

1311

Klimaeffektar på svalbardreinens kalvingstidspunkt

NINA Rapport

Vebjørn Veiberg, Preben Danielsen, Leif Egil Loe, Audun Stien, Bart Peeters, Brage Bremset Hansen, R. Justin Irvine, Erik Ropstad, Steve D. Albon, Torkild Tveraa, Øystein Varpe



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er ein elektronisk serie frå 2005 som erstattar dei tidlegare seriane NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Dette er den mest vanlege rapporteringa frå NINA til oppdragsgjevar etter gjennomført forskings-, overvakings- eller utgreiingsarbeid. I tillegg omfattar serien mykje av instituttets andre rapportering, til dømes frå seminar og konferansar, resultat av eige forskings- og utgreiingsarbeid og litteraturstudium. NINA Rapport kan også gjevast ut på anna språk når det er føremålstenleg.

NINA Kortrapport

Dette er ei enklare og ofte kortare rapportform til oppdragsgjevar, gjerne for prosjekt med mindre arbeidsomfang enn det som ligg til grunn for NINA Rapport. Det er ikkje krav om samandrag på engelsk. Rapportserien kan også brukast til framdriftsrapportar eller mellombels meldingar til oppdragsgjevar.

NINA Temahefte

Temahefta omhandlar spesielle emne og blir utarbeidd etter behov. Serien famnar svært vidt; frå systematiske bestemmingsnøklar til informasjon om viktige problemstillingar i samfunnet. NINA Temahefte har vanlegvis ei populærvitenskapleg form med meir vekt på illustrasjonar enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarka har som mål å gjere forskingsresultat frå NINA raskt og enkelt tilgjengeleg for eit større publikum. Dei går til presse, ideelle organisasjonar, naturforvaltninga på ulike nivå, politikarar og andre spesielt interesserte. Faktaarka gir ei kort framstilling av nokre av våre viktigaste forskningstema.

Anna publisering

I tillegg til rapportering i våre eigne seriar publiserer dei tilsette i NINA ein stor del av sine vitenskaplege resultat i internasjonale journalar, populærfaglege bøker og tidsskrift.

Klimaeffektar på svalbardreinens kalvingstidspunkt

Vebjørn Veiberg
Preben Danielsen
Leif Egil Loe
Audun Stien
Bart Peeters
Brage Bremset Hansen
R. Justin Irvine
Erik Ropstad
Steve D. Albon
Torkild Tveraa
Øystein Varpe

Veiberg, V., Danielsen, P., Loe, L. E., Stien, A., Peeters, B., Hansen, B. B., Irvine, R. J., Ropstad, E., Albon, S. D., Tveraa, T. & Varpe, Ø. (2017) Klimaeffektar på svalbardreinen kalvingstidspunkt – NINA Rapport 1311. 33 s.

Trondheim, juni 2017

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2999-9

RETTSHAVAR

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siterast fritt med kjeldetilvising

TILGANG

Open

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

KVALITETSSIKRA AV

Christer Moe Rolandsen

ANSVARLEG SIGNATUR

Morten Kjørstad (sign.)

OPPDRAKSGJEVAR(AR)/BIDRAGSYTAR(AR)

Svalbards Miljøvernfond

REFERANSE HOS OPPDRAGSGJEVAR

Prosjektnummer 14/109

KONTAKTPERSON(AR) HOS OPPDRAGSGJEVAR/BIDRAGSYTAR

Elisabeth Kaddan

FRAMSIDEBILETE

GPS-merka simle av svalbardrein med nyfødt kalv. © Bart Peeters

NØKKEWORD

Svalbard

Svalbardrein

Rangifer tarandus platyrhynchus

Kalvingstidspunkt

Klimaendring

Reproduksjon

KEY WORDS

Svalbard

Svalbard reindeer

Rangifer tarandus platyrhynchus

Parturition

Birth date

Climate change

Reproduction

KONTAKTOPPLYSINGAR

NINA hovudkontor

Postboks 5685 Sluppen

7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret

9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkeltgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Samandrag

Veiberg, V., Danielsen, P., Loe, L. E., Stien, A., Peeters, B., Hansen, B. B., Irvine, R. J., Ropstad, E., Albon, S. D., Tveraa, T. & Varpe, Ø. (2017) Klimaeffektar på svalbardreinenes kalvingstidspunkt – NINA Rapport 1311. 33 s.

Arter som lever i eit miljø med store sesongvariasjonar i både miljøforhold og ressurstilgang, er avhengige av reproduksjonsstrategiar som på ein best mulig måte sikrar god overleving og vekst for avkoma. «Timing» av reproduksjon og strategiar for korleis ulike organismar investerer i produksjon av avkom, er to av dei mest sentrale livshistorietrekka hos ein art. Dagens klimaendringar skjer derimot så raskt at det kan ha stor innverknad både på levevilkåra for enkeltartar og på samspelet innan økosystem.

Ingen annan stad i Europa skjer klimaendringane like raskt som på Svalbard. Plantevekstperioden på Svalbard er svært kort og planteetarane som lever her er avhengig av å utnytte dei tilgjengelege ressursane mest mulig optimalt. Svalbardreinen (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) er den største fastlevande planteetaren på øygruppa, og er både ein karakterart og ein viktig påverkingsfaktor for landøkosystemet. Vi ønska å undersøke i kva grad kalvingstidspunktet for reinen har endra seg over tid, og i kva grad eventuell mellomårsvariasjon i kalvingstidspunkt kunne relaterast til vårens starttidspunkt.

Å samle informasjon om fødselstidspunkt hos ville dyr er ofte både arbeids- og ressurskrevjande. Vi ønska derfor å utforske mulighetene for å bruke GPS- og aktivitetsdata frå merka svalbardrein til å identifisere kalvingstidspunktet for enkeltindivid. Totalt hadde vi GPS- og aktivitetsdata frå 127 kalvingsperiodar fordelt på 40 ulike individ i tidsperioden 2009-2015. I tillegg hadde vi tilgang på seks år (1979-1981 og 1996-1998) med historiske observasjonsdata frå kalvingsperioden.

Vi lykkast med å etablere ein metodikk for fastsetjing av kalvingstidspunkt for individmerka simler basert på aktivitetsdata. Ein årleg gjennomsnittleg kalvingsdato kunne dermed bereknast for 13 år i perioden 1979-2015. EVI-vår og T50 vart brukt som indeksar på vårstart. EVI-vår er ein vegetasjonsindeks basert på satellittdata, men er berre tilgjengeleg etter 2000. T50 er ein temperaturbasert indeks for vårstart og kunne bereknast for heile den aktuelle tidsperioden. Indeksane var nært korrelert.

Observasjonsmaterialet stamma frå dei to tilgrensande studieområda, Adventdalen og Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen på Nordenskiöld Land, Svalbard. Parallele registreringar i dei to studieområda i 1979 ga identiske estimat for gjennomsnittleg kalvingsdato (6. juni). Vi antok derfor at det ikkje var systematiske forskjellar i kalvingsdato mellom områda. Gjennomsnittleg kalvingsdato varierte med 11 dagar (2.-13. juni) i løpet av tidsperioden 1979-2015, men det var ingen signifikant trend. Vårindeksen T50 viste ein sterk trend mot tidlegare vårstart. Basert på denne indeksen var estimert dato for vårstart 18 dagar tidlegare i 2015 enn i 1979. Ingen tilsvarende trend vart avdekka for EVI-vår, som dekkar ein vesentleg kortare tidsperiode (2000-2015). Ei avkorting av tidsserien for T50 til berre å omfatte åra med estimat for EVI-vår resulterte i at heller ikkje denne indeksen lenger viste ein signifikant trend. Gjennomsnittleg årleg kalvingsdato viste ingen signifikant korrelasjon med indeksane for vårstart. Ein tydeleg forseinka kalvingsdato om våren etter ein svært hard vinter (1996), tyda derimot på at mødrenes fysiske tilstand har innverknad på kalvingstidspunktet. Denne samanhengen vil ein kunne utforska nærare når fleire år med individbaserte data føreligg.

Metodikken for fastsetjing av kalvingsdato på bakgrunn av aktivitetsdata, vil representere eit nyttig verktøy for individbaserte merkestudier der informasjon om reproduksjonsfenologi og reproduktiv status er interessant. På sikt vil det vere ønskeleg å automatisere denne prosedyren.

Vebjørn Veiberg (vebjorn.veiberg@nina.no), Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim.

Leif Egil Loe (leif.egil.loe@nmbu.no), Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Postboks 5003, 1432 Ås.

Audun Stien (audun.stien@nina.no), Torkild Tveraa (torkild.tveraa@nina.no), Norsk institutt for naturforskning, Framsenteret, Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø.

Bart Peeters (bart.peeters@ntnu.no), Brage Bremset Hansen (brage.b.hansen@ntnu.no), Preben Danielsen (prebendanielsen@gmail.com), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Senter for biodiversitetsdynamikk, Biologisk institutt, 7491 Trondheim.

R. Justin Irvine (justin.irvine@hutton.ac.uk), Steve D. Albon (steve.albon@hutton.ac.uk), The James Hutton Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, AB15 8QH, Scotland UK.

Erik Ropstad (erik.ropstad@nmbu.no), Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Veterinærhøgskolen, Institutt for produksjonsdyrmedisin, Postboks 8146 Dep, 0033 Oslo.

Øystein Varpe (oystein.varpe@unis.no), Universitetssenteret på Svalbard, Avdeling for arktisk biologi, Postboks 156, 9171 Longyearbyen, og Akvaplan-niva, Framsenteret, Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø.

Abstract

Veiberg, V., Danielsen, P., Loe, L. E., Stien, A., Peeters, B., Hansen, B. B., Irvine, R. J., Ropstad, E., Albon, S. D., Tveraa, T. & Varpe, Ø. (2017) Climate effects on calving time of Svalbard reindeer – NINA Report 1311. 33 pp.

In seasonal environments, the timing of reproduction is critical to maximising offspring survival and future reproductive investment. Typically this is achieved by 'matching' the timing of birth to the time the quantity and/or quality of the food resource base is greatest. However, several studies have noted that while recent climate warming has led to markedly earlier springs and peak resource abundance there may be an apparent 'mismatch' in the species' ability to advance the timing of birth to the same extent. Such a 'mismatch' may reduce individual fitness, with potential population and ecosystem scale consequences.

No other place in Europe has documented a more rapid change in climatic conditions than Svalbard. The plant growing season in Svalbard is very short. Both resident and migratory herbivores need to make optimal use of this narrow time window in order to reproduce and re-build energy reserves. The Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) is the largest resident herbivore in the archipelago, and is a keystone species in the terrestrial ecosystem. Over nearly three decades, we investigated the extent to which the timing of calving changed and, in particular, whether any between-year variation in the timing of calving was related to variation in the onset of spring.

Conventional approaches to quantifying the timing of birth rely on time consuming observational methods which may also be intrusive on normal behaviour. However, it is known that the activity patterns of ungulates immediately prior to calving differs from normal grazing/ruminating/resting-related patterns of activity. Therefore, we wanted to explore whether these behavioural differences could be used to identify calving dates in the activity data captured by GPS collars fitted to individually marked Svalbard reindeer. In total, we acquired GPS fixes and activity data from 127 calving periods representing 40 different individuals during the period 2009-2015. In addition, we had access to six years (1979-1981 and 1996-1998) of historical data on calving phenology based on censuses. The census data originated from two neighbouring study areas, Adventdalen and Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen in Nordenskiöldland, Svalbard. Records from the two study areas in 1979 gave identical estimates for the average calving date. We therefore assumed that there were no systematic differences in calving date between these two study sites.

We succeeded to establish an activity-based method for identifying calving date for individually marked females, and used the approach to calculate annual average calving dates for 13 of the years within the period 1979-2015. In order to explore whether timing of calving varied in relation to environmental conditions we used two indicators for the onset of spring: i) EVI-spring, which is a vegetation index based on satellite data, but is only available from 2000 and onwards, and, ii) T50, which is a temperature-based index. T50 was calculated for the whole period. The indices were closely correlated.

Average calving date varied by 11 days during the period 1979-2015, but there was no significant trend. The spring index T50, showed a significant trend towards an earlier onset of spring. Based on this index, the estimated date for onset of spring occurred 17.6 days earlier in 2015 than in 1979. Despite the strong correlation between our spring indices, no such trend was found for EVI-spring, which covered a substantially shorter period (2000-2015). Shortening the T50 time series so that it only covered the same time span as the EVI-index removed the significant trend. This emphasizes the general need for long time series to document changes in climatic conditions.

The average annual calving dates showed no significant correlation with either of the indices for onset of spring. However, a substantially delayed calving date occurred the spring following the harshest winter, 1996. This is consistent with the mother's physical condition likely influencing the time of calving. This relationship will be explored in more detail when more data on timing of calving becomes available

The method for identifying calving dates based on activity data will represent a useful tool for individual-based studies where information about reproductive phenology and status is of interest. In the longer run, it will be possible to develop an automated analysis to provide timing of calving from data now routinely collected via GPS collars.

Vebjørn Veiberg (vebjorn.veiberg@nina.no), Norwegian Institute for Nature Research, P. O. Box 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim, Norway.

Leif Egil Loe (leif.egil.loe@nmbu.no), Norwegian University of Life Sciences, Faculty of Environmental Sciences and Natural Resource Management, P. O. Box 5003, NO-1432 Ås, Norway.

Audun Stien (audun.stien@nina.no), Torkild Tveraa (torkild.tveraa@nina.no), Norwegian Institute for Nature Research, Fram Centre, P. O. Box 6606 Langnes, NO-9296 Tromsø, Norway.

