



Klimaendringar i fortid, notid og framtid - årsaker og effektar

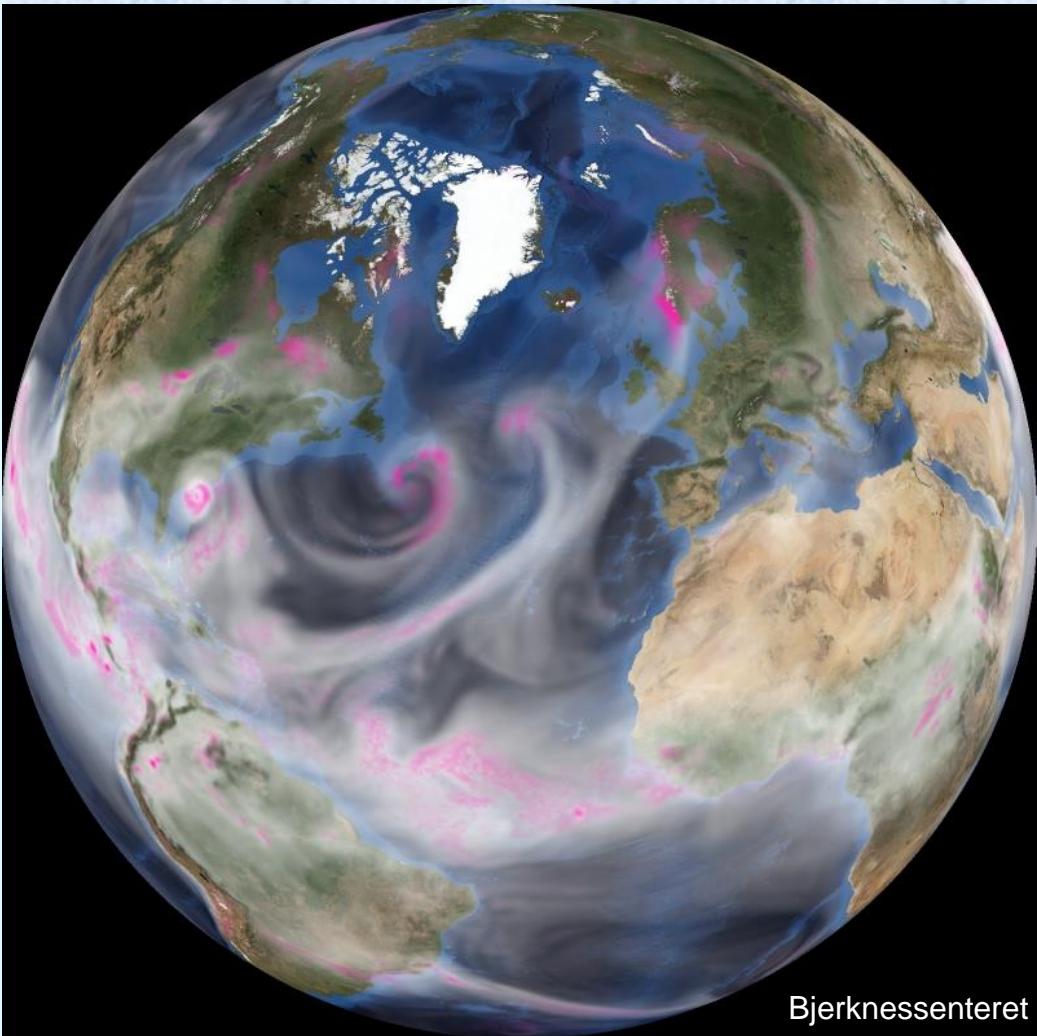
Atle Nesje

Institutt for geovitenskap, Universitetet i Bergen
Uni Research Klima
Bjerknessenteret for klimaforskning i Bergen

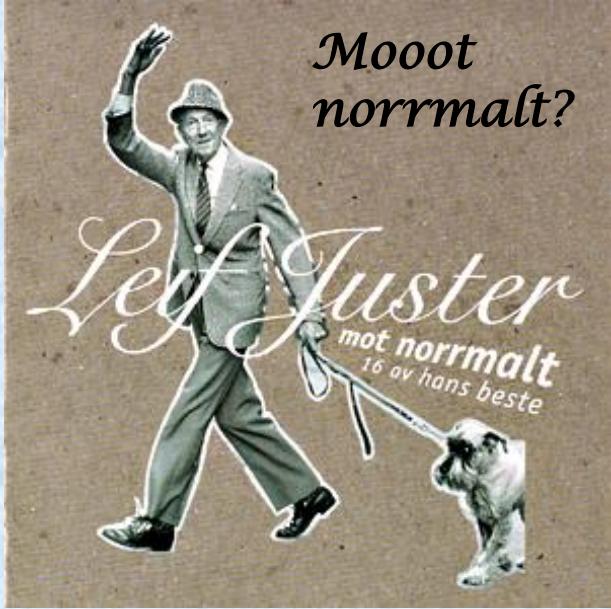
(atle.nesje@uib.no)

Innhold

- Vær og klima
- Istider og mellomistider
- Klimautviklinga globalt
- Klimautviklinga i Trøndelag
- Temperatur
- Nedbør
- Ekstremvær
- Utviklinga til norske isbrear
- Havnivå

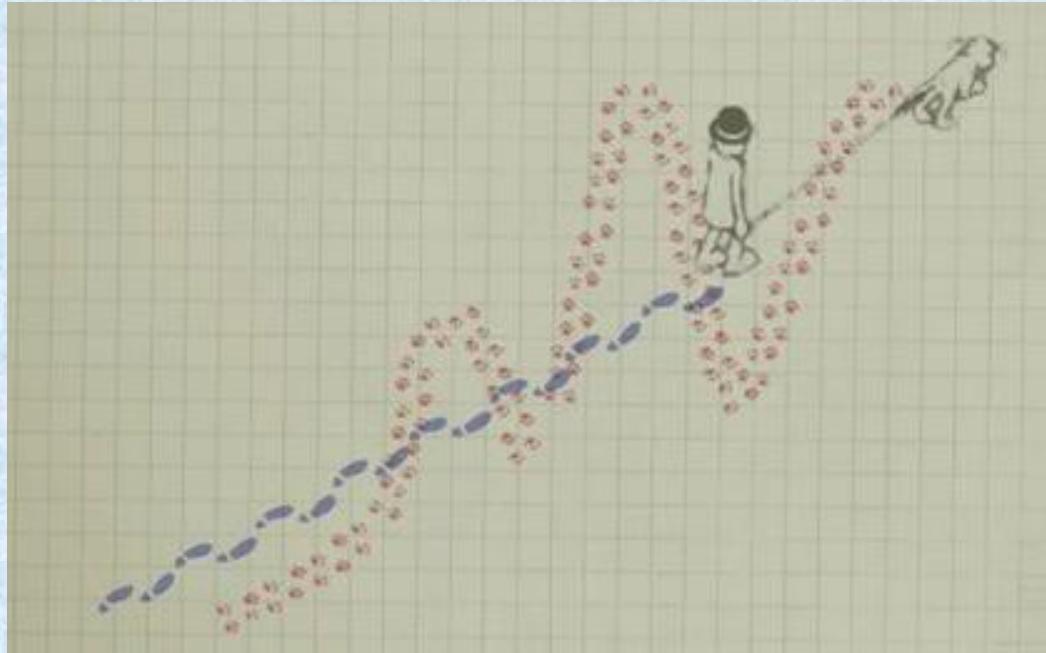


Bjerknessenteret

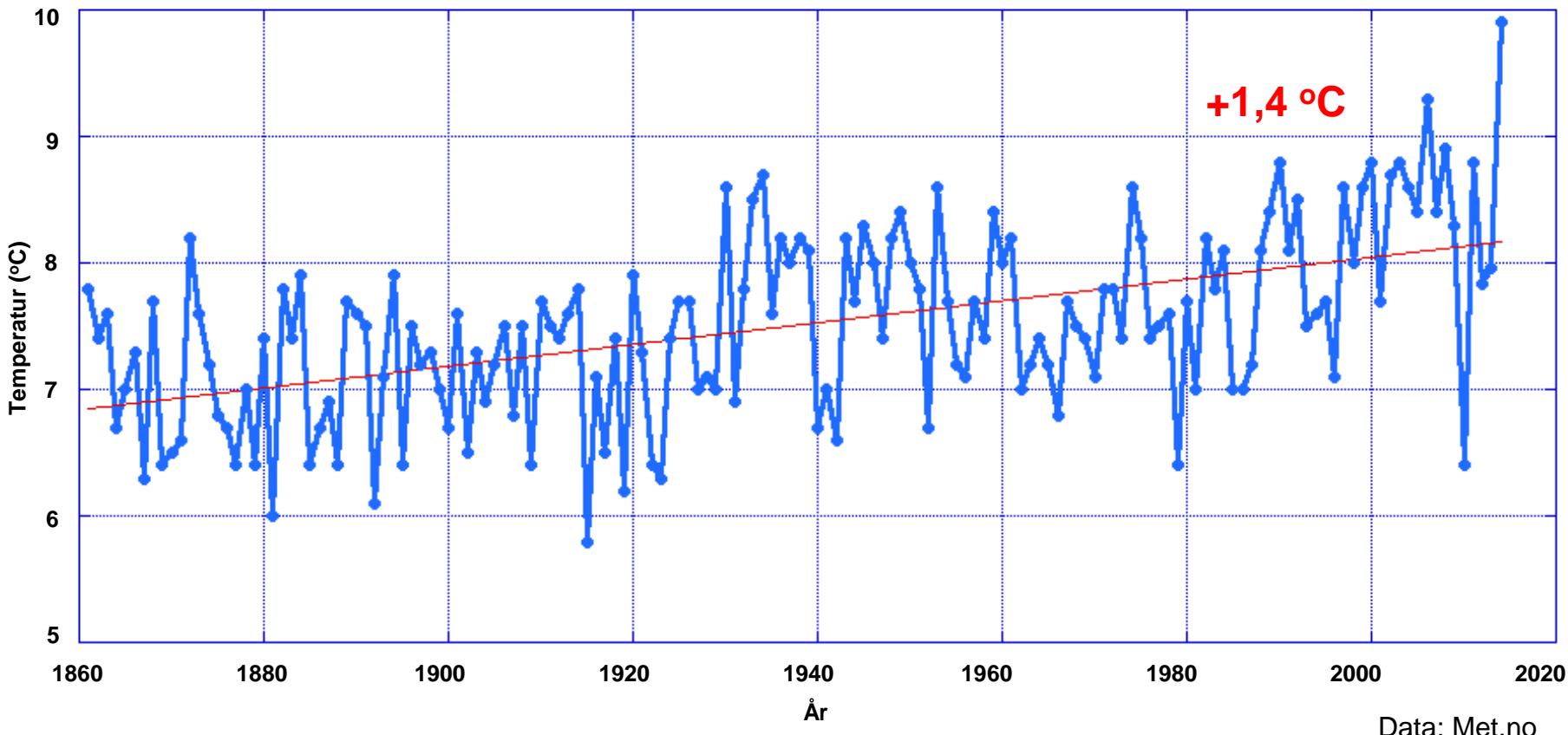


Vær - klima?

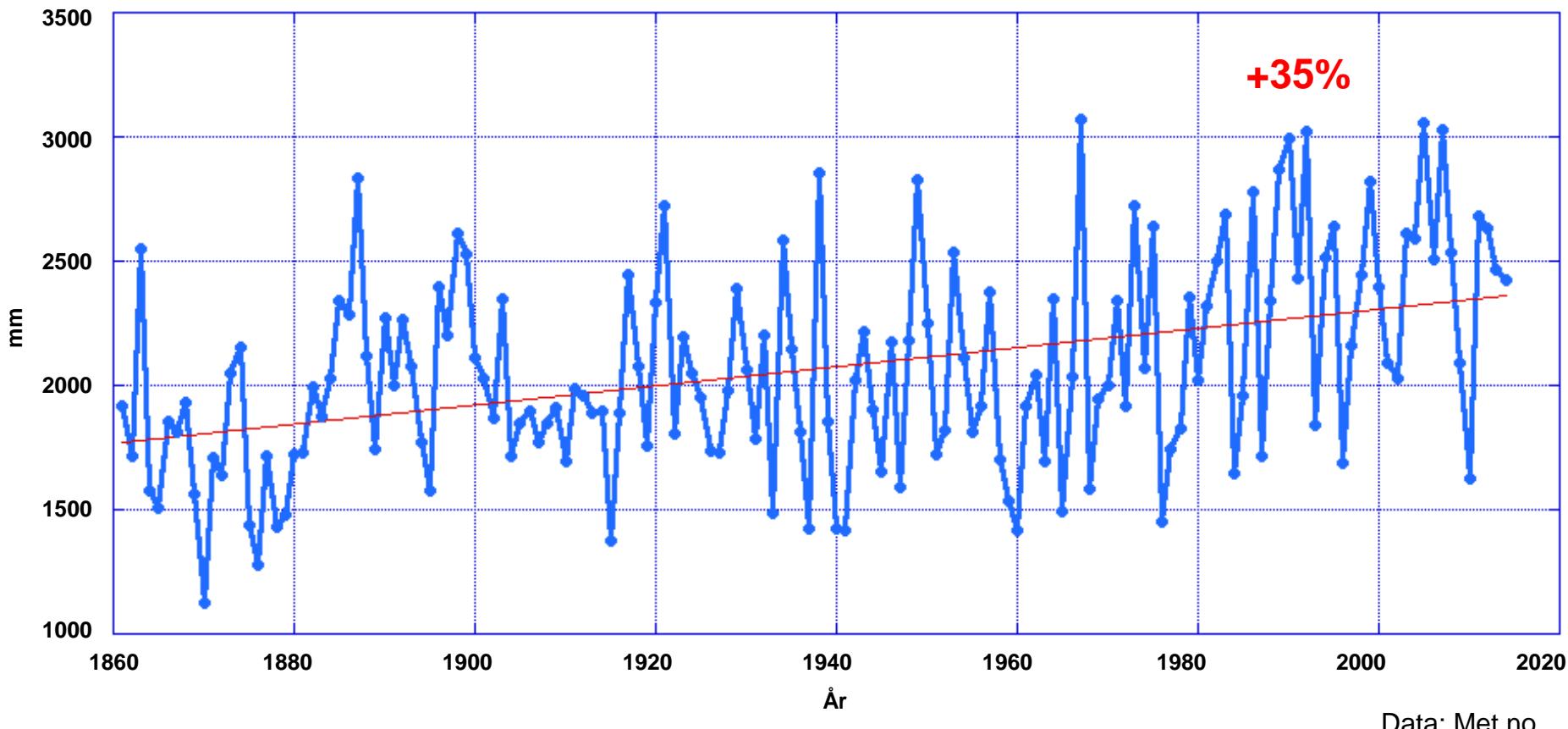
- Klima: Gjennomsnittet av ulike meteorologiske variablar i ein region over ein lengre tidsperiode (vanlegvis 30 år) (WMO)
- Dagens standard normalperiode 1961-1990
- Instrumentelle værdata går tilbake til om lag 1860



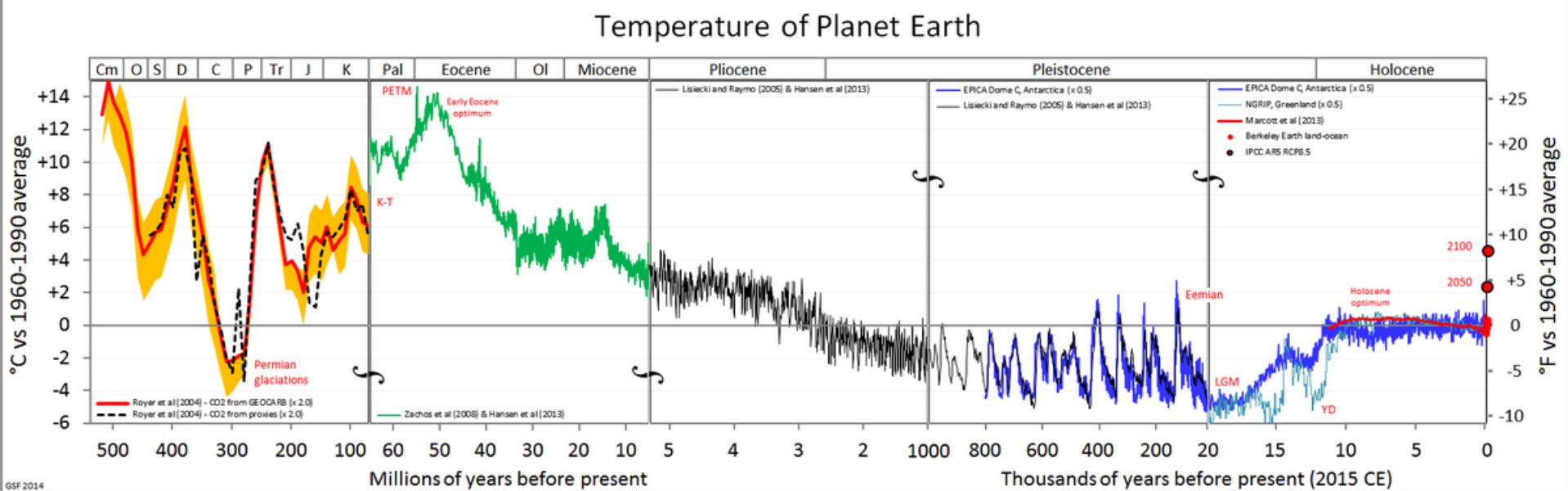
Bergen årsmiddeltemperatur 1861-2014



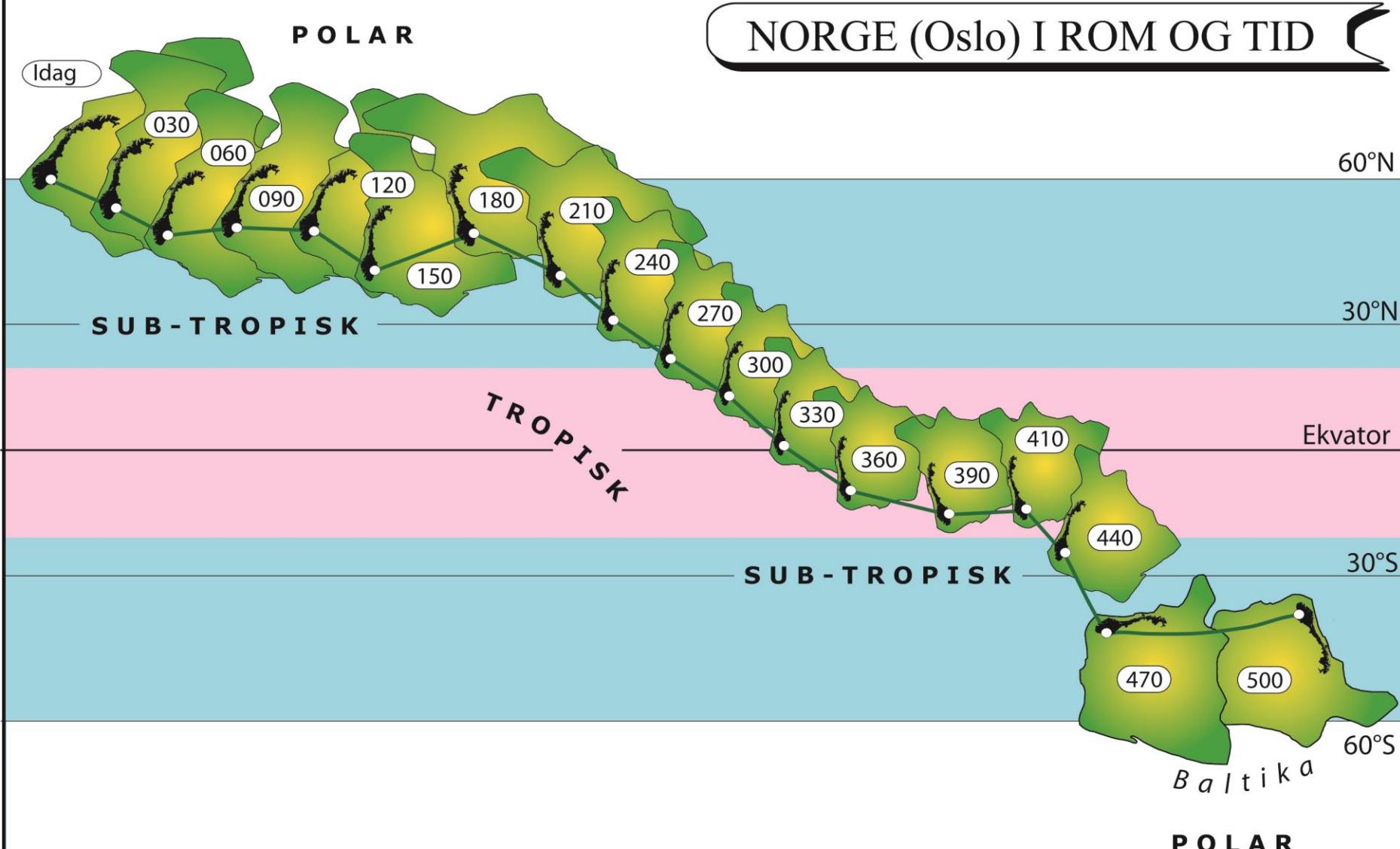
Bergen årleg nedbør 1861-2014



Temperaturen på jorda har alltid vore i endring

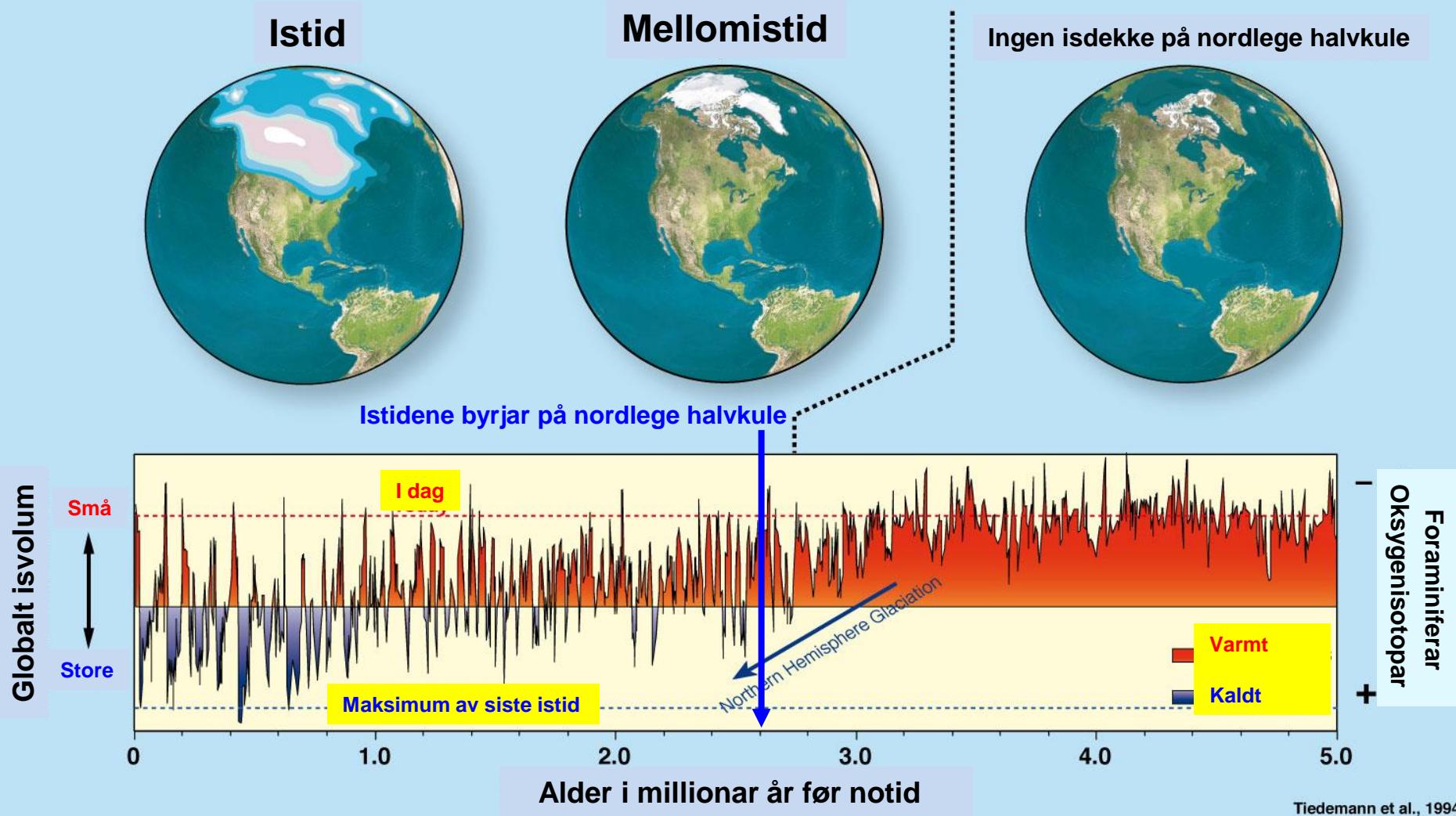


NORGE (Oslo) I ROM OG TID



Figur: Reidar Müller

40-50 istider og mellomistider dei siste 2,6 millionar år



Dagens landskap – resultat av 40-50 istider

Trondheim

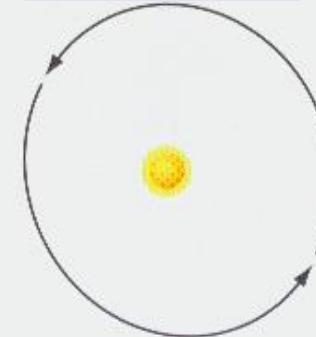
Image IBCAO
Image Landsat
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google earth

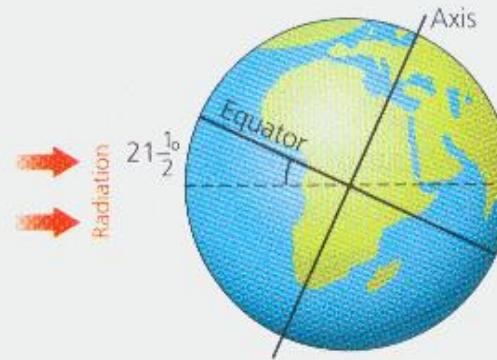
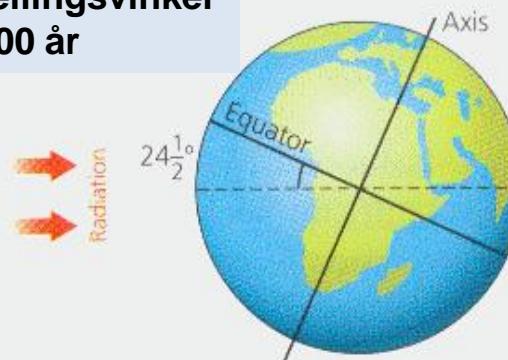
A) Eksentrisitet
Periodisitet 100.000 år



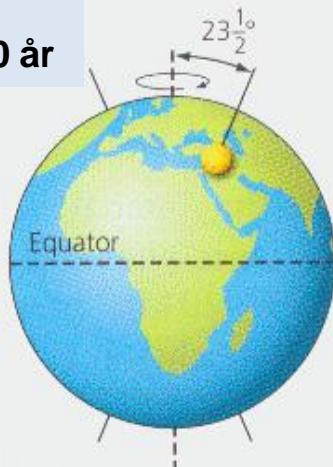
Mindre elliptisk



B) Jordaksen sin hellingsvinkel
Periodisitet 41.000 år



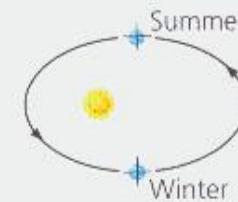
C) Presesjon (når på året jorda er nærmest sola)
Periodisitet ca. 19.000/23.000 år



(i) Now



(ii) In c. 5,250 yr



(iii) In c. 10,500 yr



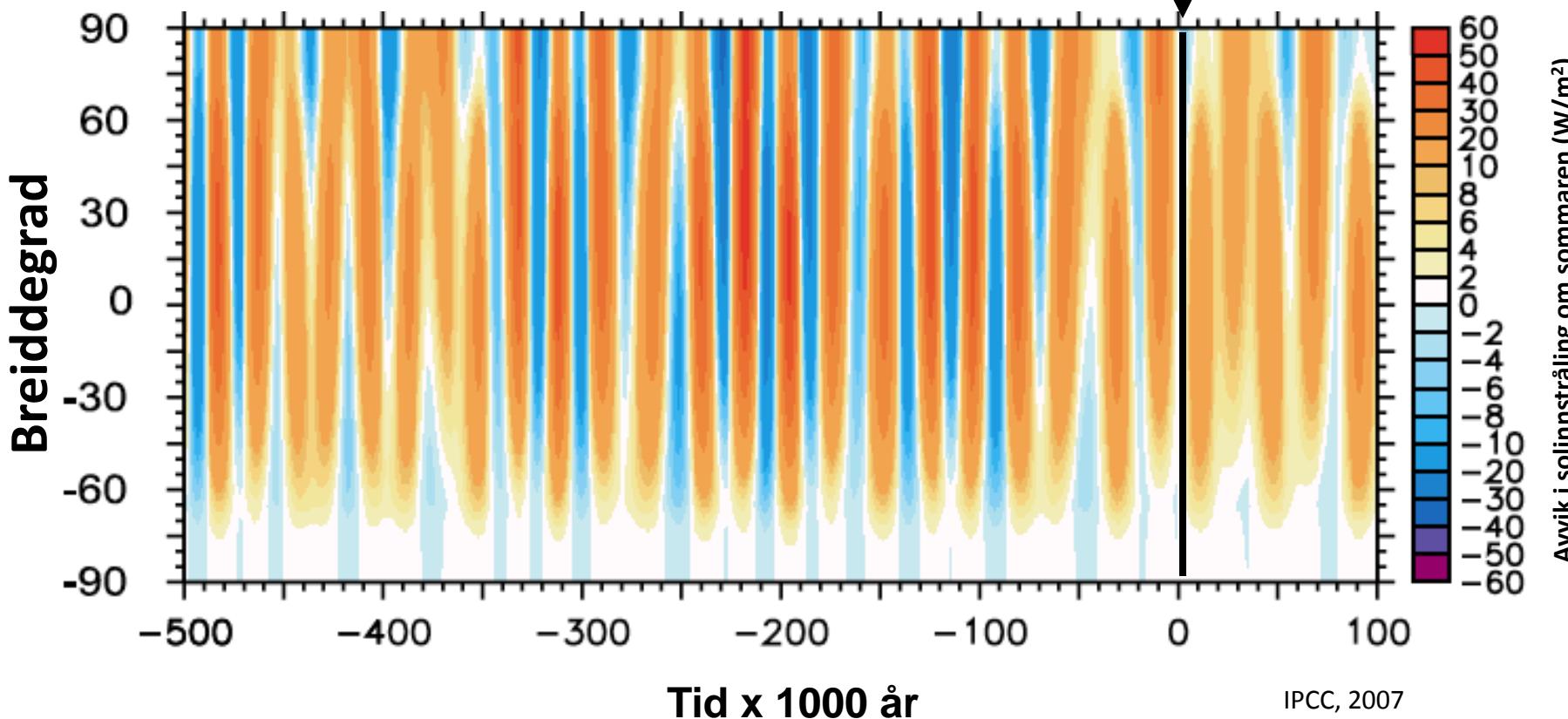
Etter Lowe og Walker (1997)

Variasjonar i solinnstråling

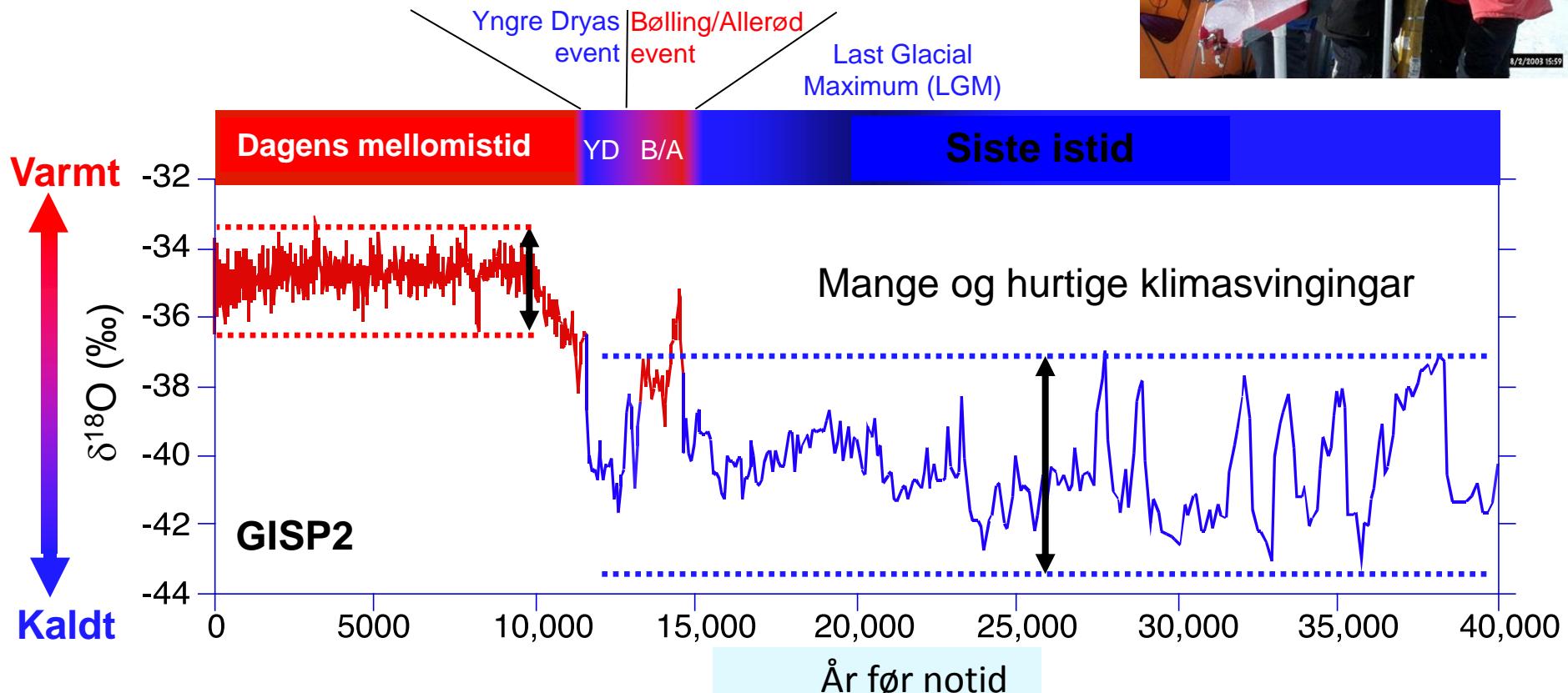
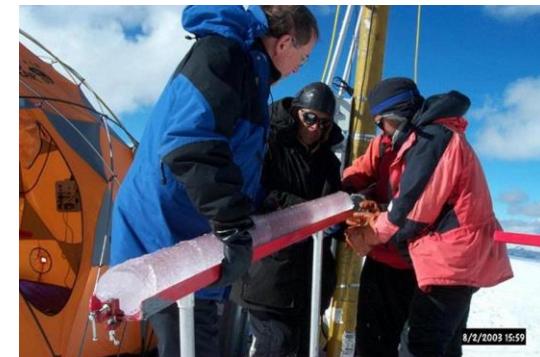
I dag

Fortid

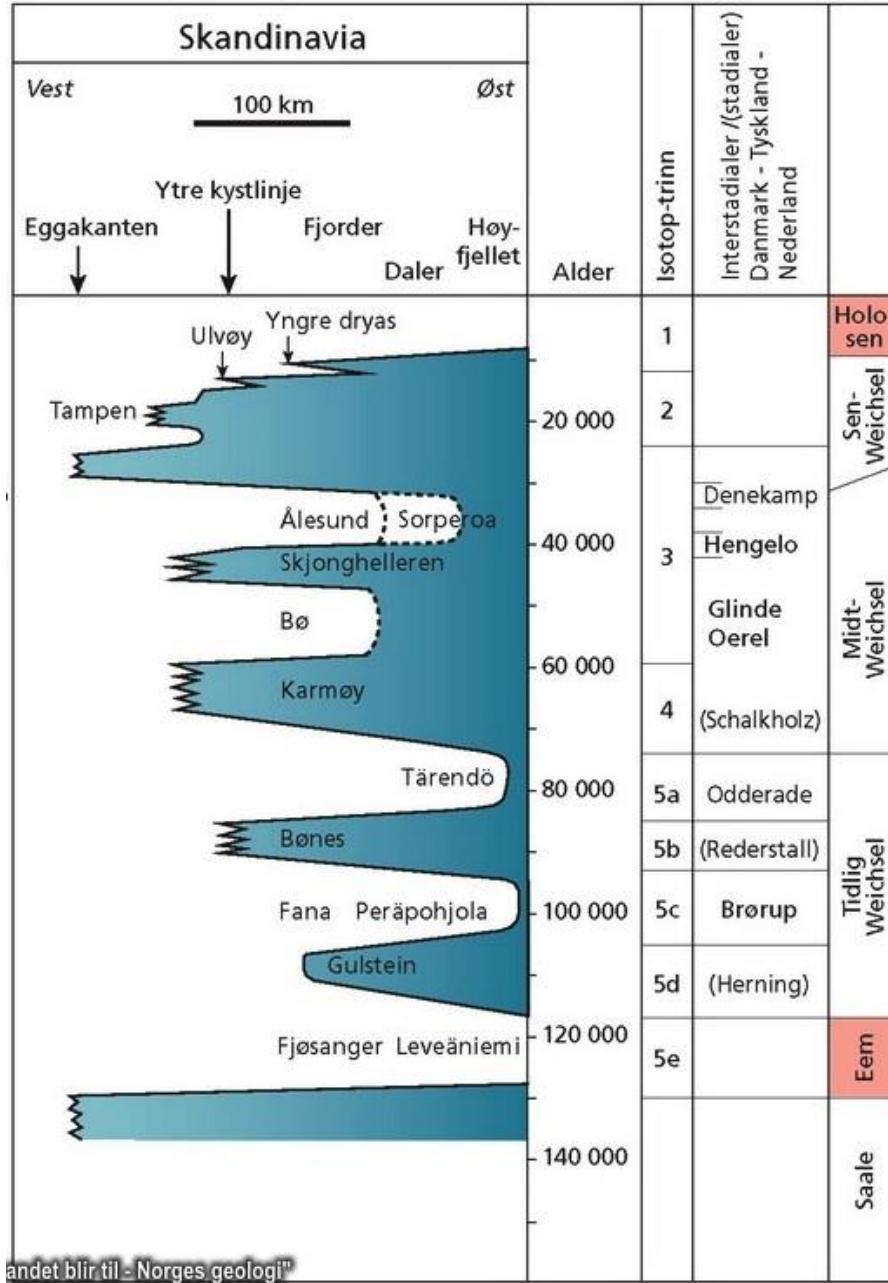
Framtid



Iskjernedata fra Grønland



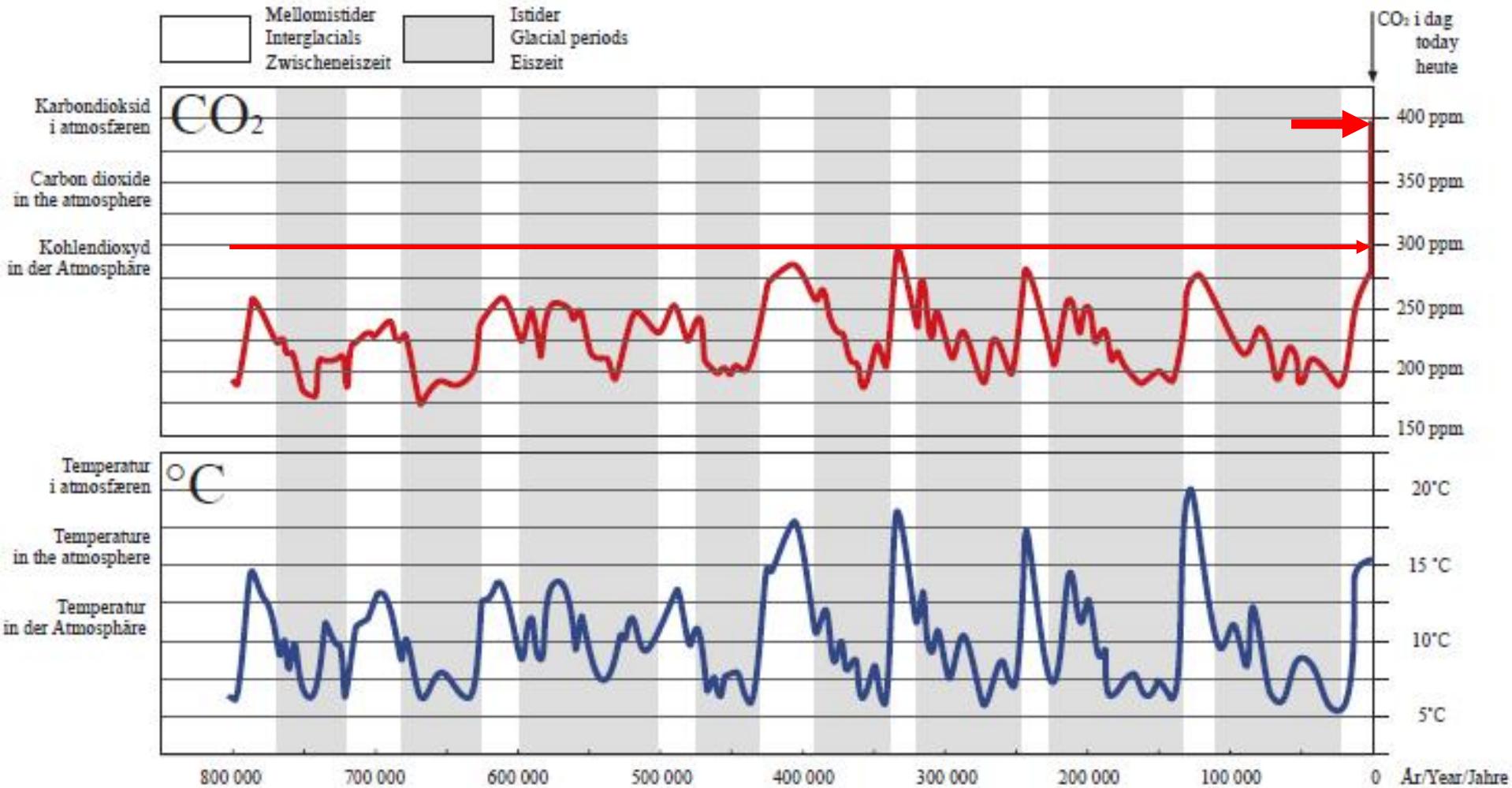
GISP2 ice core data source: Grootes et al., 1993, Nature 366: 552-554; Stuiver et al., 1995, Quat. Res. 44: 341-354; Meese et al, 1994. CRREL Spec. Rep. 94-1.



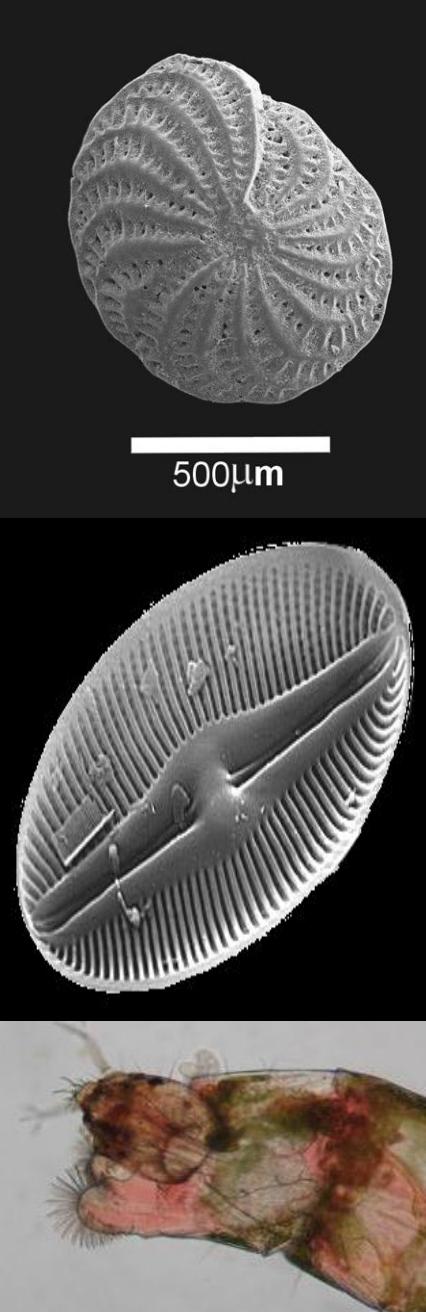
Fra 'Landet blir til', Ramberg et al. 2006.



Foto: NorthGRIP

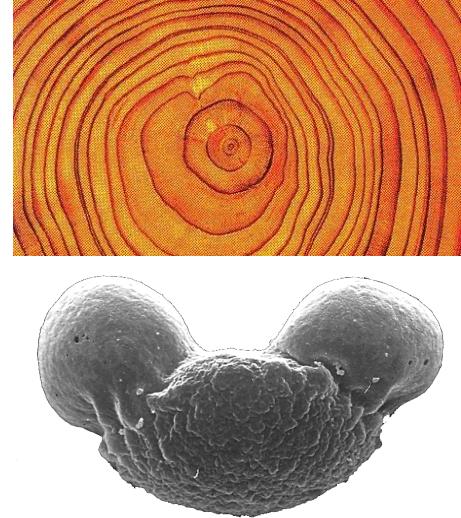


Figuren viser korleis CO₂-konsentrasjon i atmosfæren og global lufttemperatur har variert dei siste 800 000 åra. Resultata er funne etter undersøking av iskjernar henta i Antarktis. Figuren er modifisert etter Lüthi m.fl. (2008) av Norsk Bremuseum.



Korleis var klimaet i forhistorisk tid?

Indirekte (proksy) data





**6000-9000 år gamle
furustokkar funne
over dagens furu-
skogsgrense**

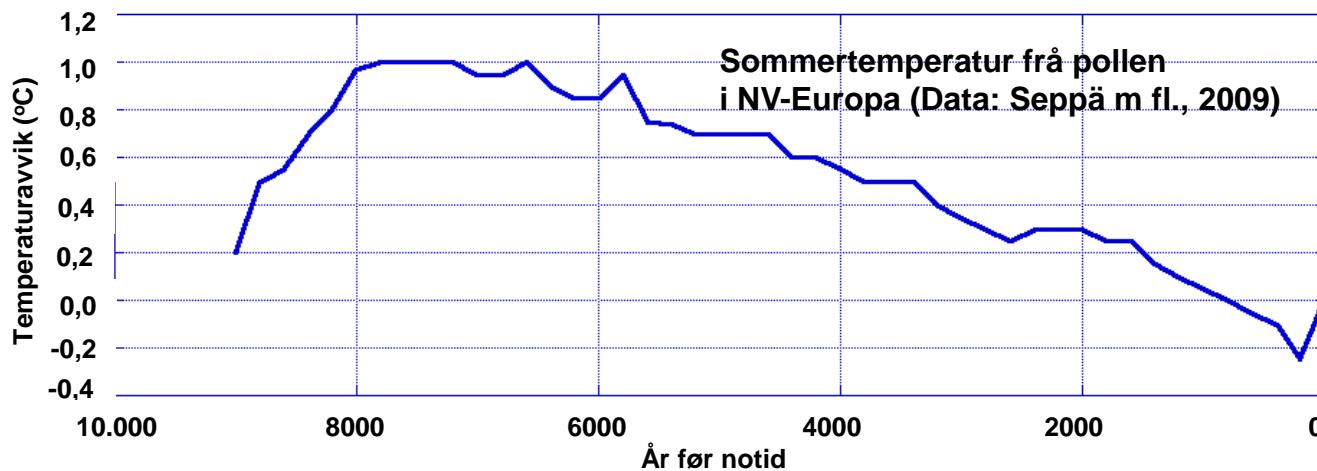
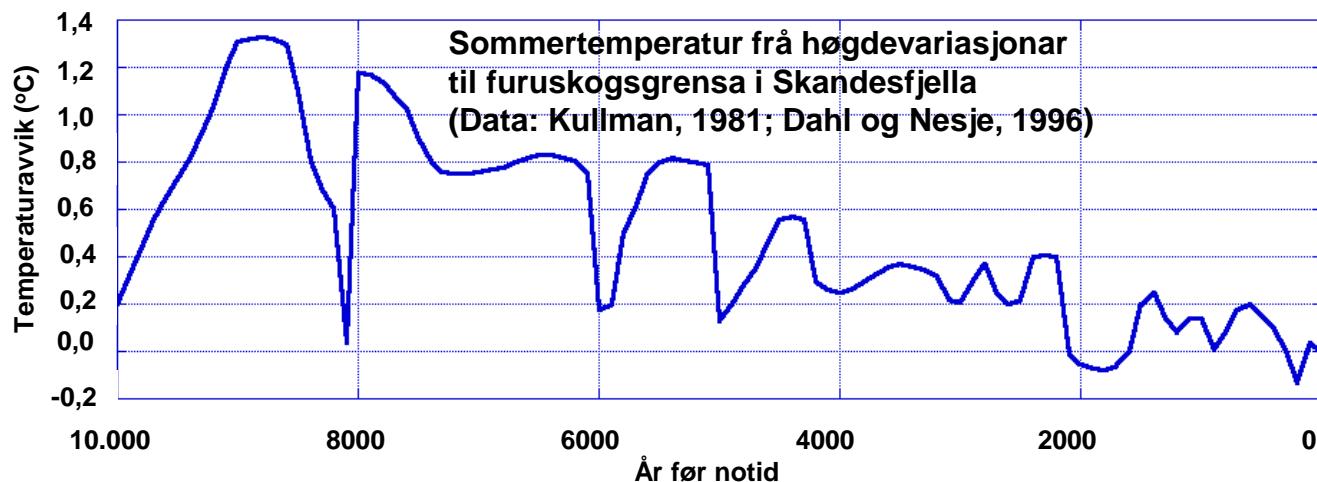


Foto: Terje Thun

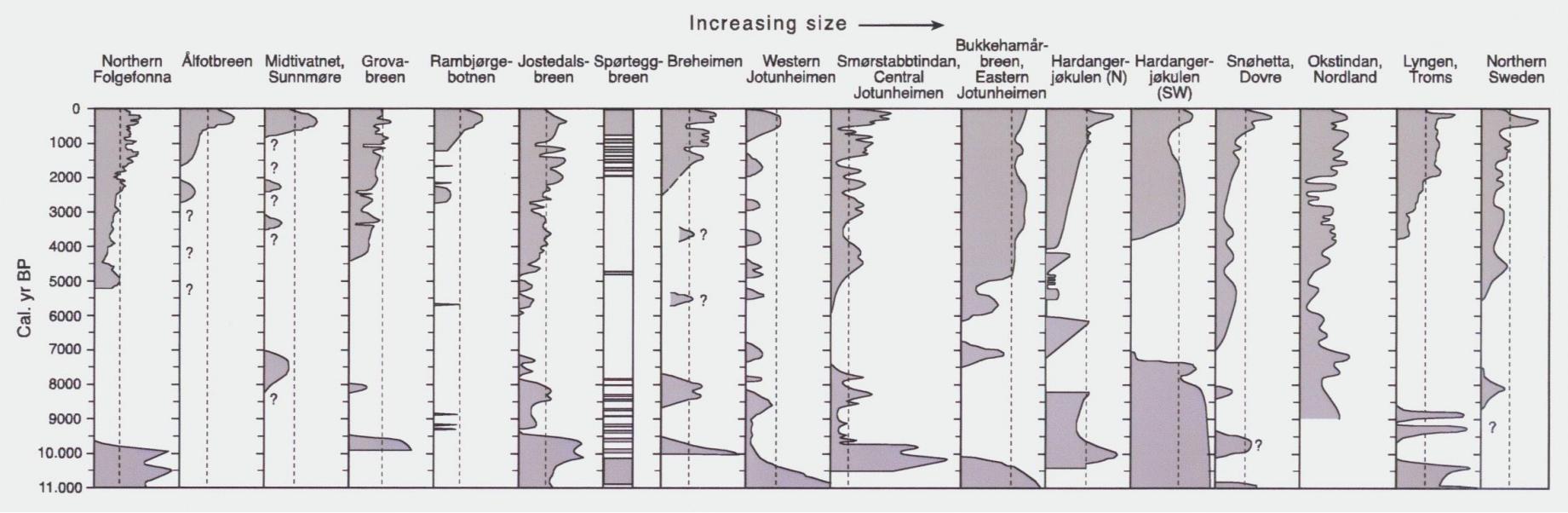
Briksdalsbreen



Foto: Atle Nesje



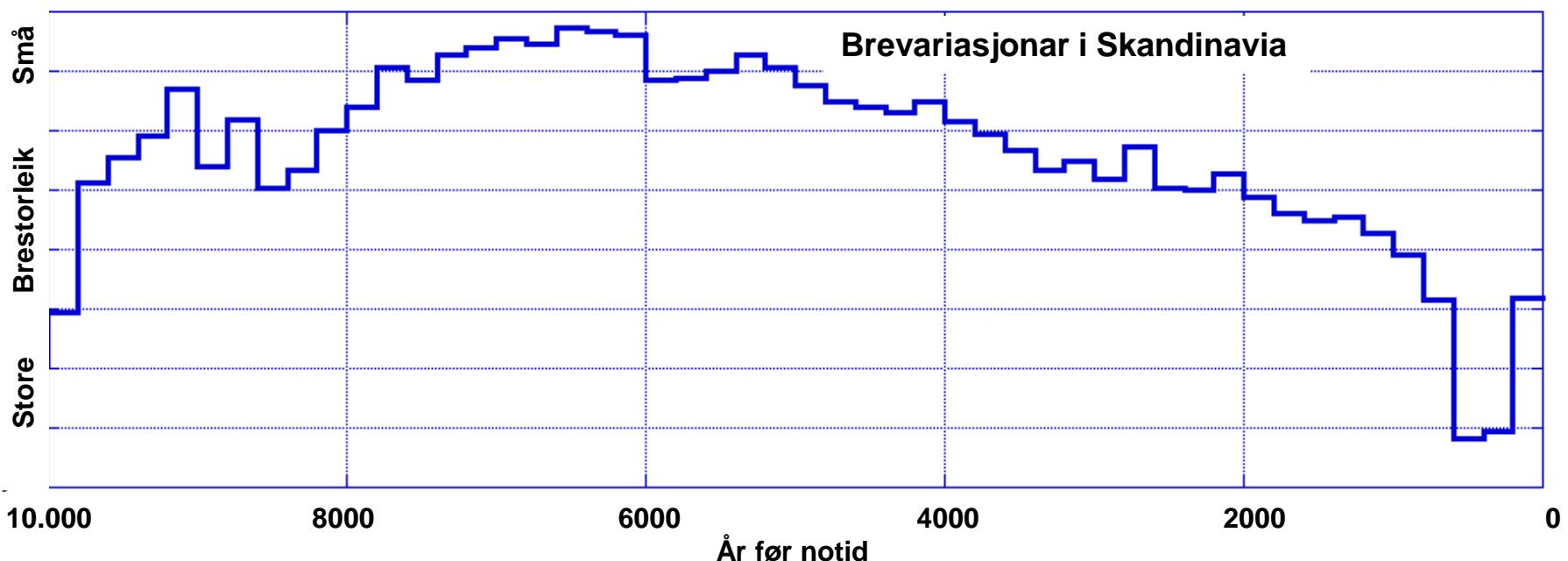
Rekonstruksjonar av brevariasjonar etter siste istid i Skandinavia



Nesje (2009) m/oppdatering

Referansar:

- Karlén, 1988; Nesje and Dahl, 1991a,b, 1993; Nesje et al., 1991, 1994, 1995, 2000a, 2001, 2005, 2006, 2008; Karlén and Matthews, 1992; Matthews and Karlén, 1992; Dahl and Nesje, 1994, 1996; Seierstad et al., 2002; Lie et al., 2004; Matthews et al., 2000, 2005; Dahl et al., 2002; Rosqvist et al., 2004; Bakke et al., 2005a,b,c, 2010; Shakesby et al., 2007; Matthews and Dresser, 2008



Nesje (2009) med oppdateringer



Galdhøpiggen

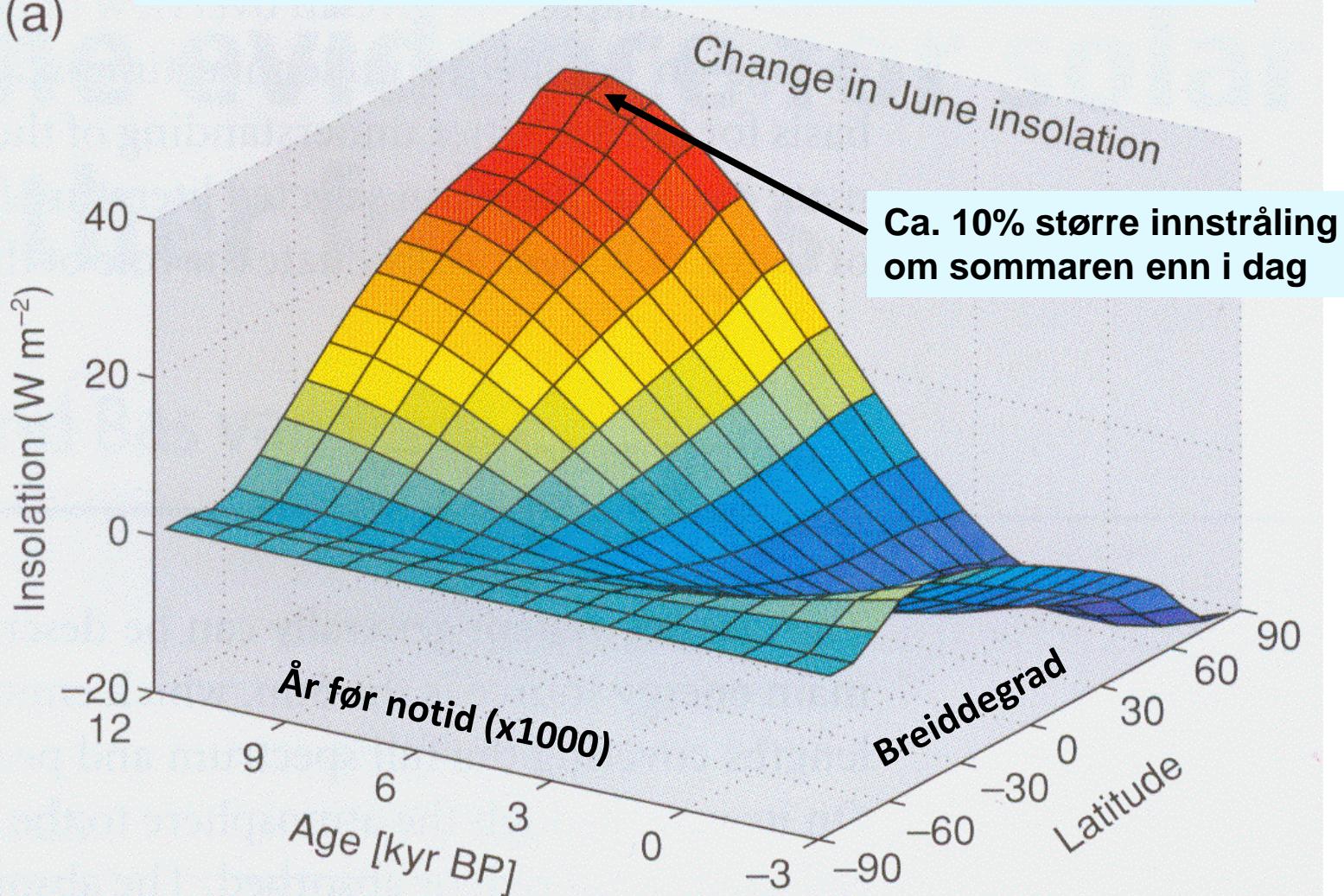
Foto: Helge J. Standal



Foto: Helge J. Standal, illustrasjon: Eva Bjørseth

Endring i solinnstråling i juni dei siste 12.000 år (presesjon)

(a)



Beer og Van Geel, 2008

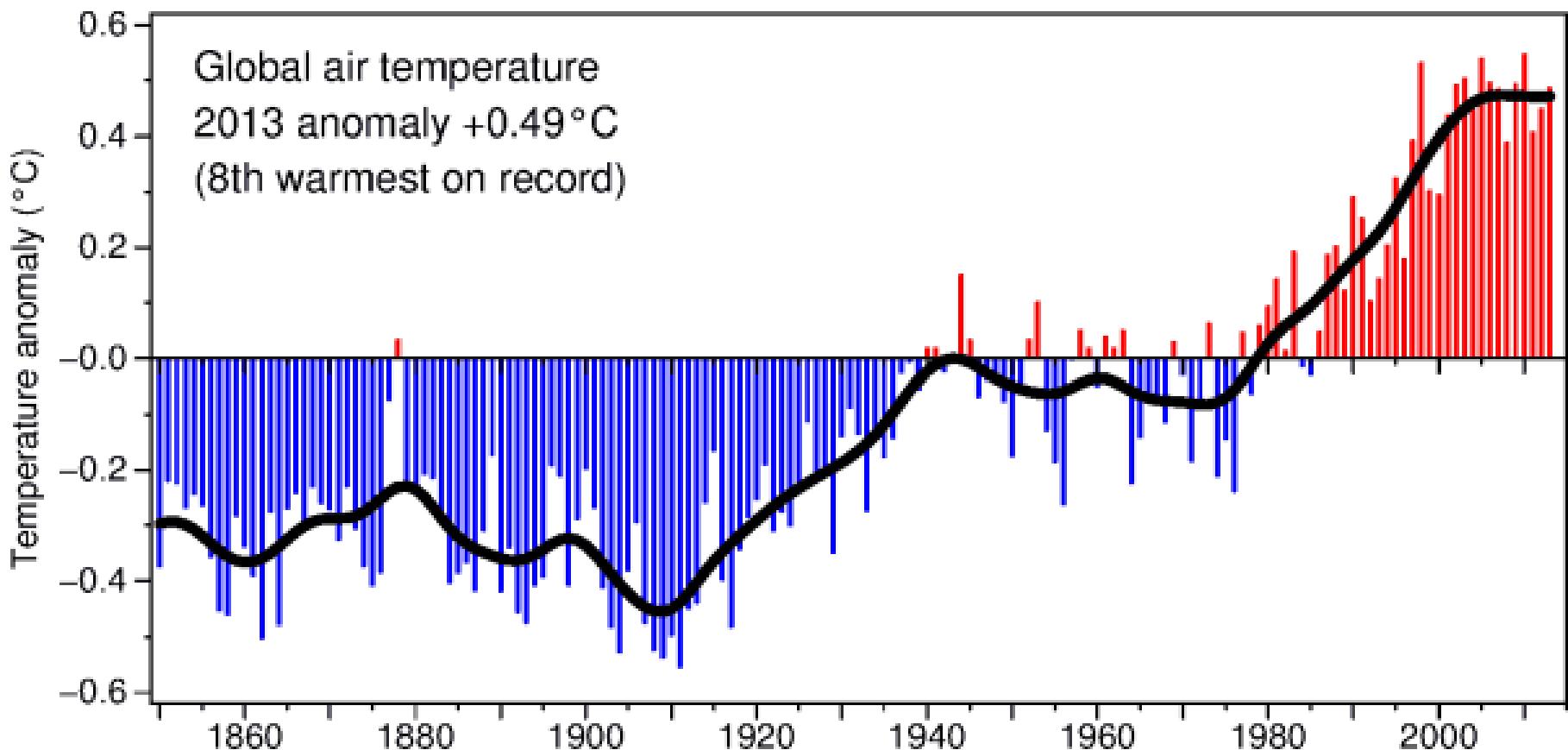
**'Den vesle istida'
Storbreen, Jotunheimen**



Til Leirvassbu

Illustrasjon: John A. Matthews

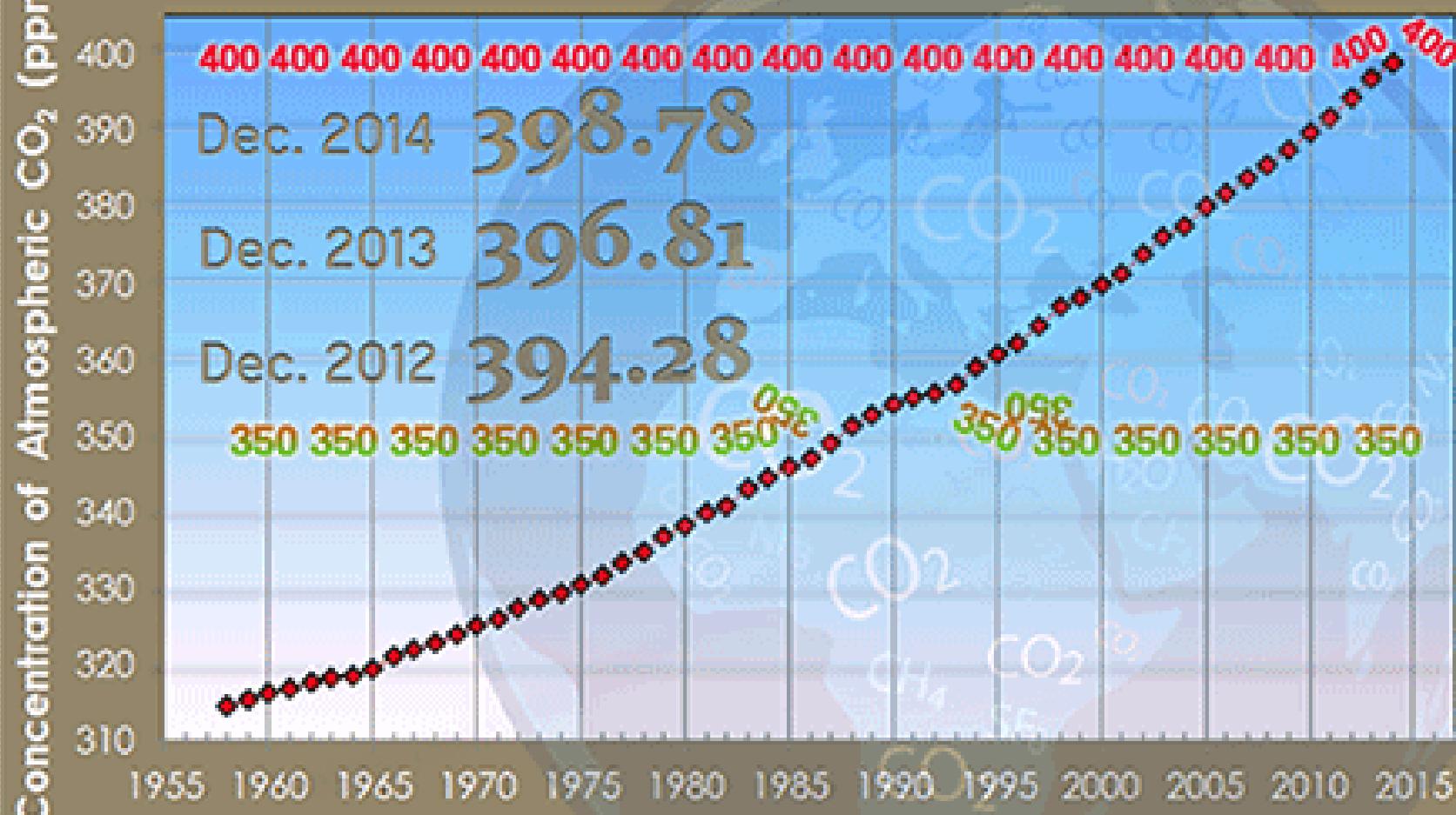
Global lufttemperatur 1850-2013



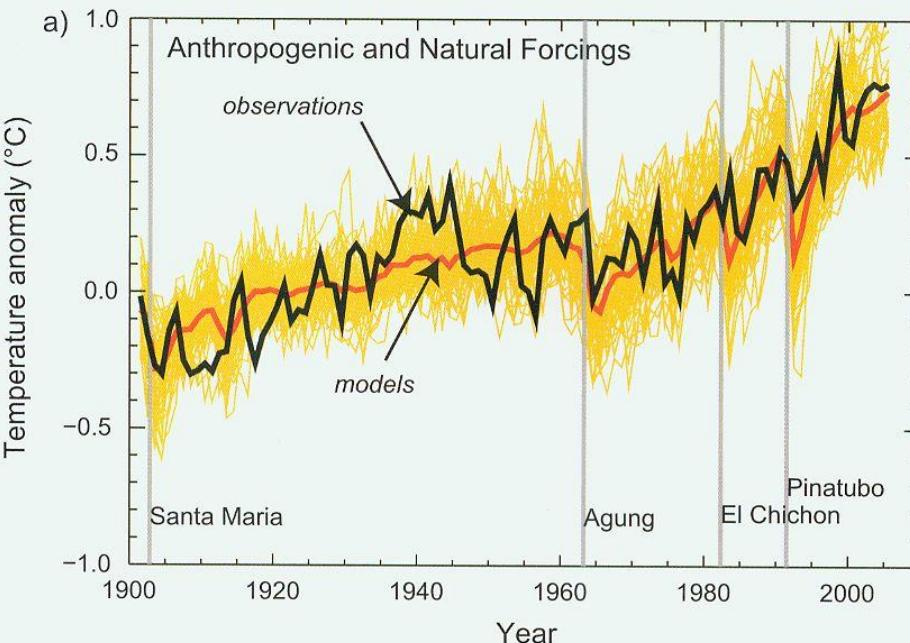
August 1958 - December 2014

Atmospheric CO₂

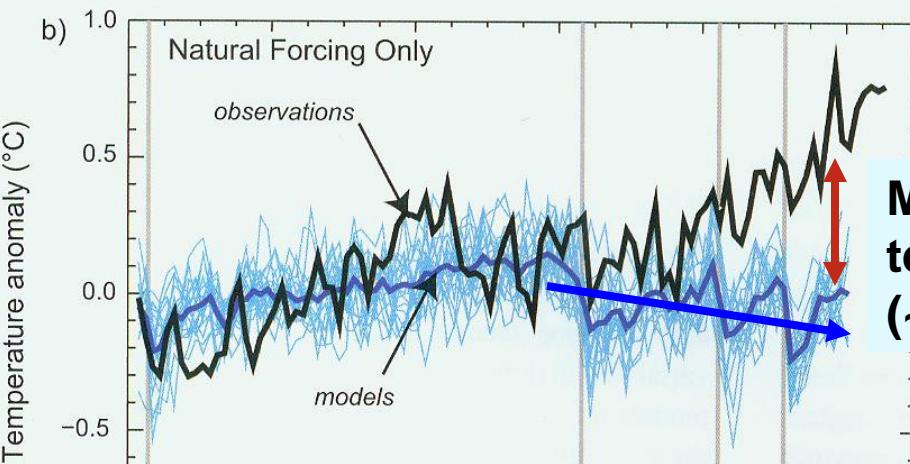
December CO₂ | Year Over Year | Mauna Loa Observatory



GLOBAL MEAN SURFACE TEMPERATURE ANOMALIES



**Menneskeskapte
utslepp pluss
naturleg
klimapådriv
(solaktivitet,
vulkansk aktivitet)**

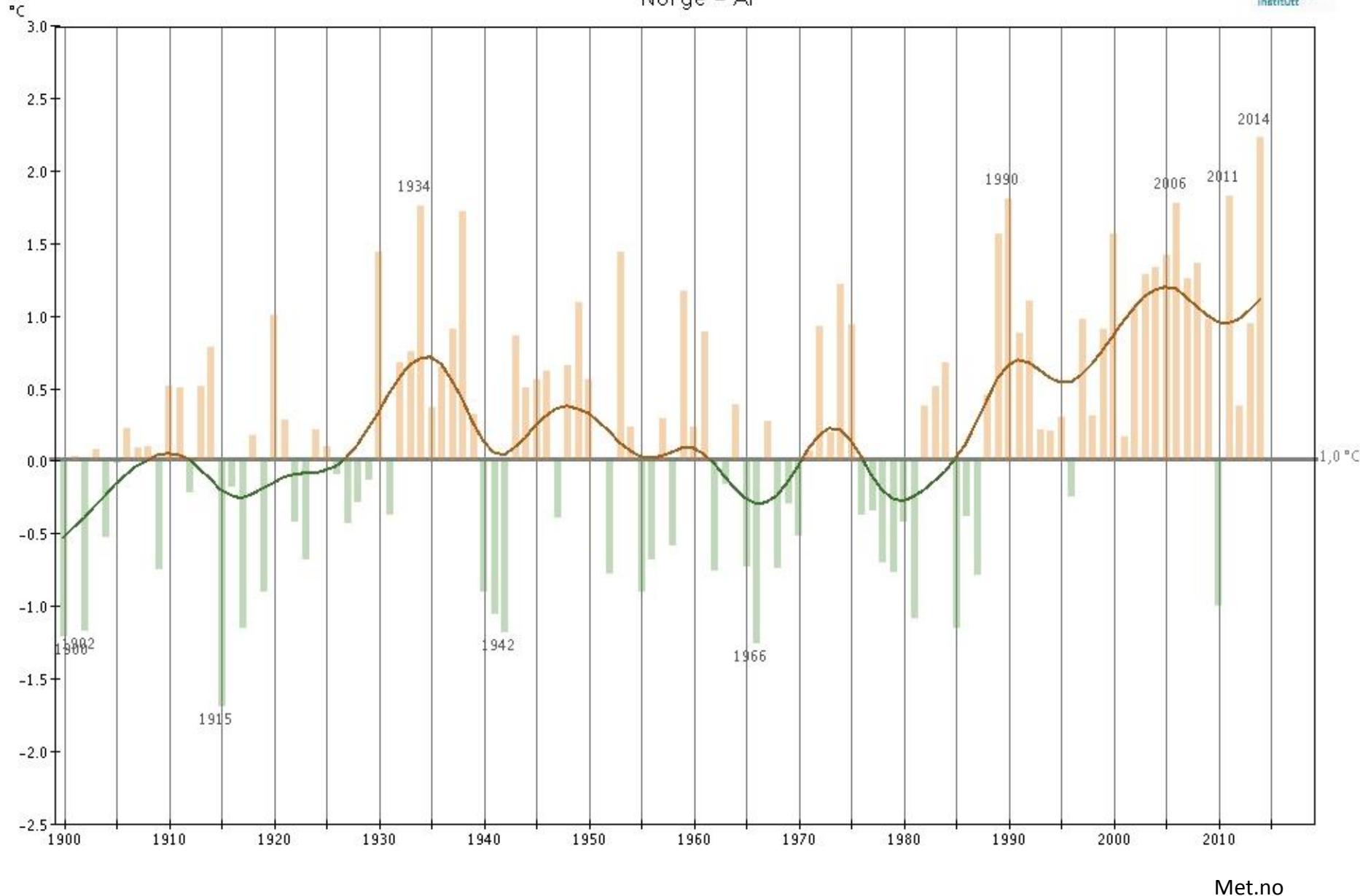


**Berre naturleg
klimapådriv**

**Menneskeskapt
temperaturauke
(~0,5 grader)**

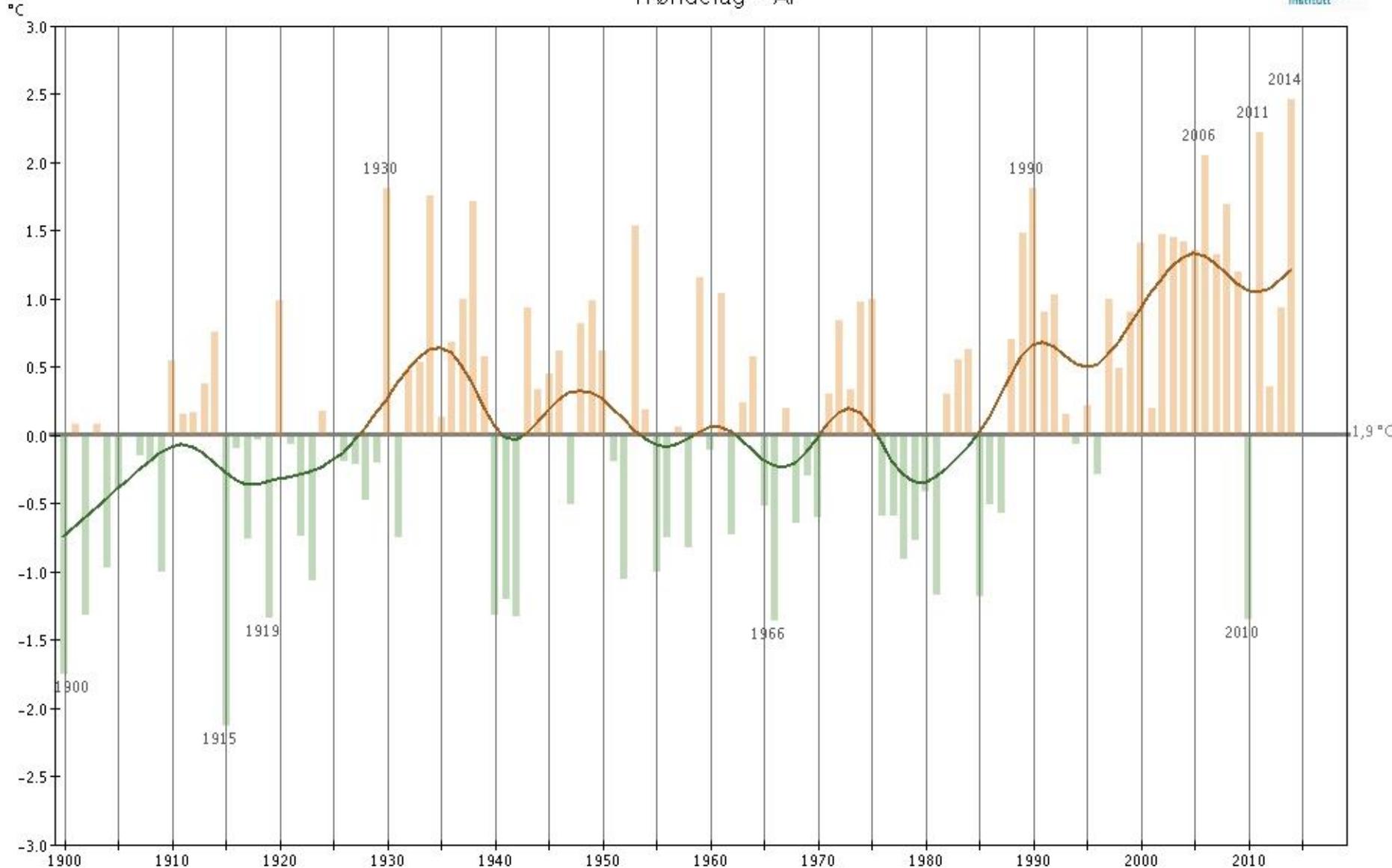
Naturleg klimapådriv (vulkanske aerosolar og solaktivitet) dominerte den globale temperaturutviklinga til omlag 1960, deretter kombinasjon av naturlege klimapådriv og drivhusgassar.

Temperaturavvik fra normal Norge – År



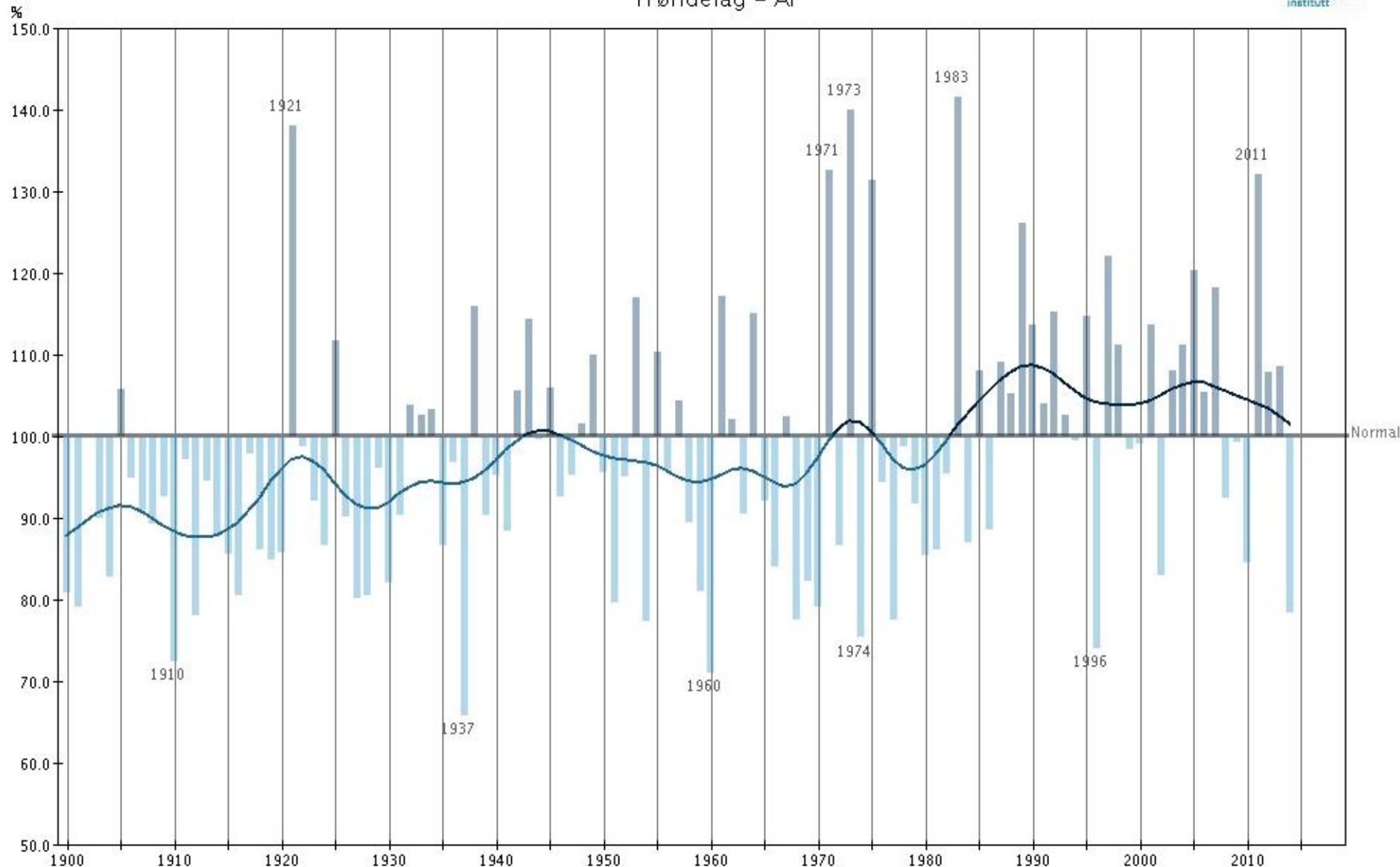


Temperaturavvik fra normal Trøndelag – År



Nedbør i % av normalen

Trøndelag – År

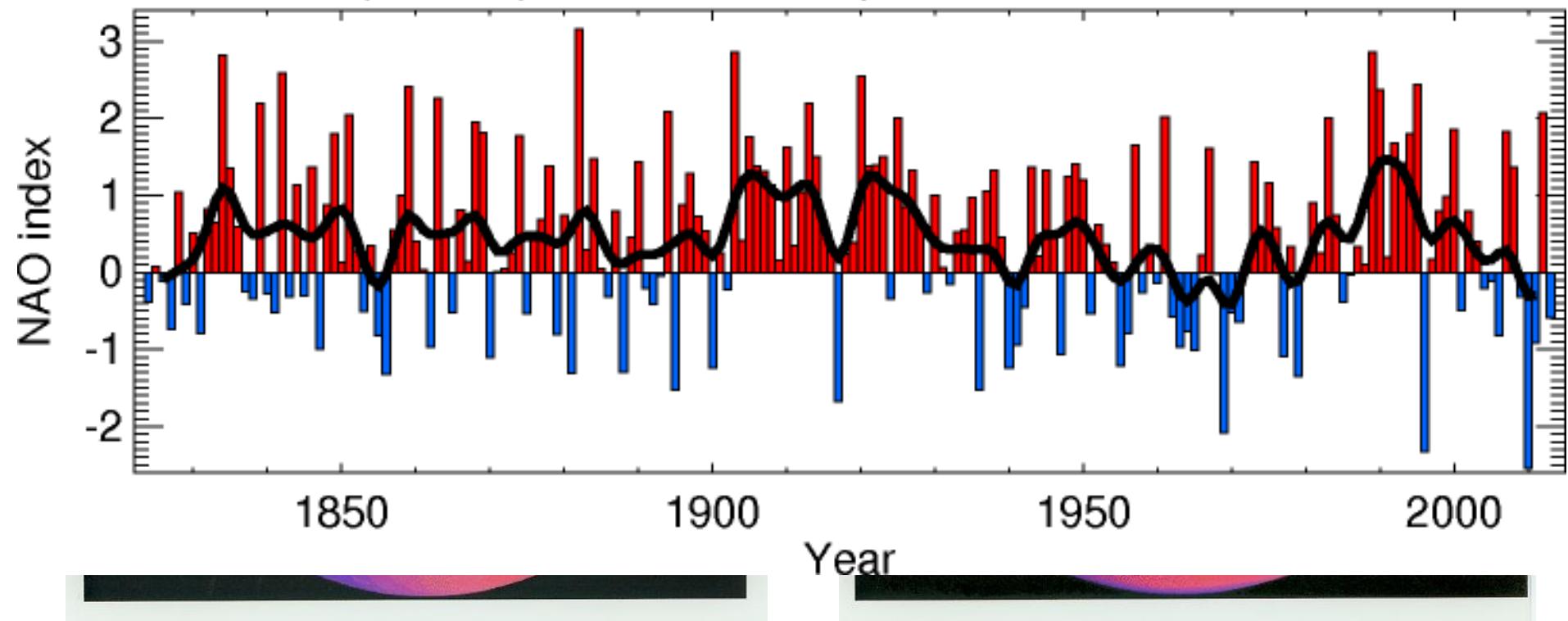


Den nord-atlantiske oscillasjonen (NAO)

NAO +

NAO -

Winter (DJFM) NAO index updated to winter 2012/2013

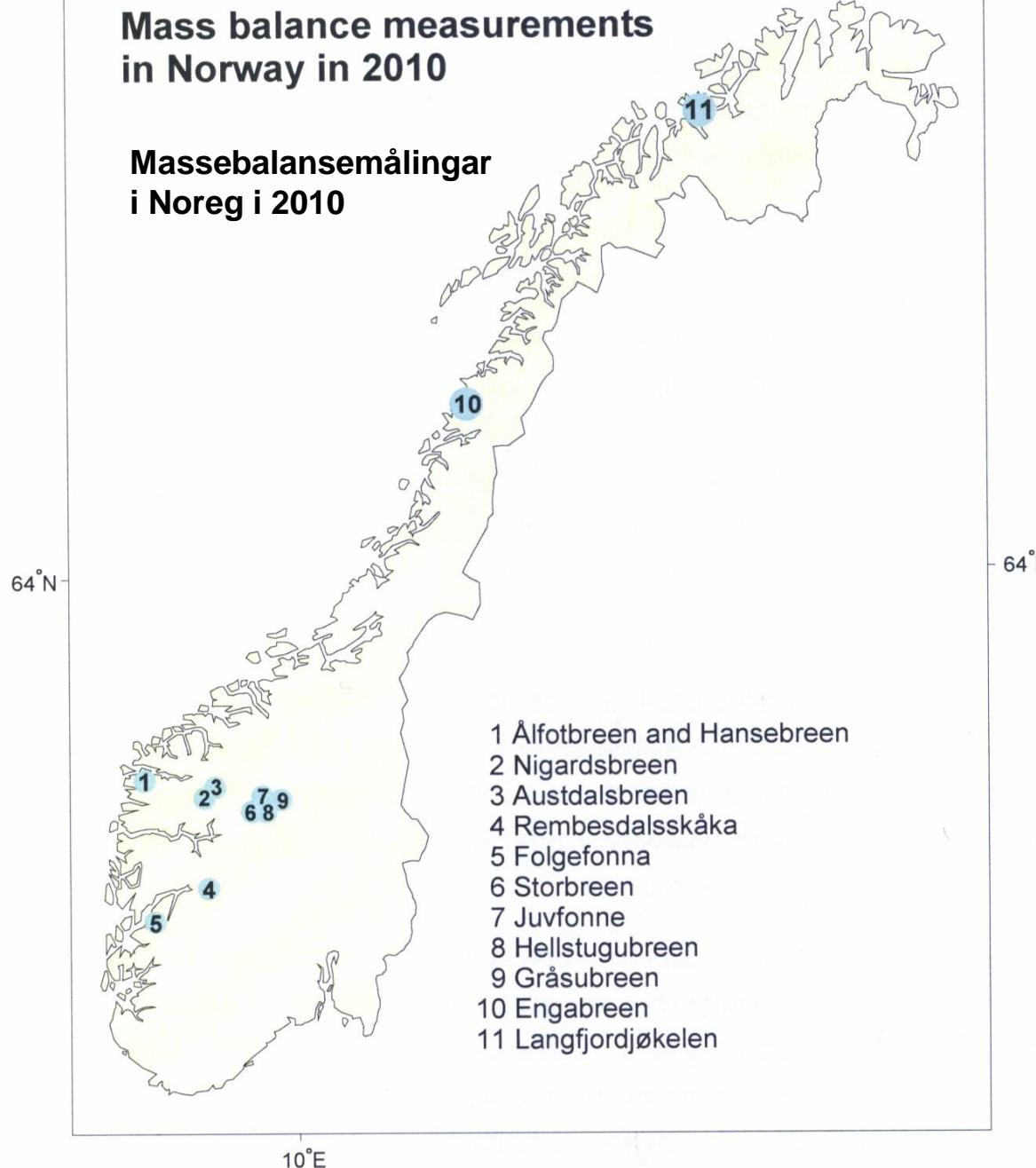


Etter Martin Visbeck

10°E

Mass balance measurements in Norway in 2010

Massebalanse målingar i Noreg i 2010



Kjøllmoen (2011)

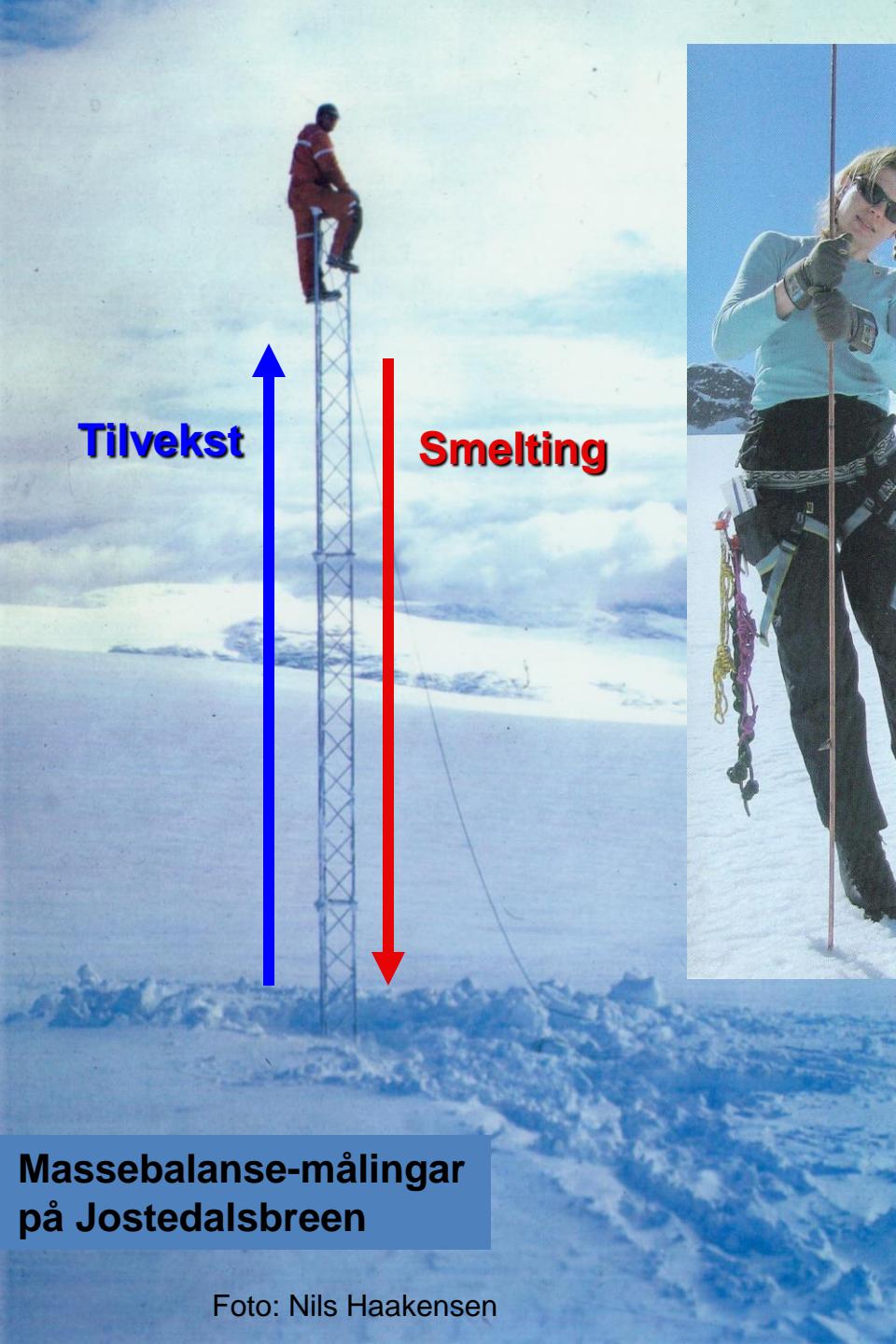


Foto: Nils Haakensen

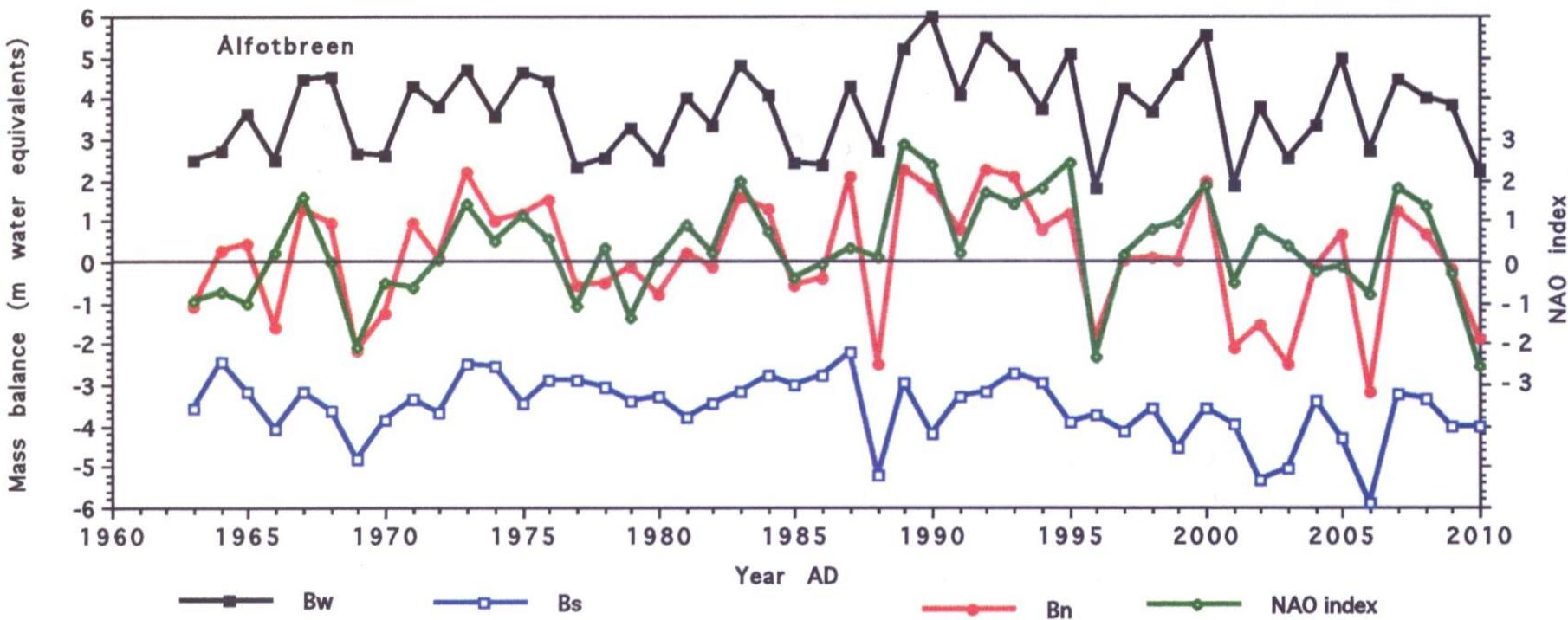


Massebalanse-målingar



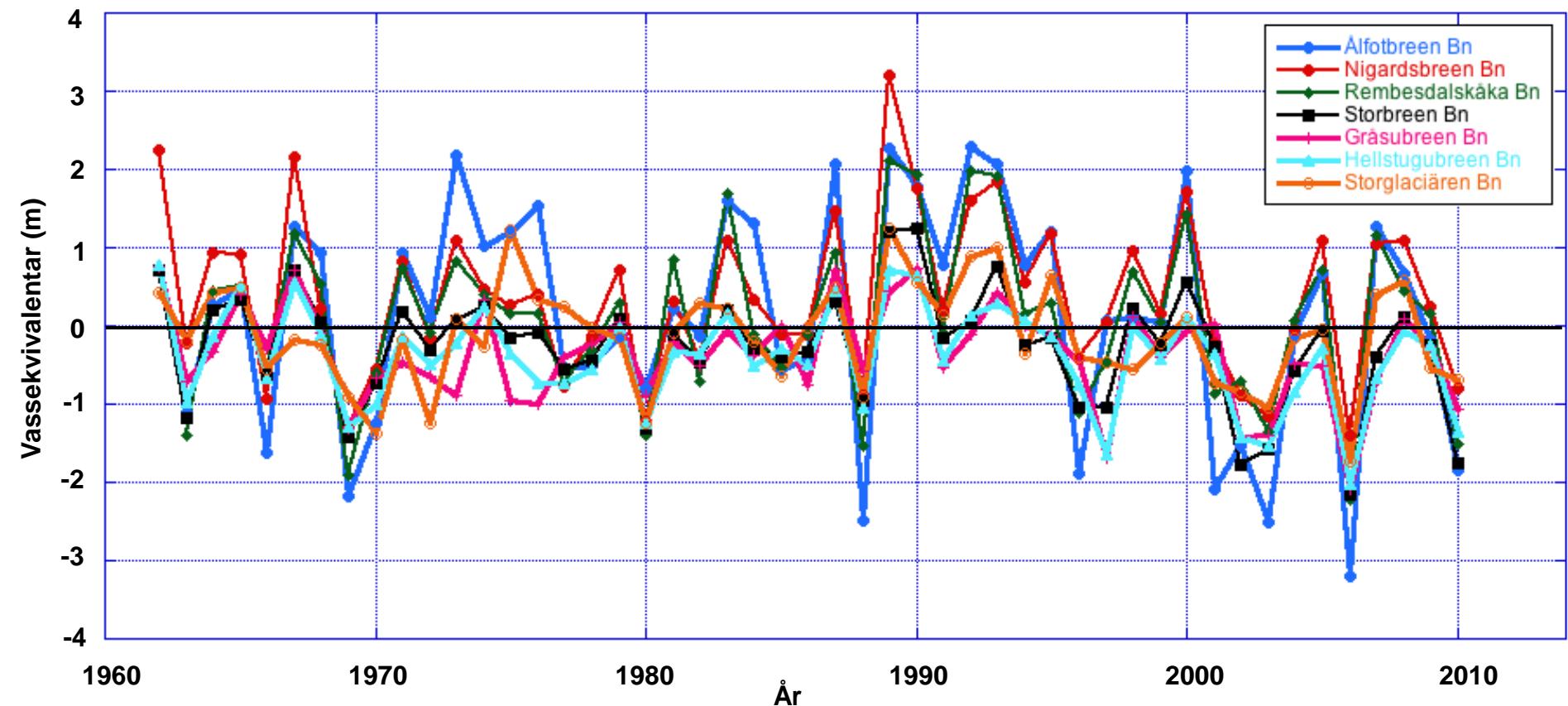
Foto: Hallgeir Elvehøy

Massebalanse målingar på Ålfotbreen



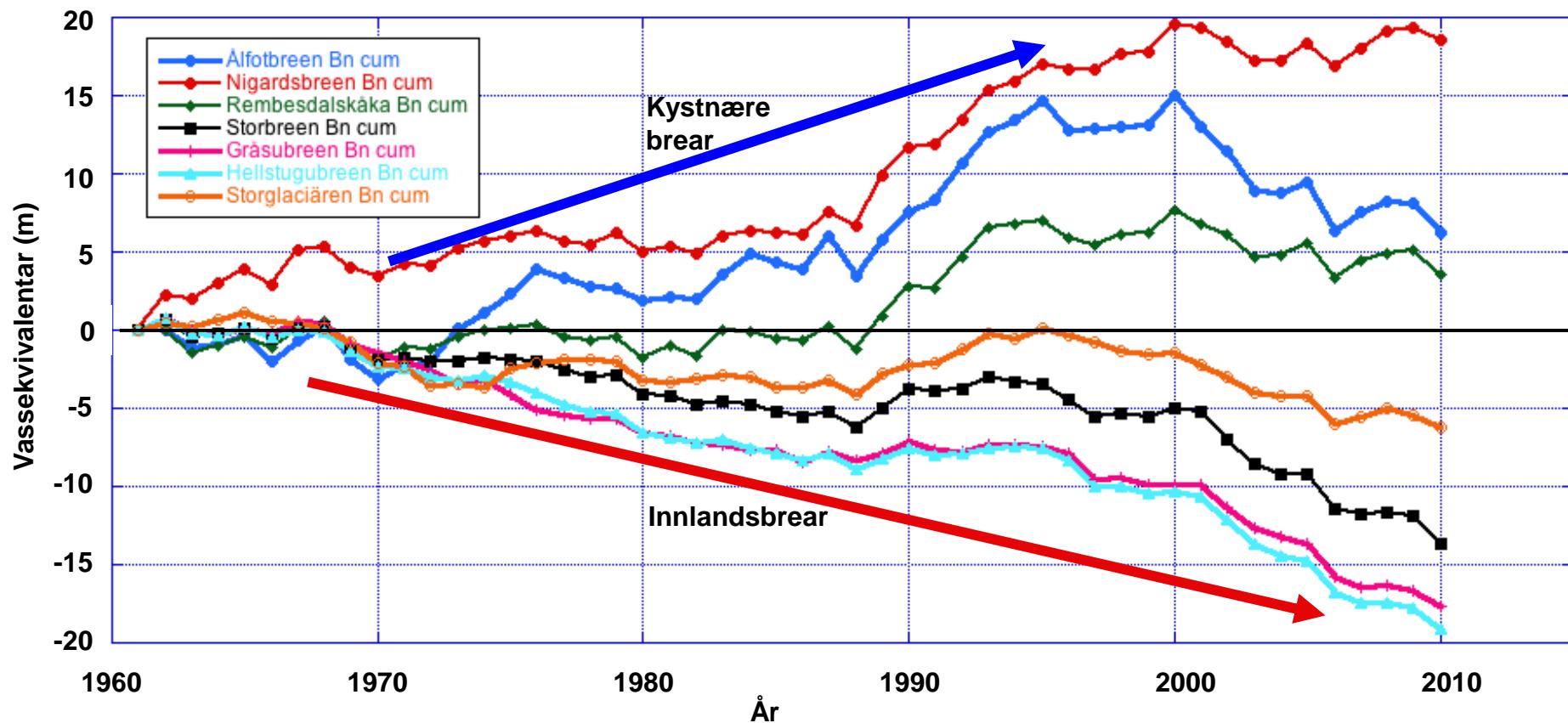
Data massebalanse: Kjøllmoen (red.) 2011
Data NAO-indeks: Tim Osborn (web)

Årleg massebalanse på brear i Skandinavia



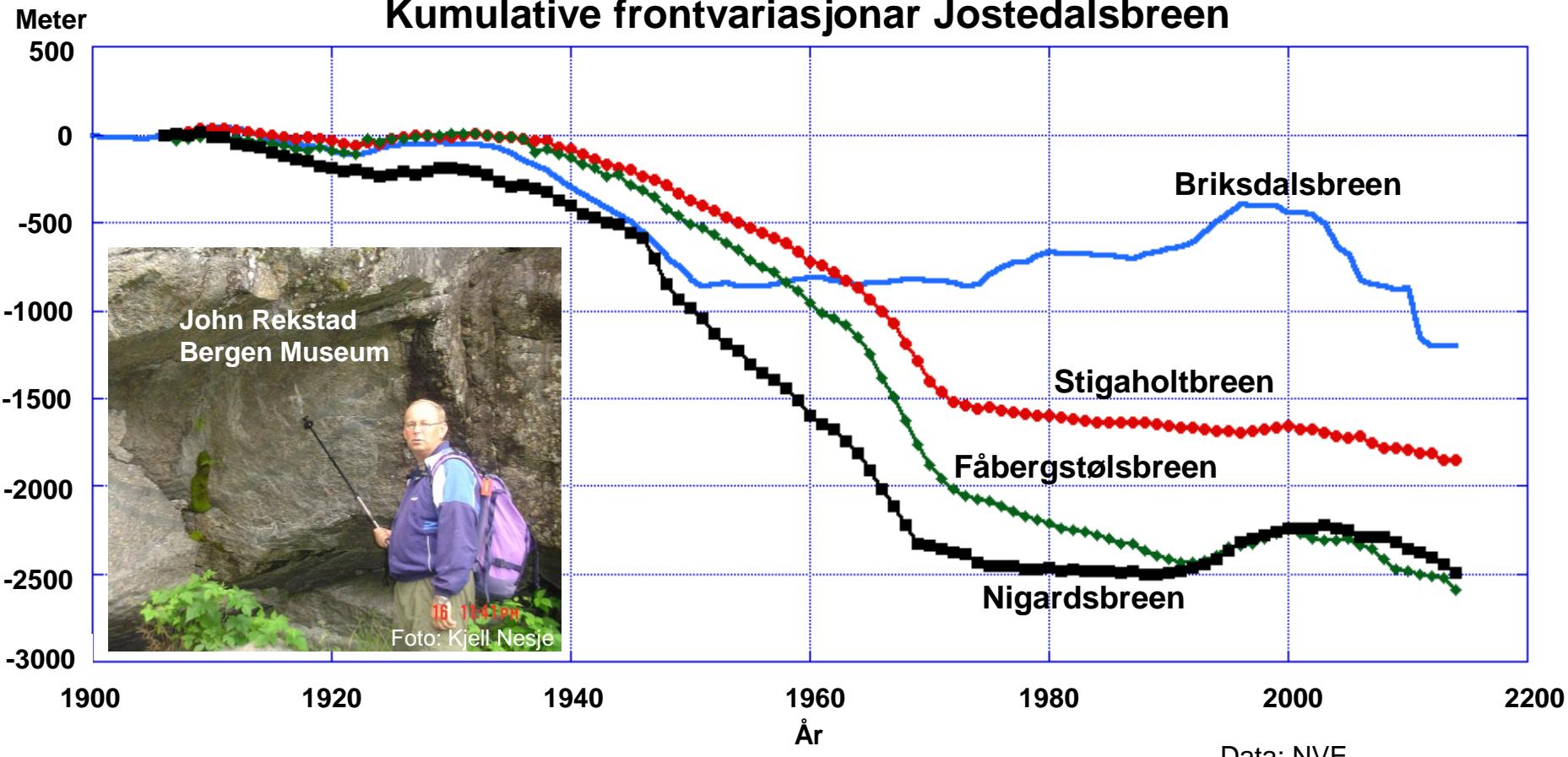
Data: NVE/Tarfala Research Station

Kumulativ nettobalanse på brear i Skandinavia



Data: NVE, Tarfala Research Station

Kumulative frontvariasjonar Jostedalsbreen

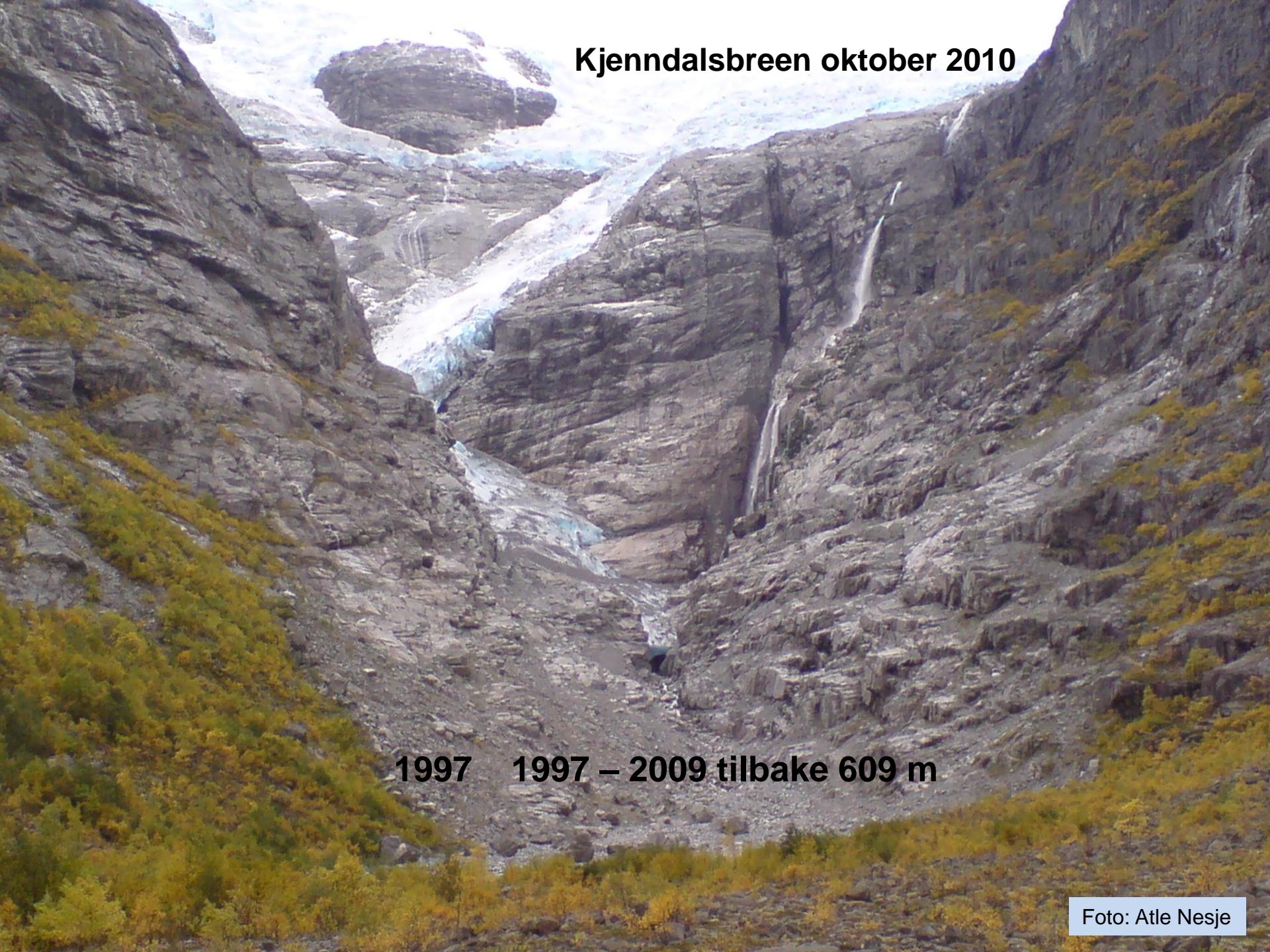


Kjenndalsbreen i Lodalen vaks på 1990-talet

1995



Foto: Anne Kjos-Wenjum Armas



Kjenndalsbreen oktober 2010

1997 1997 – 2009 tilbake 609 m

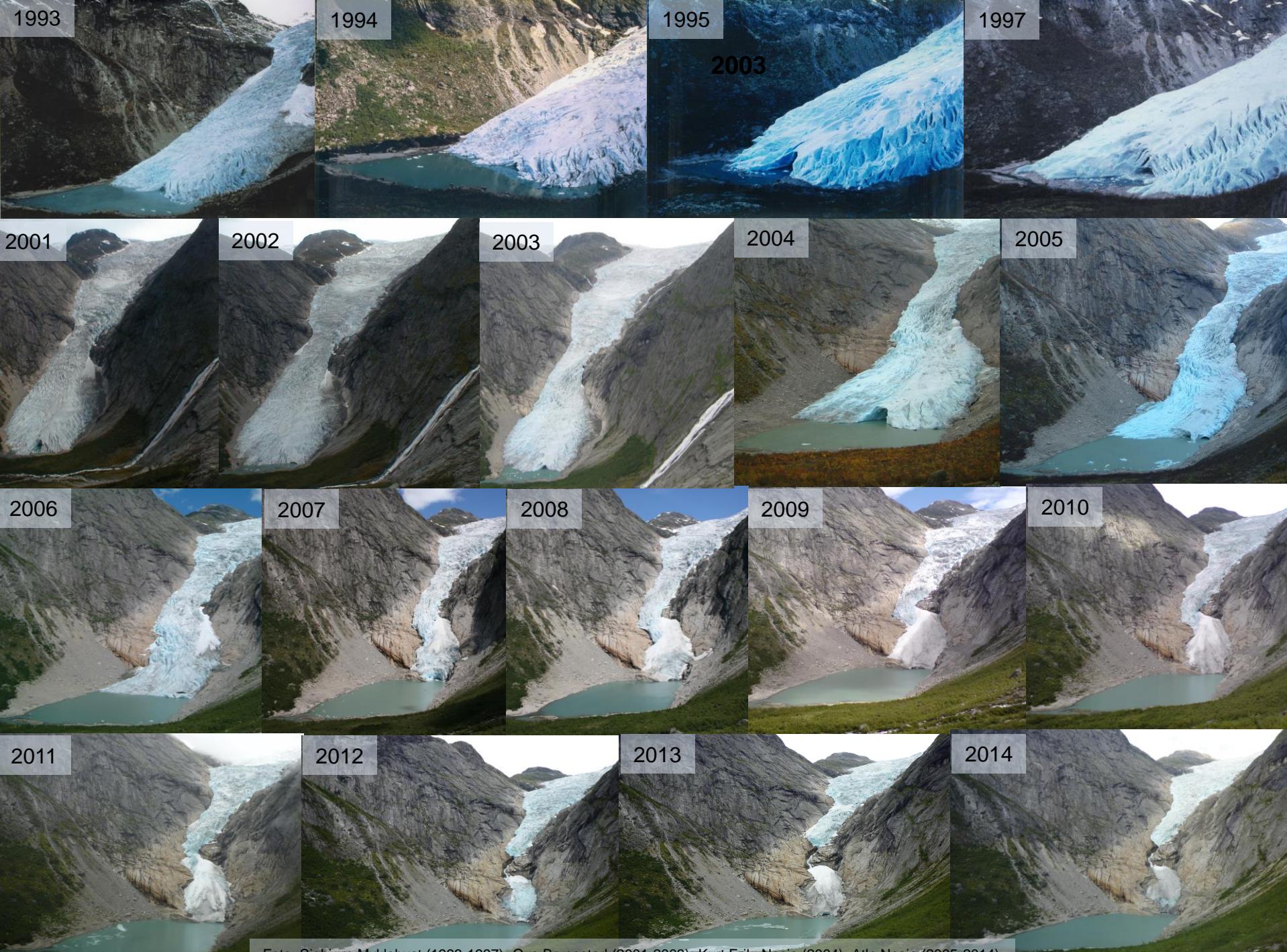
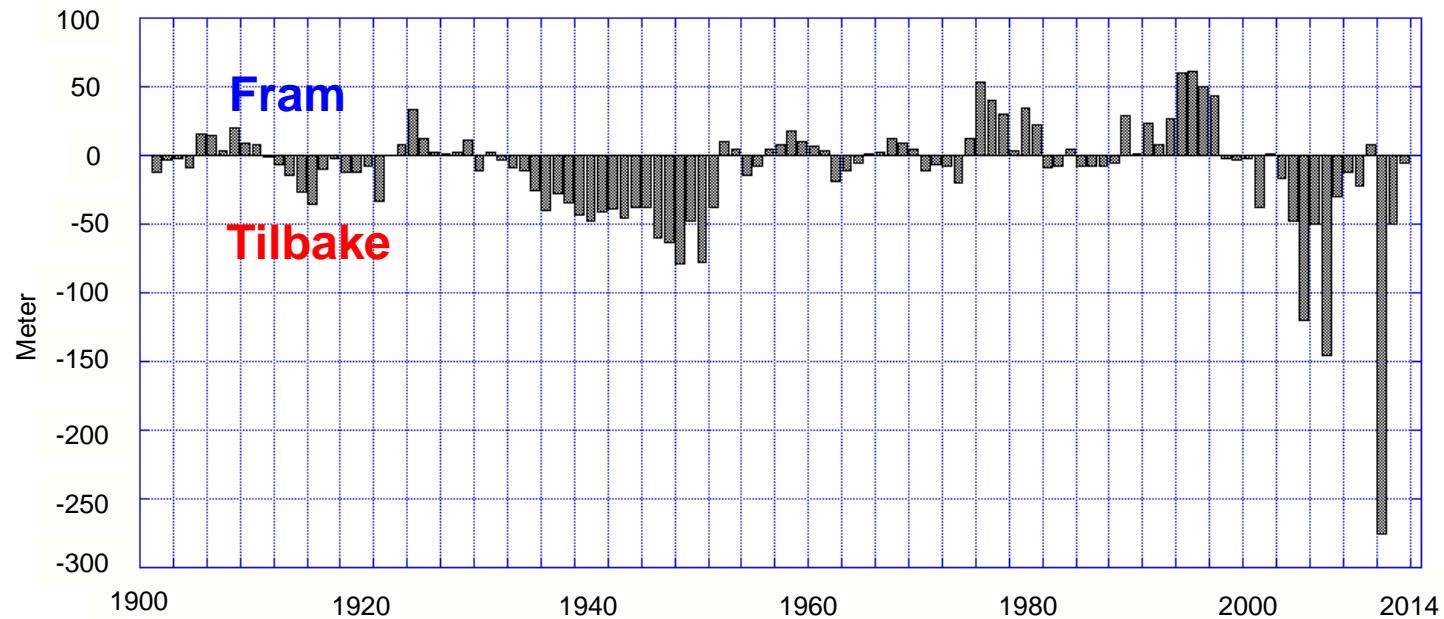


Foto: Sigbjørn Myklebust (1993-1997), Ove Brynestad (2001-2003), Kurt Erik Nesje (2004), Atle Nesje (2005-2014)

Briksdalsbreen, årlege frontvariasjonar



Briksdalsbreen, kumulative frontvariasjonar



Briksdalsbreen

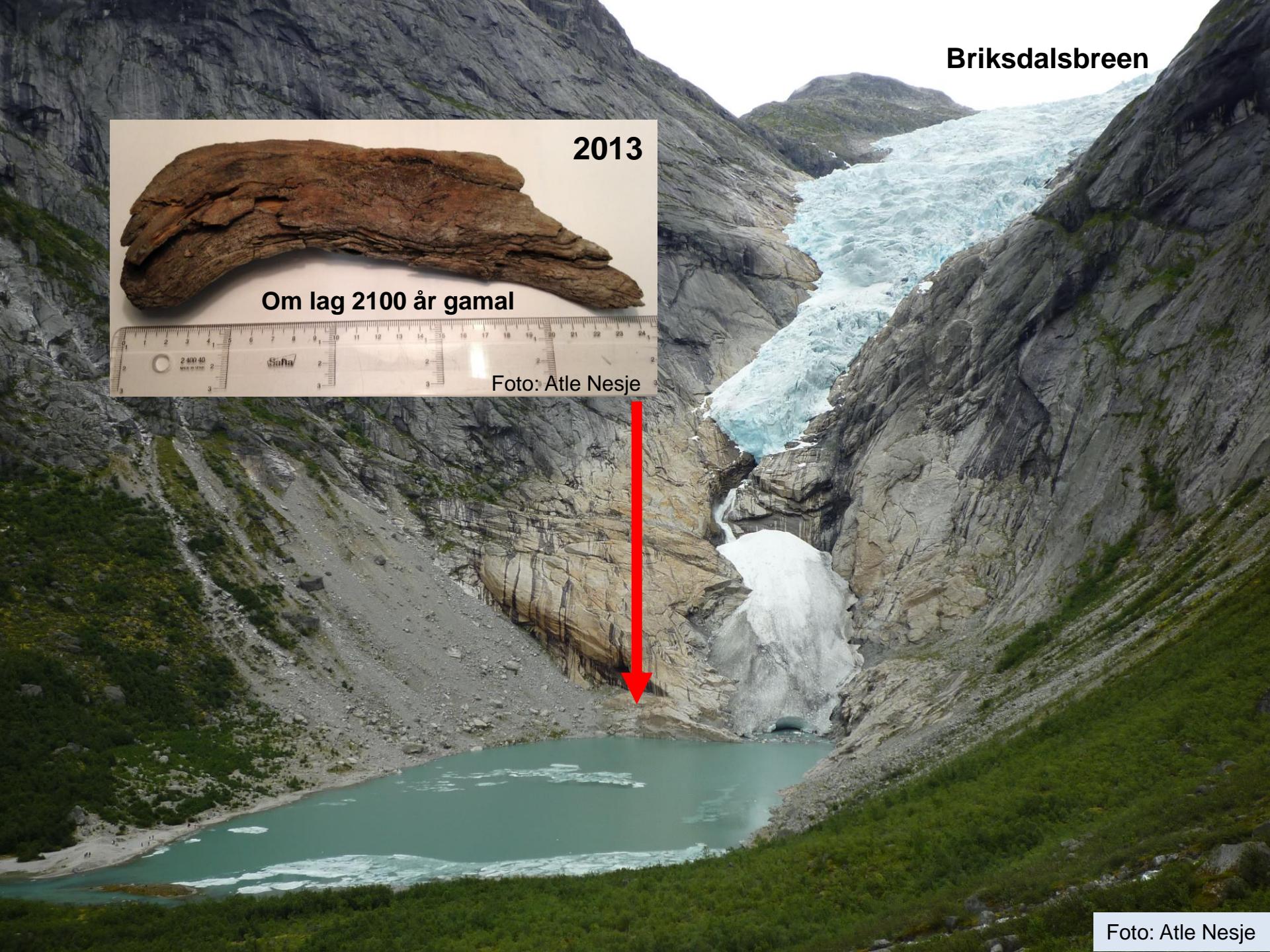
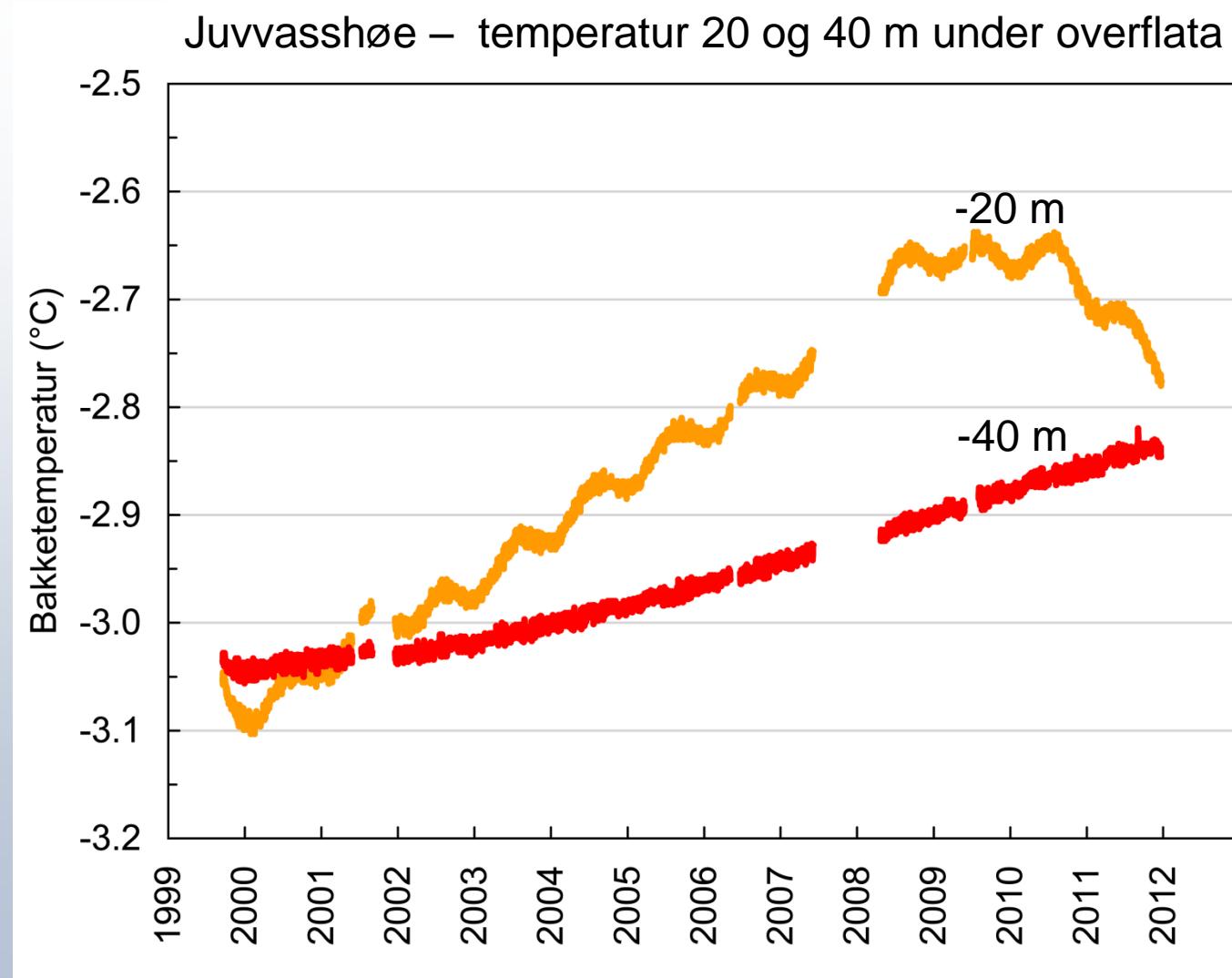


Foto: Åtle Nesje

Etablering av permafroststasjon Juvvasshøe, august 1999



Temperaturendringar i permafrosten



Gjengroing av kulturlandskapet, Valle i Aust-Agder



1992



2002

Foto: Oskar Puschmann, Skog og landskap

Skogbruket på nye vegar?

Klimaendringar kan gje nye utfordringar for skogbruket – mellom anna knytt til uthenting av trevirke.

Klimaendringar kan før til at meir trevirke kan hentast ut fordi veksten aukar, skoggrensa stig og beitetrykket minkar.

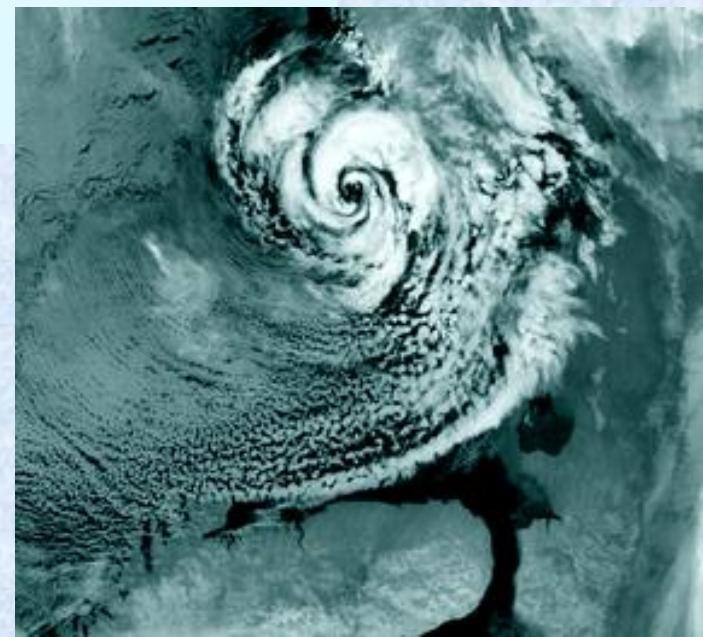
Tilgangen til trefiber, ei fornybar energikjelde (bioenergi), vil auke.



Foto: Scanpix

Typar ekstremvær i Noreg:

- Nedbør: Skred, flaum, tørke
- Vind: bølgjer, stormflo (vind + lufttrykk)
- Temperatur: Kulde, varme
- Torevêr: Lynnedsdag, kraftig nedbør
- Haglstorm



(U)vær og klima – vedkjem det dei som bur i Trøndelag?



Foto: Adressa



Foto: Knut Dreiås



Foto: Tor Aage Hansen

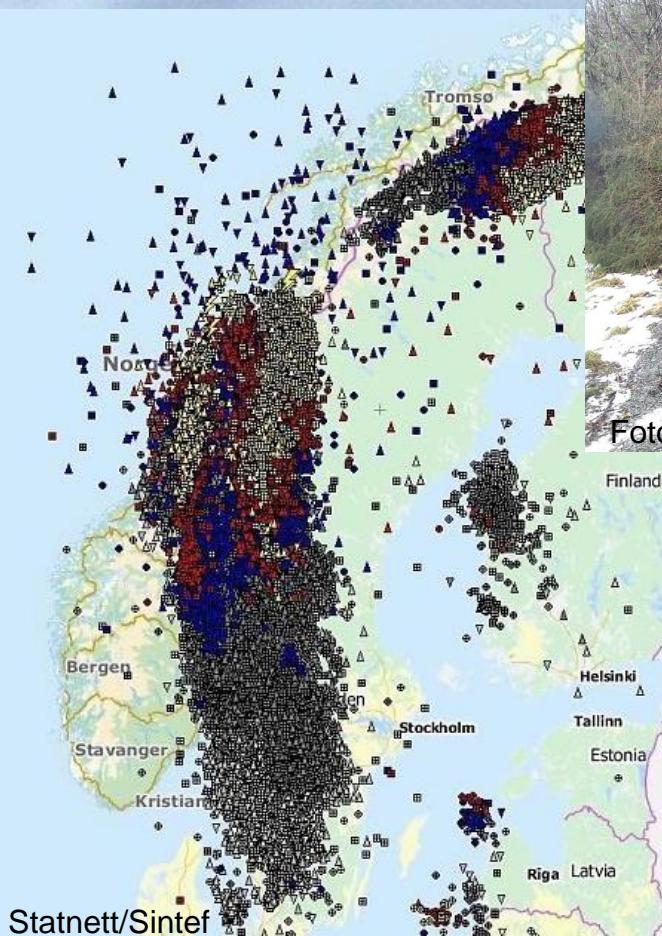


Foto: Jøte Taftaker/NRK



Foto: Ole Martin Dahle

Kvam, Gudbrandsdalen – flaumar i 2011 og 2013

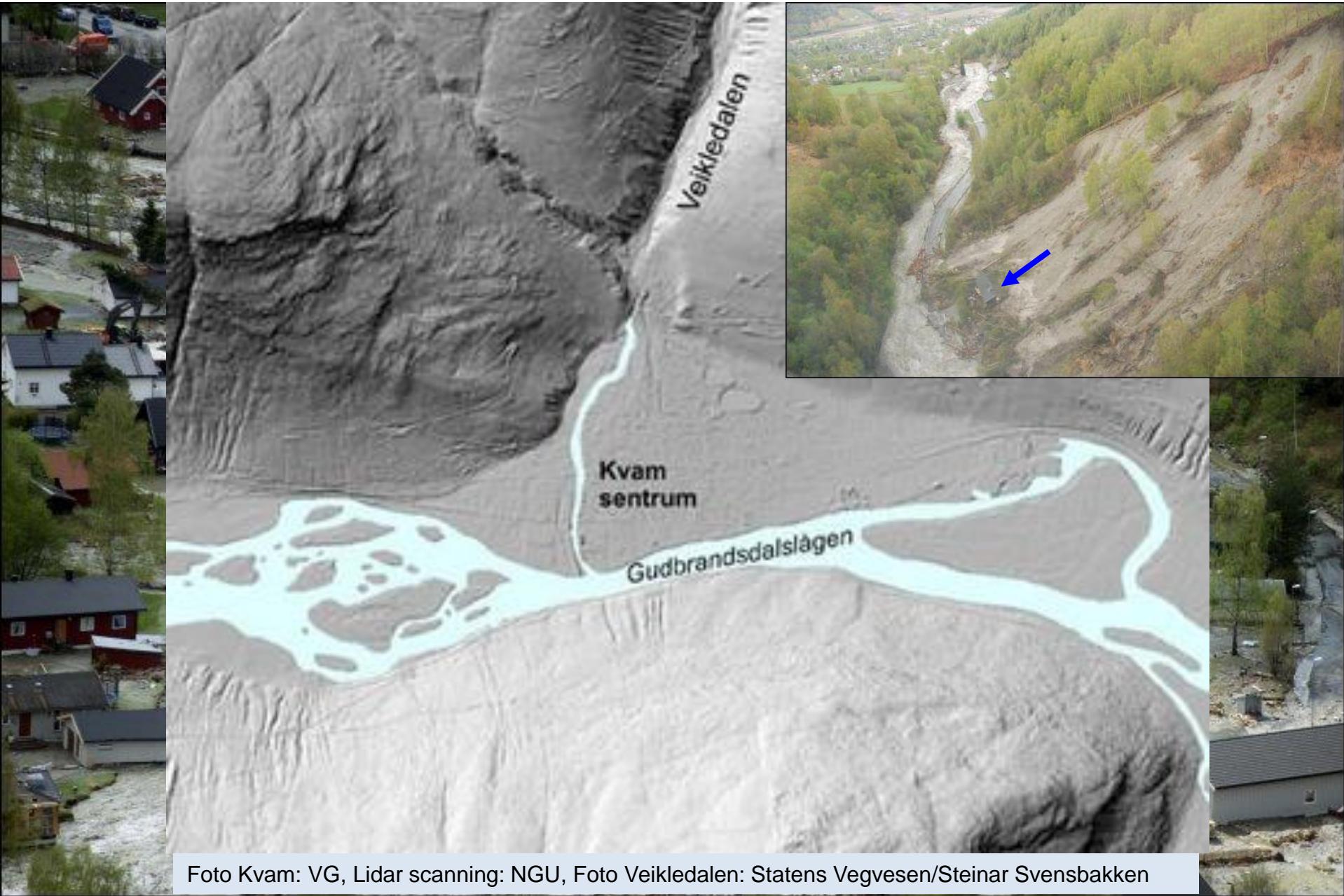


Foto Kvam: VG, Lidar scanning: NGU, Foto Veikledalen: Statens Vegvesen/Steinar Svensbakken

"Storflaumen" AD 1860

Frya, Gudbrandsdalen

"Storofsen" AD 1789

Kulturlag AD 1680-1770

"Digerofsen" AD 1342/1348

Kulturlag AD 1-1280

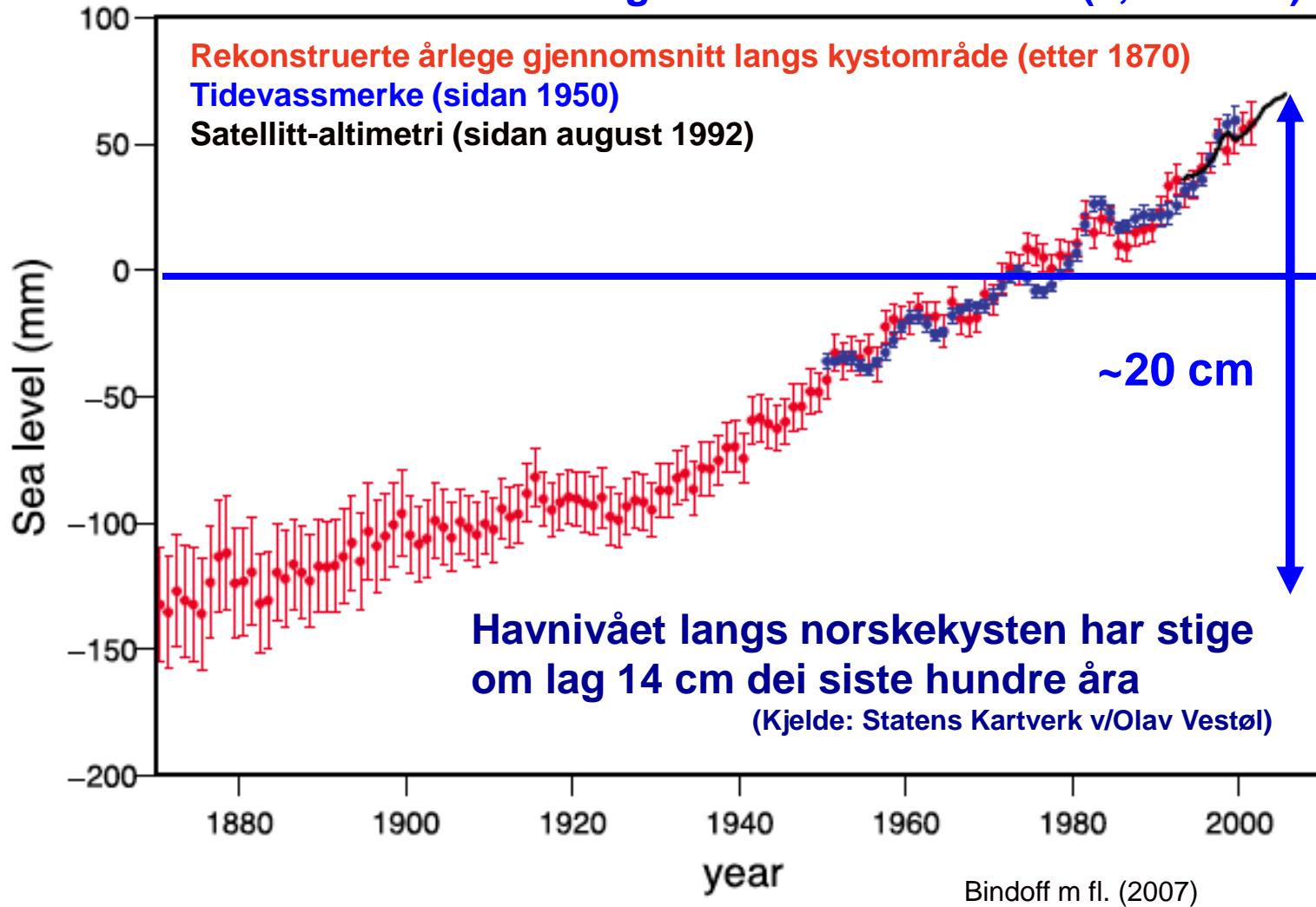
"Gammelofsen" 50-1 år f.Kr.

"Fryaskredet" 300-200 år f.Kr.

Kulturlag 1100-350 år f.Kr.

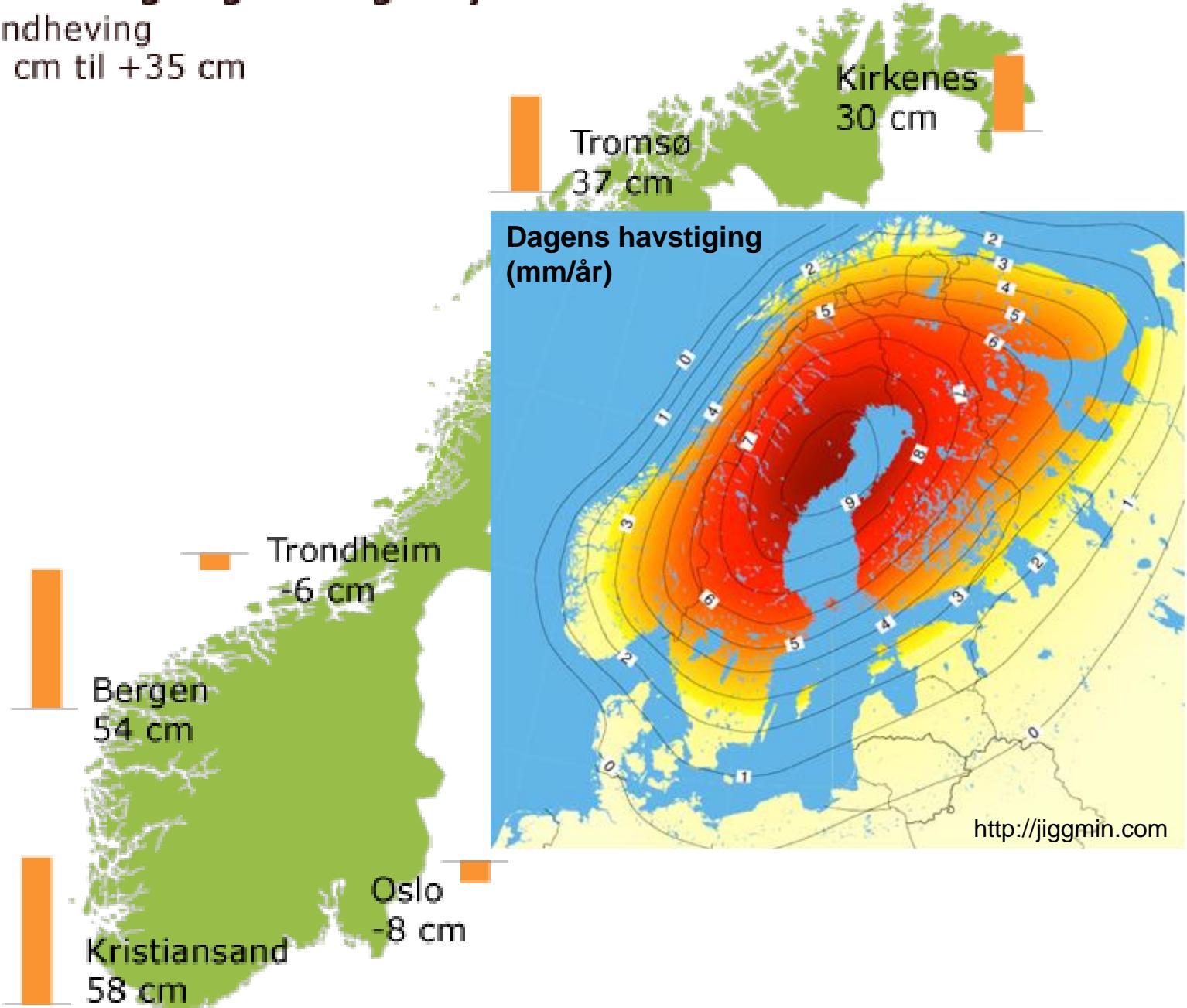
Kollag frå yngre steinalder (3000-1500 år f.Kr.)

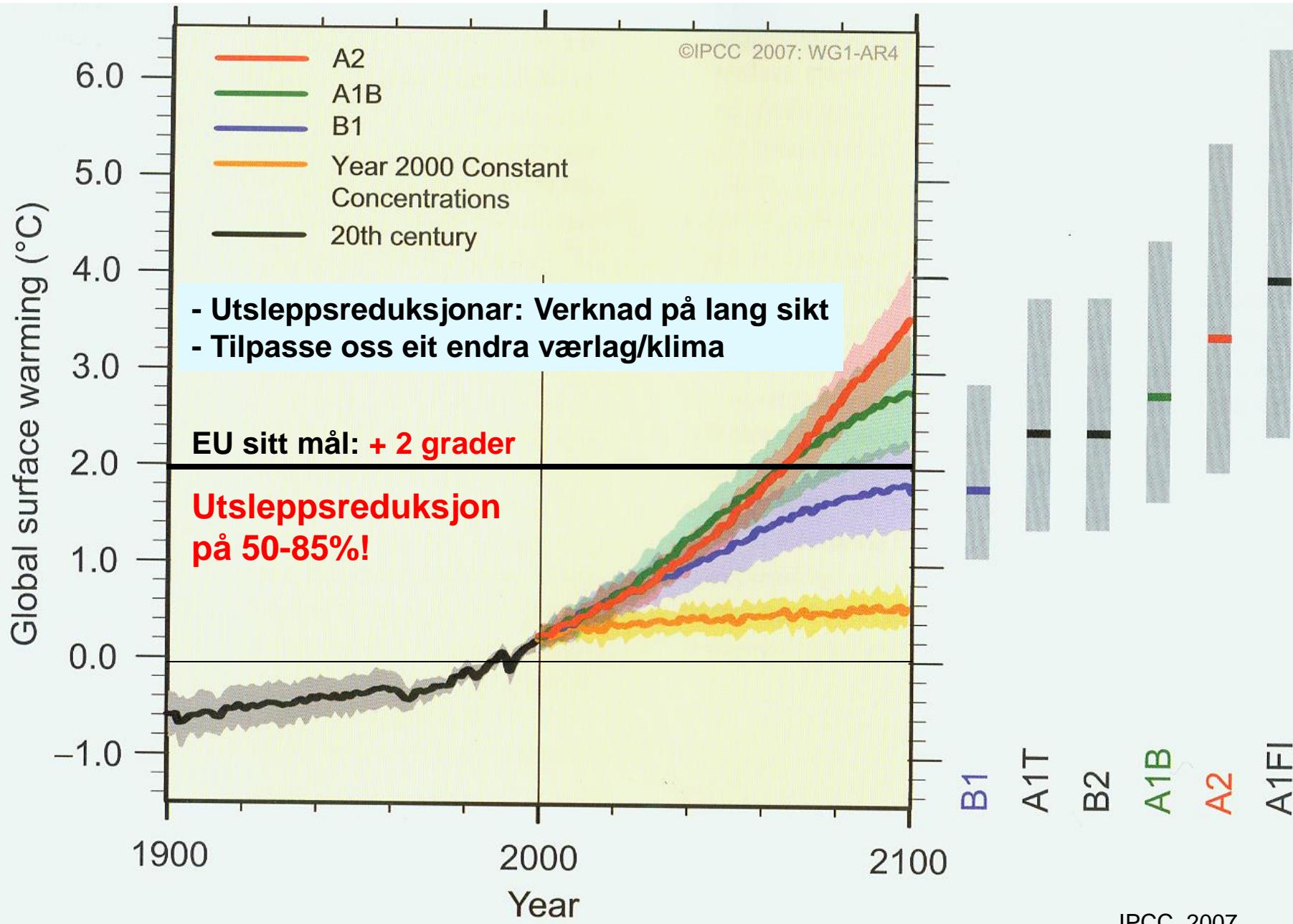
Globale havnivåendringar 1870-2005: ~20 cm (1,7 mm/år)



→ Forventet havnivåstigning i utvalgte byer i 2100

Korrigert for landheving
Usikkerhet -20 cm til +35 cm







Globale klimautfordringar i framtida:

Matproduksjon

Helse

Tilgang på vatn, endringar i vatnet sitt kretsløp

Biologisk mangfald

Hetebølger, tørke, ørkenspreiing, flaum,
orkanar, erosjon, havnivåstiging, skog- og
grasbrannar, økosystem i havet, havforsuring

OPPSUMMERING

Klimaendringar i framtida er ein av dei store utfordringane som vil ha mykje å seie for politikkutforming globalt og lokalt, for næringsvegar, teknologiutvikling og samferdsle.

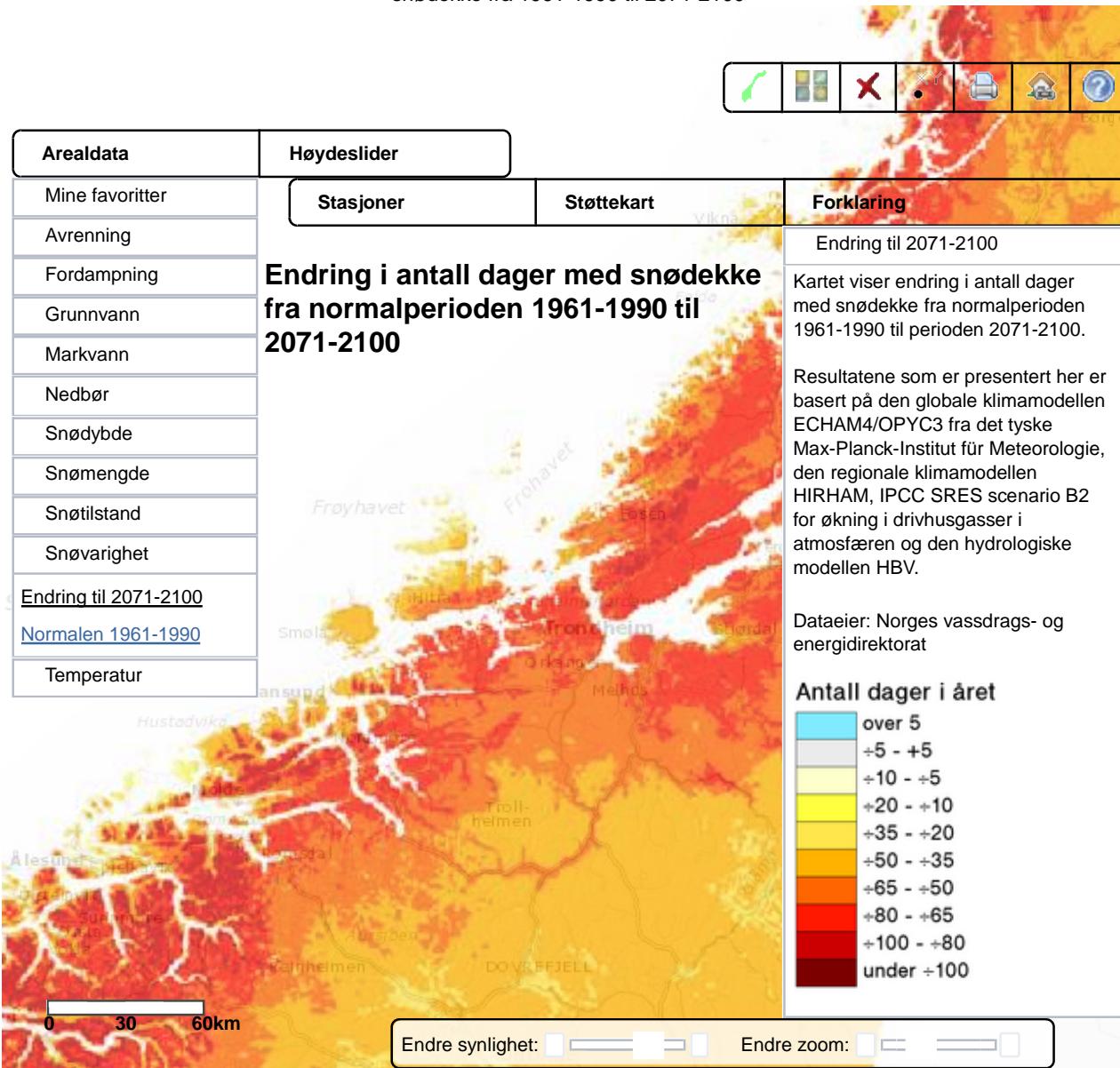
Naturvitenskapleg forsking – Forsking og formidling om det vitskaplege grunnlaget for klimaendringar og kva som trengst for å tilpasse oss klimaendringane (samfunnsvitenskapane).

Teknologisk forsking – Utvikle *bærekraftige energiløysingar* med auka bruk av *fornybare energikjelder*. Teknologiar er i stor utstrekning kjende, men det er stort behov for forsking og formidling om korleis dei kan setjast i system og kome i bruk.

Kultur- og samfunnsvitenskapane - Bevisstgjering om haldningar og verdiar.

Viktig at avgjerder om tiltak er forankra i **vitskapsbasert kunnskap**.

snødekk fra 1961-1990 til 2071-2100



Ved Omnsbreen nord for Finse
14. september 2014



Reinsdyrgevir

~4100 år gamalt!

Takk!