



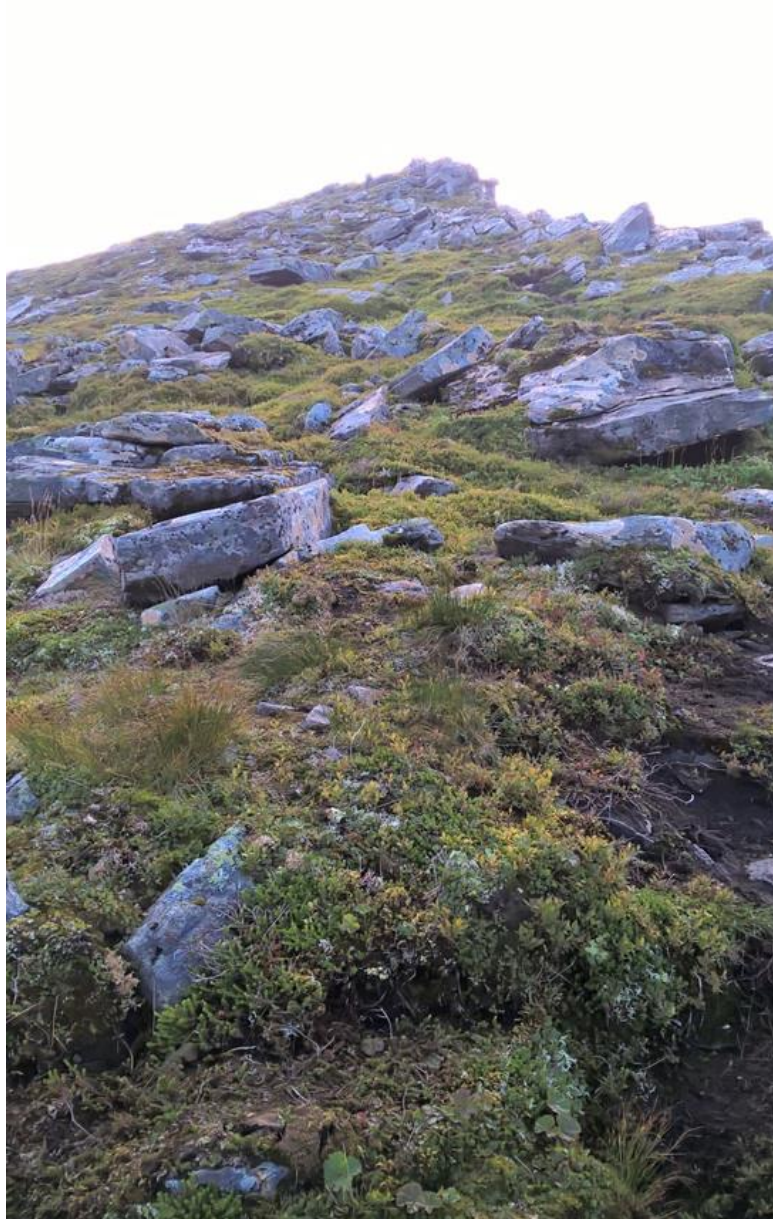
**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

## GLORIA Norge: 2016

Overvåking av vegetasjon og vekstsesong

NIBIO RAPPORT | VOL. 3 | NR. 84 | 2017



Sølvi Wehn<sup>1)</sup>, Stein Rune Karlsen<sup>2)</sup>, Per Vesterbukt<sup>1)</sup>, Jarle Inge Holten<sup>3)</sup>

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

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

<sup>3)</sup> Terrestrisk Miljøforskning

**TITTEL/TITLE**

GLORIA Norge 2016 – overvåkning av vegetasjon og vekstsesong

**FORFATTER(E)/AUTHOR(S)**

Sølvi Wehn, Stein Rune Karlsen, Per Vesterbukt, Jarle Inge Holten

<b>DATO/DATE:</b>	<b>RAPPORT NR./ REPORT NO.:</b>	<b>TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:</b>	<b>PROSJEKTNR./PROJECT NO.:</b>	<b>SAKSNR./ARCHIVE NO.:</b>
12.06.2017	3/84/2017	Åpen	130203	17/02008
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:</b>	
978-82-17-01877-3	2464-1162	27		

**OPPDRA GSGIVER/EMPLOYER:**

Miljødirektoratet; M-765|2017

**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 2009 til 2016 i det kystnære fjellet Stortussen/Snøtind i Møre og Romsdal og vekstsesongovervåkingen som er gjort i 2016.

GLORIA-Norge is a project aiming to monitor physical and biological systems in Norwegian alpine areas. This report presents the work done in 2016.

**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**

Sigrun Aune

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 forutsatte 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/>). Dette prosjektet har utviklet seg til å bli et verdensomspennende nettverk som overvåker endringer i vegetasjon på fjelltopper. I Norge overvåkes seks fjellområder etter metodikk utviklet gjennom GLORIA.

Miljødirektoratet har finansiert mesteparten av aktiviteten i GLORIA-Norge, i tillegg har kommuner/fylkeskommuner i studieområdene bidratt med driftsstøtte og det 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 2016 samt resultater fra analyser som sammenligner vegetasjon i Stortussen/Snøtind i 2009 og 2016. I tillegg viser den årlige kart for start på vekstsesongen for perioden 2000 til 2016.

Vi takker Thomas Holm Carlsen, Anaïs Kermagoret, Julio Enrique Morales Can, Anne Olga Syverhuset og Statens naturoppsyn for hjelp til å samle data og Sigrun Aune og Miljødirektoratet for konstruktive kommentarer gjennom skriveprosessen.

Kvithamar, 08.06.17

Sølvi Wehn

# Innhold

1	Innledning.....	6
1.1	Bakgrunn.....	6
1.2	Fjellvegetasjon og klimaendringer.....	6
1.3	Overvåkning – GLORIA Norge.....	7
2	Aktiviteter gjennomført i 2016.....	9
2.1	Reinventering av prøveflater for overvåking av vegetasjon i fjellskråninger på Stortussen/Snøtind i Gjemnes og Eide kommune.....	9
2.1.1	Statistiske metoder – endringer i artssammensetning, artsrikdom og struktur.....	10
2.1.2	Endringer i fastruter (1 x 1 meter).....	10
2.1.3	Endringer i fastflater (10 x 10 meter).....	13
2.1.4	Klimaendringer i regionen?.....	14
2.1.5	Endring i beitetrykk?.....	15
2.1.6	Diskusjon rundt metodikk og de analyser gjennomført.....	15
2.2	Overvåkning av vekstsesongen (fenologi).....	18
2.2.1	Feltobservasjoner – automatiske kamera.....	18
2.2.2	Start på vekstsesongen – MODIS satellittdata.....	18
2.2.3	Vekstsesongen sett i Sentinel-2 satellittdata.....	21
	Litteraturreferanser.....	23

# Sammendrag

Klimaendringer har påvirket vegetasjonssammensetning i fjell rundt om i verden, men klimaets endringsmønster har variert i ulike 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 forutsatte klimaendringer.

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

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, [www.gloria.ac.at](http://www.gloria.ac.at)). Dette prosjektet har etter hvert utviklet seg til et samarbeid mellom forskere i en rekke land verden over, der fellesnevneren er utarbeidelse av en standardmetodikk kalt «GLORIA summit approach» for å kunne påvise endringer i fjellvegetasjon. Gjennom dette nettverket har Norge etablert en overvåkning av fjelltopper i Dovrefjell.

Det er et stort behov for å få en økt forståelse for og kvantifisering av både fysiske og biologiske endringsprosesser i fjellområdene i Norge. Vegetasjon og klima er ulik langs lokale miljøgradienter som høyde over havet, snøengde og himmelretning og langs regionale miljøgradienter som avstand fra kyst (den bioklimatisk 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 klimaendringen vi i dag opplever, er det viktig å ha data langs disse viktige miljøgradientene. Foruten overvåkning av vegetasjon og temperatur på fjelltopper i Dovrefjell overvåkes derfor også vegetasjon, fenologi, temperatur og fuktighet i fjell i sør og nord, langs den bioklimatisk seksjonsgradienten og langs miljøgradientene høyde over havet, snøengde og himmelretning gjennom GLORIA-Norge gjennom metodikken kalt «GLORIA slope approach». 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 ved bruk av «GLORIA slope approach» i alle de seks GLORIA-Norge fjellene og ett fjell er reinventert (se Tabell 1; Lundemo et al. 2016; Wehn et al. 2016, 2013, 2012, 2011, 2010). Alle fjell vil bli reinventert med et omløp på 7 år. I 2008, 2015, 2022 osv. registreres fjelltoppene på Kolla gjennom «GLORIA summit approach». 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 er 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).

Denne årsrapporten beskriver aktiviteter gjennomført i 2016.

Basert på registreringene av vegetasjonen i Stortussen/Snøtind i Møre og Romsdal sommeren 2016 fant vi noen endringer i artssammensetningen sammenlignet med første registrering i 2009. Ingen klare trender ble observert men artsantallet har minket noe, spesielt i snøleier og delvis like over skoggrensa, og deknningen av karplanter i de høyereliggende fastruter har økt noe. For overvåkingen av vekstsesongen (fenologi) er det brukt MODIS satellittdata tolket ut i fra bilder fra automatiske kamera i felt i fjellområdene Dovrefjell og Sunndalsfjella. Overvåkingen viser store variasjoner i start på vekstsesongen år for år i perioden 2000 til 2016, og noen år med et tydelig kyst-innlandsmønster. Men overvåkingen viser også at det ikke er noen tydelig trend i start på vekstsesongen de siste 17 år. Fra vekstsesongen 2016 av har vi data fra Sentinel-2 satellittene og en foreløpig analyse av data fra denne sensoren viser et potensial til å overvåke vekstsesongen også på en lokal skala.

# 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). Men, klimaets endringsmønster har variert i ulike 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, Norge (Michelsen et al. 2011) 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 kjennetegnes ved 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, uttøringsfare, snødekkebetinget vekstsesongreduksjon, 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 i Norge er biologisk tilstand i alpine områder relativt gode (Framstad 2015) og 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).

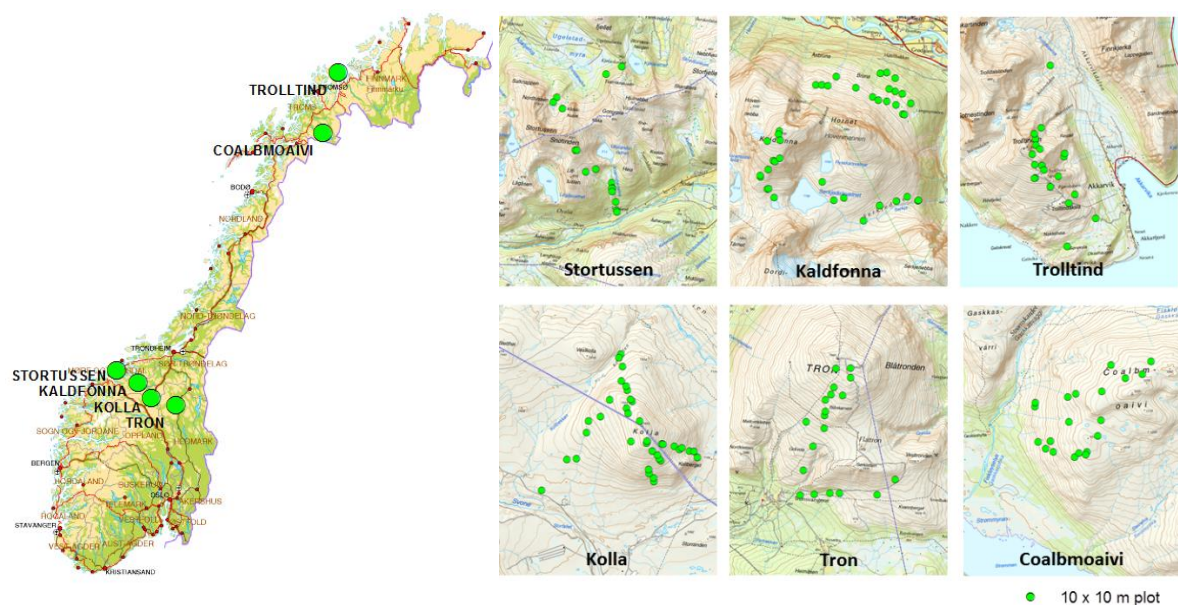
Klimaet varierer veldig i Norge, både romlig og temporært noe som gir uttrykk i en utskifting av arter langs klimatiske gradienter (Wehn et al. 2014). Klimaendringer har blitt dokumentert i norske fjellområder (Isaksen et al. 2007; Syverhuset 2009), og det er estimert at disse vil akselerere i framtiden (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 hvis mål er å overvåke 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 hvis mål er å overvåke fysiske faktorer og vegetasjon på lokal skala over regionale gradienter i relasjon til forutsatte klimaendringer. 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 fastruter (10 x 10 m plot) er etablert.

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 oseanisk - svakt kontinental); Stortussen/Snøtind (Gjemnes og Eide kommune, Møre og Romsdal fylke), Kalfonna (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, snølengde og himmelretningsgradienter og reinventeringer vil skje med et omdrev på 7 år (Tabell 1). Naturgrunnet i Norge er variert. GLORIA-Norge har derfor registrert alle karplantearter og grupper av mose og lav i fastruter 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 overvåking av vegetasjon i GLORIA-Norge fjellene**

<b>Fjell</b>	<b>1. registrering</b>	<b>1. re inventering</b>	<b>2. re inventering</b>
<b>Stortussen/Snøtind</b>	2009	2016	2023
<b>Kaldfonna</b>	2010	2017	---
<b>Kolla</b>	2011	2018	---
<b>Tron</b>	2012	2019	---
<b>Trolltind</b>	2013	2020	---
<b>Coalbmoaivi</b>	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.



## 2 Aktiviteter gjennomført i 2016

### 2.1 Reinventering av prøveflater for overvåking av vegetasjon i fjellskråninger på Stortussen/Snøtind i Gjemnes og Eide kommune

Femten 10 x 10 meter fastflater og 28 1 x 1 meter fastruter ble rekartlagt. Fastrutene var nøstet i sju av fastflatene, dvs. at sju fastflater (10 x 10 meter) inneholdt fire 1 x 1 meter ruter. 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 (Figur 2). 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 grupper av moser og lav. For alle disse ble det for hver fastrute også registrert Prosentvis dekning ble registrert for alle mens for alle karplantene ble utbredelse registrert basert på en «pinpoint» metode. Denne registrerer antall ganger man treffer en art ved å føre en pinne ned i vegetasjonen i hjørnene på 100 småruter (frekvens treff: 0-100). 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.

For de fire fastrutene i en av fastflatene ble også frekvens (0-100) registrert; antall ganger en art forekom i de 100 smårutene.



Figur 2. To av de i alt fire fastrutene på 1 x 1 meter i nedre venstre hjørne av en fastflate på 10 x 10 meter. Foto: S.Weihn\NIBIO.

## 2.1.1 Statistiske metoder – endringer i artssammensetning, artsrikdom og struktur

For å visualisere og teste utskifting av arter i fastrutene og flatene fra 2009 til 2016, gjennomførte vi ordinasjonsanalysen «detrended correspondence analysis» (DCA) ved bruk av vegan pakken versjon 2.4-1 i R versjon 3.2.3. For å finne om artssammensetningen endret seg fra 2009 til 2016 gjennomførte vi ordinasjonsanalysen «partial canonical correspondence analysis» (CCA) ved bruk av Canoco for Windows versjon 4.02. Vi testet artstutskifting 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 2009 til 2016. 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) ble brukt for å teste. Om artsantallet endret seg forskjellig langs høydegradienten, 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) 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)

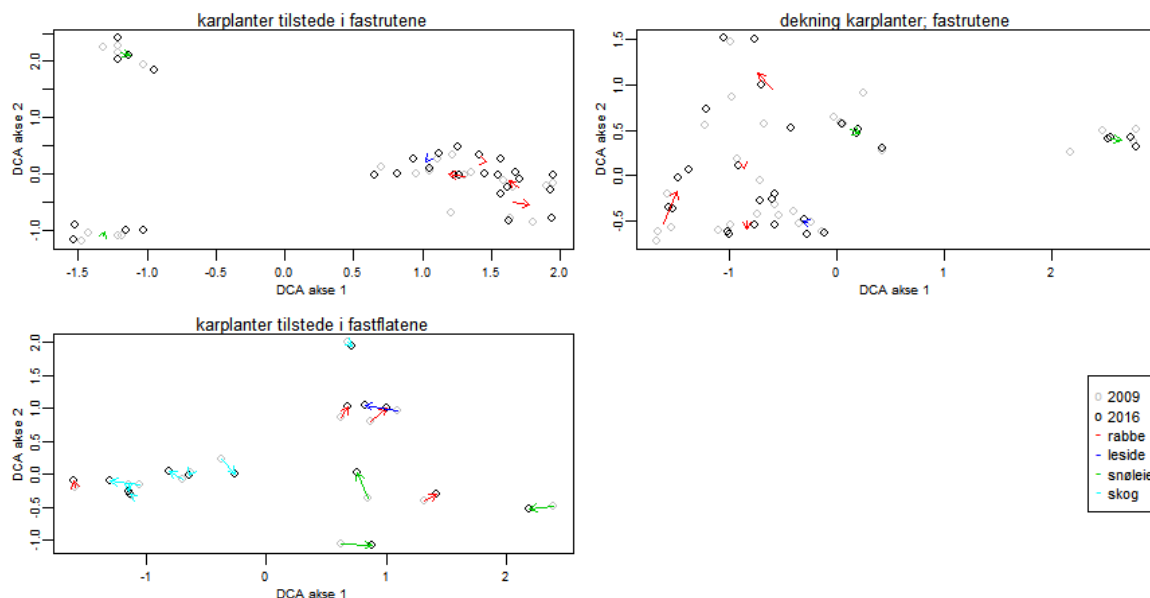
### 2.1.2.1 Artssammensetning

Den statistiske analysen viste at det var en utskifting av arter fra 2009 til 2016 i fastrutene i Stortussen/Snøtind når vi analyserte dataene basert på tilstede/ikke tilstede registreringer ( $p = 0,005$ ). Dette var ikke tilfelle når vi analyserte basert på dekning dataene ( $p = 0,09$ ). Resultatene fra CCA antyder at endringene varierte mellom snøleiene og de to andre vegetasjonstypene ( $p_{\text{tilstede/ikke tilstede}} = 0,005$ ;  $p_{\text{dekning}} = 0,02$ ), selv om DCA-plottene ikke viser klare trender (Figur 3). De relative forskjellene i artenes dekning innad i fastrutene er størst i to av rabbene (Figur 3: dekning karplanter i fastrutene). Disse to rabbene er lokalisert like over skoggrensa og endringen skyldes en økning i dekning av greplyng (gjennomsnittlig økning i disse åtte fastrutene: 7 %) og rabbesiv (3%) på bekostning av røsslyng (-9%). Resultatene fra CCA antyder at endringene varierte langs høydegradienten når dataene basert på tilstede/ikke tilstede registreringer ble analysert ( $p_{\text{tilstede/ikke tilstede}} = 0,005$ ) men ikke når dataene basert på dekning ble analysert ( $p_{\text{dekning}} = 0,185$ ). Endringene var ikke forskjellig mellom nord og sørsiden av fjellet ( $p_{\text{tilstede/ikke tilstede}} = 0,585$ ;  $p_{\text{dekning}} = 0,835$ ); dvs. lik respons uavhengig av himmelretning.

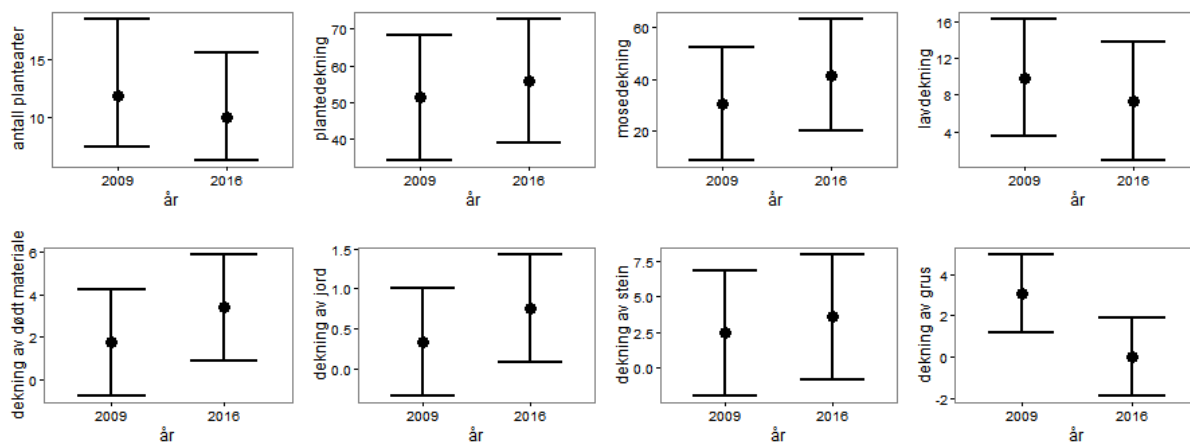
### 2.1.2.2 Antall karplanter

Det er blitt færre karplanter i 1 x 1 meter rutene ( $\chi^2 = 5,09$ ;  $p = 0,024$ ; Figur 4). Datamaterialet var ikke tilstrekkelig til å fastslå om forskjellen i antall arter per rute varierte langs høydegradienten (interaksjon mellom alpin sone og år:  $\chi^2 = 1,808$ ;  $p = 0,405$ ), men grafisk fremstilling av data gir indikasjoner på at endringen er størst like over skoggrensa (Figur 5). Derimot fant vi forskjeller i endringene mellom rabbe, leside og snøleier ( $\chi^2 = 12,530$ ;  $p = 0,014$ ). I snøleiene hadde antall arter hatt en større nedgang enn i de to andre vegetasjonstypene (Figur 6). Endringene var ikke forskjellig mellom sør og nordhellinga på Stortussen/Snøtind ( $\chi^2 = 5,897$ ;  $p = 0,052$ ). Grunnen til at den grafiske

framstillingen viser størst endring i sør er trolig pga at det kun var i sør snøleier var undersøkt (antall fastruter i snøleie i sør: 16 og i nord: 0; leside i sør: 0 og i nord: 8; rabbe i sør: 16 og i nord: 16).



**Figur 3.** Artstutskifting fra 2009 (grå ring) til 2016 (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.



**Figur 4.** Forskjeller i artsrikdom og struktur i 1 x 1 m fastruter i fjellet Stortussen/Snøtind fra år 2009 til år 2016. figuren viser estimert gjennomsnitt og konfidensintervall. Forskjellene mellom de to årene var statistisk signifikante for antall plantearter, mosedekning, dekning av dødt materiale, og dekning av grus.

### 2.1.2.3 Struktur

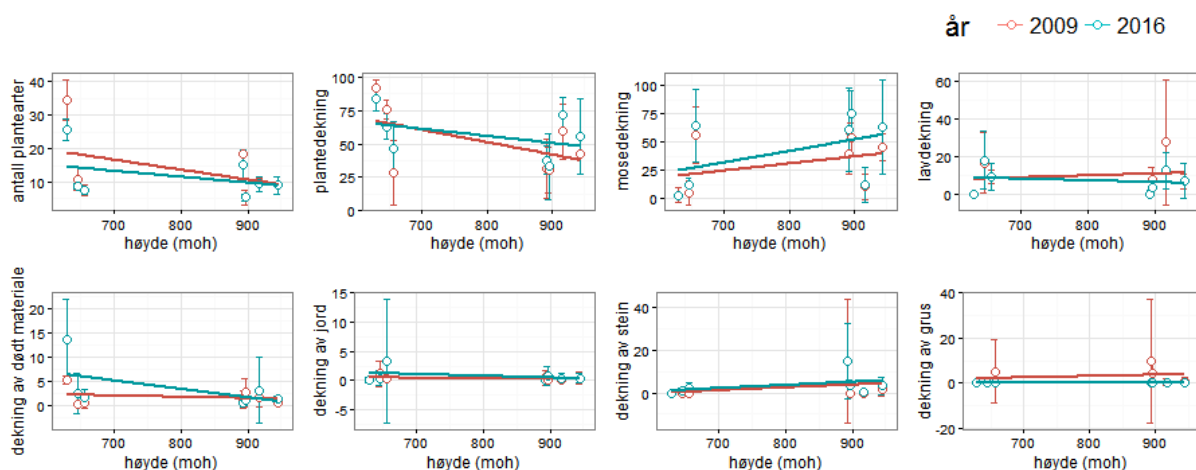
Datamaterialet viste ingen endringer i prosent dekning av karplanter i fastrutene. Grafiske sammenligninger indikerte noe økning i prosent dekke av planter i løpet av de sju årene (Figur 4), men det kan virke som at denne økningen er kun i de høyereliggende rutene i Stortussen/Snøtind (Figur 5). I de lavereliggende rutene antyder datamaterialet at dekingen av karplanter er blitt mindre (selv om analysene viste ingen forskjeller). Plantedekning ser ut til å bli mer likt i de tre alpine vegetasjonstypene (Figur 6), mens i de nordlige fastrutene har plantedekningen økt (Figur 7). Analysene viste at det var forskjell mellom endring i nordlig og sørlig himmelretning ( $\chi^2 = 3,888$ ,  $p = 0,049$ ).

Prosent dekning av moser i fastrutene endret seg fra 2009 til 2016 ( $\chi^2 = 9,604$ ,  $p = 0,002$ ; Figur 4). Analysene viste ingen variasjon av denne endringen langs høydekurven eller mellom de tre vegetasjonstypene, men det kan tyde på at det er en viss økning i de øverste fastrutene (Figur 5). Endringen var forskjellig i sørlig og nordlig himmelretning ( $\chi^2 = 9,419$ ,  $p = 0,009$ ) hvor den største endringen hadde skjedd i fastrutene på nordsiden av fjellet (Figur 7).

