

Gjenanalyse av intensive overvåkingsfelter for markvegetasjon i Endalen, Svalbard 2014

Endringer i vegetasjon fra 2009 til 2014 og vurdering av overvåkingsmetodikk

Vegar Bakkestuen
Per Arild Aarrestad
Odd Egil Stabbetorp



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Gjenanalyse av intensive overvåkingsfelter for markvegetasjon i Endalen, Svalbard 2014

Endringer i vegetasjon fra 2009 til 2014 og vurdering av overvåkingsmetodikk

Vegar Bakkestuen
Per Arild Aarrestad
Odd Egil Stabbetorp

Bakkestuen, V., Aarrestad, P.A. & Stabbetorp O.E. 2015. Gjenanalyse av intensive overvåkingsskjer for markvegetasjon i Endalen, Svalbard 2014. Endringer i vegetasjon fra 2009 til 2014 og vurdering av overvåkingsskjemetodikk - NINA Rapport 1122. 37 s.

Oslo, juni 2015

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2744-5

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Vegar Bakkestuen

KVALITETSSIKRET AV

Erik Framstad

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Erik Framstad (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Norsk Polarinstitutt

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

John Richard Hansen

FORSIDEBILDER

Øverst venstre: Reinrose (*Dryas octopetala*). Øverst høyre: Kantlynghei overgang grassnøleie. Nederst venstre: Reinroserabb. Nederst høyre: Kantlyng (*Cassiope tetragona*). Alle fra Endalen, Svalbard. Fotografier: Per Arild Aarrestad

NØKKELOORD

Svalbard, overvåking, vegetasjon, karplanter, moser, lav, klimendring, luftforurensing, gjenanalyse, jordsmonn, jordtemperatur

KEY WORDS

Svalbard, monitoring, vegetation, vascular plants, bryophytes lichens, air pollution, re-analysis study, soil, soil temperature

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

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

Sammendrag

Bakkestuen, V., Aarrestad, P.A. & Stabbetorp O.E. 2015. Gjenanalyse av intensive overvåkingsfelter for markvegetasjon i Endalen, Svalbard 2014. Endringer i vegetasjon fra 2009 til 2014 og vurdering av overvåkingsmetodikk – NINA Rapport 1122. 37s.

Markvegetasjonen på Svalbard forventes å bli påvirket av klimaendringer, samtidig som tilførsel av miljøgifter, sur nedbør og langtransportert nitrogen kan øke som et resultat av økt nedbør og økt avsmelting av snø og is. I 2009 ble det opprettet et overvåkingsfelt for markvegetasjon i Endalen som et ledd i den pågående overvåking av miljøet på Svalbard. Gjenanalyse ble utført i 2014. Målsettingen har vært å avdekke mulige effekter av klimaendringer, sur nedbør, eutrofiering og annen luftforurensing på bakkenær vegetasjon. Her rapporteres endringer i vegetasjonen etter første gjenanalyse av overvåkingsfeltet 5 år etter etablering med en vurdering av overvåkingsmetodikken.

Endalen ligger i mellomarktisk region i et område med varmekjære arter på Svalbard nær Longyearbyen med løsmasser fra sedimentære bergarter som sandstein, siltstein og leirskifer. Det er benyttet tilsvarende metodikk som for vegetasjonsøkologisk overvåking i Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) på fastlandet, der arters forekomst og mengde overvåkes i permanent oppmerkede analyseruter i de viktigste floristiske og økologiske gradienter innen overvåkingsområdet. Økologiske parametere som kan forklare artssammensetning og endring i vegetasjon måles samtidig. Vegetasjonen er overvåket i en gradient fra reinroserabb, via kantlynghei til grassnøleie, med vekt på overgangssoner mellom de tre habitatene.

Ti analysefelter à 5 m x 10 m ble i 2009 subjektivt lagt ut i den sørøsteksponerte dalsiden, to felter i hvert habitat og to felter i hver overgangssone. I hvert felt ble det lagt ut 5 analyseruter à 0,5 m x 0,5 m med tilfeldig plassering av rutene, totalt 50 analyseruter. I hver analyserute ble det registrert prosent dekning av totalt vegetasjonsdekke, feltsjikt, bunnsjikt, strø, stein og åpen jord, død kantlyng og avstand til nærmeste kantlyngbestand. Vegetasjonen i rutene er i 2009 og 2014 analysert ved hjelp av 0,5 m x 0,5 m aluminiumsrammer inndelt i 16 småruter. I hver av smårutene er forekomst og fravær av alle karplanter, moser og lav registrert. I tillegg er dekning av hver art innen analyseruta angitt i prosent. Alle analyseruter og småruter er fotografert med digitalt kamera. En temperaturlogger er satt ned i øvre jordlag utenfor hver analyserute for kontinuerlig måling hver tredje time. Disse må innsamles og settes ut hvert år. I inneværende periode har vi temperaturdata for 2009-2012. Det ble satt ut nye loggere i 2014.

Antall kryptogamer i analyserutene, særlig bladmoser, er betydelig høyere enn antall karplanter, og diversiteten er størst i grassnøleiene. Ordinasjonsanalyser viser en gradient i vegetasjonen fra relativt tørre, vindeksponerte reinroserabber med grovt mineralrikt substrat, via arter som er mer tilpasset et humusrikt jordsmonn i mer beskyttet kantlynghei til fuktigere, moserike grassnøleier. Vegetasjonen er også påvirket av en gradient i mikroklima fra rabb til snøleie. Resultatene fra gjenanalysen i 2014 viser foreløpig små endringer, noe som i sin helhet tyder på at vegetasjonen har vært nokså stabil i perioden 2009 – 2014. Imidlertid ses en trend i klimarelaterte endringer som avsviing av kantlyng og tilbakegang av lav, trolig på grunn av økt vekslings mellom frost og mildvær med isdannelse på bakken, noe som kan gi frost- og tørkeskader på følsomme planter. Videre ser vi en framgang av reinrose og graminider som tyder på en svak utvikling mot mer rabbepraget vegetasjon. Etasjemose, som er en varmekjær mose her, har økt i mengde.

Overvåkingsmetodikken fanger opp små utviklingstrender og er velegnet til å gi et tidlig varsel på eventuelle større endringer i framtiden. Det bør vurderes å utvide overvåkingsprogrammet til også å omfatte mer kjølige vegetasjonselementer i overgangen mellom mellomarktisk og høyarktisk region.

Vegar Bakkestuen (vegar.bakkestuen@nina.no) og Odd Egil Stabbetorp: Norsk institutt for naturforskning (NINA), Gaustadalléen 21, 0349 Oslo. Per Arild Aarrestad: Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim.

Abstract

Bakkestuen, V., Aarrestad, P.A. & Stabbetorp O.E. 2015. Re-analysis of intensive monitoring sites for ground vegetation in Endalen, Svalbard 2014. Changes in vegetation from 2009 to 2014 and evaluation of the monitoring methods. – NINA Report 1122. 37 pp.

The ground vegetation on Svalbard will probably be affected by changes in climate, increased input of organic and inorganic pollutants, acid rain and long-range transported nitrogen as a result of scenarios of increased precipitation and increased melting of snow and ice. As a part of an ongoing environmental monitoring program for Svalbard a site for monitoring ground vegetation was established in Endalen in 2009. The aim of the project is to identify possible effects of climatic change and air pollution on the floristic composition of the ground vegetation. The site was re-analysis for vegetation change in 2014 and evaluated for further use.

The valley Endalen is situated in the mid arctic region in an area with relative thermophilous species near Longyearbyen. The valley consists of deposits from sedimentary bedrocks such as sandstone, siltstone and clay schist. The monitoring design is comparable with methods used in the Terrestrial Monitoring Program (TOV) on the mainland. Species abundances are monitored in permanent plots in the most important floristical and ecological gradients within the monitoring area. Environmental variables that explain the variation and changes in species composition are measured simultaneously. In Endalen the gradient from *Dryas octopetala* ridges, through *Cassiope tetragona* heaths to grass-dominated snow beds were monitored, with an emphasize on the ecotones between the habitats.

Ten macroplots, each 5 m x 10 m, were placed subjectively in the south-east exposed hillside, two plots in each habitat and two plots in each transitional zone. Five mesoplots, each 0.5 m x 0.5 m, were randomly distributed within each of the macroplots, totally 50 plots. The percentage cover of the field layer, ground layer, total vegetation cover, litter, stone, open soil, dead *Cassiope*, and the distance to the nearest *Cassiope* were recorded from each mesoplot. The species composition of the mesoplots was analysed by use of 0.5 m x 0.5 m aluminum frames divided into 16 subplots. The abundance of vascular plants, bryophytes and lichens was estimated using percentage cover of each species within the mesoplot, and by frequency distribution based on present/absent data of the species from each of the 16 subplots. Digital photos of all plots were recorded. Soil samples were collected outside each mesoplot for analyses of soil humidity and bulk density. So far, chemical analyses have not been carried out.

The number of cryptogamic species within the mesoplots, especially bryophytes, was considerably higher than the number of vascular plants, and the species richness was highest in the snow beds. Ordination analysis showed a gradient in species composition related to environmental gradients from wind-exposed, relative dry ridges with coarse mineral soil, through more protected humus-rich soil in the *Cassiope* heath to humid snow beds, rich in bryophytes. The vegetation also reflects a soil temperature gradient. The results from the re-analyses in 2014 show small changes in species composition. However, there is a climate-induced reduction of *Cassiope* and lichen coverage, probably due to more frequent shifts between freezing and thawing periods leading to icy conditions on the ground. In contrast, there is an increase in coverage of *Dryas* and grasses common on ridges. The bryophyte *Hylocomium splendens*, a species that on Svalbard is thermophilous, has increased its coverage in the monitoring plots

The methodology used is highly suited to discover small changes and give early warning signals for future predictions of vegetation change. We recommend to expand the monitoring area on Svalbard to include areas that are typical for more high arctic vegetation.

Vegar Bakkestuen (vegar.bakkestuen@nina.no) and Odd Stabbetorp: Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Gaustadalléen 21, 0349 Oslo. Per Arild Aarrestad: Norwegian Institute for Nature Research (NINA), P.O.Box 5685 Sluppen, 7485 Trondheim.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Overvåkingsområdet Endalen	8
2.1 Valg av område	8
2.2 Områdebeskrivelse	8
3 Overvåkingsdesign, materiale og metoder	11
3.1 Analysefelter og analyseruter	11
3.2 Analyse av vegetasjonsstruktur, antall arter, artsmengde og artssammensetning	17
3.3 Nomenklatur, arter og artsgrupper	17
3.4 Jordprøver	18
3.5 Temperaturloggere	19
3.6 Statistiske analyser og ordinasjon for endringer mellom 2009 og 2014	20
4 Resultat	21
4.1 Endringer i artsantall og forekomst av arter fra 2009 til 2014	21
4.2 Endringer i mengde av enkeltarter 2009 - 2014	21
4.3 Artssammensetningen i rabb-snøleiegradienten	22
4.4 Artssammensetningens relasjon til miljøvariabler	23
4.5 Endringer i artssammensetning fra 2009 til 2014	24
4.6 Jordtemperaturer	25
5 Diskusjon	28
5.1 Vegetasjonsendringer 2009 til 2014	28
5.2 Design av overvåkingsmetodikk	28
5.3 Arter og funksjonelle grupper	29
5.4 Variabler/parametere som bør inngå i et overvåkingsprogram	29
5.5 Konklusjon	31
6 Referanser	33
7 Vedlegg	35

Forord

Norsk institutt for naturforskning (NINA) fikk i 2009 i oppdrag av Norsk Polarinstitutt (NP) å opprette et overvåkingsområde for markvegetasjon på Svalbard med metodikk tilpasset den som benyttes i overvåkingen av markvegetasjon i Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) på fastlandet. Som standard TOV-metodikk utføres overvåkingen med 5-års intervaller. I rapporten presenteres dermed første gjenanalyse av feltene utført i 2014

Utvikling av metodikken var før utleggingen av feltene i 2009 diskutert med flere faglige miljøer, og vi takker Inger Greve Alsås (UiT), Pernille B. Eidesen (UNIS), Elisabeth Cooper (UiT), Lennart Nilsen (UiT), Bernt Johansen (Norut), Stein Rune Karlsen (Norut) og Hans Tømmervik (NINA) for å ha bidratt med inngående kunnskap om Svalbards flora og økologi. Dette har vært til nytte i opprettelse av overvåkingsområdet. Dagmar Hagen (NINA) har også bidratt med økologisk og floristisk kompetanse, samt med utlegging og innsamling av dataloggere. Kristian Hassel har bidradd med mosekunnskap og bestemmelsesarbeid. Svein Erik Storeid takkes for logistikk under feltarbeidet i 2014 og for å ha vært vår bjørnevakt. Heidi Myklebost og Mildrid Alise Skorstad har punchet og tilrettelagt feltdataene for analyser. Videre en takk til Lokalstyret på Svalbard som gav tillatelse til å opprette dette overvåkingsområdet i Endalen, og ikke minst til John Richard Hansen ved NP for et godt samarbeid underveis.

Vi håper at det etablerte overvåkingsprogrammet for markvegetasjon på Svalbard kan videreutvikles til også å omfatte flere stasjoner i mellomarktisk og høyarktisk region for å dekke større vegetasjonsgradienter, samtidig som resultatene fra overvåkingen kan benyttes i forhold til annen pågående vegetasjonsovervåking på Svalbard og sirkumpolar overvåking i Arktis.

Oslo, mars 2015

Vegar Bakkestuen
Prosjektleder

1 Innledning

Vegetasjonen på Svalbard er et resultat av aktive prosesser knyttet til isbreer, smeltevann, jorderosjon, forvitring av berggrunn og løsmasser, og samspill med dyr og mennesker i et arktisk klima preget av korte, kjølige somrer med relativt lite nedbør. Klimaet har imidlertid blitt varmere og våtere de siste 100 år, og disse klimaendringene forventes å fortsette betydelig de nærmeste tiår (Førland et al. 2010). NorACIAs klimascenarier for Svalbard viser en antatt økning i årstemperatur på 3-8 °C og opp til 40 % økte nedbørsmengder de kommende 50 til 100 år, der mer nedbør også vil komme som snø. Dette kan påvirke lengden av plantenes vekstsesong, tilgang på jordfuktighet og næring og sammen med økte temperaturer bidra til endringer i ulike vegetasjonstypers artssammensetning og utbredelse, trolig mot mer varmekrevende vegetasjon.

Tilførsel av miljøgifter (POP og tungmetaller), sur nedbør og langtransportert nitrogen kan øke som resultat av økt nedbør og ved avsmelting av snø og is som har akkumulert miljøgifter over tid, særlig gjelder dette nitrogen med en forventet økning på mer enn 30 % i Norsk Arktis (Hole & Engardt 2008). Økt nitrogentilgang kan føre til eutrofiering, økt biomasseproduksjon og redusert plantediversitet (Bobbink et al. 2010, Bobbink & Hetteling 2011). Arktisk-alpine heier på Svalbard kan således få en tilbakegang av lav, moser og eviggrønne busker og økt grasvekst hvis nitrogenavsetningen øker.

Det er således av stor interesse å følge utvikling av vegetasjonen på Svalbard i forbindelse med fremtidige klimaendringer og forurensing. I 1991 ble det satt i gang en vegetasjonsovervåking ved Dyrevika i Kongsfjorden på Svalbard av Norsk Polarinstitut (NP) i samarbeid med Direktoratet for naturforvaltning (DN) i regi av Program for terrestrisk naturovervåking - TOV (Wegener et al. 1992). Området ble re-analysert i 1994 (Jacobsen 1994), men overvåkingen har siden ikke blitt videreført pga. av en sterk økning i beite av rein som helt har endret den opprinnelige vegetasjonen.

Som et ledd i en videreføring av den pågående overvåking av miljøet på Svalbard i regi av Miljøovervåkingssystemet for Svalbard og Jan Mayen (MOSJ) fikk NINA i 2009 i oppdrag av NP å etablere en ny stasjon for intensiv overvåking av markvegetasjon i Endalen relatert til påvirkningsfaktorene klima og forurensing (Aarrestad et al. 2010). Med intensiv overvåking menes detaljerte feltstudier av flere parametere samtidig innen et avgrenset område over tid. Pilotprosjektet var planlagt for fem år som et grunnlag for valg av fremtidig overvåkingsmetodikk for markvegetasjon på Svalbard. Det presiseres at spesifikk overvåking av beitepåvirkning ikke var en del av oppdraget.

Overvåkingsmetodikken er harmonisert med overvåking av markvegetasjon i regi av TOV på fastlandet og kan avdekke tidlige effekter av klimatiske endringer, sur nedbør, eutrofiering (nitrogen) og annen forurensing (organiske miljøgifter og metaller) på bakkenær vegetasjon ved gjenanalyser av utvalgte parametere. Resultater fra overvåkingen vil videre kunne ses i sammenheng med annen overvåking av vegetasjon på Svalbard i regi av MOSJ og annen sirkumpolar overvåking i Arktis.

Denne rapporten beskriver metodikk for utlegging og overvåking av overvåkingsfelter, registreringer av biotiske og abiotiske variabler og sammenstiller resultatet over endringer i målte parametere fra 2009 til 2014. Rapporten gir også en vurdering av metodikken i forhold til etablering av en langsiktig overvåking av markvegetasjon på Svalbard, med anbefalinger om hvilke overvåkingsparametere som bør videreføres.

2 Overvåkingsområdet Endalen

2.1 Valg av område

Det ble utført en forundersøkelse på Svalbard sommeren 2008 med formål å velge ut egnede lokaliteter for overvåkingen (Aarrestad & Hagen 2008). Tidligere overvåkingsfelter og områder med pågående forskning ble vurdert. Av 7 oppsøkte lokaliteter ble Endalen (**Figur 1**) anbefalt som den best egnede. Lokaliteten inneholder vegetasjonstyper som er representative for den midlere varmekjære delen av Svalbard og som kan respondere på et endret klima. Området er allerede benyttet til klimarelatert forskning knyttet til vegetasjon, noe som fremtidig overvåking kan dra nytte av. Bl.a. kan referansedata fra et eksisterende ITEX (The International Tundra Experiment) forskningsfelt i Endalen (Arft et al. 1999) og fra et forskningsfelt for gåsebeite i Adventdalen (Kuijper et al. 2006) bidra med tolkninger av vegetasjonsendringer.

2.2 Områdebeskrivelse

Klima og geologi

Endalen er en sidedal til Adventdalen og ligger i mellomarktisk region i et område med relativt varmekjære arter på Svalbard nær Longyearbyen (**Figur 1** og **2**). Årsnormalen for temperatur er $-6,7^{\circ}\text{C}$ med gjennomsnittstemperaturer for sommermånedene (vegetasjonsperioden) juni, juli og august på henholdsvis $2,0$, $5,9$ og $4,7^{\circ}\text{C}$ (Svalbard lufthavn, Longyearbyen, perioden 1961-1990, Meteorologisk institutt - eKlima). Gjennomsnittstemperaturen for sommermånedene har her økt med ca. 2°C siden 1960-tallet, og den gjennomsnittlige årstemperaturen forventes å øke med $3-8^{\circ}\text{C}$ de nærmeste 50 – 100 år (Førland et al. 2010).

Årsnormalen for nedbør, basert på målinger fra samme stasjon og samme tidsperiode, er 190 mm. Normalen har vist en svak økning de siste 100 år, men det forventes opp til 40 % økning i årlige nedbørsmengder de nærmeste 50-100 år (Førland et al. 2010).

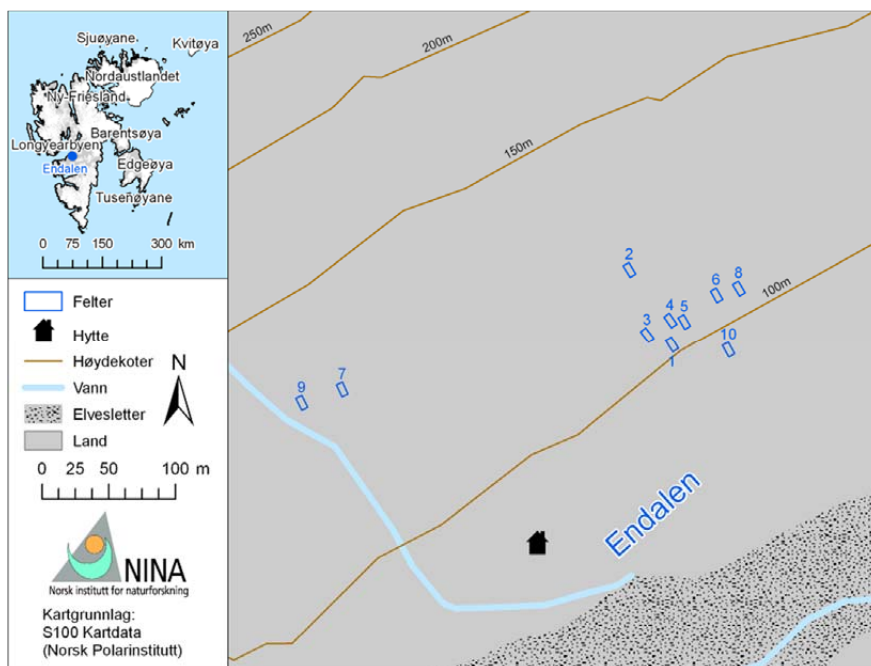
Berggrunnen i Endalen består av flatt-liggende sedimentære bergarter (Major et al. 2000, Dallmann et al. 2001). Dalsidenes nedre deler, der overvåkingsfeltene ligger, tilhører "Caro-linefjellformasjonen" med sandstein, siltstein og leirskifer fra perioden middeljura til under-kritt. De brattere, øvre deler av dalsidene består av "firkantformasjonen" med sandstein, siltstein og leirskifer med kull-lag fra perioden paleocen til eocen.

Overvåkingsfeltene ligger på løsmasser som er en blanding av rasmateriale og soliflукsjonsmateriale av de nevnte sedimentære bergartene fra fjellmassivet mellom Trollsteinen 849 m o.h. og Lindholhøgda 455 m o.h. ved utløpet av dalen (Tolgensbakk et al. 2000). Sammen med erosjon fra snøras og snøsmelting er det dannet et undulerende landskap med rygger og forsenkninger langs dalsidene (**Figur 2**). Området har permafrost, og det aktive øverste laget som smelter om sommeren, varierer fra 20-30 cm opp til 1,5 m avhengig av snødekket, vegetasjon, jordsmonnstype og jordfuktighet (Sørbel et al. 2001). Berggrunnen og sammensetningen av løsmassene antas å gi opphav til et kalkrikt jordsmonn for vegetasjonen.

Vegetasjon og ytre påvirkningsfaktorer

Endalen går i sydvestlig til nordøstlig retning, og den sydøsteksponerte dalsiden, som ble valgt som overvåkingsområde, inneholder ulike vegetasjonsutforminger av rabbevegetasjon, lyngdominert lesidevegetasjon og snøleier som følger små variasjoner i topografien med veksling mellom rygger og forsenkninger bortover dalsiden (**Figur 2**). Øverst på ryggene finnes eksponert rabbevegetasjon som polarvier-reinrosesamfunn (*Salix polaris* - *Dryas octopetala*), mens lesider inneholder kantlynghei (*Cassiope tetragona*) som går over i gras- og mosesnøleier i forsenkningene (Elvebakk 1994, Rønning 1996, Weijers et al. 2012). Nederst i lia mot elva finnes våt snøleiepåvirket og kildepåvirket vegetasjon.

Variasjonen i vegetasjonsutformingene er avhengig av snødekkets varighet og mikroklima, men også av de edafiske forhold og massetransport av materiale og vannsig nedover lia. Vegetasjonen er typisk for denne regionen på Svalbard. Endalen har innslag av det mer sjeldne, varmekjære elementet som finnes mer utbredt i den nærliggende Colesdalen, bl.a. finnes små, fragmenterte bestander av dvergbjørk (*Betula nana*) og fjellkrepling (*Empetrum nigrum* ssp. *hermaphroditum*), I.G. Alsos (pers medd.). Disse bestandene er ikke innlemmet i overvåkingsflatene, men ved økte temperaturer er det en mulighet at disse artene kan spre seg inn i overvåkingsflatene.



Figur 1. Kart over overvåkingsområdet i Endalen med plassering av overvåkingsfelter.



Figur 2. Overvåkingsområdet i Endalen under fjellmassivet Trollsteinen/Lindholmhøgda. Feltene ligger innenfor dette området. Foto: P.A. Aarrestad.

Beitetrykket fra reinsdyr er middels, men relativt konstant. Noe gåsebeite er også registret i feltene. Overvåkingsområdet er ikke påvirket av gruvedrift, og det er ikke anlagt veger innover den aktuelle dalsiden. Endalen er videre foreslått avsatt som et forskningsområde i arealplanen for Svalbard og vil derfor trolig ikke påvirkes av fremtidige inngrep. Lokaliteten skulle således være et velegnet område for intensiv overvåking av markvegetasjon.

