

GLORIA Norge 2023

Overvåkning av vegetasjon, vekstsesong og isbre

Stein Rune Karlsen, Sølvi Wehn og Atle Nesje

Rapport 2-2024, NORCE Klima og miljø



Prosjekttittel: GLORIA Norge 2023: Overvåkning av vegetasjon, vekstsesong og isbre
Prosjektnummer: 107096
Institusjon: NORCE Norwegian Research Centre AS
Divisjon: NORCE Klima og miljø
Oppdragsgiver(e): Miljødirektoratet
M-2774|2024
Gradering: Åpen
Rapportnr.: 2-2024
ISBN: 978-82-8408-346-9
Antall sider: 33
Publiseringsmnd. April
Lisens CC BY 4.0

Tromsø, 11.april 2024

Stein Rune Karlsen
Prosjektleder

Bernt Johansen
Kvalitetssikrer

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). 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 enkelte steder jordfuktighet.

Siden oppstarten har Miljødirektoratet finansiert mesteparten av aktiviteten i GLORIA-Norge. I tillegg har kommunene/fylkeskommunene der fjellområdene ligger bidratt med driftsstøtte, og de deltagende forskningsinstitusjonene har bidratt med betydelig egeninnsats. Overvåkingen gjennomføres som et tverrvitenskapelig samarbeid mellom prosjektpartnere fra Institutt for geovitenskap ved Universitetet i Bergen, klimaavdelinga ved NORCE Norwegian Research Centre, Seksjon for naturressurser Multiconsult region Midt, Meteorologisk institutt, NTNU (Norges teknisk–naturvitenskapelige universitet) og Terrestrisk Miljøforskning.

Endre eller fjern: Denne årsrapporten beskriver følgende delprosjekter gjennomført i 2023/2024; Reinventering av fastruter i fjellskråninger på Stortussen/Snøtinden, overvåkning av vekstsesongen i sørlige og nordlig transekt, temperaturmålinger på fjellet Kolla, samt bremålinger. Temperaturloggere på GLORIA-fjellet Kolla ble byttet, men det blir ikke nærmere beskrevet i denne rapporten.

Tromsø, 11.april 2024

Stein Rune Karlsen

Innhold

1. Innledning	4
2. Reinventering av fastruter i Stortussen/Snøtinden	9
3. Overvåkning av vekstsesongen	15
4. Isbre	19
5. Oppsummering	30
6. Referanser	31
Vedlegg	33

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 høyere over havet. 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 seg 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 vil effektene av klimaendringene variere mellom forskjellige regioner; noe som igjen har gitt ulik respons i plantesamfunn (Gottfried et al. 2012; Pauli et al. 2012). For eksempel har få endringer blitt observert i antall arter og artssammensetning av karplanter i fjellene Stortussen/Snøtinden (2009–2016; Wehn et al. 2017^b) og Kaldfonna (2010–2017; Wehn & Karlsen 2018), på Dovrefjell (2001–2008; Michelsen et al. 2011; 2011–2018; Wehn et al. 2019; Karlsen et al. 2020) og Trolltinden i Nord-Troms (2013–2020; Karlsen et al. 2021), mens store konsekvenser av klimaendringer er observert i sør-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 sorteres under hovedtypene 1) snøleie (T7), 2) fjellhei, leside og tundra (T3), 3) fjellgrashei og grastundra (T22), og 4) rabbe (T14), men NiN er nå under revisjon (Miljødir. 2024). Etter NiN 2.0 defineres snøleie som: «Jorddekt fastmark som er betinget av langvarig snødekke og kort vekstsesong i fjellet og i Arktis.». Fjellhei, leside og tundra som «jorddekt fastmark i fjellet eller nord for skoggrensen som ikke er betinget av miljøstress som for eksempel frost, vind, ras eller langvarig snødekke. Vegetasjonen har et karakteristisk innslag av busker og/eller dvergbusker». 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 på hevede terrengformer i fjellet og i Arktis som bærer klart preg av vindpåvirkning, særlig fordi det forårsaker mangel på stabilt snødekke om vinteren». Snøleie i den ene enden av rabbe-snøleiegradienten har langvarig snødekke og dertil kortere vekstsesong, mens rabbe i den andre enden ikke har 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 vekstsesongreduksjonen 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. Sammenlignet med andre økosystemer er tilstanden til det biologiske mangfoldet i alpine områder relativt gode (Framstad 2015, Framstad et al. 2022), og [fjell som hovedøkosystem har blitt vurdert – rett nok bare så vidt – til å ha god økologisk tilstand](#). Samtidig er naturtypene fjellhei, leside og tundra, samt rabbe, begge vurdert som nær truet (NT) naturtyper (Artsdatabanken 2018). Videre er snøleie vurdert som en sårbar (VU) naturtype, mens fjellgrashei og grastundra er vurdert som intakt (LC). Fjellhei, leside og tundra, og rabbe, er klassifisert som nær truet grunnet forventet økning av gjennomsnittlig årstemperatur og påfølgende 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, siden de abiotiske forholdene i et snøleie vil påvirkes mer direkte og endringene vil skje raskere (Aarrestad et al. 2018^b). 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. 2018^c). Det biologiske mangfoldet i fjellet er i stadig endring, og i de senere år har man sett en 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).

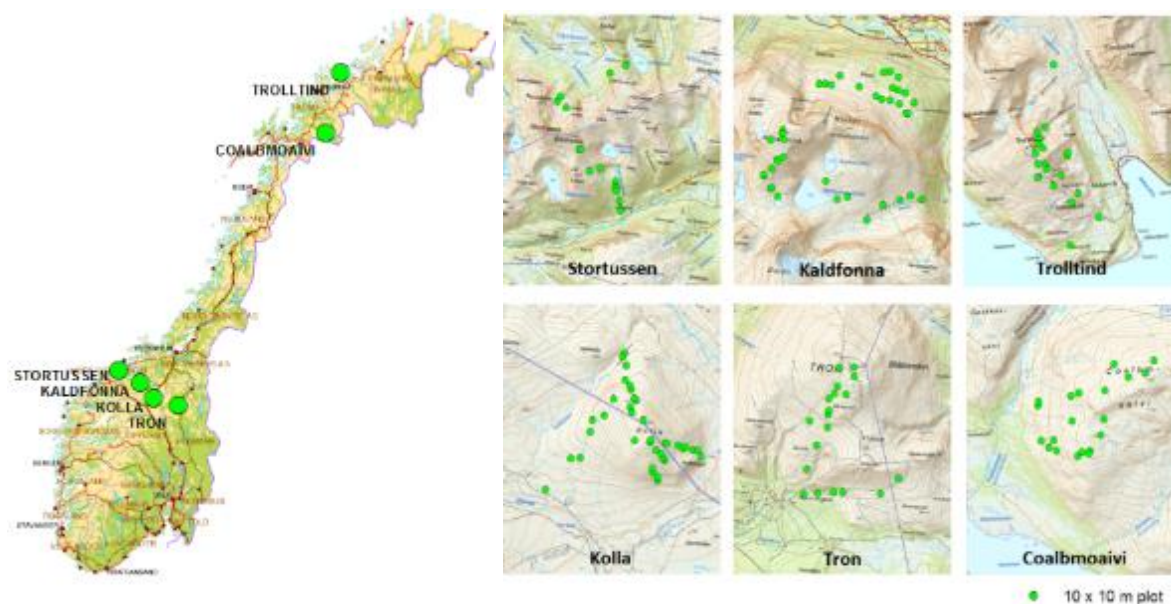
Klimaet varierer veldig i Norge, både romlig og temporært, noe som resulterer i en utskifting av arter langs klimatiske gradienter (Wehn et al. 2014). Klimaendringer har blitt dokumentert i norske fjellområder (f.eks. Isaksen et al. 2007; Syverhuset 2009), og det er estimert at disse vil akselerere i framtiden. Den generelle trenden i Norge er et varmere, våtere klima med lengre vekstsesong (kortere snøperiode; Framstad & Pedersen 2015). Dette vil kunne 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 som lyng, busker og trær. Et annet scenario er at vegetasjonsdekket tar skade og at arter forsvinner på grunn av flere ekstreme værhendelser (Bjerke et al. 2017).

For å predikere effekter av de forventede framtidige klimaendringene, er det behov for mer kunnskap om viktige drivere for endringer i plantesamfunn og plantesamfunns utbredelse langs miljøgradienter. Videre må både klima og vegetasjon overvåkes for å gi data på reelle konsekvenser av klimaendringer.

GLORIA-Norge

GLORIA ([Global Observation Research Initiative in Alpine Environments](#)) 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 dokumentert (Gottfried et al. 2012; Pauli et al. 2012). Gottfried et. al (2012) og Pauli et. al (2012) viste at det i tidsperioden 2001 til 2008 hadde blitt færre kuldetolererende og flere varmekrevende plantearter, og at arter hadde flyttet seg oppover i høyden. Samtidig viste analysene også store regionale forskjeller, med større effekter på fjell i Sør-Europa sammenlignet med lenger nord.

GLORIA-Norge er et unikt overvåkingssystem i norsk sammenheng, med mål om 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. Som overvåkningsprosjekt vil GLORIA-Norge derfor bidra til økt kunnskap om effekter av klimaendringer på norsk natur.



Figur 1. Lokalisering av fjellene som inngår i GLORIA-Norge, hvor fastruter (10 m x 10 m (makroruter) og 1 m x 1 m (mikroruter) er etablert for å overvåke vegetasjon.

Vegetasjon i seks norske fjell har blitt kartlagt (figur 1). I Midt-Norge omfatter dette fire fjell som ligger i en gradient fra kyst til innland, valgt ut for å representere en bioklimatisk seksjonsgradient (klart oseanisk – svakt kontinental); Stortussen/Snøtinden (Gjemnes og Hustadvika kommune, Møre og Romsdal fylke), Kaldfonna (Sunndal kommune, Møre og

Romsdal fylke), Kolla (Dovre kommune, Innlandet fylke og Oppdal kommune, Trøndelag fylke) og Tron (Alvdal kommune, Innlandet fylke). I Nord-Norge er to fjellområder valgt ut, ett i innlandet og ett ved kysten, begge i Troms fylke; Trolltind (Skjervøy kommune) og Čoalbmoaivi (Bardu kommune). I alle disse studieområdene er det nå gjennomført førstegangsundersøkelser, og i det sørlige transektet og for Trolltinden er også reinventeringer gjennomført. I disse er vegetasjon kartlagt i fastruter på 10 m x 10 m (heretter kalt makroruter) langs høyde-, snølengde- og himmelretningsgradienter. Innenfor en del av disse makrorutene, er det i tillegg lagt ut fastruter på 1 m x 1 m (heretter kalt mikroruter). For hver rute registreres karplanter til art, mens moser og lav, etter hva som er gjennomførbart i felt, registreres til art eller en høyere taksonomisk enhet. For alle taksa som registreres estimeres også dekningsgrad. Reinventeringer skjer med et omdrev på 7 år (tabell 1). 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 fjellene i GLORIA-Norge

Fjell	1. registrering	1. reinventering	2. reinventering
Stortussen/Snøtinden	2009	2016	2023
Kaldfonna	2010	2017	2024
Kolla	2011	2018	2025
Tron	2012	2019	2026
Trolltinden	2013	2020	2027
Čoalbmoaivi	2014	2021	2028

I tillegg til å overvåke vegetasjon i de seks fjellområdene, overvåkes også viktige 'drivere' for endringer i vegetasjonsdekket. Det overvåkes jordtemperatur i alle de fire sørlige fjellene og i tillegg jordfuktighet på ett av fjellene. Videre overvåkes endringer i vekstsesongen i felt med fenologikamera – hvor overvåkningen er designet for oppskalering med satellittdata. I tillegg overvåkes isbreer (massebalanse og frontendringer). Til sammen gir overvåkningen et godt bilde av de biofysiske endringene i norske fjellområder.

Aktiviteter gjennomført i 2023/2024

I perioden mai 2023 til april 2024 har prosjektet GLORIA-Norge gjennomført fire delprosjekter:

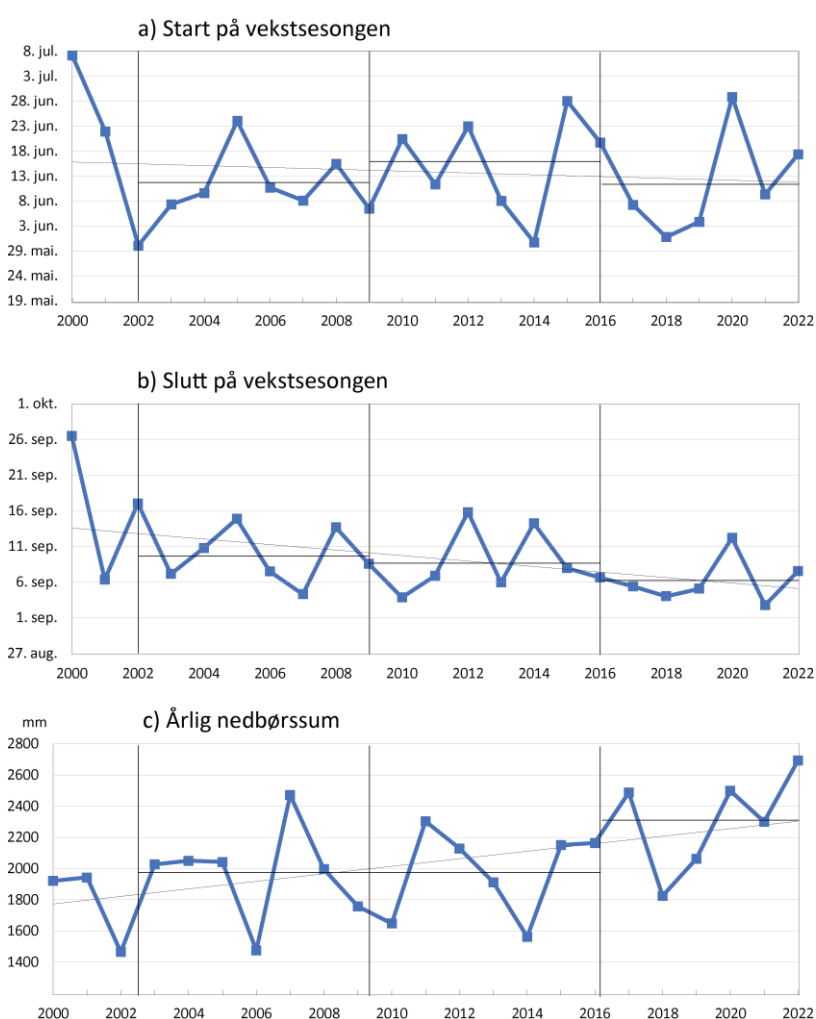
- 1: Reinventering av fastruter på Stortussen/Snøtinden
- 2: Overvåkning av vekstsesongen i nord og sør med fenologikamera
- 3: Temperaturmålinger
- 4: Bremålinger

Temperaturmålingene blir bare her kort omtalt: Rune Ødegård og Ketil Isaksen var på feltarbeid på Kolla 10.–13. sept. 2023. De fikk tappet og byttet alle loggere på Kolla, og dataseriene er sammenstilt og kvalitetskontrollert. Vi har nå et unikt sett med dataserier på jordtemperatur på Kolla som går tilbake til september 2009. Arbeidet på Tron måtte utsettes da flere loggere enn ventet på Kolla ikke lenger fungerte (mer enn 10 år gamle) og alle de nyinnkjøpte loggerne dermed ble brukt til Kolla.

2. Reinventering av fastruter i Stortussen/Snøtinden

Etablering av fastruter og registrering av vegetasjon ble på Stortussen/Snøtinden først utført i 2009 (Wehn & Holten 2010), og siden reinventert i 2016 (Wehn et al. 2017), og så reinventert for andre gang sommeren 2023. Målet er å undersøke eventuelle endringer i vegetasjonen over en 14 års periode.

Klimaendringer – miljøvariabler



Figur 2. Start- og slutt på vekstsesongen og årsnedbør for midtre dele av Stortussen/Snøtinden. Den vertikale linje er gjennomsnitt for 7-års periodene, og viser i tillegg 23-års trend. Karlsen et al. (2023) viser datagrunnlaget.

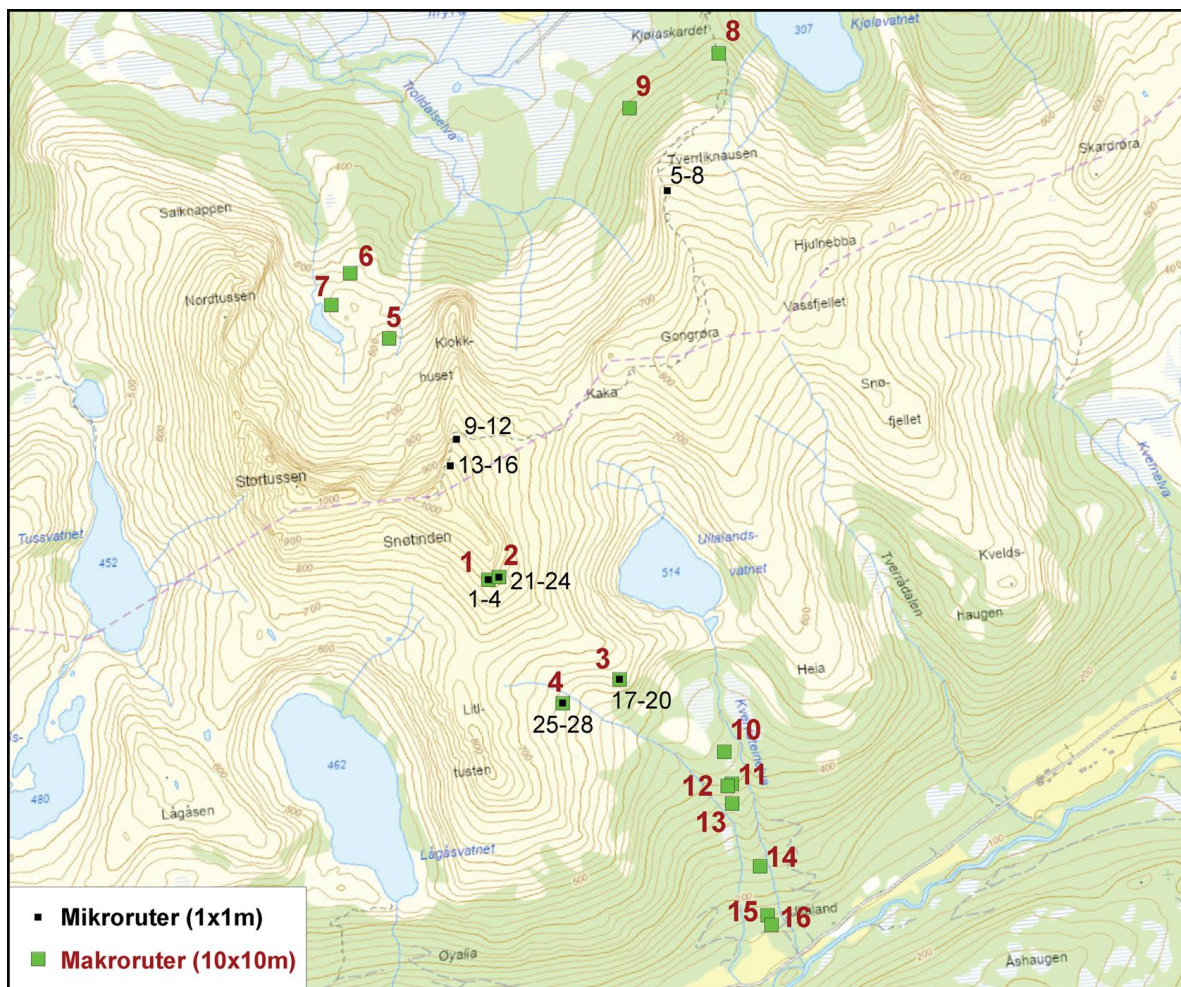
Klimavariabler som kan forklare endringer i vegetasjon overvåkes på lokal skala innen vegetasjonsrutene, i form av måling av jordtemperatur med logger. I tillegg overvåkes

vekstsesongen med satellittdata og feltkamera, og det tas i bruk romlige klimakart. I forrige årsrapport (Karlsen et al. 2023) oppsummerte vi endringer i viktige klima- og miljøvariabler ('drivere'), som vekstsesong, snøsmelting, temperatur og nedbør for de seks Gloria fjellområder.

Figur 2 viser de tre klima-/miljøvariabler med størst endringer for fjellet Stortussen/Snøtinden. Verdiene gjelder midtre deler av fjellet. Vekstsesongen starter nå 4–5 dager tidligere enn i 2000, og de siste syv år var startet på vekstsesongen i gjennomsnitt 5 dager tidligere enn i forrige 7-års periode (figur 2a). Spesielt var det sen start på vekstsesongen i 2020, like sent som år 2015, og bare år 2000 var markant senere. Årene 2017, 2018, og 2019 hadde derimot svært tidlig start på vekstsesongen, hele 3–4 uker tidligere enn år 2020. Det er også en trend mot ca 9 dager tidligere slutt på vekstsesongen i forhold til år 2000 (figur 2b). Størst endring har det vært i årsnedbøren, med en trend på hele 554 mm mer nå enn i år 2000 (figur 2c). Spesielt har de siste 7 år vær nedbørsrike med en gjennomsnittlig årsnedbør på 2311 mm, mot 1975 mm for 7-års perioden 2003–2010. I forrige årsrapport (Karlsen et al. 2023) ble også endringer i dato for snøsmelting, tempertursummen for vekstsesongen, nedbørssummen for vekstsesongen, og forskjellen på vinter og sommertemperatur (termisk kontinentalitet) analysert. Men de parameterne viser noe mindre endringer enn de tre vist i figur 2. I tillegg ble gjennomsnittlig jordtemperatur fra loggerne for årene 2010–2019/2020 tatt i bruk, uten at det heller viste signifikante endringer. Ekstremverdier som mulige drivere for vegetasjonsendringer er ennå ikke analysert.

Vegetasjonsendringer

I 2023 ble 15 av de opprinnelige 16 makrorutene (10 x 10 meter), gjenfunnet og reinventert (figur 3). Vedlegg 1 viser notater om makrorutene. Den ene makroruta som ikke ble gjenfunnet i 2016, ble gjenfunnet i 2023. Alle karplanter i makrorutene blir registrert og kategorisert i fem klasser avhengig av deres abundanse i makroruta (1: 1–5 individer; 2: 5–20 individer; 3: 20 individer – 1 % dekning (=1 m²); 4: 1 %–25 % dekning; 5: > 25 % dekning). I 2023 ble det også gjort registreringer i 20 mikroruter (1 x 1 meter) av de opprinnelige 28 fastrutene (figur 3). De resterende 8 rutene ble ikke gjenfunnet (vedlegg 1). På Stortussen/Snøtinden er de fire mikrorutene (1 x 1 m) i en makrorute (10 x 10 m) lokalisert i hjørnene av et rutenett på 3 x 3 meter lokalisert i nedre venstre hjørne av flata når man ser opp mot fjelltoppen. I mikrorutene ble dekning i prosent og frekvens av alle karplanter registrert.



Figur 3. Makroruter (10 x 10 meter) og mikroruter (1 x 1 meter) på fjellet Stortussen/Snøtinden mellom Molde og Kristiansund.

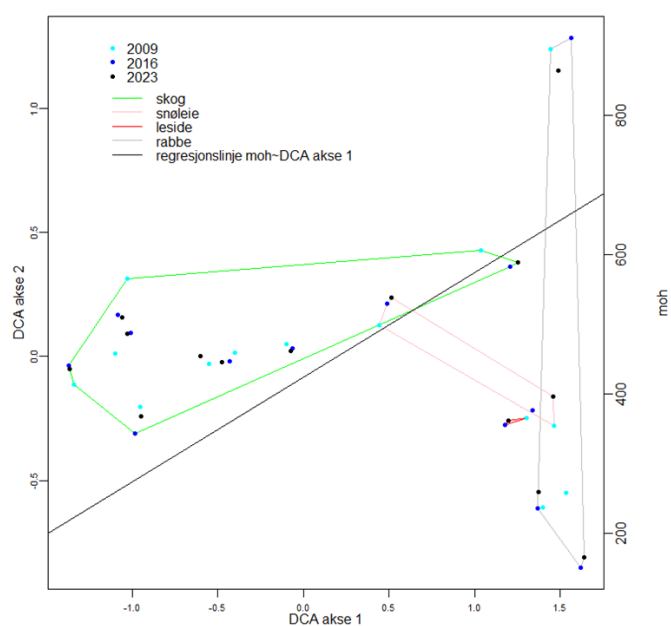
Det ble for hver makro- og mikrorute gjort en deskriptiv vurdering i felt av endringer i vegetasjonen. Og i etterkant ble dataene analysert med bruk av ordinasjon; funksjonen decorana i vegan-pakken (versjon 2.6-4; Oksanen et al. 2022.Vegan, Community Ecology Package) (figur 5 og 6).



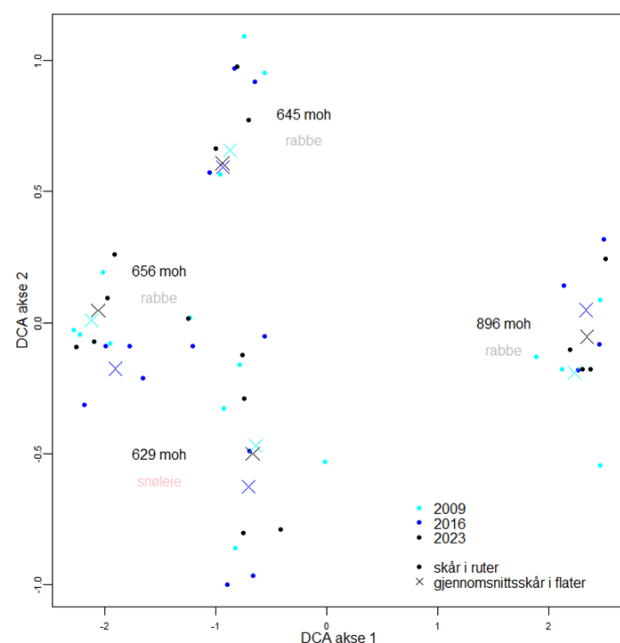
Figur 4. Makrorute (10 x 10 meter) nr 3, og mikrorute (1 x 1 meter) nr 17 på fjellet Stortussen/Snøtinden.

Basert på visuell tolkning av makrorutene i felt, ser vegetasjons-sammensetningen ut til å ha vært relativt stabil gjennom perioden fra 2009 til 2023. Også basert på ordinasjonsanalyser virker vegetasjons-sammensetningen stabil (figur 5).

Det kan nevnes at i makrorute 7 så var skudd av både rogn og bjørk forsvunnet, noe som kan skyldes sauebeite. I samme makrorute har det relativt nylig vært en del vannerosjon. Dette har redusert dekningen av heigråmose i denne makroruta. Nedbøren har økt mye siden registreringene startet, og spesielt var år 2022 nedbørsrik både for hele året (figur 2c) og innen vekstsesongen (Karlsen et al. 2023). Også i makrorute 10 var den tidligere registrerte rogn forsvunnet. Noe av de mindre forskjeller observert kan ha årsak i fenologi; at registreringene i 2016 ble analysert noe sent på året i forhold til i 2023. Dette gjelder spesielt makrorute 8.



Figur 5. Makroruteskår basert på DCA (detrended correspondence analysis).



Figur 6. Mikroruteskår basert på DCA.

Basert på visuell tolkning i felt virket det som at det i de fleste mikrorutene heller ikke hadde store endringer. Ordinasjonsanalyse av vegetasjons-sammensetningen bekrefter dette (figur 6). Noen mindre endringer ble observert. For mikrorute 7 så man at dekning av blokkebær var noe forskjellig mellom årene. For mikrorutene 8 og 17 varierte dekning

med greplyng for årene 2009–2016–2023, og for mikrorute 17 gjelder det også dekning av krekling. Trolig kan noe av disse forskjellene skyldes fenologi - at man gjorde inventeringene noe sent på året i 2016 i forhold til 2009/2023. I mikrorute 9 hadde musøre økt jevnt fra ingen forekomster i 2009 til 7 % dekning i 2023. I mikrorute 19 hadde krekling lav dekning og rabbesiv høy dekning i 2016 i forhold til 2009 og 2023. Dette kan skyldes at kreklingen døde vinteren 2014 (etter en varmeperiode på vinteren) og ble erstattet av rabbesiv, og at i 2023 er vegetasjonssammensetningen kommet tilbake til normalen. Dette er planlagt nærmere analysert ved hjelp av jordtemperaturdata.

3. Overvåkning av vekstsesongen

For vekstsesongen 2023 var målet å samle 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 2000–2022 (Karlsen et al. 2023). Dette vil gi bedre informasjon om 'drivere' bak vegetasjonsendringer observert på Stortussen/Snøtinden beskrevet i foregående kapittel og de øvrige fem Gloria fjell. I årets rapport presenterer vi fenologidata samlet inn i felt med time-laps kamera i et område i sydlig transekt, og for nordlig transekt tar vi også med satellittdata for år 2023.

Sørlig transekt

For beskrivelse av områdene det observeres fenologi på sørlig i transekt, se tidligere GLORIA årsrapporter (mest Wehn & Karlsen 2018). Det ble utplassert 12 time-laps kamera i månedsskiftet mai–juni 2023, og kameraene ble hentet inn i månedsskiftet september–oktober. I tillegg er det hentet inn bilder fra fem webkamera fra Statens Vegvesen, alle fra Dovrefjell området. Bruk av kamera fra Statens Vegvesen er omtalt i tidligere årsrapport (Karlsen et al. 2021) og beskrives ikke nærmere her.

I årets rapport presenterer vi fenologidata fra et større gråvierkratt-område på Hjerkinshøe, 1110 moh, nært GLORIA fjellet Kolla, på Dovrefjell. Dette er område 1 i When & Karlsen (2018) hvor området er utfyllende beskrevet.

Definisjoner på fenofaser: Vi viser her tre vårfenofaser og tre høstfenofaser for dvergbjørk og gråvier (tabell 2 og 3). I tabellene brukes følgende definisjoner på fenofaser på våren: 'Knoppsprett' (Beginning of bud burst: first green leaf tips just visible, BBCH kode 07, i Meier (2018)). 'Løvsprett' (First leaves unfolded (others still unfolding), BBCH kode 11). Utvokst blad (First leaves fully expanded, BBCH kode 19). Om høsten brukes definisjonene: Fenofasen '10% gult', betyr begynnende gulning, med omtrent 10% av bladene 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 2. Fenofaser på dvergbjørk (*Betula nana*). Fra et gråvierkratt på Hjerkinshøe på Dovrefjell, nært fjellet Kolla.

År	Knoppsprett	Løvsprett	Utvokst blad	10% gult	50% gult	90% gult
2014				31. aug.	5. sep.	9. sep.
2015	19. jun.	25. jun.	4. jul.	25. aug.	8. sep.	13. sep.
2016	2. jun.	6. jun.	19. jun.	28. aug.	6. sep.	11. sep.
2017	7. jun.	11. jun.	17. jun.	31. aug.	9. sep.	15. sep.
2018	22. mai.	26. mai.	4. jun.	4. sep.	12. sep.	20. sep.
2019	6. jun.	11. jun.	17. jun.	9. sep.	16. sep.	24. sep.
2020*				22. aug.	6. sep.	17. sep.
2021	31. mai.	3. jun.	11. jun.	24. aug.	3. sep.	12. sep.
2022	1.juni	3.juni	17.juni	17.aug.	14.sep.	21.sep.
2023	30.mai	6.juni	15.juni	8.sep.	12.sep.	25.sep.
Gj.snitt	3. jun.	7. jun.	16. jun.	29. aug.	9. sep.	16. sep.

* mangler data på vårfenofaser pga. reiserestriksjoner under Covid19 utbrudd, og vi har kun data fra Statens Vegvesen sine kamera for våren 2020.

Tabell 3. Fenofaser på gråvier (sølv- og lappvier). Fra et gråvierkratt på Hjerkinshøe på Dovrefjell, nært fjellet Kolla.

År	Knoppsprett	Løvsprett	Utvokst blad	10 % gult	50 % gult	90 % gult
2014				9. sep.	16. sep.	
2015	17. jun.	27. jun.	7. jul.	16. sep.		
2016	1. jun.	15. jun.	27. jun.	24. aug.	12. sep.	19. sep.
2017	4. jun.	18. jun.	28. jun.	2. sep.	14. sep.	20. sep.
2018	20. mai.	29. mai.	10. jun.	3. sep.	7. sep.	16. sep.
2019	1. jun.	9. jun.	19. jun.	19. aug.	11. sep.	19. sep.
2020				5. sep.	17. sep.	20. sep.
2021	2. jun.	7. jun.	21. jun.	7. sep.	11. sep.	22. sep.
2022	29.mai	4.juni	5.juli	11.sep.	22.sep.	27.sep
2023	4.juni	7.juni	1.juli	2.sep.	10.sep.	29.sep.
Gj.snitt	2. jun.	10. jun.	26. jun.	3. sep.	13. sep.	21. sep.

Starten på vekstsesongen 2023 var omtrent som gjennomsnittet for årene 2016 til 2023 (tabell 2 og 3). Mens vårfenofasene på dvergbjørk og vier er godt korrelert, så er ikke det tilfellet for høstfenofasene. For dvergbjørk var høstfasene '10 % gult' og '50 % gult' noe senere enn gjennomsnitt, mens fenofasen '90 % gule blader' var den seneste observert på dette feltet de siste 10 år, med 25. september. For gråvier var de føste høstfenofasene

omtrent gjennomsnittlig, men også her var fenofasen '90% gule blader' den seneste observert med 29. september 2023.

Nordlig transekt

Fenologiobservasjoner i et nordlig oseaanisk område, tilknyttet GLORIA fjellet Trolltinden, ble først etablert sommeren 2020, og sesongen 2021 var derfor første hele sesong. Området er noe beskrevet i tidligere rapport (Karlsen et al. 2021). Fem fenologikamera ble brukt på ved Vannareidet på Vannøya og tre ved veien mellom Vannøya og Tromsø (Futrikelv). De tre ved veien skiller seg noe ut da de er det eneste under skogsgrensa. Vi viser her fenofaser fra en lerabb (tabell 4), og fra en lågurtskog nært skogsgrensa ved veien mellom Tromsø og Vannøya (tabell 5). To ekstra fenofaser er inkludert ('musøre' - BBCH code 10 og '>90% bladfall' – BBCH code 98).

Tabell 4. Lerabb, Vannareid. Fenofaser på dvergbjørk

År	Knoppsprett	Musøre	Løvsprett	Utvokst blad	10% gult	50% gult	90% gult	>90% bladfall
2021					26.aug	1.sep	9.sep	25.sep
2022	30.mai	31.mai	1.juni	10.juni	21.aug	9.sep	15.sep	25.sep
2023	3.juni	10.juni	13.juni	26.juni	8.sep	20.sep	23.sep	1.okt

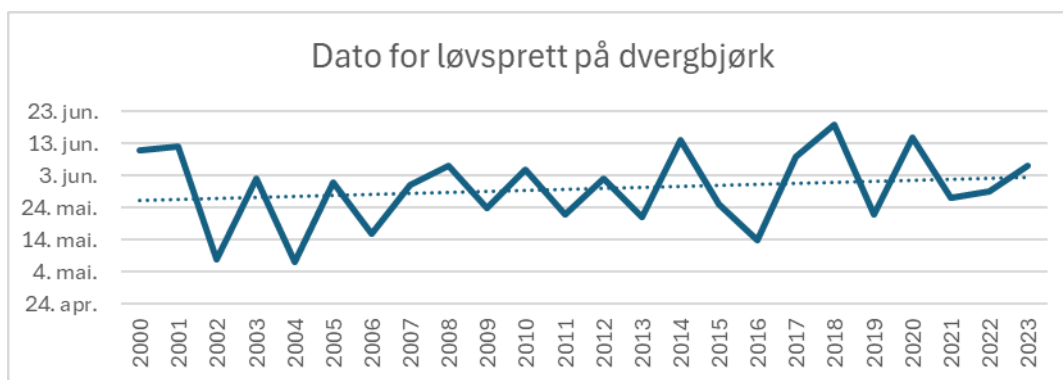
Tabell 5. Lågurtskog*). Futrikelv mellom Tromsø og Vannøya. Fenofaser på bjørk.

År	Knoppsprett	Musøre	Løvsprett	Utvokst blad	10% gult	50% gult	90% gult	>90% bladfall
2019	12.mai					12.sep		
2020	26.mai	31.mai	2.juni		15.sep.	24.sep.	30.sep	6.okt
2021	25.mai	30.mai	2.juni	10.juni	6.sep.	20.sep.	23.sep	27.sep.
2022	19.mai	22.mai	24.mai		6.sep	13.sep	19.sep	26.sep
2023	15.mai	21.mai	23.mai	15.juni	9.sep	21.sep	25.sep	1.okt

*Gloria fokuserer på fjell (over skogsgrensa) og rabb-snøleiegradienten, så vi legger ikke så mye vekt på observasjoner under skogsgrensa, men tar den med da det er observert i relaterte prosjekt.

Dvergbjørka på Vannareid hadde senere løvsprett enn året før, men alle høstfenofasene var også senere enn de to foregående år (tabell 4). På bjørk har det blitt observert i fem år (tabell 5) og viser tidlig knoppsprett, og at bare høsten 2020 hadde senere høstfenofaser.

I EU prosjektet ArcticHub (<https://projects.luke.fi/arctichubs/>) er MODIS satellittdata prosessert også for år 2023, og figur 7 viser start på vekstsesongen (definert som løvsprett på dvergbjørk) for ett område på Vannareid der det observeres på dvergbjørk. Satellittdataen viser at for 2023 var det syv dager senere løvsprett enn gjennomsnittet for 2000-2023 perioden.



Figur 7. Start på vekstsesongen, definert som løvsprett på dvergbjørk. Målt med tidsserie av MODIS satellittdata og gjelder et område på Vannareid på Vannøya, noe vest om Gloria fjellet Trolltinden.

4. Isbre

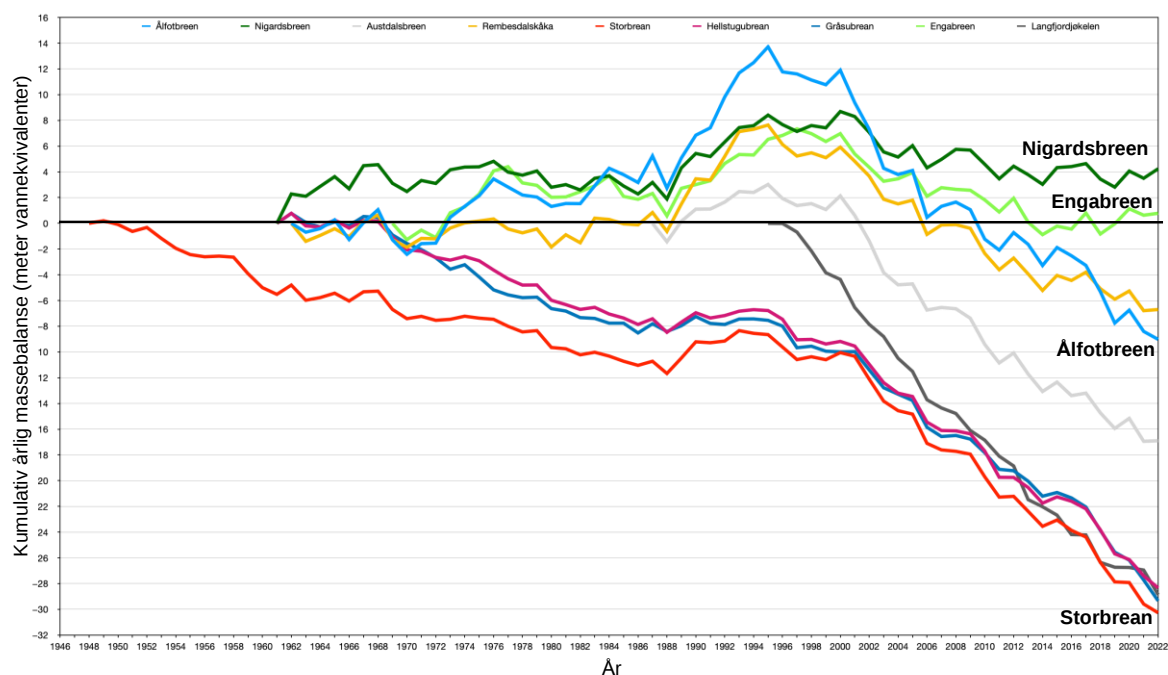
Massebalanse

I 2023 har NVE gjennomført massebalansemålinger på 9 breer i Norge (figur 8). I tillegg har det blitt utført massebalansemålinger på Juvfonne, som er en isfonn i Jotunheimen. Resultatene fra disse målingene vil foreligge hos NVE i løpet av 2024.



Figur 8. Lokalitetskart over breer med lange massebalanseserier (koordinater og observasjonsperiode i parentes): 1-Ålfotbreen, 61°45'N, 5°38'E (1963–), 2-Nigardsbreen, 61°42'N, 7°08'E (1962–), 3-Austdalsbreen, 61°45'N, 7°20'E (1988–), 4-Rembesdalskåka, 60°32'N, 7°22'E (1963–), 5-Storbreen, 61°34'N, 8°08'E (1949–), 6-Hellstugubreen, 61°34'N, 8°26'E (1962–), 7-Gråsubreen, 61°39'N, 8°37'E (1962–), 8-Engabreen, 61°45'N, 5°38'E, (1970–), 9-Langfjordjøkelen, 70°10'N, 21°45'E (1996–)

Data om årlige massebalansevariasjoner (vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse) har blitt oppdatert med resultatene fra målingene i 2022 for sju breer i Sør-Norge og to breer (Engabreen og Langfjordjøkelen) i Nord-Norge.

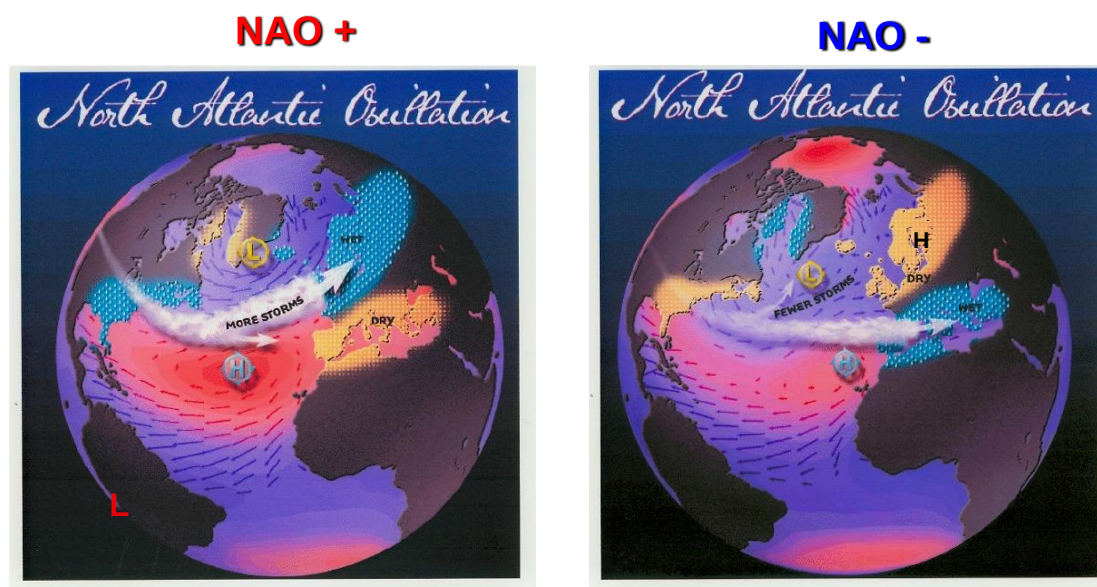


Figur 9. Kumulativ årlig (netto) massebalanse på noen norske breer 1946–2022
 (Data: <https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>)

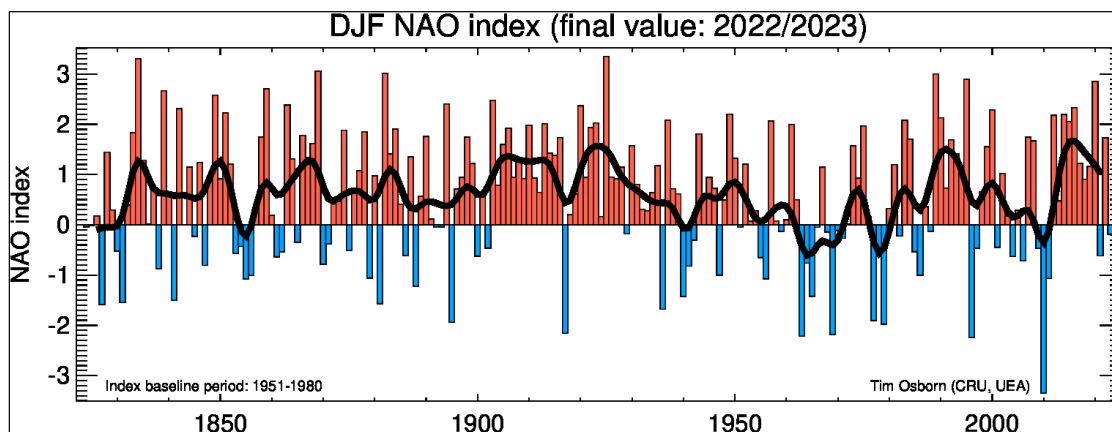
Disse dataene blir analysert, sammenstilt med tidligere målinger, og sammenlignet med ulike værparametre, som for eksempel vinternedbør og sommertemperatur, som er de to værparametrene som hovedsakelig er avgjørende for den årlige massebalansen. Den årlige massebalansen var relativt stabil for alle de målte breene fra målingene begynte tidlig på 1960-tallet og til slutten av 1980-tallet. På begynnelsen av 1990-tallet økte massen (volumet) på de kystnære (maritime) breene på grunn av mye vinternedbør og store snømengder. For de tre breene i Jotunheimen (Storbreen, Hellstugubreen og Gråsubreen) viser dataene at disse breene i all hovedsak hadde negativ massebalanse i hele perioden, bortsett fra et noe redusert massetap på 1990-tallet. Etter år 2000 har alle breene i Sør-Norge, og spesielt breene i Jotunheimen, fått redusert masse, i all hovedsak på grunn av økt smelting om sommeren som et resultat av høyere sommertemperaturer.

Massebalansen på norske isbreer og Den nord-atlantiske oscillasjonen

Variasjoner i bremassebalansen i Vest-Skandinavia i løpet av slutten av det tjuende og begynnelsen av det tjuenførste århundre har vært assosiert med variasjoner mellom år og tiår til Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO) i løpet av vintersesongen (figur 10 og 11).

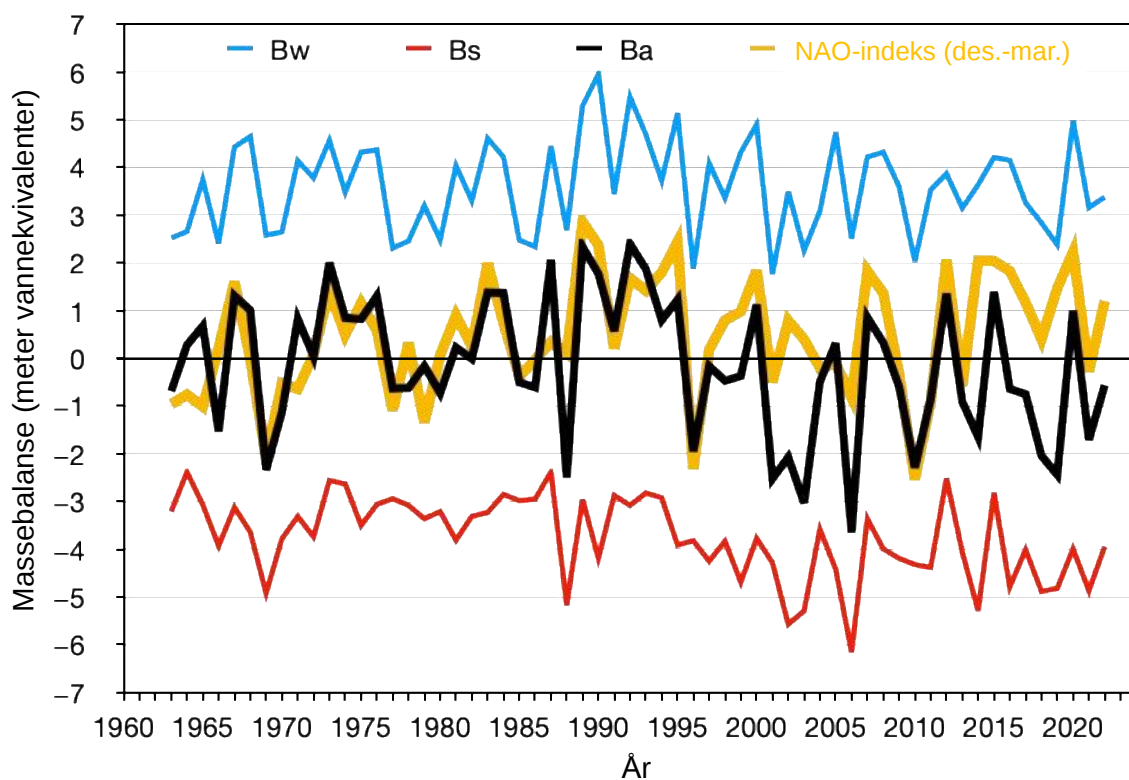


Figur 10. Kart som illustrerer to NAO-værsituasjoner (NAO = Den nord-atlantiske oscillasjonen, engelsk: 'North Atlantic Oscillation'): til venstre en positiv NAO-situasjon og til høyre en negativ NAO-situasjon. Illustrasjon: Martin Visbeck

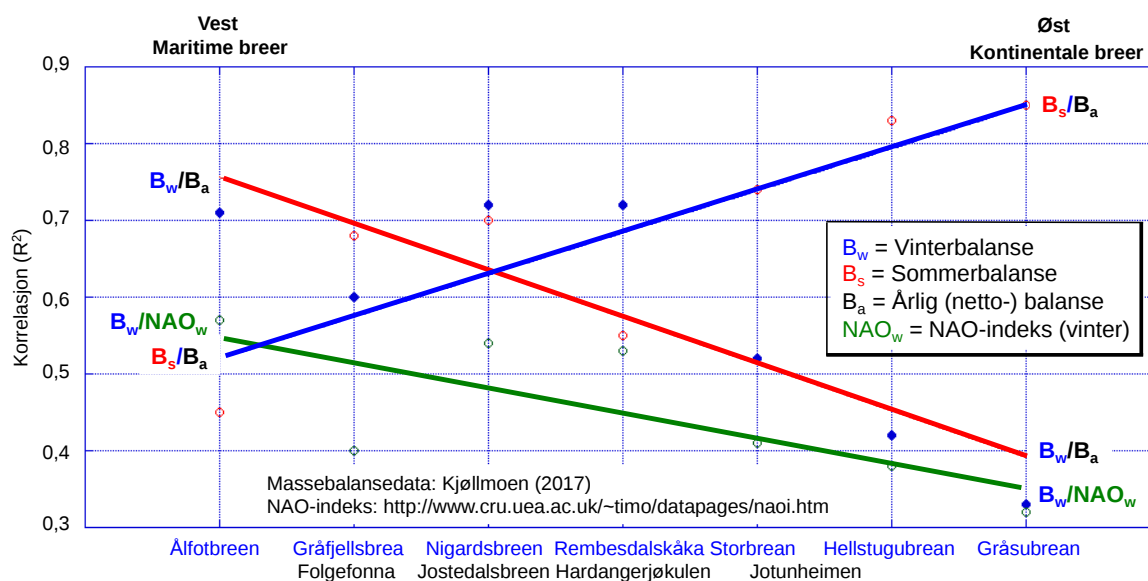


Figur 11. NAO-indeksen (gjennomsnitt for vintermånedene desember, januar og februar) for perioden 1823–2023. Kilde: Tim Osborn (CRU, UEA)

Vintre med positiv NAO-indeks gir over normale snømengder (vinterakkumulasjon/ vinterbalanse) på kystnære isbreer i Skandinavia, som f.eks. Ålfotbreen (figur 12). Hvis den følgende middeltemperaturen om sommeren er under normalen, gir dette vanligvis positiv årlig massebalanse på de maritime isbreene i Skandinavia. Negative NAO-indeksvintre etterfulgt av varme somre har derimot motsatt effekt på overflatens årlige massebalanse. En regresjonsanalyse mellom den spesifikke årlige balansen (Ba) og den spesifikke vinterbalansen (Bw)/sommerbalansen (Bs) på ti norske isbreer viser at Ba på de maritime isbreene stort sett er assosiert med Bw (vinterbalansen/akkumulasjon forbundet med NAO vinterindeks), mens den overflatespesifikke årlige massebalansen på de kontinentale isbreene for det meste kontrolleres av Bs (sommerbalanse/ablasjon) (Fig. 13).



Figur 12. Massebalansen på Ålfotbreen i ytre Nordfjord sammenlignet med NAO-indeksen. Data: Tim Osborn (CRU, UEA)



Figur 13. Korrelasjoner mellom vinterbalanse og årlig balanse, mellom vinterbalanse og NAO-indeksen, og mellom sommerbalanse og årlig balanse på noen utvalgte breer langs et vest-øst-transekt i Sør-Norge. Massebalansedata: Kjøllmoen (2023) NAO-indeks: <http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/datapages/naoi.htm>

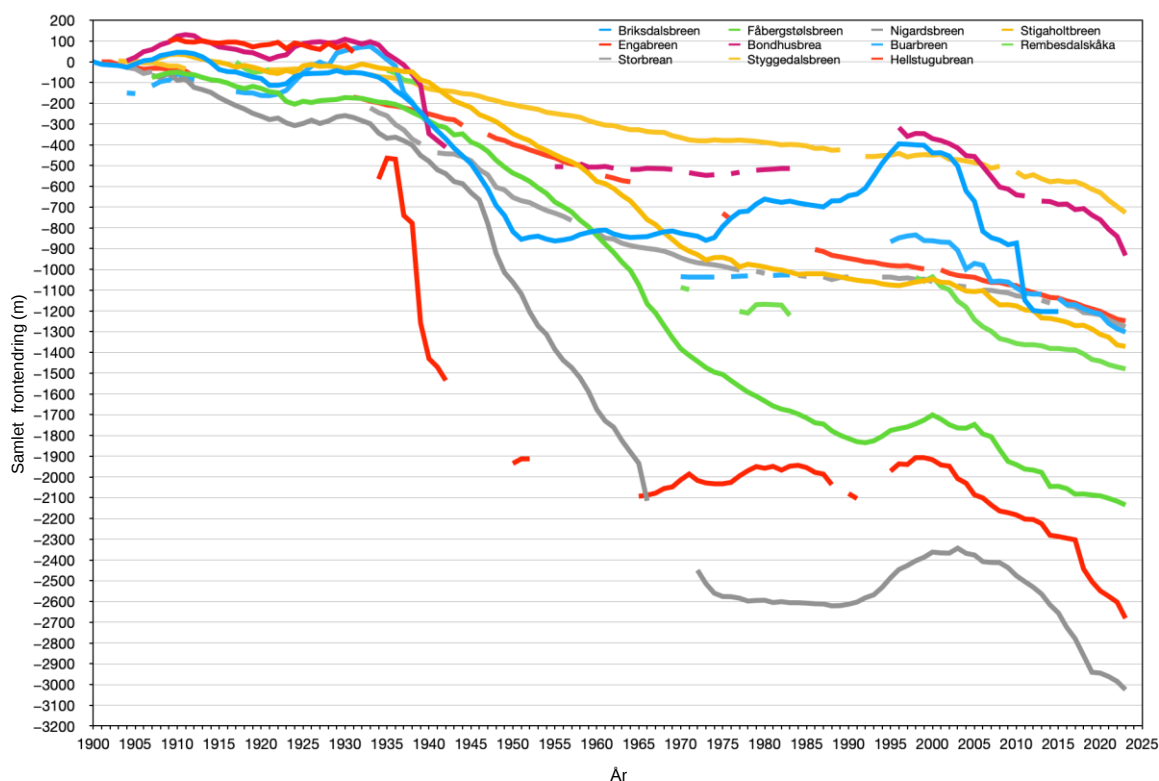
Brefrontendringer

Figur 14 viser et kart over 11 breer med lange frontmåleserier. Brefrontmålingene for 2023 har nettopp blitt gjennomført. Årlige frontmålinger blir utført i månedsskiftet september/oktober av flere observatører og målingene blir innrapportert til NVE og gjort tilgjengelige på NVEs hjemmeside (<https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>).



Figur 14. Lokalitetskart over elleve norske breer med lange frontmåleserier (observasjonsperiode i parentes): 1-Briksdalsbreen (1900–2015), 2-Nigardsbreen (1899–), 3-Fåbergstølsbreen (1899–), 4-Stigaholtbreen (1903–), 5-Rembesdalskåka (1917–), 6-Bondhusbrea (1902–), 7-Buarbreen (1900–), 8-Styggedalsbreen (1901–), 9-Storbreen (1902–), 10-Hellstugubreen (1901–), 11-Engabreen (1903–)

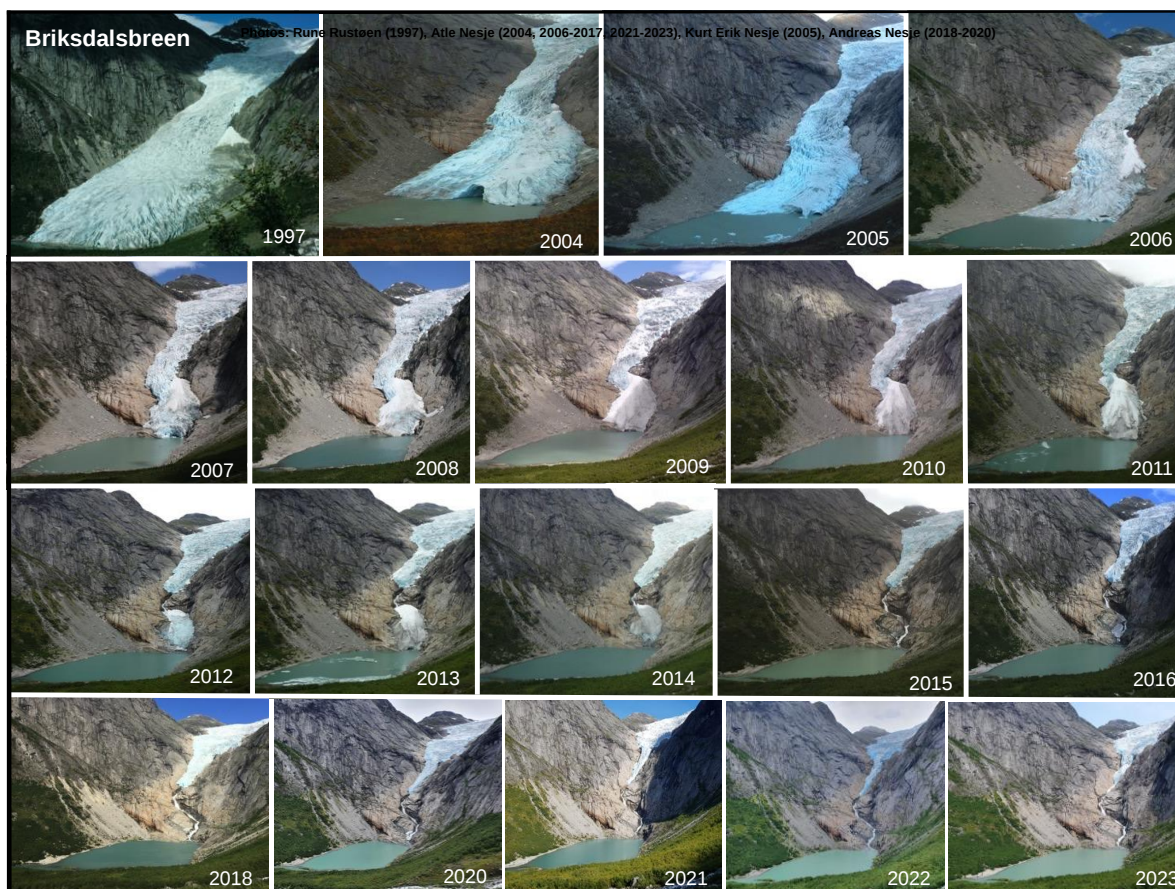
Figur 15 viser kumulative frontendringer til noen norske breer 1900–2023.



Figur 15. Kumulative frontendringer til noen norske breer 1900–2023 (Data: <https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>)

Brefrontenes posisjon endret seg relativt lite fra begynnelsen av 1900-tallet til ut på 1930-tallet, da en markert tilbakesmelting av flere brearmer satte inn (figur 15). På grunn av ulike reaksjonstider (korte og bratte breer har kortere reaksjonstid enn lange og slake breer) viser brefrontvariasjonene fra midten av 1900-tallet en noe forskjellig utvikling. Årene med positiv årlig balanse på 1990 tallet gav seg utslag i at fronten til flere av de målte kystnære breene rykket noe fram. Etter år 2000 har omtrent alle breene smeltet mye tilbake på grunn av negativ massebalanse (se over). Dataene inngår i NVEs årlige rapportserie «Glaciological investigations in Norway». NVE rapporterer dataene videre til 'Glacier Monitoring Service' som ligger i Zürich i Sveits. Disse dataene blir også benyttet i IPCCs 'Assessment Reports'.

Figur 16 viser en billedserie av Briksdalsbreen, en utløpsbre på vestsiden av Jostedalsbreen, mellom 1997 og 2023.



Figur 16. Billedserie av Briksdalsbreen, en utløpsbre på vestsiden av Jostedalsbreen, mellom 1997 og 2023. Navna på fotografene står øverst på figuren

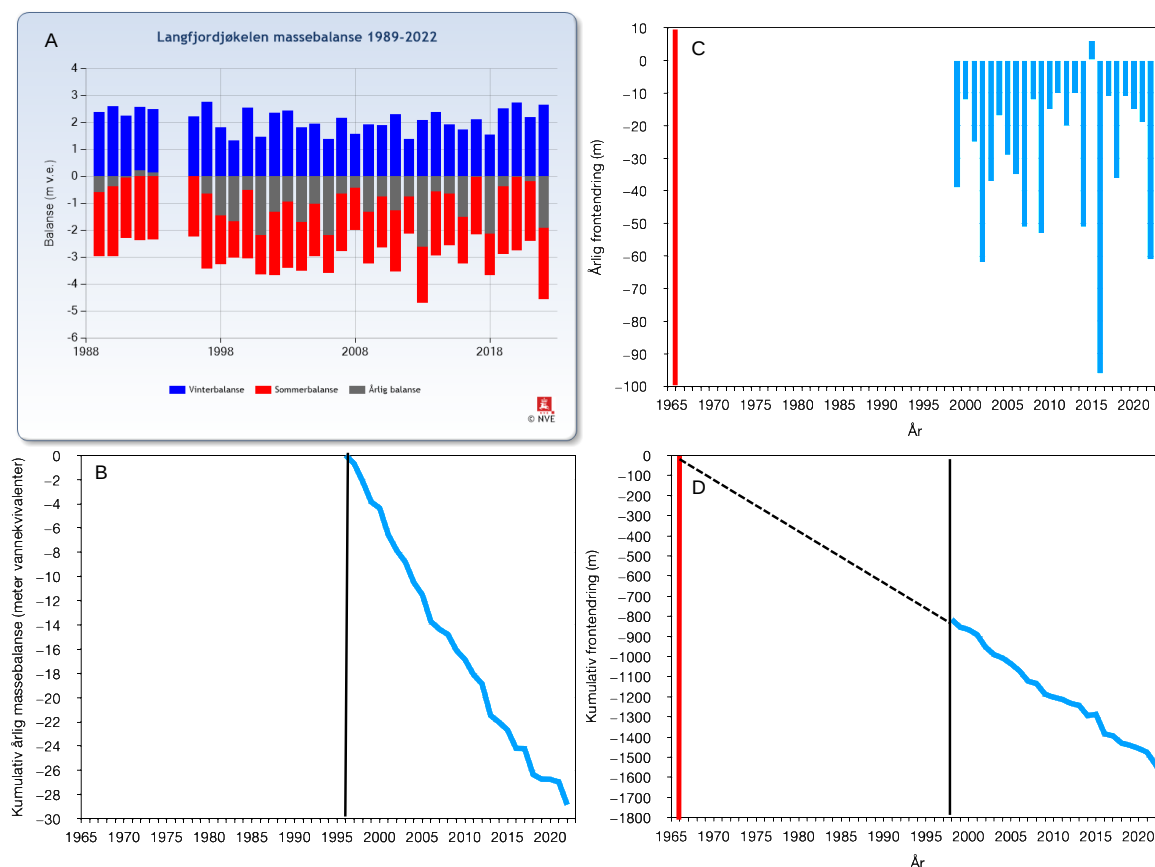
Langfjordjøkelen – massebalansevariasjoner og brefrontendringer

Langfjordjøkelen i vest Finnmark er litt vest om vegetasjonsanalysene på Gloria fjellet Trolltinden, og vekstsesong-observasjonene på Vannøya (figur 10). Fra Trolltinden har en flott utsikt til Langfjordjøkelen og til Vannareid, og klimaet er sammenlignbart i de tre områdene.



Figur 10. Nord-Troms. Lokaliseringen av Langfjordjøkelen i forhold til øvrige Gloria observasjoner.

Massebalansemålingene viser at breen mellom 1996 og 2022 mistet en masse tilsvarende et vannlag som er 28,86 m tykt. Frontmålingene viser at brefronten har smeltet tilbake 1602 m siden et fastmerke for brefrontmålinger ble etablert i 1966. Siden de årlige målingene startet i 1988, har brefronten smeltet tilbake hele 787 m (2023).

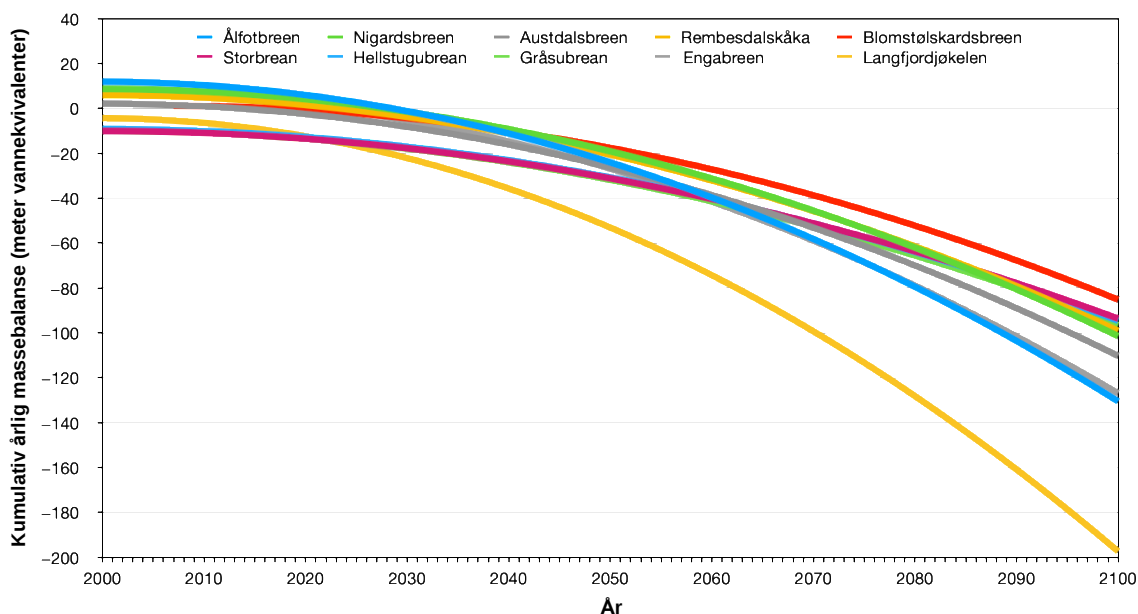


Figur 11. A) Vinterbalanse, sommerbalanse og årlig massebalanse på Langfjordjøkelen 1988–2022 (ingen målinger 1993–1995). Figur hentet fra: <https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>. B) Kumulativ årlig massebalanse på Langfjordjøkelen i perioden 1996–2022, C) Årlige frontendringer på Langfjordjøkelen i perioden 1998–2023. Et fastmerke for brefrontmålinger ble etablert i 1966 (vertikal rød strek). D) Kumulative frontendringer på Langfjordjøkelen i perioden 1998–2023 med utgangspunkt i fastmerket etablert i 1966 (vertikal rød strek). Bredata: <https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>

Simulering av hva som kan skje med isbreer i Norge frem mot slutten av det 21. århundre

Isbreer og iskapper i Norge gjennomgår for tiden massetap, arealreduksjon og tilbakesmelting av brefronter, hovedsakelig som følge av økt sommerablasjon på grunn av stigende sommer-temperaturer, spesielt etter år 2000. I en nylig publisert artikkel av Nesje (2023) er massebalanserresponsen til ti norske isbreer med kontinuerlige massebalanseobservasjoner (>10 år) på klimaprognoser fra 1971–2000 til 2071–2100 blitt estimert og evaluert. Estimerte endringer i gjennomsnittlig sommertemperatur og gjennomsnittlig vinternedbør fra 1971–2000 til 2071–2100, ved bruk av RCP8.5-utslippsscenarioet for fem ulike regioner i Norge; Vestlandet: Sogn og Fjordane og

Hordaland fylker), Østlandet (Oppland fylke), og Nord-Norge (Nordland og Finnmark fylker), varierer mellom henholdsvis +3,8 og +5,0°C, og mellom +9 og +24 %. Disse klimaprojeksjonene er konvertert (ved lineær regresjon med overlappende observasjonsdata) til overflatemassebalanse [vinterbalanse (Bw), sommerbalanse (Bs) og årlig balanse (Ba) for ti isbreer i Norge med massebalanseserier [Ålfotbreen, Nigardsbreen, Austdalsbreen, Rembesdalskåka, Blomstølskardsbreen, Storbreen, Hellstugubreen, Gråsubreen, Engabreen, Langfjordjøkelen (nve.no/bre)], som gir et totalt, kumulativt overflatemassetap fra år 2000 til 2100 til $-157,32 \pm 7,87$ m vannekvivalenter. De estimerte endringene i likevektslinjehøyde (ELA), brellengde, breareal og brevolum med de gitte klimascenarioene for de ulike regionene i Norge, indikerer at fem av de ti isbreene som er inkludert i denne studien [Ålfotbreen, Austdalsbreen (del av Jostedalsbreen), Rembesdalskåka (del av Hardangerjøkulen), Gråsubreen og Langfjordjøkelen] kan være fullstendig smeltet bort innen 2100. Den anslåtte bresmeltingen (figur 12) vil mest like få store konsekvenser for fremtidig brehydrologi, vannkraftproduksjon, dyreliv, økosystemer, brefarer og turisme



Figur 12. Fremtidig utvikling av den kumulative massebalansen på noen utvalgte norske breer med lange massebalanseserier basert på fremtidige scenarier for vinternedbør og sommertemperatur mot slutten av det 21. århundre (Data: Norsk klimaservicesenter). Etter: Nesje (2023)

5. Oppsummering

I det sydlige GLORIA-transektet ble fjelltoppen- og fjellskråningen på Stortussen/Snøtinden (mellom Molde og Kristiansund) reinventert for andre gang. Og endringer fra etableringen i 2009 til første reinventering i 2016 og til nå i 2023 ble analysert. Det ble ikke funnet noe større endringer eller mønstre i de få endringer observert. Nedbøren har økt betraktelig de siste 14 år, og ett området viser at spesielt heigråmosen hadde redusert dekning på grunn av vannerosjon.

Vekstsesongen ble overvåket med fenologikamera i sørlig og nordlig transekt. I sørlig transekt var starten på vekstsesongen i 2023 omtrent som gjennomsnittet for årene 2016 til 2023. For høstfenofasene var fasen '90 % gule blader' svært sen, med henholdsvis 25. september for dvergbjørk og 29. september for gråvier. Dette er det seneste som er observert i løpet av de siste ni år. For nordlig transekt så viser data fra time-laps kamera at det var noe senere start på vekstsesongen enn de foregående år, og satellittdata indikerer omkring 7 dager senere løvsprett på dvergbjørk sammenlignet med gjennomsnittet for 2000–2023 perioden. Fenologikameraene fra de siste 5 år indikere at bare år 2020 hadde senere høstfenofaser enn 2023.

For isbreer er det presentert massebalansemålinger for 10 breer og brefrontendringer for 11 breer. Målingene inkluderer i år Langfjordjøkelen lengst vest i Finnmark, og som er nært Gloria fjellet på Arnøya og fenologiobservasjonene på Vannøya. Endringene av massebalansen er analysert mot NAO-indeksen, og det er simulert hva som skjer med isbreer fram mot slutten av århundret.

6. 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*. Volumes 599–600, 1 December 2017, Pages 1965–1976. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.050>.
- 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. (red.) (2015). *Naturindeks for Norge 2015. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold*. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M441/M441.pdf>.
- Framstad, E., Eide, N.E., Eide, W., Klanderud, K., Kolstad, A., Töpper, J. & Vandvik, V. (2022). *Vurdering av økologisk tilstand for fjell i Norge i 2021*. NINA Rapport 2050. Norsk institutt for naturforskning. <https://hdl.handle.net/11250/2835387>.
- 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.
- 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., S. Wehn, P. Vesterbukt & A. Nesje. (2020). *GLORIA Norge 2019. Overvåkning av vegetasjon, vekstsesong og bremåling*. NORCE Klima, rapport 2-2021. Miljødirektoratet M-2047/2021. 29 s. <https://hdl.handle.net/11250/2658588>.
- Karlsen, S.R., S. Wehn, P., Nilsen, L. & J. I. Holten. (2021). *GLORIA Norge 2020. Overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NORCE Klima, rapport 4-2020. Miljødirektoratet M-1708/2020. 30 s. <https://hdl.handle.net/11250/2832690>.
- Karlsen, S.R., S. Lundemo. (2022). *Overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NORCE Klima og miljø, rapport 6-2022. Miljødirektoratet M-2265 | 2022. 23 sider. <https://hdl.handle.net/11250/2991147>.

- Karlsen, S.R., S. Wehn, K. Isaksen & A. Nesje. (2023). *GLORIA Norge 2022. Overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NORCE Klima og miljø, rapport 5-2023. Miljødirektoratet M-2527/2023. <https://hdl.handle.net/11250/3063765>.
- Kjøllmoen, B. (red.) (2023). *Glaciological investigations in Norway 2022*. NVE Rapport nr. 23/2023. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022_27.pdf.
- 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.
- Meier, U. (Ed.). (2018). BBCH-Monograph. *Growth Stages of mono- and dicotyledonous plants*. Julius Kühn-Institut, Quedlinburg. 204 pp.
- Miljødirektoratet (2024). *Kartleggingsinstruks – Kartlegging av terrestriske naturtyper etter NiN2*. M 2209. 41 sider.
- 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.
- Nesje, A. (2023). Future state of Norwegian glaciers: Estimating glacier mass balance and equilibrium line responses to projected 21st century climate change. *The Holocene*, <https://doi.org/10.1177/095968362311830>.
- 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*. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M441/M441.pdf>.
- 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.
- 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., 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. <http://hdl.handle.net/11250/2459684>.
- Wehn, S. Karlsen, S.R., Vesterbukt, P. & Holten, J.I. (2017). *GLORIA Norge 2016 – overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NIBIO RAPPORT 3(84) 2017. <http://hdl.handle.net/11250/2447041>.
- Wehn, S., & Karlsen, S.R. (2018). *GLORIA Norge 2017 – overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NIBIO rapport 4(107) 2018. <http://hdl.handle.net/11250/2563919>.
- Wehn, S., Karlsen, S.R. Carlsen, T.H., & Vesterbukt, P. (2019). *GLORIA Norge 2018–overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NIBIO rapport 5(76) 2019. <http://hdl.handle.net/11250/2600285>.

Vedlegg

Registreringer i fastruter (makroruter på 10 x 10 m og mikroruter på 1 x 1 m) i Stortussen/Snøtinden i 2023. Viser noen kommentarer om endringer og merking av rutene.

Makro-rute	Registrert i makrorute	Mikro-rute*	Registrert i mikro-ruter	Kommentar
1	Abundanse	1-4		Merkepinner ble ikke gjenfunnet, derfor er det noe usikkerhet forbundet med registreringene i fastflata. Fastrutene ble ikke reinventert
2		21-24		Flata ble ikke gjenfunnet og ingen registreringer ble gjort. Derfor ble denne flata utelatt i endringsanalysen.
3	Abundanse	17-20	Dekning og frekvens	Oppdaterte merking.
4	Abundanse	25-28	Dekning	Oppdatert merking i hjørnet nederst mot venstre (LL (lower left) koordinat). Mye sauebeite
5	Abundanse			Oppdatert merking av LL koordinat.
6	Abundanse			Merkepinner ble ikke gjenfunnet, derfor er det noe usikkerhet forbundet med registreringene, men inkludert i analysene.
7	Abundanse			Oppdatert merking av LL koordinat. Mye vannerosjon på heigråmose, og rogn er utgått.
8	Abundanse			Da registreringer er gjort på forskjellig tid i sesongen kan dette skyldes de forskjellene man så på dekning av gjøkesyre, nikkevintergrønn og tyttebær (mindre dekning i 2023 sammenlignet med i 2009). Grunnen til at marimjelle ikke ble observert i 2016 kan være fordi den da var visnet ned, dvs. observert endring kan skyldes fenologi. Flata ble ikke gjenfunnet i 2016, derfor ble denne flata utelatt i endringsanalysen
9	Abundanse			
10	Abundanse			Oppdatert merking av LL koordinat. Rogn og skogstjerne er utgått. Storbjørneskjegg er trolig oversett i 2016. I analysene har vi derfor satt abundanse i 2016 likt 2009 og 2023.
11	Abundanse			Bjørk hadde svært høy abundanse både i 2009 og 2024, men ble ikke registrert i 2016. Vi antar at dette må være feil. I analysene har vi derfor satt abundanse i 2016 likt 2009 og 2023.
12	Abundanse			Merkepinner ble ikke gjenfunnet, derfor er det noe usikkerhet forbundet med registreringene.
13	Abundanse			
14	Abundanse			
15	Abundanse			Oppdatert merking av LL koordinat.
16	Abundanse			Oppdatert merking av LL koordinat.
17		9-12	Dekning og frekvens	Litt tidlig på sesongen / mistanke om at to ruter ble forveksla i 2016, derfor ble det analysert kun opp mot 2009.
18		13-16	Dekning og frekvens	Data er samla, men noe usikkerhet i lokalisering – må merkes bedre merket ved neste omdrev.
19		5-8	Dekning og frekvens	

*Makrorute uten mikroruter er ikke med i tabellen.