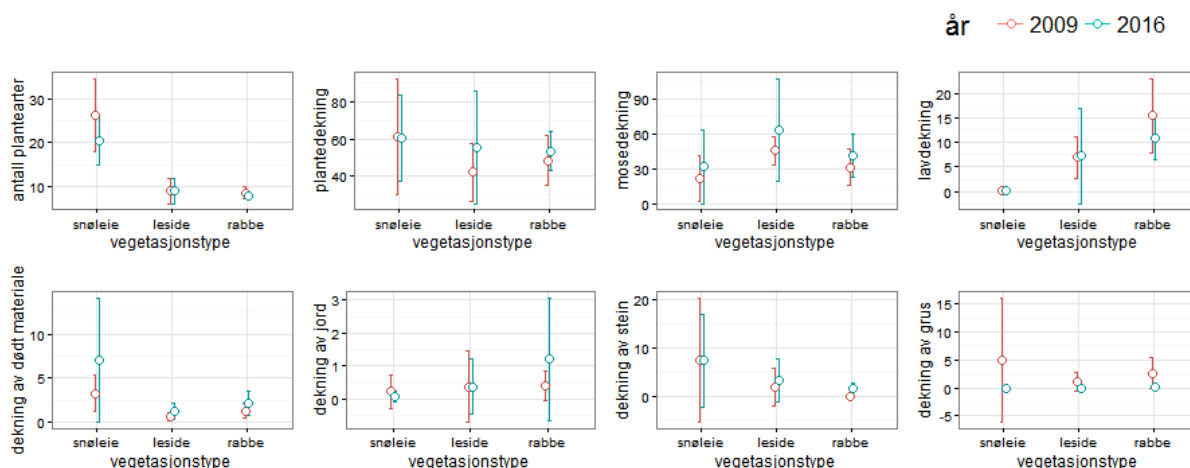
Prosent dekning av lav viste ingen forskjeller mellom de to åra, heller ikke langs gradientene, men den grafiske framstillingen kan antyde noe mindre lav i de øverste fastrutene (Figur 5), kanskje som en følge av høyere karplante- og mosedekning i disse. Det kan også tyde på at lavdekningen var blitt mindre på rabbene (Figur 6) og i sør (Figur 7), kanskje på grunn at noen dager/perioder har vært ekstreme i forhold til vær.

I 2016 var det et mer utbredt dekke av dødt materiale sammenlignet med i 2009 ( $\chi^2 = 5,977$ ,  $p = 0,015$ ; Figur 4). Dette skyldes i hovedsak at det var mer strø i de lavere enn i de høyere fastrutene ( $\chi^2 = 9,999$ ,  $p = 0,002$ ; Figur 5) og i sør ( $\chi^2 = 4,503$ ,  $p = 0,034$ ; Figur 7). Dødt materiale kan ha hatt negativ påvirkning på dekning av lav i sør og antall planter i snøleier.

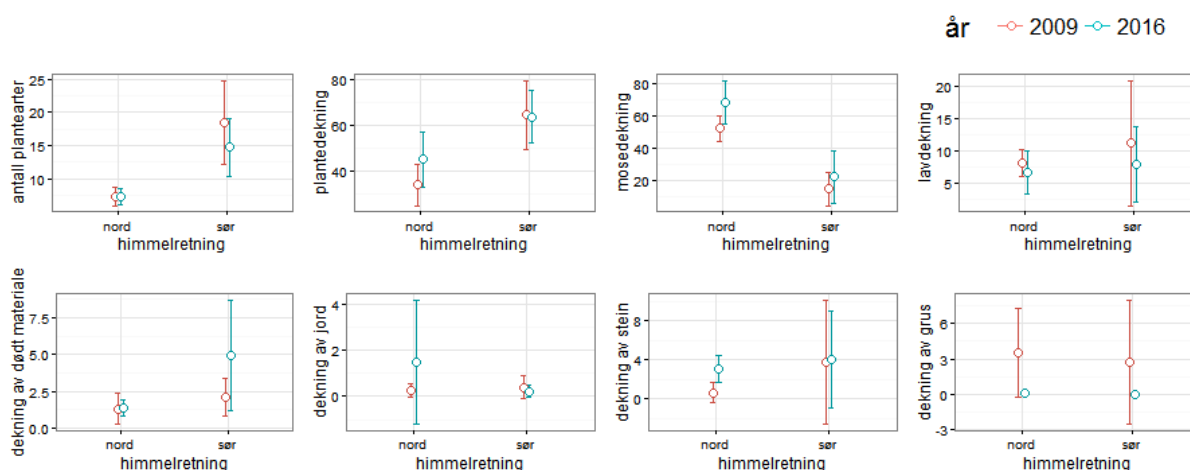
Analysene viste at dekning av grus var lavere i 2016 sammenlignet med i 2009 ( $\chi^2 = 4,951$ ,  $p = 0,026$ ; Figur 4) mens dekning jord og grus var relativt stabil. Gyldigheten av dette resultatet er noe svakt i og med at det i 2016 ikke var registrert grus i noen av rutene.



Figur 5. Gjennomsnitt og konfidensintervall for artsrikdom og struktur i 1 x 1 m fastruter langs høydegradienten i fjellet Stortussen/Snøtind fra år 2009 til år 2016. Vi fant statistisk bevis for at forskjellene mellom de to årene varierte langs høydegradienten for dekning av dødt materiale.



**Figur 6.** Gjennomsnitt og konfidensintervall for artsrikdom og struktur i 1 x 1 m fastruter i snøleie, lesider og rabber i fjellet Stortussen/Snøtind fra år 2009 til år 2016. Vi fant ingen statistisk bevis for at forskjellene mellom de to årene varierte mellom de tre vegetasjonstypene.



**Figur 7.** Gjennomsnitt og konfidensintervall for artsrikdom og struktur i 1 x 1 m fastruter i nordlig og sørlig himmelretning i fjellet Stortussen/Snøtind fra år 2009 til år 2016. Vi fant statistisk bevis for at forskjellene mellom de to årene varierte mellom sør og nordsiden av fjellet for plantedekning og dekning av dødt materiale.

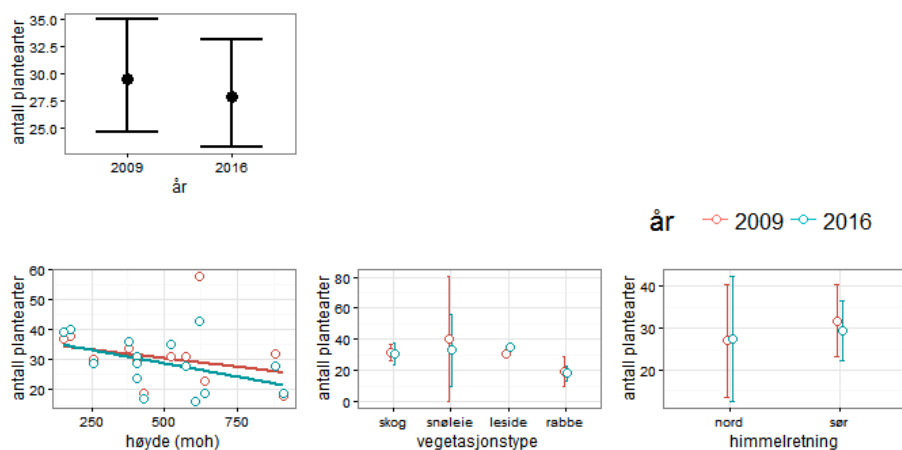
## 2.1.3 Endringer i fastflater (10 x 10 meter)

### 2.1.3.1 Artssammensetning

Den statistiske analysen viste ingen utskifting av arter fra 2009 til 2016 i fastflatene i Stortussen/Snøtind når vi analyserte dataene basert på tilstede/ikke tilstede registreringer ( $p = 0,34$ ). Resultatene fra CCA antyder at endringene varierte mellom snøleiene og de tre andre vegetasjonstypene ( $p = 0,04$ ), men ikke langs høydegradienten ( $p = 0,06$ ) eller i de to himmelretningene ( $p = 0,83$ ). Som for fastrutene viser heller ikke DCA-plotene for fastflatene klare trender (Figur 3; karplanter tilstede i fastflatene).