Bart Peeters (bart.peeters@ntnu.no), Brage Bremset Hansen (brage.b.hansen@ntnu.no), Preben Danielsen (prebendanielsen@gmail.com), Norwegian University of Science and Technology, Centre for Biodiversity Dynamics, Department of Biology, NO-7491 Trondheim, Norway.

R. Justin Irvine (justin.irvine@hutton.ac.uk), Steve D. Albon (steve.albon@hutton.ac.uk), The James Hutton Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, AB15 8QH, Scotland UK.

Erik Ropstad (erik.ropstad@nmbu.no), Norwegian University of Life Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, P. O. Box 8146 Dep, NO-0033 Oslo, Norway.

Øystein Varpe (oystein.varpe@unis.no), The University Centre in Svalbard, Department of Arctic biology, P.O. Box 156, NO-9171 Longyearbyen, Norway, & Akvaplan-niva, Fram Centre, P. O. Box 6606 Langnes, NO-9296 Tromsø, Norway.

Innhald

| | |
|---|-----------|
| Samandrag | 3 |
| Abstract | 5 |
| Innhald | 7 |
| Føreord | 8 |
| 1 Innleiing | 9 |
| 2 Materiale og metode | 10 |
| 2.1 Studieområde | 10 |
| 2.2 Studiebestandar og dataregistrering | 11 |
| 2.2.1 Fangst og gjenfangst | 11 |
| 2.2.2 Observasjon av kalving og nyfødde kalvar i juni | 13 |
| 2.2.3 Sommarregistrering | 14 |
| 2.3 Datamateriale | 15 |
| 2.3.1 Vårens start | 15 |
| 2.3.2 Historiske registreringar av kalvingsfenologi | 15 |
| 2.3.3 Registrering av kalving og GPS-merka simler juni 2015 | 16 |
| 2.3.4 Kalvingsåttferd og GPS- og aktivitetsdata | 17 |
| 2.3.5 Identifisering av kalvingsdato frå GPS- og aktivitetsdata | 18 |
| 2.3.6 GPS- og aktivitetsdata 2009-2015 | 20 |
| 2.4 Analysar | 21 |
| 2.4.1 Berekning av årleg gjennomsnittleg kalvingsdato | 21 |
| 3 Resultat | 23 |
| 3.1 Metodikk for identifisering av kalvingsdato | 23 |
| 3.2 Tidsserie med estimat for årleg kalvingsdato | 23 |
| 3.3 Kalvingstidspunkt og vårens start | 26 |
| 3.4 Endringstrendar i kalvingstidspunkt og forklaringsvariablar | 27 |
| 4 Diskusjon | 29 |
| 4.1 Konsekvens av uendra kalvingstidspunkt ved tidlegare vårstart | 29 |
| 4.2 Avgrensingar ved innsamling og bruk av aktivitetsdata | 29 |
| 5 Referansar | 31 |

Føreord

Denne rapporten er sluttrapport frå prosjekt 14/109 hos Svalbards Miljøvernfond. Vi er svært takksame for løyvinga frå fondet som gjorde det mulig å gjennomføre studiet. Vi vil også takke Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet og Norsk institutt for naturforskning som også har bidrege med finansiell støtte.

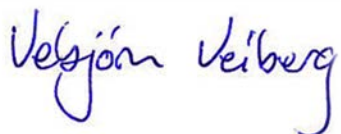
Prosjektet kom i stand etter at ein gjennom fleire år hadde samla GPS- og aktivitetsdata frå svalbardrein knytt til heilt andre problemstillingar. I samband med studie av klimaendringar og effektar av dette for plantar og dyreliv, er informasjon knytt til nøkkelhendingar i plantar og dyr sitt livsløp sentralt. Eksempel på ei slik nøkkelhending for svalbardreinen er fødselstidspunktet. Å samle slik detaljinformasjon frå ville bestandar er vanlegvis svært tid- og ressurskrevjande. Vi ønska derfor å teste ut i kva grad allereie eksisterande data kunne brukast til dette formålet.

Det mangeårige fangst-gjenfangstprosjektet for svalbardrein i området Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen på Nordenskiöld Land har representert eit heilt sentralt prosjektfundament. Gjennom dei siste 10-15 åra har fangst-gjenfangstprosjektet i stor grad blitt drifta av dei same personane. Dette har sikra kontinuitet i dei rutinemessige oppgåvene og ein solid basiskunnskap om reinen og miljøet. I tillegg har også ei rekke studentar og gjesteforskarar medverka i samband med gjennomføringa av feltarbeidet. Vi vil også rette ei stor takk til alle desse.

All merking og fangst av svalbardrein har vore godkjent av Mattilsynet og Sysseلمannen på Svalbard.

Avslutningsvis vil vi rette ei stor takk til logistikkavdelinga ved UNIS for god service og alltid løysingsorientert innstilling.

Trondheim, juni 2017.



Vebjørn Veiberg

1 Innleiing

Dei globale klimaendringane gjennom dei siste tiåra har resultert i ei mengde dokumenterte konsekvensar for både plante- og dyreliv i alle klimasoner (Parmesan 2006). Mest omfattande har klimaendringane påverka miljøet i Arktis (ACIA 2004). Prognosane for den vidare utviklinga viser at Svalbard kan oppleve ein auke i vintertemperaturen på heile 10 grader mot slutten av dette århundret (Førland mfl. 2011). Kva konsekvensar dette vil få for artsmangfaldet og naturmiljøet er eit av hovudspørsmåla som vert framheva i ein nyare rapport frå FN's klimapanel (IPCC 2013).

Arter som lever i eit miljø med store sesongvariasjonar i både miljøforhold og ressurstillgang, er avhengige av strategiar som gjer at dei på ein best mulig måte klarer å sikre tilstrekkeleg overleving og suksessfull produksjon av etterkomarar. «Timing» av reproduksjon og strategiar for korleis ulike organismar investerer i produksjon av avkom, er to av dei mest sentrale livshistorietrekka (Stearns 1992). Desse trekka er under konstant seleksjonspress og er forventa å endre seg som ein konsekvens av endringar i miljøforholda. Dei menneskeskapte miljøendringane vi i dag opplever skjer derimot så retningsbestemt og raskt at både den naturlege evolusjonen og variasjonsspennet (plastisiteten) i viktige livshistorietrekk kan bli utilstrekkelig for å kompensere for endringane. Dette kan ha omfattande konsekvensar for samspelet mellom arter, for det biologiske mangfaldet, og for funksjonen av økosystema slik vi kjenner dei i dag. Ettersom klimaendringane er særleg raske i Arktis, er dei biologiske endringane også truleg raskare og konsekvensane fleire og meir omfattande (Lameris mfl. 2017).

Svalbard representerer eit unikt studiesystem, og svalbardreinen (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) er både ein karakterart og ein viktig påverkningsfaktor for landøkosystemet (Hansen mfl. 2013). I 1995 vart det starta opp eit fangst-gjenfangstprosjekt for svalbardrein i området Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen på Nordenskiöld Land. Dette prosjektet har sidan gitt muligheit både til å følgje enkeltindivid gjennom livet og å lære meir om korleis reinen er tilpassa og blir påverka av miljøet som omgir han (sjå f.eks. Albon mfl. 2002, Stien mfl. 2012, Douhard mfl. 2016, Loe mfl. 2016, Albon mfl. 2017, Veiberg mfl. 2017).

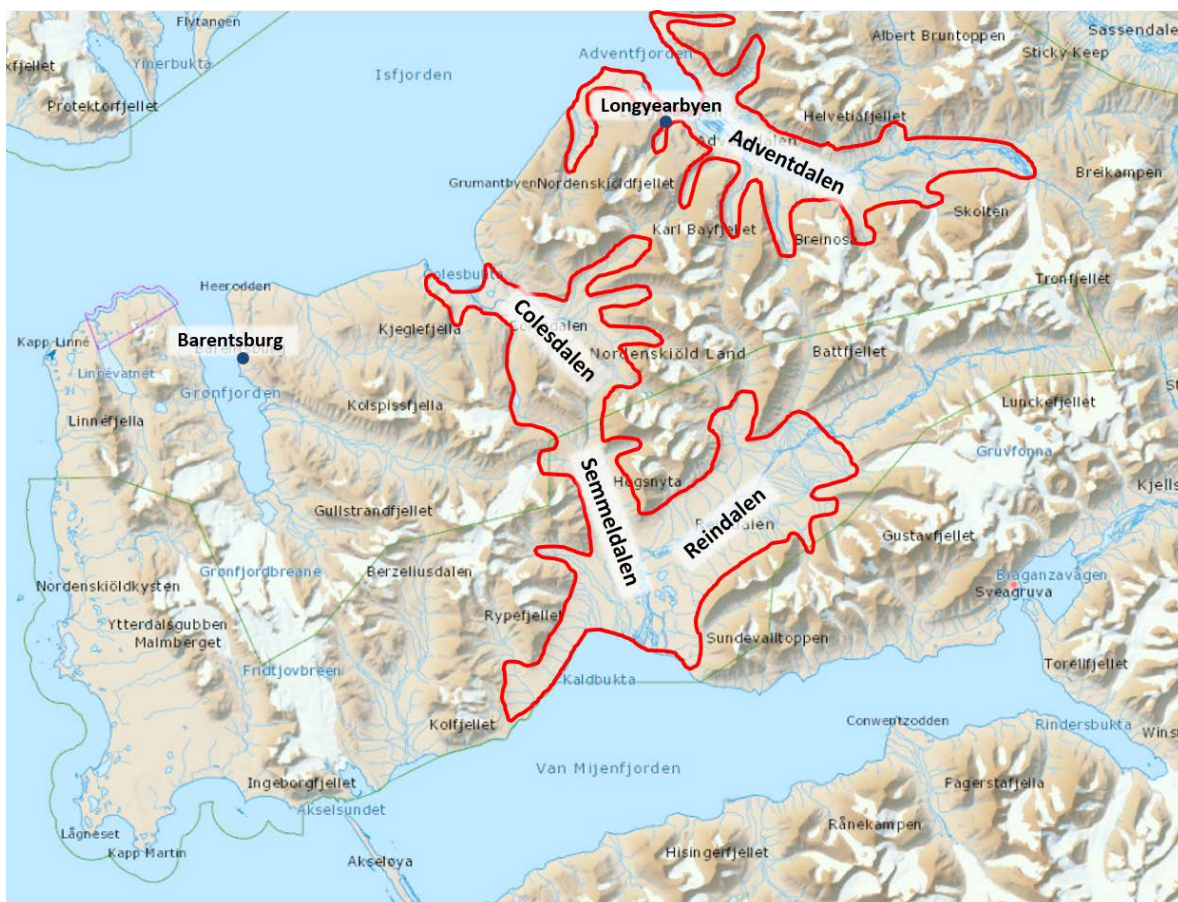
I 2009 starta ein å bruke GPS-halsband på eit utval av dei merka dyra. I tillegg til å registrere posisjon, registrerte dei fleste halsbanda også aktivitet. Aktivitetsdataene gir grunnlag for å samanlikne finskalavariasjon i aktivitetsmønster både gjennom døgnet og over lengre periodar (sesong eller år), men kan også gi grunnlag for å fange opp spesifikke hendingar/periodar med avvik frå normalåtferd. Aktivitetsdata har derfor vist seg eigna til å identifisere tidspunkt for både brunst (At-Taras & Spahr 2001, Talukder mfl. 2015) og fødsel (Langbein mfl. 1998a, Langbein mfl. 1998b, Jensen 2012, Friebe mfl. 2013). For bestandar av ville dyr der detaljovervaking er anten svært ressurskrevjande eller vanskeleg grunna logistikkmessige eller observasjonsmessige forhold, vil bruken av aktivitetsdata potensielt kunne brukast til å identifisere slike sentrale livshendingar. På denne måten kan ein samle verdifull informasjon om variasjon i tidspunktet for slike hendingar både innan og mellom år. Til no har slike data derimot i liten grad blitt nytta til dette formålet. Ein utvida bruk vil derimot kunne gi nyttig tilleggsinformasjon om korleis framtidige endringar av miljøforhold påverkar «timinga» av sentrale livshendingar hos ville dyr.

I dette prosjektet ønska vi å 1) utvikle ein metodikk for identifisering av kalvingsdato hos merka reinssimler på bakgrunn av GPS- og aktivitetsdata. Deretter ville vi 2) generere og samanstill tidsseriedata for kalvingstidspunkt hos svalbardrein både basert på publiserte kjelder og tidlegare ikkje-publisert materiale. Til sist ville vi sjå på 3) i kva grad kalvingstidspunktet over år varierer i takt med tidspunktet for vårens vegetasjonsoppblomstring og 4) undersøke om det har skjedd retningsbestemte endringar i kalvingstidspunktet over tidsperioden ein har tilgjengelege data.

2 Materiale og metode

2.1 Studieområde

Primærstudieområdet for dette studiet omfatta hovuddalane Reindalen, Semmeldalen og Colesdalen med tilhøyrande sidedalar (77°50′-78°20′N, 15°00′-17°30′ Ø; Figur 1). Området er lokalisert rett sør for Longyearbyen, og ein stor del av området er inkludert i Nordenskiöld Land nasjonalpark. I det historiske datamaterialet for årleg kalvingstidspunkt inngjekk også tre år (1979-1981) med registreringar gjennomført i Adventdalen med sidedalar. Dei to dalsystema grensar til kvarandre og vert antatt å representere svært like vilkår for reinen både med omsyn til ressurstilgang og andre miljøvilkår.



Figur 1. Den raude linja viser avgrensinga av dei to studieområda på Nordenskiöld Land: Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen i sør og Adventdalen i nord. Kartgrunnlaget er henta frå Norsk Polarinstittut si kartteneste TopoSvalbard (<http://toposvalbard.npolar.no/>).

Hovuddalane er vide og flate og omgitt av bratte fjell og isbrear. Området er generelt vegetasjonsdekt opp til ca. 250 meter over havet. Vegetasjonsdekket består i hovudsak av mose med varierende innslag av urter, gras, starr og lyngartar (for meir detaljert informasjon sjå f.eks.: van der Wal & Stien 2014).

Årleg gjennomsnittsnedbør ved Svalbard lufthamn Longyearbyen for normalperioden 1981-2010 var 191 mm, med haust (september-november) og vinter (desember-februar) som dei mest nedbørsrike periodane (Førland mfl. 2011). Årleg middeltemperatur i same periode var -4,6 °C, med ein middel sommartemperatur (juni-august) på 5,2 °C (Nordli mfl. 2014). Basert på den meteorologiske tidsserien frå Svalbard lufthamn, har ein funne at årsmiddeltemperaturen på Svalbard

har blitt 2,6 °C varmare på 100 år. Temperaturauken for vårperioden (mars-mai) har vore på heile 3,9 °C. Det er raskare endring enn ved nokon annan Europeisk målestasjon for same tidsperiode (Nordli mfl. 2014).

Trass i denne tydelege utviklingstrenden i middelvordiar for både års- og sesongtemperatur, fann Karlsen mfl. (2014) inga tydeleg endring i starttidspunktet for vekstsesongen i løpet av perioden 2000-2013. Det var derimot stor variasjon mellom år og ingen betydelig trend i vårtemperatur i denne perioden.

2.2 Studiebestandar og dataregistrering

Svalbardreinen finst i fleire meir eller mindre avgrensa delbestandar på Svalbard (Syssemmannen på Svalbard 2009). Dei største delbestandane finst på Nordenskiöld Land, og det er her data-materialet til dette prosjektet også stammar frå. Reinsbestandane i dei to tilgrensande områda Adventdalen og Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen (Figur 1) har vore gjenstand for regulær bestandsovervaking i form av total- eller transektteljingar sidan 1979 (www.mosj.no). I nokre av dei første åra vart det også gjennomført registrering av kalvingstidspunkt og kalvingsforløp (Tyler 1987, Skogland 1989). Dette viste at kalvingsperioden hos svalbardrein var meir synkron og fann stad seinare på våren (starten av juni) samanlikna med villreinbestandar på fastlandet (Skogland 1989).

2.2.1 Fangst og gjenfangst

I 1995 vart det starta opp eit fangst-gjenfangstprosjekt for svalbardrein i området Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen med sidedalar. Dette prosjektet har blitt vidareført fram til i dag. Individmerking og gjenfangst/reobservasjon av dyr med både kjent alder og annan informasjon om eksempelvis tidlegare vekt- og veksthistorikk, reproduksjon m.m. har gitt unike muligheiter til å studere korleis varierende miljø- og bestandsforhold påverkar reinen både på kort og lang sikt (f.eks. Albon mfl. 2002, Carlsson mfl. 2012, Stien mfl. 2012, Lee mfl. 2015, Douhard mfl. 2016, Loe mfl. 2016, Albon mfl. 2017, Veiberg mfl. 2017).



Figur 2. Fangst av svalbardrein ved bruk av snøskuter og fangstnett.

Fangst og merking av rein har primært blitt gjennomført i perioden mars-april. Reinen blir fanga med nett som vert handtert av passasjerane på to skuterar (Figur 2). Denne metoden har vist seg svært effektiv (Omsjoe mfl. 2009), og har gjort det mulig å merke omkring 25% av simlene i studiebestanden (Milner mfl. 2003). All fangst av ville dyr inneber eit risikoelement, men metoden som er utvikla for svalbardrein har vist seg å gi svært låge ulykkestal (< 1%). Dette er ein viktig suksessfaktor for denne typen langtidsstudie. All fangst og handtering har vore godkjent av Forsøksdyrutvalet (no Mattilsynet) og Syssemmannen på Svalbard.

Etter fangst vert det samla ulike prøver (blod, skit, hår mv.) og mål som kroppsvekt, leggmål og gevirutvikling vert registrert (Figur 3). I tillegg vert simler skanna med ultralydapparat for å sjekke drektigheit og måle tjukkeleiken på feittlaget ved overgangen mellom lår og rygg. Dyr vert merka når dei er ca. 10 månader gamle. På denne måten kan ein vere sikker på at dei vert knytt til korrekt årsklasse. Alle simler vert merka med nummererte øyremerker av typen Allflex Maxi. I tillegg får dei ein lett plasthalsklave som også er nummerert med det same nummeret som øyremerka. Dei store og tydelege nummera på øyremerka og halsklaven gjer det mulig å individbestemme dyra med kikkert eller teleskop på lang avstand. Etter at kvart individ er ferdig handtert vert det spraya eit kryss med farga husdyrmerkespray på låra til dyra. Dette for å hindre at det same dyret vert fanga fleire gongar i løpet av same tur.



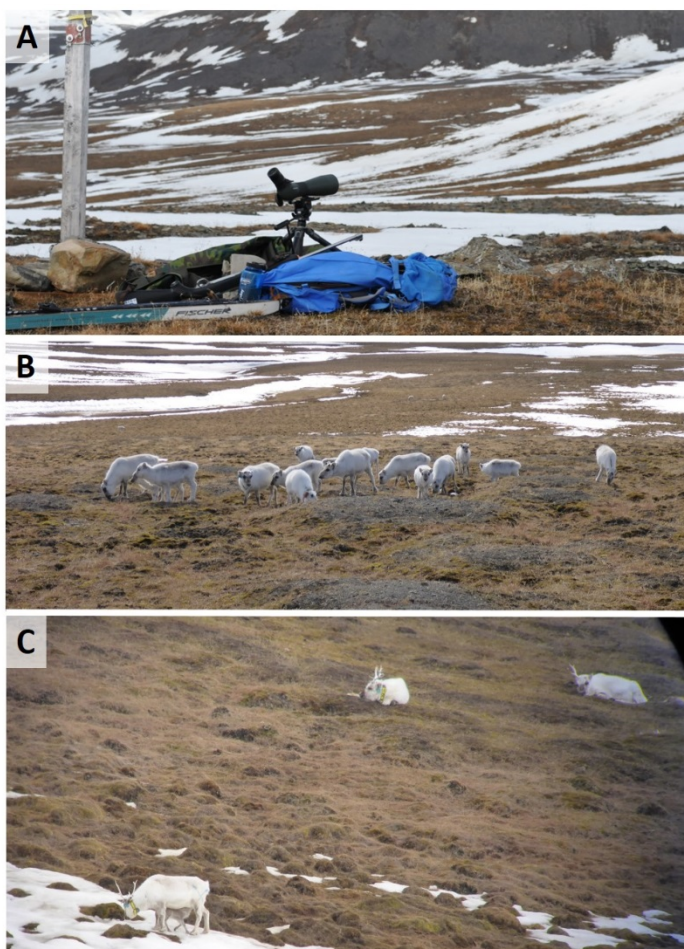
Figur 3. Handtering av dyr i samband med fangst. A) Veging. B) Store øyremerke med tydeleg nummer lettar identifisering av individa på avstand om sommaren. Dette dyret har GPS-halsband som er merka med eigen nummerserie. Dyret som vert vege på bilete A) har ein lett plastklave med same nummer som øyremerka. C) Måling av gevirstorleik. D) Taking av blodprøve.

Sidan 2009 har 20-40 reinssimler innan studieområdet kvart år vore merka med GPS-halsband som registrerer ein posisjon annankvar time. Det primære formålet med GPS-merkinga har vore for å samle informasjon om arealbruk gjennom året (Loe mfl. 2016). Den vanlegaste typen GPS-halsband som har blitt brukt er av typen Vectronic GPS PLUS (Vectronic Aerospace, Berlin Germany). Desse halsbanda registrerer også aktivitetsdata. Aktivitetsdataene er basert på registreringar frå to akselrasjonssensorar. Sensorane fangar opp bevegelse langs ein akse (opp-ned eller sidevegs) og summerer aktivitetsregistreringar i løpet av ein definert tidsperiode. Alle halsband har vore av typen «store-on-board». Dette betyr at ein er nøydd til å fange igjen dei merka dyra for å laste ned data. Batterilevetida på GPS-halsbanda er om lag tre år. Ved fangst av GPS-

merka simler har ein likevel prioritert å skifte halsbanda for å sikre innsamla data. Som hovudregel har då nye GPS-halsband blitt sett på dei same dyra. Dette har blitt gjort for å få kontinuerlege dataseriar for enkeltindivid.

2.2.2 Observasjon av kalving og nyfødde kalvar i juni

Stadfesting av kalvingsdatoar gjennom feltobservasjonar var ein viktig del av arbeidet knytt til å bruke aktivitets- og GPS-data til å identifisere tidfeste kalvingstidspunkt. Tidlegare registreringar (Tyler 1987, Skogland 1989) rapporterte at mesteparten av kalvinga skjer i løpet av dei første 10 dagane i juni. Basert på historiske GPS-data vart sannsynlege kalvingsområde lokalisert. Dette vart gjort gjennom å plote posisjonsdata frå simler som var drektige i mars/april for tidsperioden 20. mai til 20. juni same år. På grunn av logistikkmessige avgrensingar kunne vi berre oppsøke eitt av dei aktuelle områda. Vi valte då indre delar av Colesdalen der vi forventa å finne størst tettheit av GPS-merka simler.



Figur 4. A) Teleskopet er nødvendig når dyra skal observerast på lang avstand. B) Gruppe med gevirlause dyr med lang vinterpels og ingen gevir. Her er det vanskeleg å kjønnsbestemme dyra. C) Tre simler med gevir og nyfødde kalvar. Dei to simlene til venstre er også GPS-merka.

Feltarbeidet vart gjennomført av to personar i perioden 2.-9. juni 2015 (Veiberg & Peeters 2016). Med utgangspunkt i ein teltbase i indre Colesdalen vart det gjennomført daglege registreringar av simler og nyfødde kalvar i løpet av heile perioden. For å uroe dyra minst mulig vart kikkert og teleskop nytta til å observere dyra på avstand.

Medan eldre bukkar feller gevira tidleg på vinteren, kastar eitt- og toåringane vanlegvis geviret først heilt på slutten av vinteren. Det same gjer også dei unge simlene, og vanlegvis dei simlene

som ikkje er drektige. Dei drektige simlene beheld gjerne geviret til etter kalvinga (Espmark 1971, Reimers mfl. 2013). Sikker kjønnsbestemming av dyr utan gevir kan vere vanskeleg i denne tidsperioden (Figur 4). Sidan yngre bukkar, drektige og ikkje-drektige simler i nokon grad overlappar i arealbruk, valte vi derfor å registrere gevirberande simler som ein eigen kategori. På denne måten fekk vi eit meir direkte mål på kor mange av simlene som var drektige ved starten av kalvingsperioden som hadde kalva ved ein gitt dato. Dato, tid og lokalitet vart registrert for alle gevirberande simler og nyfødde kalvar gjennom heile feltperioden.

Simler og tilhøyrande kalv var aldri langt frå kvarandre. I tillegg går svalbardreinen ofte åleine eller i små grupper. Å identifisere mor-kalv par var derfor uproblematisk. For merka simler vart kalvingsstatus (med eller utan kalv) registrert. Gjentekne registreringar av dei same individa på påfølgjande dagar kunne dermed brukast til å identifisere ein sikker kalvingsdato. Sjølv om det ikkje vart registrert endring i kalvingsstatus for enkelte individ i løpet av feltperioden, representerte dette verdifull informasjon i samband med den seinare analysen av GPS- og aktivitetsdataene. Desse dataene var derimot først tilgjengeleg etter at dei observerte individa var blitt gjenfanga i april 2016.

Historiske observasjonsdata av tal på simler og nyfødde kalvar gjennom kalvingsseasonen var tilgjengelege for åra 1979-1981 (Tyler 1987, Skogland 1989) og åra 1996-1998 (R. J. Irvine upublisert). Tyler sine registreringar var gjennomført i Adventdalen, medan Skogland og Irvine sine registreringar vart gjort i studieområdet Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen. Vi er ikkje kjent med om tal simler som er registrert i dette materialet omfattar berre gevirberande simler, eller om også gevirlause dyr inngår i teljeresultatet. Vi var derimot berre interessert i å identifisere ein gjennomsnittleg kalvingsdato per år. For denne bruken er informasjon om kva eventuelle inndelingskategoriar som har blitt nytta for eldre dyr ikkje viktig.

2.2.3 Sommarregistrering

I månadsskiftet juli-august vert det kvart år gjennomført feltarbeid der ein deler inn alle registrerte dyr i kjønns- og aldersklassar (strukturtejing). Merka dyr vert identifisert og kalvestatus for merka simler vert registrert. I tillegg registrerer og oppsøker ein nye kadaver frå siste år (primært vinterdødelegheit). Feltarbeidet vert utført av personar til fots og ein prøver å dekke studieområdet best mulig i løpet av dei 6-8 dagane feltperioden varer.



Figur 5. Mor og kalv held tett saman heile sommaren. Biletet er tatt gjennom teleskop i starten av august.

Også på denne tida er mor-kalv relasjonen tett og identifisering av sikre mor-kalv par er som regel uproblematisk (Figur 5). Stadfesting av kalvestatus for merka simler har derfor høg prioritet. Dette er viktig tilleggsinformasjon for det enkelte individ, uavhengig av om det vart fanga eller

ikkje i løpet av føregående vinter. GPS-dyr med sikker kalveobservasjon i august har opplagt kalva same år. For simler utan ein observert tilhøyrande kalv kan ein derimot ikkje sikkert vite om simla har kalva eller ikkje, om kalven har døydd i løpet av sommaren, eller om ein levande kalv ikkje vert oppdaga av observatøren.

2.3 Datamateriale

2.3.1 Vårens start

Vi nytta to ulike variablar som estimat på 'vårstart': EVI-vår og T50. EVI (Enhanced Vegetation Index) er ein vegetasjonsindeks som baserer seg på satellittdata for å måle endringar i vegetasjonsdekke og utvikling. Slike indeksar har vist seg svært nyttige i samband med fastsetting av eksempelvis start- og slutt punkt for vegetasjonsvekst, berekning av dekningsgrad for plante-dekke, eller berekning av vegetasjonsbiomasse gjennom vekstsesongen mv. EVI har vist seg godt eigna til studiar av vegetasjonsutvikling i nordområda, sidan indeksen reduserer bakgrunnsstrålinga av snø, vatn og andre ikkje-vegetasjonsdekte område (Huete mfl. 2002). Indeksen er basert på fritt tilgjengelege satellittdata, men slike data er berre tilgjengeleg frå og med 2000. Vi nytta denne indeksen til å berekne ein årleg dato for vårens vegetasjonsoppblomstring i studieområdet med same metodikk som har blitt brukt i andre studiar (Ballesteros mfl. 2013, Tveraa mfl. 2013, Veiberg mfl. 2017). Metoden baserer seg på at ei S-forma kurve vert tilpassa EVI-dataene for perioden vår og tidleg sommar og skildrar utviklinga frå ingen vegetasjonsvekst til eit maksimumsnivå. EVI-vår for det enkelte år var datoen då denne kurva nådde vendepunktet (halvvegs mellom minimum og maksimum).

Den alternative indeksen for vårstart, T50, vart utleia av temperaturdata frå målestasjonen ved Svalbard lufthamn. Temperaturdata er her tilgjengeleg heilt tilbake til 1898. Denne målestasjonen ligg fire kilometer nordvest for Longyearbyen og meteorologiske data er fritt tilgjengeleg via www.eklima.no. T50 representerer datoen då den kumulative summen av positive døgngrader (gjennomsnittstemperatur per døgn) frå og med 1. mai nådde 50. Denne indeksen er ikkje eit direkte mål på vegetasjonsutviklinga, men sidan temperatur og vegetasjonsutvikling er nært relatert har denne indeksen også tidlegare blitt brukt for å gi eit estimat på vårstart (sjå Veiberg mfl. 2017). For perioden med tilgjengelege EVI-data (2000-2015) viste EVI-vår og T50 ein nær korrelasjon ($r = 0,64$; $p = 0,008$). Sidan T50 var tilgjengeleg for ein lenger tidsperiode, gjorde dette at vi også kunne inkludere observasjonsdata frå før 2000 i analysane for samanhengen mellom gjennomsnittleg kalvingsdato og tidspunkt for vårstart.

2.3.2 Historiske registreringar av kalvingsfenologi

Historiske registreringar av kalvingsfenologien (fordelinga av kalvingar gjennom kalvingsperioden) har basert seg på gjentekne registrering av simler og nyfødde kalvar langs transekt eller innan avgrensa studieområde (Tyler 1987, Skogland 1989, Irvine upublisert). Både starttidspunktet, tal observasjonsdagar, tal dagar mellom observasjonsdagane og sluttidspunktet for desse registreringane varierte mellom år (Tabell 1). Talmaterialet frå åra 1979-1981 og 1996-1998 eksisterte som sumtal for observerte årskalvar og vaksne simler to år og eldre registrert per dag eller senterdag. Sistnemnte omgrep vart brukt i samband med teljeresultata frå Adventdalen (sjå Appendix 3 i Tyler 1987). Der teljeresultatet var gitt som eit samla tal frå fleire påfølgjande observasjonsdagar, representerte senterdagen den midtre datoen i den aktuelle teljeperioden.

For fleire av åra med observasjonsdata vart registreringa avslutta før kalvingsperioden var over. For å få eit mål på den sannsynlege kalvingsraten det enkelte år, nytta vi kalv per simle-forholdet frå registreringar gjennomført seinare på sommaren (Tabell 1). Tidspunktet for gjennomføringa av sommarregistreringa varierte både mellom år og område. Den naturlege sommardelegeheita for årskalvar hos svalbardrein er derimot rapportert å vere svært låg (Tyler 1987). Det er derfor god grunn til å forvente at det er godt samsvar mellom den reelle kalvingsraten og kalv per simle-forholdet som blir observert seinare på sommaren. 1. juli (dag 182 i normalår, 183 i

skotår) vart sett som standard sluttdato for kalvingsperioden. Kalv per simle-forholdet frå sommarteljinga vart lagt inn på denne datoen.

Materialet frå Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen for 1979 (Tabell 1) vart trekt ut frå Figur 10 i Skogland (1989) ved bruk av programvaren Plot Digitizer Ver. 2.6.8. Utgangspunktet for figurpresentasjonen var her at den endelege kalveraten (tal kalv per vaksen simle) var kjent. Kvar dagsverdi representerte dermed kor stor del av den endelege kalveraten som den enkelte dags 'kalv per vaksen simle'-resultat representerte. Sjølv om denne måten å presentere observasjonsdata på var litt ulik måten dei andre observasjonsdataene vart framstilt på, var det mulig å berekne ein samanliknbar gjennomsnittleg kalvingsdato.

Tabell 1. Registreringsperiode (dd.mm), tal observasjonsdagar, kalv per vaksen simle-raten frå sommarteljing og studieområde for historiske data over kalvingstidspunkt for svalbardrein. Tal observasjonsdagar inkluderer også 1. juli som var den standardiserte dato for føring av kalv per vaksen simle-raten frå sommarteljinga.

| År | Registreringsperiode | Observasjonsdagar | Kalv per vaksen simle | Studieområde |
|------|----------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 1979 | 31.05 – 29.06 | 7 | 0,26 | Adventdalen * |
| 1980 | 02.06 – 16.06 | 5 | 0,80 | Adventdalen |
| 1981 | 04.06 – 17.06 | 4 | 0,23 | Adventdalen |
| 1996 | 01.06 – 22.06 | 13 | 0,16 | Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen |
| 1997 | 24.05 – 25.06 | 34 | 0,77 | Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen |
| 1998 | 03.06 – 28.06 | 22 | 0,78 | Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen |

*: I perioden 03.06 – 10.06 vart det også gjennomført kalveregistreringar i Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen.

2.3.3 Registrering av kalving og GPS-merka simler juni 2015

Totalt 14 GPS-merka simler vart observert i samband med feltarbeidet i kalvingsperioden. Alle vart observert to eller fleire gongar. Sikker kalvingsdato vart fastsett for to av simlene. For resten av dyra endra ikkje kalvestatusen seg i løpet av feltperioden (Tabell 2).

Samla for alle gevirberande simler endra delen som hadde følgje av nyfødde kalvar seg frå 0 (3. juni) til 0,67 (8. juni). Tal nyfødde kalvar og simler med gevir registrerte per dato er vist i Tabell 3.

Av dei 14 GPS-simlene som vart registrert i juni, vart 9 fanga igjen i april 2016. I tillegg vart ei av simlene felt under ordinær jakt i august 2015. Med eitt unntak, lukkast det å laste ned GPS- og aktivitetsdata for perioden juni 2015 frå dei 10 tilgjengelege GPS-halsbanda.

Tabell 2. Kalvestatus (0 = Utan kalv; 1 = Med kalv) ved observasjonsdato for GPS-merka simler registrert i samband med feltarbeidet i Colesdalen 2015. Dei to individa med utheva skrift i kursiv fekk stadfesta kalvingsdato.

| Individ | Observasjonsdato (dd.mm) | | | | | |
|-------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 03.06 | 04.06 | 05.06 | 06.06 | 07.06 | 08.06 |
| B93 | | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| B123 | | | 1 | | 1 | 1 |
| B129 | | 0 | 0 | | | |
| B135 | | | | | 0 | 0 |
| B139 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| B154 | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| B158 | | | | 0 | 0 | |
| B165 | | | 1 | | 1 | 1 |
| G95 | | 0 | | | 0 | |
| W64 | | 0 | | 0 | | 0 |
| W103 | 0 | | | | | 0 |
| Y104 | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| Y117 | | 0 | 0 | 1 | | 1 |
| Y120 | | 0 | 0 | | 0 | 1 |

Tabell 3. Tal nyfødde kalvar og simler med gevir registrert per dato i løpet av feltarbeidet i Colesdalen 2015.

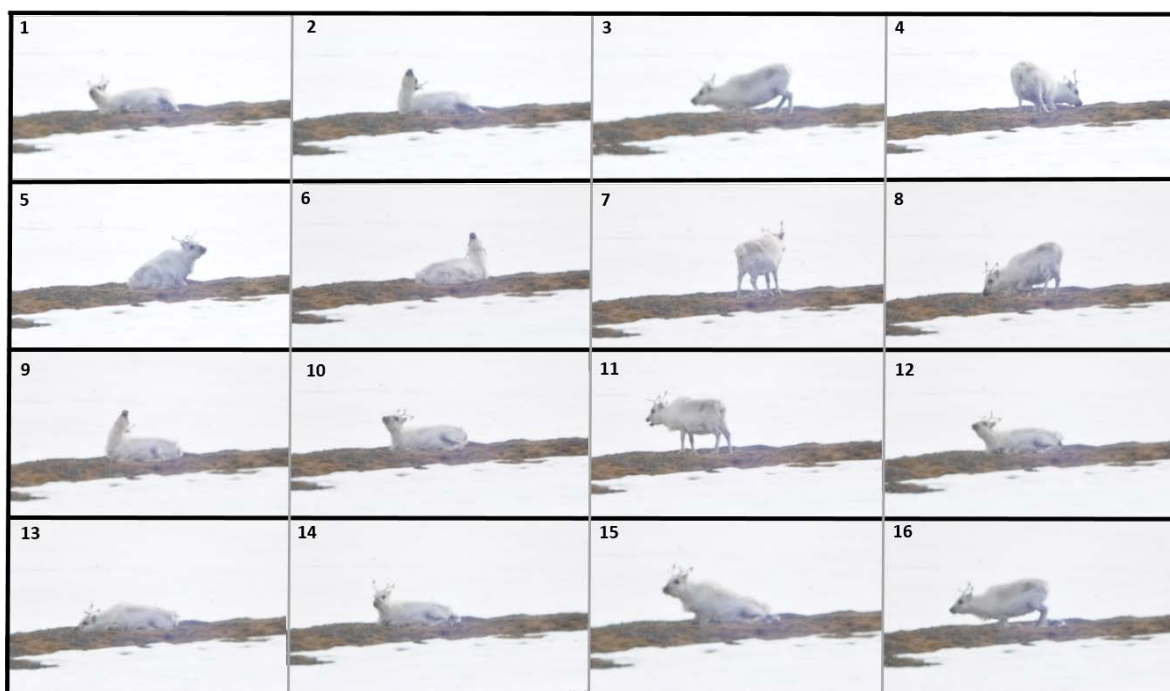
| Dato (dd.mm) | Kalvar | Simler | Kalv per simle |
|--------------|--------|--------|----------------|
| 03.06 | 0 | 44 | 0,00 |
| 04.06 | 6 | 94 | 0,06 |
| 05.06 | 20 | 112 | 0,18 |
| 06.06 | 32 | 114 | 0,28 |
| 07.06 | 37 | 89 | 0,42 |
| 08.06 | 72 | 108 | 0,67 |

2.3.4 Kalvingsåtfærd og GPS- og aktivitetsdata

Dyrs åtfærd i tida rundt fødsel avvik ofte tydeleg frå vanleg normalåtfærd (Lent 1966, Clutton-Brock & Guinness 1975, Church & Hudson 1996, Jensen 2012). Dette har i fleire samanhengar blitt brukt til å identifisere både tidspunkt og lokalitet for fødsel på bakgrunn av GPS-data (Strand mfl. 2011, Asher mfl. 2014, Dobos mfl. 2014, Severud mfl. 2015). GPS-data er derimot gjerne samla med tidsintervall som gjer det vanskeleg å få ei sikker identifisering av fødselstidspunkt. Samanlikna med GPS-data er aktivitetsdata «billige» å samle. Dette skuldast at aktivitetsdata vert samla lokalt ved bruk av innebygde sensorar og er lite energikrevjande. Registrering av GPS-data er derimot avhengig av kommunikasjon mot satellittar og er vesentleg meir batterikrevjande. For GPS-halsbanda som vart brukt på svalbardrein, vart det registrert ein GPS-posisjon annankvar time. Aktivitetsdata vart derimot registrert på femminuttarsintervall, der kvar registrering representerte dei samla registreringane for den føregåande femminuttarsperioden gitt på ein standardisert skala mellom 0 (ingen aktivitet) og 255 (maksimalt aktivitetsutslag). Denne finskala registreringa av aktivitetsmålingar gjer det mulig å knyte meir konkrete åtfærdsmønster til registrerte data.

