A. (2014). High-arctic plants like it hot: a long-term investigation of between-year variability in plant biomass. *Ecology*, 95 (12): 3414-3427.
- Veiberg, V., Loe, L. E., Albon, S. D., Irvine, R. J., Tveraa, T., Ropstad, E. & Stien, A. (2017). Maternal winter body mass and not spring phenology determine annual calf production in an Arctic herbivore. *Oikos*, 126 (7): 980-987.
- Vickers, H., Høgda, K. A., Solbø, S., Karlsen, S. R., Tømmervik, H., Aanes, R. & Hansen, B. B. (2016). Changes in greening in the high Arctic: insights from a 30 year AVHRR max NDVI dataset for Svalbard. *Environmental Research Letters*, 11 (10): 105004.





**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway