



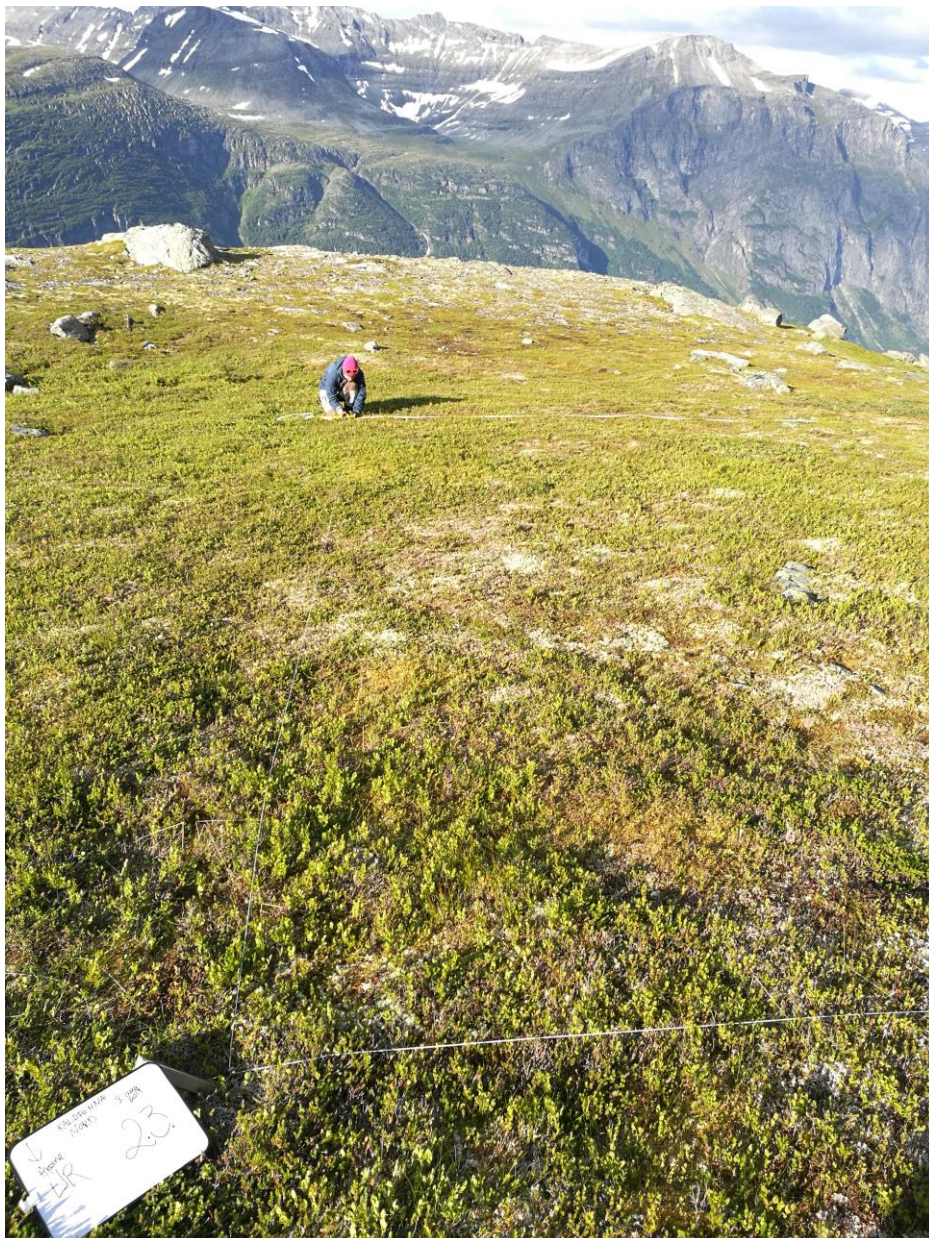
**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

## GLORIA Norge: 2017

Overvåking av vegetasjon og vekstsesong

NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | NR. 107 | 2018



Sølvi Wehn<sup>1)</sup> og Stein Rune Karlsen<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> NIBIO/Divisjon for matproduksjon og samfunn/Kulturlandskap og biomangfold

<sup>2)</sup> Norut (Northern Research Institute)

## TITTEL/TITLE

GLORIA Norge 2017 – overvåkning av vegetasjon og vekstsesong

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Sølvi Wehn og Stein Rune Karlsen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
18.09.2018	4/107/2018	Åpen	130203	17/02008
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02162-9	2464-1162	35		

## OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Miljødirektoratet; M-1081|2018

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Else Marie Løbersli

## STIKKORD/KEYWORDS:

GLORIA-Norge, Overvåkning, fjellvegetasjon, fenologi, klima

Monitoring, alpine vegetation, phenology, climate

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Kulturlandskap og biomangfold

Landscape, Biodiversity and Ecosystem services

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

GLORIA-Norge er et prosjekt hvor biofysiske variabler i norsk fjellnatur overvåkes i seks fjellområder langs kyst - innlandgradienter, i høydegradienter fra nordboreal til høyalpin sone, og langs snøleiegradienten i Midt- og Nord-Norge. Denne årsrapporten beskriver resultater fra analyser på forskjeller i vegetasjonen fra 2010 til 2017 i fjellet Kaldfonna i Møre og Romsdal og vekstsesongovervåkingen som er gjort i 2017.

GLORIA-Norge is a project aiming to monitor physical and biological systems in Norwegian alpine areas. This report presents the work done in 2017.

## LAND/COUNTRY:

Norge/Norway

## FYLKE/COUNTY:

Møre &amp; Romsdal, Oppland, Sør Trøndelag, Hedmark

## KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Gjemnes, Eide, Sunndal, Dovre, Oppdal

## STED/LOKALITET:

Stortussen/Snøtind, Hjerkinshøe, Krushøa

## GODKJENT /APPROVED

Knut Anders Hovstad

NAVN/NAME

## PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Sølvi Wehn

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

GLORIA-Norge sitt hovedmål er å overvåke fysiske faktorer og vegetasjon på lokal skala over regionale gradienter i relasjon til klimaendringer.

GLORIA-Norge ble opprettet i 2007, og hadde sitt utspring i det EU-finansierte prosjektet *GLORIA* (Global Research Initiative in Alpine Environments) Europe (2001-2003, <http://www.gloria.ac.at/>). GLORIA har utviklet seg til å bli et verdensomspennende nettverk som overvåker endringer i vegetasjon på fjelltopper. I GLORIA-Norge overvåkes seks fjellområder langs gradienter fra skog til topp, fra lang til kort snøengde og flere himmelretninger.

Miljødirektoratet har finansiert mesteparten av aktiviteten i GLORIA-Norge, i tillegg har kommuner/fylkeskommuner i studieområdene bidratt med driftsstøtte og de deltagende institutt har bidratt med betydelig egeninnsats. Overvåkingen gjennomføres som et tverrvitenskapelig samarbeid med forskere fra avdeling for kulturlandskap og biomangfold ved NIBIO (Norsk Institutt for Bioøkonomi), jordobservasjonsgruppa ved Norut (Northern Research Institute), Meteorologisk institutt, Terrestrisk Miljøforskning og Institutt for geovitenskap ved Universitetet i Bergen.

Denne årsrapporten beskriver arbeidet utført i 2017 samt resultater fra analyser som sammenligner vegetasjon i Kaldfonna i 2010 og 2017. I tillegg gir den en nærmere beskrivelse av fenologidata som samles inn i felt og brukes som valideringsdata for satellittbasert overvåking av veksts sesongen.

Vi takker Sigrun Aune, Thomas Holm Carlsen, Jarle Inge Holten, Sverre Lundemo, Anne Olga Syverhuset, Per Vesterbukt, Simen Bretten og Statens naturoppsyn for hjelp til å samle data.

Trondheim, 15.05.18

Sølvi Wehn

# Innhold

Sammendrag .....	5
1 Innledning.....	6
1.1 Bakgrunn.....	6
1.2 Fjellvegetasjon og klimaendringer.....	6
1.3 Overvåkning – GLORIA Norge.....	7
1.4 Naturindeks indikatorer for snøleie, leside og rabbe .....	8
2 Aktiviteter gjennomført i 2017 .....	9
2.1 Reinventering av prøveflater for overvåking av vegetasjon i fjellskråninger på Kaldfonna i Sunndal kommune .....	9
2.1.1 Metoder – analyser av potensielle vegetasjonsendringer .....	9
2.1.2 Endringer i fastruter (1 x 1 meter) .....	10
2.1.3 Endringer i fastflater (10 x 10 meter).....	17
2.1.4 Mulige påvirkningsfaktorer .....	19
2.2 Overvåkning av vekstsesongen (fenologi) .....	21
2.2.1 Metode – kameraovervåkning av vekstsesongen .....	21
2.2.2 Vegetasjon og kameraovervåkning – Dovrefjell.....	23
2.2.3 Vegetasjon og kameraovervåkning – Sunndalsfjella.....	28
3 Oppsummering.....	31
Litteraturreferanser.....	32

# Sammendrag

Klimaendringer har påvirket vegetasjon i fjell rundt om i verden, men klimaet endres forskjellig i forskjellige regioner. Noe som igjen har gitt varierende respons i artsrikdom og artssammensetning i plantesamfunn. GLORIA-Norge er et prosjekt med det mål å overvåke fysiske faktorer og vegetasjon på lokal skala over regionale gradienter i relasjon til klimaendringer.

For å predikere effekter på vegetasjon av forventede klimaendringer, må det måles og overvåkes pågående endringer i klima, vekstsesong (fenologi) og vegetasjon (artsrikdom og artssammensetning). I tillegg må det utvikles detaljert kunnskap om endring i vekstsesongen (fenologi) og plantesamfunns utbredelse langs miljøgradienter. Ett overvåkningsprosjekt som GLORIA-Norge bidrar til slik kunnskap.

Det er et stort behov for en økt forståelse for og kvantifisering av både fysiske og biologiske endringsprosesser i fjellområdene i Norge. Vegetasjon og klima varierer langs lokale miljøgradienter som høyde over havet, snøengde og himmelretning, og regionale miljøgradienter som avstand fra kyst (den bioklimatiske seksjonsgradienten) og fra sør til nord. Videre, endringer i vegetasjon og klima vil også variere langs disse gradientene. For å tidlig oppdage endringer gitt de globale klimaendringene vi i dag opplever, er det viktig å ha data langs disse viktige miljøgradientene. I GLORIA-Norge overvåkes derfor vegetasjon, fenologi, temperatur og fuktighet i fjell i sør og nord, langs den bioklimatiske seksjonsgradienten og langs miljøgradientene høyde over havet, snøengde og himmelretning. Totalt seks fjellområder er inkludert som studieområder i GLORIA-Norge prosjektet.

Miljødirektoratet har finansiert mesteparten av aktiviteten i GLORIA-Norge så langt, mens kommuner/fylkeskommuner i studieområdene har bidratt med driftsstøtte. Hittil er vegetasjon (artssammensetning og artsmengde av karplanter, moser og lav) kartlagt i alle de seks GLORIA-Norge fjellene og to fjell er reinventert (se Tabell 1; Lundemo et al. 2016; Wehn et al. 2017, 2016, 2013, 2012, 2011, 2010). Alle fjell vil bli reinventert med et omløp på 7 år. I de sørlige fjellene er også temperatur (i alle fire fjell) og fuktighetsloggere (i ett fjell) lagt ut. I tillegg overvåkes vekstsesongen (fenologi) med satellittdata langs hele kyst – innland regionen i sør, hvor satellittdataen blir tolket ut i fra automatiske kamera i felt i to av fjellområdene (Karlsen et al. 2012; Lundemo et al. 2013; Wehn et al. 2012 og 2016).

I 2017 ble indikatorene «Karplanter i snøleie – temperatur», «Karplanter i leside – temperatur», «Karplanter i rabbe – temperatur», «Karplanter i snøleie – fuktighet», «Karplanter i leside – fuktighet» og «Karplanter i rabbe – fuktighet» utviklet gjennom prosjektet «Naturindeks – videreutvikling og styrking av datagrunnlag for fjell - Data fra overvåkningsprosjektet GLORIA-NORGE» finansiert av Miljødirektoratet. Disse indikatorene skal gå inn i Naturindeks for Norge for å indikere tilstanden til det biologiske mangfoldet i norske fjell og gi en oversikt over utviklingen i rabbe, leside, og snøleie.

Denne årsrapporten beskriver aktiviteter gjennomført i 2017 og analyser av potensielle endringer. Basert på registreringene av vegetasjonen i Kaldfonna i Møre og Romsdal sommeren 2017, fant vi ingen signifikante endringer i artssammensetningen eller antall arter sammenlignet med første registrering i 2010, men datasettet indikerer en økning av arter med preferanse for noe høyere temperaturer. Mosedekket hadde blitt noe lavere og det hadde blitt flere flekker med bar jord, spesielt i snøleier. Samtidig hadde lavdekket økt noe.