Følgjande åtferdstrekk er felles for mange klauvviltartar:

- **Søk etter ein eigna fødestad.** Dette inneber gjerne at drektige hodyr trekk seg unna andre individ og kan gjerne oppsøke lokalitetar med tett vegetasjon der dette er tilgjengeleg. Denne fasen kan gjerne kjennast igjen i GPS-data ut frå auka gjennomsnittleg avstand mellom påfølgjande posisjonar.
- **Fødsel.** Dyra er relativt stasjonære men rastlause før fødselen startar. Fødselen er naturleg nok ei hending som skil seg frå all annan normalåtferd gjennom resten av året. Pressrier og utdriving av avkom pluss særeigne fødselsrelaterte åtferdsmønster leier fram til sjølv fødselen (Figur 6). Rett etter at avkomet er fødd blir det slikka reint av mora før ein etterfølgjande kvileperiode.
- **Første tid etter fødsel.** Dei første dagane etter fødsel viser hodyra gjerne ein tydeleg redusert områdebruk. Dette heng saman med at avkomet i denne perioden ikkje er sterk nok til å følgje mora i samband med normal beiteåtferd/forflytting. Når denne perioden er over, vil områdebruken til mor-kalv paret i langt mindre grad vere påverka av avkomets evne til å følgje etter mora.



Figur 6. Kalvingssekvens hos umerka simle fotografert 6. juni 2015. I løpet av den dryge timen som kalvinga pågjekk røyste og la simla seg gjentekne gongar. I samband med pressrier (mest sannsynleg) strekte ho hovud og hals opp og bakover. På bilete 14 er kalven fødd og simla røyser seg deretter raskt opp. Rett etter fødsel starta simla å slikke kalven rein. Dette tok om lag 1,5 time.

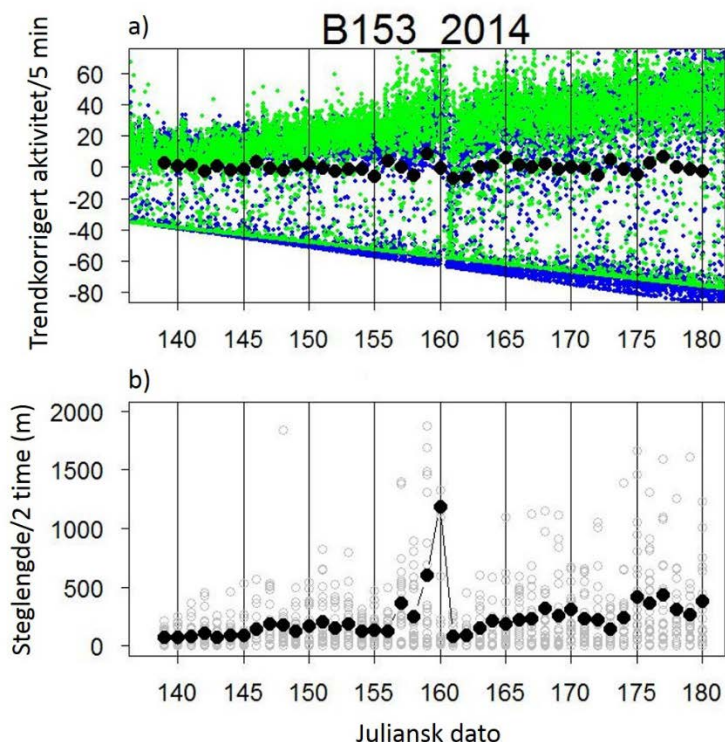
I samband med gjennomgangen av GPS- og aktivitetsdataene undersøkte vi om det fanst ein forventa signatur i dataene hos drektige simler innan ein aktuell tidsperiode for forventa kalving. Vi undersøkte også GPS- og aktivitetsdata frå simler som var blitt stadfesta som ikkje drektige i april same år.

2.3.5 Identifisering av kalvingsdato frå GPS- og aktivitetsdata

Basert på dei åtferdsmessige signaturane knytt til tida før, under og etter kalvinga forventa vi at GPS-dataene ville vise auka «steglengde» (avstand mellom påfølgjande posisjonsregistreringar) rett før kalving og redusert «steglengde» rett etter kalving. For aktivitetsdataene forventa vi å sjå

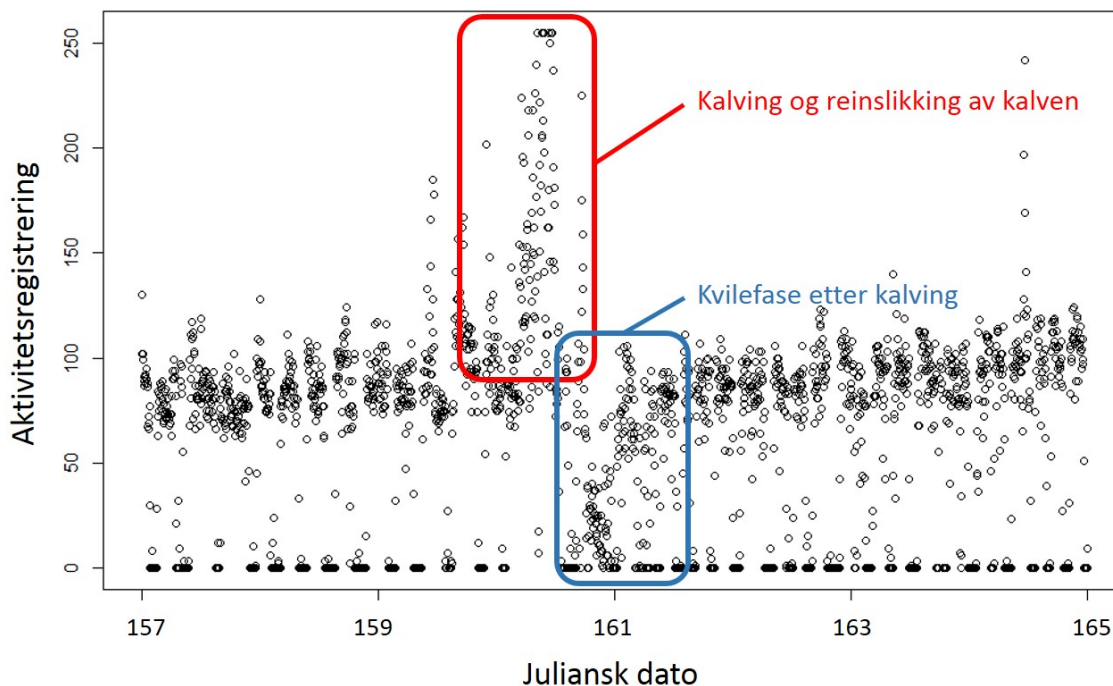
eit brot i den regulære beite-/kvilerytma. Vi venta også at den rastlause fasen i forkant av fødselen og aktiviteten knytt til sjølve fødselen ville resulterer i ein karakteristisk signatur i aktivitetsregistreringane.

Basert på tidlegare registrerte kalvingsdatoar (Tyler 1987, Skogland 1989, Irvine upublisert), forventta vi at kalvinga stort sett ville finne stad i perioden 1.-10. juni. Ved gjennomgang av GPS- og aktivitetsdataene vart likevel alle data plotta for tidsperioden 1. mai til 30. juni. Ved synlege avvik frå normalmønsteret for GPS- og/eller aktivitetsdataene zooma vi inn på den aktuelle tidsperioden for å sjå om det var grunnlag for å sannsynleggjere at dette signalet var knytt til ei kalving.



Figur 7. Eksempelplot av aktivitets- og GPS-data for individ B153 frå perioden 15. mai til 1. juli 2014. a): Plot av trendkorrigererte aktivitetsdata på femminuttarsintervall. Blå og grøn farge viser til registreringar frå ulike sensorar (vertikal og horisontal). b): Avstand mellom påfølgjande GPS-punkt (steglengde) ved totimars samplingsintervall. Grå sirkular er det enkelte datapunkt. I begge figurpanela er daglege middelerdiar gitt ved svarte kulepunkt. Juliansk dato er løpedag frå 1. januar. Dag nummer 160 er 9. juni. Detaljundersøking av aktivitetsdataene (Figur 8) viste at simla kalva denne dagen.

GPS-dataene i Figur 7 viser ein tydeleg topp i steglengda for dag 160 (9. juni). Rundt same dag viser punktvermen for aktivitetsdataene også ein markert topp etterfølgd av ein midlertidig dropp i dei registrerte aktivitetsverdiene. For å få eit betre detaljbilete av aktivitetsdataene zooma vi inn til det aktuelle tidsrommet (Figur 8).



Figur 8. Detaljplot av aktivitetsdata for individ B153 frå perioden 6.–14. juni 2014. Det raude rektangelet markerer den karakteristiske aktivitetssignaturen knytt til sjølve kalvinga (tydeleg auka aktivitet). Det blå rektangelet markerer den påfølgjande kvileperioden (tydeleg redusert aktivitet). Desse kjenneteikna vart brukt til å identifisere kalvingstidspunktet for den enkelte simle. Kalvingstidspunktet for B153 dette året vart fastsett til dag 160 (9. juni).

Basert på åtferdsobservasjonar gjort i kalvingsperioden 2015, kunne den karakteristiske signaturen i aktivitetsdataene relaterast til ulike stadia i samband med kalvinga. Den tydelege auken i aktivitetsregistreringar skuldast truleg uroa i samband med sjølve kalvinga og deretter den intense slikkinga av den nyfødde kalven. Heile fødselssekvensen vart dokumentert for ei umerka simle (Figur 6). I dette tilfellet tok sjølve kalvinga ca. 30 minutt og den påfølgjande slikkinga av den nyfødde kalven varte om lag ein time. Deretter starta ein lengre kvileperiode. Denne kvileperioden var derimot meir aktiv enn vanlege drøvtyggingsperiodar ved at mora stadig hadde kontakt med kalven, småslikka denne og dia for første gong. Data frå dei to simlene med stadfesta kalvingsdato viste at den karakteristiske signaturen i aktivitetsdataene (Figur 8) vart funnen på det forventa tidspunktet.

2.3.6 GPS- og aktivitetsdata 2009-2015

GPS- og aktivitetsdata frå mai-juni var tilgjengeleg for totalt 127 individår fordelt på 40 ulike individ. Kalvingsdato vart identifisert for 101 av dei tilgjengelege individåra (Tabell 4). I fire tilfelle vart det ikkje identifisert kalvingsdato for simler som var registrert drektige i april. Ei av desse simlene vart observert utan kalv i samband med sommarteljninga det aktuelle året. Dette kan tyde på at kalven den gjekk drektig med i april anten hadde blitt abortert i løpet av vinteren/våren eller var dødfødd. For resten av tilfella utan identifisert kalvingsdato var simlene anten ikkje drektige i april ($n = 15$) eller drektigheitsstatus i april var ukjent ($n = 7$). I sistnemnte tilfelle skuldast dette at simlene ikkje hadde blitt fanga det aktuelle året.

Tabell 4. Tal simler med GPS- og aktivitetsdata per år i perioden 2009-2015.

| År | Tal individ med aktivitetsdata | Tal individ med kalvingsdato |
|------|--------------------------------|------------------------------|
| 2009 | 20 | 18 |
| 2010 | 25 | 19 |
| 2011 | 26 | 17 |
| 2012 | 8 | 3 |
| 2013 | 19 | 18 |
| 2014 | 18 | 16 |
| 2015 | 12 | 10 |

2.4 Analysar

2.4.1 Berekning av årleg gjennomsnittleg kalvingsdato

For åra med observasjonsdata vart ein årleg kalvingsdato berekna på bakgrunn av tal årskalvar og eldre simler (i 2015 omfatta dette berre gevirberande simler) som vart observert per dato. For åra 2009-2015, vart alle simlene med tilgjengelege aktivitetsdata det enkelte år sett på som den tilgjengelege 'studiebestanden' (Tabell 4). Kalvingsdato for dette materialet vart fastsett gjennom metoden skildra i kapittel 2.3.6. For kvar dato i den aktuelle kalvingsperioden vart indeksen kalv per simle rekna ut på bakgrunn av dei tilgjengelege dataene.

Gjennom kalvingssesongen kan utviklinga i indeksen kalv per simle skildrast som ei S-forma kurve som flatar ut når den nærmar seg det enkelte års kalvingsrate. Vi nytta følgjande framgangsmåte for å berekne ein årleg gjennomsnittleg kalvingsdato: Vi antok at den enkelte simles kalvingsdato var ein normalfordelt tilfeldig variabel med middelværdi μ og standardavvik σ . Vi brukte deretter følgjande funksjon til å berekne utviklinga i indeksen kalv per simle p som ein funksjon av tid (Juliansk dato) t .

$$p = q \cdot \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (1)$$

Φ er den kumulative fordelinga av kalv per simle-indeksen. q er det enkelte års kalvingsrate og fungerer som ein skaleringsfaktor. Funksjonen skildrar ei S-forma kurve. Vendepunktet for kurva μ representerer dagen då halvparten av dei drektige simlene hadde kalva (sjå Garel mfl. 2009 for liknande bruk). Dette vart definert til å vere den gjennomsnittlege kalvingsdatoen for eit gitt år.

Funksjon (1) kan skrivast om til

$$\text{probit } \frac{p}{q} = \beta_0 + \beta_1 t, \quad (2)$$

der probit link-funksjonen er invers av den kumulative fordelinga Φ . Dei nye parameterane er gitt ved

$$\beta_0 = \frac{\mu}{\sigma}, \quad \beta_1 = \frac{1}{\sigma}. \quad (3)$$

Probit link-funksjonen (2) vart brukt til å estimere det enkelte års gjennomsnittlege kalvingsdato.

Vi brukte Pearson korrelasjonskoeffisient for å undersøke korrelasjonen mellom dei to variablane for vårstart, EVI-vår og T50. Tilsvarende test vart også nytta for å undersøke korrelasjonen mellom gjennomsnittleg kalvingstidspunkt og vårstart, og om det var tydelege trendar i vårstartvariablane eller kalvingstidspunkt.

