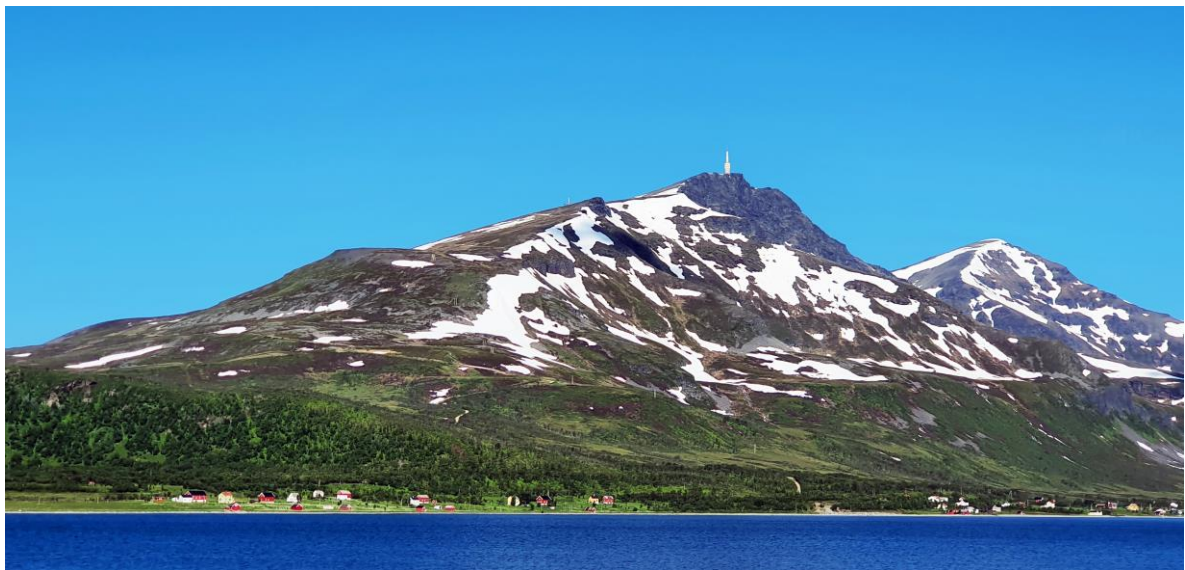


GLORIA Norge 2020

Overvåkning av vegetasjon og vekstsesong

Stein Rune Karlsen, Sølvi Wehn, Lennart Nilsen og Jarle Holten



Prosjekttittel: GLORIA 2021
Prosjektnummer: 103001
Institusjon: NORCE Klima
Oppdragsgiver(e): Miljødirektoratet
M-2047|2021

Gradering: Åpen
Rapportnr.: 2 2021
ISBN: 978-82-8408-157-1
Antall sider: 29
Publiseringsmnd.: Mai

Tromsø, 19.05.2021

Atle Nesja
Prosjektleder

Bernt Johansen
Kvalitetssikrer

Atle Nesja
Leder

Forord

GLORIA-Norge sitt hovedmål er å overvåke endringer i vegetasjon, fenologi og fysiske faktorer i relasjon til vær- og klimaendringer langs høyde-, snøvarighet- og kyst-/innland-gradienter i fjellområder i Sør- og Nord-Norge.

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 snøvarighet og i flere himmelretninger. I tillegg overvåkes vekstsesongen (fenologi) og isbreer, og det måles jordtemperatur og dels jordfrukt.

Miljødirektoratet har finansiert mesteparten av aktiviteten i GLORIA-Norge, i tillegg har kommunene/fylkeskommunene for fjellområdene bidratt med driftsstøtte og de deltagende institutt har bidratt med betydelig egeninnsats. Overvåkingen gjennomføres som et tverrvitenskapelig samarbeid mellom prosjektpartnere fra klimaavdelinga ved NORCE Norwegian Research Centre, seksjon naturressurser-midt ved Multiconsult, Meteorologisk institutt, NTNU (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet), Terrestrisk Miljøforskning, og prosjektet er ledet av Institutt for geovitenskap ved Universitetet i Bergen. Sommeren 2020 deltok også botaniker Lennart Nilsen ved Norges Arktiske Universitet.

Denne årsrapporten beskriver delprosjektene utført i 2020/2021: Enhetlig analyse av sørlig transekt (de fire fjellområdene der) og reinventering av prøveflater i fjellskråninger på Trolltind, Arnøya, Troms. Og overvåking av vekstsesongen i sørlig transekt og etablering av nordlig lokalitet for vekstsesongovervåking. I tillegg er temperaturmålinger på fjellet Stortussen byttet, men det blir ikke nærmere beskrevet i denne rapporten.

Tromsø, 19.05.2021

Stein Rune Karlsen

Innhold

Forord	2
1. Innledning	4
2. Fjellskråninger	8
3. Overvåkning av vekstsesongen	18
4. Oppsummering	24
5. Referanser	25

1. Innledning

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 et temperaturregime med lav årstemperatur og ellers ekstreme forhold.

Temperaturendringer kan derfor over tid ha store konsekvenser for mange planter og dyr i fjellet. Fjellplantesamfunn er også enkle, det vil si artsfattige og oftest en-sjiktet. Det forventes at global oppvarming vil forflytte planteartenes øvre grenser mot større høyder. 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 antall arter og artssammensetning av karplanter observert i fjellene Stortussen/Snøtind (2009 – 2016; Wehn et al. 2017) og Kaldfonna (2010 - 2017; Wehn & Karlsen 2018) og på Dovrefjell (2001 – 2008; Michelsen et al. 2011; 2011 – 2018; Wehn et al. 2019; Karlsen et al. 2020) mens store konsekvenser av klimaendringer er observert i sørlige europeiske fjell (2001 - 2008; Pauli et al. 2012). For å predikere effekter av forventede klimaendringer, må detaljert kunnskap om endring i vekstsesong og plantesamfunns utbredelse langs miljøgradienter utvikles.

Fjellvegetasjon defineres her, som områder som ligger over den klimatiske skoggrensen (etter Fremstad (1997)). I dette prosjektet har vi delt inn fjellvegetasjonen i tre typer: snøleivevegetasjon, lesidevegetasjon og rabbevegetasjon. Disse vegetasjonstypene blir definert under hovedtypene snøleie, fjellhei, leside og tundra, fjellgrashei og grastundra og rabbe i klassifikasjonsrammeverket Natur 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». Fjellgrashei og fjellgrastundra som «mark i fjellet og i Arktis dominert eller med spredt forekomst av «tørrgras»... med et dekkende lavsjikt dominert av islandslav (*Cetraria islandica*) og saltlav (*Stereocaulon* spp.)». Rabbe som «mark i fjellet og i Arktis som bærer klart preg av vindpåvirkning». Snøleie i den ene enden av rabbe-snøleiegradienten har langvarig snødekke og dertil kortere vekstsesong mens rabbe i den andre enden, har ikke stabilt snødekke gjennom vinteren. Fjellhei, leside og tundra (først og fremst i lavalpine områder) og fjellgrashei og fjellgrastundra (som ofte erstatter fjellhei, leside og tundra når man kommer over i mellomalpin sone) er i den

midtre del av rabbe-snøleiegradienten. I dette prosjektet defineres disse to under en vegetasjonstype som vi har kalt leside. Den høydebetingede veksts sesongreduksjonen endres langs høydegradienter fra skoggrense til fjelltopp (i de alpine soner; Moen 1998). Regionalt endres vegetasjonen langs regionalklimatiske gradienter fra oseaniske til kontinentale fjell (oseaniske vegetasjonsseksjoner; Moen 1998) og fra sør til nord. I forhold til andre økosystemer er tilstanden til det biologiske mangfoldet i alpine områder relativt gode (Framstad 2015), men naturtypene Fjellhei, leside og tundra og Rabbe er vurdert som nær truede naturtyper og snøleie som en sårbar naturtype (Artsdatabanken 2018). Fjellgrashei og grastundra er klassifisert som en intakt naturtype (Artsdatabanken 2018). Fjellhei, leside og tundra og Rabbe er klassifisert som nær truet grunnet forventet hevingen av gjennomsnittlig årstemperatur og den dertil heving av skoggrensa (Aarrestad et al. 2018 a; Aarrestad og Grytnes 2018). Den samme årsaken ligger til grunn for at snøleie er klassifisert som truet. Snøleie er klassifisert som mer sårbar enn de to naturtypene beskrevet foran i og med at de abiotiske forholdene i en snøleie vil påvirkes mer direkte og endringene vil skje raskere (Aarrestad et al. 2018b). Fjellgrashei og grastundra er ikke forventet å bli påvirket i like stor grad som de mer lavereliggende lesidene i og med at effekter av klimaendringene ikke ventes å være så store så høyt til fjells (Aarrestad et al. 2018c). Det biologiske mangfoldet i fjellet er stadig 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 fire hovedtypene er vanlige i fjellområdene i Norge, men fordelingen av hovedtypene vil kunne bli forskjøvet ved framtidige klimaendringer og vurdert som svært utsatt som følge av klimaendringer (Aarrestad et al. 2015).