3 Overvåkingsdesign, materiale og metoder

Etableringen av overvåkingsområdet i Endalen følger tilsvarende metodikk som for overvåking av klimaeffekter og langtransportert forurensing i Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) på fastlandet (jfr. Bakkestuen et al. 2010, Aarrestad et al. 2014). Metodikken er tilpasset konseptet for vegetasjonsøkologiske undersøkelser som er utviklet av NINA, NIJOS (nå Norsk institutt for skog og landskap) og Universitetet i Oslo. Konseptet omfatter studier av arters (lav, moser, karplanter) forekomst og mengde over tid i permanent oppmerkede analyseruter som er lagt ut ved en "begrenset tilfeldig" metodikk i de viktigste økologiske gradienter innen et overvåkingsområde. Økologiske parametere som kan forklare artssammensetning og endring i vegetasjon, måles samtidig. Metodikken er utviklet for å kunne avdekke små endringer i vegetasjonens artssammensetning i en tidlig påvirkningsfase. Ved etablering av et overvåkingsområde utføres det en grunnlagsanalyse som gjentas med samme metodikk med jevne mellomrom (5-årsperioder er valgt i TOV på fastlandet).

For markvegetasjonen i Endalen ble det valgt å overvåke vegetasjonen i en gradient fra reinroserabb, via kantlynghei til grassnøleie, med vekt på overgangssoner mellom vegetasjonstypene. Det forventes at en eventuell endring i vegetasjonens artssammensetning knyttet til klimaendring først vil inntreffe her, da disse overgangssonene er knyttet til små variasjoner i temperatur og snødekkets varighet.

Etableringen av overvåkingsfeltene ble utført i perioden 24. juli til 2. august 2009 (Aarrestad et al. 2010). Gjenanalysen ble utført i perioden 29. juli til 3. august 2014 etter samme metodikk som i 2009.

3.1 Analysefelter og analyseruter

Ti analysefelter à 5 m x 10 m for vegetasjonsøkologiske studier ble subjektivt lagt ut i den sørøsteksponerte dalsiden for å dekke gradienten fra rabb til snøleie (**Figur 1-12, Vedlegg 1 og 2** og også Aarrestad et al. 2010). Feltene ble lagt ut med langsiden oppover dalsiden, to felter på reinroserabb (Felt 1 og 2), to på overgang fra rabb til kantlynghei (Felt 3 og 4), to i kantlynghei (Felt 7 og 8), to i overgangssone fra kantlynghei til grassnøleie (Felt 5 og 6) og to i grassnøleie (Felt 9 og 10), der felt 10 er det mest snøleiepåvirkede feltet. Feltene er merket med pinner i hvert hjørne, og UTM-koordinater for nederste venstre hjørne ble registrert sammen med gjennomsnittlig helning og eksposisjon av feltet.

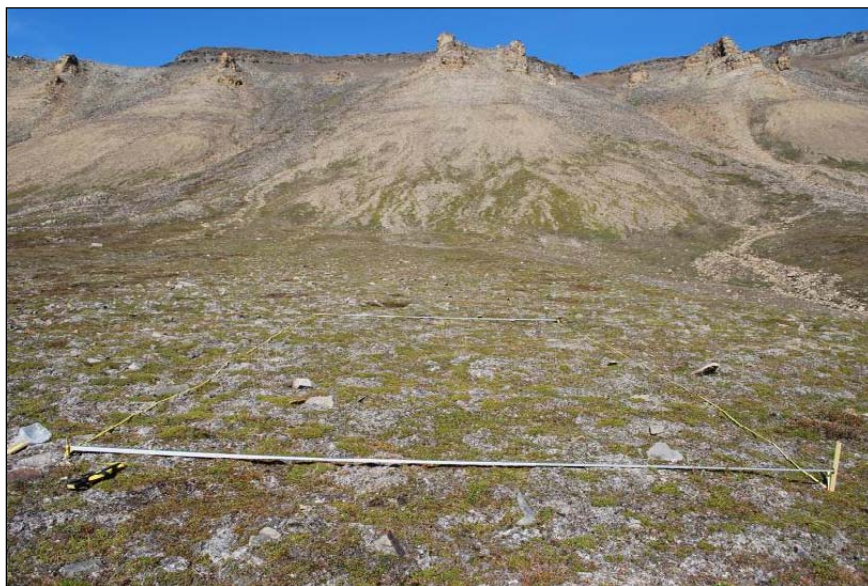
I hvert analysefelt ble det lagt ut 5 permanente analyseruter à 0,5 m x 0,5 m med tilfeldig plassering av rutene (**Figur 13, Vedlegg 2**). Enkelte forkastningsregler ble benyttet. Ingen analyseruter skulle ligge nærmere hverandre enn 1 meter, og åpen jord og stein skulle ikke dekke mer enn 20 % av ruta. Utleggingen tilfredsstiller således en "restricted random sampling" som kan benyttes til statistiske analyser (Økland 1990). Gjennomsnittlig helning og eksposisjon ble registrert for hver analyserute. Aluminiumsrør tilpasset analyserammen ble slått ned i alle fire hjørner av analyseruta. En merkepinne med analyserutenummer ble satt ned i nederste venstre hjørne av analyseruta og en umerket pinne i øvre høyre hjørne (i forhold til bakkens helning). Analyserutene er «prøveenhetene» i overvåkingen og er utgangspunkt for registreringer av vegetasjonens artssammensetning, innsamling av jordprøver og temperaturmålinger i jordsmonnet.

Felt 1 og 2 - Reinroserabb

Feltene 1 og 2 er lagt ut på en rasmarksrygg med en midlere helning på henholdsvis 14 og 12 grader (**Figur 1, 3 og 4**). Felt 2 ligger ca. 50 m ovenfor felt 1. Substratet i felt 1 er relativt finkornig med noe stein i dagen, mens felt 2 inneholder noe mer grus og stein enn felt 1. Det var ingen tegn til erosjon eller tråkk i feltene før etablering. Noe møkk (feces) fra gjess ble registrert i felt 1 og fra reinsdyr i felt 2.



Figur 3. Felt 1 – Reinroserabb med oppsett av analyse-rammer i 2009. Foto: P.A. Aarrestad.



Figur 4. Felt 2 – Reinroserabb ovenfor felt 1 i 2009. Foto: P.A. Aarrestad.

Felt 3 og 4 - Overgang reinroserabb/kantlynghei

Felt 3 og felt 4 er lagt ut i overgangen mellom reinroserabb og kantlynghei på samme rasmark som feltene 1 og 2, men noe lavere i terrenget i forhold til høydegradienten rygg/forsenkning (**Figur 1, 5 og 6**). Felt 3 har helning på 14 grader mens felt 4 er noe flatere med en helning på 10 grader. Begge feltene inneholder fragmenter av begge vegetasjonstypene. I felt 4 er overgangssonen mellom vegetasjonstypene relativt skarp, mens typene i felt 3 er noe mer fragmentert. Felt 3 er også svakt mer steinrikt enn felt 4, som har et noe finere substrat. I begge feltene ble det ved etablering registrert noe feces fra gjess og reinsdyr.



Figur 5. Felt 3 – Overgang mellom reinroserabb og kantlynghei i 2009. Foto: P.A. Aarrestad.



Figur 6. Felt 4 – Overgang mellom reinroserabb og kantlynghei i 2009. Foto: P.A. Aarrestad.

Felt 5 og 6 - Overgang kantlynghei/grassnøleie

Felt 5 og 6 er lagt ut i på hver sin side av en forsenkning i overgangen mellom kantlynghei på rygger og grasdominert snøleievegetasjon i forsenkningen (**Figur 1, 7 og 8**). Begge feltene har en helning på ca. 18 grader langs dalsidens eksposisjon, men feltene skråner også mot forsenkningen. Begge feltene har en relativt skarp overgang mellom kantlyngvegetasjon og grassnøleie, men siden snøleievegetasjonen i felt 5 heller møt øst (mot forsenkningen) og felt 6 mot vest, er vegetasjonen i felt 6 mer velutviklet på grunn av lengre vekstsesong og trolig bedre mikroklima.



Figur 7. Felt 5 – Overgang mellom kantlynghei og grassnøleie i 2009. Foto: P.A. Aarrestad.



Figur 8. Felt 6 – Overgang mellom kantlynghei og grassnøleie i 2008. Foto: O.E. Stabbetorp.

Felt 7 og 8 - Kantlynghei

Felt 7 og felt 8 er lagt ut i homogen kantlynghei (**Figur 1, 9 og 10**). Begge ligger på relativt grovt substrat med en del stein i jordsmonnet, men det øverste jordsmonnslaget er mer humusrikt enn rabbefeltene. Felt 7 har en gjennomsnittlig helning på 15 grader og har en svakt konveks form i lengderetninga nedover dalsida med små forsenkninger i nedre og øvre del av feltet. Felt 8 ligger på en svakt konveks rygg med gjennomsnittlig helning på 14 grader. I felt 7 ble det i 2009 observert mye død kantlyng, særlig i forsenkningene.



Figur 9. Felt 7 – Kantlynghei i 2009. Foto: O.E. Stabbetorp.



Figur 10. Felt 8 – Kantlynghei i 2009. Foto: O.E. Stabbetorp.

Felt 9 og 10 - Grassnøleie

Felt 9 er lagt ut i et svakt sigevannspåvirket grassnøleie innerst i overvåkingsområdet ved siden av en større erosjonsrenne skapt av ras og smeltevann (**Figur 1** og **Figur 11**). Området ligger noe lavere i terrenget enn den omsluttende kantlyngheia med en gjennomsnittlig helning på 14 grader. Substratet inneholder en del grove fragmenter og har relativt god drenering. Felt 10 ligger i en forsenkning mellom to rygger lenger ute i dalen og er noe mer snøleiepreget enn felt 9 (**Figur 12**). Feltet har en gjennomsnittlig helning på 10 grader, og substratet er mer finkorning enn felt 9 med antydning til kildeframsprang i nedre deler av feltet. Snøen smelter trolig ut noe senere enn i felt 9, og vegetasjonen kan klassifiseres som et gras-/mosesnøleie. I felt 10 ble det også observert flere forekomster av feces fra gjess, og området ble beitet av en reinsbukk under analyseperioden.



Figur 11. Felt 9 - Grassnøleie. Foto: O.E. Stabbetorp.



Figur 12. Felt 10 - Gras-/mosesnøleie. Foto: O.E. Stabbetorp.

3.2 Analyse av vegetasjonsstruktur, antall arter, artsmengde og artssammensetning

Analyserutene ble analysert ved hjelp av 0,5 m x 0,5 m aluminiumsrammer som var delt inn i 16 like store småruter (Figur 13). For hver analyserute ble det registrert prosent dekning av totalt vegetasjonsdekke, feltsjikt (alle karplanter), bunnsjikt (moser og lav), strø, stein og åpen jord, samt gjennomsnittlig høyde av graminider og kantlyng i cm. Antall fertile skudd av reinrose og antall blomster/frukter av kantlyng ble angitt som antall inntil 10 eller mer enn 10 forekomster. Avstand fra analyserute til nærmeste bestand av kantlyng ble målt i cm. Videre ble det gjort merknader om mengde død kantlyng (% dekning) og om synlige ekskrementer av reinsdyr og gjess (+/-) i rutene.



Figur 13. Analyseramme (0,5 m x 0,5 m) inndelt i 16 småruter for analyse av vegetasjonens artssammensetning og artsmengde. Foto: O.E. Stabbetorp.

Antall karplantearter ble i 2009 registrert for hvert analysefelt uten mengdeangivelse, som grunnlag for total karplantediversitet i feltene.

I hver av de 16 smårutene ble forekomst og fravær av alle arter av karplanter, moser og lav registrert. De 16 smårutene ble analysert med start i nederste venstre hjørne av analyseruta, fortløpende mot høgre. Disse registreringene danner grunnlag for utregning av artenes smårutefrekvens, som nyttes som kvantitativ angivelse for hver art i analyseruta (frekvensdata). I tillegg ble dekningsprosenten (prosjeksjonen i horisontalplanet) av hver art innen analyseruta angitt i prosent (prosent dekningsdata). Denne informasjonen gir et supplement til frekvensdataene og er av betydning for vurdering av endrete dominansforhold i analyseruta over tid. Flere moser og lav ble samlet inn for dokumentasjon og artsbestemmelse på laboratorium. I tillegg ble vegetasjonen i analyserutene og i smårutene dokumentert ved digital fototeknikk.

3.3 Nomenklatur, arter og artsgrupper

Navn på arter følger Artsdatabankens navneregister. Interessante belegg av moser er levert til herbarium TRH ved NTNU Vitenskapsmuseet.

De fleste artene er bestemt til artsnivå, men noen er bestemt til slektsnivå eller grupper av arter innen en slekt. Dette gjelder problematiske arter som er vanskelig å bestemme da de var sterile eller lite velutviklede på analysetidspunktet.

Karplanter

Rublomartene (*Draba* spp.) var for det meste sterile og ble kun bestemt til slekt. Flere av artene som gullrublom (*D. alpina*), bleikrublom (*D. oxycarpa*), puterublom (*D. corymbosa*), mjølrublom (*D. arctica*), vanlig skredrublom (*D. glabella* var. *glabella*), lapprublom (*D. lactea*), snørublom (*D. nivalis*) og halvkulerublom (*D. lactea*) kan forekomme i rutene, da de fleste av disse er relativt vanlige på Svalbard (Lid & Lid 2005). Rødsvingel (*Festuca rubra*) er ikke oppdelt i underarter, men både vanlig rødsvingel (*F. rubra* ssp. *rubra*) og polarrødsvingel (*F. rubra* ssp. *richardsonii*) ble registrert i området, der polarrødsvingel var klart mest vanlig.

Kryptogamer

Moser som var vanskelig å bestemme i felt, ble samlet inn for senere identifikasjon ved hjelp av stereolupe og mikroskop. Men selv med godt utstyr er det ikke alltid mulig å komme frem til en sikker artsbestemmelse. Det kan for eksempel være på grunn av sparsomt med materiale eller at oljelegemene inne i cellene var degradert. I slike tilfeller er moser kun angitt til slekt. Mange av kryptogamene var dekket med et svart belegg (trolig alger), og særlig bladlav som never-arter (*Peltigera* spp.) var vanskelig å skille fra hverandre. Det ble opprettet en enhet kalt *Peltigera canina* coll., som kan inneholde bikkjenever (*P. canina*), hinnenever (*P. membranacea*) og flere andre gråbrune neverarter. Skorpelavene var særdeles vanskelig å skille, og vi har derfor benyttet skorpelav som et felles taksa, hovedsakelig bestående av fjellkorkje (*Ochrolechia frigida*), men trolig også flere andre arter.

Der vegetasjonsdekket er sparsomt, særlig på tørt substrat, dannes det ofte spesialiserte samfunn av sopphyfer, cyanobakterier (blågrønnalger), grønn- og brunalger, sammen med levermoser og lav, såkalt "soil crust" eller "biocrust". Crust forekommer som et tynt, mørkt belegg (1-5 mm) på jordsmonnet, og den mørke fargen skyldes hovedsakelig alger og levermoser. Dekning og frekvensen av crust er oppgitt for hver analyserute som for arter.

3.4 Jordprøver

Innsamling og bearbeiding

Det ble i 2009 samlet inn to typer jordprøver. En for volumbestemte målinger av jordfuktighet, jordtetthet, og en for kjemisk analyse av elementer og jordkjemiske egenskaper. Begge typer prøver ble samlet inn rett utenfor analyserutene i tilsvarende vegetasjon som inne i ruta. De volumbestemte prøvene ble samlet inn med en 100 cm³ metallsylinder (5 cm høyde og 5,05 cm diameter) og lagt i tette plastposer. Prøver til kjemisk analyse ble tatt fra øverste 5 cm jordlag med jordbor, flere stikk utenfor hver rute og samlet til en gjennomsnittsprøve for ruta. Disse ble imidlertid ikke analysert pga. manglende midler til analyser og er kastet da det har gått for lang tid mellom innsamling og eventuell kjemisk analyse til at målinger er representative for innsamlingstidspunktet.

I 2014 ble det tatt nye jordprøver til kjemisk analyse. Disse er oppbevart i frosset tilstand ved NINA i påvente av eventuelle kjemiske analyser.

Jordfysikalske parametere

Følgende parametere ble utregnet basert på de volumbestemte jordprøvene:

Romtetthet (R), også kalt romvekt, volumvekt og jordtetthet, er mengde tørr jord per volumenhet jord og oppgis i g/cm³.

$$R = \text{vekt av tørr jord} / \text{volum av sylinder}$$

Volum vatn (V_v) er mengde av jordvatn pr volumenhet naturlig jord, også kalt volumbasert vanninnhold og oppgis i ml/cm^3 .

$$V_v = (\text{vekt av frisk jord} - \text{vekt av tørket jord}) / \text{volum av sylindren}$$

Vanninnholdet (V) i % av frisk jord oppgis i %

$$V = (\text{vekt av frisk jord} - \text{vekt av tørka jord}) / \text{vekt av frisk jord} * 100$$

3.5 Temperaturloggere

En datalogger for temperaturmålinger (iBCod Thermo-Button 22L) ble i 2009 satt ned 5 cm under jordoverflata utenfor hver analyserute, fortrinnsvis utenfor øverste venstre hjørne av hver analyserute i tilsvarende vegetasjon som inne i ruta. Et hull ble laget med et jordbor, og dataloggeren ble lagt horisontalt i jordsmonnet. Den opprinnelige jorden fra jordboret ble lagt over loggeren og mosedekket gjenskapt (**Figur 14** og **15**). Loggerne ble påsatt en merkelapp festet med et 5-10 cm fiskesnøre slik at merkelappen var synlig i mosedekket. Alle loggerne ble forhåndsinnstilt til å starte logging med beste oppløsning på $\pm 0,06$ °C og måle temperatur hver 3 time. Loggerne må tømmes for data før minnet går fullt. Dette ble gjort i 2010 og 2011 for å teste metodikken.

Ved gjenanalysen i 2014 ble det satt ut dataloggere med registreringsintervaller hver sjette time med start kl. 00.00, slik at resultatene ved måletidspunktene er mer samkjørt med målinger utført ved Meteorologisk institutts målestasjoner. Hvis overvåkingsprosjektet i Endalen skal videreføres, må disse tømmes for data i 2015.



Figur 14. Metodikk for utlegging av dataloggere. Jordbor, datalogger med snøre og merkelapp og aluminiumsrør som viser hjørne av analyseruta. Foto: O.E. Stabbetorp.



Figur 15. Merket datalogger etter utlegging. Nummer på dataloggeren følger nummer på analyseruta. Foto: O.E. Stabbetorp.

3.6 Statistiske analyser og ordinasjon for endringer mellom 2009 og 2014

Vegetasjonsanalyser

Endringer i en arts mengde målt som smårutefrekvens eller prosent dekning i analyseruta mellom de to analyseårene, ble testet ved tosidig Wilcoxon ettutvalgstest for parete datasett ("paired samples"). Nullhypotesen i denne testen er at artens mediane smårutefrekvens eller prosentvis dekning ikke er endret. Wilcoxon-testene ble utført i SPSS og er benyttet fordi den sammenligner de samme stedfestede prøvene hvert analyseår (jfr. Sokal & Rohlf 1995, Økland et al. 2001).

DCA-ordinasjon (Hill 1979; Hill & Gauch 1980) av analyserutene er benyttet for å beskrive de viktigste gradientene i vegetasjonens artssammensetning. DCA-ordinasjonen ble utført med standardvalg tilsvarende CANOCO 4.5 (ter Braak & Smilauer 2002), bortsett fra segmentdetrending og nedveiling av arter med lavere frekvens i materialet enn medianfrekvensen (Eilertsen et al. 1990).

DCA-ordinasjonen fra 2009 er visualisert ved hjelp av et artsdiagram og et biplotdiagram der en PCA-ordinasjon (Pearson 1901, ter Braak & Prentice 1988) av miljøvariablene er lagt inn i DCA-ordinasjonsplottet. Miljøvariabler er her vist som piler, og pilenes størrelse og retning viser miljøvariablenes korrelasjon til artssammensetningen i rutene. Graden av korrelasjon mellom de to første DCA-aksene og miljøvariablene ble testet ved hjelp av Kendalls ikke-parametriske korrelasjonskoeffisient mellom DCA-akseverdier og miljøvariabler for de femti analyserutene. Endringer i artssammensetningen er studert ved å ordinere begge datasett (2009 og 2014) i sammen og endringene fra 2009 er visualisert med en strek i diagrammet.

4 Resultat

4.1 Endringer i artsantall og forekomst av arter fra 2009 til 2014

Artsantallet i overvåkingsrutene er høyt, der moser og lav utgjør majoriteten av artene (**Tabell 1**). Antall registrerte arter/taxa i feltene i perioden 2009 til 2014 er stabilt med 147 arter i 2009 og 145 arter i 2014 (**Tabell 2**). Noen få arter er forsvunnet fra rutene, og noen få nye er registrert. Dette er imidlertid arter som hadde/har svært få forekomster i rutene. Endringer i slike lite frekvente arter forekommer ofte uten tydelige ytre påvirkninger i vegetasjonen.

Tabell 1. Antall arter/taxa i ulike artsgrupper registrert i analyserutene i 2009 og 2014.

Artsgruppe	2009	2014
Dvergbusker og lyng	2	2
Urter	22	21
Graminider	12	11
Bladmoser	65	66
Levermoser	22	22
Lav	23	22
Crust	1	1
Totalt antall	147	145

Tabell 2. Arter som har forsvunnet fra analyserutene og nye arter registrert i 2014.

Arter ikke gjenfunnet i 2014	Nye arter i 2014
Polarlusegras (<i>Huperzia arctica</i>)	Høgfjellskarse (<i>Cardamine bellidifolia</i>)
Rødsildre (<i>Saxifraga oppositifolia</i>)	Knoppsildre (<i>Saxifraga cernua</i>)
Tuesildre (<i>Saxifraga cespitosa</i>)	Krattfagermose (<i>Plagiomnium medium</i>)
Dubbestarr (<i>Carex fuliginosa</i> ssp. <i>misandra</i>)	Glefsemose (<i>Cephalozia</i> sp.)
Sumptvebladmose (<i>Scapania irrigua</i>)	

4.2 Endringer i mengde av enkeltarter 2009 - 2014

Av de nærmere 150 registrerte artene/taxa viser kun et fåtall signifikante endringer i mengde fra 2009 til 2014 (**Tabell 3**). Syv arter/taxa har vist tilbakegang og 9 har vist framgang, enten målt i som prosent dekning eller som frekvens i rutene. Kantlyng og islandslav viser tilbakegang både i prosent dekning og i frekvens i rutene og er således de artene som viser den tydeligste tilbakegangen, mens etasjemose viser etter samme kriterier størst framgang.

Tabell 3. Arter i analyserutene som viser signifikante endringer i mengde fra 2009 til 2014. *n* = antall analyseruter der arten går tilbake, *n*+ = antall analyseruter der arten går fram, *R* = retning for signifikant endring, *p* = signifikansnivå. Arter merket rødt viser størst endring.

Arter		Endring 2009 - 2014							
Norsk navn	Latinsk navn	Prosent dekning				Frekvens			
Arter som viser tilbakegang		<i>n</i> -	<i>n</i> +	<i>R</i>	<i>p</i>	<i>n</i> -	<i>n</i> +	<i>R</i>	<i>p</i>
Kantlyng	<i>Cassiope tetragona</i>	13	4	-	0,02	7	2	-	0,07
Lodnemyrklegg	<i>Pedicularis hirsuta</i>					10	2	-	0,01
Rørsigd	<i>Dicranum spadiceum</i>	14	6	-	0,01				
Heigråmose	<i>Racomitrium lanuginosum</i>	10	3	-	0,01				
Islandslav	<i>Cetraria islandica</i>	7	0	-	0,01	7	0	-	0,02
Bergerlav, basalskjell	<i>Cladonia</i> spp.					7	1	-	0,03
Grynlav	<i>Stereocaulon</i> spp.	16	5	-	0,01				
Arter som viser framgang									
Reinrose	<i>Dryas octopetala</i>	5	16	+	0,02				
Åkersnelle	<i>Equisetum arvense</i>					4	16	+	0,02
Fjellsyre	<i>Oxyria digyna</i>					1	11	+	0,02
Jervrapp	<i>Poa arctica</i>					2	11	+	0,01
Seterrapp	<i>Poa pratensis</i> ssp. <i>alpigena</i>					1	7	+	0,02
Etasjemose	<i>Hylocomium splendens</i>	5	17	+	0,02	7	22	+	0,01
Jøkulflette	<i>Hypnum revolutum</i>					0	6	+	0,02
Piggtrådmose	<i>Blepharostoma trichophyllum</i>					2	7	+	0,04
Frynsemose	<i>Ptilidium ciliara</i>					3	13	+	0,02

4.3 Artssammensetningen i rabb-snøleiegradienten

DCA-ordinasjonen av prosentdekningsdatasettet fra 2009 viste en gradient i artssammensetning fra rabb til snøleie på første akse, mens andre akse skilte reinrosedominerte ruter fra kantlyngdominerte ruter (Aarrestad et al. 2010). De samme gradientene kommer fram i ordinasjonen av prosentdatasettet fra begge analyseårene (**Figur 17**). En DCA-ordinasjon av frekvensdatasettet for begge år gav omtrent samme resultat.

Reinroserabb. Arter som har en preferanse for reinroserabbene er arter som forekommer ved lave DCA-akse 1 verdier og lave DCA-akse 2 verdier (DCA-artsplot ikke vist). Her kan nevnes arter som reinrose, rødsildre (*Saxifraga oppositifolia*), polarblindurt (*Silene uralensis* ssp. *arctica*), snøfrytle (*Luzula nivalis*), polarreverumpe (*Alopecurus magellanicus*), lodnemyrklegg (*Pedicularis hirsuta*), mosene storbust (*Ditrichum flexicaule*), kloflette (*Hypnum bambergerii*), spiss-trinnmose (*Myurella tenerrima*) og lavene jervskjegg (*Alectoria nigricans*), skorpelav (hovedsakelig *Orcheleucia* spp.), makklav (*Thamnotia vermicularis*) og gulskinn (*Flavocetraria nivalis*).

Kantlynghei. Arter som prefererer kantlynghei er arter som forekommer ved lave DCA 1-verdier og høye DCA 2-verdier. Foruten kantlyng viser bladmosene etasjemose (*Hylocomium splendens*) og polarsigd (*Dicranum laevidens*), levermosene broddglefsemose (*Cephalozia bicuspidata*) og fjellskovlmose (*Odontoschisma macounii*) og flere lav som grønnnever (*Peltigera abthosa*), storvreng (*Nephroma arcticum*), syllav (*Cladonia gracilis*), islandslav (*Cetraria islandica*) preferanse for dette samfunnet.

Arter som er vanlige i både reinroseheiene og kantlyngheiene, men som omtrent ikke forekommer i de mer fuktige snøleiene, er seterrapp (*Poa pratense* ssp. *alpigena*), vardefrytle (*Luzula confusa*), fjellfiltmose (*Aulacomnium turgidum*), rørsigd (*Dicranum spadicum*) og frynsemose (*Ptilidium ciliare*).

Grassnøleie. I DCA-ordinasjonen forekommer artene som prefererer grassnøleiene til høyre på DCA-akse 1. Grassnøleiene er karakterisert av få dominerende grasarter som rødsvingel, der polarrødsvingel er aller vanligst, men fjellrapp (*Poa alpina*) og jervrapp (*P. arctica*) er også vanlig forekommende arter. Urtene fjellsyre (*Oxyria digyna*), snøsoleie (*Ranunculus nivalis*), dvergsoleie (*R. pygmaeus*), polarsoleie (*R. sulphureus*) og rublom arter (*Draba* spp.) har her sitt optimum i gradienten. Flere moser, særlig levermoser karakteriserer de våtere, mest snøleiepåvirkede utformingene. Her kan nevnes tråddraugmose (*Anastrophyllum minutum*), bekkevrangmose (*Bryum pseudotriquetrum*), sumpvrangmose (*Calliergon richardsonii*), kjeldemoser (*Philonotis* spp.), nikkemoser (*Pohlia* spp.), blodnøkkemose (*Warnstorfia sarmentosa*), krypsnømose (*Anthelia juratzkana*) og arter fra slektene pistremoser (*Cephaloziella*) og tvebladmoser (*Scapania*).

Flere arter har en vid økologisk amplitude og inngår i de fleste feltene, slike som polarvier, harerug (*Bistorta vivipara*), tundraarve (*Cerastium arcticum*), gullmose (*Tomentypnum nitens*, med størst dominans på rabb og i lesider), klobleikmose (*Sanionia uncinata*) og levermosen storhogg-tann (*Tritomaria quinquedentata*). De fleste av disse artene har midlere DCA-verdier på begge aksene.

4.4 Artssammensetningens relasjon til miljøvariabler

Av de målte miljøvariablene (Aarrestad et al. 2010) som representerer egenskaper ved analyse-rutene, er prosent dekning av strø (Strø), tettheten av jordsmonnet (Romtetthet, mg/m³), mengde av jordvatn pr volumenhet naturlig jord (Volumvatn, ml/cm³) og vanninnholdet i prosent av frisk jord (vanninnhold) statistisk signifikant korrelert til artsvariasjonen (**Tabell 3**), mens dekning av stein og jord (Stein, Jord) er nær signifikant.

Tabell 3. Kendall korrelasjoner mellom DCA-akser og målte miljøvariabler. Fet skrift er statistisk signifikant på $P > 0,05$ -nivå, kursiv er signifikant på $0,06$ -nivå.

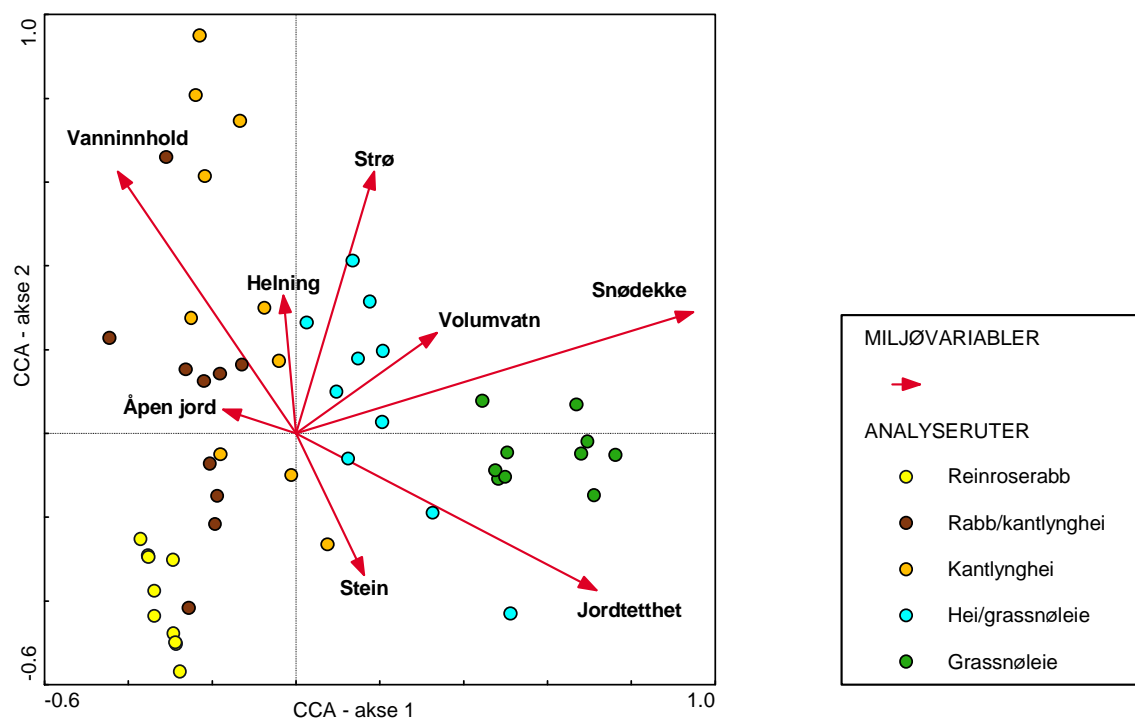
Variabler	DCA 1	DCA 2
Strø	0,103	-0,285
Stein	-0,009	0,211
Jord	-0,214	0,156
Helling	-0,076	-0,019
Eksposisjon	0,091	0,048
Romtetthet	0,443	0,063
Volumvatn	0,223	-0,052
Vanninnhold	-0,247	-0,138

Biplot-ordinasjonen av miljøvariablenes relasjoner til artsvariasjonen (**Figur 16**) viser at snøleiene har jordsmonn med høyest romtetthet, noe som skyldes høyt innhold av finere substratfraksjoner som sand, silt og leirpartikler. Romtettheten er lavest i kantlynghei, noe som skyldes et høyere innhold av luftig råhumus med høyt porevolum i øvre jordsmonnet. Strømengden er også størst i kantlyngheia og i overgangen fra kantlynghei til grassnøleie. Trolig skyldes dette at de tette kantlyngbestandene både produserer mye strø og samtidig beskytter løst materiale mot erosjon og transport.

Hellingen av bakken er størst i kantlyngheia og i overgangen fra kantlynghei til snøleie da disse habitatene ligger i lesiden (skråningen) i rabb-/snøleiegradienten.

Dekning av åpen jord er høyest i kantlynghei og relativt høy på reinroserabb, samtidig som reinroserabben har høyest dekning av stein i dagen. Dette skyldes at reinroserabb og kantlynghei ligger mer åpent på rygger og er således mer utsatt for sterkere vind- og jorderosjon enn de mer beskyttede snøleiene.

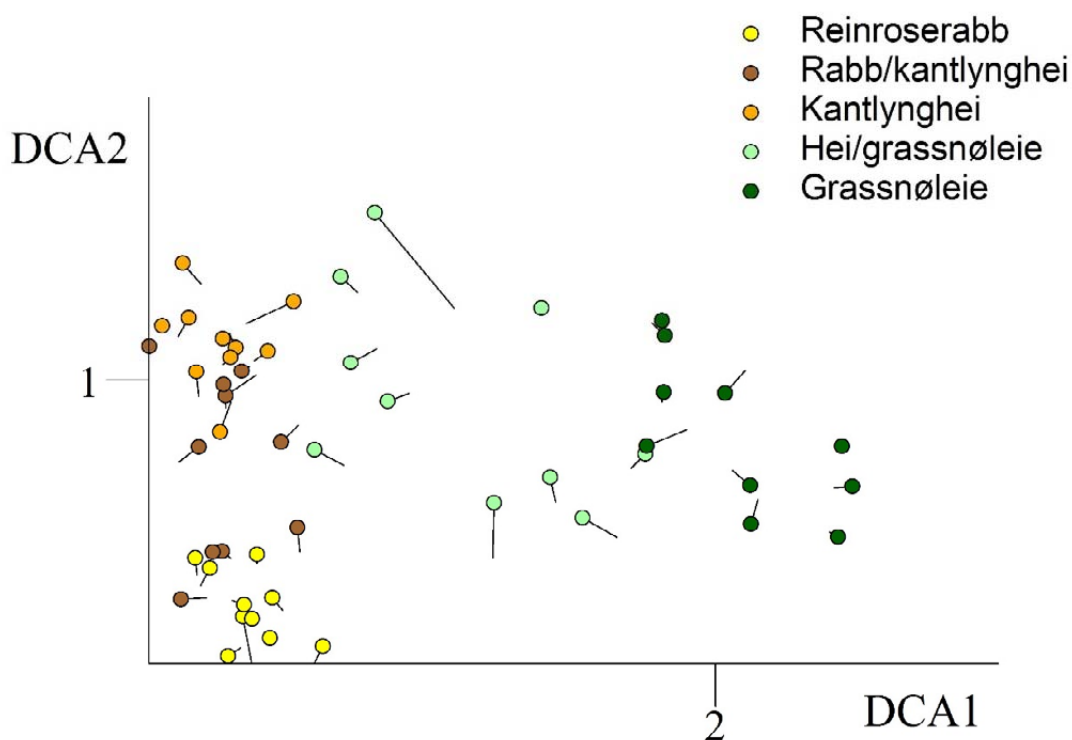
Snøleiene har høyest mengde jordvann per volumenhet jord (reell tilgang på vatn), mens kantlyngheia har høyest vanninnhold basert på mengde vann per vektenhet jord. Siden jordsmonnet i kantlyngheia er lettere pga. innhold av råhumus, er den reelle tilgangen til vatn her lavere enn i snøleiene.



Figur 16. CCA (canonical correspondence analysis) bi-plot diagram av prosent dekningsdata og miljøvariabler i 2009, CCA-akse 1 og 2. Analyserutenes relasjon til rabb-snøleiegradienten er vist ved fargekoder og miljøvariabler som piler.

4.5 Endringer i artssammensetning fra 2009 til 2014

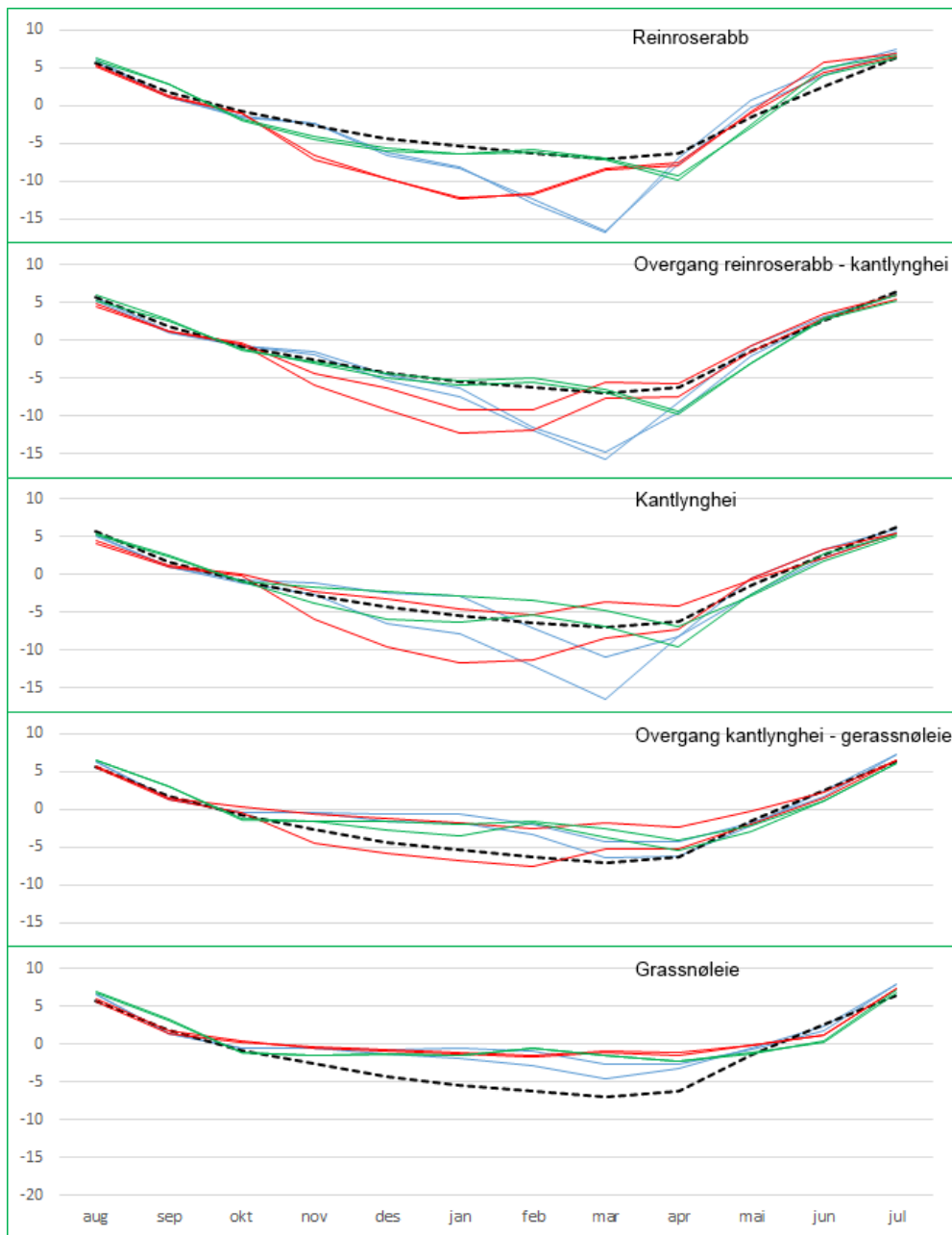
Forflytningen av rutene i ordinasjonsdiagrammet i 5-års perioden er vist **Figur 17**. Akse 1, som reflekterer artssammensetningen langs rabb-snøleiegradienten, viser at 23 ruter går mot venstre og 27 mot høyre. Dette er en ikke-signifikant forflytning ($P = 0.201$), og endringen i den totale artssammensetningen langs denne gradienten virker nokså stabil. Akse 2 som har forflytning av 30 ruter nedover og 20 oppover er så vidt signifikant ($P = 0.048$). Dette kan tyde på vegetasjonen har blitt mer rabbepreget.



Figur 17. DCA (detrended correspondence analysis) analyserute plot av prosent dekningsdata fra 2009 og 2014, DCA akse 1 og 2. Analyserutenes plassering i ordinasjonsrommet i 2009 er vist ved sirkler, og deres relasjon til rabb-snøleiegradienten er vist ved ulike fargekoder. Forflytninger av analyseruter basert på analyserutenes DCA-akseverdier fra 2014 er vist ved strek.

4.6 Jordtemperaturer

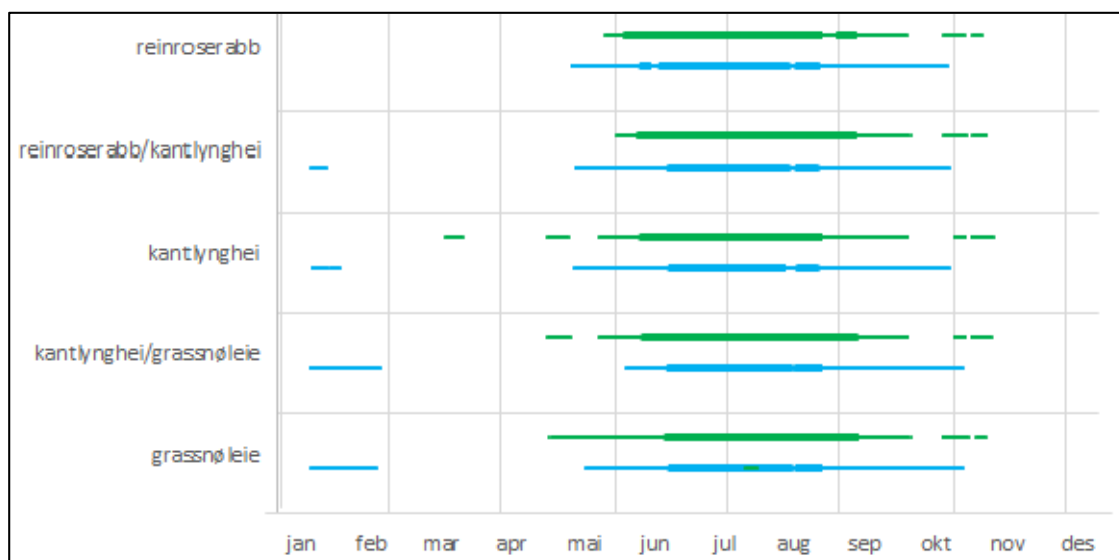
I forbindelse med feltarbeidet i 2009 ble det lagt ut dataloggere som måler temperatur i forbindelse med alle de 50 analyserutene. Loggerne ble lagt ca. 5 cm under overflaten. Loggerne er beregnet å kunne registrere data i ett til to år. De ble derfor samlet inn i 2010 og erstattet med nye loggere, og det samme ble gjort i 2011. Loggerne ble forhåndsinnstilt til å måle temperaturen 8 ganger i døgnet, kl. 03, 06, 09, 12, 15, 18 og 21. I den første perioden fungerte alle 50 loggerne, perfekt, mens det i den andre og tredje perioden ble lagret data fra henholdsvis 48 og 47 ruter. Til sammen utgjøres datasettet av 425 776 temperaturregistreringer (**Figur 18**).



Figur 18. Månedlige gjennomsnittstemperaturer for de ulike vegetasjonstypene. Figuren viser data for 2009/10 (blå linjer), 2010/11 (grønne linjer) og 2011/12 (røde linjer). Hver vegetasjonstype er representert med 2 felt. Den stiplede svarte linjen viser gjennomsnittlig månedsmiddel over tre år for alle vegetasjonstypene.

De ulike vegetasjonstypene skiller seg med hensyn til temperaturforløpet gjennom året (**Figurene 18 og 19**), mest med hensyn til vintertemperaturene. Oppe på rabben blåses snøen av, og jordtemperaturen synker tidvis til under 10°C . I februar-mars 2009/10 var temperaturen på rabbene og i kantlyngheia betydelig lavere enn de to påfølgende vintrene. Med stabile snøforhold er temperaturen i grassnøleiene konstant nær 0°C . I grassnøleiene holder også kulda seg lenger i bakken, slik at junitemperaturen er markert lavere enn i de andre typene. Kantlyngheia er vegetasjonstypen hvor temperaturforholdene ligger nærmest det totale gjennomsnittet.

Sesonglengden er kort, men det er ikke stor variasjon mellom vegetasjonstypene (**Figur 19**). Hvis sesongstart defineres ved tidspunktet hvor døgnmiddelet passerer 5°, er starten noe tidligere på rabben enn i de andre vegetasjonstypene. Avslutningstidspunktet er lite variabelt. Det er imidlertid betydelig variasjon mellom de to årene, noe som viser betydningen av å samle slike datasett over lengre tid. I 2010 lå jordtemperaturen like over null også i en lengre periode på vinteren, sannsynligvis som resultat av et mer beskyttende snølag enn hva var tilfelle i 2011.



Figur 19. Sesonglengden i de ulike vegetasjonstypene i 2010 (blå linje) og 2011 (grønn linje). Figuren viser hvilke dager i året et flertall av loggerne i hver vegetasjonstype registrerte et døgnmiddel på over henholdsvis 0°C (tynn linje) og 5°C (tykk linje).

Antall graddøgndager (summen av døgnmiddel-5 for de dagene temperaturen overstiger 5°C) gir et uttrykk for hvor egnet klimaet er for plantevekst. Verdiene er gjengitt i **Tabell 4**. Siden denne verdien normalt beregnes fra lufttemperatur, er ikke våre verdier sammenlignbare med andre meteorologiske målinger. Det er tydelig at 2011 var en kjøligere sommer enn 2010, og forskjellene mellom årene er ganske store. Tallene indikerer at vinden har stor betydning for variasjonen mellom feltene, med lavest verdier for kantlynghei, overgang fra denne mot rabb og mest på rabb. Disse områdene er eksponert for vinden som kommer ned fra isbreen lenger inne i dalen.

Tabell 4. Gjennomsnittlig antall graddøgndager i de ulike vegetasjonstypene i 2010 og 2011.

År	Grassnøleie	Kantlynghei/ Grassnøleie	Kantlynghei	Reinroserabb/ Kantlynghei	Reinroserabb
2010	134	108	44	55	104
2011	99	78	31	48	91

5 Diskusjon

Hensikten med dette overvåkingsprosjektet er å legge opp til en metodikk som kan fange opp vegetasjonsutviklingen på Svalbard relatert til påvirkning fra klimaendringer og forurensing, samt endringer i beiteintensitet. Overvåkingen tar sikte på å forklare effekten av disse påvirkningsfaktorene på vegetasjonen over tid.

5.1 Vegetasjonsendringer 2009 til 2014

Ordinasjonsanalysene av datamaterialet viser en hovedgradient i vegetasjonens artssammensetning fra relativt tørre, vindeksponerte reinroserabber med grovt mineralrikt substrat via arter som er mer tilpasset humusrikt jordsmonn i mer beskyttet kantlynghei til mindre eksponerte og fuktigere, moserike grassnøleier (se Aarrestad 2010). Denne variasjonen i artssammensetningen er trolig en kompleksgradient knyttet til mikroklima, substratstørrelse, jordfuktighet og snødekkets varighet. Denne gradienten har vi her kalt rabb – snøleie gradienten.

Den nest viktigste gradienten, representert med DCA-akse 2 verdier, kan være relatert til kalkrikhet og næringstilgang i jordsmonnet, da reinroserabber med arter som reinrose og rødsildre er mer edafiske kravfulle enn mer humusrike kantlyngsamfunn. Noen nærmere konklusjon om dette vil kun klarlegges hvis jordprøver fra rutene og feltene blir analysert for kjemiske egenskaper.

Gjenanalysene viser at det kun har skjedd små endringer i artssammensetningen langs rabb-snøleie hovedgradienten over 5 år. Det er imidlertid vist en liten signifikant endring langs den nest viktigste gradienten, DCA 2. Denne endringen tolker vi hovedsakelig som en tilbakegang hos kantlyng og framgang av reinrose. Vi har både i 2009 og 2014 registrert relativt store avdøinger i kantlyngpopulasjonene. Dette kan skyldes klimarelaterte påvirkningsfaktorer som mer isdannelse i vintersesongen pga. vekslende temperaturer, samt tørke og frostskafer som skyldes endret snødekkevarighet. Temperatur variasjonene gjennom vinteren er størst på rabbene. Veksling mellom frost og mildvær er kjent for å gi økte frostskafer på lyng, noe som er observert de senere år i nordboreale heier i Troms og Finnmark (Bokhorst et al. 2008, 2009, 2012, Bjerke et al. 2014). Reduksjonen hos islandslav, begerlav og grynslav kan også skyldes klimarelaterte påvirkninger. I følge Bjerke (2011) viser eksperimenter at arktisk-alpine lav er sensitive til et varmere og mer vekslende vinterklima. Økt frekvens av vinterising kan ha alvorlige effekter på lavdominerte økosystemer. Framgang hos etasjemose er særdeles interessant i og med at denne arten på Svalbard er varmekjær og responderer på mildere klima (Callaghan et al. 2003).

Hovedresultatet er at vegetasjonen i den siste femårsperioden er relativt stabil, men at det er påvist en mindre endring i artssammensetningen som kan ha sammenheng med endret klima. Metodikken som er brukt, klarer således å fange opp små endringer som kan indikere en tidlig endring i påvirkningsfaktorer.

5.2 Design av overvåkingsmetodikk

Oppsettet av overvåkingsfeltene og metodikken er basert på erfaringer fra subalpin- og alpin vegetasjon fra fastlands-Norge (Aarrestad et al. 2010). På Svalbard er klimaet betydelig mer værhardt, og solifluksjon og annen massetransport av jordmateriale kan påvirke rutenes oppmerking og muligens forflytte ruter i terrenget. I 2014 ble det observert kun én rute som hadde fått noe endret geometri, og fastrutemetodikken fungerer således bra. Det er imidlertid viktig at feltene oppsøkes og vedlikeholdes hvert år. Dette kan utføres samtidig med avlesing av temperaturloggerne som må tømmes for data en gang i året.

Det er viktig med et høyt antall observasjonsenheter (her analyseruter) for å oppdage signifikante endringer, når endringene er små (se Bakkestuen et al. 2014). Særlig er dette viktig når man overvåker gradienter i vegetasjonen, da man ikke vet på forhånd hvor endringene vil skje først. I Endalen har vi 10 ruter innen hver vegetasjonstype og 10 fra hver av overgangene mellom vegetasjonstypene. Ti ruter er et minimum for å se på endringer innen én vegetasjonstype, ellers vil ikke de statistiske bearbeidingene bli holdbare. Et antall på femti ruter er således et minimum innen et område der man vil dekke opp flere vegetasjonstyper (Økland 2001). Metoden som er brukt i Endalen og i TOV på fastlandet, er designet for nettopp å oppdage de små endringer som kan gi en tidlig indikasjon på at økosystemet er i endring. Man vet heller ikke hvilke arter som vil respondere først på klimaendringer. Endringer kan like godt skje innen både lav, moser og karplanter, som f.eks. vist ved etasjemosens framgang. I tillegg er vegetasjonen på Svalbard betydelig karakterisert av forekomster av kryptogamer. Vi ser derfor ingen grunn til å endre detaljrikheten i metodikken. Dette gjelder både for antall ruter og hvilke arter som skal registreres.

Både prosent dekning og frekvensmetodikk må benyttes, da de ulike mengdemålene fanger opp endringer ulikt i forhold til fordeling av artene i rutene. Endringer i mengde av arter med stor dekning registreres best med prosent dekning, mens endringer hos arter som er lite frekvente og har liten dekning, registreres best med frekvensmål. Dette vises tydelig i **tabell 3**, der gras og små lav og moser viser signifikante endringer i frekvensdatasettet, men ikke i prosent dekningsdataene.

Når det gjelder hyppighet av gjentak, er dette for tidlig å si noe om etter kun ett gjentak. Men om situasjonen viser seg å være like stabil om 5 år kan det vurderes å øke tidsperioden mellom hver hele analyse av alle arter.

5.3 Arter og funksjonelle grupper

Artsbestemmelser av sterile arter som rublom og til dels sterile gras med små basisblader bød på problemer, og Svalbards kryptogamflora er generelt svært vanskelig å identifisere til artsnivå (se Aarrestad et al. 2010). Det er således viktig at feltpersonalet har god kompetanse på kryptogamer. En justering av artsbestemmelsen er vanlig i begynnelsen av et langsiktig overvåkingsstudium, og en bedre identifisering eller endring av feilbestemte arter vil kunne bli rettet opp bakover i tid.

Ved oppstart av et overvåkingsprogram er det viktig å få en full oversikt over arter, alle relevante prosesser og hvilken hastighet/dynamikk endringene har. Derfor har vi brukt konseptet til TOV (Økland et al. 2004, Bakkestuen et al. 2010) som er vel utprøvd over en 25 årsperiode på fastlandet. Alternativer, slik som å bruke funksjonelle grupper, kan eventuelt vurderes som en forenkling av detaljanalysene etter en tid når dynamikken i økosystemet er bedre forstått. Funksjonelle grupper kan dog allerede være et ekstra viktig bidrag i overvåkingen, særlig i forbindelse med å få mer arealdekkende informasjon. I denne sammenheng er det viktig å få utvidet «TOV-Svalbard» til også å omfatte et kjøligere vegetasjonselement i overgangen mellom mellomarktisk og høyarktisk region, noe som vil kunne dekke flere av de viktigste vegetasjonsgradientene på Svalbard.

5.4 Variabler/parametere som bør inngå i et overvåkingsprogram

Informasjon om klima- og temperaturvariasjoner er viktig for å tolke endringer i artssammensetningen. Derfor har vi lagt ut dataloggere i jord for hvert av de 10 analysefeltene. Disse må samles inn og tømmes for data hvert år. Forventet levetid for dataloggerne med gjeldende loggeintervaller (hver tredje time) er tre til fem år, men det er en usikkerhet i levetid relatert til kalde vintre. Vi har bare fått testet ut dataloggerne i perioden 2009-2012, hvor dette har fungert bra og gitt verdifull informasjon.

Det ble samlet inn jordprøver til jordkjemianalyser i 2009. Det har imidlertid ikke vært midler til analyse av disse i denne prosjektperioden. En førstegangsanalyse av jordkjemi for å bedre forstå de økologiske gradientene bør prioriteres. Gjentak kan eventuelt gjøres sjeldnere enn vegetasjonsanalysene. Dette kan vurderes etter hvor store endringer som skjer i artssammensetningen. Mangel på analyse av jordkjemi gjør det vanskelig å relatere endringer til jordkjemiske forhold som for eksempel vil respondere både på forurensing, klima og N-deposisjon.

Beiteintensitet er en vanskelig parameter å måle og den påvirker utvilsomt vegetasjonen på Svalbard (Kuijper et al 2006). Oppsetting av såkalte «exclosures» eller bur som holder beitedyr ute, er en mulighet, men de første årene etter oppsett vil man hovedsakelig bare måle endringer knyttet til opphør av beite.

Det bør derfor arbeides videre med å utvikle bedre mål for beiteintensitet. Hittil har vi testet ut å telle avføring fra dyr og fugl i rutene og se etter beitespor. Dette kan nok systematiseres og forbedres på sikt. Men hvis formålet med vegetasjonsovervåkingen er best mulig å fange opp endringer som skyldes påvirkning av klima, vil det være en stor fordel å legge overvåkingsområdene til steder med lite og forventet stabilt beitepress.

Vi har laget en oversikt i **tabell 5** som viser våre anbefalte prioriteringer av variabler som bør inngå i et intensivt overvåkingsprogram.

Tabell 5. Oversikt over anbefalte overvåkingsparametere for markvegetasjon på Svalbard.

	Variabler	Svært viktig
Vegetasjonsanalyser		
Størrelse av analyseruter	0,5 m x 0,5 m	
Arter	Karplanter	X
	Moser	X
	Lav	X
	Crust	X
Mengdemål av arter	Prosent dekning	X
	Frekvens i 16 småruter	X
Sjiktdekning (%)	Feltsjikt	
	Bunnsjikt	
	Totalt vegetasjonsdekke	X
Sjikthøyde (cm)	Graminider	
	Lyng	
	Urter	
Beiteskader på arter		X
Frost- og tørkeskader, dødt vev		X
Fenologi	Utvalgte arter	
Digital dokumentasjon	Bilde av hver analyserute og hver smårute	X
Økologiske parametere		
Åpen jord (%)		X
Stein i dagen (%)		
Jordfysiske prøver	Vanninnhold og glødetap	
Jordkjemiske prøver	pH, total N, total C, ekstraherbart P og NO ₃ ⁻ , utbyttbare ioner, utbyttingskapasitet, base-metning, total analyse av elementer (inkludert viktige tungmetaller)	
Jordtemperatur	Intervallmålinger hele året med dataloggere	X
Snødekkets varighet	Satellitt data, overvåkningskamera	
Beitepåvirkning	Antall rein på beite, gåsebeite	X
Slitasje	Menneskelig påvirkning	

5.5 Konklusjon

De femti analyseruter av vegetasjonens artssammensetning viser en variasjon som kan knyttes til en topografisk gradient der klima- og jordparametere trolig er viktige forklaringsvariabler. Vegetasjonsanalysene sammen med målinger av jordtemperatur og kjemiske analyser av jordsmonnet vil derfor kunne gi et godt grunnlag for å avdekke eventuelle fremtidige vegetasjonsendringer knyttet til klimaendring og forurensing. Siden metodikken er tilpasset overvåkingen i TOV, vil utviklingen også kunne settes i sammenheng med vegetasjonsutvikling i overvåkingsområder

på fastlandet. Metodikken bør forbedres for å kunne skille effekter av endret beite fra effekter av klimaendringer og forurensing.

Den intensive overvåkingen av markvegetasjon i Endalen fra 2009 til 2014 viste en svak framgang av rabbepraget vegetasjon og tilbakegang av kantlyng og lav, samt en økning av den varmekjære arten etasjemose. Metodikken har over kort tid fanget opp små endringer i vegetasjonen som trolig kan knyttes til klimapåvirkning, og den er således velegnet til å gi tidlige varsel om eventuelle større vegetasjonsendringer i framtiden.

Endalen ligger i et område med relativt varmekjære arter på Svalbard. For å fange opp et bredere spekter av vegetasjonsendringer knyttet til endring i klima, bør overvåkingsprogrammet i framtiden utvides til å omfatte et kjøligere vegetasjonselement i overgangen mellom mellomarktisk og høyarktisk region, noe som vil kunne dekke de viktigste vegetasjonsgradientene på Svalbard.

6 Referanser

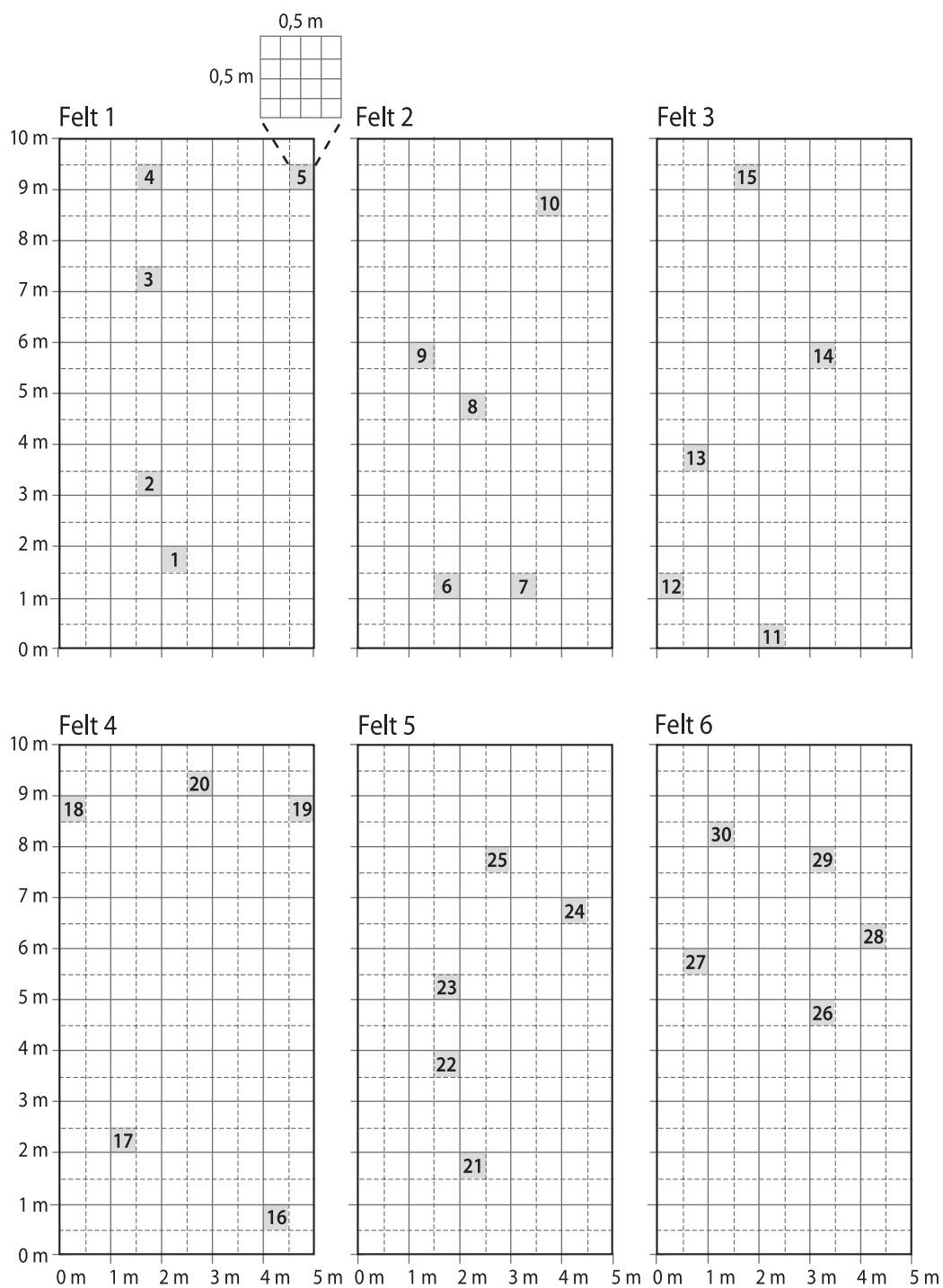
- Arft, A.M., Walker, M.D., Gurevitch, J., Alatalo, J.M., Bret-Harte, M.S., Dale, M., Diemer, M., Gugerli, F., Henry, G.H.R., Jones, M.H., Hollister, R.D., Jonsdottir, I.S., Laine, K., Levesque, E., Marion, G.M., Molau, U., Molgaard, P., Nordenhall, U., Raszhivin, V., Robinson, C.H., Starr, G., Stenstrom, A., Stenstrom, M., Totland, Ø., Turner, P.L., Walker, L.J., Webber, P.J., Welker, J.M. & Wookey, P.A. 1999. Responses of tundra plants to experimental warming: Meta-analysis of the international tundra experiment. - *Ecological Monographs* 69: 491-511.
- Bakkestuen, V., Aarrestad, P.A., Stabbetorp, O.E., Erikstad, L. & Eilertsen, O. 2010. Vegetation composition, gradients and environment relationships of birch forest in six reference areas in Norway. - *Sommerfeltia* 34. 223 pp. + Suppl.
- Bjerke, J.W. 2011. Winter climate change: Ice encapsulation at mild subfreezing temperatures kills freeze-tolerant lichens. - *Environmental and Experimental Botany* 72: 404-408.
- Bjerke, J.W., Karlsen, S.R., Høgda, K.A., Malnes, E., Jepsen, J.U., Lovibond, S., Vikhamar-Schuler, D. & Tømmervik, H. 2014. Record-low primary productivity and high plant damage in the Nordic Arctic Region in 2012 caused by multiple weather events and pest outbreaks. - *Environmental Research Letter* 9: (<http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/9/8/084006>).
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, D.J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M.R., Bustamante, M., Cinderby, S., Davidson, E., Dentener, F., Emmett, B., Erismann, J.-W., Fenn, M., Gilliam, F., Nordin, A., Pardo, L. & de Vries, W. 2010. Global assessment of nitrogen deposition, effects on plant terrestrial biodiversity: a synthesis. - *Ecological Applications* 20: 30-59.
- Bobbink, B. & Hettelingh, J.-P. (red.) 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. - *Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. Noordwijkerhout, Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM).*
- Bokhorst, S., Bjerke, J.W., Callaghan, T.V., Melillo, J., Bowles, F. & Phoenix G.K. 2008. Impacts of extreme winter warming in the sub-Arctic: growing season responses of dwarf-shrub heathland. - *Global Change Biology* 14: 2603-2612.
- Bokhorst, S., Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Callaghan, T.V. & Phoenix G.K. 2009. Winter warming events damage sub-Arctic vegetation: consistent evidence from an experimental manipulation and a natural event. - *Journal of Ecology* 97: 1408-1415.
- Bokhorst, S., Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Preece, C. & Phoenix, G.K. 2012. Ecosystem Response to Climatic Change: The Importance of the Cold Season. - *Ambio* 41 (Suppl. 3): 246-255.
- Callaghan, T.V., Carlsson, B.Å., Sonesson, M. & Temesváry A. 2003. *Functional Ecology*. 11(2):157 - 165. DOI: 10.1046/j.1365-2435.1997.00072.x
- Dallmann, W.K., Kjærnet, T. & Nøttvedt, A. 2001. Geological map of Svalbard 1:100 000. Sheet C9G Adventdalen. Explanatory text. - *Norsk Polarinstitutt Temakart* 31/32: 4- 55.
- Eilertsen, O., Økland, R. H., Økland, T. & Pedersen, O. 1990. Data manipulation and gradient length estimation in DCA ordination. - *Journal of Vegetation Science* 1: 261-270.
- Elvebakk, A. 1994. A survey of plant associations and alliances from Svalbard. - *Journal of Vegetation Science* 5: 791-802.
- Førland EJ, Benestad RE, Flatøy F, Hanssen-Bauer I, Haugen JE, Isaksen K, Sorteberg A & Ådlandsvik B 2010. Klimautvikling i Nord-Norge og på Svalbard i perioden 1900-2100 - Klimaendringer i norsk Arktis. NorACIA delutredning 1. Norsk Polarinstitutt Rapportserie 135.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. - Cornell University, Ithaca, NY, US.
- Hill, M.O. & Gauch, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. - *Vegetatio* 42: 47-58.

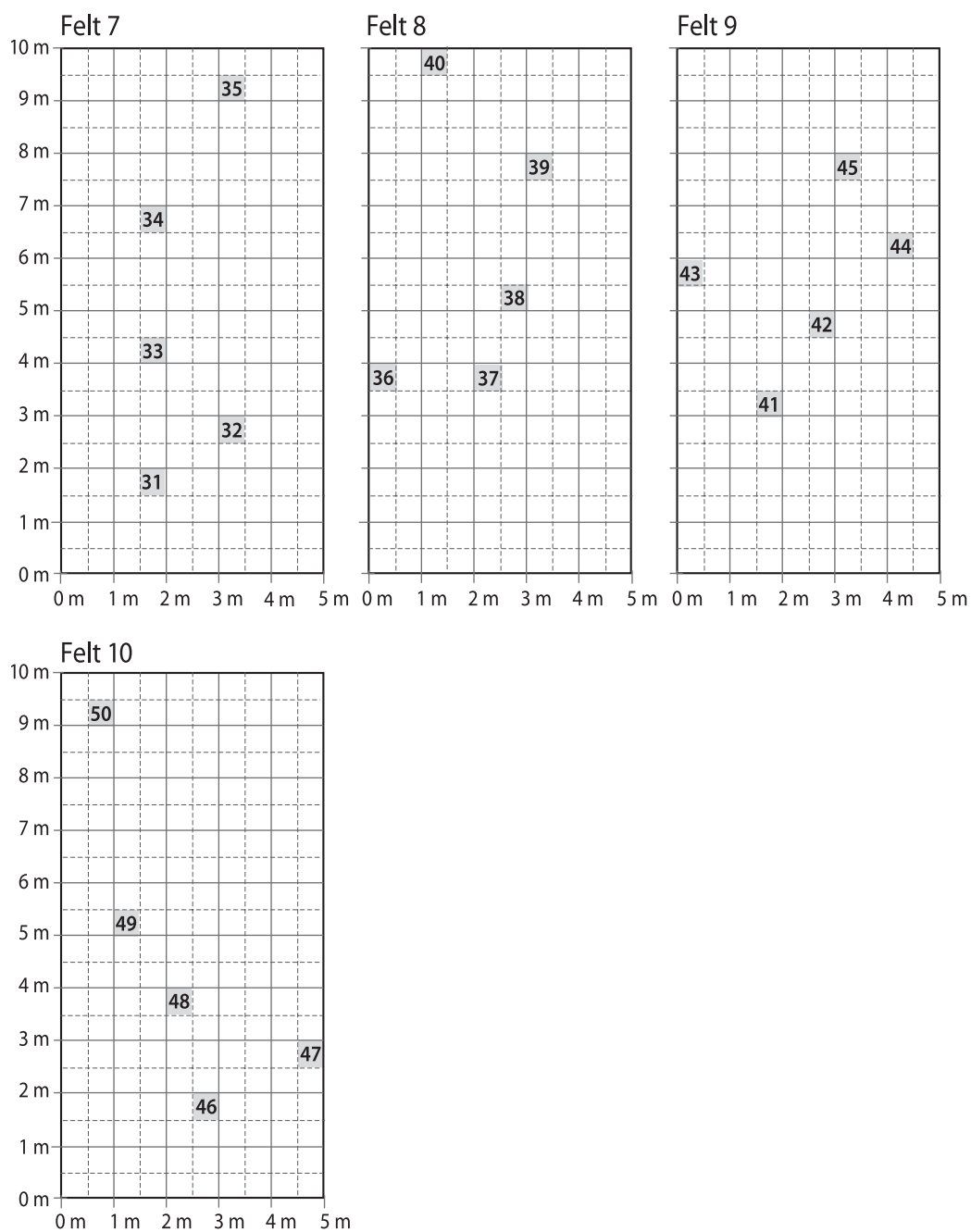
- Kuijper, D.P. J., Bakker, J.P., Cooper, E.J., Ubels, R., Jonsdottir, I.S. & Loonen, M.J.J.E. 2006. Intensive grazing by Barnacle geese depletes High Arctic seed bank. - Canadian Journal of Botany- Revue Canadienne De Botanique 84: 995-1004.
- Major, H., Haremo, P., Dallmann, W.K. & Andresen, A. 2000. Geological map of Svalbard 1:100 000, sheet C9G Adventdalen (revised after Major 1964). - Norsk Polarinstitut Temakart 31.
- Pearson, K. 1901. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. - Phil. Mag. 6. Ser 2: 559-572.
- Rønning, O.I. 1996. Svalbards flora. - Norsk Polarinstitut. Tromsø. 182 pp.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. Biometry. ed.3. - Freeman, New York.
- Sørbel, L., Tolgensbakk, J., Hagen, J.O. & Høgvard, K. 2001. Geomorphological and Quaternary Geological Map of Svalbard 1:100 000. Sheet C9Q Adventdalen. Explanatory text. - Norsk Polarinstitut Temakart 31/32: 57-78.
- ter Braak, C.J.F. & I.C. Prentice 1988. A theory of gradient analysis. - Advanced ecological Research 18: 271-317.
- ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination (version 4.5). - Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- Tolgensbakk, J., Sørbel, L. & Høgvard, K. 2000. Adventdalen, Geomorphological and Quaternary Geological Map, Svalbard 1:100 000, Spitsbergen sheet C9Q. - Norsk Polarinstitut Temakart 32.
- Weijers, S., Alsos, I.G., Bronken Eidesen, P., Broekman, R., Loonen M.J.J.E. & Jelte Rozema. 2012. No divergence in *Cassiope tetragona*: persistence of growth response along a latitudinal temperature gradient and under multi-year experimental warming. - Annals of Botany 1-13. doi:10.1093/aob/mcs123.
- Økland, R.H. 1990. Vegetation ecology: theory, methods and applications with reference to Fennoscandia. - Sommerfeltia Supplement 1. 233s.
- Aarrestad, P.A. & Hagen, D. 2008. Rapport fra forundersøkelse for intensiv overvåking av markvegetasjon og overvåking av ferdselsslitasje på Svalbard - juli 2008. - Notat fra NINA til Norsk Polarinstitut. 9 pp.
- Aarrestad, P. A., Bakkestuen, V., Hassel, K., Stabbetorp, O.E. & Wilmann, B. 2010. Etablering av overvåkingsfelter for markvegetasjon i Endalen, Svalbard 2009 - NINA Rapport 579. 28 s. + Vedlegg.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Myklebost, H., Stabbetorp, O.E. & Often, A. 2014. Vegetasjonsundersøkelser av boreal bjørkeskog i Gutulia og Dividalen 2013. I Framstad, E. (red.) 2014. Terrestrisk naturovervåking i 2013: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. - NINA Rapport 1036. s. 17-33.

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Tabell over egenskaper ved feltene.

Felt nr	Habitat	UTM WGS84, sone 33		Helling	Eksposisjon	
		x	y		(gon)	(°)
1	Reinroserabb	516747	8679077	14	166	149
2	Reinroserabb	516715	8679133	12	164	148
3	Reinroserabb/Kantlynghei	516729	8679084	14	162	146
4	Reinroserabb/Kantlynghei	516746	8679095	10	164	148
5	Kantlynghei/Snøleie	516756	8679094	18	686	617
6	Kantlynghei/Snøleie	516780	8679114	18	252	227
7	Kantlynghei	516499	8679043	15	158	142
8	Kantlynghei	516797	8679119	14	164	148
9	Grassnøleie	516469	8679033	14	142	128
10	Gras-/Mosesnøleie	516789	8679073	10	170	153

Vedlegg 2. Skjematisk oversikt over ruteanalysenes beliggenhet i feltene.





Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2744-5

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 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