Alle analysar vart gjennomført i programmet R versjon 3.2.4 (R Core Team 2016).

3 Resultat

3.1 Metodikk for identifisering av kalvingsdato

Vi lykkast i å utvikle ein metode for sikker stadfesting av kalvingsdato hos svalbardrein på bakgrunn av aktivitetsdata frå GPS-halsband. Dei to simlene som fekk stadfesta kalvingsdato i juni 2015 fungerte som validering av kriteria som vart brukt (Figur 7 og 8). I begge tilfella viste aktivitetsdataene eit tydeleg signal i løpet av den perioden som feltobservasjonane tilsa at kalvinga skulle ha skjedd.

Aktivitetsdataene vi hadde til disposisjon hadde høg oppløysing og gav følgeleg gode muligheter til å fange opp hendingar som markerer tydelege avvik frå normalåtferda. Sjølve kalvinga er i aller høgste grad ei slik avvikande hending og var også forventa å gi ein tydeleg signatur i aktivitetsdataene. For 15 av dei 127 tilgjengelege individåra var dei aktuelle simlene registrert som ikkje drektig i april. Ingen av desse simlene fekk påvist nokon kalvingsdato på bakgrunn av analysen av aktivitetsdataene dette året.

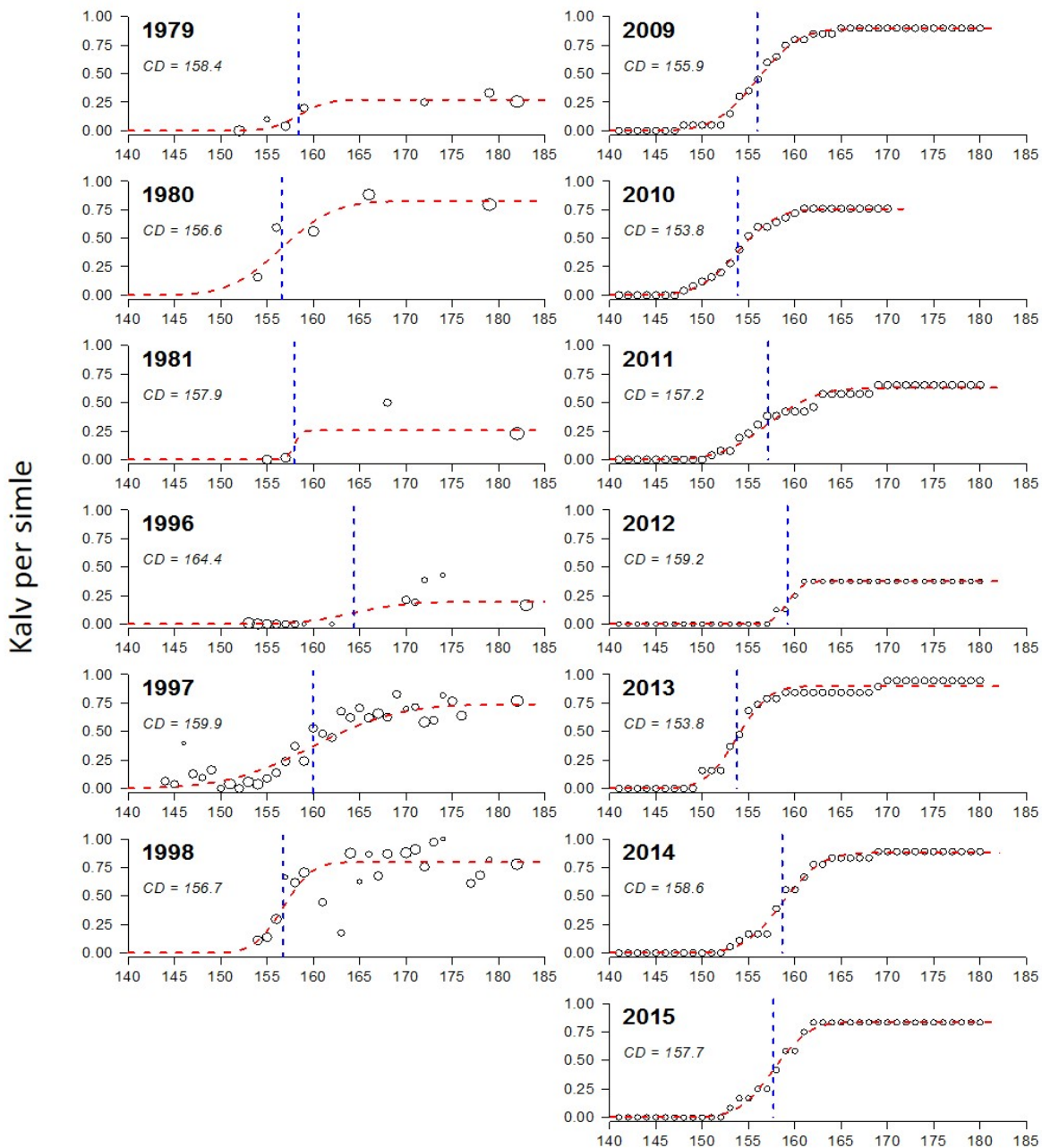
GPS-data er vanlegvis samla med mykje lengre tidsintervall, noko som avgrensar mulighetene for å fange opp mange åtferdsrelaterte trekk. GPS-data representerer også ein heilt anna type informasjon enn aktivitetsdata. For mange simler representerte mønsteret i posisjonsdataene likevel nyttig støtteinformasjon for identifisering av kalvingsdatoen. Det var likevel alltid aktivitetsdataene som låg til grunn for den endelege datofastsetjinga.

3.2 Tidsserie med estimat for årleg kalvingsdato

Med bakgrunn i ulike historiske kjelder klarte vi å berekne ein årleg kalvingsdato for 13 år i tidsperioden 1979-2015 (Figur 9).

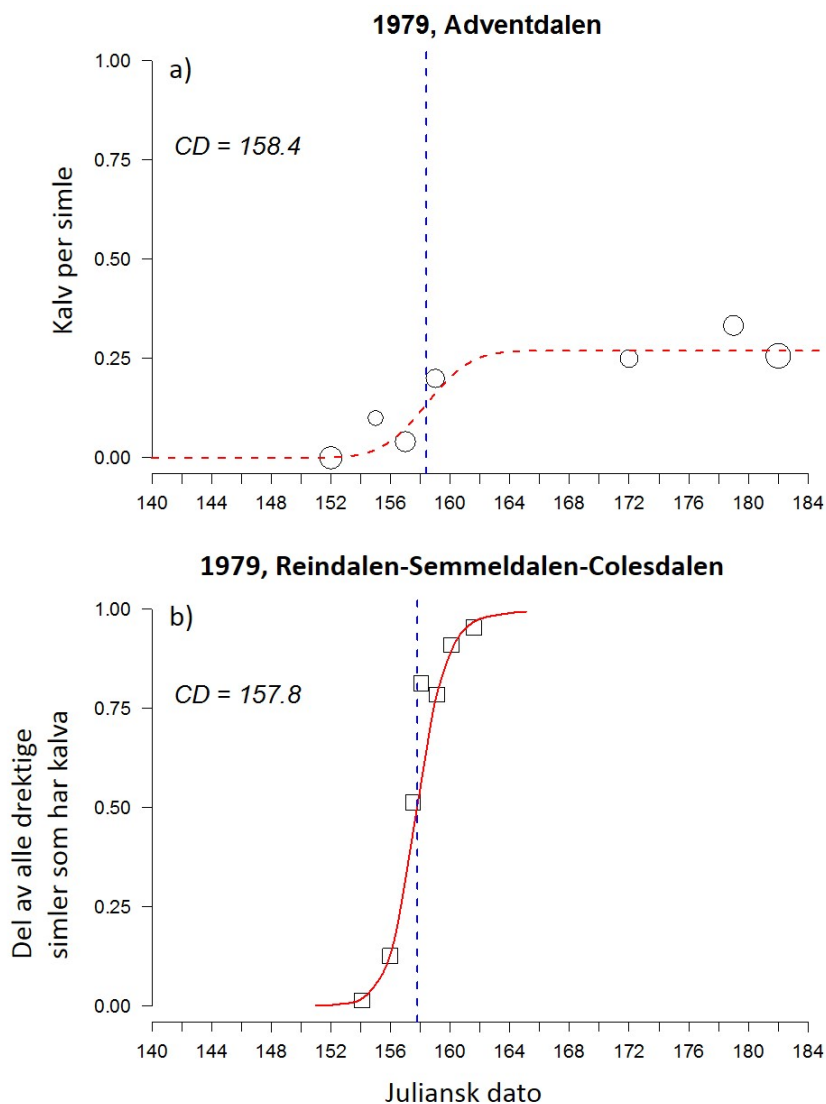
For 1979 hadde vi kalvingsdata frå både Adventdalen og Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen. Ei berekning av årleg gjennomsnittleg kalvingsdato for begge studieområda viste svært godt samsvar. Det er derfor ikkje grunnlag for å mistenke systematiske forskjellar i kalvingstidspunkt mellom dei to studieområda (Figur 10).

Også i 2015 hadde vi tilgang til to datasett som omfatta utviklinga gjennom kalvingsseasonen. Eit var basert på observasjonar og eit var basert på aktivitetsdata. Begge datasetta stamma frå Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen. Dei gjennomsnittlege kalvingsdatoane frå dei to datasetta var identiske (Figur 11). Sjølv om metodikken for innsamling av data for fastsetjing av ein årleg gjennomsnittleg kalvingsdato har endra seg i løpet av den aktuelle tidsperioden, er det ikkje grunn til å tru at dette har hatt vesentleg innverknad på resultatet.

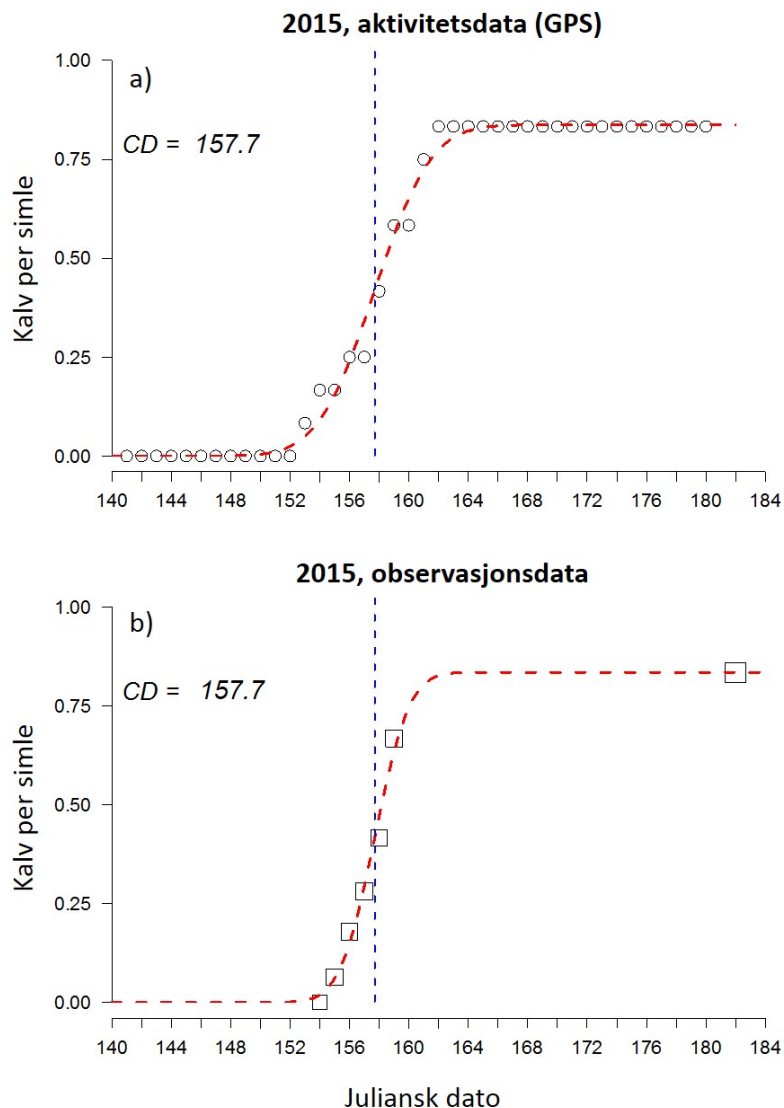


Juliansk dato

Figur 9. Estimert utvikling i indeksen kalv per voksen simle i løpet av kalvingsperioden for 13 år i perioden 1979-2015. Årstal er gitt med utheva skrift i kvart figurpanel. Opne sirkler representerer datapunkta for det enkelte år. Sirkelstorleiken er skalert i forhold til tal dyreobservasjonar som ligg til grunn for kvart datapunkt. Den raude stiplalinja i kvart figurpanel viser til den estimerte kurva frå ein probit link-funksjon som vart tilpassa datagrunnlaget. Den blå, vertikale stiplalinja markerer den gjennomsnittlege årlege kalvingsdatoen (CD). Den eksakte datoverdien (Juliansk dato) er gitt under kvart årstal. Venstre figurkolonne viser åra der datagrunnlaget er basert på observasjonsdata. Høgre figurkolonne viser åra der datagrunnlaget er basert på aktivitetsdata.