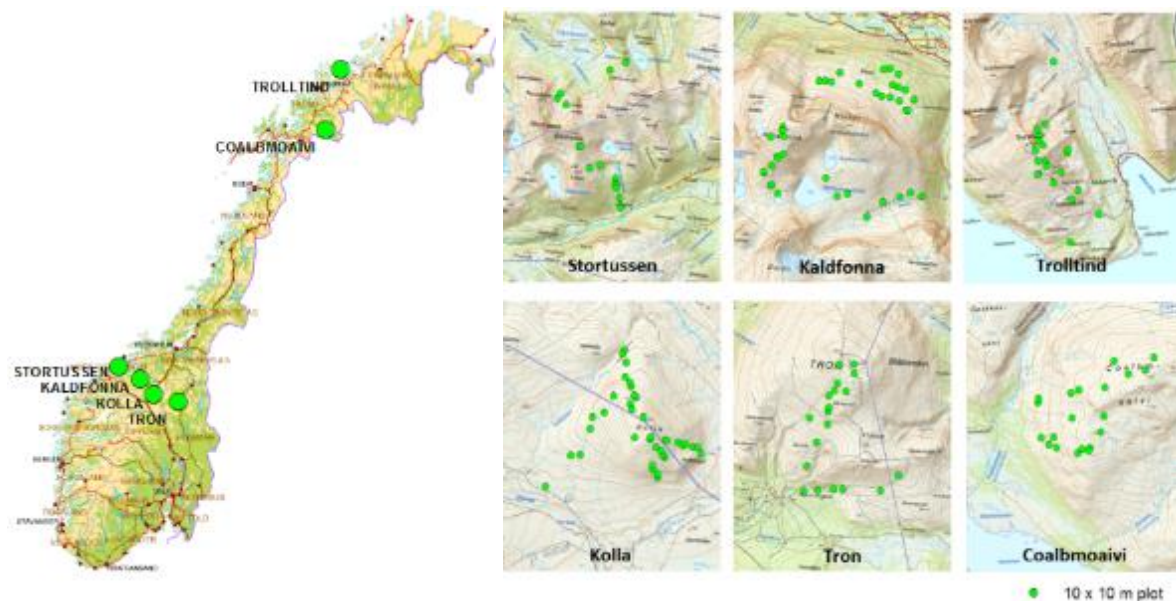
Klimaet varierer veldig i Norge, både romlig og temporært noe som gir uttrykk i en utskifting av arter langs klimatiske gradienter (Wehn et al. 2014). Klimaendringer har blitt dokumentert i norske fjellområder (f. eks. Isaksen et al. 2007; Syverhuset 2009), og det er estimert at disse vil akselerere i framtiden (Hanssen-Bauer 2005). Den generelle trenden i Norge er varmere, våtere klima med lengre veksts sesong (kortere snøperiode; 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 å gi data på reelle konsekvenser av klimaendringer.

GLORIA-Norge

GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environment) 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). Gottfried et. al (2012) og Pauli et. al (2012) viste at kuldetolererende planter har blitt færre mens varmekrevende arter flere, og at arter hadde flyttet seg oppover i tidsperioden 2001 til 2008. Men analysene viste også store regionale forskjeller.

GLORIA-Norge er et prosjekt med det mål å overvåke endringer i vegetasjon, fenologi og fysiske faktorer i relasjon til vær- og klimaendringer langs høyde-, snøvarighet- og kyst-/innland-gradienter i fjellområder i Sør- og Nord-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 oseaensk - svakt kontinental); Stortussen/Snøtind (Gjemnes og Eide kommune, Møre og Romsdal fylke), Kaldfonna (Sunndal kommune, Møre og Romsdal fylke), Kolla (Dovre kommune, Oppland fylke og Oppdal kommune, 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 og Finnmark fylke) og Coalbmoaivi (Bardu kommune, Troms og Finnmark fylke). I alle disse studieområdene er det nå gjennomført førstegangsundersøkelser og i det sørlige transektet er også reinventeringer gjennomført. I disse er vegetasjon kartlagt langs høyde, snølengde og himmelretningsgradienter. Reinventeringer skje med et omdrev på 7 år (tabell 1). Naturgrunnlaget i Norge er variert. GLORIA-Norge har derfor registrert alle karplantearter og arter og/eller grupper av mose og lav i fastflater langs alle de ovenfor nevnte miljøgradientene. Tidligere 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 snølengde (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	2025
Tron	2012	2019	2026
Trolltinden	2013	2020	2027
Coalbmoaivi	2014	2021	2028

I tillegg til å overvåke vegetasjon i de seks fjellområdene, overvåkes også jordtemperatur i de fire sørlige fjellene, jordfuktighet i et av de sørlige fjellene, isbreer (massebalanse og frontendringer) og sesongmessige endringene i vegetasjon (fenologi) i de sørlige og dels i nordlige fjellområdene. Til sammen gir overvåkningen et godt bilde av de biofysiske endringene i norske fjellområder, og besvarer dermed målsettingen for programmet.

Aktiviteter gjennomført i 2020/2021

I perioden 2020/2021 har prosjektet GLORIA-Norge gjennomført fire delprosjekter: a) en enhetlig analyse av de fire fjellområder i syd, b) reinventering av prøveflater i fjellskråninger på Trolltinden, og c-d) overvåkning av vekstsesongen i syd og etablering av et oseanisk felt i nord. I tillegg er temperaturmålinger på fjellet Stortussen byttet, men det blir ikke nærmere beskrevet i denne rapporten.

2. Fjellskråninger

Enhetlig analyse av fjellskråninger i sørlig transekt

En enhetlig endringsanalyse er gjennomført basert på data fra permanente overvåkningsflater (fastflater) i fjellene Stortussen/Snøtind (Gjemnes og Eide kommune, Møre og Romsdal fylke), Kaldfonna (Sunndal kommune, Møre og Romsdal fylke), Kolla (Dovre kommune, Oppland fylke og Oppdal kommune, Trøndelag fylke) og Tron (Alvdal kommune, Hedmark fylke). Disse fjellene ligger i en gradient fra kyst til innland i Midt-Norge (figur 1).

Fastflatene, som er 10 x 10 meter store, er lokalisert langs høyde og snølengde-gradienter. Høydegradienten går fra noe under skoggrensa (bortsett fra i Kolla som ligger over skoggrensa) til toppen av fjellene. Snølengde gradienten for de alpine fastrutene er representert ved at fastflatene er lokalisert i snøleie (lang periode med snø), i leside og i rabbe (kort periode med snø). I fastflatene ble alle karplantene observert, registrert samt at deres dekning ble estimert ved å klassifisere de i deknings-klasser: veldig sjelden (1-5 individ), sjelden (6-20 individ), spredt (21 individ til 1% dekning), vanlig (1 – 25% dekning), dominerende (over 25% dekning). I noen fjell ble dekning i den første inventeringen registrert som et lineært estimat på % dekning. Erfaringen viste at denne metodikken var veldig personavhengig og derfor ble det avklart at kartlegging av dekning i 100 m²-flatene skulle gjennomføres i klasser som beskrevet over. Før endringsanalysene ble gjennomført, ble alle dataene delt inn i klasser som igjen ble «oversatt» til % dekning for å muliggjøre lineære modeller. Estimert dekning brukt inn i modellene var 0, 0,0001, 0,0005, 1, 5 og 25.

Endringsanalyser ble gjennomført for artsrikdom (antall karplante-arter i fastflatene) og for de sju mest utbredte artene (tabell 2). Analysene ble gjennomført ved å sammenligne generaliserte lineære modeller. Plot-id ble inkludert som tilfeldig faktor. For modeller med antall arter som avhengig variabel, ble en poisson-fordeling inkludert. For modeller med tilstede/ikke tilstede data av hver enkelt art, ble en binomial-fordeling inkludert mens for modeller med dekning av hver enkelt art, ble en gaussian-fordeling inkludert.

Først ble modeller som inkluderte hver enkelt av de avhengige variabelene og hver enkelt av de tre miljøgradientene med sammenlignet med intersept(null)modell for å teste om miljøgradientene påvirket de avhengige variablene. Deretter modeller som inkluderte registrering (1. registrering og 1. reinventering) som forklaringsmodell sammenligna med interseptmodell for å teste om det hadde skjedd en generell endring i løpet av sju år. Til sist ble modeller som inkluderte interaksjoner mellom hver registrering og de tre miljøgradientene sammenlignet med enklere modeller for å teste om eventuelle endringer varierte langs gradientene. R 3.6.0 (<http://www.r-project.org/>) ble anvendt for å kalkulere og sammenligne modeller.

Tabell 2. De sju vanligste artene i fastflatene i de sørlige GLORIA-Norge fjellene.

Latinsk navn	Norsk navn	Antall observasjoner	Antall observasjoner 1. registrering	Antall observasjoner 1. reinventering
<i>Empetrum nigrum</i>	kekling	170	85	85
<i>Avenella flexuosa</i>	smyle	135	68	67
<i>Vaccinium myrtillus</i>	blåbær	134	67	67
<i>Juncus trifidus</i>	rabbesiv	133	67	66
<i>Carex bigelowii</i>	stivstarr	152	75	77
<i>Phylodoce caerulea</i>	blålyng	131	69	62
<i>Salix herbacea</i>	musøre	141	71	70

Resultatet fra analysene viser at totalt antall arter i hvert fjell varierte mellom fjellene, langs høydegradienten og mellom de fire vegetasjonstypene (se tabell 3). Totalt ble det registrert flere arter i løpet av 1. reinventering enn i løpet av 1. registrering, ($n_{1. registrering} = 198$; $n_{1. reinventering} = 207$), men antall arter per fastflate var ikke statistisk forskjellig mellom årene.

Tabell 3. Antall arter i a) de fire sørlige fjellene, b) langs høydegradienten (m: meter over skoggrensen), c) boreal – alpin og snøengde gradient.

	Totalt antall arter	Antall arter 1. registrering	Antall arter 1. reinventering	Gjennomsnitt per 100m ² , 1. registrering	se	Gjennomsnitt per 100m ² , 1. reinventering	se
a)							
Stortussen	140	128	122	29,80	2,52	28,73	2,24
Kaldfonna	158	149	149	25,43	2,21	24,83	2,17
Kolla	111	95	105	22,86	1,38	23,23	1,53
Tron	101	95	94	23,65	2,17	24,15	2,32
b)							
Boreal	143	129	127	30,65	2,19	30,70	2,22
-200 m	147	137	133	31,77	2,19	30,88	2,06
-400 m	128	108	115	22,87	1,61	23,20	1,76
-600 m	86	76	82	22,05	1,59	22,10	1,64
-800 m	45	42	41	16,50	3,76	15,83	3,59
-1000 m	15	15	14	7,14	1,03	6,86	1,06
c)							
Skog	135	123	120	30,79	2,30	30,84	2,34
Snøleie	142	127	122	21,52	2,42	21,31	2,26
Leside	159	145	151	26,95	1,64	26,70	1,69
Rabbe	91	84	86	19,42	1,05	19,37	1,34

Utbredelsen og dekning av de sju artene varierte langs gradientene (se tabell 4). Utbredelsen hadde ikke endret seg stort i løpet av sju år, men de fleste av de sju mest utbredte artene hadde fått noe større dekning. I hovedsak hadde denne økningen skjedd i fastflater hvor arten sju år tidligere også hadde relativ stor dekning. Om denne økningen virkelig er reell eller om det skyldes forskjellig måte å estimere dekning mellom kartlegger, er noe uklart. Det kan likevel tyde på at dekning av krekling er blitt noe mer lik mellom fjellene og mellom lesider og rabber. Dataene antyder også at musøre har krøpet noe oppover langs høydegradienten, men samtidig har denne arten blitt mindre dominerende i de høyestliggende fastflatene. Dataene antyder også at dekning av musøre er blitt mer lik mellom de tre alpine vegetasjonstypene.

Tabell 4. De sju mest vanlige artene i Stortussen, Kaldfonna, Kolla og Tron: deres utbredelse, dekning og endring i dekning langs tre miljøgradienter. a) de fire sørlige fjellene, b) langs høydegradienten, c) boreal – alpin og snølengde gradient.

a) Kyst til innland

	Høyest andel av registreringene i	Høyest dekning i	Endring i dekning
kreklng	midt	likt	økning i kolla
smyle	kyst	innland	økning i kyst
blåbær	kyst	kyst	økning i kyst
rabbesiv	innland	innland	økning i innland
stivstarr	de to ytterste (kyst og innland)	innland	økning i innland
blålyng	midt	innland	økning i innland
musøre	midt	innland	minking i kaldfonna

b) Høydegradient

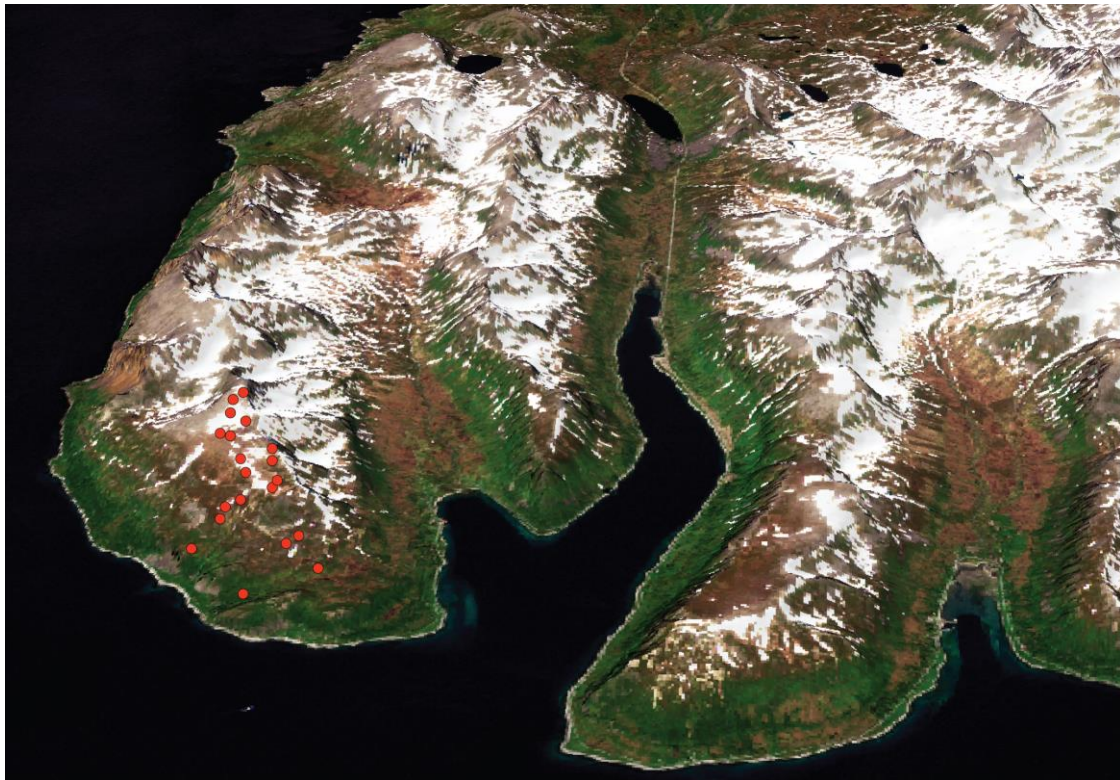
	Høyest andel av registreringene i	Høyest dekning i	Endring i dekning
kreklng	likt opp til 800 m over skoggrensa	mellom skoggrensa og 200 m over denne	økning i boreal, og opp til 600 m over skoggrensa
smyle	boreal	boreal	økning i boreal
blåbær	boreal	boreal	økning boreal og opp til 200 m over skoggrensa
rabbesiv	mellom 200 til 600 m over skoggrensa	mellom 400 til 600 m over skoggrensa	økning fra 400 til 600 m over skoggrensa
stivstarr	mellom 200 til 600 m over skoggrensa	mellom 200 til 600 m over skoggrensa	økning fra 200 til 600 m over skoggrensa
blålyng	over skoggrensa til 800 m over denne	mellom 200 til 400 m over skoggrensa	økning fra 200 til 400 m over skoggrensa
musøre	over 800 m over skoggrensa	mellom 200 til 400 m over skoggrensa	minking like over skoggrensa, økning fra 400 til 600 m over skoggrensa minket over 800 m over skoggrensa

c) Vegetasjonstype

		Høyest andel av registreringene i	Høyest dekning i	Endring i dekning
krebling	boreal-alpin: i alpin:	likt likt	alpin leside og rabbe	likt i skog økning i leside
smyle	boreal-alpin: i alpin:	skog likt	skog likt	økning i skog likt
blåbær	boreal-alpin: i alpin:	skog likt	skog leside og rabbe	økning i skog økning i snøleie
rabbesiv	boreal-alpin: i alpin:	alpin likt	alpin likt	likt i skog mest økning i leside og rabbe
stivstarr	boreal-alpin: i alpin:	alpin likt	alpin leside og rabbe	likt i skog økning i alle alpine typer
blålyng	boreal-alpin: i alpin:	alpin leside	alpin leside	likt i skog økning i leside
musøre	boreal-alpin: i alpin:	alpin snøleie	alpin snøleie	likt i skog minking i snøleie, økning i rabbe

Reinventering av prøveflater i fjellskråninger på Trolltinden, Arnøya

Sommeren 2020 ble fastflater på Trolltinden (figur 2) reinventert, og endringer fra etableringen i 2013 ble analysert. Trolltinden har noe mindre data enn de fire sørlige GLORIA-fjell (Lundemo et al. 2016, When et al. 2016). De fire sørlige GLORIA fjell har 1x1m fastruter i tillegg til fastflater på 10x10m. For Trolltinden så ble det i 2013 kun lagt ut tjue fastflater (10x10m), og ingen 1x1m fastruter. Vegetasjonstypene og høydefordelingen fastflatene er lagt i er gitt i rapporten som omhandler etableringen av fastflatene (Lundemo et al. 2016). For å øke datagrunnlaget til Trolltinden så ble det sommeren 2020 lagt ut 20 stk 1x1m fastruter, som da kan analysere ved neste omdrev om 7 år (tabell 1). I de nye 20 stk 1x1m fastruter ble det registret både dekning og frekvens av karplanter og kryptogamer (figur 3).



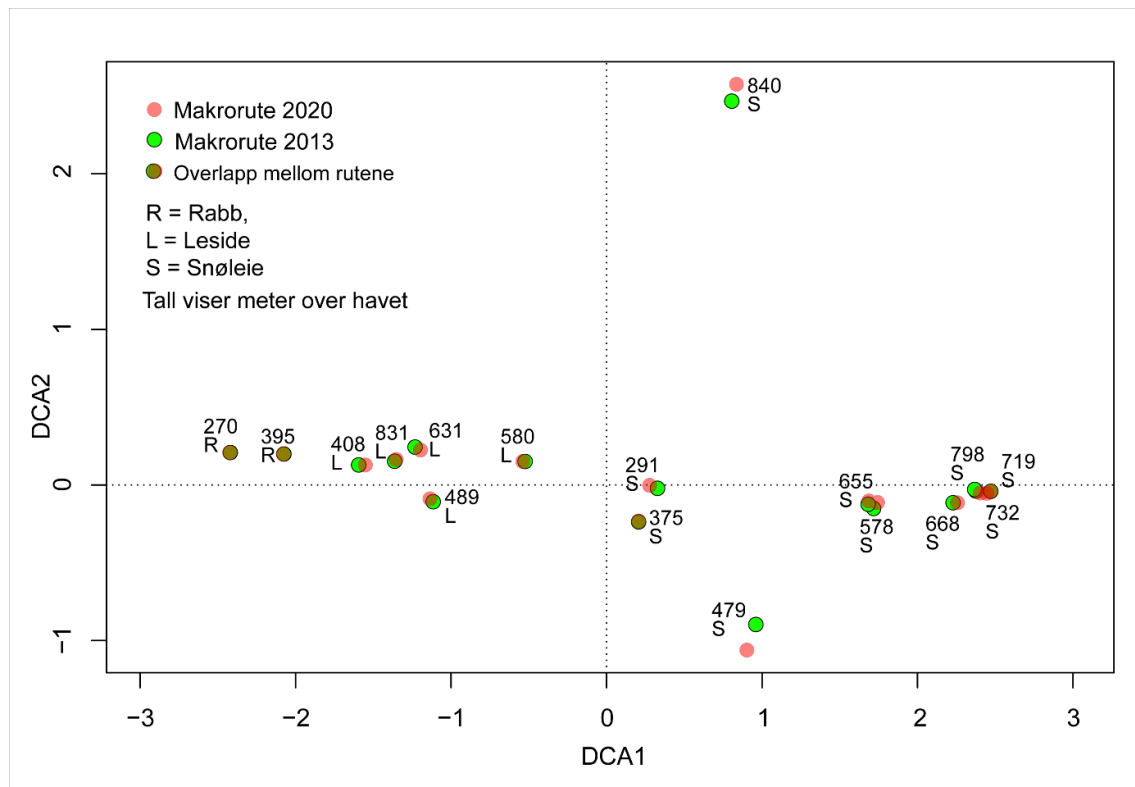
Figur 2. Trolltinden på Arnøya den 14. juli 2020 sett i Sentinel-2 satellittdata, samme dag som forsidebildet er tatt. Fastflatene er vist som røde prikker. Snøleieflatene var fortsatt snødekt det 14. juli 2020.

De tjue 10 x 10 m fastflater ble reinventert i 2020, men ekstreme snømengder det året (se neste avsnitt) gjorde at snøleiene var dekt av 1-2 m snø i midten av juli 2020, og selv 12-13. august var ikke snøleiene godt nok utviklet for analyse. Under en tredje feltperiode i midten av september var flere av karplantene visnet ned (tidlig snøfall), og vi velg å bruke

kun 17 av de 20 fastfaltene i analysene. De resterende tre fastflatene vil bli befart igjen sommeren 2021.



Figur 3. Eksempel på en fastrute (1x1m) lagt ut i 2020. I tillegg til dekning er det beregnet frekvens.



Figur 4. Trolltinden. DCA analyse av fastflater (10x10m) analysert i 2013 og i 2020. For hver fastflate er det oppgitt høyden, og om det er rabb (R), leside (L) eller snøleie (S).

For å visualisere endringer av arter i fastflatene fra 2013 til 2020, gjennomførte vi ordinasjonsanalysen «detrended correspondence analysis» (DCA), med «downweigh» av sjelden arter (figur 4). Rutene fordeler seg noenlunde jevnt langs rabb-leside-snøleie-gradienten (DCA akse 1). DCA ordinasjonen viser at det er kun små endringer på de 7

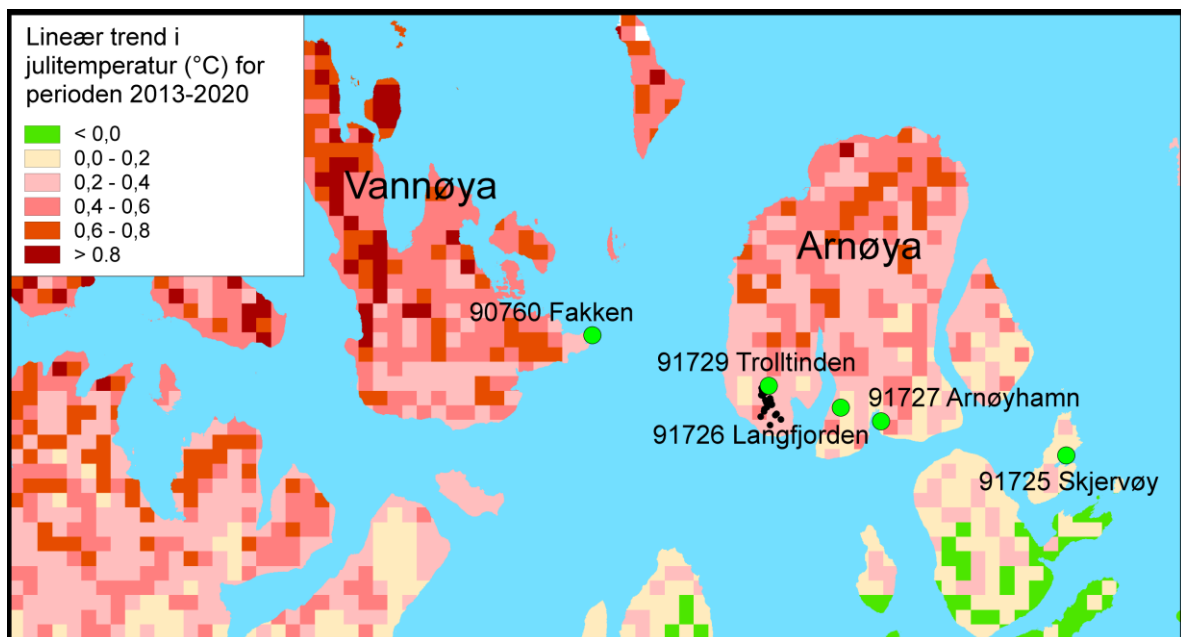
årene, og spesielt fastfaltene i rabbesamfunn har nesten ingen endring (til venstre i DCA diagrammet). Kun to fastflater skiller seg ut med noe endring. Den høyestliggende fastfalta, 840 moh, har noe endring. Ser vi detaljert på endringer i denne fastflate så ble ikke fjell-lusegras (*Hupertzia appressa*) og løvetann (*Taraxacum* sp.) gjenfunnet i 2020, men begge artene hadde kun en forekomst i 2013, så det kan være litt tilfeldig at de har gått ut. I 2020 så var fjelljamne (*Diphasiastrum alpinum*) ny, men med kun ett individ, men i tillegg var fjellkvein (*Agrostis mertensii*) ny og forekommer nå hyppig i øverste rute på 840moh. I 2013 ble fjellkvein kun funnet opp til 798 moh. I bioklimatiske studier (Karlsen & Elvebakk 2003, Karlsen et al. 2005) så ble fjellkvein klassifisert til å trenge 8-9°C i juli måned og arten er trolig en god frøspreader. Da fjellkvein nå forekommer hyppig i øverste fastflate er det en sterk indikator på en respons på økt sommertemperatur.

Den andre fastfalta med noe endring var et musøre-finnskjegg snøleie 479 moh (nederst i DCA ordianasjonen, figur 4). I denne fastfalta så har musøre (*Salix herbacea*) fått noe redusert dekning (fra 12 til 8% dekning) og rypestarr (*Carex lachenalii*) ble ikke gjenfunnet, mens finnskjegg (*Nardus stricta*) og rabbesiv (*Juncus trifidus*) viser noe økt dekning. Dette skiftet kan indikere tidligere snøsmelting, og en dreining fra snøleie til mer mot leside vegetasjon, men dekning i 10x10m fastfalter er forbundet med unøyaktighet og noe kan skyldes dette, og de øvrige fastflate underbygger ikke denne trenden.

I to av fastfaltene så hadde smyle (*Avenella flexuosa*) fått redusert dekning, i ei fastflate på 668 moh var dekningen redusert fra 2.1% til 1% og i ei nærliggende fastflate på 578moh en redusert dekning fra 3.5 til 1%. Smyle er en art som ofte får økt dekning etter en form for skade på vegetasjon, noe som kan tyde på en forstyrrelse en gang før 2013, men at arten nå er i ferd med å komme til tilbake til sin opprinnelige dekning.

For å analysere om enkeltarter har endring i dekning langs høydegradienten, så kjørte vi en 'weighted average' analyse av høyde vs. dekning av hver art i 2013 vs. 2020, og en generaliserte lineære modell for hver art i 2013 vs. 2020. Datamaterialet er noe spinkelt, men antyder at artene harerug (*Bistorta vivipara*), stivstarr (*Carex bigelowii*), seterstarr (*Carex brunnescens*), fjellsveve (*Hieracium alpinum*), rabbesiv, fjellkvein og greplyng (*Loiseleuria procumbens*) har nå i 2020 ett utbredelsestyngdepunkt noe høyere på Trolltinden sammenlignet med 2013. For artene trefingerurt (*Sibbaldia procumbens*), gullris (*Solidago virgnea*), blåbær (*Vaccinium myrtillus*) og blokkebær (*Vaccinium uliginosum*) er utbredelsestyngdepunkt noe lavere i 2020 vs. 2013. Ett mønster som er vanskelig å forklare, og noe kan skyldes de tynne datamaterialet.

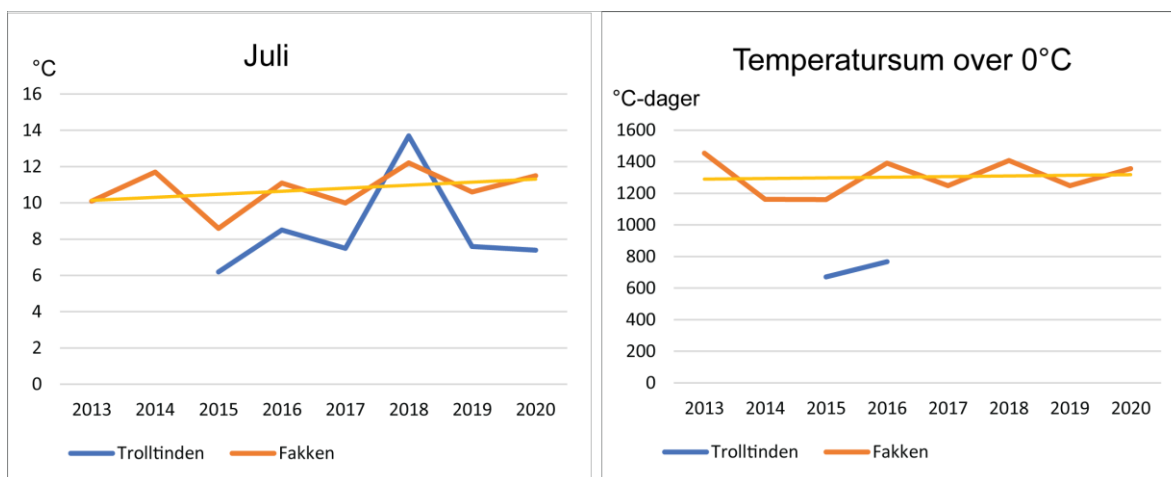
Klimadata ble analysert for å forklare de relativt få endingen i artssammensetningen. Daglige klimakart med 1x1 km piksler ble analysert, og figur 5 viser at det er en økning i julitemperaturen på omkring 0,4 °C for årene 2013-2020.



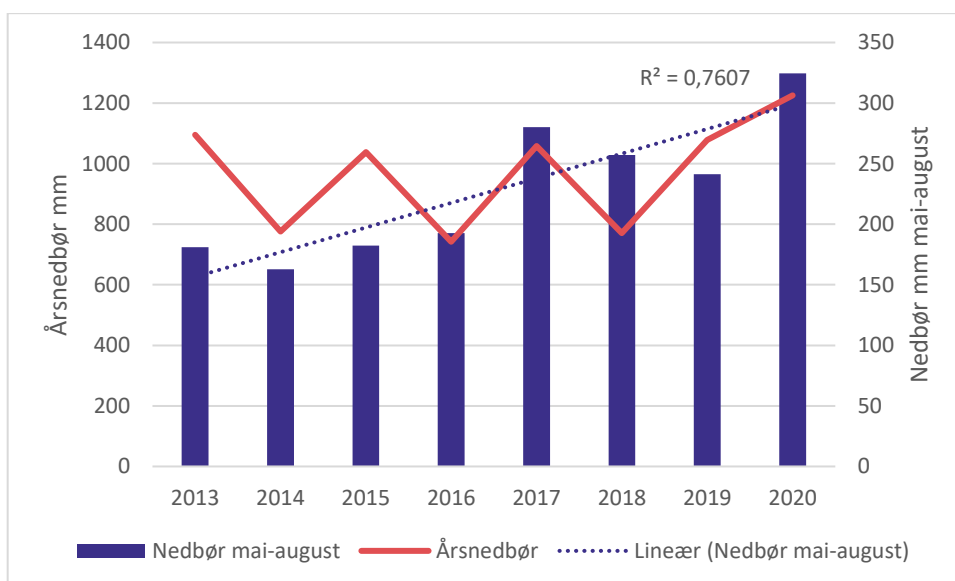
Figur 5. Endring i juli-middeltemperatur for perioden 2013 til 2020, ekstrahert fra klimakart (<https://thredds.met.no/thredds/catalog/senorge/catalog.html>, MET NORWAY). Viser også lokaliseringen av klimastasjoner brukt, og sorte prikker er fastrutene på Trolltinden.

I tillegg har vi hentet punktdata fra de nærmeste klimastasjoner fra klima. Det er en klimastasjon med temperaturmålinger på toppen av selve Trolltinden (850 moh) (stasjon 91729 Trolltinden, figur 5), men den stasjonen har kun data fra 2015 av, og tidsserien etter 2015 er i tillegg ufullstendig. Ellers er nærmeste klimastasjon med temperatur på Fakken, på naboøya Vannøya (stasjon 90760 Fakken, 57 moh.). Figur 6 viser julimiddeltemperatur og temperatursummen over 0°C fra 1. mai til 1.oktober hvert år, og bekrefter en liten økning av sommertemperaturen. Totalt sett er det en liten, og ikke signifikant, økning av sommertemperaturen fra 2013 til 2020. Den beskjedne økningen i sommervarmen kan være en forklaring på at flere arter har tyngdepunkt høyere oppe på Trolltinden, og spesielt at fjellkvein nå har etablert seg i den øverste (840 moh) fastflaten.

Angående nedbør så er nærmeste klimastasjon med data for hele perioden 2013 til 2020 på Skjervøy, 20 km sør-sørøst om Trolltinden (stasjon 91725 Skjervøy, figur 5). Denne stasjonen ligger noe i nedbørsskyggen for Trolltinden/Arnøya. Stasjonen (figur 7) viser at sommernedbøren (nedbørsum for mai til august) har økt. Stasjonen indikerer også en økning i årsnedbøren, men det skyldes mye nedbør i form av snø fra januar til mai 2020 (649 mm, på de fem måneder). Uten 2020 er det ingen økning i årsnedbør.



Figur 6. Juli-middeltemperatur og temperatursum over null grader fra 1. mai til 1. oktober (°C-dager) for klimastasjonene 91729 Trolltinden (850 moh) og for 90760 Fakken (57 moh).



Figur 7. Nedbørsdata (mm) for perioden 2013 til 2020 fra klimastasjon 91725 Skjervøy, 20 km øst-sørøst om Trolltinden.

Ekstreme klimahendelser vil også påvirke vegetasjonsdekket (Bjerke et al. 2017), spesielt varmeperioder om vinteren med påfølgende frost vil sterkt påvirke vegetasjonen, og at dette fenomenet er økende (Vikhamar-Schuler et al. 2016). Noe grundig analyse av ekstreme klimahendelser er ikke gjort, men vinteren 2020 var ekstrem i form av snømengde og sen snøsmelting. Ser vi på de siste 50 år ved klimastasjonen i Tromsø, så var det trolig bare 1997 som hadde mer snø om våren. To nærliggende stasjoner til Trolltinden i lavlandet (figur 5) målte snødybde fram til 5. mai 2020 og hadde da snødybde

på henholdsvis 154 cm (stasjon 91726 Arnøya-Langfjord, 12 moh.) og 170 cm (stasjon 91727 Arnøyhamn, 10 moh). Sen snøsmelting og derav sen start på vekstsesongen vil påvirke veksten og frøproduksjonen, men denne påvirkningen er ulikt for artene, og vil derved på sikt endre artssammensetningen og dekningen. Men eventuell effekt av den ekstreme snøvinteren 2020 vil først bli sett i neste reinventering om 7 år (tabell 1), og ikke i årets data.



Figur 8. Rein på Trolltinden, 14. juli 2020.

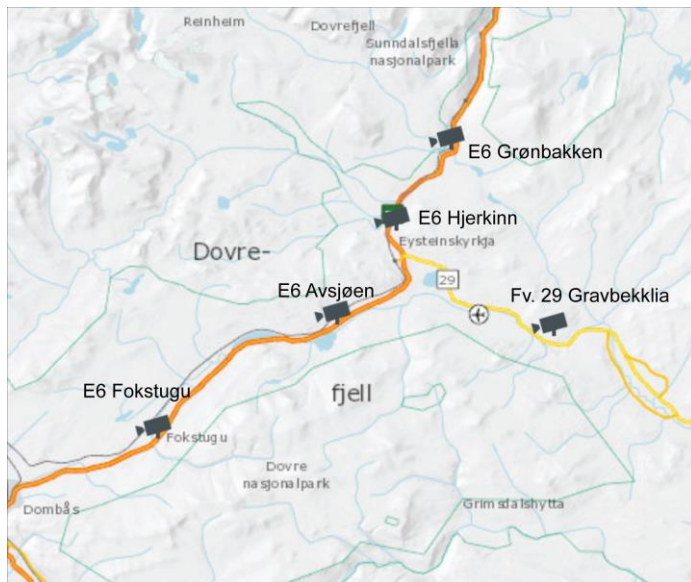
Øvrige påvirkningsfaktorer er endringer i beitetrykk. Arnøya er vår- og sommerbeite for reinbeitedistrikt 39. Ardni/Gavvir / Arnøya/Kågen, med ett øvre reintall på 2000. For reinbeitedistriktet har det ikke vært noen større endringer i antall rein perioden (minst for driftsåret 2014/2015 med 1716 rein, og maks med 2156 rein for driftsåret 2013/2014) (Hætta 2020). Mens reinen bruker hele fjellskråningen (figur 8), beiter sauen mest i lavere deler. Noe tall på eventuelle endringer i antall sau i området er forsøkt innhentet fra Statsforvalteren sin Landbruksavdeling, men er ennå ikke fått, men vi har ingen indikasjon på noe vesentlig endringer i beitetrykket fra sau.

3. Overvåkning av vekstsesongen

For vekstsesongen 2020 var målet å samlet inn fenologidata i felt med kamera slik som i tidligere år. Denne fenologidata fra kamera brukes i tolkning i en satellittbasert overvåkning av vekstsesongen, som sist ble gjort for perioden 2000-2019 (Karlsen et al. 2020). For beskrivelse av fenologidata og områdene det måles i, i sørlig transekt, se tidligere GLORIA årsrapporter (Wehn et al. 2017, Wehn & Karlsen 2018, Wehn et al. 2019, Karlsen et al. 2020).

Sørlig transekt

Covid-19 restriksjon på reise gjorde at kameraene ikke ble satt ut i løpet av mai måned i 2020 som planlagt, men senere på sommeren. Det gjorde at en kun fikk samlet inn data med fenologikamera for høstfenofaser i 2020.



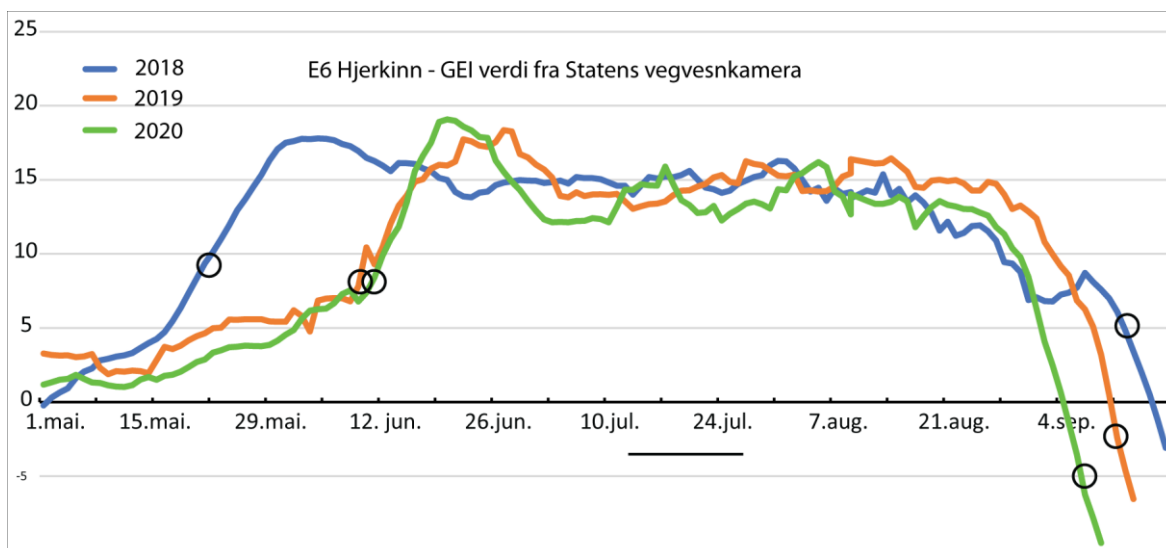
Figur 9. Statens vegvesen sine kamera på Dovrefjellområdet, fra www.vegvesen.no/Trafikkinformasjon/Reiseinformasjon/Trafikkmeldinger/Webkamera#/ Bilder fra årene 2018 til 2020 er tatt i bruk.

På Dovrefjell har Statens vegvesen fem kamera (figur 9) som overvåker veien (Fv 29 Gravbakkli, E6 Hjerkin, E6 Avsjøen, E6 Fokstugu og E6 Grønbakken). Staten vegvesen beholder disse bildene i 18 måneder. Siden 2018 har vi fått tilsendt bildene ved sesongslutt. For årene 2018 og 2019 er det bilder hvert 10 minutt, og hvert 20 minutt fra år 2020 av. Bildene er på kun 0,4 megapiksler (i kontrast til 12 eller 20 megapiksler for fenologikameraene som brukes). Vegetasjonen ved veikanten er påvirket av brøytekan, forurensing og kutting av busker/vegetasjon, og kan derfor gi et noe feilaktig bilde av sesongutviklingen. Kameraene til Statens vegvesen viser heller ikke store homogene flater som kan oppskaleres med satellittdata. Det betyr at bilden fra Statens vegvesen ikke kan

erstatte fenologikameraene, men kan være et supplement. Og bildene fra Statens vegvesen kan gi et godt bilde av forskjellene fra år-til-år, forutsatt at vegetasjonen ikke kuttes. Figur 10 er et eksempler på bilder fra Statens vegvesen stasjon E6 Hjerkin, og figur 11 er eksempel på hvordan indeksen GEI (se Karlsen et al. 2020) endrer seg gjennom sesongen for dvergbjørk for årene 2018-2020. Bildene og GEI indeksen indikerer at starten på vekstsesongen i 2020 var omtrent på samme dato som i 2019, men at årene 2019 og 2020 hadde mer enn to uker senere vekstsesongstart sammenlignet med år 2018. År 2018 hadde tidligst målte start på vekstsesongen for perioden 2000- 2019 (Karlsen et al. 2020), og bildet fra 1.juni 2018 (figur 10) indikerer at bladene allerede da var fullt utviklet.



Figur 10. Eksempler på bilder fra kamera til Statens vegvesen. Fra stasjon E6 Hjerkin. Bilder fra kl. 12:00 for 1. juni og 1. september for årene 2018-2020. Rød rektangel viser hvor dvergbjørk er, og hvor det er beregnet indeksen GEI fra, som viser sesongutviklingen, se figur 11.



Figur 11. Sesongutvikling for dvergbjørk, ekstrahert fra Statens vegvesen kamera stasjon E6 Hjerkinns. Sorte sirkler indiker ca dato for løvsprett og begynnende gulning på dvergbjørk.

Fenologikameraene ble i 2020 bruket på Dovrefjell og Sunndalsfjella, slik som i tidligere år (se tidligere GLORIA årsrapporter), men vi observerte kun høstfenofaser pga Covid-19 reise-restriksjoner i mai 2020. I årets rapport presenterer vi høstfenofaser fra dvergbjørk for to av lokalitetene, fra ei dvergbjørkhei vest om Hjerkinnsdammen på Dovrefjell (tabell 5, område 3 i When & Karlsen (2018)) og fra ei dvergbjørk-lavhei på Sunndalsfjella (tabell 6). Vi viser her tre høstfenofaser for dvergbjørka for de årene det er blitt observert med kamera. Fenofasen '<10% gult', betyr begynnende gulning, men mindre enn 10% av bladene er gule. Følger vi definisjonen til Meier (2018), er dette BBCH kode 91 (about 10% of leaves discoloured or fallen). Fenofasen '50% gult' er BBCH kode 95 (about 50% of leaves discoloured or fallen), og '>90% gult' er BBCH kode 96/97 (most leaves discoloured or fallen).

Tabell 5. Høstfenofaser på dvergbjørk. Fra ei dvergbjørkhei ved Hjerkinnsdammen på Dovrefjell.

	<10% gult	50% gult	>90% gult
2013	28. aug.	10. sep.	17. sep.
2014	25. aug.	7. sep.	10. sep.
2015	21. aug.	9. sep.	20. sep.
2016	26. aug.	8. sep.	16. sep.
2017	25. aug.	10. sep.	19. sep.
2018	29. aug.	9. sep.	20. sep.
2019	28. aug.	11. sep.	18. sep.
2020	31. aug.	11. sep.	19. sep.

For Hjerkinnsdammen på Dovrefjell så var begynnende gulning av blader på dvergbjørk (tabell 5) høsten 2020 fem dager senere enn gjennomsnitt for årene 2013-2020 (31. august i 2020 vs. gjennomsnitt 26. august), men for fenofasene '50% gul' og '>90% gul' var det høsten 2020 to dager senere enn gjennomsnittet. Høst-fenofasen på dvergbjørk på Sunndalsfjella (tabell 6) følger omtrent sammen mønster i 2020 som for Dovrefjell, 3-4 dager senere i 2020, sammenlignet med årene 2014-2020.

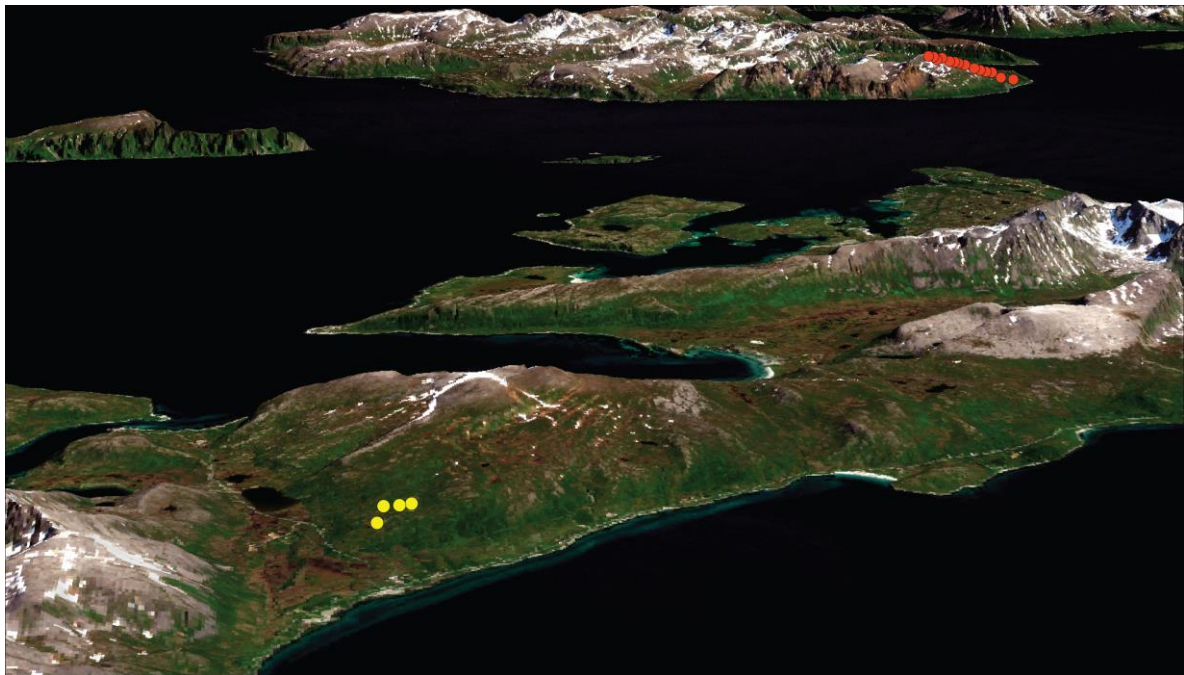
Tabell 6. Høstfenofaser på dvergbjørk. Fra ei dvergbjørk-lavhei på Sunndalsfjella.

	<10% gult	50% gult	>90% gult
2014	4. aug.	24. aug.	4. sep.
2015			19. sep.
2016	22. aug.	3. sep.	12. sep.
2017	27. aug.	11. sep.	19. sep.
2018	14. jul.*	9. sep.	18. sep.
2019	23. aug.	11. sep.	27. sep.
2020	3. sep.	10. sep.	19. sep.

* Tidlig gulning, trolig på grunn av tørke.

Nordlig trasekt

Sommeren 2020 ble det etablert fenologiobservasjoner i et nordlig oseanisk område. Målet var å etablere observasjoner nærmest mulig GLORIA fjellet Trolltinden, på Arnøya i Troms. Men fenologiobservasjoner må gjøres på større homogene flater med tanke på oppskalering med satellittdata (Sentinel-2, Sentinel-3 OLCI og MODIS data), og et slikt område ble ikke funnet på Arnøya som er karakterisert av spisse fjell. Men på naboøya Vannøya ble et egnet område for fenologiobservasjoner funnet (figur 12). Området på Vannøya er nærliggende Arnøya, og med sammenlignbare klimatiske forhold. Nærmeste klimastasjon med lang tidsserie for temperatur for både Arnøya og Vannøya er stasjon 90760 Fakken (figur 5), og ligger på Vannøya omtrent midt mellom observasjonsstedet på Vannøya og Trolltinden på Arnøya. Det ble innhentet tillatelse fra grunneiere (Karlsøy kommune og en privatperson) og fire fenologikamera ble plassert der sommeren 2020 og hentet inn i begynnelsen av oktober. I tillegg ble to kamera plassert ved veien mellom Tromsø og Vannøya.

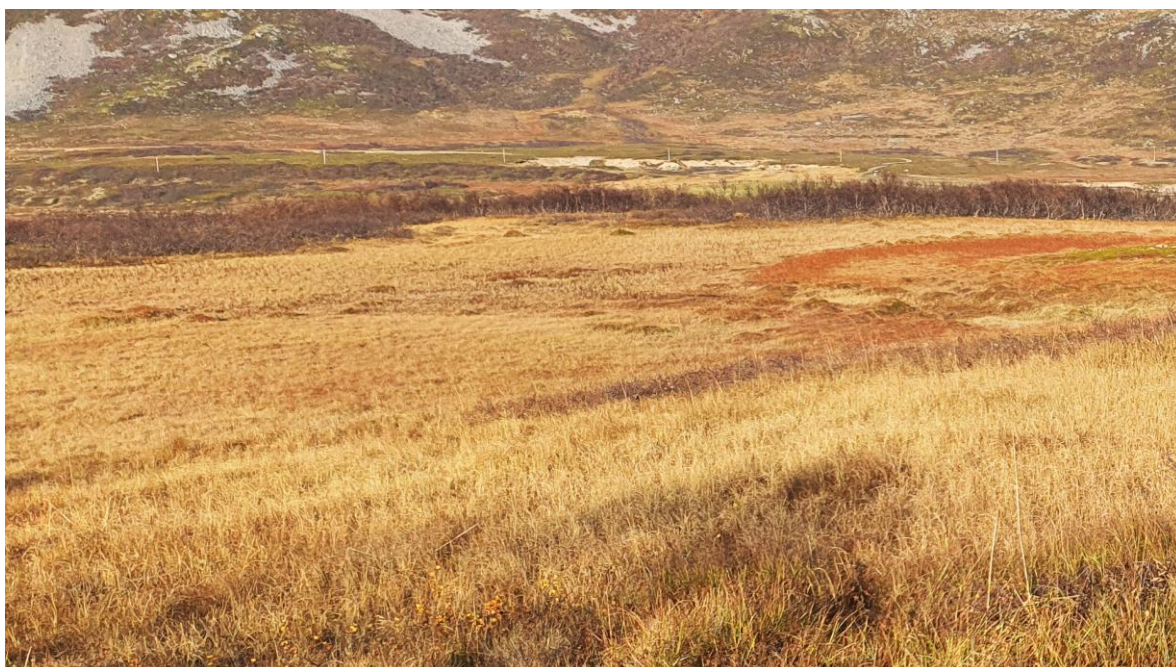


Figur 12. Et Sentinel-2 satellitt bilde fra 14. juli 2020, sett fra nord-nordvest mot sør-sørøst. Fenologiobservasjonene etablert på Vannareid på Vannøya er vist med gule prikker. I bakgrunnen ses Arnøya og fastrutene (røde prikker) på Trolltinden.

De vanligste vegetasjonstyper i området er kreklinghei, grasmyr og ulike engsamfunn, og vil bli beskrevet i senere rapporter. Ser vi på høstfenofasen '50% gule blader', på Vannøya feltet, så var denne høstfenofasen på skrubbær (*Chamaepericlymenum suecicum*) 5. september 2020 i kreklinghei (figur 13), på skogstorkenebb (*Geranium sylvaticum*) 6. september 2020, på bjørk 10. september 2020 og på skogburkne (*Aspidium filix-femina*) 17. september 2020. Blåbær ble observert flere steder og viste, som forventet, stor variasjon (ca. 10-30.september 2020). Kameraet som observerte dvergbjørk var noe feilplassert og for unøyaktig til å identifisere fenofaser. Artene duskull (*Eriophorum angustifolium*) i grasmyra (figur 14) og enghumleblom (*Geum rivale*) i engsamfunnet hadde ennå ikke fullt nådd 50% røde blader når kameraene ble hentet inn 5. oktober 2020.



Figur 13. Kreklinghei med skrubbær og heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*). Bilde er fra Vannareid på Vannøya 5. september 2020, i området med fenologiobservasjoner.



Figur 14. Grasmyr ved Vannareid på Vannøya 5. oktober 2020, i området med fenologiobservasjoner. Dominerende i myra er nordlandsstarr (*Carex aquatilis*). I rødbrunt til høyre i bildet ses duskull.

4. Oppsummering

For de fire fjellområdene i sørlig transekt (Stortussen/Snøtind, Kaldfonna, Kolla og Tron) så ble det gjort en enhetlig endringsanalyse basert på data fra permanente overvåkningsflater (fastflater). Fjellområdene ligger i en gradient fra kyst til innland, og fastflatene følger høyde og snølengde-gradienter. Endringsanalyser på artsrikdom viser at antall arter per 100 m² ikke har endret seg over sju år, og utbredelsesmønsteret til sju av de mest utbredte karplantene er heller ikke endret. Registreringene på dekning av de sju artene i 100 m²-flatene viser derimot at dekning kan ha endret seg noe over de sju årene. Tallene antyder at det kan ha skjedd en homogeniseringsprosess da dekning av krekling har blitt mer lik i de fire fjellene og dekning av musøre har blitt mer lik i de tre alpine vegetasjonstypene som representerer snølengde-gradienten i de alpine områdene.

I nordlige transekt så ble fjellskråningen på Trolltinden, Arnøya i Troms reinvertert, og endringer fra 2013 til 2020 ble analysert. I forhold til de fire fjellområdene i sør så hadde Trolltinden mindre datagrunnlag. Kun 20 fastflater på 10x10 m ble lagt ut i 2013, og for å få bedre grunnlag ved neste reanalyse ble det sommeren 2020 lagt ut i tillegg 20 stk 1x1m fastruter. Analysene av de tjue 10x10m fastflatene for 2013 vs. 2020 viser ingen større endringer. Men resultatene indikerer at noen arter nå har utbredelsestygndepunkt litt høyere i fjellskråningen, og spesielt at den relativt varmekjære arten fjellkvein (*Agrostis mertensii*) i 2020 nå opptretr spredt på toppen av Trolltinden hvor den ikke forekom i 2013. Dette kan skyldes at det har vært en liten økning i sommertemperaturen fra 2013 til 2020.

Angående overvåkning av vekstsesongen (fenologi) ble det brukt kamera som i øvrige år. Grunnet reiserestriksjoner pga Covid-19 fikk en ikke utplassert fenologikamera før vekstsesongstart våren 2020 i sørlig transekt. Men foto fra Statens vegvesen sine kamera på Dovrefjell indikerer start på vekstsesongen for 2020 omtrent som for 2019. For høstfenofaser så viser overvåkingen med fenologikamera fra 2 til 5 dager senere høst i 2020, sammenlignet med 2013-2019 perioden. Det ble også etablert overvåkning av vekstsesongen med fenologikamera i et oseanisk område i nordlig trasket. Området som nå blir overvåket er på Vannøya, men nærliggende og med sammenlignbare klimatiske forhold, til Trolltinden på naboøya Arnøya. Og fra 2021 sesongen av vil en ha data fra et oseanisk område i nordlig transekt som kan sammenlignes med data fra det sydlige transekt, og som kan oppskaleres med satellittdata.

I tillegg ble temperatursensorer på fjellet Stortussen/Snøtinden byttet sommeren 2020, men er ikke nærmere beskrevet i denne rapporten. Til sammen gir de ulike oppgaven i GLORIA for perioden 2020-2021 en oversikt over ulike deler av de biofysiker endringer i fjellområdene.

5. Referanser

Aarrestad, P.A. og Grytnes, J.-A. 2018. Fjellhei, leside og tundra, Fjell og berg. Norsk rødliste for naturtyper 2018. Artsdatabanken, Trondheim. Hentet (3. januar 2020) fra: <https://artsdatabanken.no/RLN2018/43>

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.

Aarrestad, P.A., Evju, M., Høitomt, T., Ihlen, P. og Grytnes, J.-A. 2018^a. Rabbe, Fjell og berg. Norsk rødliste for naturtyper 2018. Artsdatabanken, Trondheim. Hentet (3. januar 2020) fra: <https://artsdatabanken.no/RLN2018/51>

Aarrestad, P.A., Evju, M., Høitomt, T., Ihlen, P. og Grytnes, J.-A. 2018^b. Snøleie, Fjell og berg. Norsk rødliste for naturtyper 2018. Artsdatabanken, Trondheim. Hentet (3. januar 2020) fra: <https://artsdatabanken.no/RLN2018/46>

Aarrestad, P.A., Evju, M., Høitomt, T., Ihlen, P. og Grytnes, J.-A. 2018^c. Fjellgrashei og grastundra, Fjell og berg. Norsk rødliste for naturtyper 2018. Artsdatabanken, Trondheim. Hentet (3. januar 2020) fra: <https://artsdatabanken.no/RLN2018/59>

Artsdatabanken. 2018. Norsk rødliste for naturtyper 2018. Hentet (3. januar 2020) fra <https://www.artsdatabanken.no/rodlistefornaturtyper>

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., Kiebach, 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.

Fremstad, E. 1997. Vegetasjonstyper i Norge NINA Temahefte 12: 1-279.

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.

Hanssen-Bauer Halvorsen, R., Bryn, A., Erikstad, L. & Lindgaard, A. 2015. Natur i Norge - NiN. Versjon 2.0.0.

Hætta, L. B. 2020. Ressursregnskap for reindriftsnæringen. Landbruksdirektoratet. Rapport nr 43/2020. 126 sider.

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. & A. Elvebakk. 2003. A method using indicator plants to map local climatic variation in the Kangerlussuaq/Scoresby Sund area, East Greenland. *Journal of Biogeography* 30: 1469–1491.

Karlsen, S. R., A. Elvebakk & B. Johansen. 2005. A vegetation-based method to map climatic variation in the arctic-boreal transition area of Finnmark, north-easternmost Norway. *Journal of Biogeography*, 32: 1161-1186.

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. *Norut rapport* 4/2012. 17s.

Karlsen, S.R., S. Wehn, P. Vesterbukt & A. Nesje. 2020. GLORIA Norge 2019. Overvåkning av vegetasjon, vekstsesong og bremåling. *NORCE Rapport* 4 2020. Miljødirektoratet M-1708/2020. 30 s.

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.

Lundemo, S., Karlsen, S.R. & Holten, J.I. 2016. GLORIA Norge – årsrapport for 2013.

Meier, U. (Ed.). 2018. BBCH-Monograph. Growth Stages of mono- and dicotyledonous plants. Julius Kühn-Institut, Quedlinburg. 204pp.

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. 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.

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

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., 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. Karlsen, S.R., Vesterbukt, P. & Holten, J.I. 2017. GLORIA Norge 2016 – overvåkning av vegetasjon og vekstsesong. NIBIO RAPPORT 3(84) 2017.

Wehn, S., & Karlsen, S.R. 2018. GLORIA Norge 2017—overvåkning av vegetasjon og vekstsesong. NIBIO rapport 4(107) 2018.

Wehn, S., Karlsen, S.R. Carlsen, T.H., & Vesterbukt, P. 2019. GLORIA Norge 2018—overvåkning av vegetasjon og vekstsesong. NIBIO rapport 5(76) 2019.



NORCE Norwegian Research Centre AS
www.norceresearch.no