For overvåkingen av vekstsesongen (fenologi) gis det i denne rapporten en nærmere beskrivelse av områdene som overvåkes i felt med automatiske kamera.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Topografi og andre fysiske faktorer er drivkrefter som definerer arters utbredelse. Vegetasjonsmønster i fjelløkosystemer er i stor grad bestemt av klimatiske bestemte variabler (Pickering et al. 2008), og artene i disse økosystemene er ofte tilpasset ekstreme forhold. Fjellvegetasjon vil derfor i stor grad være sårbare overfor klimaendringer (Cannone et al. 2007; Lenoir et al. 2008; Erschbamer et al. 2009; ). Klima varierer både romlig og temporært, noe som gir uttrykk i en utskifting av arter langs klimatiske gradienter (Wehn et al. 2014). Planter reagerer fenologisk ulikt på klimaendringer, noe som er observert i fjell i Europa (Gottfried et al. 2012; Pauli et al. 2012). Videre, klimaendringene er ikke like i forskjellige regioner; noe som igjen har gitt varierende respons i plantesamfunn (Gottfried et al. 2012; Pauli et al. 2012). For eksempel er kun få endringer i karplanter observert på Dovrefjell og i fjellet Stortussen/Snøtind (Michelsen et al. 2011; Wehn et al. 2017) mens store konsekvenser av klimaendringer er observert i sørlige europeiske fjell (Pauli et al. 2012). For å predikere effekter av forventede klimaendringer, må detaljert kunnskap om endring i vekstsesong, fenologi og plantesamfunns utbredelse langs miljøgradienter utvikles.

## 1.2 Fjellvegetasjon og klimaendringer

Fjellvegetasjon defineres her, som områder som ligger over den klimatiske skoggrensen (etter Fremstad (1997)). Fjellvegetasjonen deles videre inn i tre hovedtyper: snøleivevegetasjon, lesidevegetasjon og rabbevegetasjon. Disse vegetasjonstypene blir definert under naturtypene snøleie, fjellhei, leside og tundra og rabbe i det nye klassifikasjonsrammeverket Naturtyper i Norge (NiN) (Halvorsen et al. 2015). Etter NiN defineres snøleie som: «jorddekt fastmark med etablert vegetasjon, på fastlandet over eller nær skoggrensa og i Arktis», fjellhei, leside og tundra som «jorddekt fastmark på fastlandet over eller nær skoggrensa og i Arktis, som ikke er sterkt påvirket av frostprosesser (oppfrysing) eller jordflyt» og rabbe som «mark i fjellet og i Arktis som bærer klart preg av vindpåvirkning). Snøleie skilles fra Fjellhei, leside og tundra ved at snøleier har langvarig snødekke og dertil kortere vekstsesong. Rabbe skilles fra Fjellhei, leside og tundra ved at her er ikke snødekket stabilt gjennom vinteren og derfor bærer denne typen preg av vindpåvirkning. Disse tre fjellvegetasjonstypene defineres av kalkinnhold, uttørkingsfare, snødekkebetinget vekstsesong-reduksjon, kildevannspåvirkning og vindutsatthet (Halvorsen et al. 2015). Den høydebetingede vekstsesongreduksjonen endres langs høydegradienter fra skoggrense til fjelltopp (alpine soner; Moen & Lillethun 1998). Regionalt endres vegetasjonen langs regionalklimatiske gradienter fra oseaniske til kontinentale fjell (oseaniske vegetasjonsseksjoner; Moen & Lillethun 1998) og fra sør til nord. I forhold til andre økosystemer er tilstanden til det biologiske mangfoldet i alpine områder relativt gode (Framstad 2015) og alpine naturtyper er heller ikke klassifisert som truede naturtyper (Lindgaard & Henriksen 2011). Likevel er det biologiske mangfoldet i fjellet under utvikling, og i de senere år i negativ utvikling; mest i sør og minst i nord (Pedersen & Aarrestad 2015). De fleste grunntypene under disse tre naturtypene er vanlige i fjellområdene i Norge, men fordelingen av naturtypene vil kunne bli forskjøvet ved framtidige klimaendringer og vurdert som svært utsatt som følge av klimaendringer (Aarrestad et al. 2015).

Klimaet varierer veldig i Norge, både romlig og temporært noe som gir uttrykk i en utskifting av arter langs klimatiske gradienter (Wehn et al. 2014). Klimaendringer har blitt dokumentert i norske fjellområder (Isaksen et al. 2007; Syverhuset 2009), og det er estimert at disse vil akselerere i framtiden (Hanssen-Bauer 2005). Den generelle trenden i Norge er varmere, våtere klima med lengre vekstsesong (kortere snølengde; Framstad & Pedersen 2015). Dette vil kan gi bedre levevilkår for sørlige og varmekjære arter. Arter knyttet til lysåpne habitater (eksempelvis arter i snøleier) kan derfor

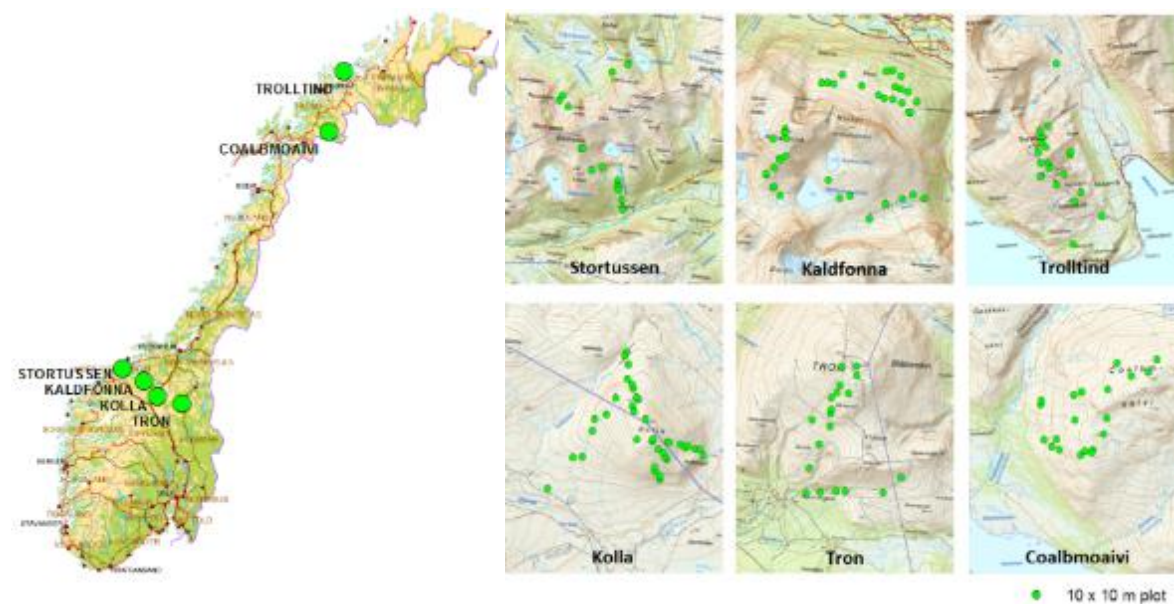
bli utkonkurrert av mer konkurransesterke arter (lyng, busk og trearter). Ett annet scenario er at vegetasjonsdekket tar skade og at arter forsvinner pga flere ekstreme værhendelser (Bjerke et al. 2017).

For å predikere effekter av de forventede framtidige klimaendringene, er det behov for mer kunnskap om planters fenologi og plantesamfunns utbredelse langs miljøgradienter. Videre må både klima og vegetasjonen overvåkes for gi data på reelle konsekvenser av klimaendringer.

### 1.3 Overvåkning – GLORIA Norge

GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environment; [www.gloria.ac.at](http://www.gloria.ac.at)) er et verdensomspennende nettverk som sammen overvåker klimaendringers effekt på fjelltopp-vegetasjon. Målområder har siden 2001 blitt etablert på alle kontinenter utenom Antarktis. I en stor andel av målområdene er det gjort registreringer flere ganger, og endringer i vegetasjon har blitt påvist (Gottfried et al. 2012; Pauli et al. 2012).

GLORIA-Norge er et prosjekt som overvåker fysiske faktorer og vegetasjon på lokal skala over regionale gradienter i relasjon til klimaendringer i Norge. GLORIA-Norge ønsker å videreføre metodikken i GLORIA til også å omfatte overvåkning langs både regionale og lokale økokliner i Norge. Ett overvåkningsprosjekt som GLORIA-Norge vil derfor bidra til økt kunnskap om effekter av klimaendringer.



Figur 1. Lokalisering av GLORIA Norge fjellene hvor fastflater (10 x 10 m plot) er etablert for å overvåke vegetasjon.

Vegetasjon i seks fjell har blitt kartlagt (Figur 1). I Midt-Norge er fire fjell som ligger i en gradient fra kyst til innland valgt ut for å representere en bioklimatisk seksjonsgradient (klart oseaenisk - svakt kontinental); Stortussen/Snøtind (Gjemnes og Eide kommune, Møre og Romsdal fylke), Kaldfonna (Sunddal kommune, Møre og Romsdal fylke), Kolla (Dovre kommune, Oppland fylke og Oppdal kommune, Sør Trøndelag fylke) og Tron (Alvdal kommune, Hedmark fylke). I Nord-Norge er to fjellområder valgt ut, ett i innlandet og ett ved kysten; Trolltind (Skjervøy kommune, Troms fylke) og

Coalbmoaivi (Bardu kommune, Troms fylke). I alle disse studieområdene er det nå gjennomført førstegangsundersøkelser av vegetasjon langs høyde, snø lengde og himmelretningsgradienter og reinventeringer vil skje med et omdrev på 7 år (Tabell 1). Naturgrunnlaget i Norge er variert. GLORIA-Norge har derfor registrert alle karplantearter og grupper av mose og lav i fastflater langs alle de ovenfor nevnte miljøgradientene. Analyser viser at dette datasettet fanger opp variasjon skapt av både regionale miljøgradienter (fra kyst til innland og fra sør til nord) og lokale miljøgradienter (høyde over havet, himmelretning, helling, nedbør og temperatur og snø lengde (Wehn et al. 2014; Wehn et al. 2016).

**Tabell 1. Tidsplan for overvåkning av vegetasjon i GLORIA-Norge fjellene**

Fjell	1. registrering	1. reinventering	2. reinventering
Stortussen/Snøtind	2009	2016	2023
Kaldfonna	2010	2017	2024
Kolla	2011	2018	---
Tron	2012	2019	---
Trolltind	2013	2020	---
Coalbmoaivi	2014	2021	---

I tillegg til å overvåke vegetasjon (utbredelse av planter, lav og moser, artsrikdom av planter, vegetasjonssammensetning og struktur), overvåkes også vekstsesongparametre (fenologi), jordtemperatur og fuktighet.

## 1.4 Naturindeks indikatorer for snøleie, leside og rabbe

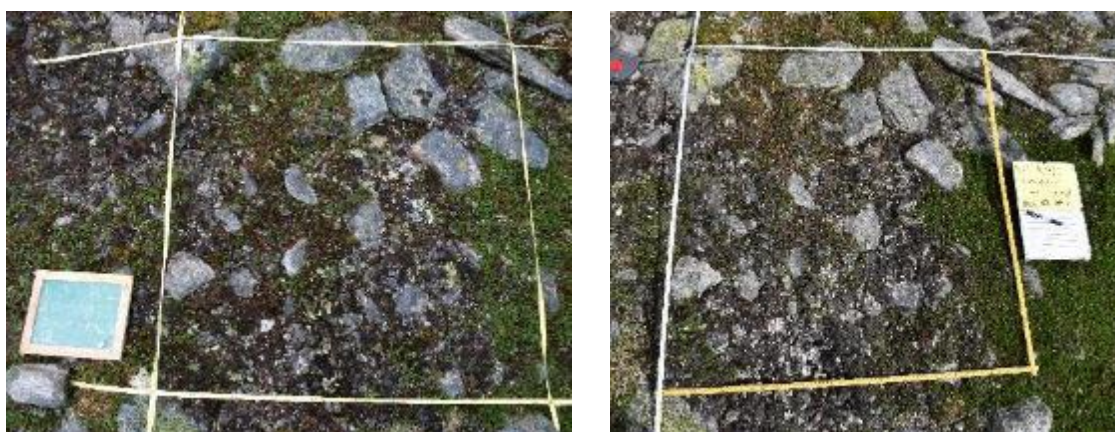
For å beskrive tilstand og utvikling av norsk natur er Naturindeks for Norge utviklet. I 2017 ble seks indikatorer: «Karplanter i snøleie – temperatur», «Karplanter i leside – temperatur», «Karplanter i rabbe – temperatur», «Karplanter i snøleie – fuktighet», «Karplanter i leside – fuktighet» og «Karplanter i rabbe – fuktighet» utviklet gjennom prosjektet «Naturindeks – videreutvikling og styrking av datagrunnlag for fjell - Data fra overvåkningsprosjektet GLORIA-NORGE» finansiert av Miljødirektoratet (Wehn et al. 2017). For hvert fjell, ved hver reinventering vil de seks indikatorene bli kalkulert for å indikere utviklingen i det biologiske mangfoldet innen karplanter i de tre vegetasjonstypene.



## 2 Aktiviteter gjennomført i 2017

### 2.1 Reinventering av prøveflater for overvåking av vegetasjon i fjellskråninger på Kaldfonna i Sunndal kommune

Førti 10 x 10 meter fastflater og 32 1 x 1 meter fastruter ble reinventert. Fastrutene var nøstet i åtte av fastflatene, dvs. at åtte fastflater inneholdt fire fastruter. Disse fire var lagt i hjørnene i et rutenett på 3 x 3 meter lokalisert i nedre venstre hjørne av fastflata når man så opp mot fjelltoppen (se Figur 2 i Wehn et al. 2017). I fastflatene ble alle karplanter registrert og kategorisert i fem klasser avhengig av deres utbredelse i flaten (1: 1-5 individer; 2: 5-20 individer; 3: 20 individer – 1% dekning (=1 m<sup>2</sup>); 4: 1% - 25% dekning; 5: > 25% dekning). I fastrutene ble alle karplanter registrert samt arter eller grupper av moser og lav. For alle artene og gruppene ble det for hver fastrute registrert prosentvis dekning. I alle fastrutene ble også struktur registrert basert på visuelle estimat på prosentvis dekning av: alle karplanter, alle moser, alt lav, dødt materiale, jord, stein og grus. Det viste seg i etterkant at forskjellige feltforskere kategoriserer grus og stein forskjellig (se Figur 2), derfor ble disse to kategoriene slått sammen.



**Figur 2.** Et eksempel på ei fastrute hvor dekning av stein og grus var registrert veldig ulikt de to årene. Fotoene antyder ikke store forskjeller, derfor ble disse to kategoriene slått sammen.

#### 2.1.1 Metoder – analyser av potensielle vegetasjonsendringer

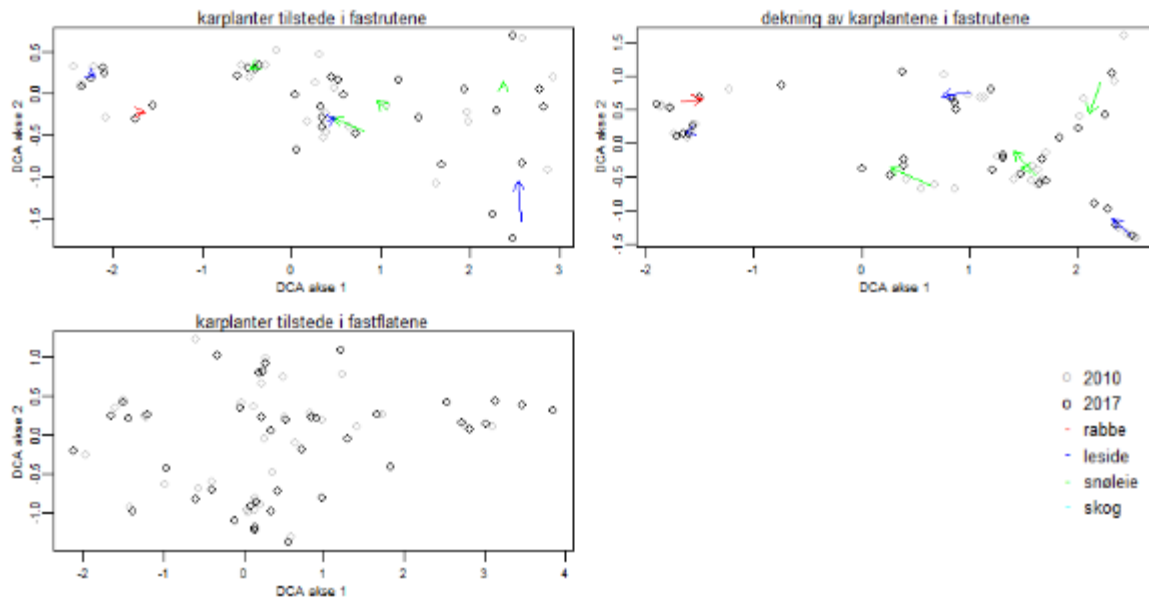
For å visualisere og teste utskifting av arter i fastrutene og flatene fra 2010 til 2017, gjennomførte vi ordinasjonsanalysen «detrended correspondence analysis» (DCA) ved bruk av vegan pakken versjon 2.4-1 i R versjon 3.4.3. For å finne om artssammensetningen endret seg fra 2010 til 2017 gjennomførte vi ordinasjonsanalysen «partial canonical correspondence analysis» (CCA) ved bruk av Canoco for Windows versjon 4.02. Vi testet artsutskifting basert på data på tilstede/ikke tilstede og prosent dekning av alle karplanter i fastrutene (1 x 1 meter) og tilstede/ikke tilstede av alle karplanter i fastflatene (10 x 10 meter). I modellene ble fastflatene inkludert som tilfeldig faktor (kovariabel). I tillegg til å teste om artssammensetningen generelt endret seg mellom de to registreringsårene, testet vi også om endringene var forskjellig i forskjellige vegetasjonstyper, himmelretninger og langs høydegradienten.

Vi testet om antall karplantearter endret seg i fastrutene og fastflatene fra 2010 til 2017. Dette ble gjennomført ved bruk av log likelihood tester basert på modeller («mixed generalized» modeller med poisson fordeling) hvor fastflate var inkludert som en tilfeldig faktor (funksjonen glmer ved bruk av lme4 versjon 1.1-12 i R). For analysene av fastrutene, ble også fastrute inkludert som tilfeldig faktor. Om artsantallet endret seg forskjellig langs høyde-gradienten, mellom vegetasjonstyper og mellom nordlig og sørlig himmelretning ble testet ved å sammenligne modeller som inkluderte en interaksjonseffekt mellom år og hver av disse gradientene mot modeller som bare inkluderte de to forklaringsvariablene (ved bruk av Log likelihood tester). Tilsvarende ble forskjeller i struktur (dekning av karplanter, moser, lav, dødt materiale, jord, stein og grus) og indikatorene for temperatur og fuktighet mellom de to årene testet med å sammenligne modeller på tilsvarende måte som beskrevet over (funksjonen lmer i R).

## 2.1.2 Endringer i fastruter (1 x 1 meter)

### 2.1.2.1 Artssammensetning

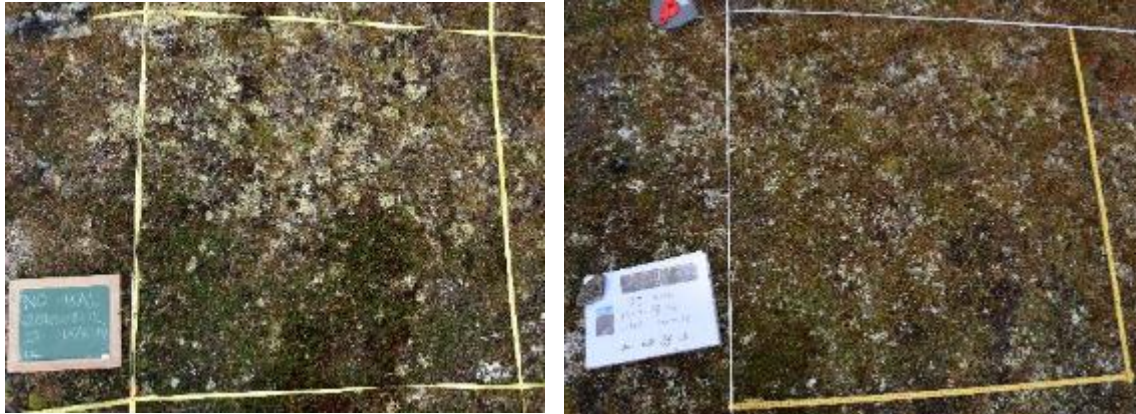
Artssammensetningen i fastrutene viste ingen signifikante endringer i løpet av årene mellom 2010 og 2017 ( $p = 0,345$ ), heller ikke når potensielle endringer langs gradientene ble undersøkt (Basert på tilstede / ikke tilstede data:  $p_{\text{høyde}} = 0,355$ ;  $p_{\text{snøleengde}} = 0,995$  (Figur 3: karplanter tilstede i fastrutene);  $p_{\text{himmelretning}} = 0,165$ . Basert dekningsdata:  $p_{\text{høyde}} = 0,865$ ;  $p_{\text{snøleengde}} = 0,950$  (Figur 3: dekning av karplantene i fastrutene);  $p_{\text{himmelretning}} = 0,805$ ).



Figur 3. Artstutskifting fra 2010 (grå ring) til 2017 (svart ring). Figurene viser verdiene langs første og andre DCA akse etter ordinasjons analyser. Pilene viser forskjellene mellom de to årene i rabber, lesider, snøleier og skog basert på gjennomsnittet av verdiene for hver fastflate.

#### 2.1.2.2 Antall karplanter

Antall karplanter i 1 x 1 meter rutene var det samme i de to registreringsårene ( $\chi^2 = 0,256$ ;  $p = 0,613$ ), men noen endringer hadde skjedd i noen av rutene (se eksempel på fastrute i Figur 4). Datamaterialet viste ikke signifikante forskjeller i antall arter per rute langs høydegradienten, mellom rabbe, leside og snøleier, eller mellom nord og sør-hellingene. Trenden kan likevel være at det blir noe flere arter (Figur 5), spesielt like over skoggrensa (som ligger på ca 750 moh; Figur 6), i snøleiene (Figur 7) og i nordlige himmelretning (Figur 8).



Figur 4. En av de fastrutene med størst endring i struktur og hvor en ny art ble registrert i 2017 (geitsvingel).

#### 2.1.2.3 Naturindeks indikatorene

De to indikatorene basert på temperatur og fuktighetsranks viste ingen forskjeller basert på karplantene registrert i fastrutene i Kaldfonna i de to årene 2010 og 2017 (Temperaturindikator:  $\chi^2 = 2,168$ ;  $p = 0,141$ ; Fuktighetsindikator:  $\chi^2 = 0,117$ ;  $p = 0,732$ ; Figur 5). Resultatene fra de statistiske testene tilsa ingen variasjon langs høydegradienten, snølengdegradienten eller mellom de to himmelretningene, men den grafiske framstillingen indikerer noe mer varmekjære planter like over skoggrensa, i snøleiene og i nord (Figur 6, 7, 8). I rabbene kan det virke som noen av de varmekjæreste plantene er forsvunnet. Den grafiske framstillingen på fuktighetsindikatoren antyder at det er mindre variasjon langs høydegradientene nå enn sju år tidligere, mens større forskjeller mellom himmelretningene antydes (Figur 6 og 8). Lesidene kan inkludere et plantesamfunn mer tørketilpasset (Figur 7).

#### 2.1.2.4 Struktur

Analysene viste ingen signifikante endringer i prosent dekning av karplanter i fastrutene ( $\chi^2 = 0,661$ ,  $p = 0,416$ ). Datamaterialet viste videre at dekning av karplanter var konstant langs høydegradienten, snølengdegradienten (Figur 7), og mellom de to himmelretningene. Grafiske sammenligninger indikerte en minimal minking i prosent dekke av karplanter i løpet av de sju årene (Figur 5). Denne minkingen er kun i de høyereliggende rutene i Kaldfonna (Figur 6) og i nordhellingen (Figur 8).

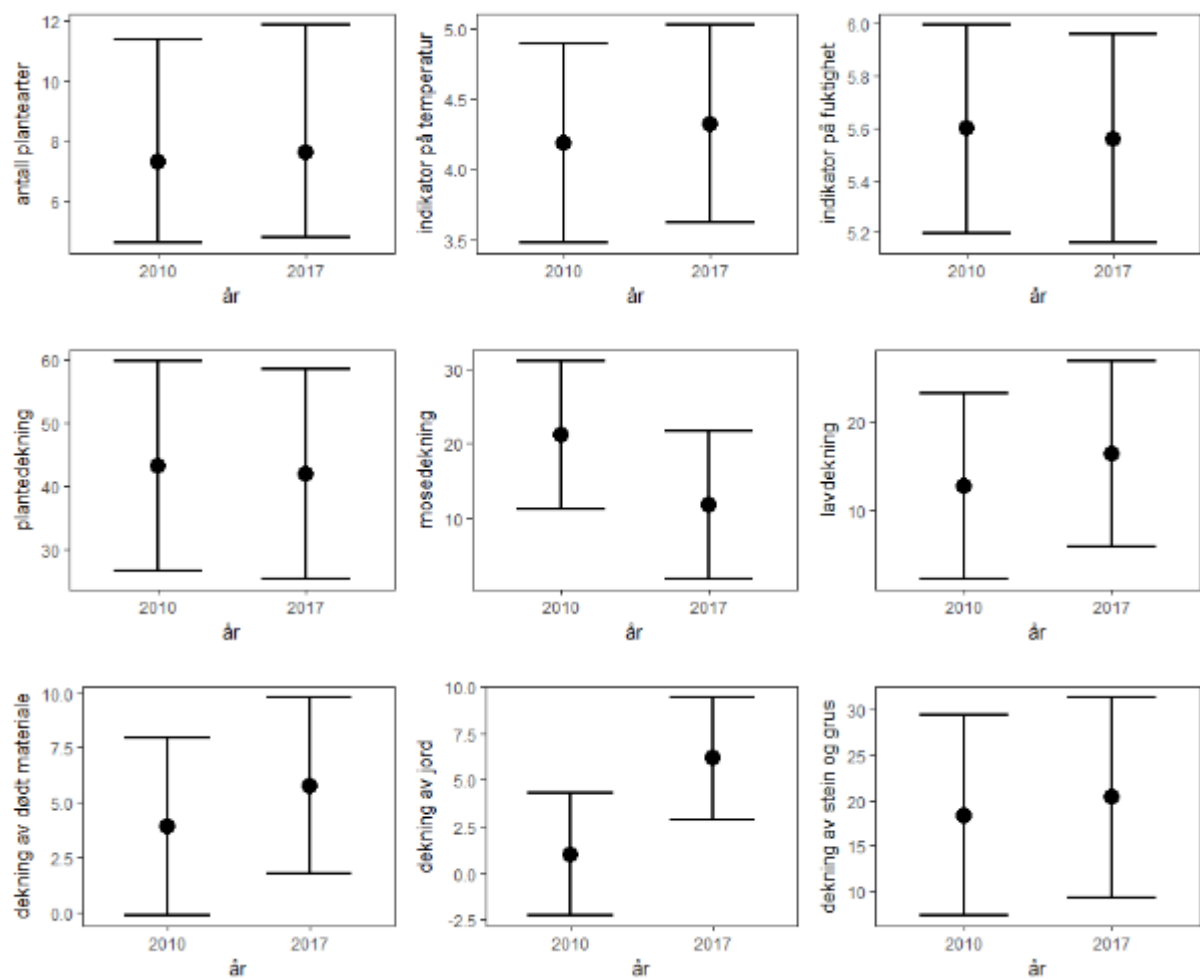
Prosent dekning av moser i fastrutene hadde derimot endret seg fra 2010 til 2017 ( $\chi^2 = 8,827$ ,  $p = 0,003$ ). I 2017 var dekket mindre enn sju år tidligere (Figur 5). Analysene viste ingen variasjon av denne endringen langs høydekurven (Figur 6) eller mellom de to himmelretningene, men langs snølengdegradienten ( $\chi^2 = 13,155$ ,  $p = 0,001$ ). Den grafiske sammenligningen av dataene antyder en noe mer negativ trend i mosedekket de sørlige fastrutene (Figur 8). Mosedekket har tydelig minket i snøleiene (Figur 7).

Også prosent dekning av lav viste forskjeller mellom de to åra ( $\chi^2 = 11,771$ ,  $p < 0,001$ ). I 2017 var dekket mer dominert av lav enn sju år siden (Figur 5). Analysene antydte at endringene var like langs høydegradienten, langs snølengdegradienten (Figur 7) og i de to himmelretningene, men den grafiske sammenligningen antyder noe større økning i de høyereliggende fastrutene (Figur 6) og i fastrutene i sørhellingen (Figur 8).

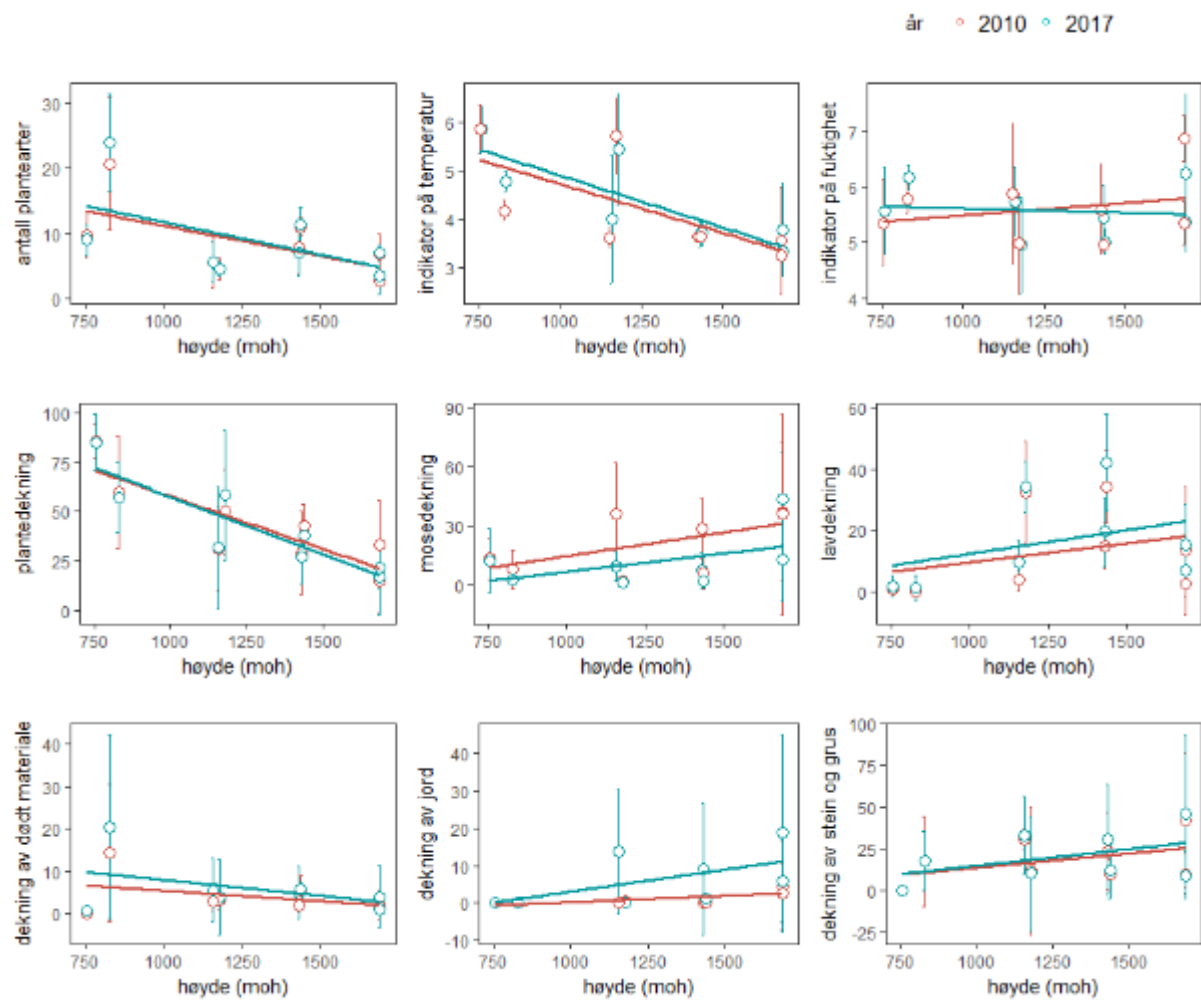
Analysene viste at i 2017 var dekket av dødt materiale likt sammenlignet med i 2010 ( $\chi^2 = 2,603$ ,  $p = 0,107$ ) og at dette var konstant langs høydegradienten, snølengdegradienten og i de to himmelretningene. De grafiske sammenligningene antydte derimot noen endringer, spesielt i snøleiene, men at det er store variasjoner mellom målingene (Figur 5, 6, 7, 8).

Dekning av bar jord hadde økt fra 2010 til 2017 ( $\chi^2 = 8,952$ ,  $p = 0,003$ ; Figur 4). Analysene tilsa at denne endringen ikke varierte langs høydegradienten, men langs snølengdegradienten ( $\chi^2 = 8,405$ ,  $p = 0,015$ ) og mellom de to himmelretningene ( $\chi^2 = 6,257$ ,  $p = 0,044$ ). De største endringene ble observert i snøleiene (Figur 7) og i rutene i den sørlige himmelretning (Figur 8). Basert på den grafiske framstillingen, kan det også virke som om at noen endringer hadde skjedd i de høyere fastrutene (Figur 6).

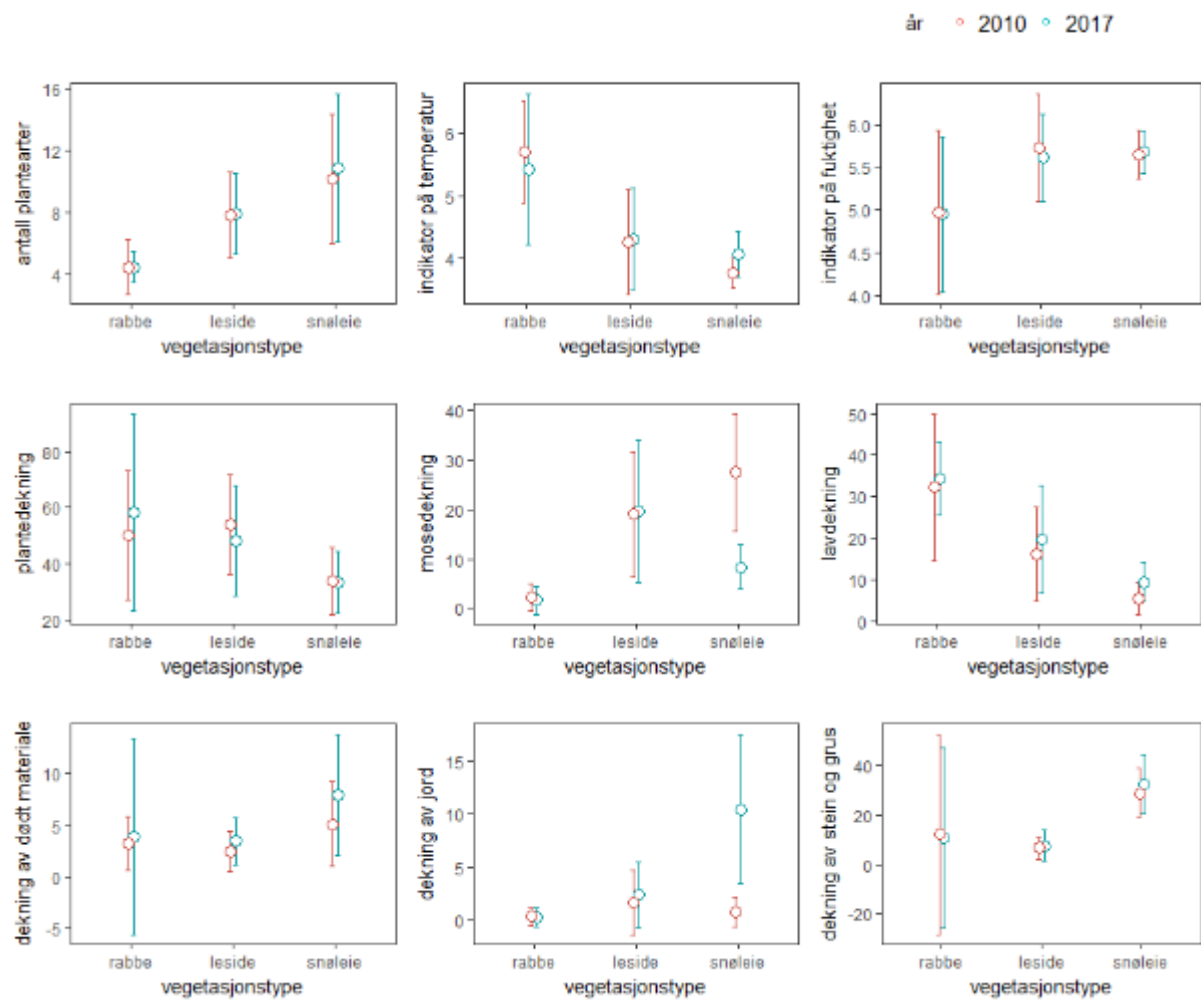
Analysene viste videre at dekning av grus og stein var uendret ( $\chi^2 = 2,417$ ,  $p = 0,120$ ; Figur 4) og at dette var konstant langs høydegradienten (Figur 6), langs snølengdegradienten og mellom de to himmelretningene (Figur 8). Den grafiske framstillingen viser antydning til at dekning av stein og grus hadde økt noe i snøleiene (Figur 7).



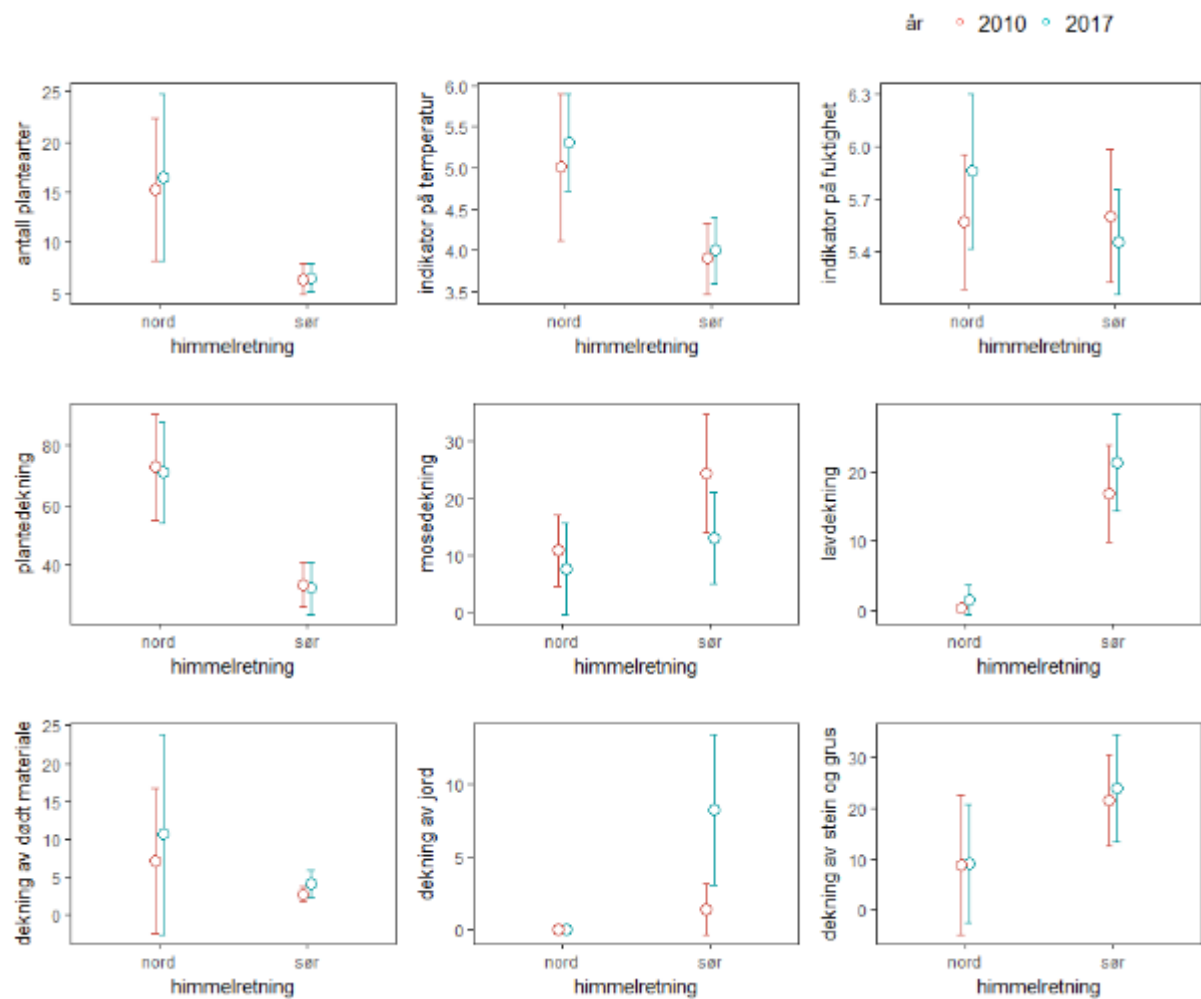
Figur 5. Forskjeller i artsrikdom, klimaindikatorer og struktur i 1 x 1 m fastruter i fjellet Kaldfonna fra år 2010 til år 2017. Figuren viser estimert gjennomsnitt og konfidensintervall. De statistiske analysene viste signifikante endringer for dekning av moser, lav og bar jord.



Figur 6. Gjennomsnitt og konfidensintervall for artsrikdom, klimaindikatorer og struktur i 1 x 1 m fastruter langs høydegradienten i fjellet Kaldfonna fra år 2010 til år 2017. De statistiske analysene viste at variasjon i bar jord ga ulike endringer.



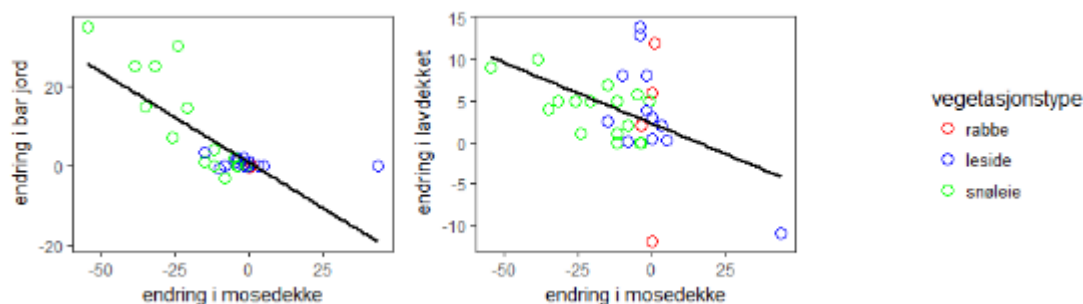
Figur 7. Gjennomsnitt og konfidensintervall for artsrikdom og struktur i 1 x 1 m fastruter i snøleie, lesider og rabber i fjellet Kaldfonna fra år 2010 til år 2017. De statistiske analysene viste at endringene for dekkning av moser og bar jord varierte mellom vegetasjonstypene.



Figur 8. Gjennomsnitt og konfidensintervall for artsrikdom og struktur i 1 x 1 m fastruter i nordlig og sørlig himmelretning i fjellet Kaldfonna fra år 2010 til år 2017. De statistiske analysene viste at endringer for bar jord var forskjellige i de to himmelretningene.



For å summere opp, viser analysene generelt at noe av mosedekket hadde forsvunnet. Nedgangen i mosedekket samvarierer med økning av bar jord (Pearson korrelasjonskoeffisient = -0,77) og noe med høyere dekning av lav (Pearson korrelasjonskoeffisient = -0,45). Det kan se ut som samvariasjonen er spesielt gjeldende for snøleier (Figur 9).



Figur 9. Der mosedekket hadde blitt mindre, hadde det blitt erstattet med bar jord eller lav, spesielt i snøleiene.

## 2.1.3 Endringer i fastflater (10 x 10 meter)

### 2.1.3.1 Artssammensetning

Den statistiske analysen viste ingen utskifting av arter fra 2010 til 2017 i fastflatene i Kaldfonna når vi analyserte dataene basert på tilstede/ikke tilstede registreringer ( $p = 1$ ). Noen forskjeller hadde skjedd (Figur 10, men vi kan ikke fra datasettet se noen generelle trender. Resultatene fra CCA antyder heller ikke at endringene varierte mellom vegetasjonstypene ( $p = 1$ ), langs høydegradienten ( $p = 1$ ) eller i de to himmelretningene ( $p = 0,995$ ). Som for fastrutene viser heller ikke DCA-plotene for fastflatene klare trender (Figur 3; karplanter tilstede i fastflatene).



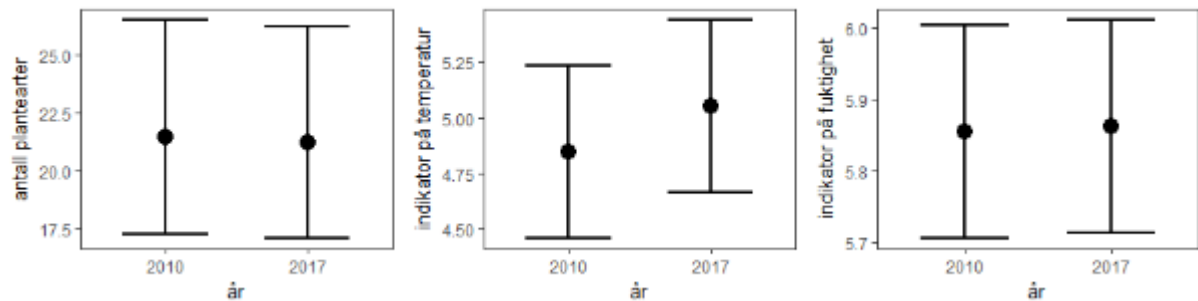
Figur 10. I denne fastflaten var det i 2010 fire karplante-arter mens i 2017, var bare tre igjen (blålyng hadde forsvunnet). I samme flata ble det registrert en økning i utbredelsen av islandslav og begerlav.

### 2.1.3.2 Antall karplanter

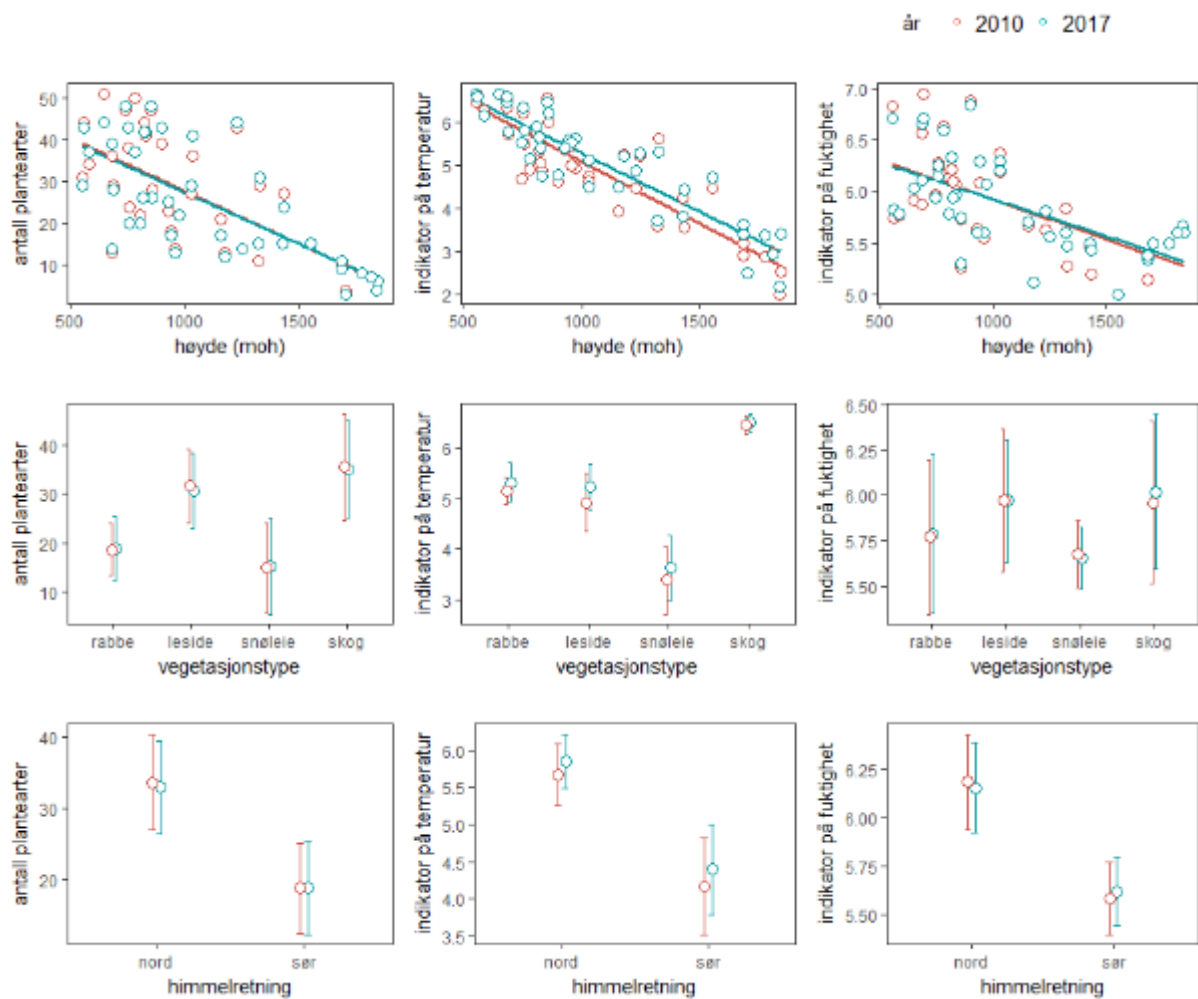
Som ved analysene av registreringen i fastrutene, fant vi heller ikke at antall karplanter var endret i fastflatene fra 2010 til 2017 ( $\chi^2 = 0,0595$ ;  $p = 0.807$ ; Figur 11). Datamaterialet viste ingen signifikante forskjeller i endringer fra 2010 til 2017 i antall arter per flate langs høydegradienten, mellom de fire vegetasjonstypene eller de to himmelretningene (Figur 12).

### 2.1.3.3 Naturindeks indikatorene

Indikatoren på plantesamfunnets tilpasning til fuktighet viste ingen signifikante endringer i fastflatene fra 2010 til 2017 ( $\chi^2 = 0,168$ ;  $p = 0.682$ ; Figur 11), men indikatoren på temperatur indikerer en økning av planter som prefererer noe høyere temperaturer ( $\chi^2 = 15,164$ ;  $p < 0,001$ ; Figur 11). Alle endringene, og ikke-endringene, var konstante langs høydegradienten, mellom de fire vegetasjonstypene og de to himmelretningene (Figur 12).



**Figur 11. Forskjeller i artsrikdom og klimaindikatorer i 10 x 10 m fastflater i fjellet Kaldfonna fra år 2010 til år 2017. Figuren viser estimert gjennomsnitt og konfidensintervall. De statistiske analysene viste signifikante endringer for temperaturindikatoren.**



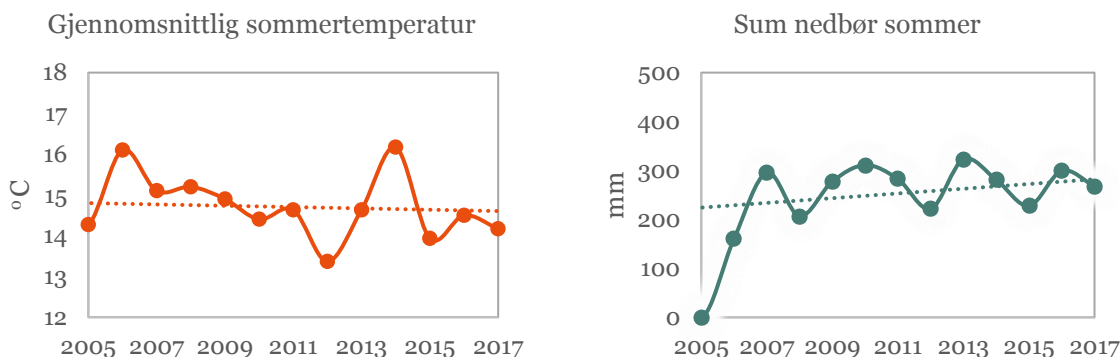
Figur 12. Gjennomsnitt og konfidensintervall for artsrikdom og klimaindikatorer i 10 x 10 m fastflatene langs høydegradienten og mellom fire vegetasjonstyper og to himmelretninger i fjellet Kaldfonna fra år 2010 til år 2017.

## 2.1.4 Mulige påvirkningsfaktorer

### 2.1.4.1 Klimaendringer i regionen?

Data fra nærmeste klimastasjon (63420 Sunndalsøra III) viser at midlere temperatur og sum nedbør for juni til august varierte noe mellom åra før de to registreringene (i 2010 og 2017; Figur 13). Tallene antyder noe mer variasjon i temperatur for sommermånedene i årene før 2017 i forhold til i årene før 2010. Standardavviket mellom gjennomsnittsverdiene i de fem årene før den første registreringen var 0,62 °C, mens standardavviket mellom de fem årene før den siste registreringen var 1,05 °C. Gjennomsnittlig temperatur i sommermånedene juni til august i årene 2006-2010 var 15,14 °C og i årene 2012-2017 14,52 °C, så de siste somrene var i gjennomsnitt noe kaldere. Nedbørsmengder svinger fra år til år, men det kan tyde på at det har vært større variasjon i de fem årene før 2010 sammenlignet med de fem årene før 2017. Standardavviket mellom sum nedbør i sommermånedene før første registrering var 64,0 mm, mens i de fem årene før den siste registreringen var 44,4 mm. Det kan videre tyde på at det har vært noe mer nedbør i årene før den siste registreringen i sammenligning med i årene før den første registreringen. Sum nedbør i sommermånedene i årene 2006-2010 var i gjennomsnitt 250,4 mm, mens det var 270,6 mm for 2012-2017. Selv om klima svinger har likevel ikke

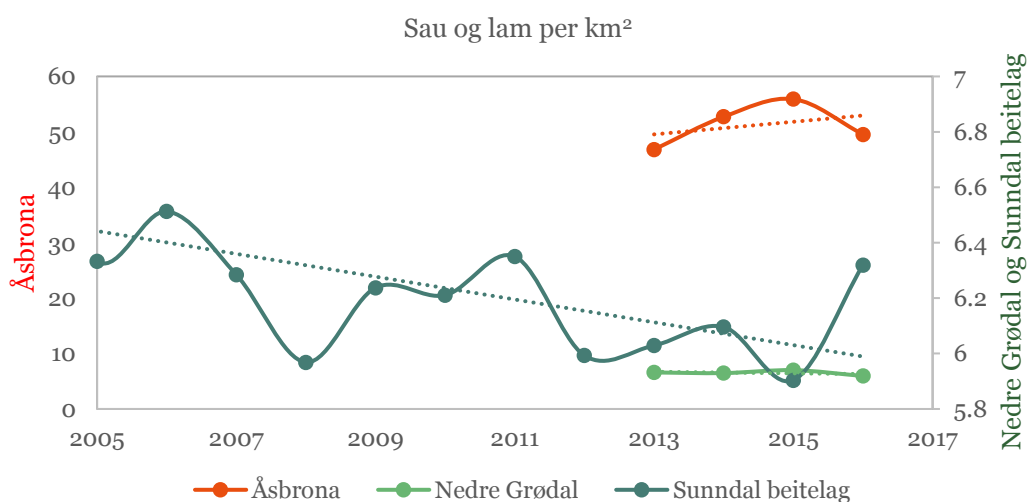
dette ikke gitt store vegetasjonsendringer i Kaldfonna (se resultatene i avsnittene over); vegetasjonen i Kaldfonna takler de små klimaendringer som har vært.



**Figur 13** Middelverdier for temperatur og sum nedbørmengder fra værstasjonen 63420 Sunndalsøra III for sommermånedene juni til august i fra årene 2005-2017.

#### 2.1.4.2 Endring i beitetrykk?

Sunndal beitelag disponer totalt et areal på 854 km<sup>2</sup>, men inkluderer 16 beiteområder. To av disse er Åsbrona beiteområde, som ligger på nordsiden av Kaldfonna, og Nedre Grødal beiteområde, som ligger på østsiden av Kaldfonna. Totalt i Sunndal beitelag er det blitt færre sau det siste tiåret, men det kan tyde på at antallet har gått noe opp noe i arealet på nordsiden av fjellet som har relativt høyt beitetrykk og som defineres som Åsbrona beiteområde (Figur 14).



**Figur 14.** Antall sau og lam slept på beite i Sunndal beitelag i årene før de to registreringene.

#### 2.1.4.3 Ekstreme hendelser?

Andre mulige påvirkningsfaktorer er mere ekstreme hendelser (Bjerke et al. 2014, 2017). Spesielt i 2016 var det omfattende utbrudd av lauvmakk (trolig mest fjellbjørkemåler) i Dovrefjell-området, men også noe over på Sunndalsfjella (personlige observasjoner), og da larvene kan blåse langt opp i det

lavalpine området kan de også utradere bladene på dvergbjørka, og sterkt påvirke bunnvegetasjonen, spesielt skrubbær, blåbær og krekling over større områder (Karlsen et al. 2013). Dette ble observert i felt ved flere av fenologi observasjonsstedene på Hjerkinnsjø, Dovrefjell, i 2016 og dels i 2017, men er ikke observert direkte i rutene på Kaldfonna eller Kolla. Satellittovervåking av insektsutbrudd er mulig (Jepsen et al. 2009), men en bør da ha bedre feltvalideringsdata. Smågnagere som ved lemmenår kan sterkt påvirke vegetasjonen og endringene kan til og med ses på grovoppløselige satellittdata (Olafsson et al. 2012), men i GLORIA-Norge er det dessverre ikke innhentet kvantitative data for å dokumentere dette, men lokalavisen skrev vinteren 2011 om store mengder lemmer i Sunndalsfjellene (Nordvik 2011), uten at vi direkte kan relatere endringene i rutene til påvirkning fra smågnagere. Videre er det kjent at ekstreme klimahendelser, spesielt varmeperioder om vinteren med påfølgende frost sterkt påvirker vegetasjonen, og at dette fenomenet er økende (Vikhamar-Schuler et al. 2016). Ved alle GLORIA-Norge rutene blir det nå målt temperatur og en nærmere analyse av denne data vil avdekke eventuelle påvirkninger på artssammensetningen, men dette er foreløpig ikke gjort.

## 2.2 Overvåking av vekstsesongen (fenologi)

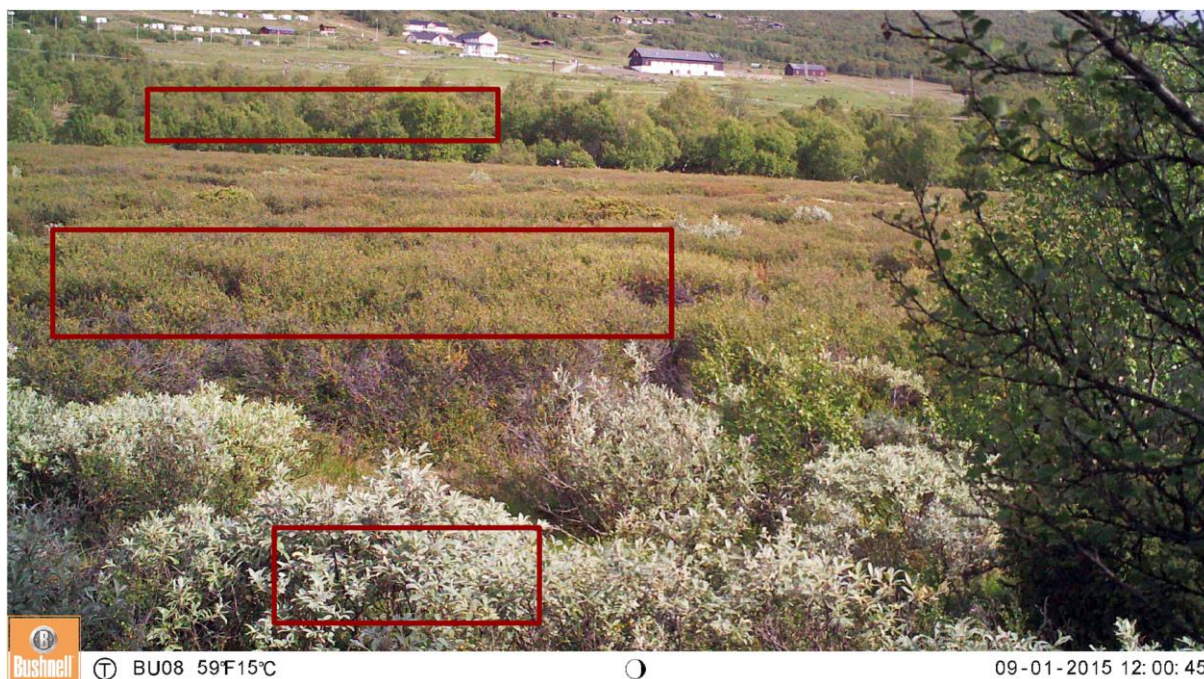
I GLORIA-Norge overvåkes vekstsesongen med satellittdata. Metode for å prosessere satellittdata og satellittbaserte resultater er beskrevet i tidligere rapporter. For å overvåke vekstsesongen med satellittdata er en helt avhengig av feltdata for å validere/kalibrere satellittbildene. Sommeren 2011 ble det etablert et observasjonsområde for overvåking av vekstsesongen (fenologi) ved Hjerkinnsjø, Dovrefjell. I dette feltet lå fem av åtte observasjonspunkter innenfor Hjerkinnsjø skytefelt. Statens naturoppsyn sto for ukentlige observasjoner hele vekstsesongen 2012, og noen observasjoner høsten 2011. Dette er grundig beskrevet i Gloria rapport fra 2012 (Karlsen et al. 2012). Fra sesongen 2013 av ble det forbudt å bruke personbil innen Hjerkinnsjø skytefelt, og vi gikk over til å bruke fenologikamera (viltkamera, automatiske time-laps kamera) for innsamling av feltdata fra området utenfor skytefeltet på Dovrefjell, og noe på Sunndalsfjella Innsamling av fenologidata med kamera utgjør en liten del i forhold til det å prosessere satellittdata, og er kun overfladisk beskrevet tidligere. Men i denne rapporten gis en mer utfyllende beskrivelse av metoden, av områdene som overvåkes, og det vises noen resultater.

### 2.2.1 Metode – kameraovervåking av vekstsesongen

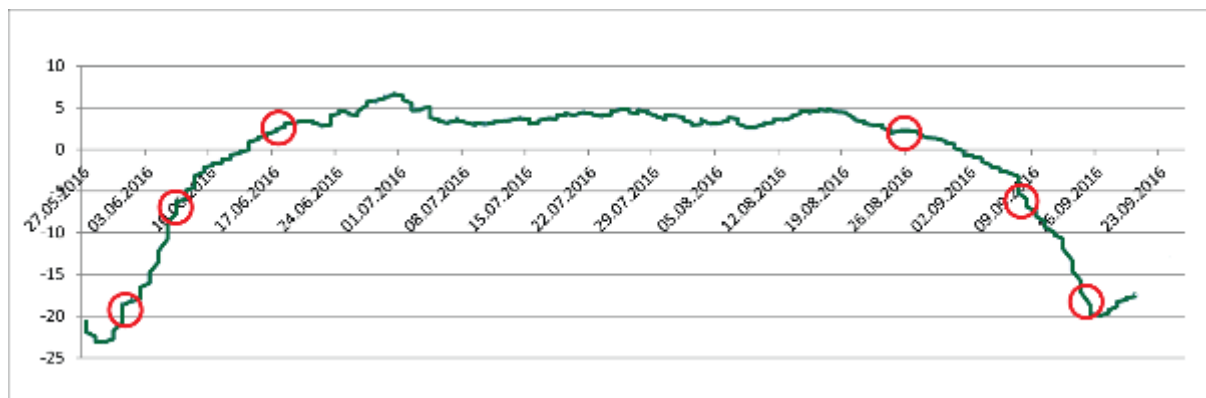
Hovedmålet er å skaffe valideringsdata for satellittbasert overvåking av vekstsesongen. Først så lokaliseres det store homogene områder av de dominerende vegetasjonstyper med tanke på oppskalering av feltdata til satellittdata. Det legges også vekt på å få med en høydegradient. En finner egnede områder dels ved å tolke satellittdata (MODIS/Landsat 8/Sentinel-2) og dels ved feltbefaring. Innenfor utvalgte polygoner av vegetasjonstypen finner en i felt representative arter, og det utplasseres fenologikamera. I de fleste utvalgte lokaliteter brukes det to kamera, ett som ser området på avstand da dette gir mindre 'støy' fra lokal skygge og skyforhold, og gjør det lettere å tolke data automatisk, og ett nært som gjør det lettere å visuelt se eksakte fenofaser (se eksempel i Tabell 2). Kameraene settes ut rett etter snøsmelting og de hentes inn på høsten etter vekstsesongslutt. Kameraene programmeres til å ta bilder hver time fra kl. 10 til 14 hver dag. Da det blir veldig mange bilder for en hel vekstsesong gjøres det først (a) en automatisk tolkning av fenofaser, og (b) dette kontrolleres og justeres etterpå manuelt/visuelt – en sjekker om den automatiske tolkninga av bildet er riktig ved å se på bilder på aktuelle datoer.