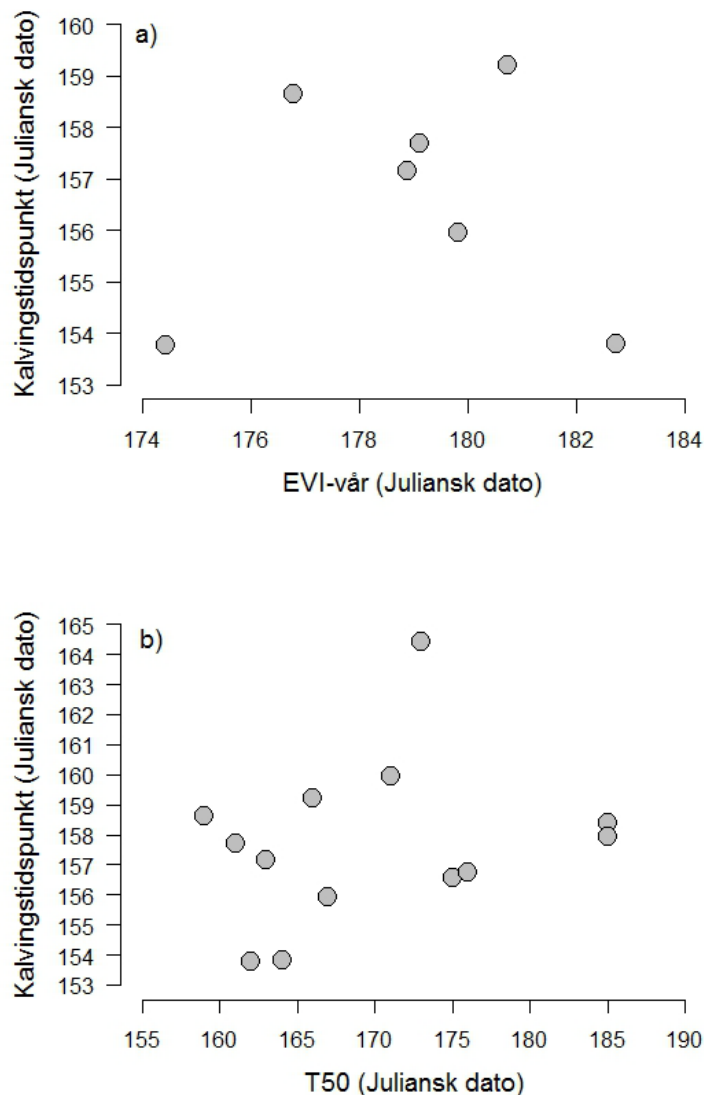
Figur 10. Beregna gjennomsnittleg kalvingsdato for dei to studieområda i 1979. I panelet for Adventdalen, a), representerer dei opne sirklane datapunkta. Sirkelstorleiken er skalert i forhold til tal dyreobservasjonar som ligg til grunn for kvart datapunkt. Den raude stiplalinja viser den estimerte kurva frå ein probit link-funksjon som vart tilpassa datagrunnlaget. Den blå, vertikale stiplalinja markerer den gjennomsnittlege årlege kalvingsdatoen (CD). Dato er gitt som Juliansk dato. Dag 152 er 1. juni. Panel b) viser datamaterialet frå kalveregistreringa i Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen. I kjeldematerialet var dataene presentert som kor stor del av den endelege kalvingsraten som hadde kalva ved ein gitt dato. Opne firkantar angir den enkelte dagsverdien. Raud heiltrekt kurve er ei glatta kubisk funksjon. Blå stipla linje markerer den gjennomsnittlege årlege kalvingsdatoen.



Figur 11. Beregna gjennomsnittleg kalvingsdato basert på aktivitetsdata a) og observasjonsdata b). Begge dataseriane er frå 2015 og studieområdet Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen. Dei opne symbola i begge panela representerer datapunkta og storleiken er skalert i forhold til dataomfanget. Raude stiplalinjer viser dei estimerte kurvene frå probit link-funksjonar som vart tilpassa datagrunnlaget. Blå, vertikale stiplalinjer markerer dei gjennomsnittlege årlege kalvingsdatoane (CD). Dato er gitt som Juliansk dato. Dag 152 er 1. juni.

3.3 Kalvingstidspunkt og vårens start

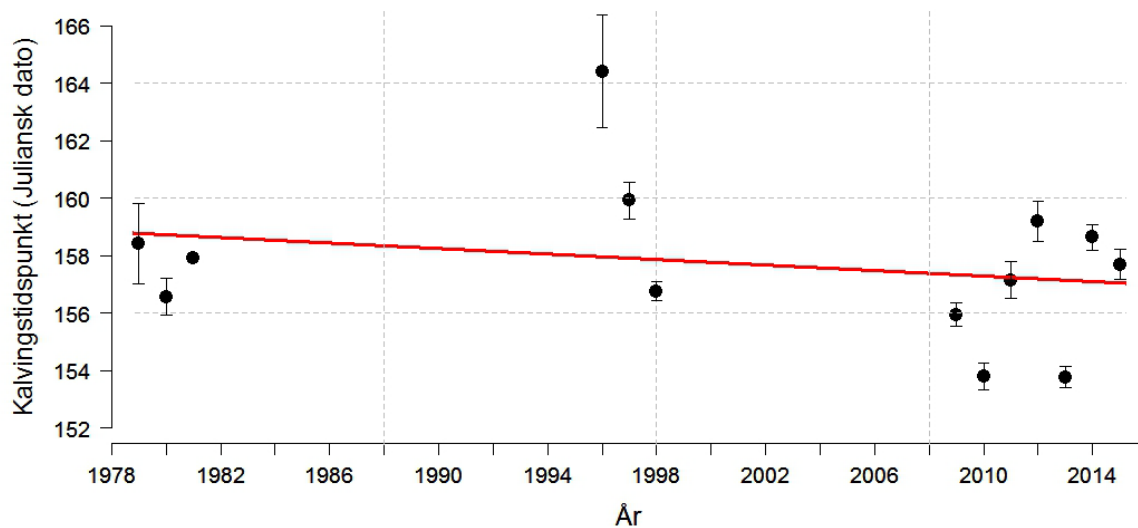
Årleg gjennomsnittleg kalvingsdato varierte mellom 2.-13. juni (Juliansk dato 154-164). Det var derimot ingen signifikant korrelasjon mellom årleg gjennomsnittleg kalvingsdato og korkje EVI-vår ($r = 0,06$; $p = 0,901$) eller T50 ($r = 0,26$; $p = 0,398$; Figur 12).



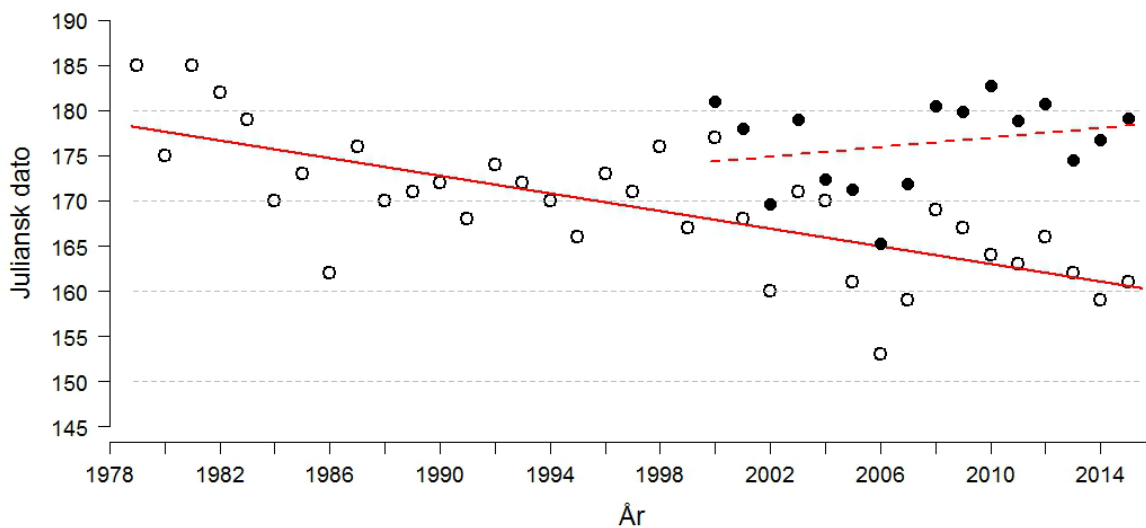
Figur 12. Årleg gjennomsnittleg kalvingsdato for svalbardrein mot to alternative estimat for vårstart, EVI-vår a) og T50 b). Datamaterialet i a) spenner over perioden 2009-2015. I b) representerer datamaterialet 13 kalvings sesonger i perioden 1979-2015.

3.4 Endringstrender i kalvingstidspunkt og forklaringsvariablar

Trass i 11 dagars variasjon i årleg gjennomsnitt for kalvingsdato, var det inga signifikant endring over den tidsperioden som datasettet spente over ($r = -0,24$; $p = 0,458$; Figur 13). Den komplette tidsserien for T50 frå heile studieperioden (1979-2015) viste derimot at tidspunktet for vårstart var blitt framskunda med heile 17,6 dagar ($r = -0,73$; $p < 0,001$; Figur 14). Den vesentleg kortare tidsserien for EVI-vår, 2000-2015, viste inga signifikant endring ($r = 0,26$; $p = 0,339$; Figur 14). Korta vi ned tidsserien for T50 slik at også denne berre omfatta åra 2000-2015 vart heller ikkje denne trenden lenger signifikant ($r = -0,43$; $p = 0,095$).



Figur 13. Beregna kalvingsdatoar (\pm SE) hos svalbardrein for dei 13 åra med tilgjengelege data frå tidsperioden 1979-2015.



Figur 14. Årsverdiar for dei to indeksane som vart nytta som estimat for vårstart. T50, opne sirkclar og raud heiltrekt trendlinje, og EVI-vår, fylte sirkclar og raud stipla trendlinje.

4 Diskusjon

Vi har i dette prosjektet vist at aktivitetsdata frå GPS-halsband er godt eigna til å avdekke kalvingsdato hos svalbardrein. Kalvingsdato er ein sentral livshistorieparameter som i tillegg til å ha innverknad på avkomets tidlege vekstvilkår og overlevingssjansar, også kan ha langtidskonsekvensar for individets fitness, dvs overleving og reproduktiv suksess seinare i livet (sjå f.eks. Festa-Bianchet 1988, Côté & Festa-Bianchet 2001, Feder mfl. 2008, Plard mfl. 2015). Slik individbasert informasjon er ofte svært ressurs- eller arbeidskrevjande å samle gjennom observasjonar i felt. Den beskrivne metodikken representerer derfor eit nyttig og kostnadseffektivt hjelpemiddel for å hente ut meirverdi frå data som i utgangspunktet vert samla for andre formål. Innsamlinga av data skjer også utan at dyra blir forstyrra i den svært sårbare kalvingsperioden.

I tidsserien over årlege gjennomsnittsdatoar for kalving varierte denne med 11 dagar. Det var derimot ingen signifikant trend mot eit tidlegare eller seinare kalvingstidspunkt (Figur 13). Eitt av åra, 1996, skilte seg ut frå dei andre gjennom å ha eit vesentleg seinare kalvingstidspunkt. Dette er same året som studiebestanden i Reindalen-Semmeldalen-Colesdalen opplevde ein svært vanskeleg vinter med mykje nedising av beita og stor dødelegheit (Albon mfl. 2017). Dyra som overlevde denne vinteren var svært avmagra og er ei sannsynleg årsak til den seine kalvinga.

Den temperaturbaserte vårstartvariabelen, T50, viste at våren var blitt vesentleg framskunda i løpet av dei 36 åra som studiet dekkja (Figur 14). Ei tilsvarende utvikling vart ikkje funnen for den andre vårstartvariabelen, EVI-vår, men denne dekkja ein vesentleg kortare tidsperiode. Vi gjentok derfor trendanalysen av T50 berre for dei åra som også var dekkja av EVI-vår (2009-2015). Då vart heller ikkje trenden i T50-dataene lenger signifikant. Dette understrekar viktigeita av lange tidsseriar for å stadfeste gradvise endringar som skjer over lang tid. Av same grunn bør fleire år med kalvingsdato samlast inn før ein kan dra sterke konklusjonar omkring trendar og mulige effektar av endring i vårstart og andre miljøfaktorar, som til dømes ising.

4.1 Konsekvens av uendra kalvingstidspunkt ved tidlegare vårstart

For reinen representerer vinteren ein periode med avgrensa fødetilgang. Fosterutviklinga hos drektige simler skjer i denne perioden og baserer seg på oppsparte kroppsreservar (Barboza & Parker 2008). Kalvinga skjer gjerne ei stund før planteveksten startar. Dette betyr at mjølkeproduksjonen i den første perioden av kalvens liv i stor grad er basert på moras energireservar (Barboza & Parker 2008, Parker mfl. 2009). Ei framskunding av vårstart representerer ei avkorting av perioden med fødeavgrensing. For reinen betyr dette tidlegare tilgang til ferske beiteresursar og auka energiinntak (Mårell mfl. 2006, Cebrian mfl. 2008).

Dersom ei framskunding av vårstarten skjer utan at kalvingstidspunktet endrar seg i tilsvarende grad, vil dette resultere i at drektige/mjølkeproduserande simler blir mindre avhengige av sine oppsparte energireservar for å dekke kostnadane knytt til produksjonen av foster/mjølke. Dette kan både resultere i at fleire klarer å produsere kalv og/eller at kalvane som vert fødd får betre vekstvilkår. Isolert sett burde tidlegare vårstart derfor representere ei positiv endring for reinen.