### 2.1.3.2 Antall karplanter

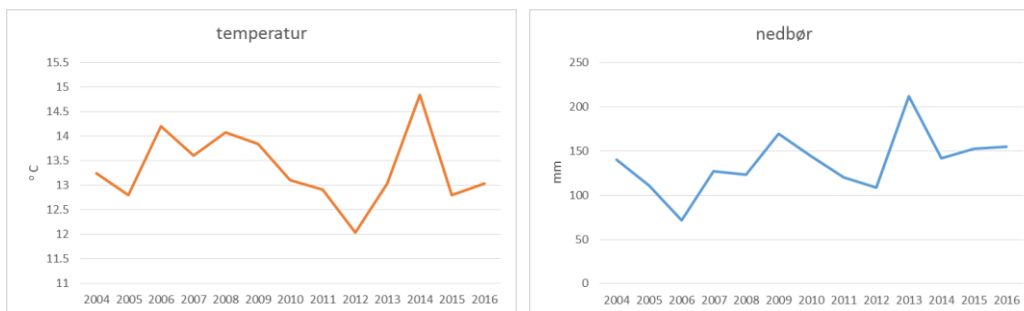
Vi fant ikke statistisk bevis for en endring i antall karplanter fra 2009 til 2016 10 x 10 meter flatene ( $\chi^2 = 0,702$ ;  $p = 0.402$ ), men trenden var den samme som for antallet karplanter i fastrutene (se antall plantearter i Figur 4 og 8). Datamaterialet var heller ikke for makroflatene tilstrekkelig til å fastslå om forskjellen i antall arter per flate varierte langs høydegradienten, snølengdegradienten (de tre vegetasjonstypene) eller mellom de to himmelretningene. Som i fastrutene (1 x 1 m; se Figur 6 og 7), viste derimot den grafiske framstillingen at antall arter hadde minket mest i snøleier og i sørlig himmelretning (Figur 8). Den generelle trenden fra under skoggrensa til opp mot fjelltoppen viste at nedgangen i arter var størst i de høyere flatene (Figur 8), det motsatte av den trend vi så når vi analyserte fastrutenes artsrikdom. Om man derimot ser kun på flatene over skoggrensa (husk: fastrutene er kun lokalisert over skoggrensa), ser man samme trend som i fastrutene; en større forskjell rett over skoggrensa.



**Figur 8.** Forskjell i artsrikdom i 10 x 10 m fastruter i fjellet Stortussen/Snøtind fra år 2009 til år 2016; totalt, langs høydegradienten, i tre vegetasjonstyper og i nordlig og sørlig himmelretning. Figurene viser estimerte gjennomsnitt og konfidensintervall. Forskjellene mellom de to årene var ikke statistisk signifikant.

### 2.1.4 Klimaendringer i regionen?

Data fra de nærmeste klimastasjonene i regionen viser at midlere temperatur og nedbør for juni til august varierte noe mellom åra før de to registreringene (i 2009 og 2016; Figur 9). Tallene antyder en svak nedgang i temperatur for sommermånedene, da gjennomsnittlig temperatur juni-august i årene 2004-2009 var 13,62 °C og i årene 2011-2016 13,11 °C. Middelverdi nedbør per måned for juni-august 2004-2009 var 124 mm, mens det var 148 mm for 2011-2016. Det var dermed kaldere og noe våtere i månedene juni til august i perioden før andre gangs registrering (2016) sammenlignet med perioden før første gangs registrering (2009). Om dette har vært avgjørende for de små forskjellene vi fant i vegetasjon mellom år 2009 og 2016, er vanskelig å tolke basert på de dataene vi i denne rapporten viser til. Dette analyseres i mer detalj når data fra to år i alle GLORIA-Norge fjellene er samlet inn. På ett senere tidspunkt vil prosjektet også ha koblet data fra overvåkingen av temperatur og fuktighet i hver fastflate til dataene på vegetasjonsendringer. Dette vil da gi ett mer detaljert bilde på de prosesser som foregår i GLORIA-Norge fjellene.



**Figur 9.** Middelerverdier for temperatur fra værstasjonen 64330 Kristiansund Lufthavn og fra værstasjonen 62900 Eide for sommermånedene juni og august i fra årene 2004-2016.

### 2.1.5 Endring i beitetrykk?

I Eide beitelag som disponer et areal på 40.0 km<sup>2</sup> og som inkluderer nordsiden av Stortussen/Snøtind beitet i gjennomsnitt 1454 sau i de fem årene før samt i registreringsåret 2009 (se Tabell 2). I de fem årene før samt i registreringsåret 2016, beitet det i gjennomsnitt mange flere sau i det samme arealet; 2098 sau. Dette har trolig påvirket vegetasjonen på nordsiden av Stortussen/Snøtind. Kanskje har denne økningen i beitetrykk hatt mer effekt enn den svake klimaendringen vi hittil har klart å finne i regionen, selv om det er usannsynlig at et høyere beitetrykk gir høyere mosedekning slik vist i Figur 7.

Vi har ikke informasjon om antallet sau som kun beitet i Stortussen/Snøtind i alle disse årene, men i de tre siste årene vet vi at antallet var relativt stabilt; antallet sau på beite var 1080, 1057, 1021 i årene 2014, 2015 og 2016. Også på sørsiden av Stortussen/Snøtind beiter sau, men tilgjengelig data på antall sau på beite representerer ikke de samme arealene, så vi har ikke mulighet til å analysere trender.

**Tabell 2.** Antall sau og lam slept på beite i Eide beitelag i årene før de to registreringene.

År	Antall sau og lam	Antall medlemmer	År	Antall sau og lam	Antall medlemmer
2004	1529	18	2011	2384	19
2005	1419	16	2012	2611	23
2006	1402	16	2013	1775	17
2007	1362	14	2014	1861	20
2008	1282	14	2015	1962	20
2009	1727	14	2016	1992	21

### 2.1.6 Diskusjon rundt metodikk og de gjennomførte analyser

En overvåkning av potensielle endringer i planters artssammensetning er tidkrevende og dertil veldig ressurskrevende. Variabler registrert gjennom GLORIA-Norge har variert noe. Vi ønsket derfor gjøre en enkel analyse på hva de forskjellige registreringsmetodikkene anvendt i GLORIA-Norge hittil tilfører et overvåkningsopplegg med det mål å tidlig observere potensielle endringer i fjellvegetasjonen grunnet klimaendringer.

Ved første registrering i Stortussen/Snøtind ble artssammensetning i 1 x 1 meter ruter dokumentert ved å registrere frekvens (andel 10 x 10 cm småruter artene ble observert i) og prosent dekning (visuelt estimert) for hver art. I de andre fjellene er pin-point metodikk blitt anvendt i tillegg til prosent dekning siden det å registrere frekvens er veldig tidkrevende. Ved en pin-point metodikk registrerer

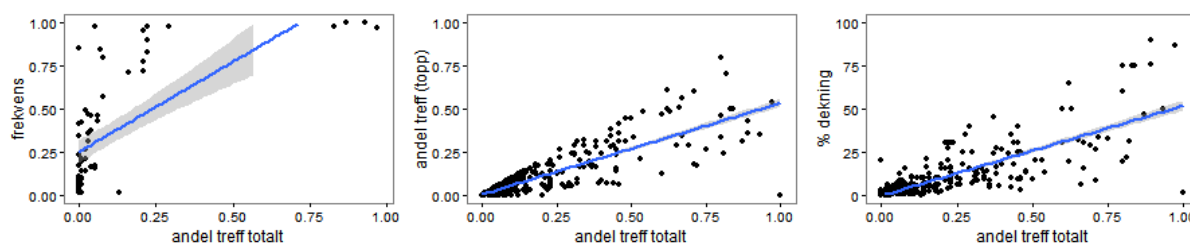
man utbredelse ved å stikke en pinne ned i vegetasjonen i hvert hjørne av 100 småruter i en 1 x 1 meter fastrute, noe som gir verdier på 0 til 100 eller en andel fra 0 – 1 for hver art. I den første omgangen med vegetasjonskartlegging ble pin-point metodikken tolket slik at man registrerte kun den arten en pinne traff først når pinnen ble satt ned i vegetasjonen.

For å kunne sammenligne data fra Stortussen/Snøtind med data fra de andre GLORIA-Norge fjellene valgte vi å også i Stortussen/Snøtind registrere etter pin-point metodikken i 2016. Vi ønsket å evaluere hva man eventuelt går glipp av ved å endre metodikk, derfor registrerte vi også frekvens i fire av rutene. Ett annet valg vi gjorde, var å registrere også de andre artene pinnen traff før den nådde jorda, ikke kun den arten man først traff ved pin-point metodikken.

Datagrunnlaget fra disse registreringene ble så sammenlignet ved å teste om de samvarierte. Vi regnet ut Pearson's korrelasjons koeffisient og testet samvariasjonen med bruk av funksjonen `cor.test` i R.

Vi fant at metodikkene frekvens og pin-point (hvor alle arter en pinne traff) ga ulike svar (Figur 10; selv om samvariasjonen var signifikant (Pearson korrelasjonskoeffisient: 0,67;  $t = 7.242$ ,  $df = 64$ ,  $p < 0,001$ ). Resultatet basert på registrering av kun den første arten pinnen treffer viste at tallene samvarierte enda mindre (Pearson korrelasjonskoeffisient: 0,57;  $t = 5,522$ ,  $df = 64$ ,  $p < 0,001$ ). Dette fordi da vil færre arter bli inkludert i registreringen (se Figur 10). Ved å skifte fra frekvens til pin-point metodikk vil man tape noe informasjon angående de små endringer inne i fastrutene, men i GLORIA-Norge er det ett ønske å observere de generelle trender. Derfor, mener vi at det er forsvarlig å kun anvende pin-point metodikk, da dette er en langt mer kostnadseffektiv metodikk.

Å estimere prosent dekning visuelt i forhold til å registrere dekning ved bruk av pin-point metodikk gir større rom for subjektiv tolkning. Vi fant likevel en relativt høy korrelasjon mellom de registrerte deknings observasjonene og pin-point observasjonene (Pearson korrelasjonskoeffisient: 0.815;  $t = 31.434$ ,  $df = 501$ ,  $p < 0,001$ ).



**Figur 10.** Sammenligninger av forskjellig registreringsmetodikk. Frekvens: registrere alle arter i hver av 100 småruter inni en 1 x 1 meter rute. Andel treff totalt: registrere alle arter en pinne treffer når satt ned i vegetasjonen i hvert hjørne av 100 småruter i en 1 x 1 meter rute (pin-point metodikk - 2016). Andel treff (topp): registrere den arten pinne treffer først når satt ned i vegetasjonen i hvert hjørne av 100 småruter i en 1 x 1 meter rute (pin-point metodikk - tidligere). % dekning: visuelt estimere prosent dekning av alle arter i en 1 x 1 meter rute. Blå linje viser lineær regresjonslinje og grått felt viser 95% konfidens område.

Når man skal tolke endringer fra år til år, må man erkjenne at feltregistreringer er subjektive. Dette gjelder spesielt når estimatene er basert på visuelle tolkninger av dekning. Dette gjelder for både dekning av hver enkelt art, men også av struktur. For å fastslå at reelle endringer har inntruffet, er det kanskje ikke nok med et signifikansnivå på 0,05 som er brukt i denne rapporten.

Et annet viktig poeng, er at antallet fastflater og fastruter er relativt lavt (Tabell 3). Dette gir lavere sannsynlighet for at de statistiske testene bekrefter endringer som faktisk har inntruffet. For de andre fjellene (spesielt i det sørlige transektet) er det etablert et noe høyere antall fastflater, noe som kan (om det blir nok ressurser tilgjengelig) bedre styrken på endringsanalysene for hvert enkelt fjell. Analysene fra Stortussen/Snøtind viser viktigheten i å følge opp alle fastflater og -ruter som er etablert.



**Tabell 3. Antall fastflater og fastruter i GLORIA-Norge fjellene registrert ved bruk av «GLORIA slope approach» metodikken.**

<b>Fjell</b>	<b>Antall fastflater</b>	<b>Antall fastruter</b>
Stortussen/Snøtind	15	32
Kaldfonna	40	32
Kolla	37	32
Tron	20	16
Trolltind	20	0
Coalbmoaivi	20	0

Overvåkning basert på «GLORIA summit approach» på Dovrefjell viser at antall lav og mose arter er endret mer enn antall karplanter (Vanneste et al. 2017). I denne rapporten viser vi ikke til analyser på det lav- og mosedatagrunnlaget vi gjennom «GLORIA slope approach» metodikken har samlet inn. Vanneste et al. (2017) og vi (Wehn et al. 2014) viser til at endringer skjer på funksjonelt nivå velså mye som på taksonomisk nivå, dette er heller ikke analysert og vist til i denne rapporten.

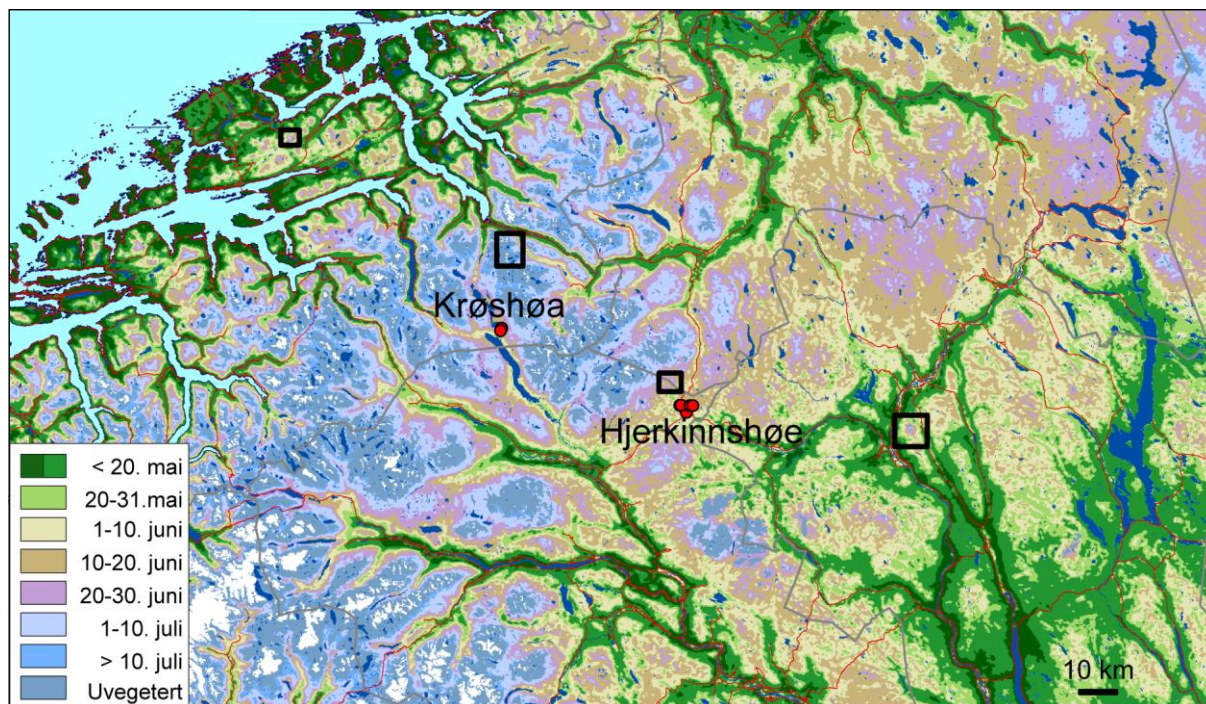
## 2.2 Overvåkning av vekstsesongen (fenologi)

### 2.2.1 Feltobservasjoner – automatiske kamera

For å overvåke vekstsesongen med satellittdata er en helt avhengig av felldata for å validere/kalibrere satellittbildene. Sommeren 2011 ble det etablert et observasjonsområde for overvåkning av vekstsesongen (fenologi) ved Hjerkin, Dovrefjell. I dette feltet lå fem av åtte observasjonspunkter innenfor Hjerkin skytefelt. Statens naturoppsyn sto for ukentlige observasjoner hele vekstsesongen 2012 (se lokaliteter på Figur 14), og noen observasjoner høsten 2011. Fra sesongen 2013 av ble det forbudt å bruke personbil innen Hjerkin skytefelt, og innhenting av feltobservasjoner innenfor skytefeltet lot seg ikke gjennomføre. Fra høsten 2013 av ble det tatt i bruk automatiske time-laps kamera (viltkamera/fenologikamera). Sesongen 2014 ble i alt 13 kamera utplassert, 10 ved Dovrefjell (åtte av dem ved Hjerkinshøe øst om Hjerkin skytefelt) og tre på Sunndalsfjellene, nærmere bestemt ved Krushøa (se plassering på Figur 11, og for Hjerkin spesielt på Figur 14), og for sesongene 2015 og 2016 ble 14 kamera brukt. Det ble på forhånd innhentet tillatelse fra Fylkesmannen og Dovrefjell Nasjonalparkstyre, og alle kamera utplassert er merket i henhold til datatilsynets retningslinjer og med en QR-kode som viser tillatelsen. Lokalitetene hvor kameraene er utplasserte følger 'GLORIA-metoden' med kyst-innlandsgradient (Dovrefjell vs. Sunndalsfjellene), en høydegradient, og dels rabb-snøleiegradient. De fleste av kameraene ser nedover mot enkeltplanter, men noe kamera gir også oversiktsbilder over flere plantesamfunn. Flere av kameraene dekker dvergbjørkhei, noen kamera dekker gråvier og vanlig bjørk, i tillegg dekkes blåbærleside (to lokaliteter), flaskestarr-myrr (to lokalitet), og skogstorkenebb-eng (en lokalitet). Lokalitetene er i større homogene områder for oppskalering med MODIS satellittdata, men også med tanke på bruk av Sentinel-2 satellittdata med 10-20m piksler (Figur 14).

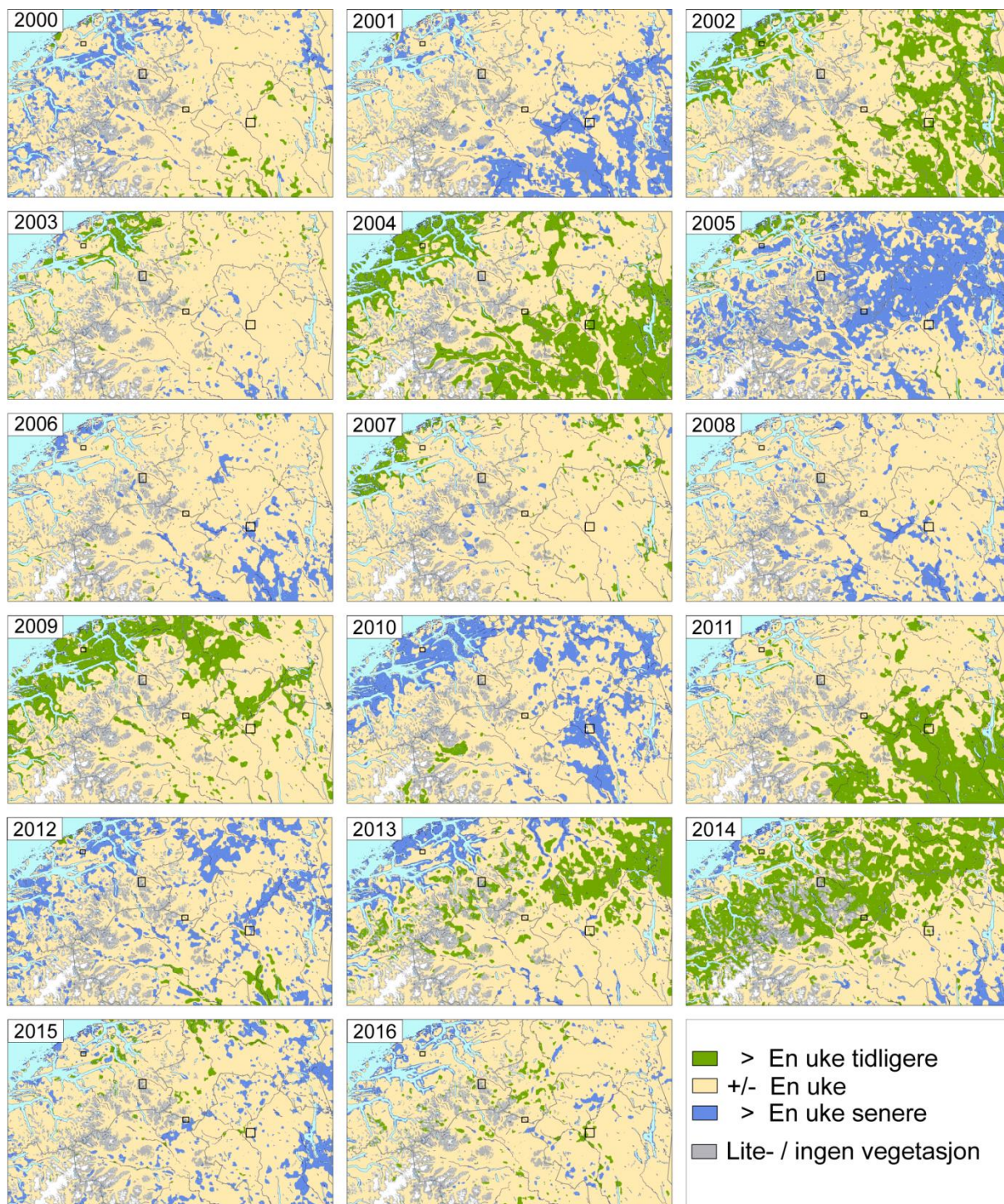
### 2.2.2 Start på vekstsesongen – MODIS satellittdata

Figur 11 viser gjennomsnittlig start på vekstsesongen for årene 2000 til 2016, og er basert på MODIS satellittdata med 250m pikselstørrelse. Starten på vekstsesongen er i hovedsak korrelert med kameraobservasjoner av bladsprett på dvergbjørk (*Betula nana*). Metoden og datasettet er utfyllende beskrevet i tidligere GLORIA-Norge rapport (Karlsen et al. 2012).

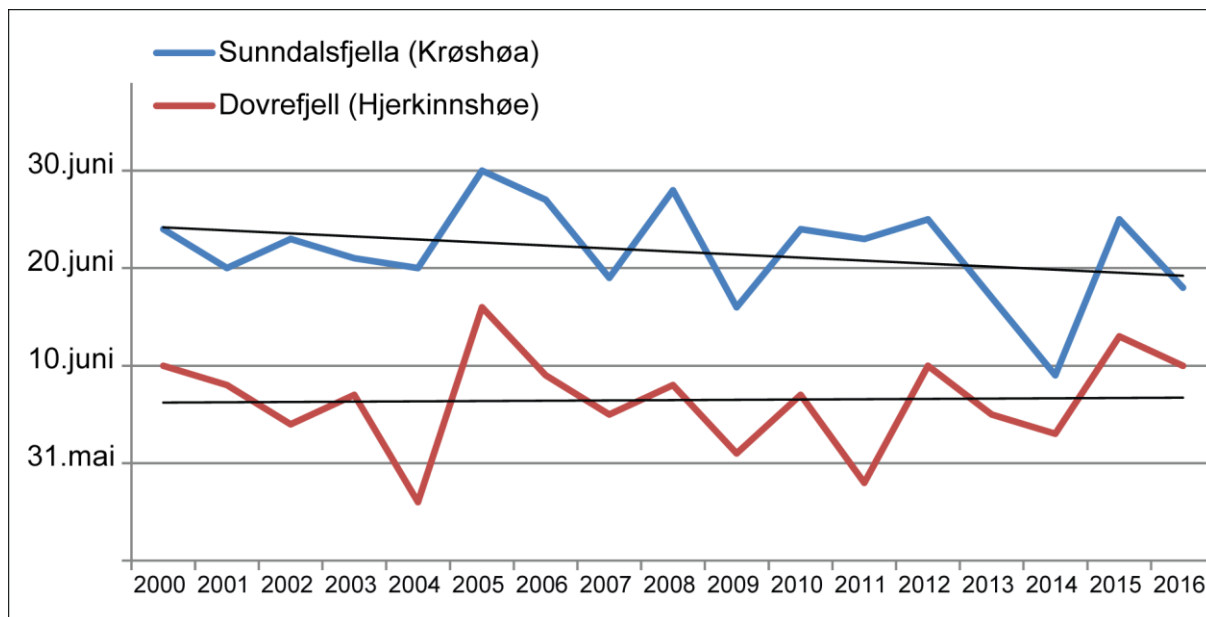


**Figur 11.** Starten på vekstsesongen basert på MODIS-NDVI data. Gjennomsnitt for årene 2000 til 2016. Avmerket med sorte rektangler er de fire GLORA fjellene med fastruter, og røde sirkler viser hvor de automatiske fenologikamera er utplassert på Dovrefjell (mest på Hjerkinnsjø) og Sunndalsfjellene (Krøshøa området).

Figur 12 viser avviket år for år i start på vekstsesongen, i forhold til gjennomsnittet for årene 2000 til 2016. Spesielt hadde årene 2002, 2004 og 2014 tidlig start på vekstsesongen. År 2009 hadde tidlig start i de humide områder og 2011 i de kontinentale deler. Spesielt årene 2005 og 2010 hadde sen start på vekstsesongen. År 2001 hadde sen start i de kontinentale deler. Kartene viser at det er forholdsvis store variasjoner mellom årene, og enkelte år et tydelig kyst-innlandsmønster, men kartene viser også at det ikke er noen spesiell trend mot tidligere start på vekstsesongen for de siste 17 år. Figur 13 viser årlig variasjon og trend i start på vekstsesongen for de to områder med fenologikamera sett i MODIS satellittdata. For det humide Sunndalsfjellet er det en svak og ikke signifikant trend mot tidligere start på vekstsesongen de siste 17 år, men for Dovrefjell er det ingen trend. I kartleggingen er alpine områder prioritert, og for de lavereliggende områder er resultatene mer usikre. Også for de nordboreale og alpine områdene er det noe usikkerhet i dataene. En mildværsperiode med etterfølgende frost vinteren 2012 førte til omfattende vegetasjonsskader, spesielt på krekling. Om, og i hvilken grad, dette påvirker MODIS satellittdata med 250m piksler er usikkert og krever nærmere undersøkelser. Lauvmakkangrep på fjellbjørkeskogen skjer periodevis, og spesielt forsommeren 2016 ble Dovrefjell utsatt for kraftig angrep av liten fjellbjørkemåler. Det ble også observert at over skogsgrensa så ble dvergbjørka stedvis angrepet av fjellbjørkemåler sommeren 2016. Også dette vil virke inn på resultatene, men i hvilken grad kreves nærmere analyser og felt-valideringsdata. Når data fra de høyoppløselige Sentinel-2 satellittene tas i bruk vil dette også forbedre tolkningen av MODIS data.



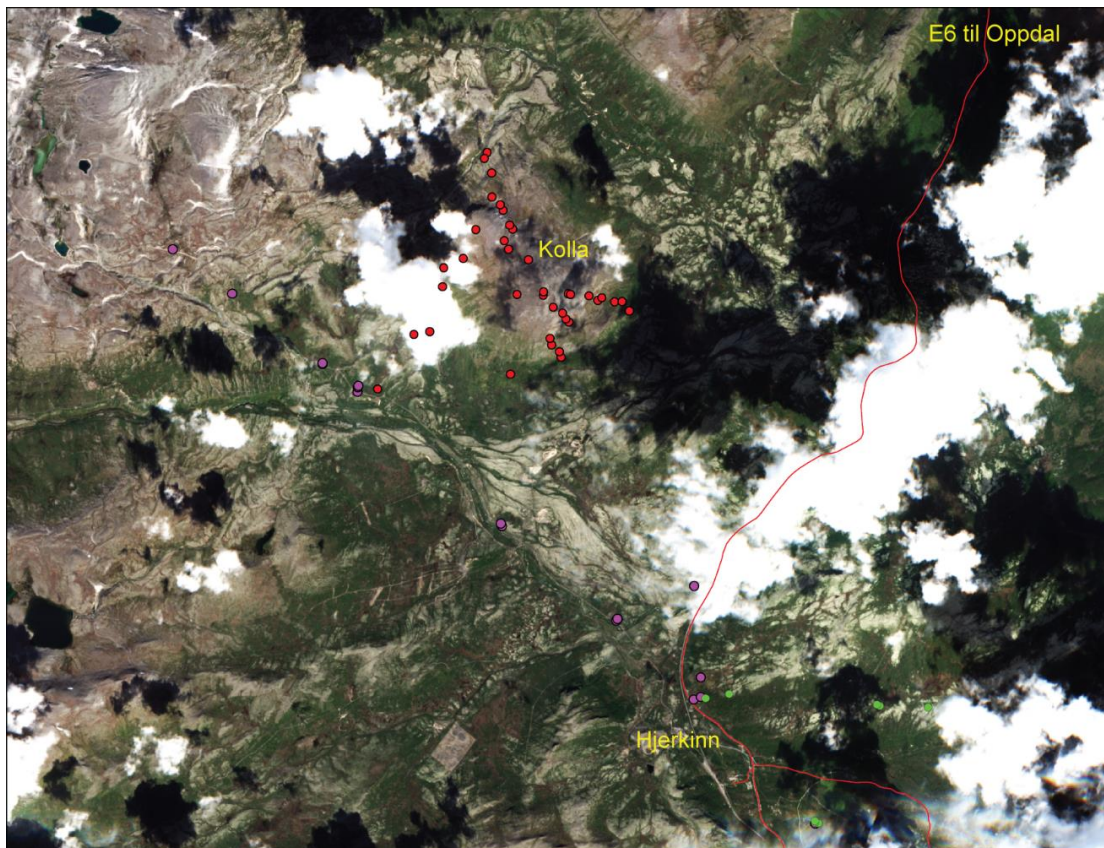
Figur 12. Regional variasjon i start på vekstsesongen, i forhold til 2000-2016 normalen. De fire GLORIA-fjellområder er avmerket.



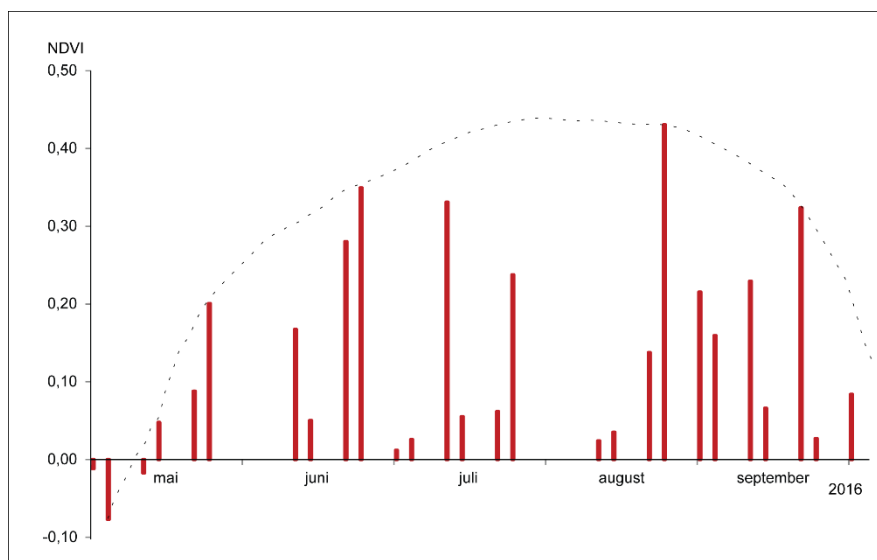
Figur 13. Start på vekstsesongen målt med MODIS data for årene 2000 til 2016, for områder med feltobservasjoner med fenologikamera.

### 2.2.3 Vekstsesongen sett i Sentinel-2 satellittdata

Både feltobservasjonene av fenologi med automatiske kamera og prosesseringen av MODIS satellittdata som gjøres i GLORA Norge virker nå tilfredsstillende, og de gir til sammen en god overvåking av endringer i vekstsesongen på to svært ulike skalanivå (punktmåling og 250m store piksler). Fra midten av august 2015 av har en data fra Sentinel-2A satellitten med 10m store piksler i fire spektrale band og 20/60m i ni band til. Sentinel-2A gir nå data hver tredje dag over GLORIA-fjellene i Troms, og hver 5-6 dag over GLORIA fjellområdene i sør fra Tron til Stortussen. Denne ulikheten mellom sør og nord skyldes den polare banen til satellitten der datatilgangen øker jo lengre nord en kommer. Den 6. mars 2017 ble Sentinel-2B satellitten skutt opp. Satellitten er identisk med 2A satellitten og vil sikre dobbelt så ofte data når den er operasjonell fra omkring forsommeren 2017. Sentinel-2A/2B gir med sine 10m store piksler og høye temporære og spektrale oppløsning en ny mulighet til å nå overvåke vekstsesongen på vegetasjonstypenivå og vil i noen grad fange opp rabbnøleigradien. Sentinel-2 data vil også forbedre tolkningen av MODIS data som går tilbake til år 2000. Prosesseringen av Sentinel-2 data til en skyfri tidsserie som er interpolert til daglig data er krevende, men en prosesseringsskjede er under utarbeidelse. Level 1C prosesseringsnivå av Sentinel-2A data for perioden 1.mai til 1. oktober 2016 er dels prosessert for Gloria transektet fra Tron til Sortussen. Figur 14 er et typisk eksempel på et slikt Level 1C bilde, med skyer og skyskygger, og det jobbes nå med konvertering til Level 2A prosesseringsnivå og forbedring av skydeteksjonsalgoritmene. Med sine 13 spektrale band gir Sentinel-2 data mye informasjon om vegetasjonsutviklingen. I Figur 15 er det kalkulert NDVI som er basert på refleksjon fra det røde og infrarøde spektrale band. NDVI er en kjent indeks som gir god informasjon om fotosynteseaktiviteten som en kan ekstrahere ut ulike vekststadier (fenofaser) som start, maksimum og slutt på vekstsesongen fra. Men også andre bandkombinasjoner kan trolig gi enda bedre informasjon.



**Figur 14.** Et typisk Sentinel-2 level 1C satellittbilde med skyer og skyskygger. Eksemplet er fra Dovrefjell 22. august 2016. Røde sirkler viser fastruter og temperaturmålinger på Kolla, lilla sirkler hvor det ble observert fenologi i 2012 (mest ved Snøheimvegen innen det tidligere skytefelt), og grønne sirkler viser kameraobservasjoner av fenologi, med to kamera i hver lokalitet.



**Figur 15.** Eksempel på NDVI fra Sentinel-2A Level 1c data fra ei nordlandstarmyr ved Hjerkinshøe 2016. NDVI er et mål på fotosynteseaktiviteten og gir informasjon om vekststadier/fenofaser. I gjennomsnitt er det data hver 5,3 dag i 2016 for Hjerkin området, og dette vil fordobles for sesongen 2017 år når også Sentinel-2B er operasjonell. Når NDVI verdien er lave om sommeren indikerer det skydekke, og det arbeides nå med skykorreksjon av data for å modellere og interpolere til en skyfri dataserie. Dette vil forenkles i 2017 når en har dobbelt så mye data tilgjengelig. Da kan en konstruere en skyfri NDVI-kurve og ekstrahere ut fenofaser for 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.
- 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*. In.
- 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*.
- 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.
- Karlsen, S.R., Høgda, K.A., Johansen, B., Holten, J.I. & Wehn, S. 2012. Etablering av overvåkning av vekstsesongen langs et kyst – innland transekt i Midt-Norge. - ett delprosjekt innen GLORIA Norge. In: *Norut rapport*. Norut.
- 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*.
- 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.

- 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.
- Wehn, S., Holten, J.I. 2010. Overvåking av fjellvegetasjon på Stortussen/Snøtind. DN-utredning nr 8
- Wehn, S., 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., Lundemo, S., Holten, J.I. 2013. Midt-norsk fjellnatur fra kyst til innland. Status 2012. Bioforsk Rapport 8 (107)Wehn et al. 2010
- 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.



Notater

Notater

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.