Metode for semi-automatisk deteksjon av fenofaser: Vanlige digitale foto er sammensatt av tre bilder – rødt (R), grønt (G) og blått (B), såkalt RGB-bilde. Disse tre 'band' kan en manipulere for enklere å få fram fenofaser. Bladene inneholder 'pigmenter' som klorofyll, anthocyanin og carotenoid, og endringer i bladvekst og bladfarge reflekterer de sesongmessige endringer i pigmenter. Spesielt ses dette godt i refleksjon/absorpsjon av rødt og grønt – derfor får en fine høstfarger. Blått er mer påvirket av

endringer i atmosfæriske forhold (skydekke m.m.) enn rødt og grønt. I GLORIA-Norge har vi foreløpig kommet fram til at følgende tre indekser er gode for automatisk deteksjon av fenofaser:  $GEI = 2 * G - (R+B)$ ,  $rG = G / (R+G+B)$  (Nagai et al. 2014; Inoue et al. 2015) og  $GRVI = (G-R) / (G+R)$  (Anderson et al. 2016). Vi brukes mest indeksen GEI, da den er god på artene dvergbjørk, bjørk og vier. For graminider (nordlandsstarr) virker det som om rG gir bedre deteksjon av fenofaser. GRVI indeksen gir god dynamikk om høsten (høst fenofaser), men bruker ikke det blå bandet og har mer 'støy' fra atmosfære som kan vanskeliggjøre automatisk tolkning. Ved hjelp av python script gjøres det enkel bildebehandling, en kalkulerer først median verdi fra alle bildene fra kl. 10-14 for alle tre band (RGB) hver dag, og en kalkulerer så de tre indeksene, og en 'glatter' kurven ved å kalkulerer syv dagers gjennomsnitt. Fra terskelverdier fra kurven fra indeksene identifiseres tre fenofaser på våren og tre på høsten (Figur 16): 1) start på stigningen av kurven, da dette samsvarer med knoppsprett på treaktige planter (dvergbjørk, bjørk og vier), og tilsynekomst av første grønne del av blad på graminider. 2) 50% av maksimum verdi samsvarer med 50% grønt som er løvsprett-bladene begynner å folde seg ut på treaktige planter, 3) 90% av maksimum – litt før kurven flater ut, tilsvarende helt grønt og fullt utviklede blad på treaktige planter, 4) nedgang på ca 10% av maksimum - når kurven begynner å gå ned, tilsvarende ca 10% gule blader på treaktige arter –begynnende gulning, 5) 50% nedgang, tilsvarende ca 50% gule blader, og 6) 10% av maksimumsverdi tilsvarende mer en 90% gule blader/bladfall. Innenfor bildet identifiseres områder med kun en art og en kan derfor kalkulere fenofaser for flere arter innen samme bilde (Figur 15). Ofte er det mye usikkerhet ved terskler fra indeksene grunnet lange perioder med skyer etc som påvirker resultatene, så derfor kontrolleres alt visuelt. Å følge spektralsignaturen fra fenologikameraene gjennom vekstsesongen forbedrer også tolkningen av satellittdata.



**Figur 15.** Eksempel på bilde fra kamera. Bildet er fra dvergbjørk område ved Hjerkinnsdammen og Hjerkinns fjellstue ses i bakgrunnen. Innen hvert bilde lokaliseres homogene områder av en art og det lages rektangler. I fronten på bildet ses rektangel av et gråvierområde, dvergbjørk i midten og bjørk i bakgrunnen. For hvert rektangel ekstraheres det ut RGB verdier, og indekser kalkuleres og fenofaser fra indeksene det beregnes.



Figur 16. Indeksen GEI (se tekst) av dvergbjørk fra dvergbjørkområdet fra Hjerkinnsdammen i 2016. Fenofaser på våren og høsten er merket med røde sirkler (se tekst).

## 2.2.2 Vegetasjon og kameraovervåking – Dovrefjell

Det meste av kameraovervåkingen av vekstsesongen blir gjort ved Hjerkinnsdammen på Dovrefjell. Figur 17 viser lokalitetene som blir overvåket nå, og som har blitt overvåket tidligere.



Figur 17. Oversikt over fenologiobservasjoner ved Hjerkinnsdammen, i tillegg observeres det noe i på Sunndalsfjella. I bakgrunnen er et Sentinel-2 satellittbilde hvor hvit indikerer lavheier og grønn-nyanser mest dvergbjørk eller bjørk. De fargelagte polygonene viser omriss av overvåkede vegetasjonstyper, hvor fenologikamera er plassert i representativ del av vegetasjonstypen, se tekst. Gule kryss indikere hvor bjørk kommer med i bildet til fenologikameraene. Gul ellipse viser hvor det ble observert fenologi i 2004-2006 (av Simen Bretten), i 2012 av Statens naturoppsyn, og med fenologikamera i 2013 til 2016. På bildet ses også veien til Snøheim, hvor Statens naturoppsyn observerte fenologi nær veien i 2012. Oppe til venstre ses Kolla hvor vegetasjonsanalysene og temperaturmålinger i GLORIA-Norge gjøres.

**Dvergbjørkhei og dvergbjørk-lavhei.** Dominerende vegetasjonstype i lavalpint område på Hjerkinshøe og på flata over mot Kolla er dvergbjørk-lavhei. Dvergbjørka (*Betula nana*) dominerer i de flatere partier og glir over i nesten ren lavrabb i konvekse områder. Der dvergbjørka dominerer blir den ofte over en halvmeter høy og i feltsiktet opptrer arter som mjølbær (*Arctostaphylos uva-ursi*), krekling (*Empetrum nigrum*) og greplyng (*Loiselauria procumbens*). Blant lavene i aktuelt overvåket område dominerer kvitkrull (*Cladonia stellaris*), men rabbeskjegg (*Alectoria ochroleuca*) kan stedvis dominere. Lavene gulskinn (*Flavocetraria nivalis*), saltlav (*Stereocaulon paschale*) og lys- og grå reinlav (*Cladonia arbuscula*, *C.rangiferina*) er vanlig, men sjelden dominant.

Dvergbjørkheia og dvergbjørk-lavhei overvåkes i følgende tre høydebelter/utforminger på Dovrefjell (se Figur 17, 18, 19, 20).



**Figur 18.** Dvergbjørk-lavhei område 1. Dvergbjørk-lavhei overvåkes med to kamera på selve Hjerkinshøe. I bakgrunnen på fotoet ses grasmyrer og bak der igjen gråvierkratt i sydskråningen. Polygonet overvåkes med to viltkamera med fokus på dvergbjørka, men hvor gråvier inngår foran ett kamera. Kameraene er representative for et ca 31750 m<sup>2</sup> stort område innen 1115-1130 moh, og er svært godt egnet for oppskalering med MODIS satellittdata, og innenfor hovedpolygonet er det igjen avmerket ei mer homogen lavhei og ei nesten homogen dvergbjørkhei med tanke på oppskalering med Sentinel-2 satellittdata. Bladene på dvergbjørka ble stedvis innenfor feltet kraftig angrep av liten fjellbjørkemåler sommeren 2016.





**Figur 19.** Dvergbjørk-lavhei område 2. Dvergbjørkhei på vestsiden av Hjerkinnsjøe overvåkes med ett kamera. Området er svakt vestvendt, omkring 2440 m<sup>2</sup> og ligger på ca 1085 moh. Halvmeter høy dvergbjørk dominerer, men gråvier og einer opptrer hyppig, i bunnsjiktet dominere reinlaver, spesielt kvitkrull.



**Figur 20.** Dvergbjørkhei, område 3. Dvergbjørkhei i nordboreal sone vest om Hjerkinnsdammen. Fotoet viser fine høstfarger 21. september 2015. I bakgrunnen ses Hjerkinnsfjellstue og bjørkeskogen i sydskråningen til Hjerkinnsjøe. Kameraovervåkningen fokuserer på dvergbjørkheia, men får også med bjørkeskogen i bakgrunnen i to ulike høydebelte og vierkratt i forgrunnen. Dvergbjørkheia ligger 904 moh og er 10 000 m<sup>2</sup> stort, og bjørkeskogsområdene i bakgrunnen er ennå større slik at oppskalering til MODIS satellittdata er godt egnet. Meterhøy dvergbjørk dominerer, men har innslag av gråvier, og reinlaver forekommer hyppig i bunnsjiktet.

**Gråvierkratt.** I sørvendt, konkavt terreng på Hjerkinshøe dekker gråvierkratt store areal (Figur 17, 21, 22). Høytvoksende (0.5-2.5 m) gråvier (sølv-, lapp-, og ullvier, *Salix glauca*, *S. lapponum*, *S. lanata*) dominerer, og høytvoksende dvergbjørk er vanlig og kan stedvis dominere. Einer (*Juniperus communis*) og noen enkeltbjørker forekommer. Feltsiktet er artsrikt og ofte fuktig, og er dominert av gras og urter hvor arter som kvassbunke (*Deschampsia cespitosa*), skogstorkenebb (*Geranium sylvaticum*), mjødukt (*Filipendula ulmaria*) og enghumleblom (*Geum rivale*) er karakteristiske. To nærliggende felter på Hjerkinshøe blir overvåket med 3-4 kamera.



**Figur 21.** Gråvierkratt, område 1. Nede til høyre på fotoet ses kamera som fokuserer på feltsiktet – her mot skogstorkenebb, i bunnsiktet på bildet dominerer etasjemose (*Hylocomium splendens*). I tillegg brukes ett kamera til mer oversikt av generell grønning-gulning av dvergbjørk, gråvier og grønnvier (*Salix phylicifolia*) og enkelte bjørker. Feltet ligger 1110 moh.



Figur 22. Gråvierkratt, område 2. Omkring 170m nordøst om forrige område overvåkes en litt rikere utgave av gråvierkratt. Kamera er plassert i nedre del av ett større (ca 52000 m<sup>2</sup>, dvs. 0,52 km<sup>2</sup>) sydvendt gråvierområde omkring 1120-1160 moh. I forgrunnen på bildet ses mye einer og tyrihjelm (*Aconitum lycoctonum*), og gråvier i bakgrunnen. Ellers er feltsiktet artsrikt og skogstorkenebb, kvassbunke, marikåpe (*Alchemilla* sp.), fjellforglemmegei (*Myosotis decumbens*) og rød jonsokblom (*Silene dioica*) er karakteristisk.



Figur 23. Grasmyr, område 1. Grasmyr av nordlandsstarr (*Carex aquatilis*) typen, og stedvis flaskestarr (*Carex rostrata*) på Hjerkinshøe blir overvåket, ca 1110 moh og er i vestkanten av et større grasmyrområde, men hvor kun 13000 m<sup>2</sup> er noenlunde nordlandsstarr dominert. Området blir overvåket med to kamera, et nært (ses på forgrunnen i bildet) som gir eksakte fenofaser og ett på avstand som gir generell grønning-gulning av blader.

**Grasmyrer.** Myrene på Hjerkinshøe er mest av nordlandsstarr (*Carex aquatilis*) typen, men områder dominert av flaskestarr (*Carex rostrata*), duskmyrull (*Eriophorum angustifolium*) eller bjørneskjegg (*Trichophorum cespitosum*) forekommer. I skråningene finner en også mindre flekker av rikmyrer som er svært artsrike, hvor arter som gullmose (*Tomentypnum nitens*) og rynkevier (*Salix reticulata*) er karakteristiske, og denne typen kan gli over i gråverkratt. Ei nordlandsstarrmyr dominert myr blir overvåket med to kamera (Figur 23).

**Bjørkeskog og andre vegetasjonstyper.** Bjørkeskogen i området er mest av krekling-blåbærtypen, men også lågurt- og høgstaude bjørkeskoger forkommer. Fra høsten 2013 til og med 2015 ble bjørkeskogen på vestsiden av Hjerkinshøe overvåket, i samme område hvor botaniker Simen Bretten overvåket fenologi i årene 2004 til 2006 og Statens naturoppsyn i 2012, men da to kamera ble stjålet trolig grunnet synlighet fra rasteplass (Harald R monument) ved E6 utgår dette feltet. Grønning-gulning av blader på bjørkeskogen blir nå overvåket flere steder da bjørk forekommer i bakgrunnen av flere av kameraene. Bjørkeskogen ble svært hard rammet av fjellbjørkemåler sommeren 2016, og trolig ble da omkring 80-90% av bjørkeskogen rammet i aktuelt område, og omfattende angrep var det også i 2017. Ellers i Hjerkinshøe-Kolla området i lavapint forkommer det rike tørrenger i konkave områder med god drenering, og tørre snøleier og blåbærlesider, med da i så små areal at det ikke lar seg gjøre å oppskalere med satellittdata, og disse vegetasjonstypene overvåkes derfor ikke.

**Tabell 2. Eksempler på fenologidata på dvergbjørk fra dvergbjørkfeltet ved Hjerkinnsdammen (Figur 17, 20), ekstrahert semi-automatisk fra fenologikamera. Viser dato for fenofaser. For beskrivelse av fenofaser se kapittel 2.2.1. Slike fenofaser fås fra alle overvåkede arter og områder vist i Figur 17.**

År	<10% grønt	50% grønt	>90% grønt	<10% gult	50% gult	>90% gult	Snødekt
2013				28.08	10.09	17.09	
2014				25.08	07.09	10.09	
2015	17.06	27.06	03.07	21.08	09.09	20.09	
2016	31.05	08.06	17.06	26.08	08.09	16.09	
2017	29.05	09.06	16.06	25.08	10.09	19.09	20.09

### 2.2.3 Vegetasjon og kameraovervåkning – Sunndalsfjella

Sunddalsfjella er langt mer humid/oseanisk og rabb-snøleiegradienten er langt mer utpreget enn på Dovrefjell, og noe kameraovervåking gjøres også på Sunndalsfjella. Området er ikke fullt så godt egnet for satellittbasert overvåkning av vekstsesongen, dette fordi større flater med homogene vegetasjon knapt forkommer, og dette skyldes lite morenemateriale/løsmasser og harde bergarter som gir ett småkuppert terreng med mye berg i dagen. Med tanke på logistikk og vegetasjon er best egnet lokalitet på Sunndalsfjella ved Krushøa, ved omkring 860-870 moh som er i overgangen fra nordborealt til lavalpin sone. Krushøa ligger omkring 21 km syd for GLORIA-Norge fjellet Kaldfonna, og omkring 51 km nordvest om Hjerkinshøe, se forrige GLORIA-Norge rapport (Wehn et al. 2017). Kameraovervåkning starter her, som på Dovrefjell, sommeren 2014. I lavalpin sone på Sunndalsfjella dominerer dvergbjørk-lavhei, og det er lagt vekt på overvåkning av fenologi på dvergbjørka. Bjørka og dels dvergbjørka ble påvirket av lauvmakkangrep i 2016. Følgende felt blir overvåket (Figur, 24, 25, 26).



**Figur 24.** Bildet viser overvåket dvergbjøk-lavhei. Ei homogen 75 000 kvadratmeter stor dvergbjøk-lavhei omkring 860moh blir overvåket med ett kamera, dette feltet er svært godt egnet for oppskalering både med MODIS og Sentinel-2 satellittdata. Bildet viser fine høstfarger 22. september 2015. Feltet er artsfattig og blant lavene dominerer kvitkrull fullstendig.



**Figur 25.** Overvåket blåbærbjørkeskog. Et mindre område av blåbærbjørkeskog blir overvåket med to kamera. Ett kamera nært blåbær for visuell tolkning av fenofaser på blåbær og ett på avstand for fenofaser på bjørk og dels blåbær og dvergbjøk.



**Figur 26.** Leside-snøleie. Et blåbær-finnskjegg dominert område med innslag av dvergbjørk, einer, gråvier og krepling blir overvåket med ett kamera. Det overvåkes fenofaser på dvergbjørk og dels på blåbær og gråvier.

### 3 Oppsummering

GLORIA-Norge har i 2017 reinventert vegetasjon i 40 fastflater (10 x 10 m) og 32 fastruter (1 x 1 m) i fjellet Kaldfonna i Sunndal kommune. Disse registreringene ble så sammenlignet med registreringer samlet inn i de samme flatene og rutene i 2010. Vi fant ingen signifikante endringer i artssammensetningen eller antall arter, men datasettet indikerer en økning av arter med preferanse for noe høyere temperaturer. Mosedekket hadde blitt noe lavere og det hadde blitt flere flekker med bar jord, spesielt i snøleier. Samtidig hadde lavdekket økt noe. Innen overvåkningen av vekstsesongen ble det i 2017 observert fenologi med automatiske kamera over flere vegetasjonstyper på Dovrefjell og Sunndalsfjellene. Kameraene ble satt ut i mai måned og hentet inn i oktober. Vi har i denne rapporten gitt en nærmere beskrivelse av den semi-automatiske metoden som brukes innen kameraovervåkning, og vi har gitt en beskrivelse av vegetasjonstypene som overvåkes og hvordan denne kameraobservasjonen av plantesamfunn kan oppskaleres med satellittdata. I tillegg har vi presentert dato for fenofaser på dvergbjørk fra ett av de overvåkede områdene. Det er også pre-prosessert store mengde Sentinel-2 satellittdata, men dette vil bli vist i senere rapporter.

GLORIA-Norge prosjektet vil i 2018 gjennomføre reinventeringer av vegetasjon i Kolla på Dovrefjell (Dovre og Oppdal kommune) slik at potensielle endringer i vegetasjonen kan analyseres og sammenstilles med resultatene fra analysene på potensielle endringer vist til i denne rapporten (Kaldfonna) og i Wehn et al. 2017 (Stortussen/Snøtind). Innen overvåkning av vekstsesongen vil det i 2018 bli satt ut automatiske kamera rett etter snøsmelting og kameraene vil bli hentet inn igjen sent på høsten. Kameraene vil plasseres i samme områder som tidligere, og bildene vil bli analysert for å detektere fenofaser for ulike arter i ulike vegetasjonstyper.

# Litteraturreferanser

- Aarrestad, P.A., Bjerke, J.W., Follestad, A., Jepsen, J.U., Nybø, S., Rusch, G. & Schartau, A.K. 2015. Naturtyper i klimatilpasningsarbeid. Effekter av klimaendringer og klimatilpasningsarbeid på naturmangfold og økosystemtjenester.
- Anderson, H.B., L.Nilsen, H. Tømmervik, S.R. Karlsen, S. Nagai & E. J. Cooper. 2016. Using Ordinary Digital Cameras in Place of Near-Infrared Sensors to Derive Vegetation Indices for Phenology Studies of High Arctic Vegetation. *Remote Sens.* 2016, 8, 847.
- Bjerke, J.W., Karlsen, S.R., Høgda, K.A., et al., 2014. Record-low primary productivity and high plant damage in the Nordic Arctic Region in 2012 caused by multiple weather events and pest outbreaks. *Environ. Res. Lett.* 9, 084006.
- Bjerke, J.W., Treharne, R. Vikhamar-Schuler, D., Karlsen, S.R., Ravolainen, V., Bokhorst, S., Phoenix, G.K., Bochenek, Z. & Tømmervik, H. 2017. Understanding the drivers of extensive plant damage in boreal and Arctic ecosystems: Insights from field surveys in the aftermath of damage. *Science of the Total Environment*.
- Cannone, N., Sgorbati, S. & Guglielmin, M. 2007. Unexpected impacts of climate change on alpine vegetation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 360-364.
- Erschbamer, B., Kiebacher, T., Mallaun, M. & Unterluggauer, P. 2009. Short-term signals of climate change along an altitudinal gradient in the South Alps. *Plant Ecology* 202: 79-89.
- Framstad, E. & Pedersen, B. 2015. Hvordan svarer naturindeksen på klimaendringer? In: *Naturindeks for Norge 2015. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold*.
- Framstad, E. 2015. *Naturindeks for Norge 2015. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold*.
- Gottfried, M., Pauli, H., Futschik, A., Akhalkatsi, M., Barančok, P., Alonso, J.L.B., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B. & Kazakis, G. 2012. Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2: 111-115.
- Halvorsen, R., Bryn, A., Erikstad, L. & Lindgaard, A. 2015. *Natur i Norge - NiN. Versjon 2.0.0*.
- Hanssen-Bauer, I. 2005. Regional temperature and precipitation series for Norway: Analyses of time-series updated to 2004. *Met. no report* 15: 1-34.
- Inoue, T., S. Nagai, H. Kobayashi & H. Koizumia. 2015. Utilization of ground-based digital photography for the evaluation of seasonal changes in the aboveground green biomass and foliage phenology in a grassland ecosystem. *Ecological Informatics.* 25:1-9.
- Isaksen, K., Sollid, J.L., Holmlund, P. & Harris, C. 2007. Recent warming of mountain permafrost in Svalbard and Scandinavia. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 112.
- Jepsen, J.U., Hagen, S.B., Høgda, K.A., Ims, R.A., Karlsen, S.R., Tømmervik, H.A. & Yoccoz, N.G. 2009. Monitoring the spatio-temporal dynamics of geometrid moth outbreaks in birch forest using MODIS NDVI. *Remote Sensing of Environment.* 113: 1939-1947.
- Karlsen, S. R., Jepsen, J. U., Odland, A., Ims, R. A. & Elvebakk, A. 2013. Outbreaks by canopy-feeding geometrid moth cause state-dependent shifts in understorey plant communities. *Oecologia*, 173(3), 859-870.
- Karlsen, S.R., Høgda, K.A., Johansen, B., Holten, J.I. & Wehn, S. 2012. Etablering av overvåking av vekstsesongen langs et kyst – innland transekt i Midt-Norge. - ett delprosjekt innen GLORIA Norge. *Norut rapport* 4/2012. 17s.



- Lenoir, J., Gégout, J.-C., Marquet, P., De Ruffray, P. & Brisse, H. 2008. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science* 320: 1768-1771.
- Lindgaard, A. & Henriksen, S. 2011. Norsk rødliste for naturtyper 2011. Artsdatabanken.
- Lundemo, S., Karlsen, S.R. & Holten, J.I. 2016. GLORIA Norge – årsrapport for 2013.
- Michelsen, O., Syverhuset, A.O., Pedersen, B. & Holten, J.I. 2011. The impact of climate change on recent vegetation changes on Dovrefjell, Norway. *Diversity* 3: 91-111.
- Moen, A. & Lillethun, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge. Vegetasjon. Norges Geografiske oppmåling.
- Nagai, S. et al. 2014. Year-to-year blooming phenology observation using time-laps digital cameras. *J. Agric. Meteorol.* 70:163-170.
- Nordvik, I. 2011. Lemenår i sunndalsfjella. Driva.
- Olofsson, J., Tømmervik, H. & Callaghan, T. V. 2012. Vole and lemming activity observed from space. *Nature Climate Change*, 2(12), 880.
- Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J.L.B., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B. & Calzado, R.F. 2012. Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science* 336: 353-355.
- Pedersen, H.C. & Aarrestad, P.A. 2015. Fjell. In: Framstad, E. (ed.) *Naturindeks for Norge 2015. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold*.
- Pickering, C., Hill, W. & Green, K. 2008. Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Snowy Mountains, Australia. *Biodiversity and Conservation* 17: 1627-1644.
- Steinbauer, M. J., Grytnes, J. A., Jurasinski, G., Kulonen, A., Lenoir, J., Pauli, H., ... & Bjorkman, A. D. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*, 1.
- Syverhuset, A. 2009. Recent changes in temperature and vegetation on Dovrefjell. NTNU-Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- Vanneste, T., Michelsen, O., Graae, B.J., Kyrkjeeide, M.O. Holien, H., Hassel, K., Lindmo, S., Kapás, R.E. & De Frenne, P. 2017. Impact of climate change on alpine vegetation of mountain summits in Norway. *Ecological Research*.
- Vikhamar-Schuler, D., Isaksen, K., Haugen, J. E., Tømmervik, H., Luks, B., Schuler, T. V. & Bjerke, J. W. 2016. Changes in winter warming events in the Nordic Arctic Region. *Journal of Climate*, 29(17), 6223-6244.
- Wehn, S. Karlsen, S.R., Vesterbukt, P. & Holten, J.I. 2017. GLORIA Norge 2016 – overvåkning av vegetasjon og vekstsesong. NIBIO RAPPORT 3(84) 2017.
- Wehn, S. & Holten, J.I. 2010. Overvåking av fjellvegetasjon på Stortussen/Snøtind. DN-utredning nr 8
- Wehn, S. v Holten, J.I. 2011. Stortussen/Snøtind og Kaldfonna. Årsrapport til DN; 2010
- Wehn, S., Holten, J.I. & Karlsen, S.R. 2012. Etablering av fastruter i fjell langs et kyst - innland transekt i Midt Norge. Årsrapport; 2011 Norut-rapport 3/12
- Wehn, S., Holten, J.I. & Karlsen, S.R. 2016. Norsk fjellnatur -Fra kyst til innland, fra sør til nord. Årsrapport; 2014. NIBIO RAPPORT 2(11) 2016
- Wehn, S., Johansen, L. & Isaksen, K. 2017. Naturindeks – videreutvikling og styrking av datagrunnlag for fjell - Data fra overvåkningsprosjektet GLORIA-NORGE. NIBIO RAPPORT 3(157) 2017.
- Wehn, S., Lundemo, S. & Holten, J.I. 2014. Alpine vegetation along multiple environmental gradients and possible consequences of climate change. *Alpine Botany* 124: 155-164.

Wehn, S., Lundemo, S. & Holten, J.I. 2013. Midt-norsk fjellnatur fra kyst til innland. Status 2012. Bioforsk Rapport 8 (107).

Notater

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.