4.2 Avgrensingar ved innsamling og bruk av aktivitetsdata

Aktivitetsdataene som vart nytta i denne undersøkinga var samla med fem minuttars mellomrom, og kvart datapunkt representerte dei samla aktivitetsregistreringa frå dette tidsrommet. For GPS-halsbanda vi nytta er dette standardinnstillinga. Det er derimot fullt mulig å endre desse innstillingane. Om tidsrommet mellom registreringane vert auka kan dette gå ut over muligheita til å avdekke dei mønstera i aktivitetsdataene vi brukte som fødselssignatur.

Enkelte produsentar av GPS-halsband har innstillingar som gjer at aktivitetsdata berre vert samla i perioden som halsbandet brukar til å kople seg opp mot satellittar for å registrere eigen posisjon. Dette kan ta frå nokre få sekund til 1-2 minutt. For å unngå at søkinga etter satellittar skal bli for batterikrevjande, er det gjerne lagt inn ei tidsavgrensing for denne prosessen. Dette betyr at

tidsperiodane som aktivitetsdata vert samla frå vert korte. Tida mellom aktivitetsregistreringane vil også avhenge av kor ofte GPS-eininga er programmert til å ta posisjonar. Dette betyr i praksis at avdekking av fødselstidspunkt på bakgrunn av aktivitetsdata blir tilnærma umulig.

Identifiseringa av fødselsdato var i dei aller fleste tilfella svært uproblematisk. Det vil likevel alltid vere variasjon i denne typen data. Dette kan skuldast forhold ved det enkelte dyr, eller forhold knytt til sjølve aktivitetssensoren. På tvers av artar kan det også vere forskjellar knytt til fødsels-åtfërda som gjer at avdekkinga av ein fødsels-/kalvingssignatur ikkje er like eintydig.

Frå tid til anna skjer det dødfødselar. Dette er forventa å utløyse ein annleis respons hos mor enn ved ein normal fødsel av ein levande kalv. Dersom kalven vert fødd til normalt tidspunkt, er sjølve fødselssignalet i aktivitetsdataene forventa å vere som normalt. Det er derimot ikkje truleg at tørrslikkinga og stimuleringa av den nyfødde kalven vil vere like tydeleg og langvarig som for levandefødde kalvar. Dette er i så fall i tråd med observasjonar hos tamrein som kalva i hegn i Finnmark (T. Tveraa eigne observasjonar). Dette vil redusere den markante toppen i aktivitetsmålingane som vart registrert i denne fasen. I tilfelle dødfødsel/abort tidlegare i drektigheita er det grunn til å tru at fødselssignalet vil vere sterkt redusert. Utstøyting av eit foster som ikkje er ferdig utvikla er forventa å representere ei mindre fysisk påkjenning for mordyret enn ein normal fødsel. I slike tilfelle vil sannsynlegvis også behovet for ein kvilefase i etterkant av fødselen vere redusert. Slike hendingar er derfor ikkje forventa å kunne avdekkast på ein eintydig måte. Vi har derimot manglande grunnlag for å kunne konkludere omkring dette.

På sikt vil det vere ønskeleg å automatisere identifiseringa av kalvingsdatoar. Dette vil krevje at det vert utvikla prosedyrar og dataverktøy som kjenner igjen dei sentrale signala i dataene. Vi ønskjer å jobbe vidare mot eit slikt verktøy, og håper at det skal bidra til å auke nytteverdien av både eksisterande og framtidige merkeprosjekt.

5 Referansar

- ACIA. 2004. Impacts of a warming Arctic - Arctic climate impact Assessment. - Cambridge University Press.
- 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, B., Hansen, B. B., Lee, A. M., Tveraa, T. & Stien, A. 2017. Contrasting effects of summer and winter warming on body mass and population dynamics of a food-limited Arctic herbivore. - *Global Change Biology* 23: 1374-1389.
- Albon, S. D., Stien, A., Irvine, R. J., Langvatn, R., Ropstad, E. & Halvorsen, O. 2002. The role of parasites in the dynamics of a reindeer population. - *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 269: 1625-1632.
- Asher, G. W., Wall, A. J., O'Neill, K. T., Littlejohn, R. P., Bryant, A. & Cox, N. 2014. The use of GPS data to identify calving behaviour of farmed red deer hinds: Proof of concept for intensively managed hinds. - *Applied Animal Behaviour Science* 154: 93-103.
- At-Taras, E. E. & Spahr, S. L. 2001. Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. - *Journal of Dairy Science* 84: 792-798.
- Ballesteros, M., Bårdsen, B. J., Fauchald, P., Langeland, K., Stien, A. & Tveraa, T. 2013. Combined effects of long-term feeding, population density and vegetation green-up on reindeer demography. - *Ecosphere* 4: art45.
- Barboza, P. S. & Parker, K. L. 2008. Allocating protein to reproduction in Arctic reindeer and caribou. - *Physiological and Biochemical Zoology* 81: 835-855.
- Carlsson, A. M., Irvine, K. J., Wilson, K., Piertney, S. B., Halvorsen, O., Coulson, S. J., Stien, A. & Albon, S. D. 2012. Disease transmission in an extreme environment: Nematode parasites infect reindeer during the Arctic winter. - *International Journal for Parasitology* 42: 789-795.
- Cebrian, M., Kielland, K. & Finstad, G. 2008. Forage quality and reindeer productivity: Multiplier effects amplified by climate change. - *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 40: 48-54.
- Church, J. & Hudson, R. 1996. Calving behaviour of farmed wapiti (*Cervus elaphus*). - *Applied Animal Behaviour Science* 46: 263-270.
- Clutton-Brock, T. H. & Guinness, F. E. 1975. Behaviour of red deer (*Cervus elaphus* L.) at calving time. - *Behaviour* 55: 287-300.
- Côté, S. D. & Festa-Bianchet, M. 2001. Birthdate, mass and survival in mountain goat kids: effects of maternal characteristics and forage quality. - *Oecologia* 127: 230-238.
- Dobos, R. C., Dickson, S., Bailey, D. W. & Trotter, M. G. 2014. The use of GNSS technology to identify lambing behaviour in pregnant grazing Merino ewes. - *Animal Production Science* 54: 1722-1727.
- 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: 20161760.
- Espmark, Y. 1971. Antler shedding in relation to parturition in female reindeer. - *The Journal of Wildlife Management* 35: 175-177.
- Feder, C., Martin, J. G. A., Festa-Bianchet, M., Berube, C. & Jorgenson, J. 2008. Never too late? Consequences of late birthdate for mass and survival of bighorn lambs. - *Oecologia* 156: 773-781.
- Festa-Bianchet, M. 1988. Birthdate and survival in bighorn lambs (*Ovis canadensis*). - *Journal of Zoology* 214: 653-661.
- Friebe, A., Zedrosser, A. & Swenson, J. E. 2013. Detection of pregnancy in a hibernator based on activity data. - *European Journal of Wildlife Research* 59: 731-741.
- 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*: Article ID 893790.

- Garel, M., Solberg, E. J., Sæther, B. E., Grøtan, V., Tufto, J. & Heim, M. 2009. Age, size, and spatiotemporal variation in ovulation patterns of a seasonal breeder, the Norwegian moose (*Alces alces*). - *American Naturalist* 173: 89-104.
- 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: 313-315.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X. & Ferreira, L. G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. - *Remote sensing of environment* 83: 195-213.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change- Abstract for decision-makers.* Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat/Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC, C/O World Meteorological Organization, 7bis Avenue de la Paix, CP 2300 CH-1211 Geneva 2 (Switzerland). 1586 s.
- Jensen, M. B. 2012. Behaviour around the time of calving in dairy cows. - *Applied Animal Behaviour Science* 139: 195-202.
- Karlsen, S. R., Elvebakk, A., Høgda, K. A. & Grydeland, T. 2014. Spatial and temporal variability in the onset of the growing season on Svalbard, Arctic Norway - Measured by MODIS-NDVI satellite data. - *Remote Sensing* 6: 8088-8106.
- Lameris, T. K., Scholten, I., Bauer, S., Cobben, M. M., Ens, B. J. & Nolet, B. A. 2017. Potential for an Arctic-breeding migratory bird to adjust spring migration phenology to Arctic amplification. - *Global Change Biology*: n/a-n/a.
- Langbein, J., Scheibe, K. M. & Eichhorn, K. 1998a. Investigations on periparturient behaviour in free-ranging mouflon sheep (*Ovis orientalis musimon*). - *Journal of Zoology* 244: 553-561.
- Langbein, J., Streich, J. & Scheibe, K. M. 1998b. Characteristic activity patterns of female mouflons (*Ovis orientalis musimon*) in the lambing period. - *Applied Animal Behaviour Science* 58: 281-292.
- Lee, A. M., Bjørkvoll, E. M., Hansen, B. B., Albon, S. D., Stien, A., Sæther, B.-E., Engen, S., Veiberg, V., Loe, L. E. & Grøtan, V. 2015. An integrated population model for a long-lived ungulate: more efficient data use with Bayesian methods. - *Oikos* 124: 806-816.
- Lent, P. C. 1966. Calving and related social behaviour in the barren-ground caribou. - *Zeitschrift fuer Tierpsychologie* 23: 701-756.
- Loe, L. E., Hansen, B. B., Stien, A., Albon, S. D., Bischof, R., Carlsson, A., Irvine, R. J., Meland, M., Rivrud, I. M., Ropstad, E., Veiberg, V. & Mysterud, A. 2016. Behavioral buffering of extreme weather events in a high-Arctic herbivore. - *Ecosphere* 7: e01374.
- Milner, J. M., Stien, A., Irvine, R. J., Albon, S. D., Langvatn, R. & Ropstad, E. 2003. Body condition in Svalbard reindeer and the use of blood parameters as indicators of condition and fitness. - *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne de Zoologie* 81: 1566-1578.
- Mårell, A., Hofgaard, A. & Danell, K. 2006. Nutrient dynamics of reindeer forage species along snowmelt gradients at different ecological scales. - *Basic and Applied Ecology* 7: 13-30.
- 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.
- Omsjoe, E. H., Stien, A., Irvine, J., Albon, S. D., Dahl, E., Thoresen, S. I., Rustad, E. & Ropstad, E. 2009. Evaluating capture stress and its effects on reproductive success in Svalbard reindeer. - *Canadian Journal of Zoology* 87: 73-85.
- Parker, K. L., Barboza, P. S. & Gillingham, M. P. 2009. Nutrition integrates environmental responses of ungulates. - *Functional Ecology* 23: 57-69.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics.* 37. s. 637-669.

- Plard, F., Gaillard, J. M., Coulson, T., Hewison, A. J. M., Douhard, M., Klein, F., Delorme, D., Warnant, C. & Bonenfant, C. 2015. The influence of birth date via body mass on individual fitness in a long-lived mammal. - *Ecology* 96: 1516-1528.
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reimers, E., Nieminen, M. & Tsegaye, D. 2013. Antler casting in relation to parturition in semi-domesticated female reindeer. - *Rangifer* 33: 17-24.
- Severud, W. J., DelGiudice, G., Obermoller, T. R., Enright, T. A., Wright, R. G. & Forester, J. D. 2015. Using GPS collars to determine parturition and cause-specific mortality of moose calves. - *Wildlife Society Bulletin* 39: 616-625.
- Skogland, T. 1989. Comparative social organization of wild reindeer in relation to food, mates and predator avoidance. - *Advances in Ethology* 29: 3-74.
- Stearns, S. C. 1992. *The Evolution of Life Histories*. - Oxford University Press Inc., New York, USA.
- Stien, A., Ims, R. A., Albon, S. D., Fuglei, E., Irvine, R. J., Ropstad, E., Halvorsen, O., Langvatn, R., Loe, L. E., Veiberg, V. & Yoccoz, N. G. 2012. Congruent responses to weather variability in high arctic herbivores. - *Biology Letters* 8: 1002-1005.
- Strand, O. H., Panzacchi, M., Jordhøy, P. & Andersen, R. 2011. Villreinens bruk av Setesdalsheiene - Sluttrapport fra GPS-merkeprosjektet 2006-2010. NINA Rapport 694. - Norsk institutt for naturforskning, Trondheim.
- Sysselempene på Svalbard. 2009. Plan for forvaltning av svalbardrein, kunnskaps- og forvaltningsstatus, april 2009. 45 s.
- Talukder, S., Thomson, P. C., Kerrisk, K. L., Clark, C. E. F. & Celi, P. 2015. Evaluation of infrared thermography body temperature and collar-mounted accelerometer and acoustic technology for predicting time of ovulation of cows in a pasture-based system. - *Theriogenology* 83: 739-748.
- Tveraa, T., Stien, A., Bårdsen, B. J. & Fauchald, P. 2013. Population densities, vegetation green-up, and plant productivity: Impacts on reproductive success and juvenile body mass in reindeer. - *Plos One* 8: e56450.
- Tyler, N. J. C. 1987. Natural limitation of the abundance of the High Arctic Svalbard reindeer, PhD Thesis. Cambridge University. 321.
- 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: 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: 980-987.
- Veiberg, V. & Peeters, B. 2016. I svalbardreinens fødestove. - *Villreinen*: 74-76.



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er eit nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innan naturforskning. Vår kompetanse blir brukt i forskning, utgreiingsarbeid, overvaking og konsekvensutgreiingar.

Vår primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskinga er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjonar, tverrfagleg samarbeid og økosystemtilnærming. Offentleg forvaltning, næringsliv og industri samt Noregs forskingsråd og EU er blant våre oppdragsgjeverar og finansieringskjelder.

Verksemda er hovudsakleg retta mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer eit breitt spekter av tenester gjennom forskingsprosjekt, miljøovervaking, utgreiingar og rådgjeving.

ISSN: 1504-3312
ISBN: 978-82-426-2999-9

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovudkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger