



Kva skjer med dei norske isbreane?

Atle Nesje

Institutt for geovitenskap, UiB

Uni Research Klima AS

Bjerknessenteret for klimaforskning

atle.nesje@uib.no

”Der ligger et land mot den evige sne”, heiter det i fedrelandssongen med tekst av Bjørnstjerne Bjørnson og melodi av Rikard Nordraak.

Er snøen og isbreane ’evige’? eller..

- har isbreane vore bortsmelta etter slutten av siste istid?***
- eventuelt når kom dei tilbake?***
- korleis har isbreane variert i storleik etter siste istid?***
- kva kan skje med breane i framtida?***

Galdhøpiggen



Foto: Helge J. Standal

1982

Erdalsbreen



Foto: Atle Nesje

2016

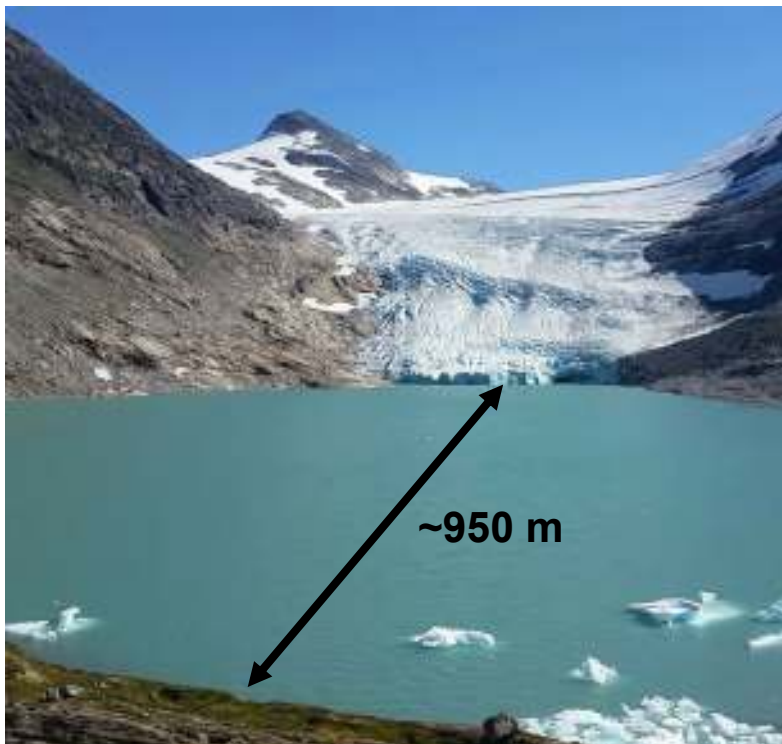
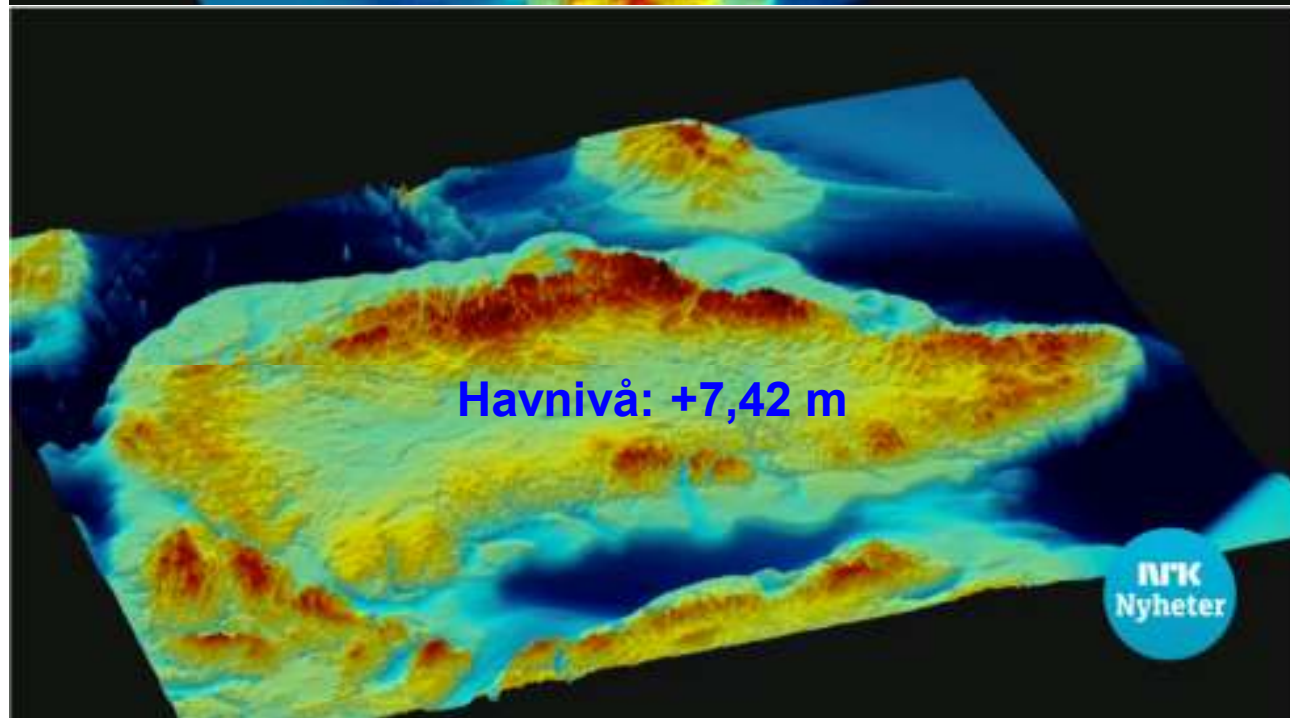
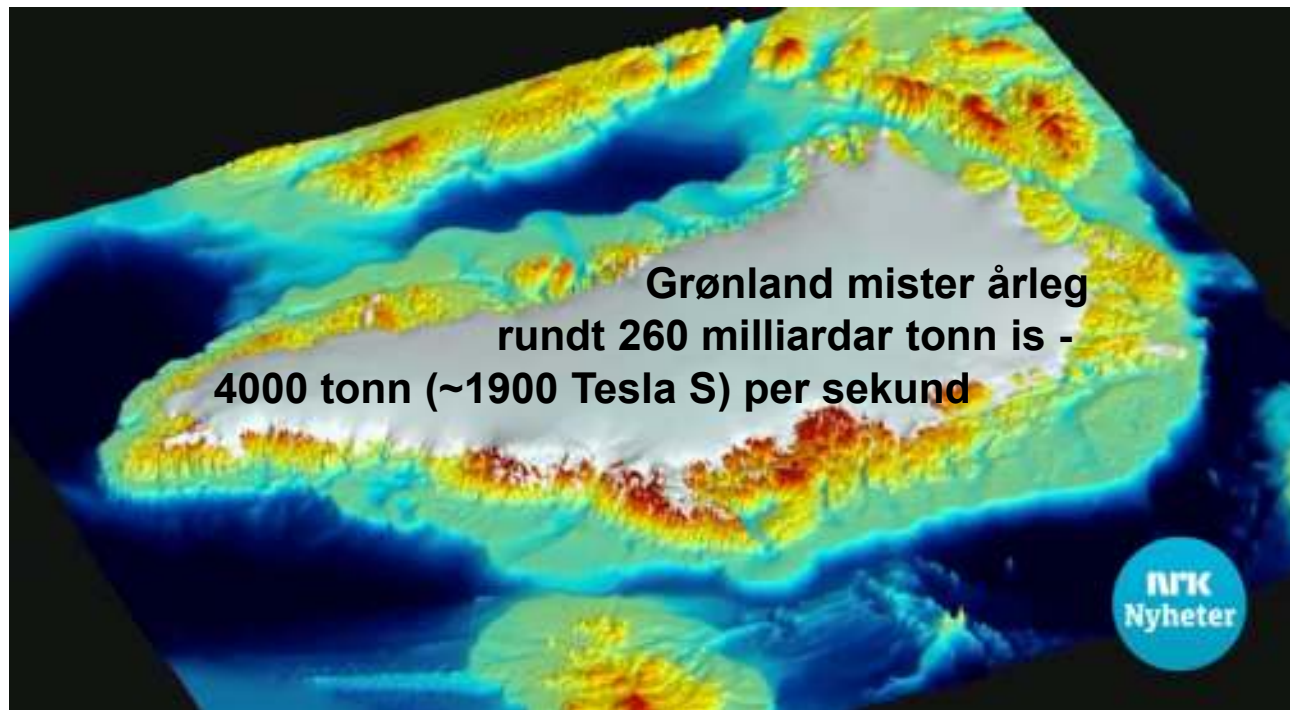


Foto: Oddny Elisabeth Greidung

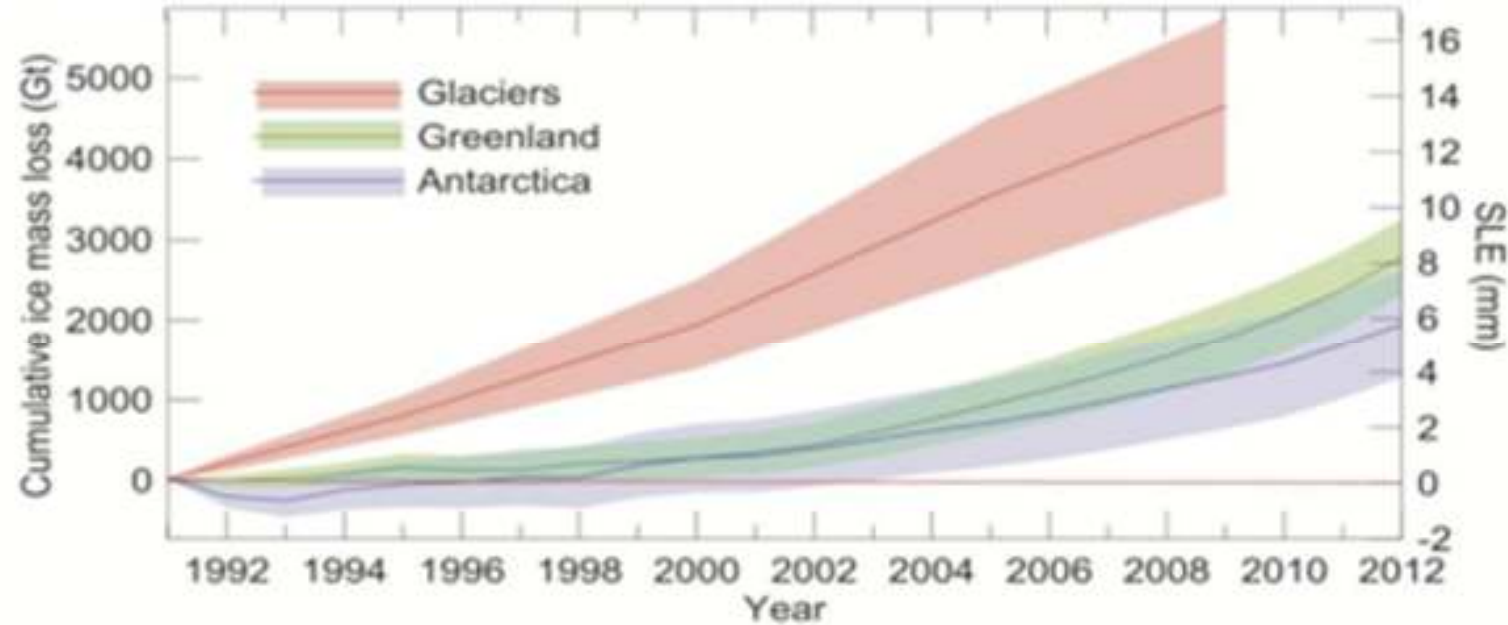


Morligham m.fl.
(2017)

nrk.no/urix

Bidraget frå brear og innlandsisar til havnivåstiginga 1991 - 2009

Contribution of Glaciers and Ice Sheets to Sea Level Change



Cumulative ice mass loss from glacier and ice sheets (in sea level equivalent) is 1.0 to 1.4 mm/yr for 1993-2009 and 1.2 to 2.2 mm/yr for 2005-2009.

Brear i Skandinavia

<u>Noreg</u>	<u>S. Noreg</u>	<u>N. Noreg</u>	<u>Totalt</u>
Tal bre-einingar	1252	1282	2534
Areal (km ²)	1523	1169	2692

Brear og fleirårig snø dekker ca. 0,7% av landarealet i Noreg

Kjelde: Andreassen og Winsvold (2012)

- I Noreg er breane ein viktig energiresurs
- Store vasskraftverk ligg i breområde
- Brear gjev vatn til elvar gjennom tørre somrar
- Eit fascinerande element i norsk natur
- Trekkjer til seg mange turistar kvart år



To typar bredata:

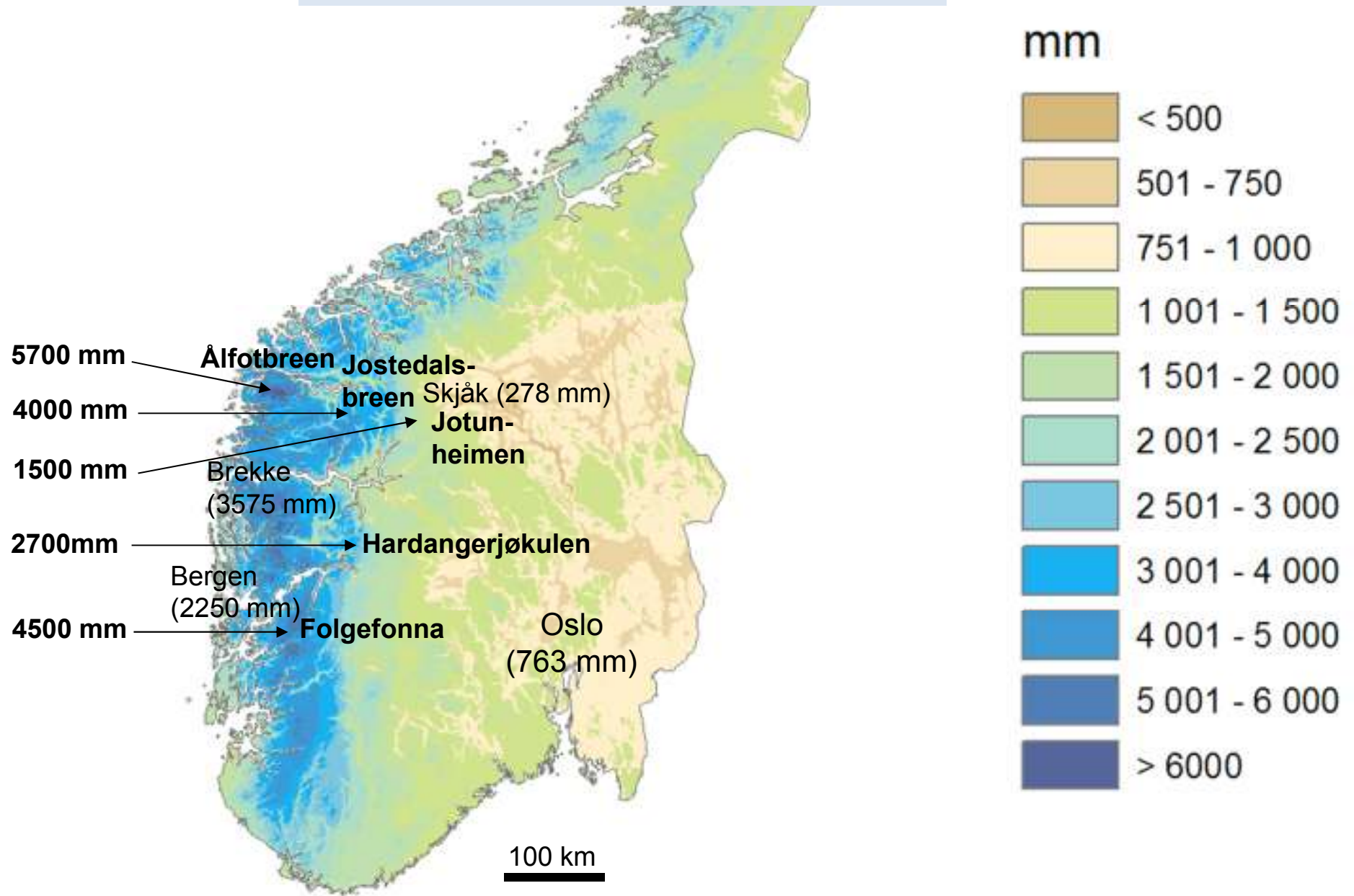
- 1) Massebalanse/volumendring (direkte, årlege)**
- 2) Data om lengde-/frontvariasjonar (indirekte, forseinka)**



Stor materialtransport i breelvane om sommaren



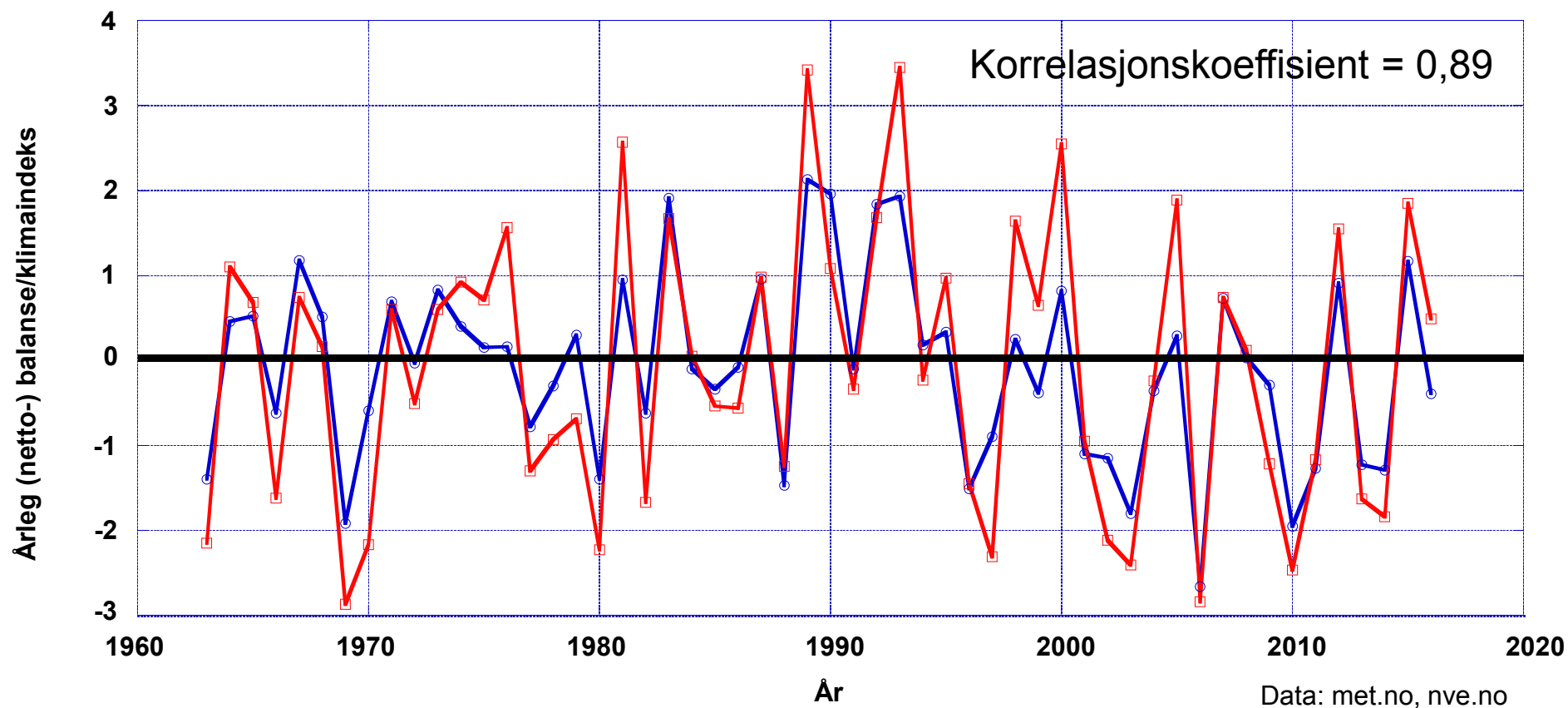
Gjennomsnittleg årleg nedbør (1961-1990)

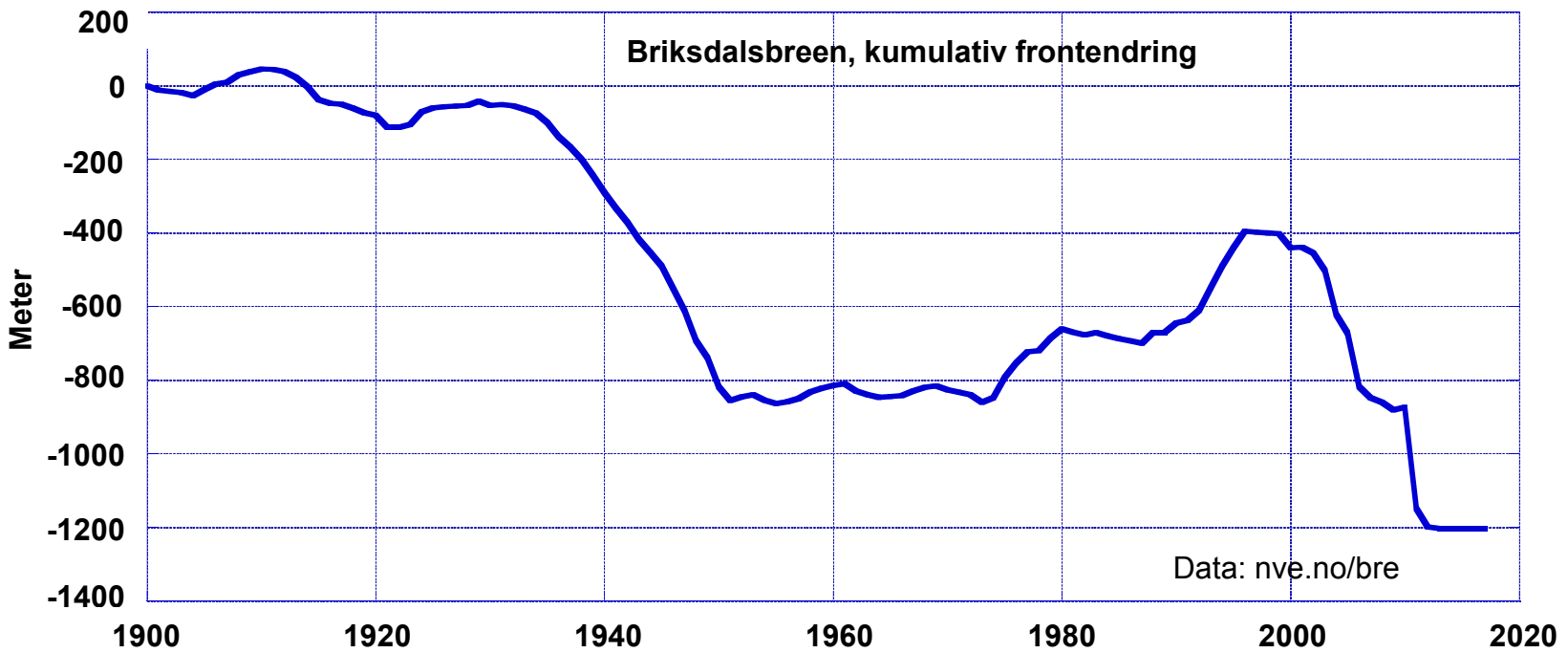
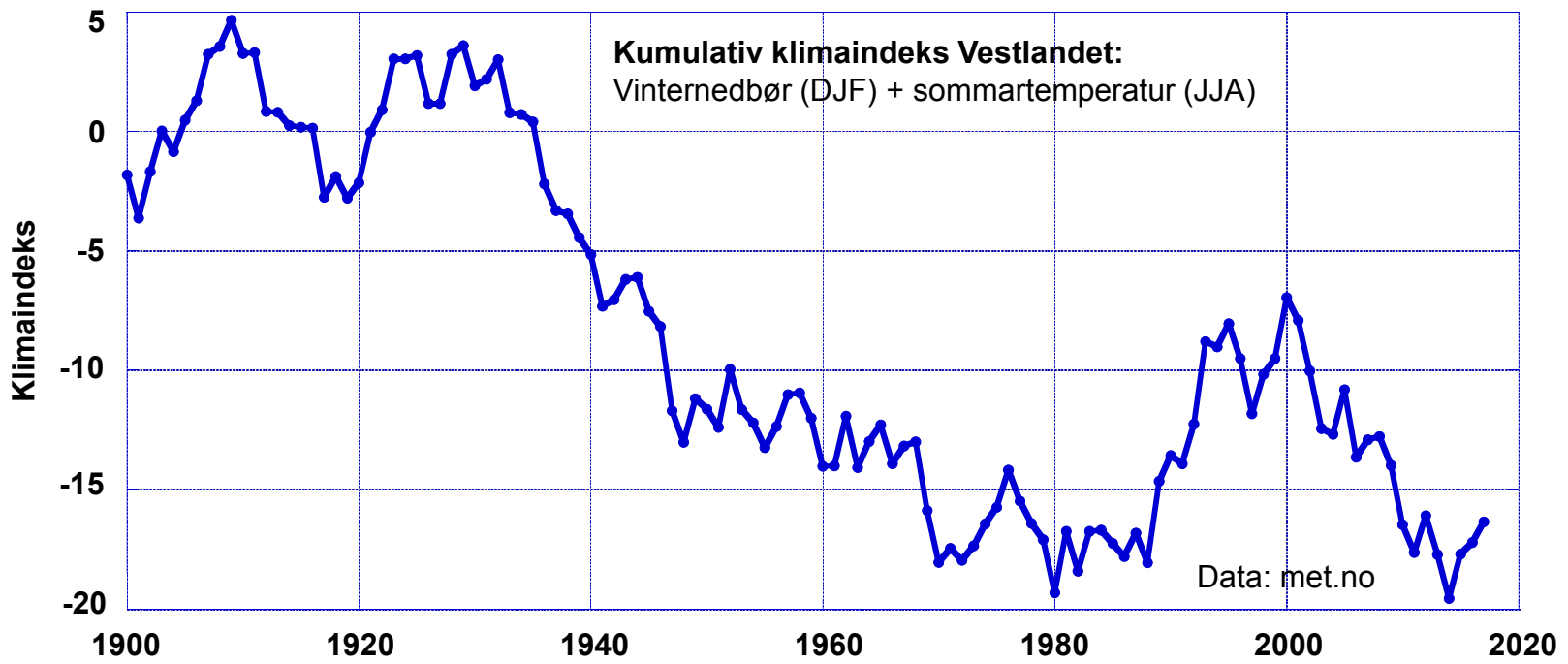


Er brear ein god klimaindikator?

Årleg (netto-)balanse på Rembesdalskåka, Hardangerjøkulen

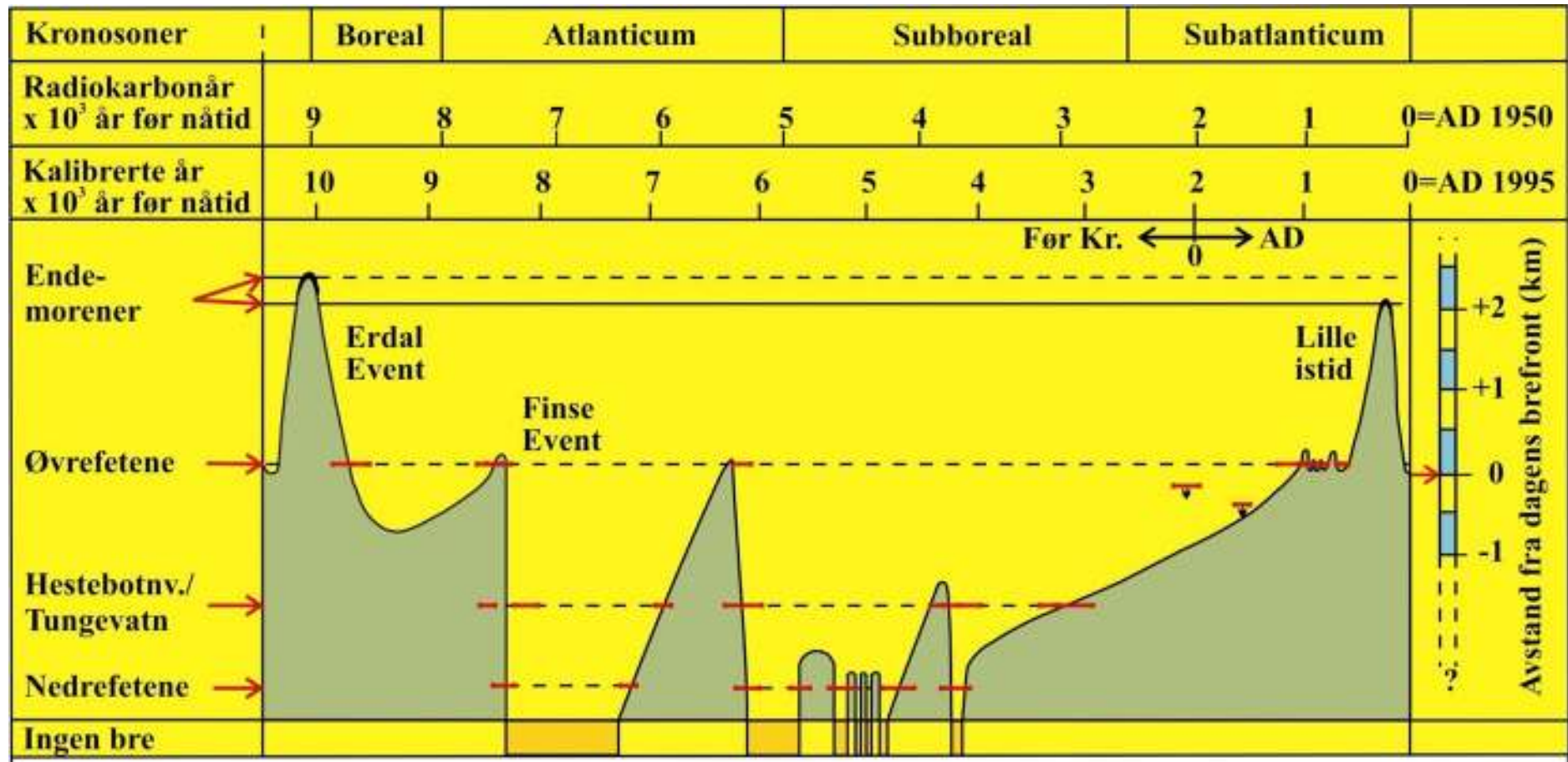
Klima-indeks: Vinternedbør (des.-feb.) og sommartemperatur (jun.-aug.) på Vestlandet





Har dei norske breane eksistert kontinuerleg etter siste istid?

Rekonstruerte variasjonar til Hardangerjøkulen



Etter Dahl og Nesje (1996)

Hardangerjøkulen AD 2003...



Foto: Sven Dahlgren

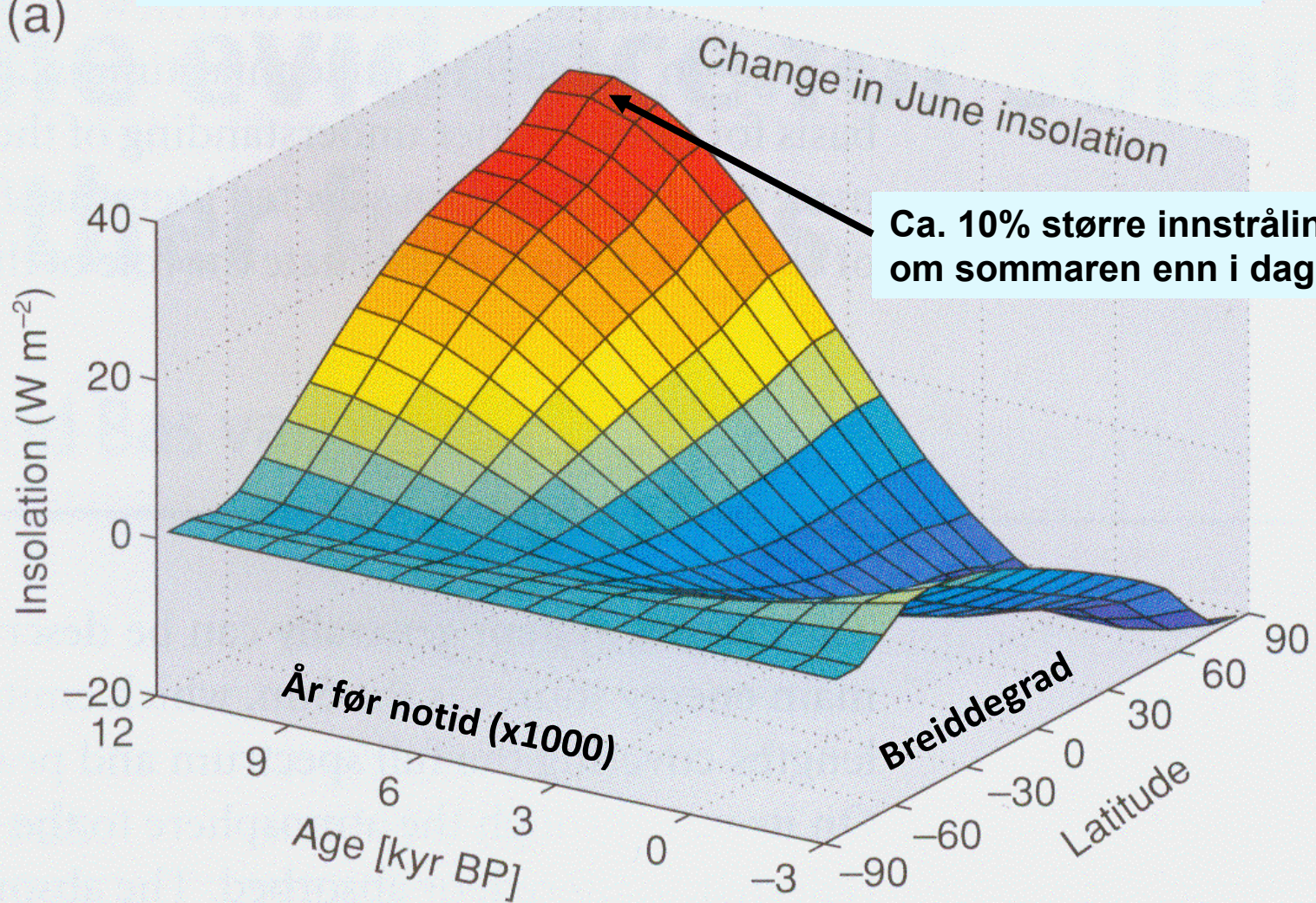
.....7500 år sidan

Foto: Sven Dahlgren
Illustrasjon: Eva Bjørseth



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

(a)



Ca. 10% større innstråling om sommaren enn i dag



Den eldste isen inst i istunnelen gravd ut i 2012 er datert til:

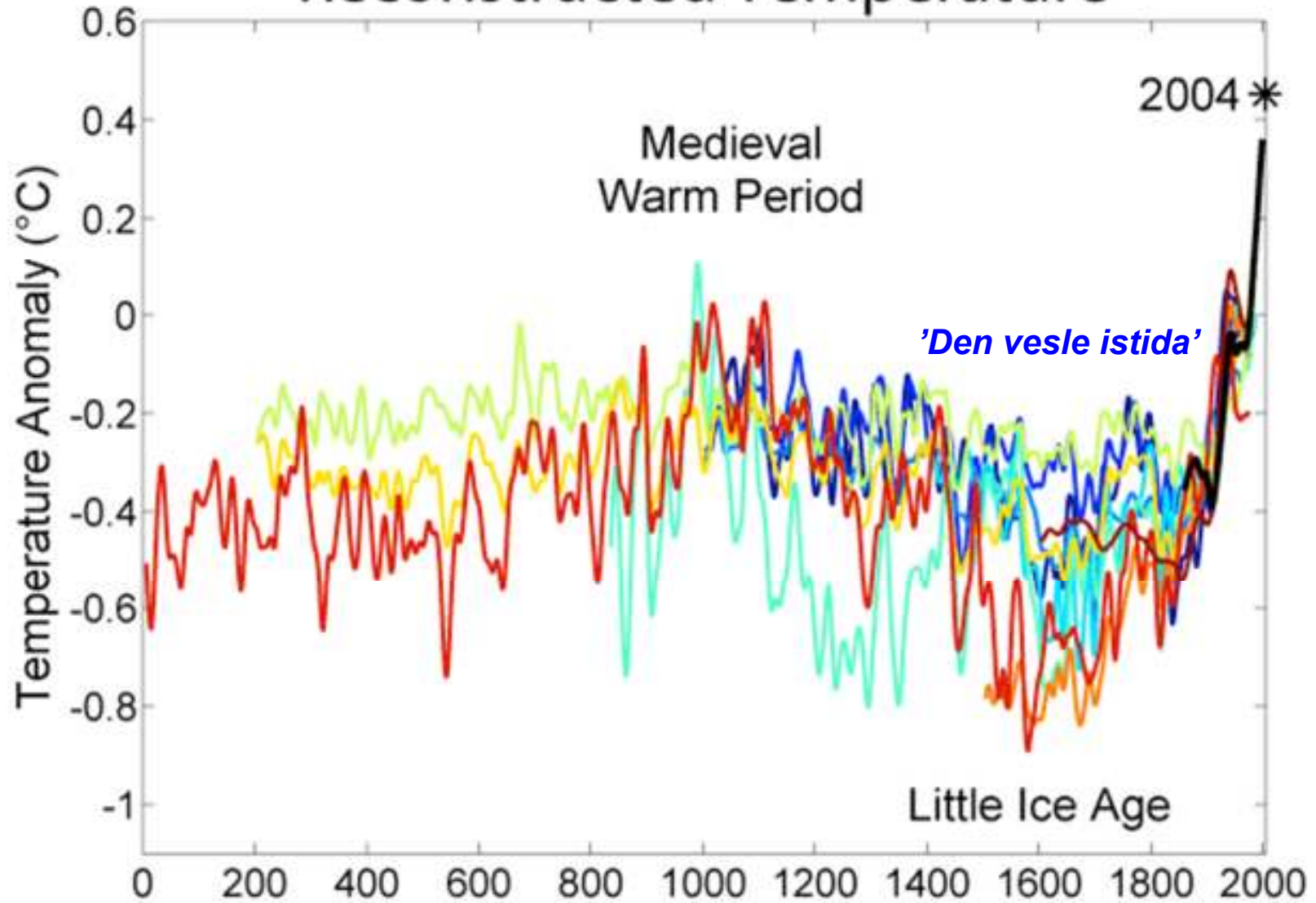
7632 (7476-7785) år før notid (AD 1950)

Margit Schwikowski og Chiara Uglietti, Villigen i Sveits

Den eldste daterte isen på fastlandet i Noreg!



Reconstructed Temperature



Matthias Foss, som var prest i Jostedalen, skreiv i ”*Justedalens Kortelige Beskrivelse*” (Foss 1750, prenta i 1802) om utviklinga til Nigardsbreen etter 1742:

“...men fra bemeldte Tid til Aarsdagen derefter 1743 havde Iisbæen ei allene skudt seg fram de 100 Alne i Længden, foruden umaadelig i Bredden, men endog borttaget Husene, omkastet dem, væltet dem for sig med en umaadelig Mængde af Jord, Gruus og store Stene fra Afgrunden og knuset dem i ganske smaa Stykker som endnu er tilsyne...”.



Jostedalen historielag



J.C. Dahl

1 alen = 0,6275 m
100 alen = ~63 m

'DEN VESLE ISTIDA'

Under 'den vesle istida' vart mange gardar rundt Jostedalsbreen påført skade. Bøndene var dermed ikkje i stand til å betale skattane dei var pålagde.

Bøndene i Olden og Stryn gjekk saman for å setje opp eit skriv til Kongen i København der dei gav til kjenne den stoda dei var komne i.

Det var ikkje så lett å sende brev nedover til København på slutten av 1600-talet. Det kunne ta lang tid og breva kunne kome vekk på vegen. Hugleik Tungøyen og Johannes Paulsen Qvamme var sendemenn.

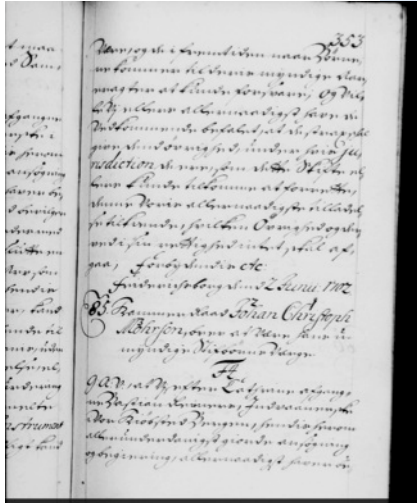


Det danske slott
rundt 1700

Kong Frederik den 4.
(1671-1730)
Konge frå 1699



Avskrift i Statsarkivet av brev/søknad (Supplique) til Kongen i København
frå bønder i indre Nordfjord, datert 7. mars 1702:



digitalarkivet.no

Böndernes allerunderd.^{te} Supplique til Hans Kongel. Maj.^{ts},
saavel om eendeel Jorders skeede aftag, som om eendeel hvor
paa enda ingen aftag giort var.

Stormægtigste Konge

Allernaadigste Arve Herre.

Vii Fattige elendige eders Kongel. Maj.^{ts} allerunderdanigste
Skattebönder af Nordfiords Fogderie i Jndviigs Præstegield udj
Stryens og Oldens Skibreeder, höylig og meget nödtvingende er
foraarsaget for eders Kongel. Maj.^{ts} at foredrage og hermed
tilkiendegive, det os, efter voris ydmygeligste Andragende til
velb. Hr. Amtmand Hans Nielsen,

På midten av 1600-talet såg dei Brenndalsbreen "som ei kvit kyr i himmelsjå".

Dalane som var breframstøyer sin "fordums hslaatekvier".

Mellom 1650 og 1661 var breen 4,5 km (gjennom)

12. desember

Martines garden M

"1743 De og Fæ og ogsaa bl 1744 Var

4 Mark hver, 1 Fjørpudder, 2 Væster, 1 Par Hoser, 1 Kvitel og 2 Forklæde og 1 Sok var i Behold. 1661 foredes paa Gaarden 44 Naut og 2 Hester"

1743 Den 12 December udto
at Mær Tingøen. af sam
Tilfælde med Folk og
og Andro Hinn en Soldat

som herte der blev redet samt en
blev reddet. Den gutten hedde Hinn
fra Rødi i Ladalen

1744 Var der Skifte efter Gullak Tingøen
og Hone Hinn 2 bedrevde Høns a. 4
Mark hver 1 Fjørpudder 2, Væster 1 Par
Hoser 1 Kvitel og 2 Forklæde og 1 Sok
var i Behold 1661 foredes paa Gaarden
44 Naut og 2 Hester

Martines E. Bødal



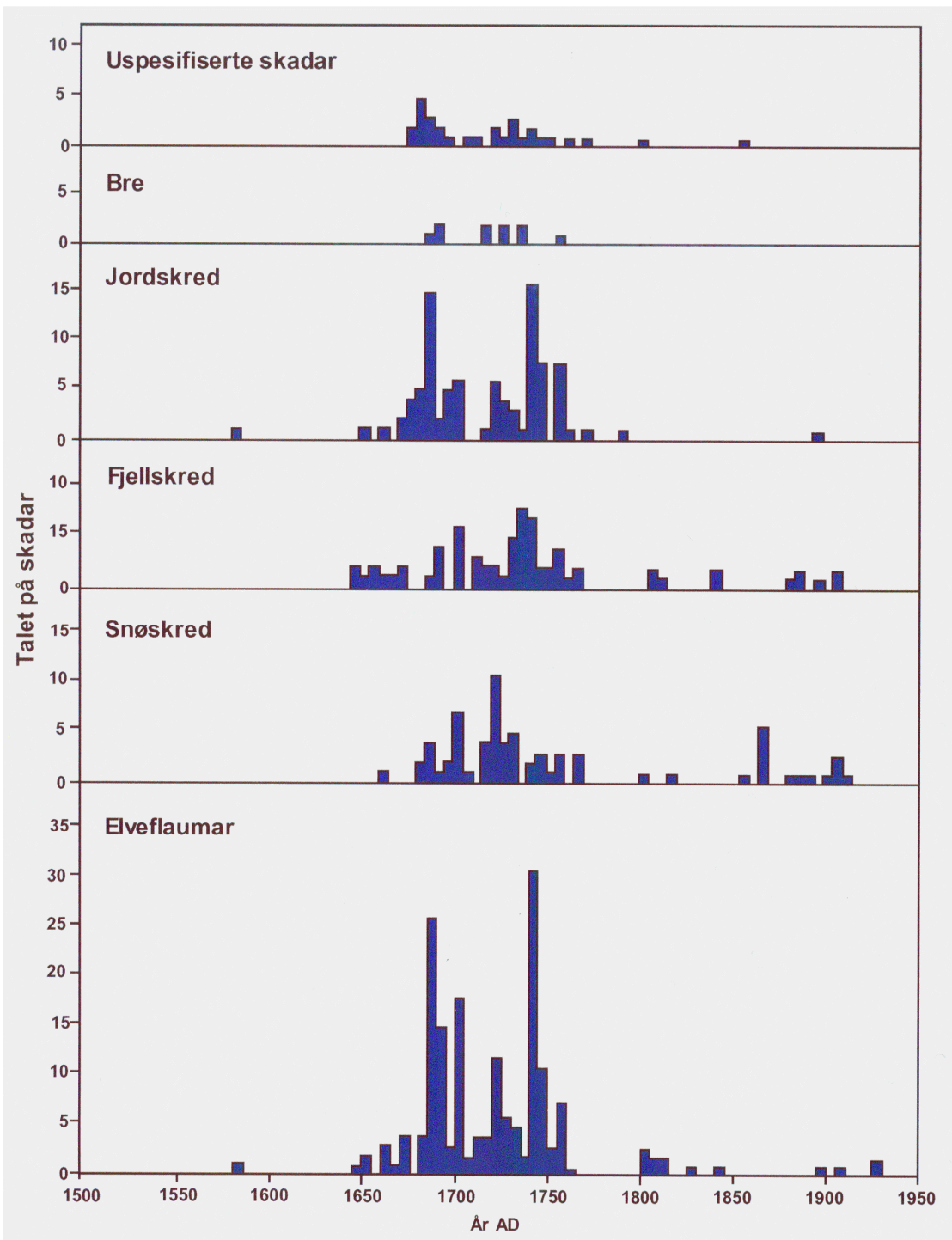
Foto: Privat

på

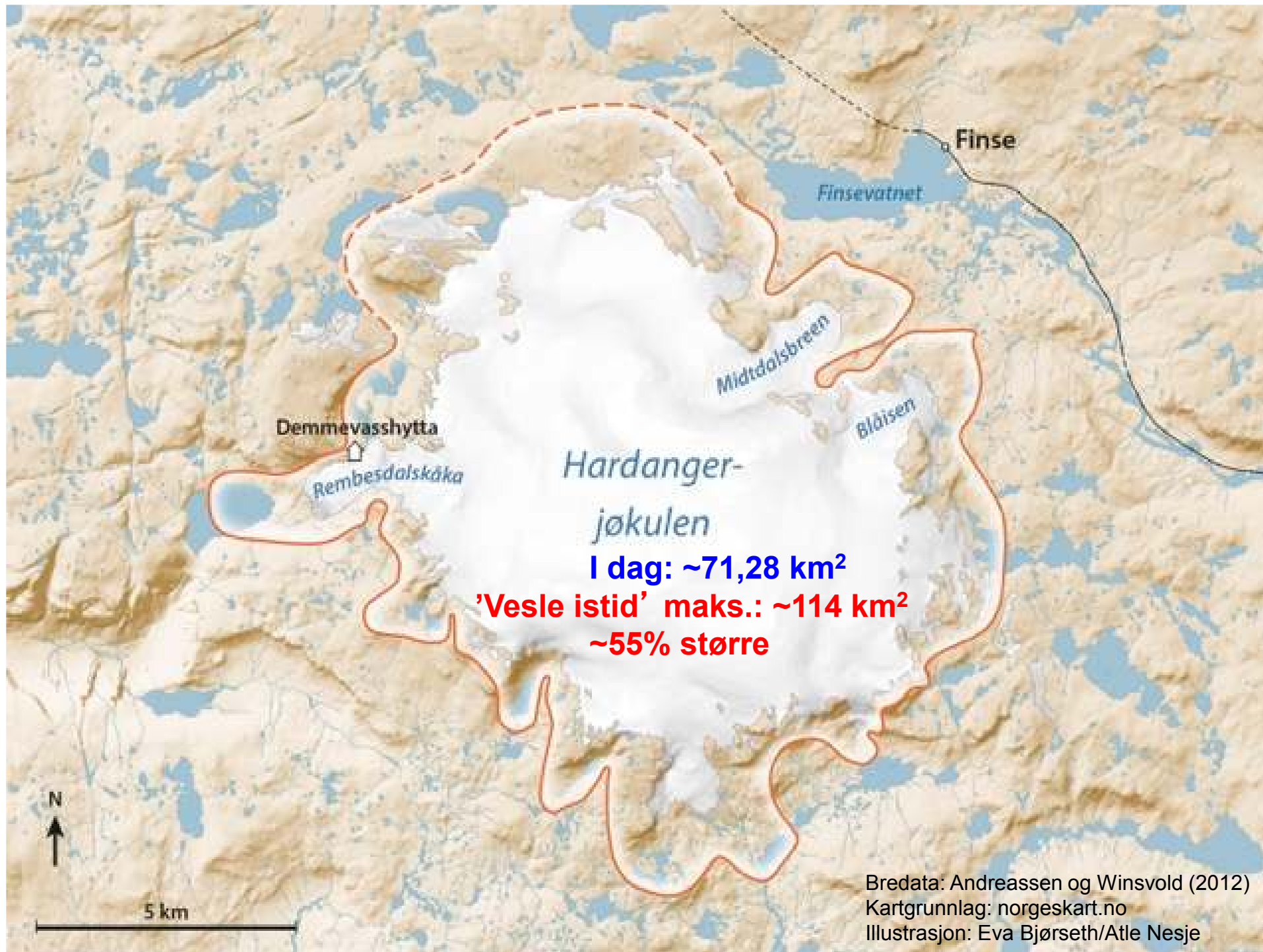
Folk
ut

Kjör á

Foto: Sigbjørn Myklebust

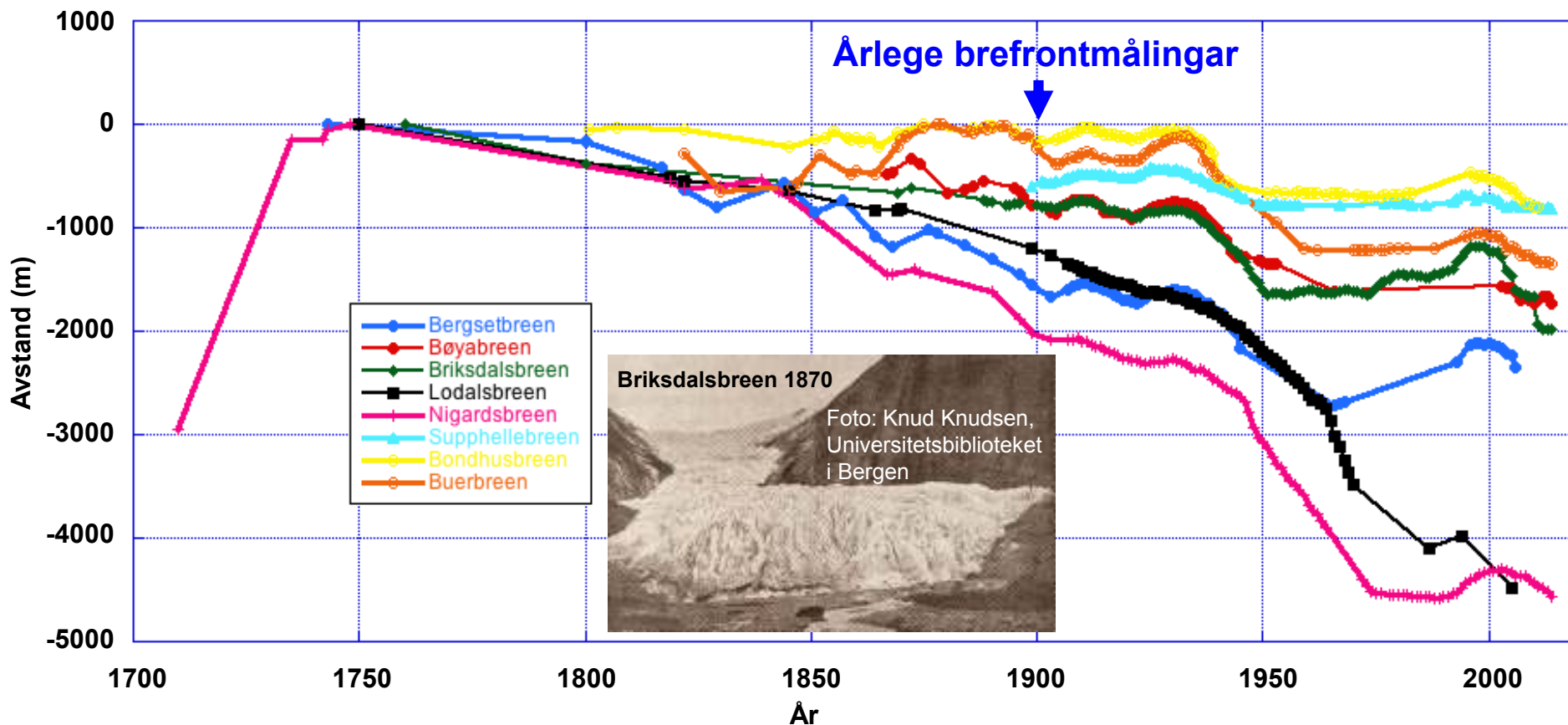


Modifisert etter
Grove og Battagel (1983)



Bredata: Andreassen og Winsvold (2012)
Kartgrunnlag: norgeskart.no
Illustrasjon: Eva Bjørseth/Atle Nesje

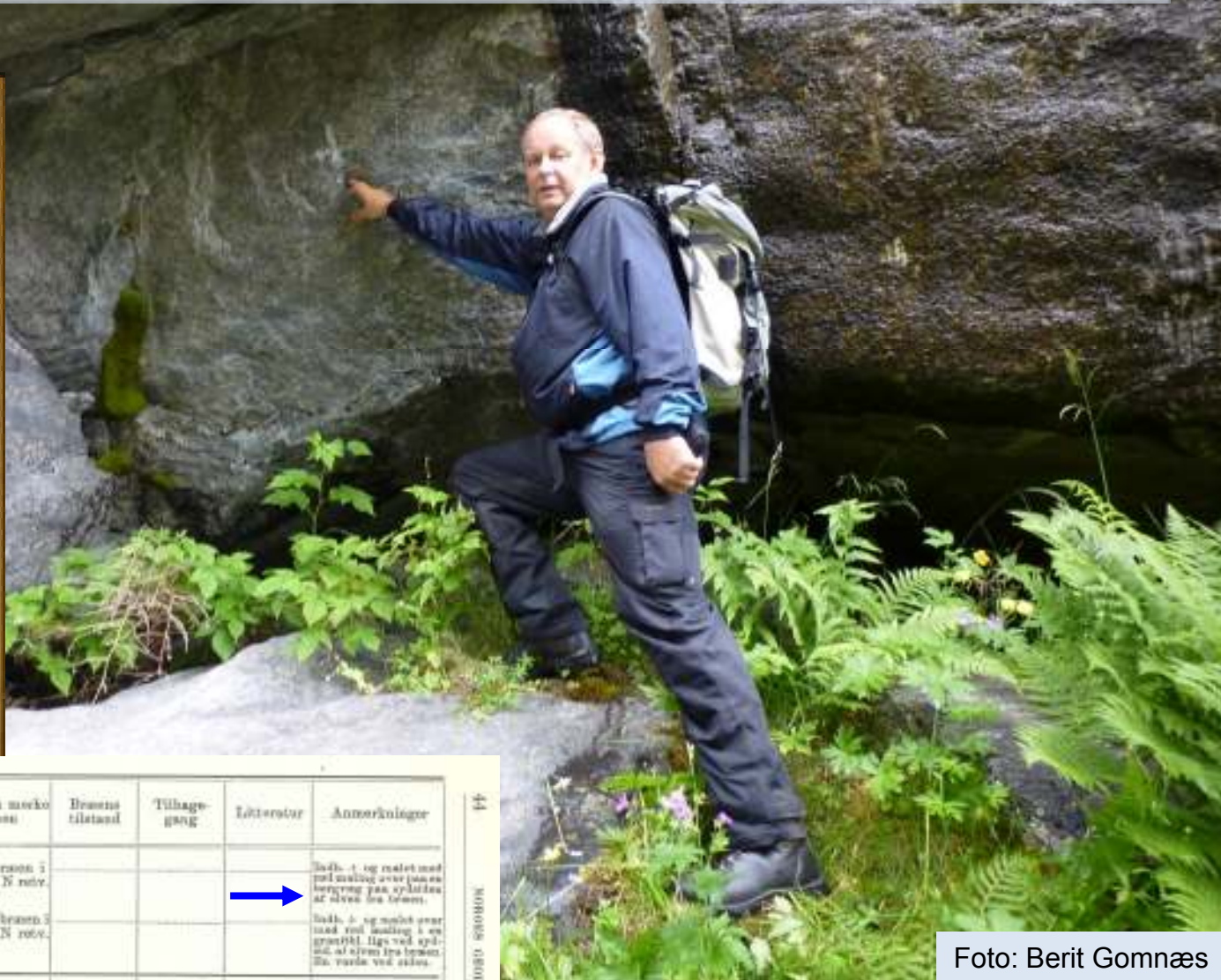
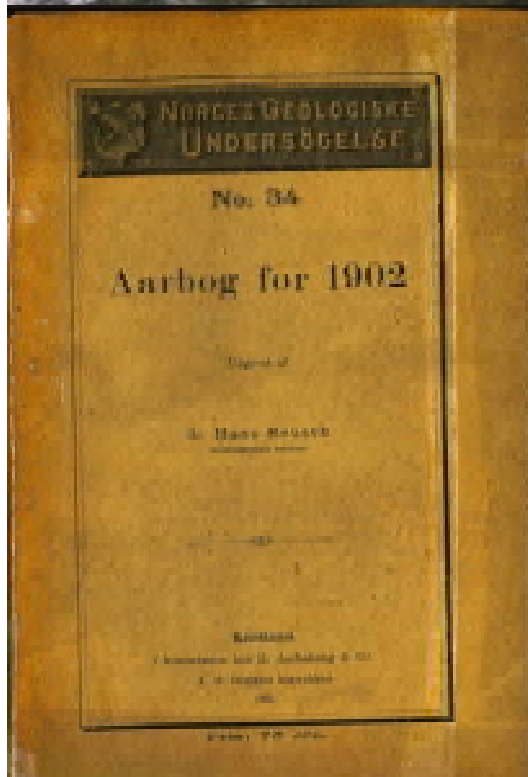
Kumulative frontendringer til utløpsbrear frå Jostedalsbreen og Søndre Folgefonna basert på *historiske data, måleri, fotografi* og *direkte frontmålingar*



Modifisert etter Nussbaumer m.fl. (2011)

Kors i fjellveggen hogge inn av John Bernhard Rekstad (1852-1934) i 1900 og som danna grunnlag for årlege frontmålingar av Brenndalsbreen

I 1900 låg brefronten 53 m frå korset i fjellveggen



Breen	Uagt-tagor	Aar	Brens- hvide a. h.	Merke	Afstand fra merke til breen	Brens- tilstand	Tilbage- gang	Løsteror	Anmerkninger
Anbrekke- breen	—	—	—	+	53 m. til breen i retz. O 41° N retz.				Indl. 1 og målet med påmåling over (sæde) bergveg på østside af slæe fra breen.
				+ 1/2	55 m. til breen i retz. O 3° N retz.				Indl. 2 og målet over (sæde) ved høiding i en gran (18) lige ved øst- side af slæe fra breen. Se. varde ved side.

44
NORØSK 0800

Foto: Berit Gonnæs

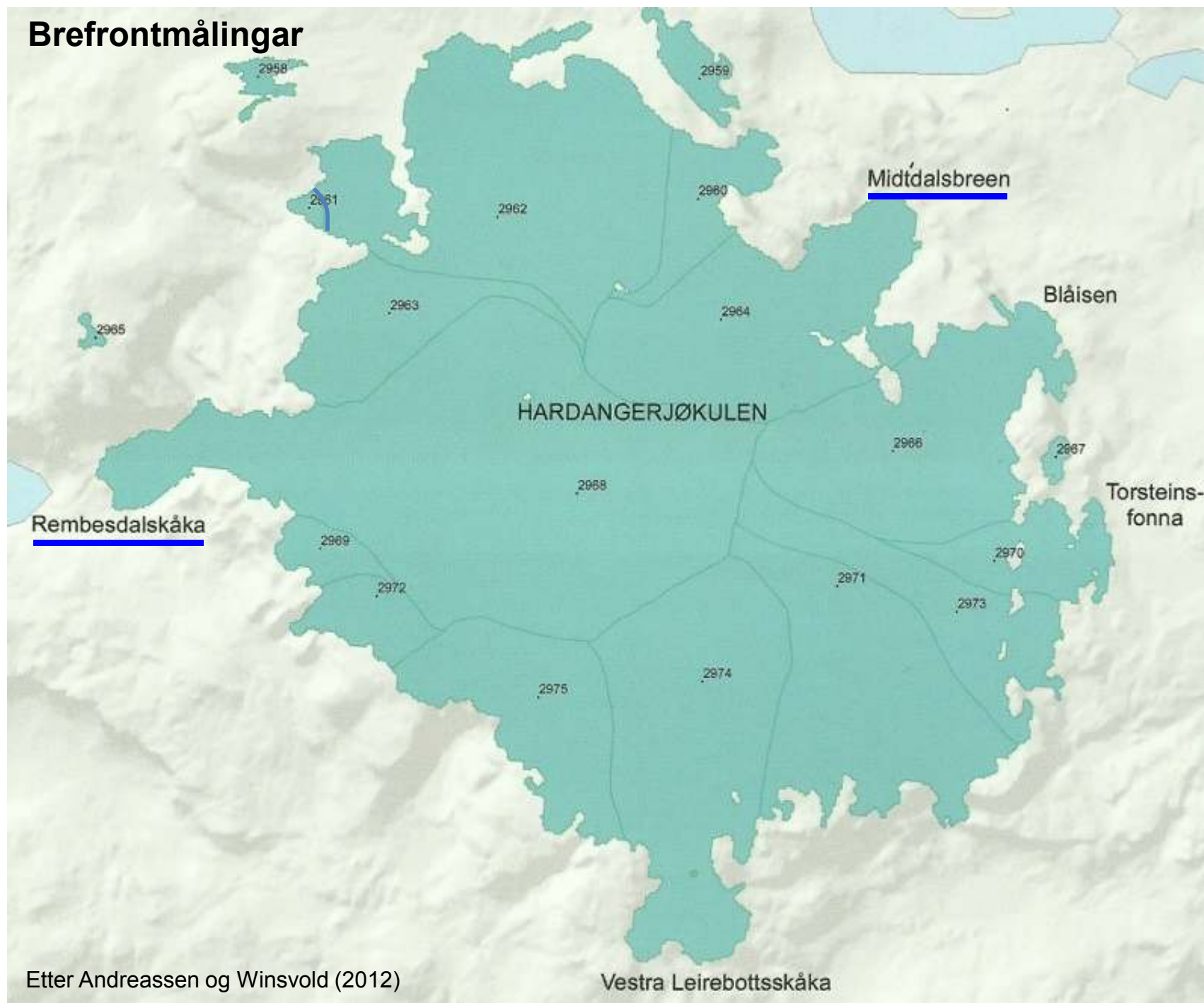
Breforlandet til Nigardsbreen, Jostedalen

I 1899 låg brefronten 113 m frå krossen i steinblokka



Foto: Svein Olaf Dahl

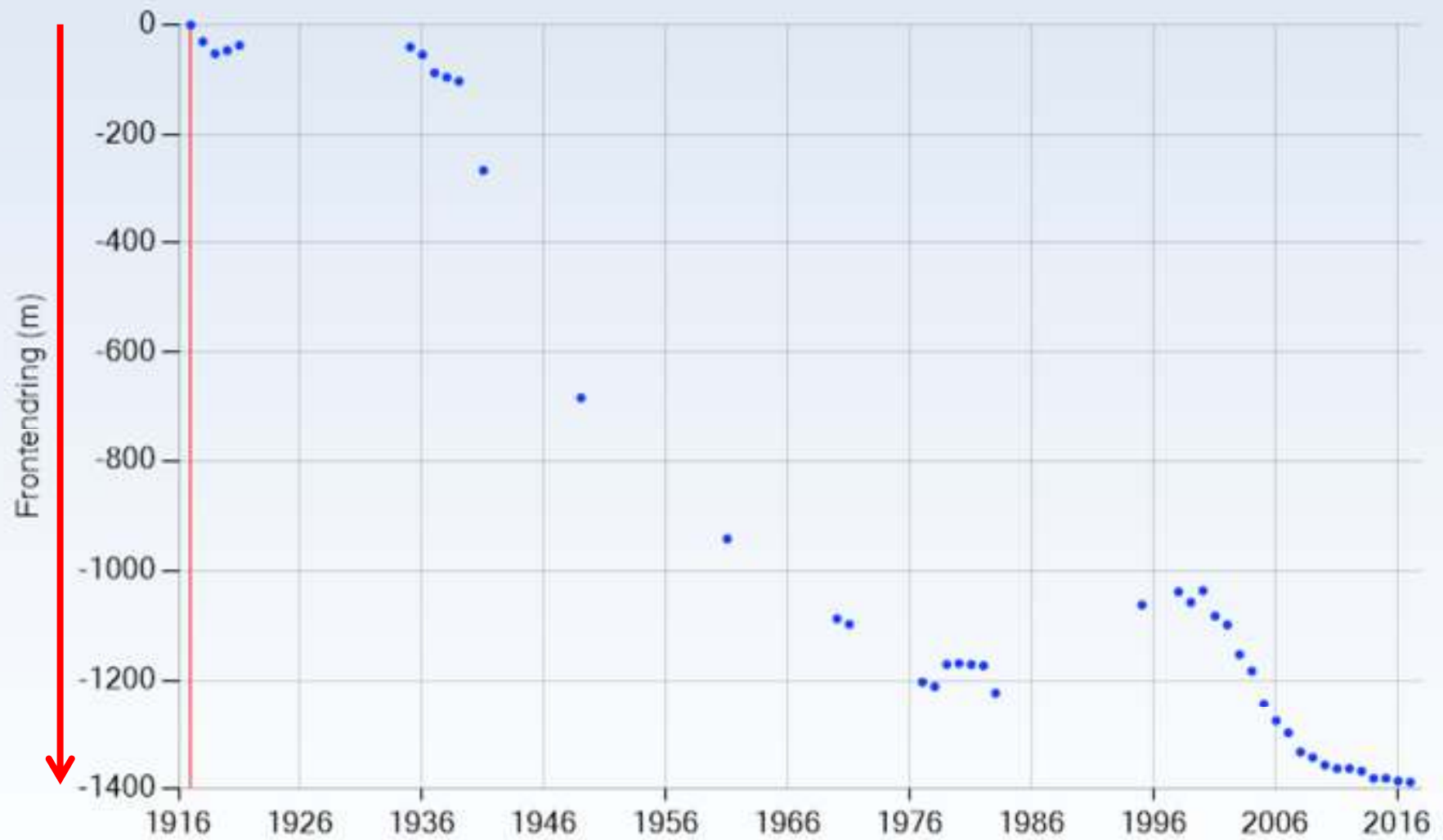
Brefrontmålinger

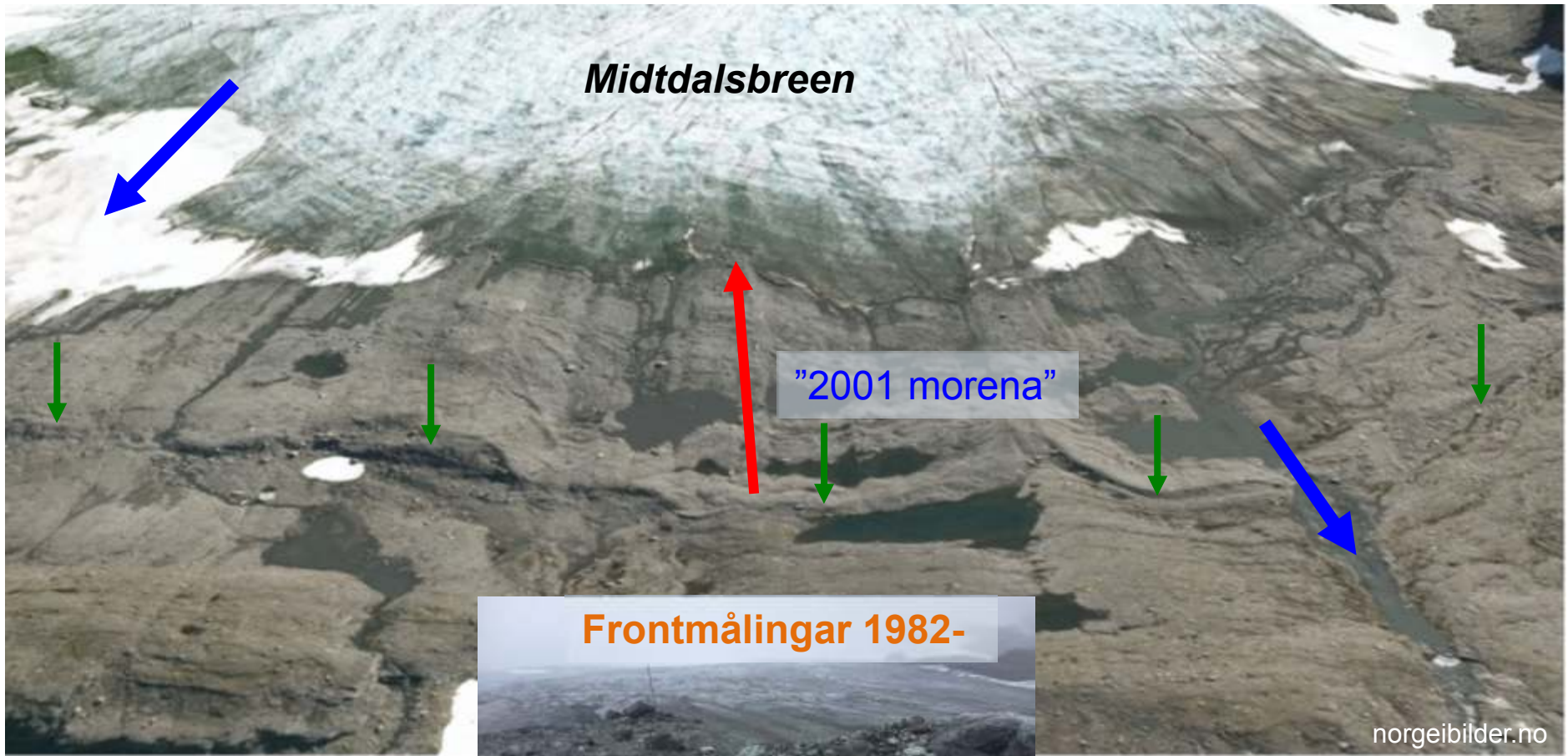


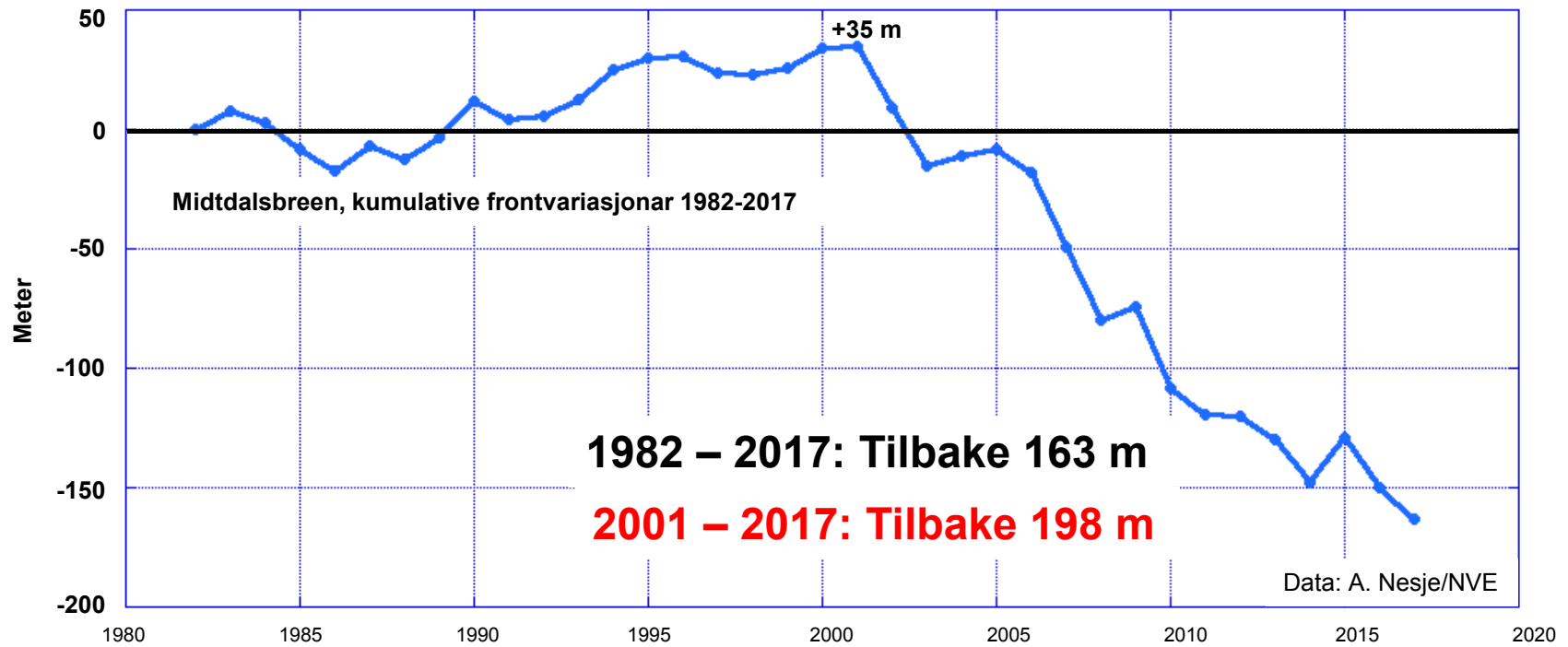
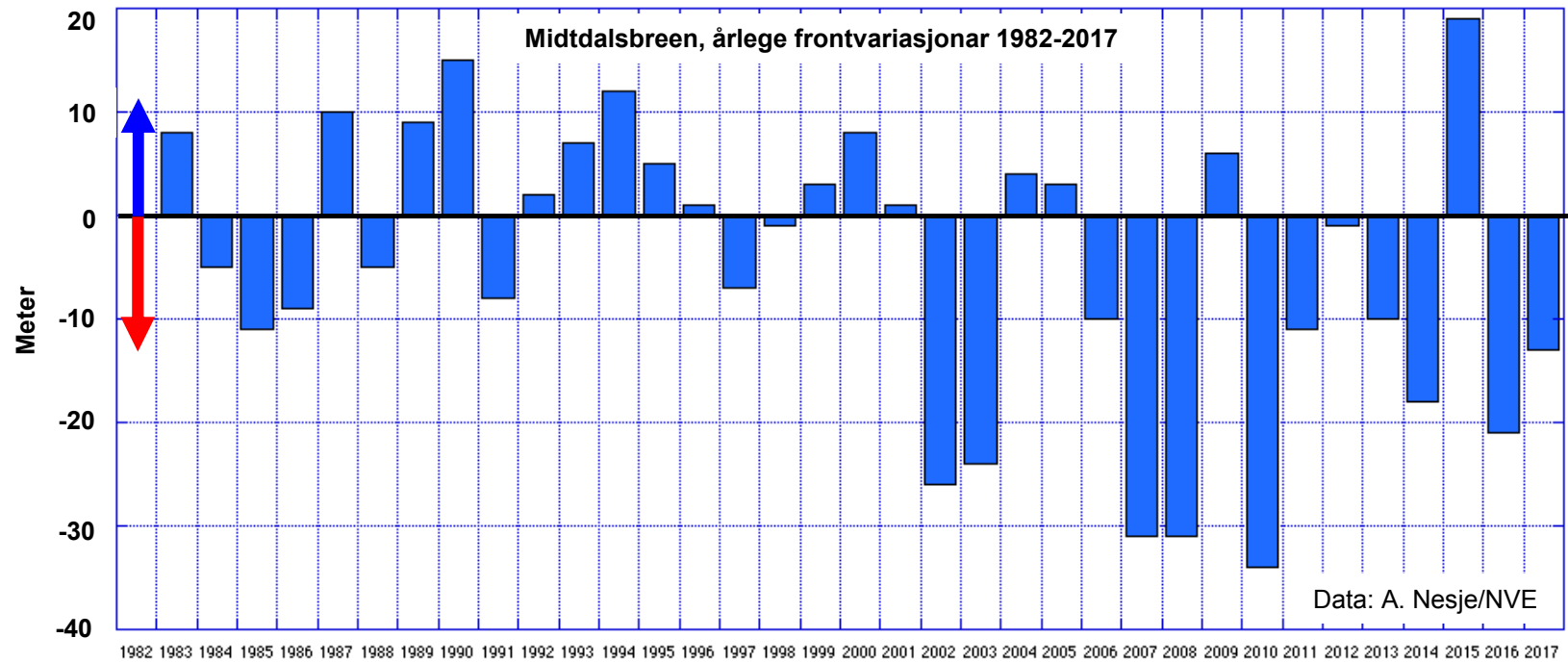
Etter Andreassen og Winsvold (2012)

Vestra Leirebottsskåa

Rembesdalskäka kumulativ frontendring 1917-2017

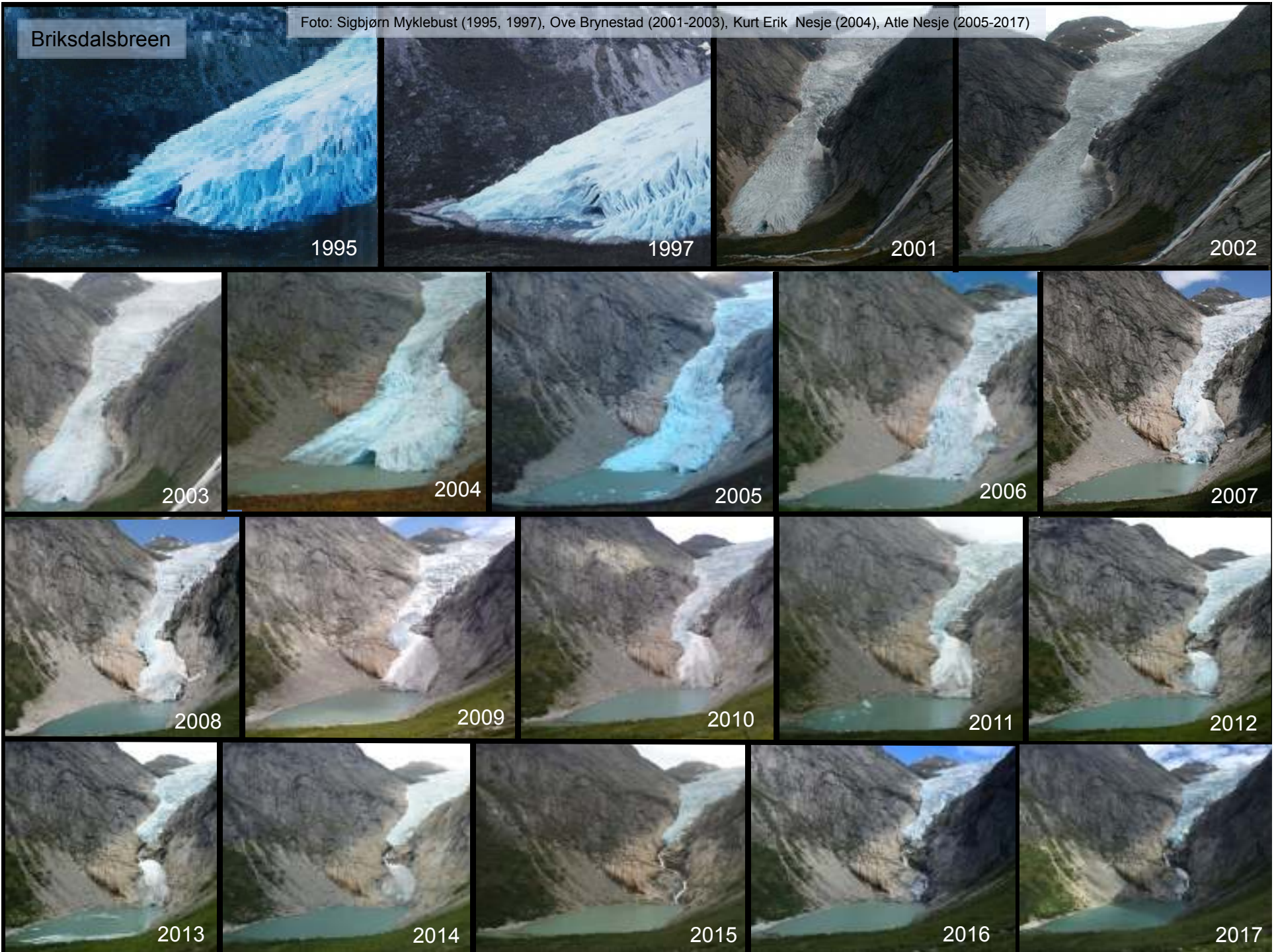




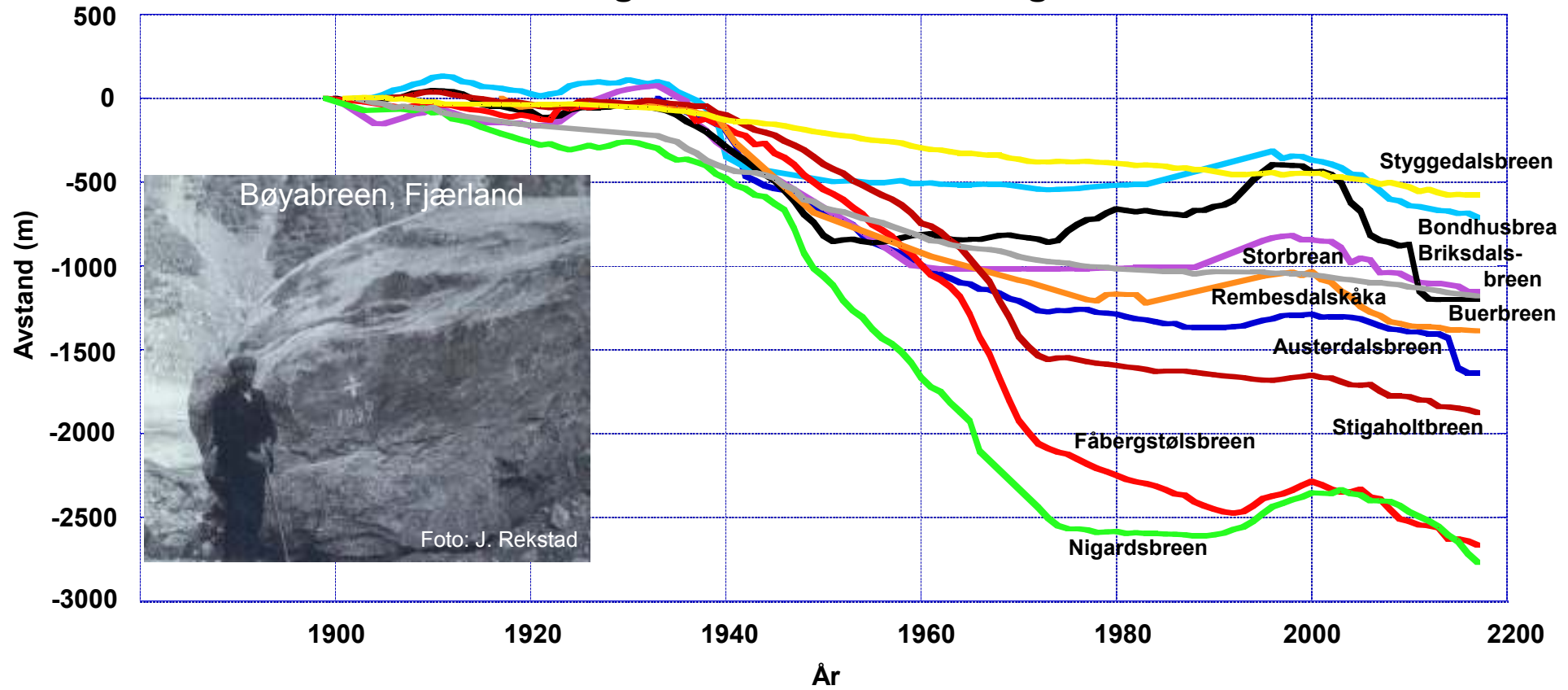


Briksdalsbreen

Foto: Sigbjørn Myklebust (1995, 1997), Ove Brynstad (2001-2003), Kurt Erik Nesje (2004), Atle Nesje (2005-2017)



Frontendringar til brear i Sør-Noreg 1900-2017



Data: NVE



Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE):

Massebalansemålingar på norske brear



Foto: Hallgeir Elvehøy

Massebalansemålingar på norske brear

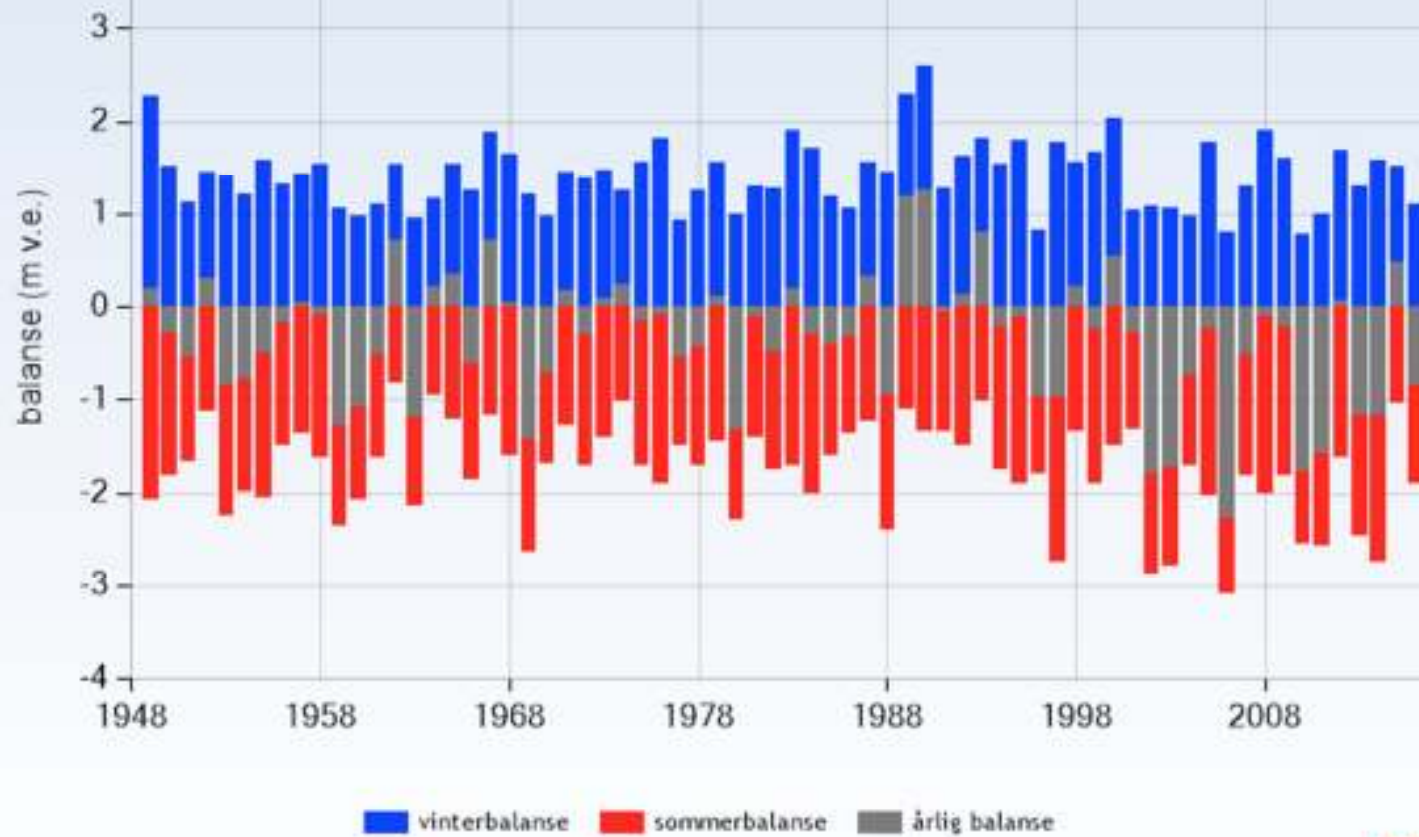




Massebalansemålingane vart starta opp på Storbreen i Jotunheimen i 1949

Foto: Olav Liestøl.

Storbreen massebalanse 1949-2016



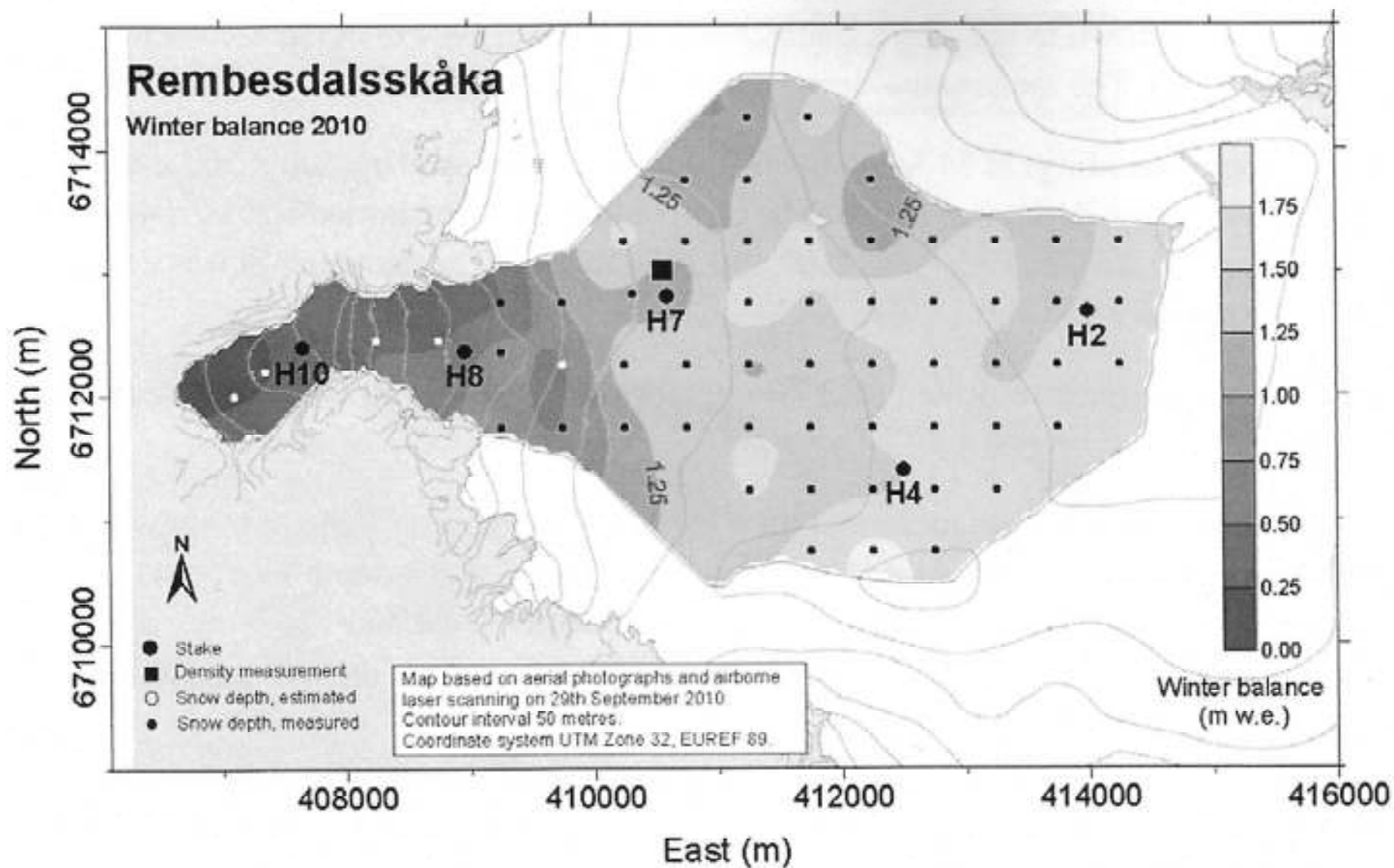
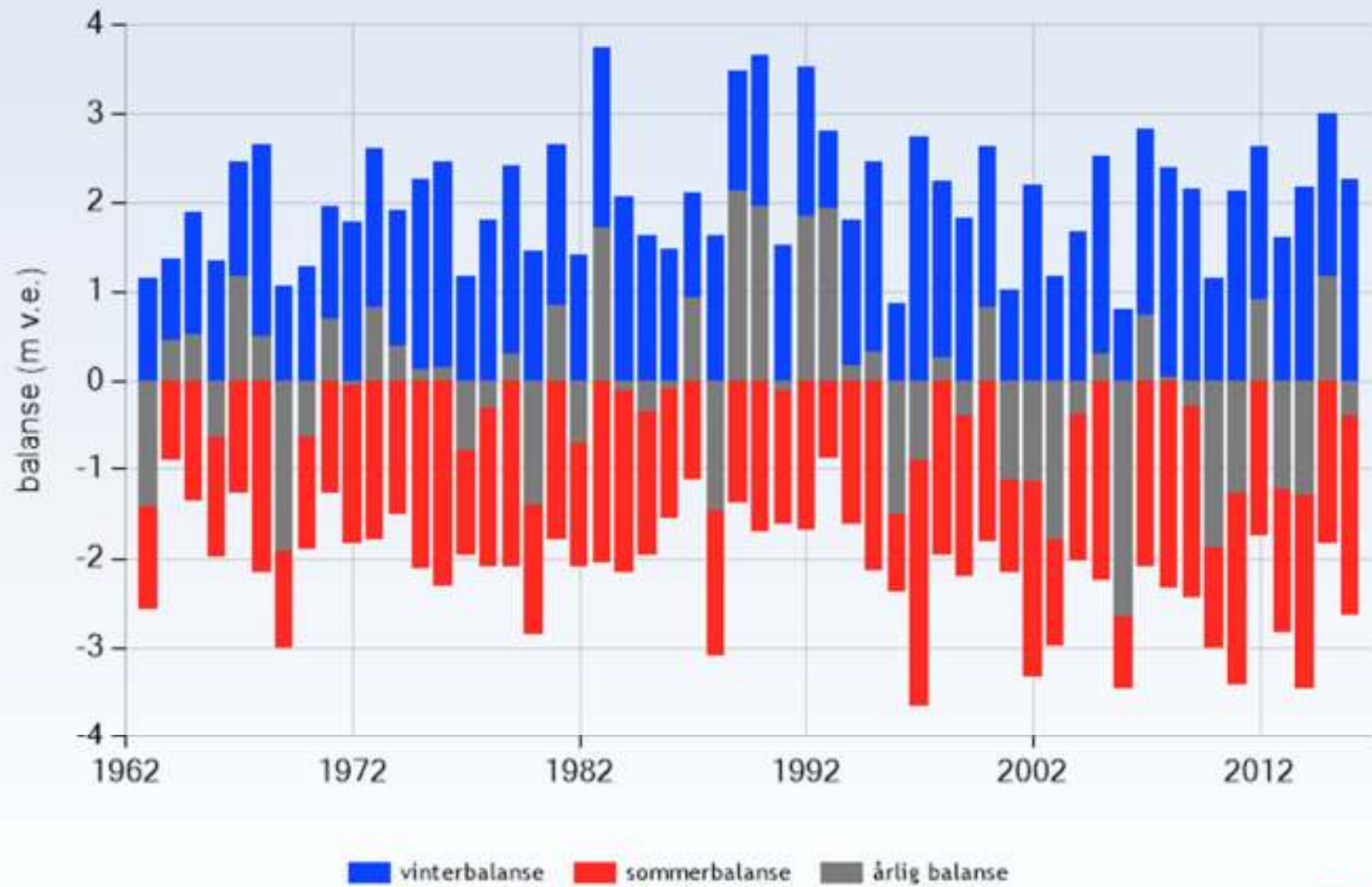
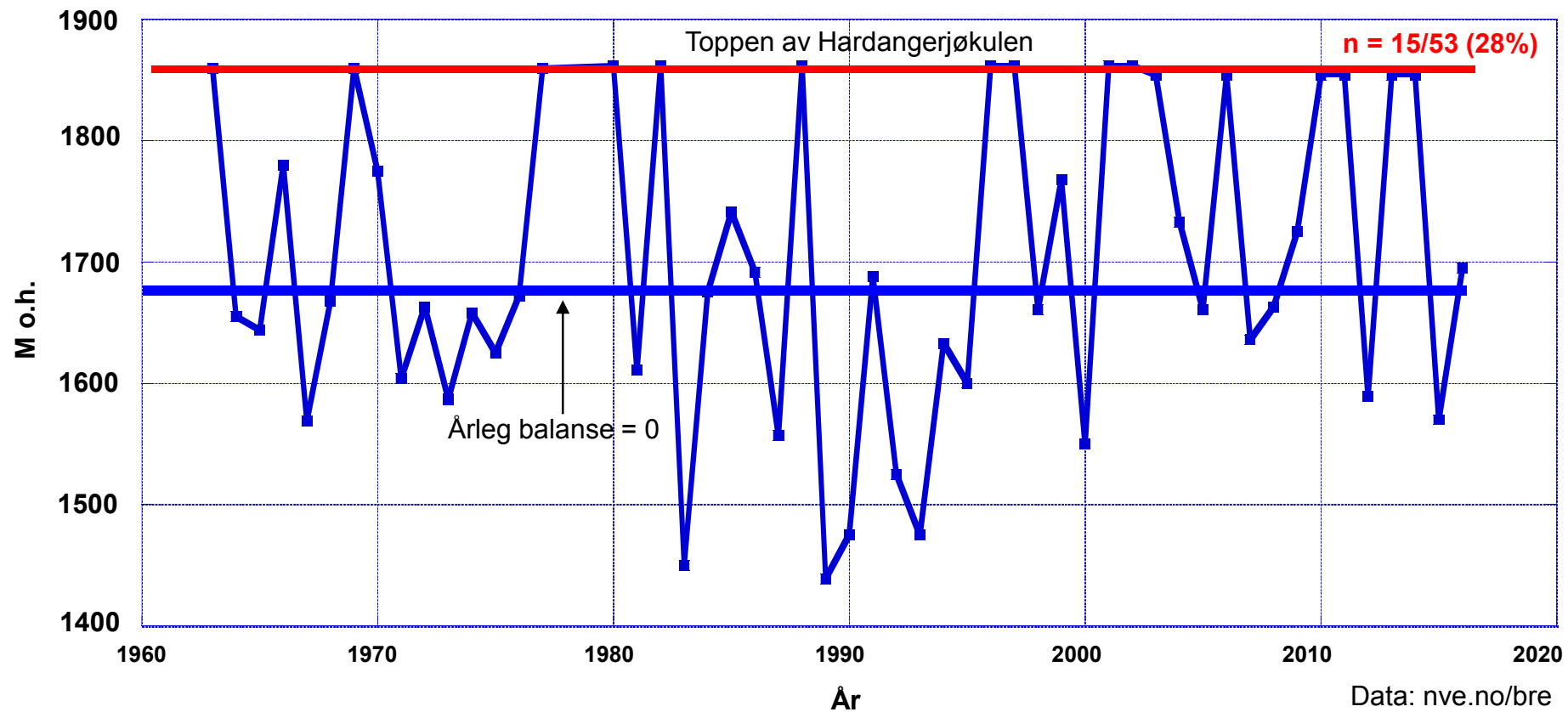


Figure 6-3
Winter balance at Rembesdalsskåka interpolated from 54 measurements (•) of snow depth and five estimated points.

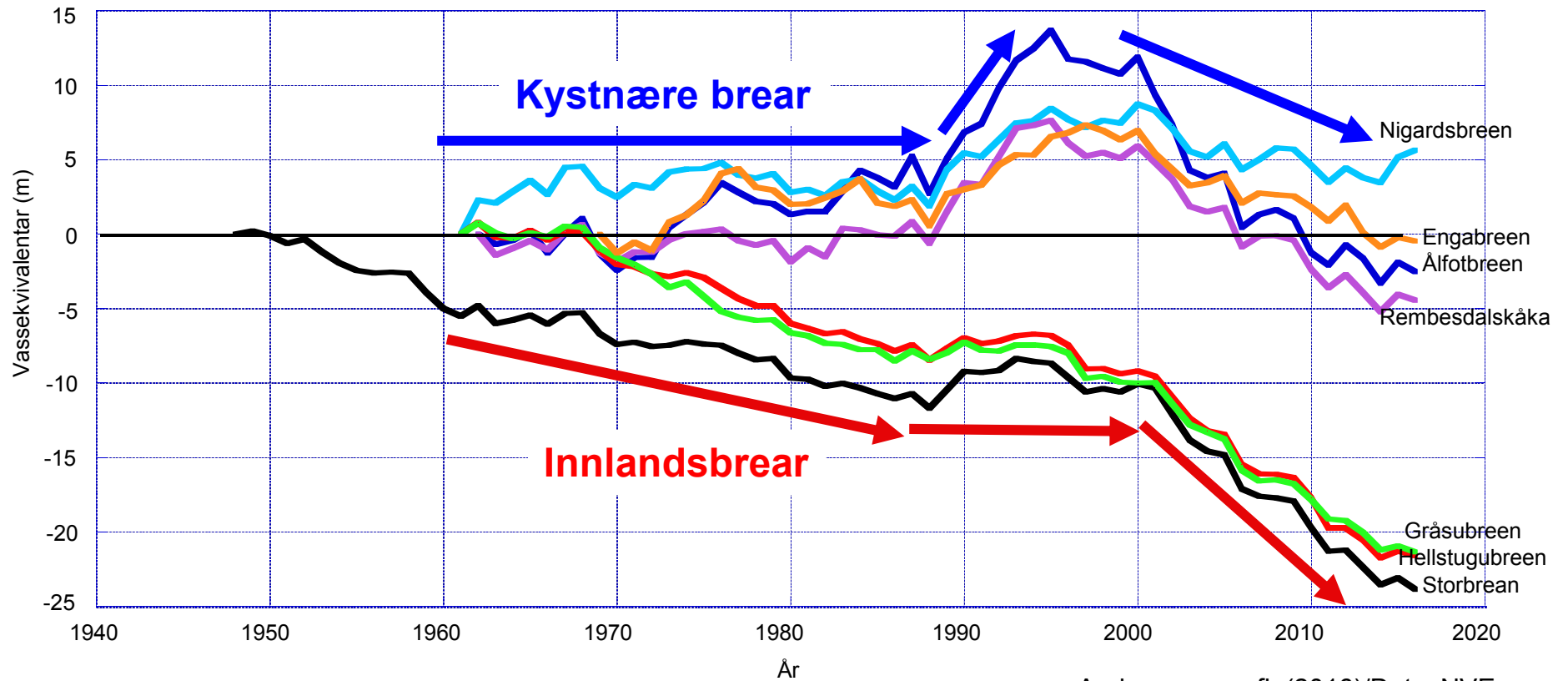
Rembesdalskäka massebalanse 1963-2016



Variasjonar i likevektslina si høgde på Rembesdalskåka 1963 - 2016



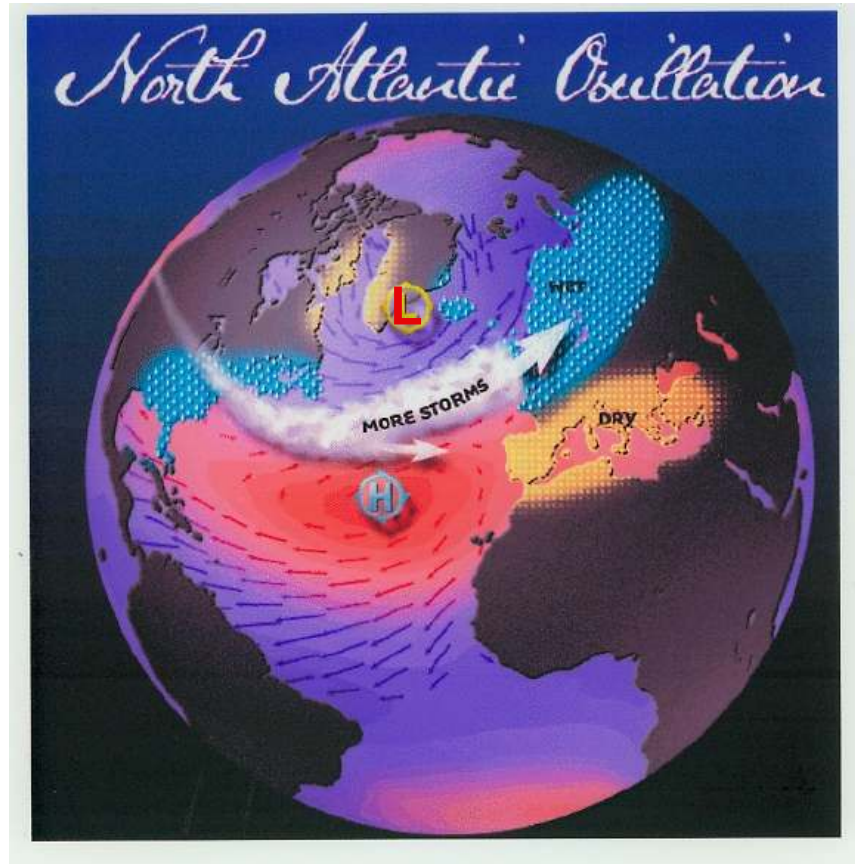
Kumulativ årleg (netto-) balanse på norske brear 1949-2016



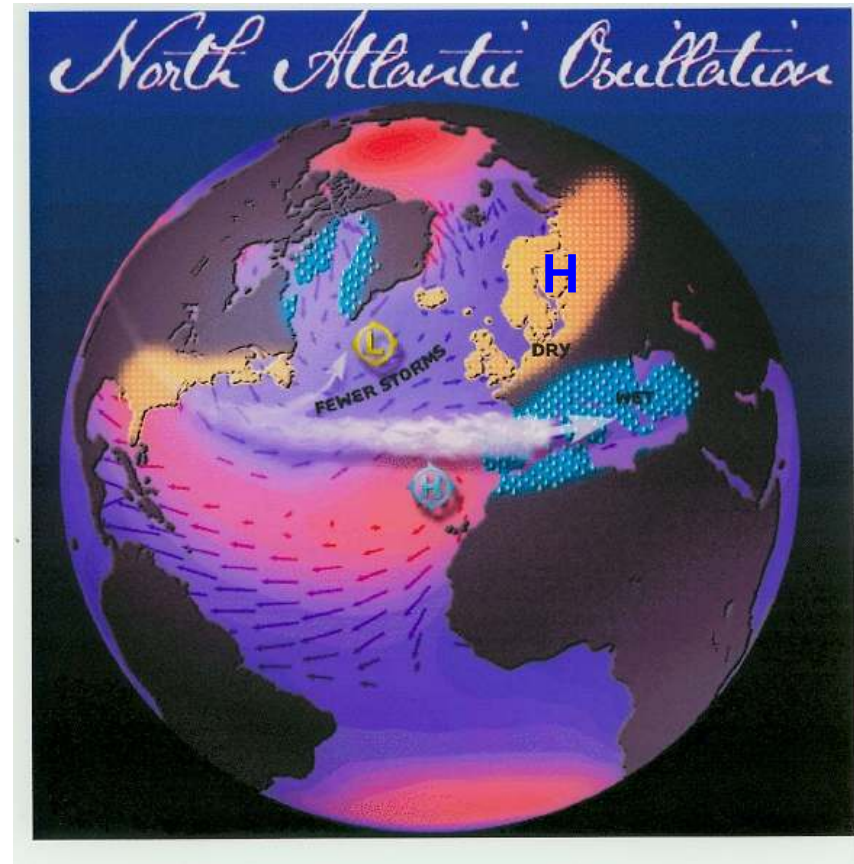
Andreassen m.fl. (2016)/Data: NVE

Den nord-atlantiske oscillasjonen (NAO)

NAO +



NAO -



Etter Martin Visbeck

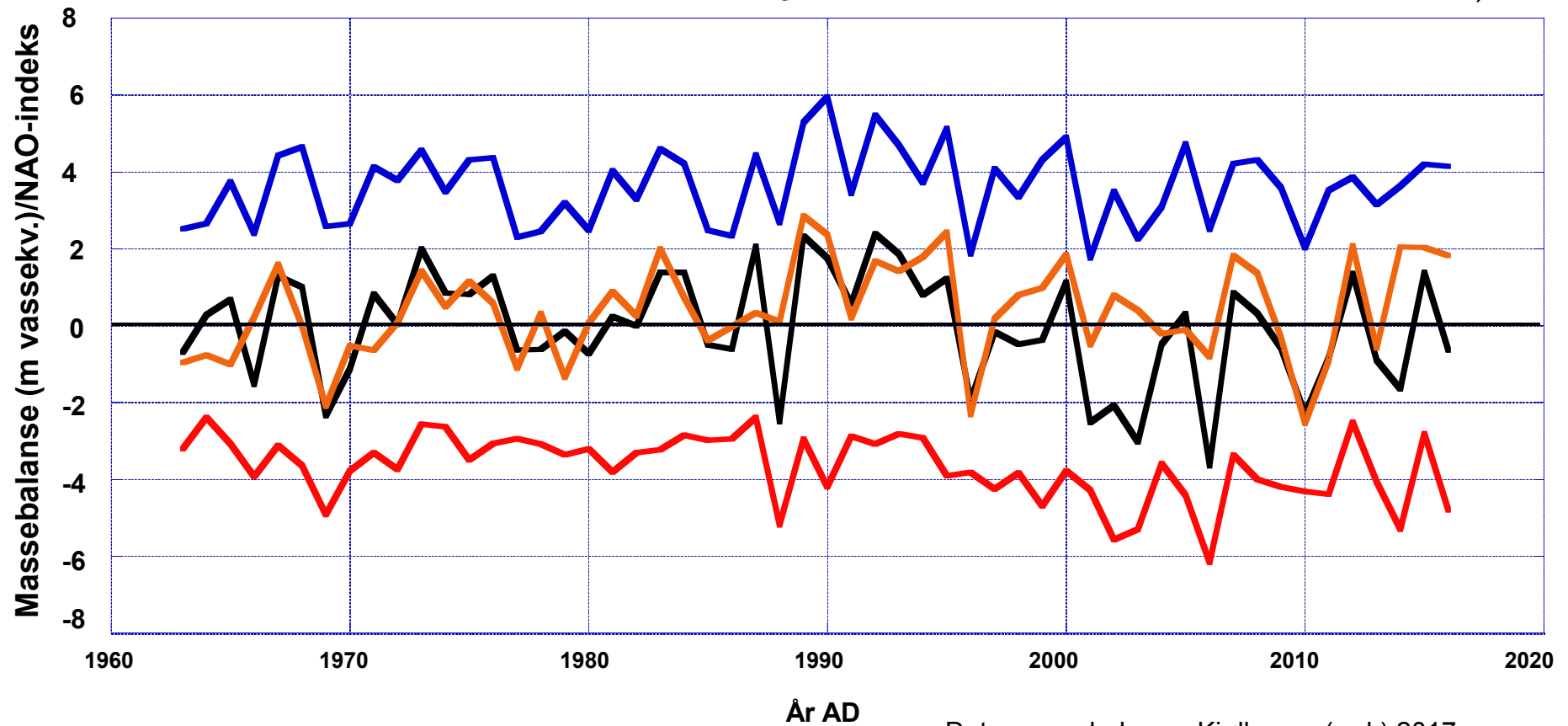
Massebalansevariasjonar på Ålfotbreen 1963-2016

Bw – Vinterbalanse
Bs – Sommarbalanse
Ba – Årleg (netto-) balanse

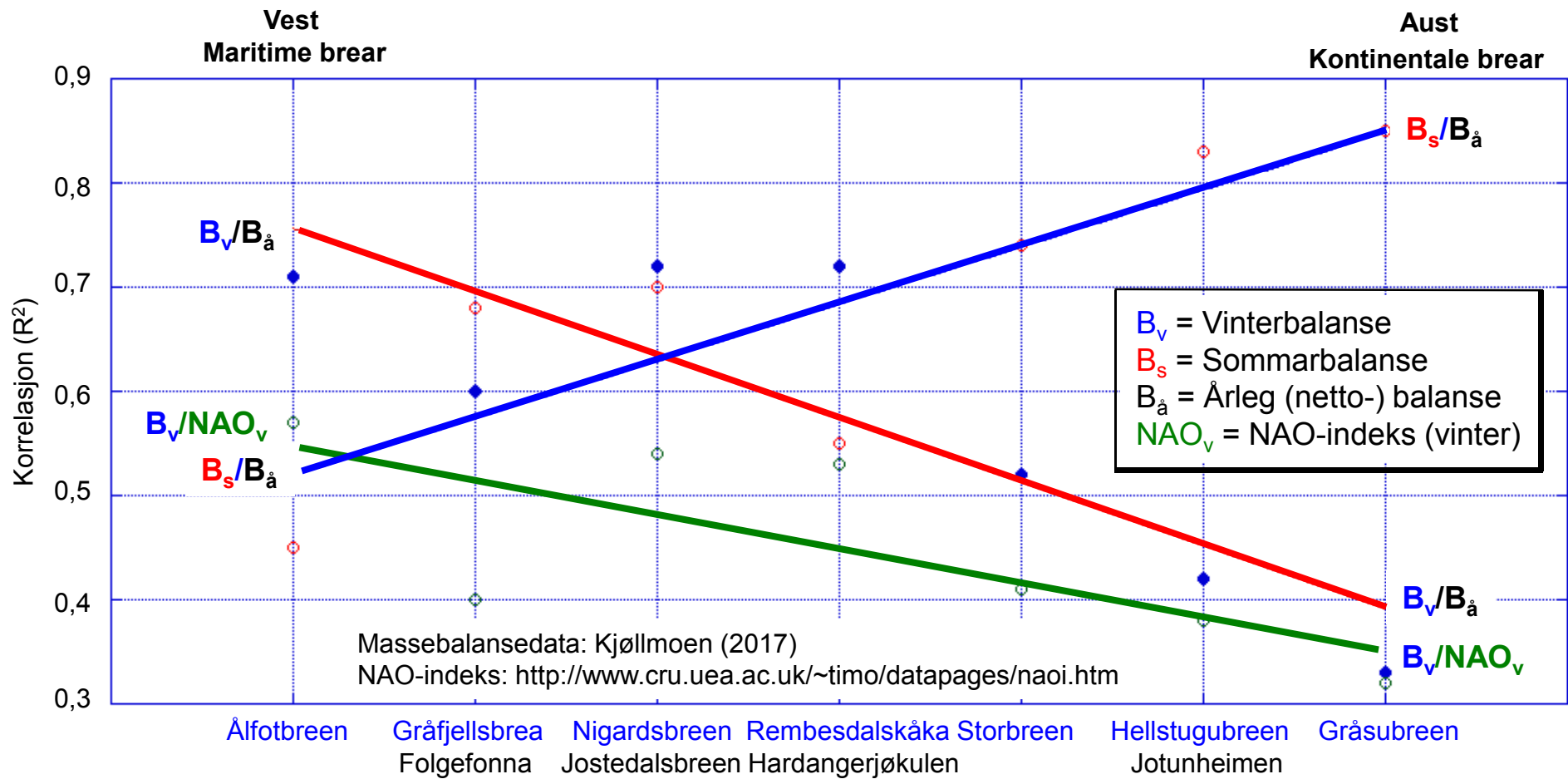
NAO – Nordatlantiske oscillasjons-indeksen

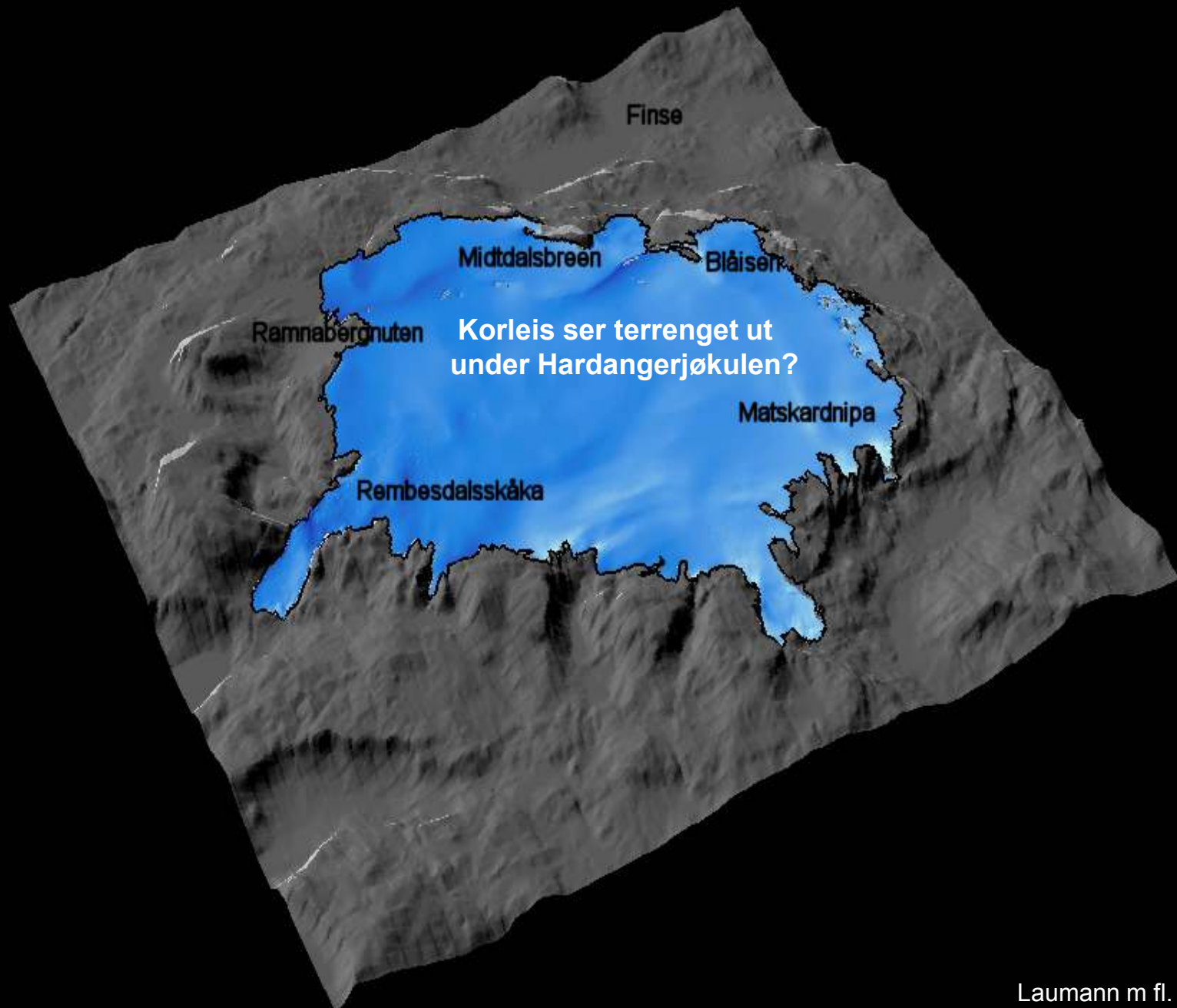
Bw/NAO: $R^2 = 0,53$

Ba/NAO: $R^2 = 0,41$

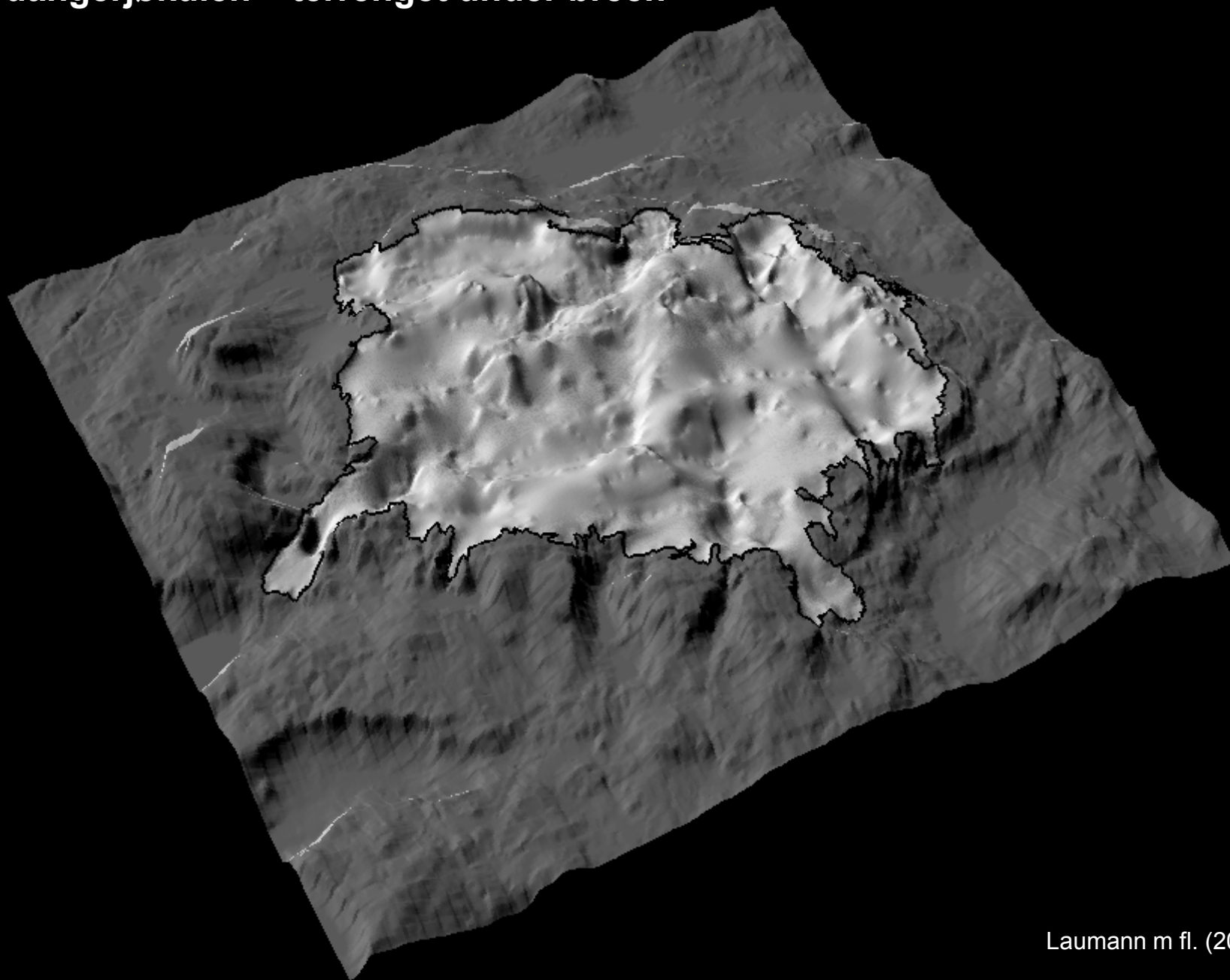


Data massebalanse: Kjøllmoen (red.) 2017
Data NAO-indeks: Tim Osborn (web)





Hardangerjøkulen – terrenget under breen



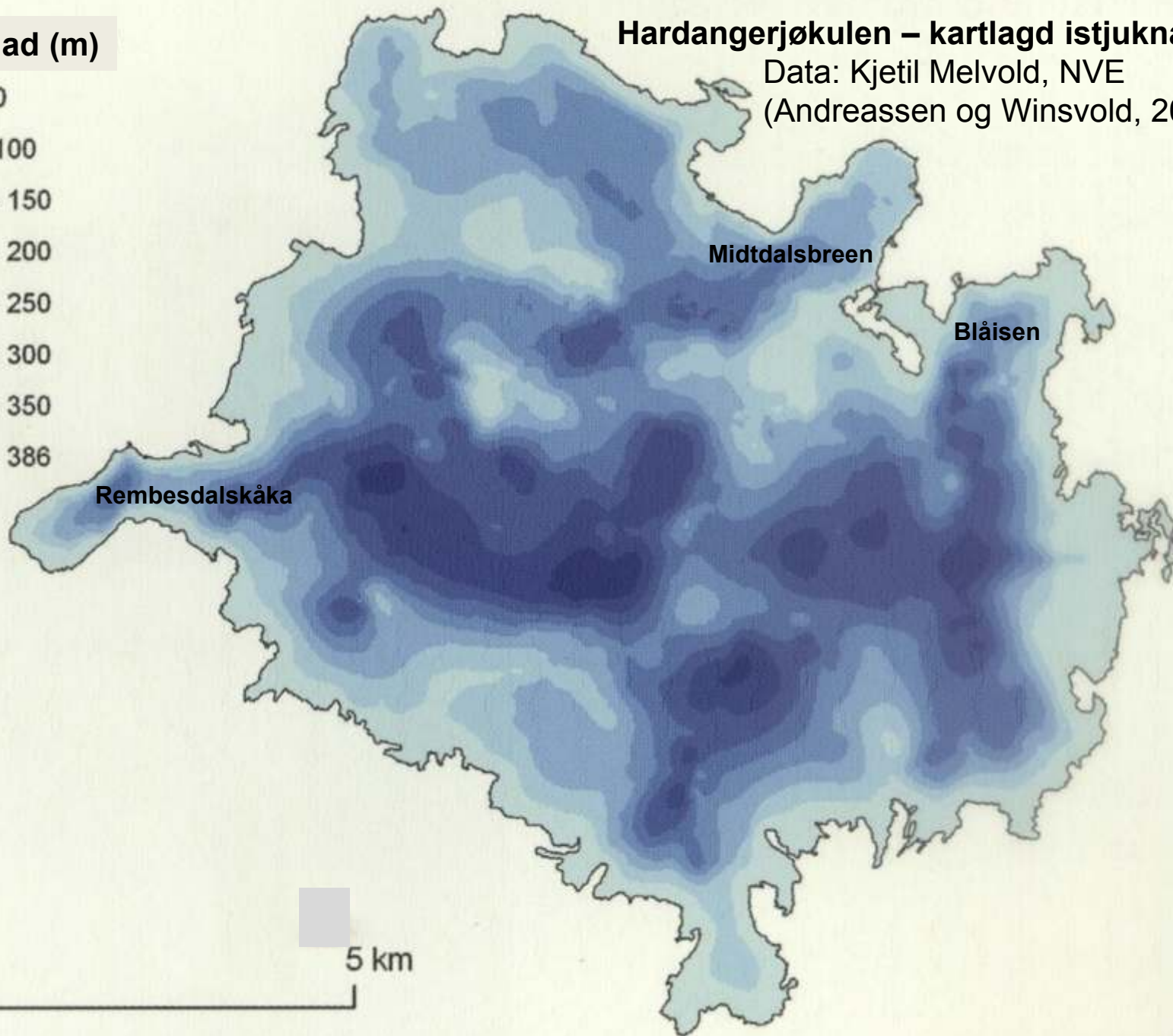
Laumann m fl. (2011)

Istjuknad (m)

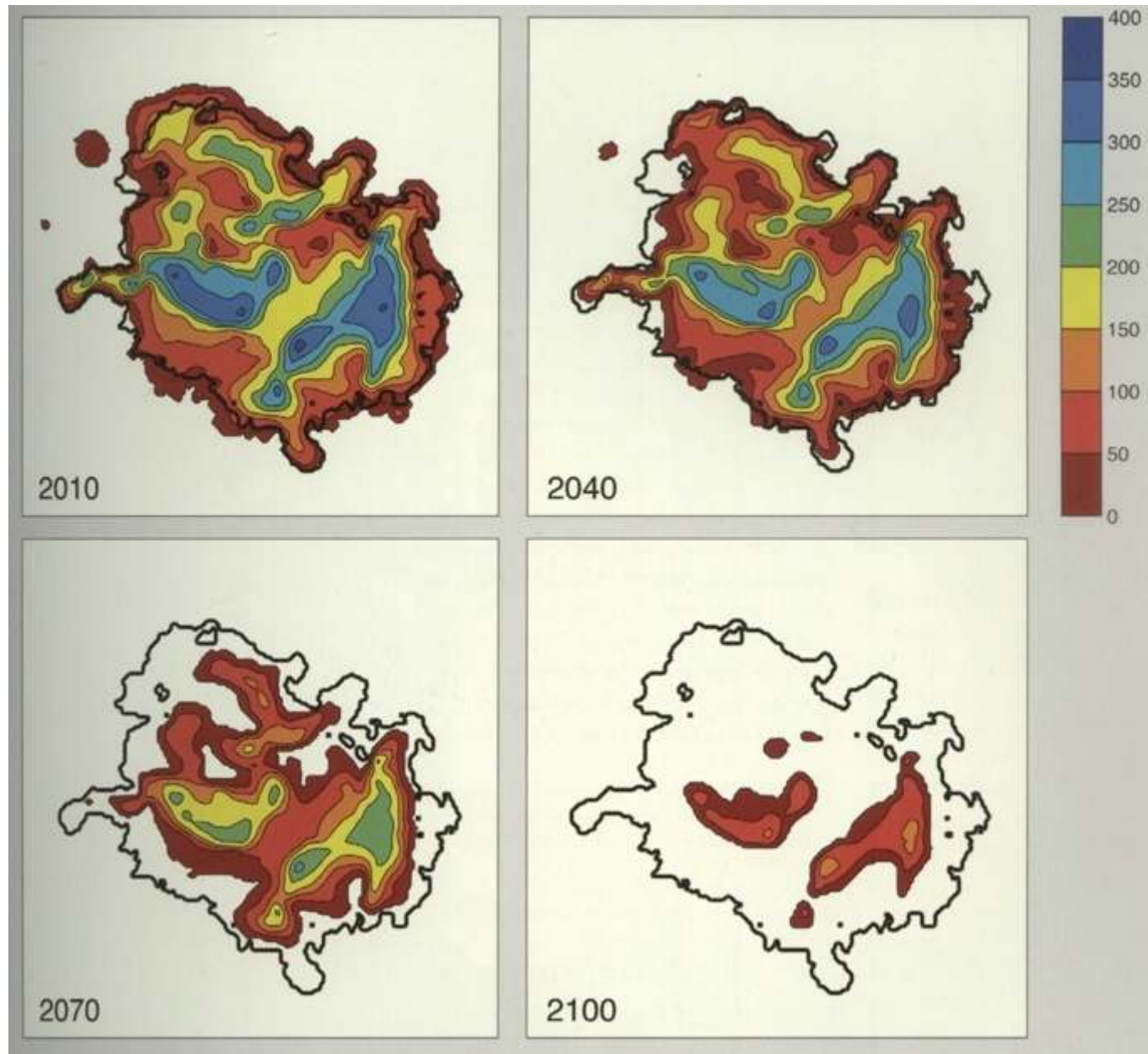


Hardangerjøkulen – kartlagd istjuknad

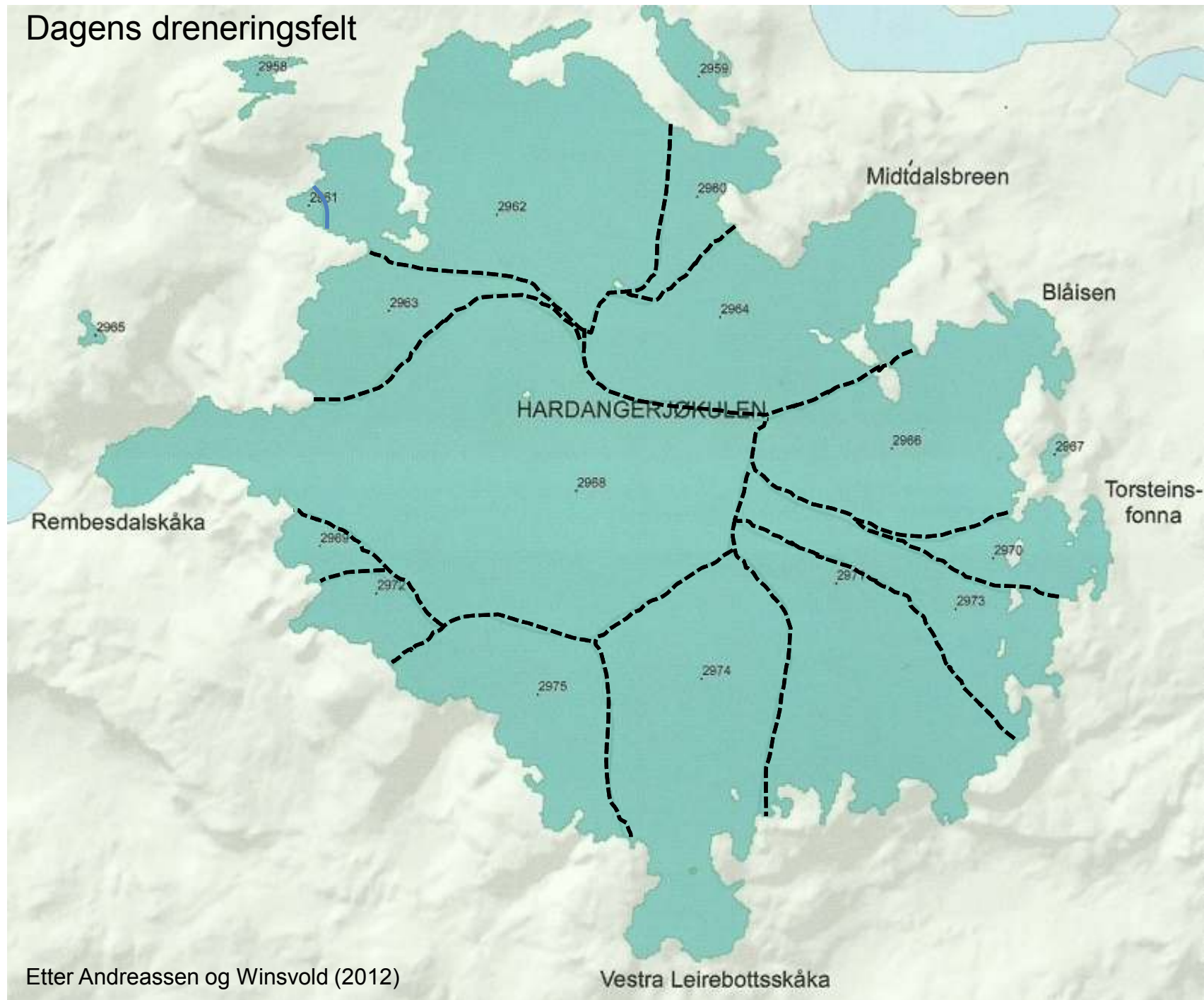
Data: Kjetil Melvold, NVE
(Andreassen og Winsvold, 2012)



Hardangerjøkulen – Modellert istjuknad I framtida med +3°C og +10% nedbør (Giesen og Oerlemans, 2010)



Dagens dreneringsfelt



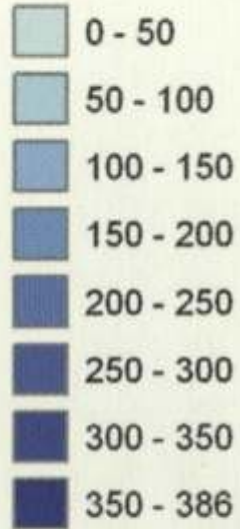
Etter Andreassen og Winsvold (2012)

Vestra Leirebottsskåka

Hardangerjøkulen – kartlagd istjuknad

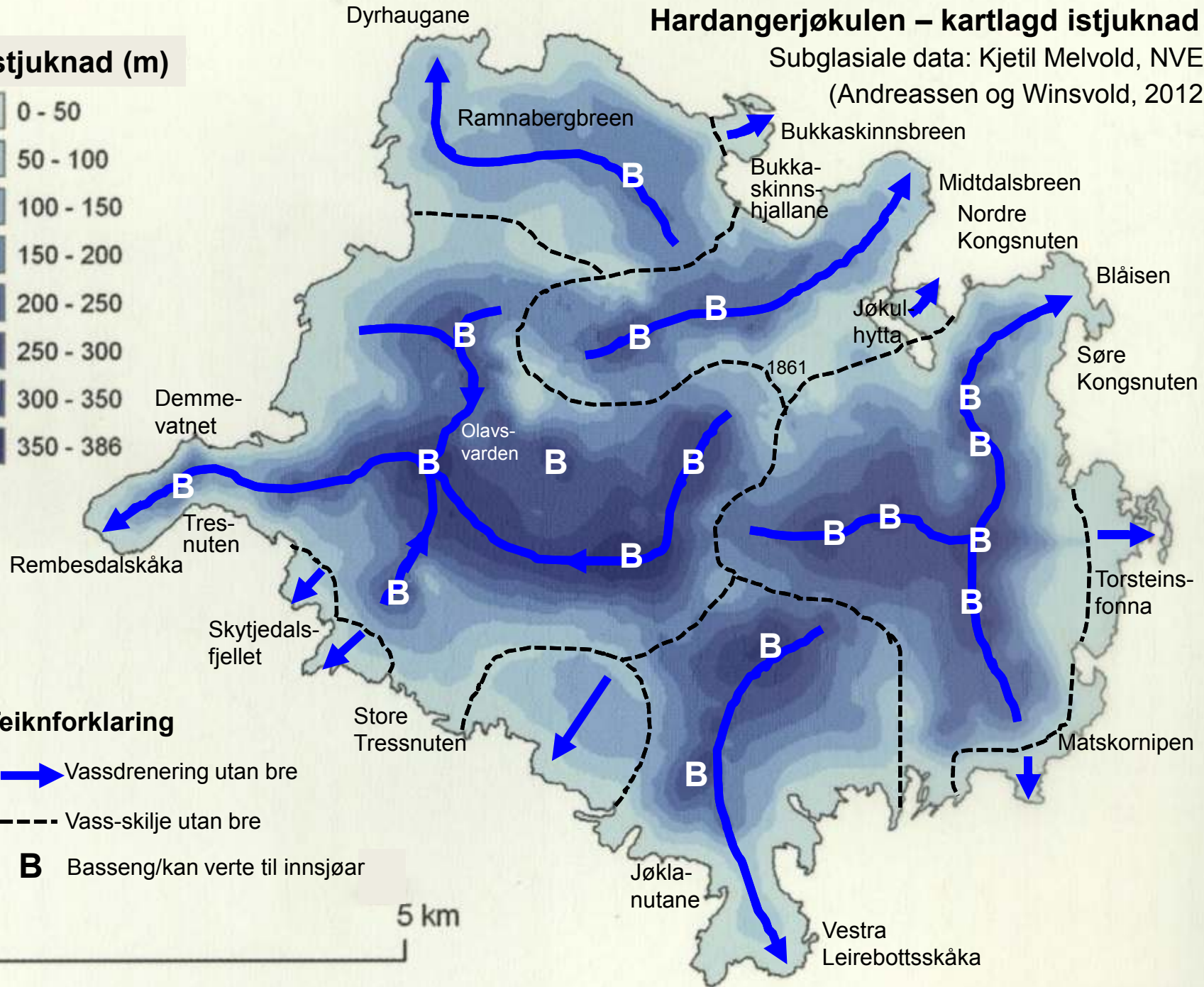
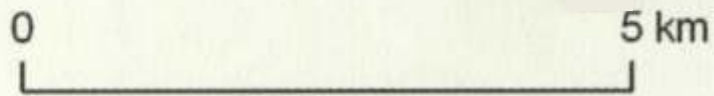
Subglasiale data: Kjetil Melvold, NVE
(Andreassen og Winsvold, 2012)

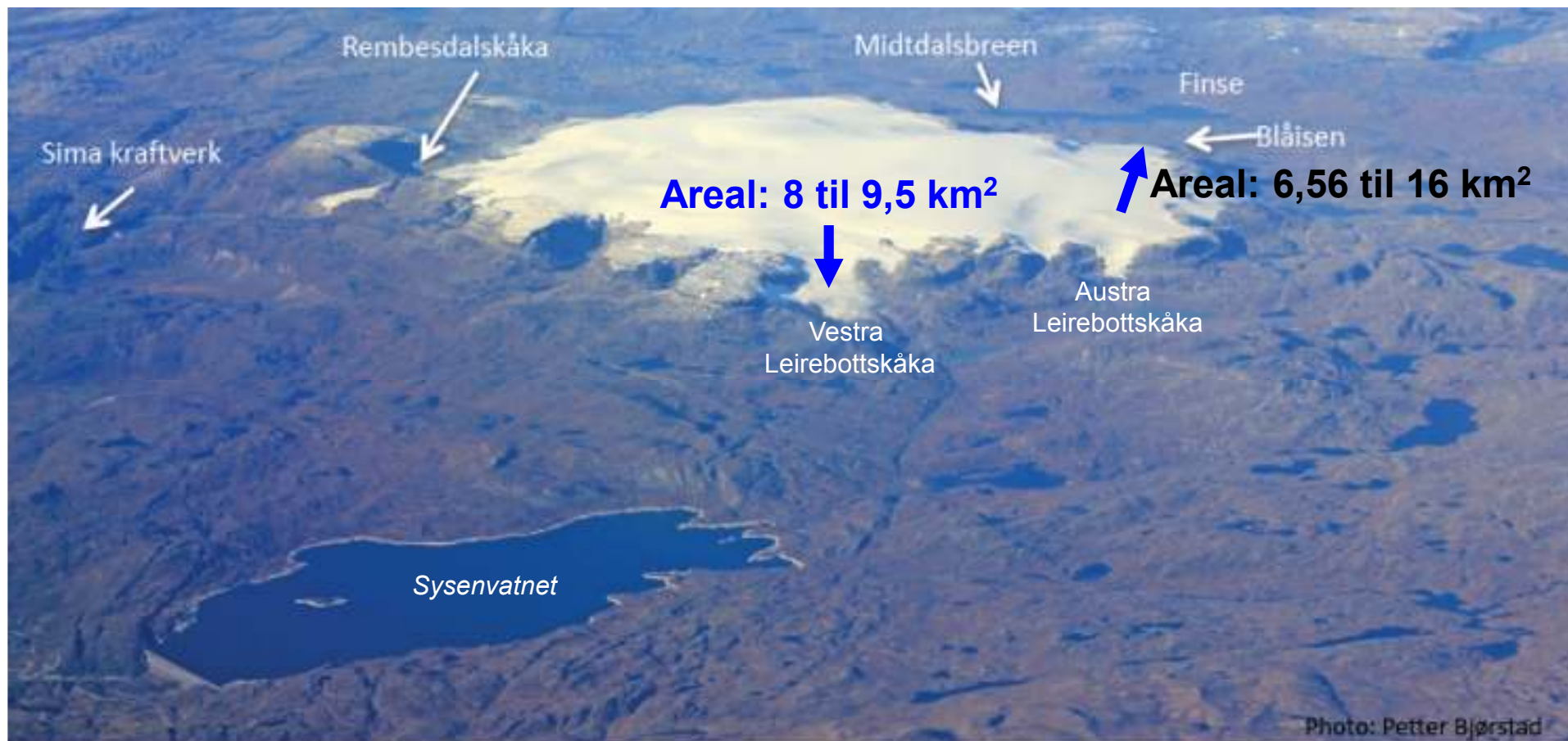
Istjuknad (m)



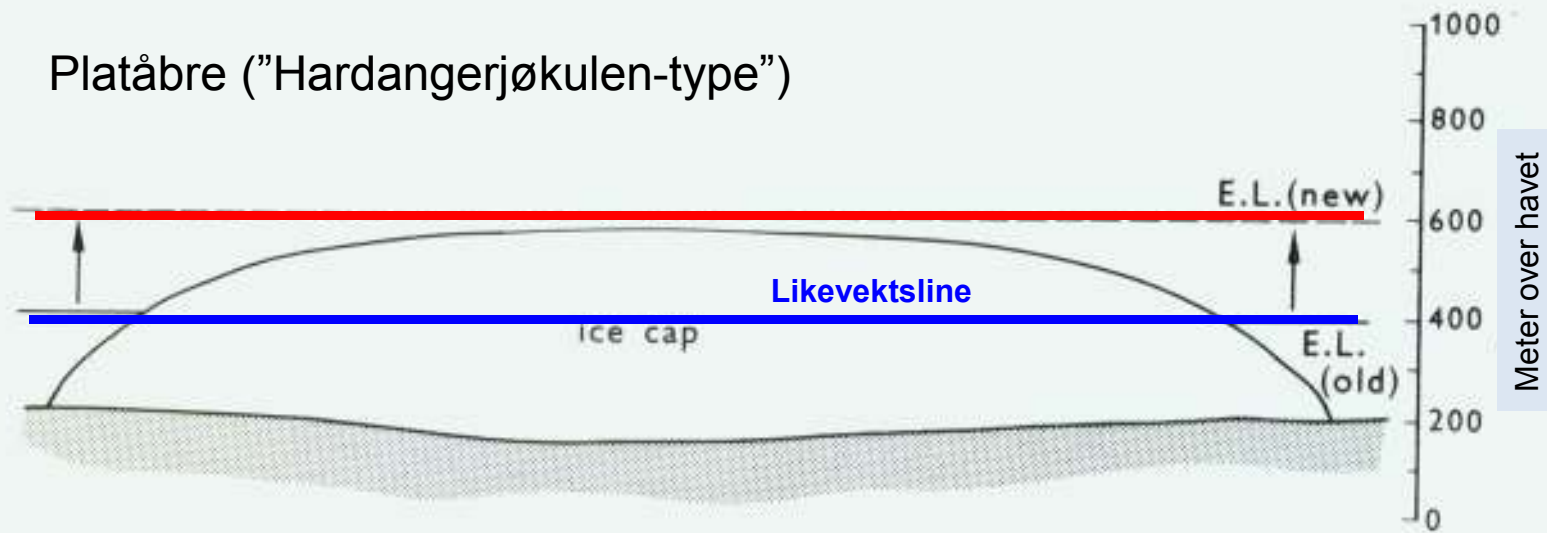
Teiknforklaring

- Vassdrenering utan bre
- Vass-skilje utan bre
- B** Basseng/kan verte til innsjøar

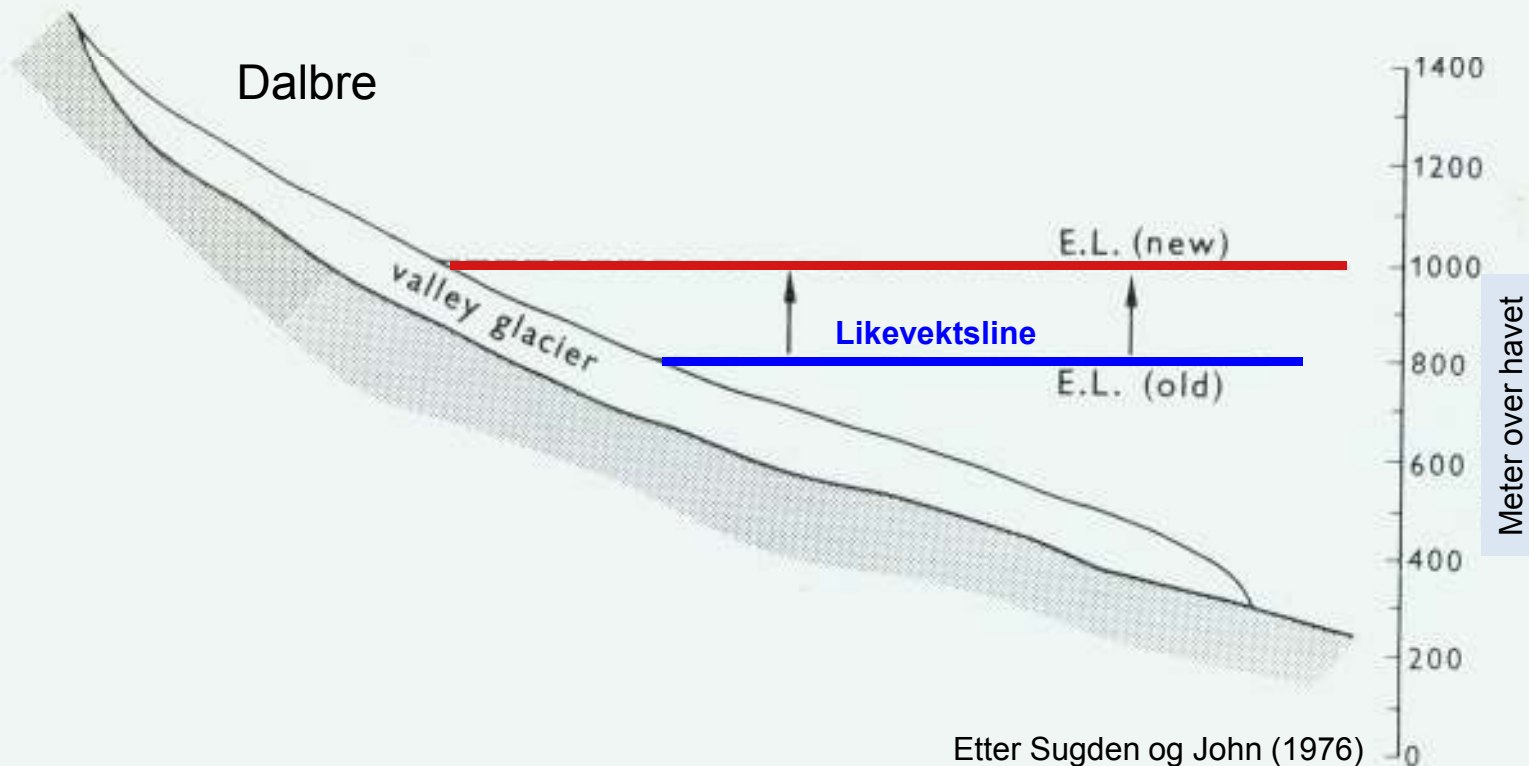




Platåbre ("Hardangerjøkulen-type")

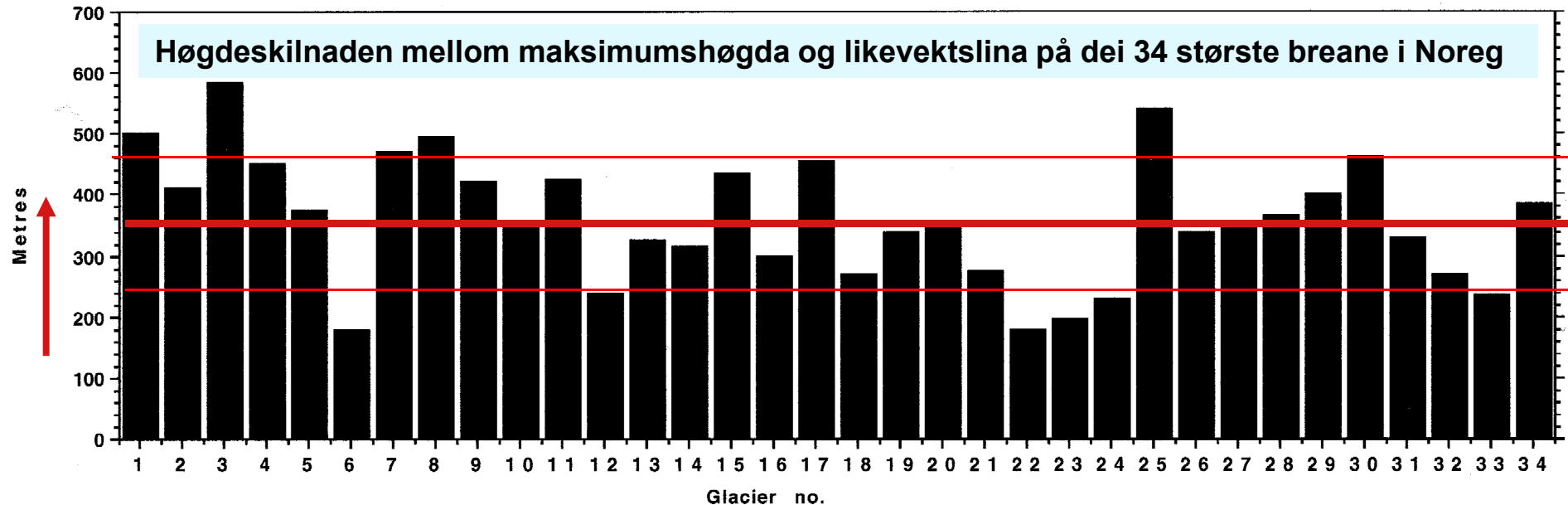


Dalbre



Etter Sugden og John (1976)

Klima-scenaria for endring i vinternedbør og sommartemperatur i 2100
kan føre til ei heving av likevektslina med 350 ± 100 m



1-Jostedalsbreen, 2-Vestre Svartisen, 3-Søndre Folgefonna, 4-Østre Svartisen, 5-Blåmannsisen, 6-Hardangerjøkulen, 7-Myklebustbreen, 8-Okstindbreen, 9-Øksfjordjøkulen, 10-Harbardsbreen, 11-Salajekna, 12-Spørteggbreen, 13-Nordre Folgefonna, 14-Giccecokka, 15-Frostisen, 16-Sikilbreen, 17-Tindfjellbreen, 18-Bre Gråtådalen, 19-Tystigbreen, 20-Holåbreen, 21-Grovabreen, 22-Ålftobreen, 23-Fresvikbreen, 24-Seilandsjøkulen, 25-Strupbreen/Koppangbreen, 26-Smørstabbreen, 27-Gjegalundbreen, 28-Hellstugubreen 29-Bre Beiardalen, 30-Storsteinsfjellbreen, 31-Søndre Jostefonn, 32-Langfjordjøkulen, 33-Midtre Folgefonna, 34-Veobreen

Notid

Galdhøpiggen



Foto: Helge J. Standal

Om 100 år...?



Foto: Helge J. Standal, Illustrasjon: Eva Bjørseth

**Omnsbreen, Finse,
14. september 2014**

Takk for meg!

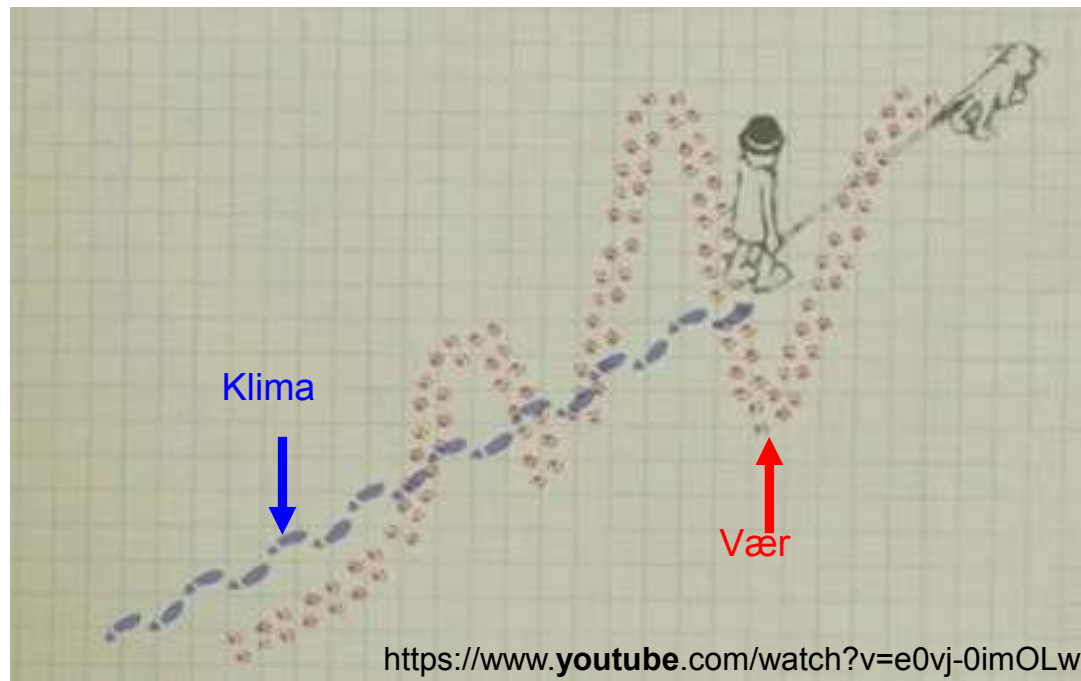
**Reinsdyrgevir
~4100 år gamalt!**

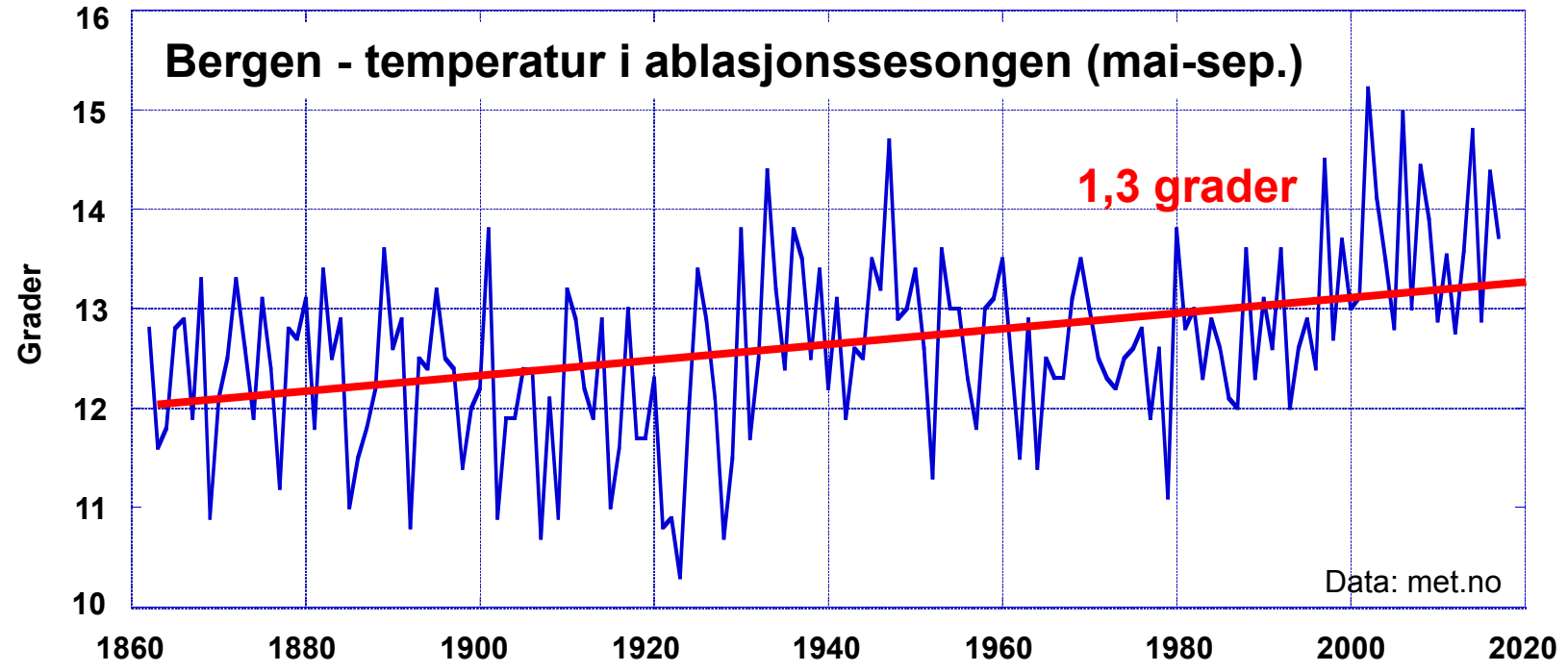
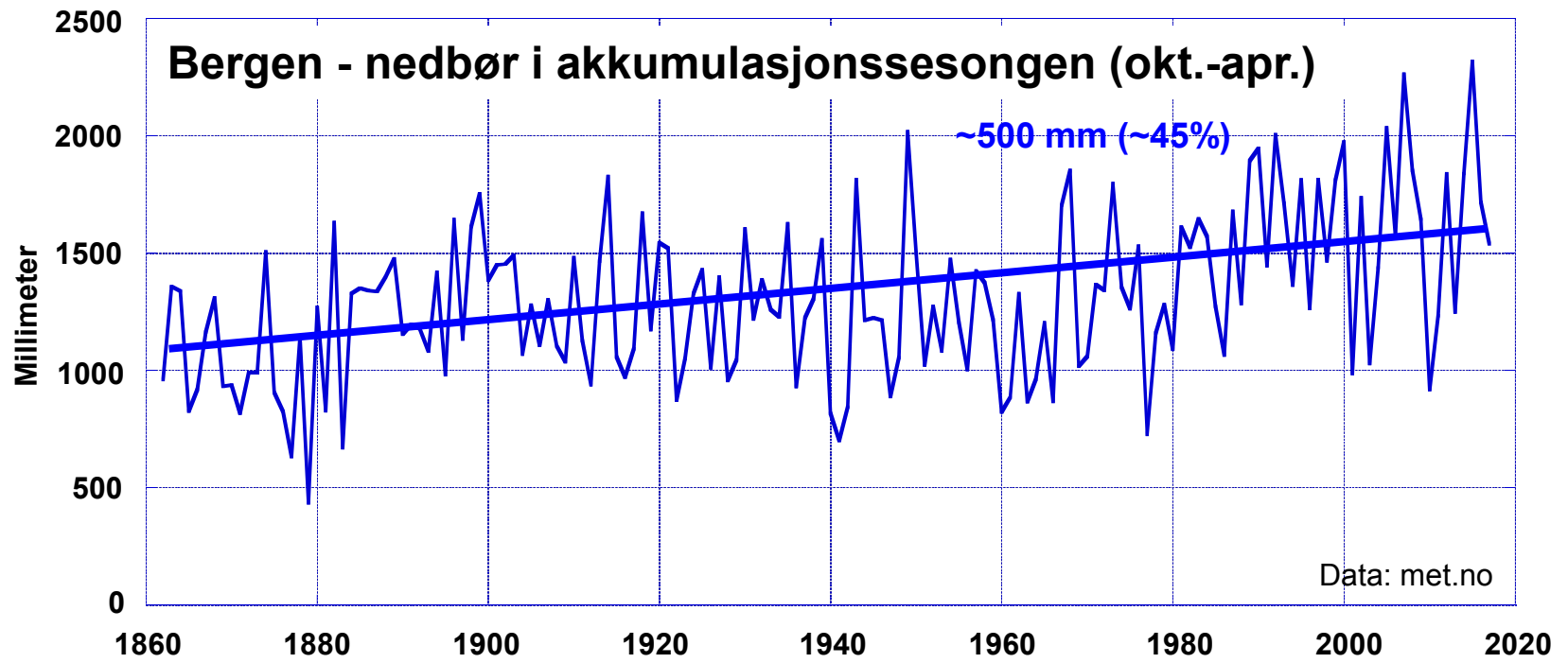
Foto: Ingvild Nesje

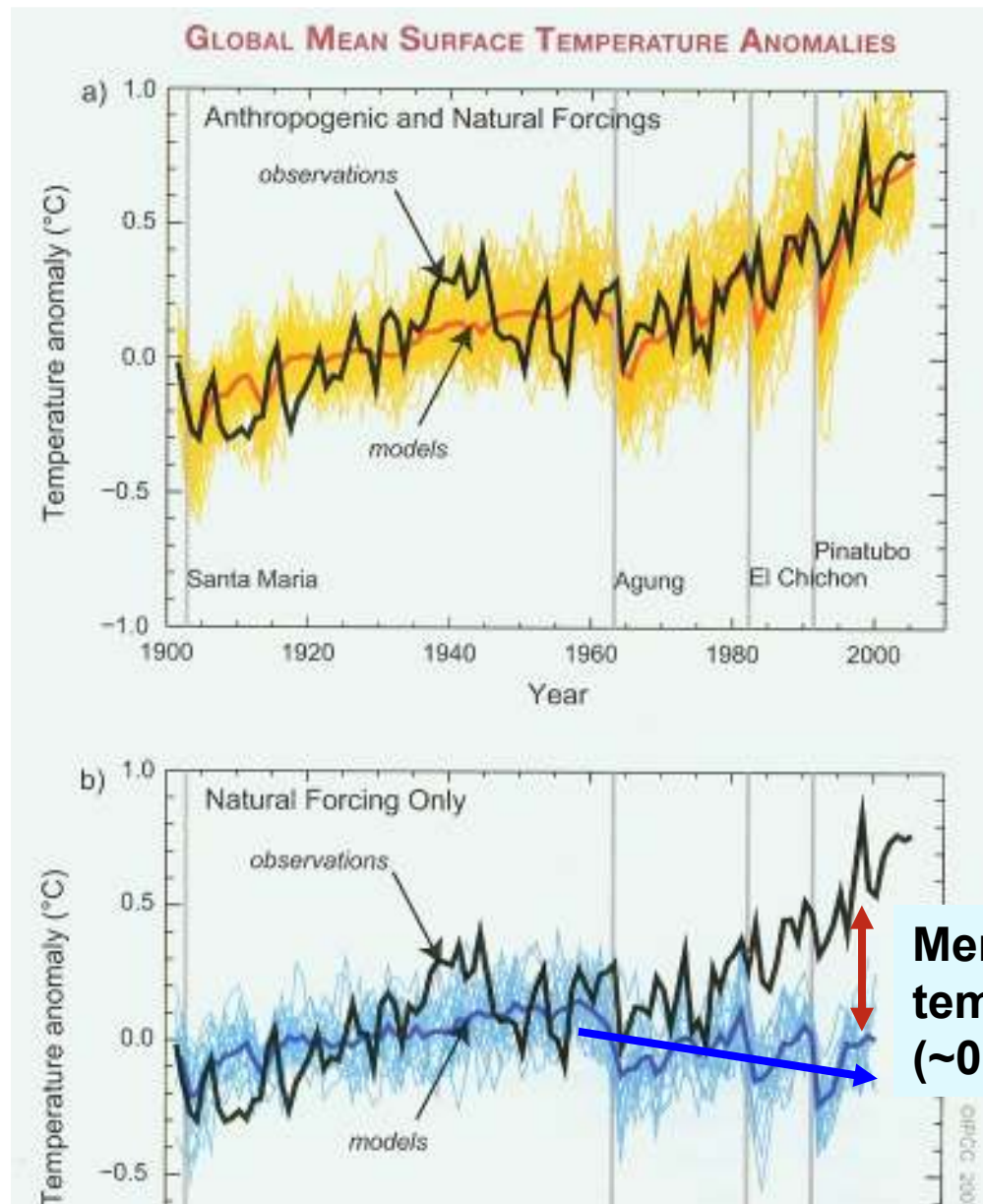


Vær eller klima?

- Klima: Gjennomsnittsværet over ein lengre tidsperiode (vanlegvis 30 år).
- Dagens normalperiode 1961-1990
- Instrumentelle klimadata går tilbake til om lag 1860







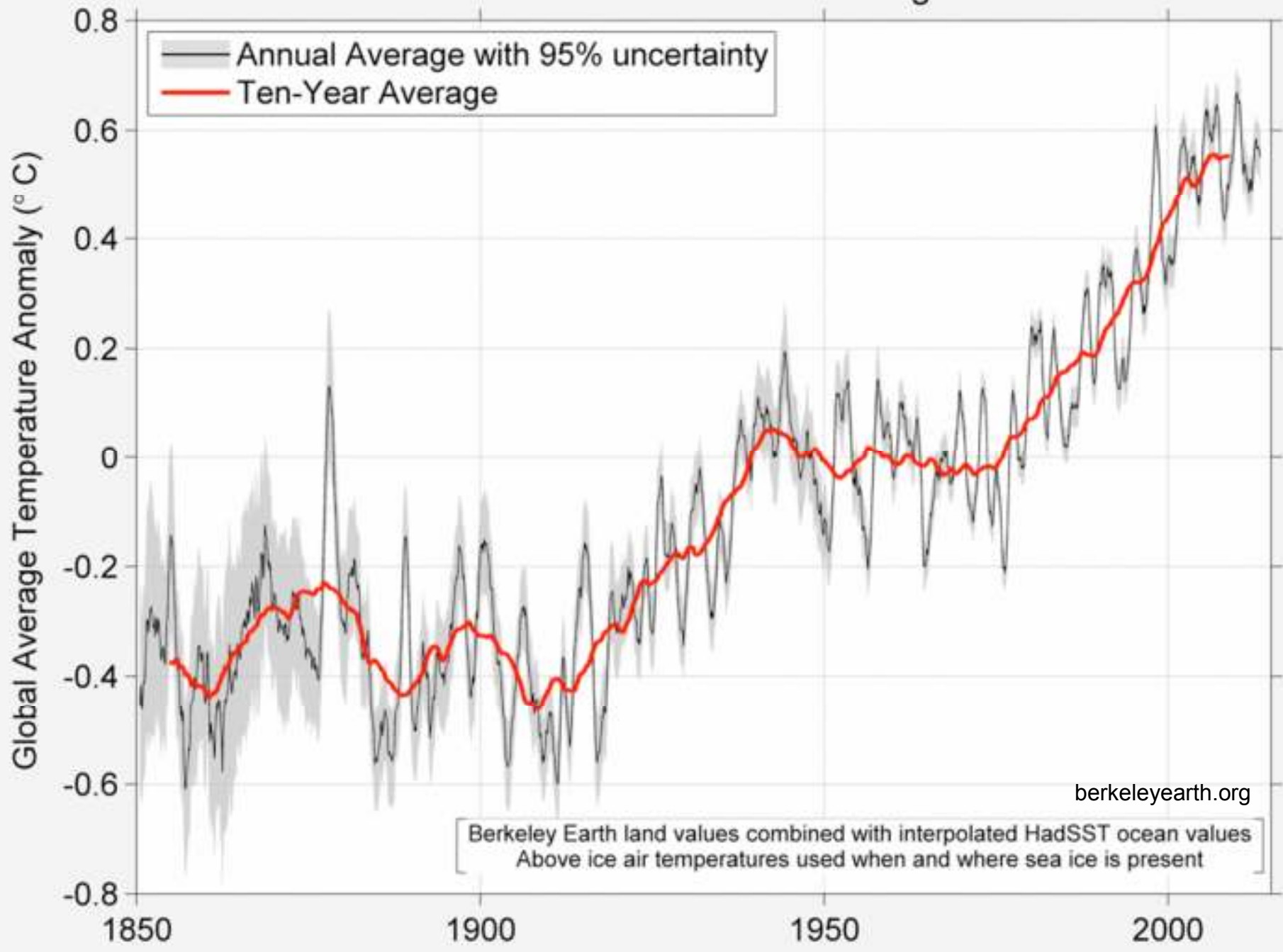
**Menneskeskapt
utslepp pluss
naturleg
klimapådriv
(solaktivitet,
vulkansk aktivitet)**

**Berre naturleg
klimapådriv**

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

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

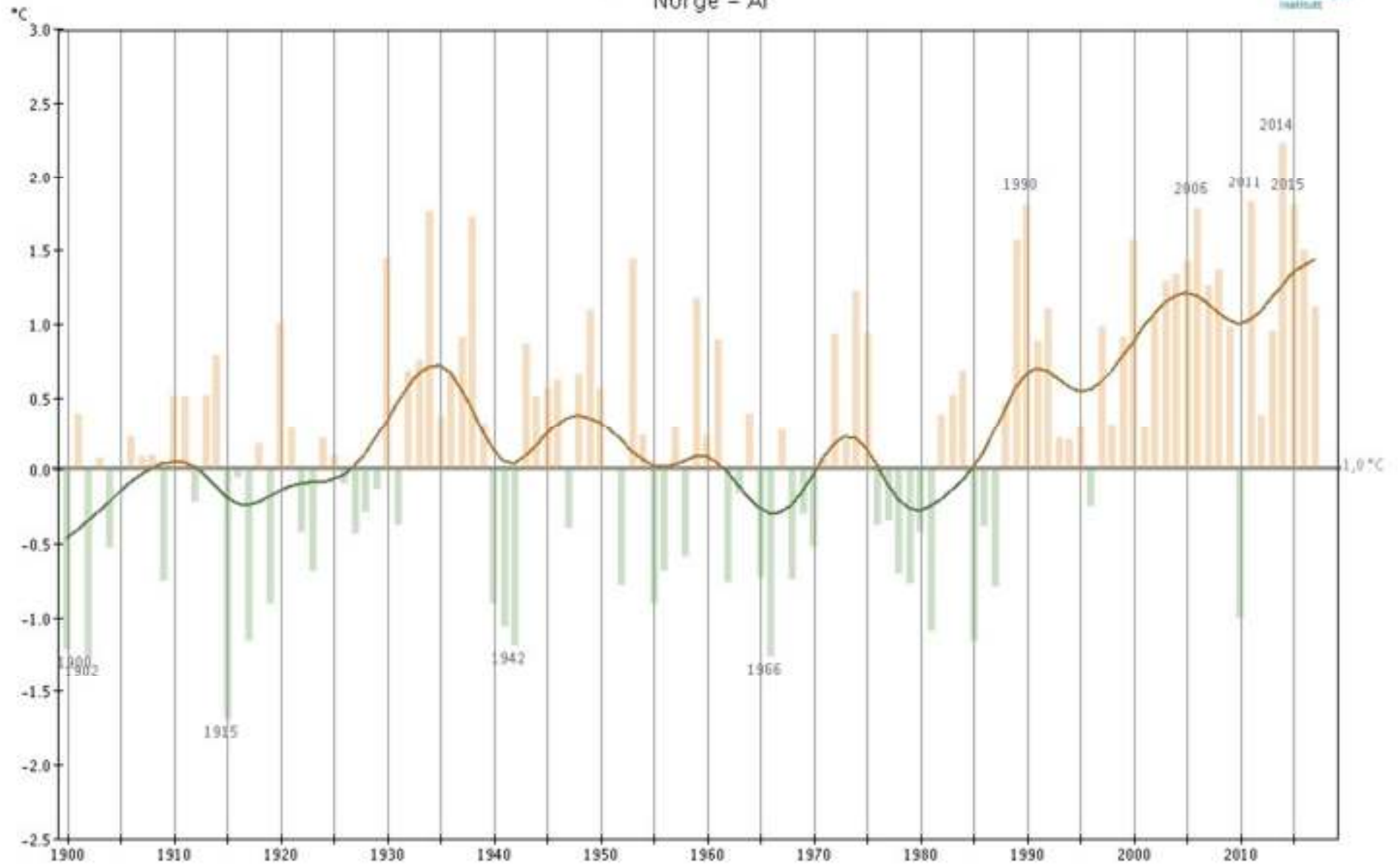
Land + Ocean Climate Change



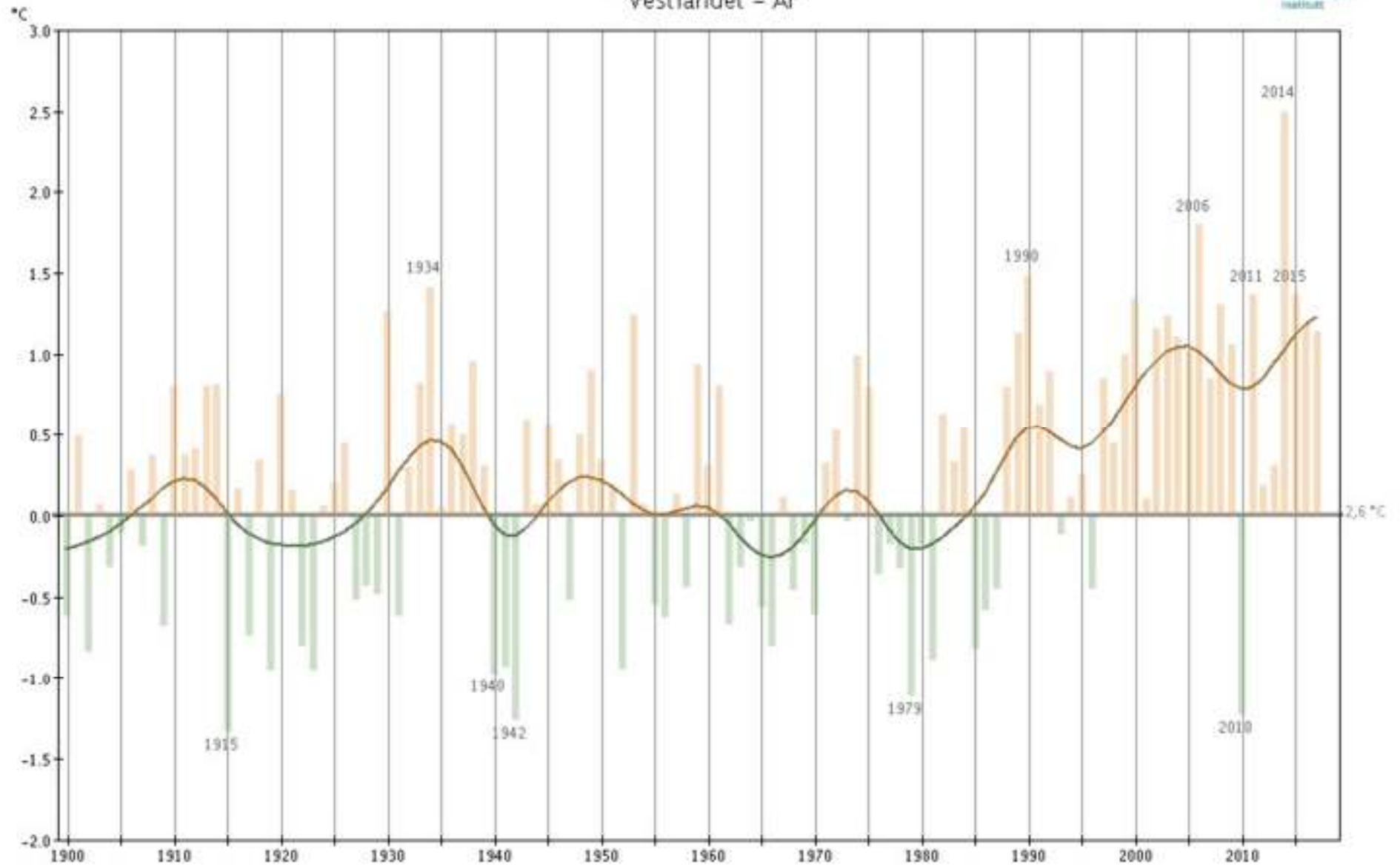
berkeleyearth.org

Berkeley Earth land values combined with interpolated HadSST ocean values
Above ice air temperatures used when and where sea ice is present

Temperaturavvik fra normal Norge - År



Temperaturavvik fra normal Vestlandet - År



Bre	Dagens areal (km²)	Nedbørfelt utan bre (km²)	Endring (km²)	Endring (%)
Ramnabergbreen	9,97	8,3	-1,67	-17
Midtdalsbreen	6,8	8,2	+1,4	+21
Blåisen	6,56	16,0	+9,44	+144
Midtdalsbreen + Blåisen	13,36	24,2	+10,84	+81
Rembesdalskåka	17,44	23,3	+5,86	+34
Vestra Leirebottsskåka	8,0	9,5	+1,5	+19



Foto: Alrik Velsvik, NRK

Om lag 8000 år sidan



Foto: Helge J. Standal, Illustrasjon: Eva Bjørseth

Om lag 6000 år sidan



Foto: Helge J. Standal, Illustrasjon: Eva Bjørseth

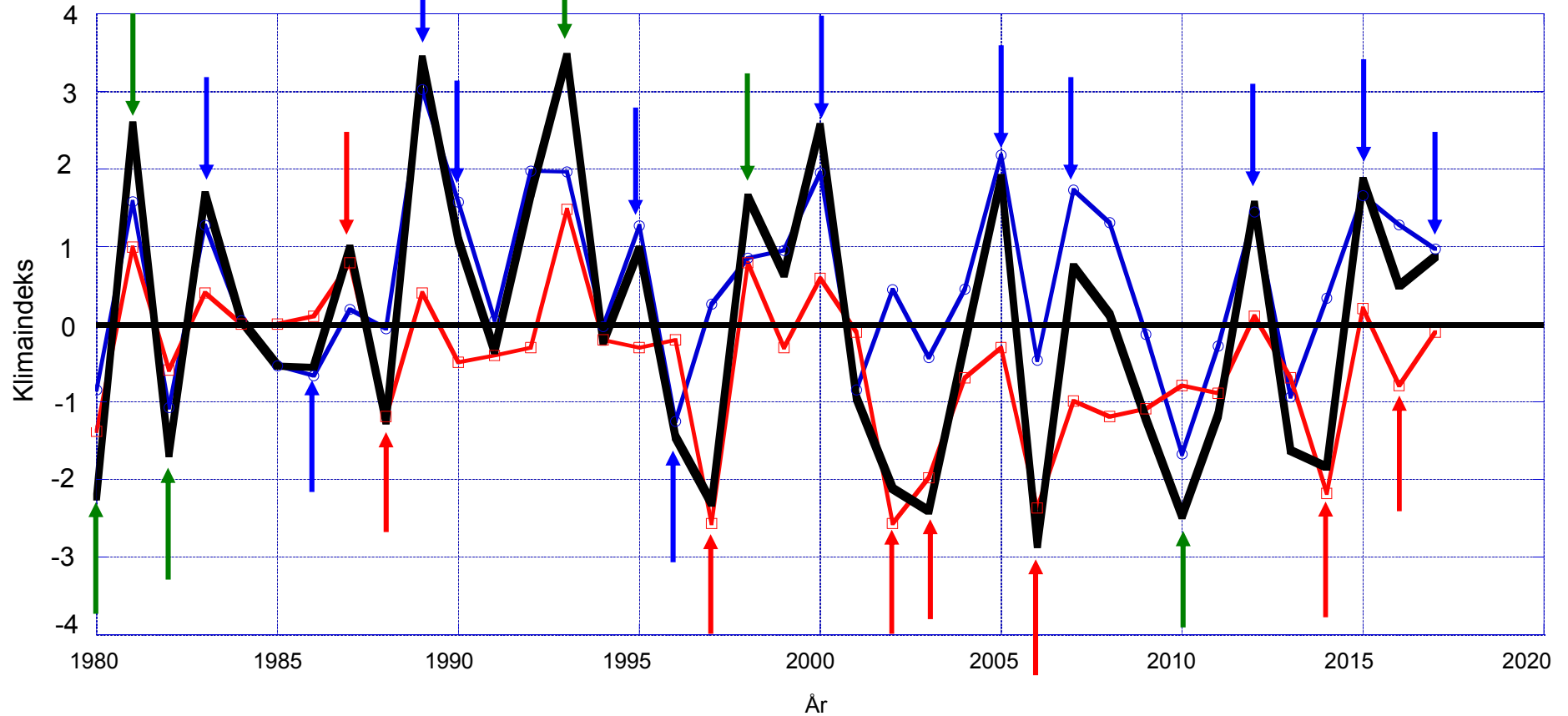
1983, 1986, 1989, 1990, 1995, 1996, 2000, 2005, 2007, 2012, 2015, 2017

Vinternedbør

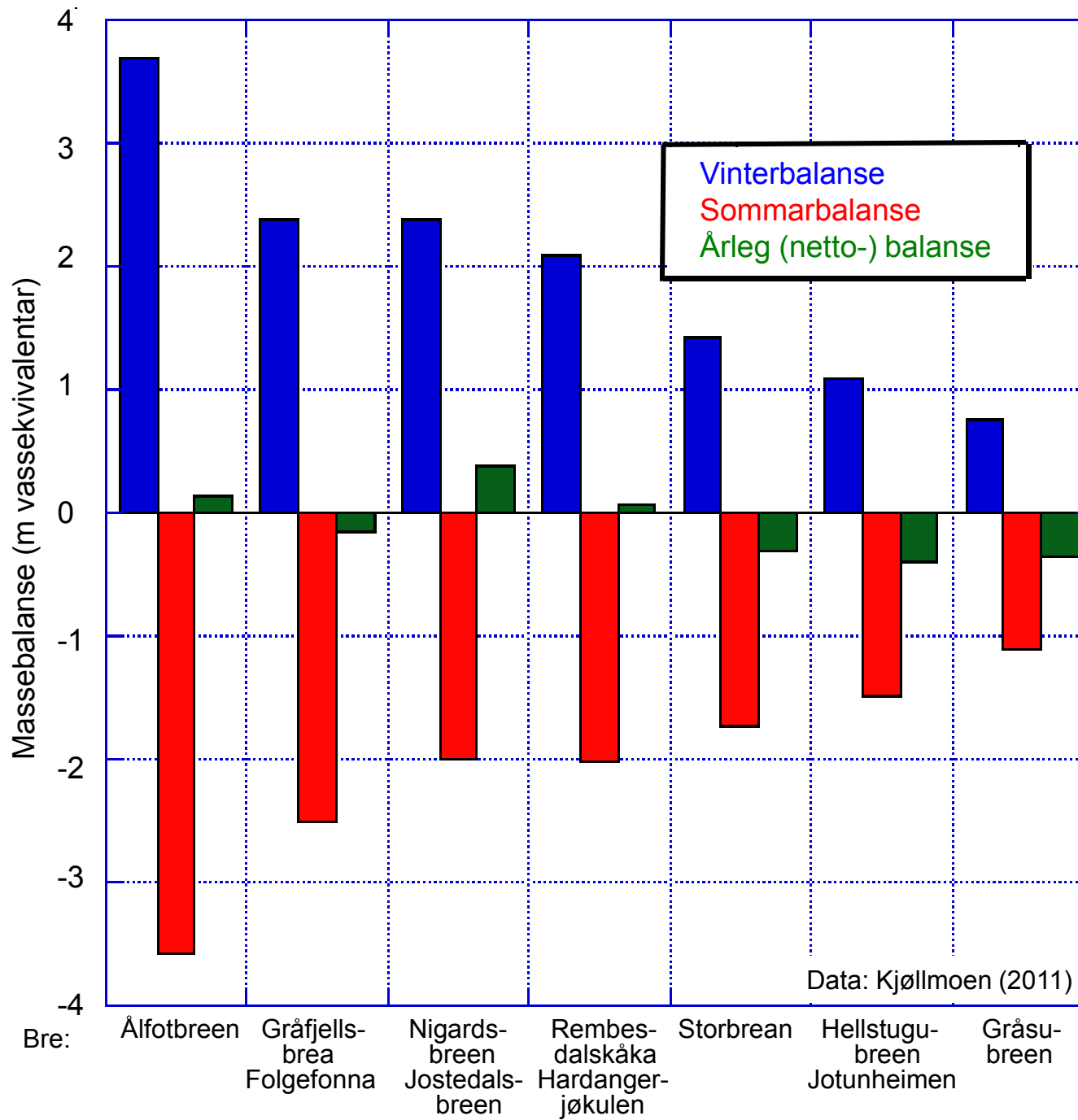
Sommartemperatur

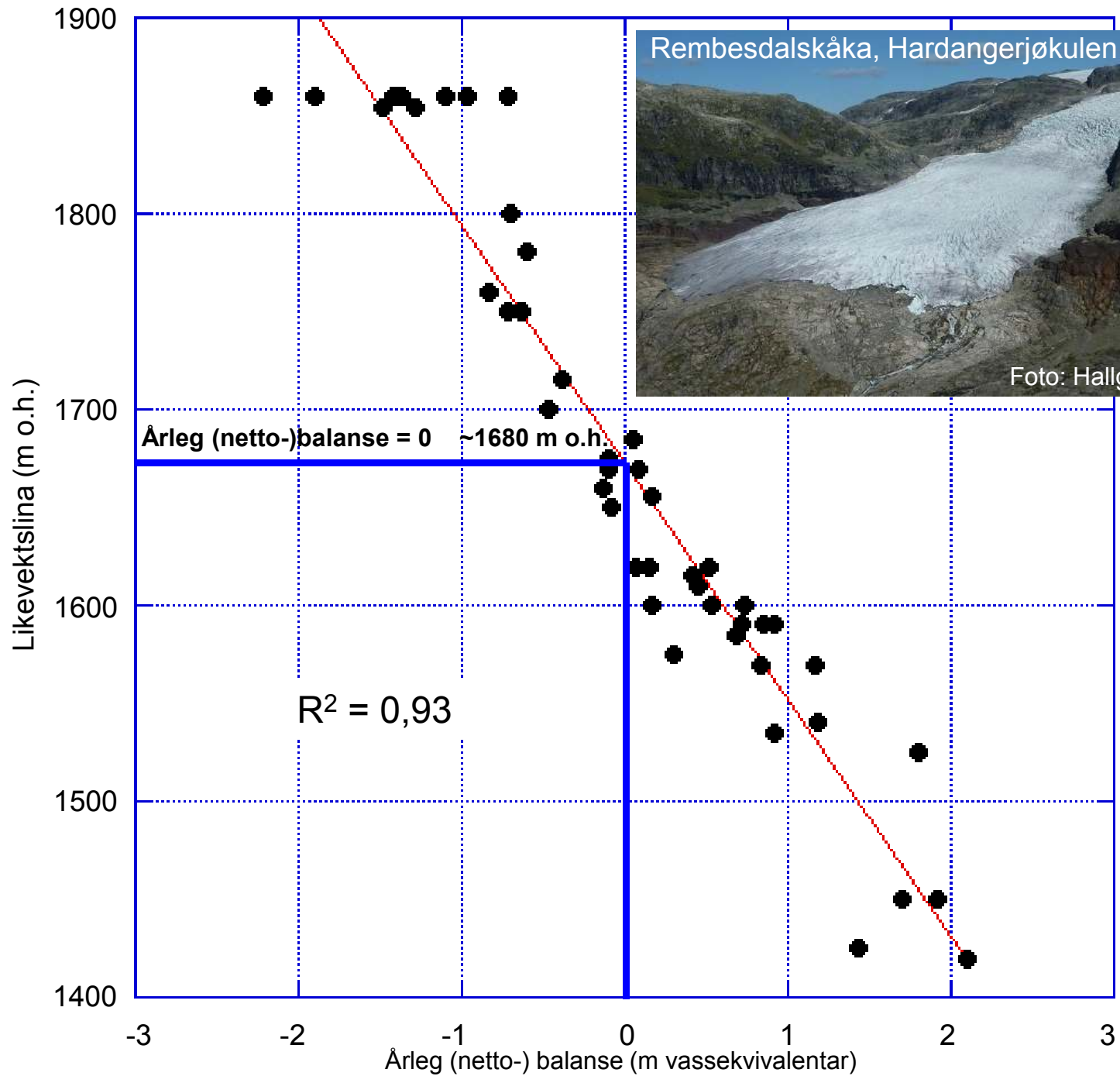
Kombinasjon vinternedbør og sommartemperatur

Klimaindeks



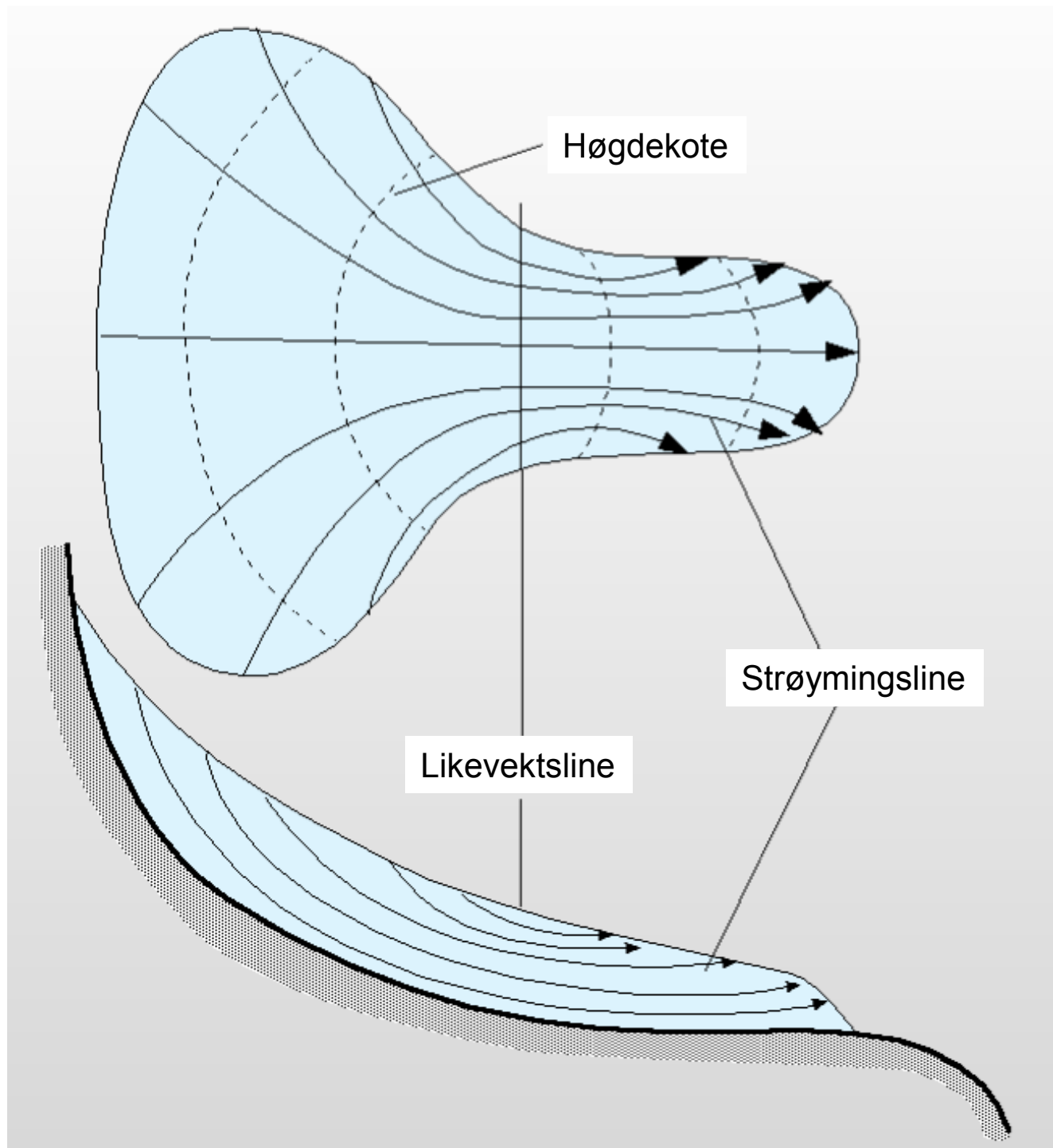
1987, 1997, 2002, 2003, 2006, 2014, 2016



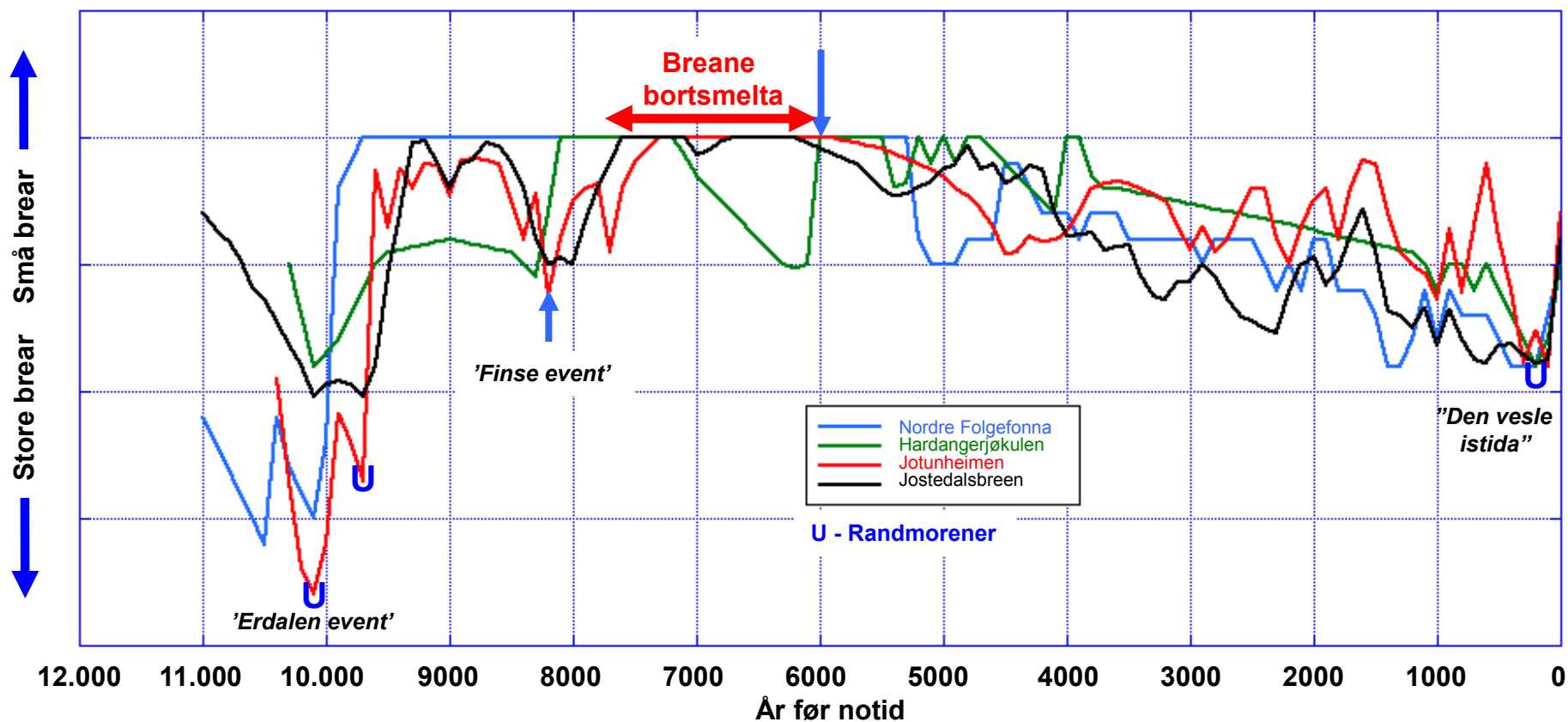


Data: NVE





Variasjonar til fire brear på Vestlandet etter siste istid



Data: Nordre Folgefonna (Bakke m.fl., 2005b), Hardangerjøkulen (Dahl og Nesje, 1996), brear i Jotunheimen (Matthews m.fl., 2000; Matthews og Dresser, 2008) og Jostedalbreen (Nesje m.fl., 1991, 2001; Vasskog m.fl., 2012)

Korleis har breane variert i storleik etter siste istid?

To sett med moreneryggar framfor mange brear på Vestlandet

Erdalen, Stryn

Morenerygg frå 'den vesle istida' ~AD 1750

Morenerygg frå slutten av istida (~10.100 år gamal; 'Erdalen event')

Studiar av innsjøsediment framfor brear

Flatebreen

'Vesle istid'
maksimum

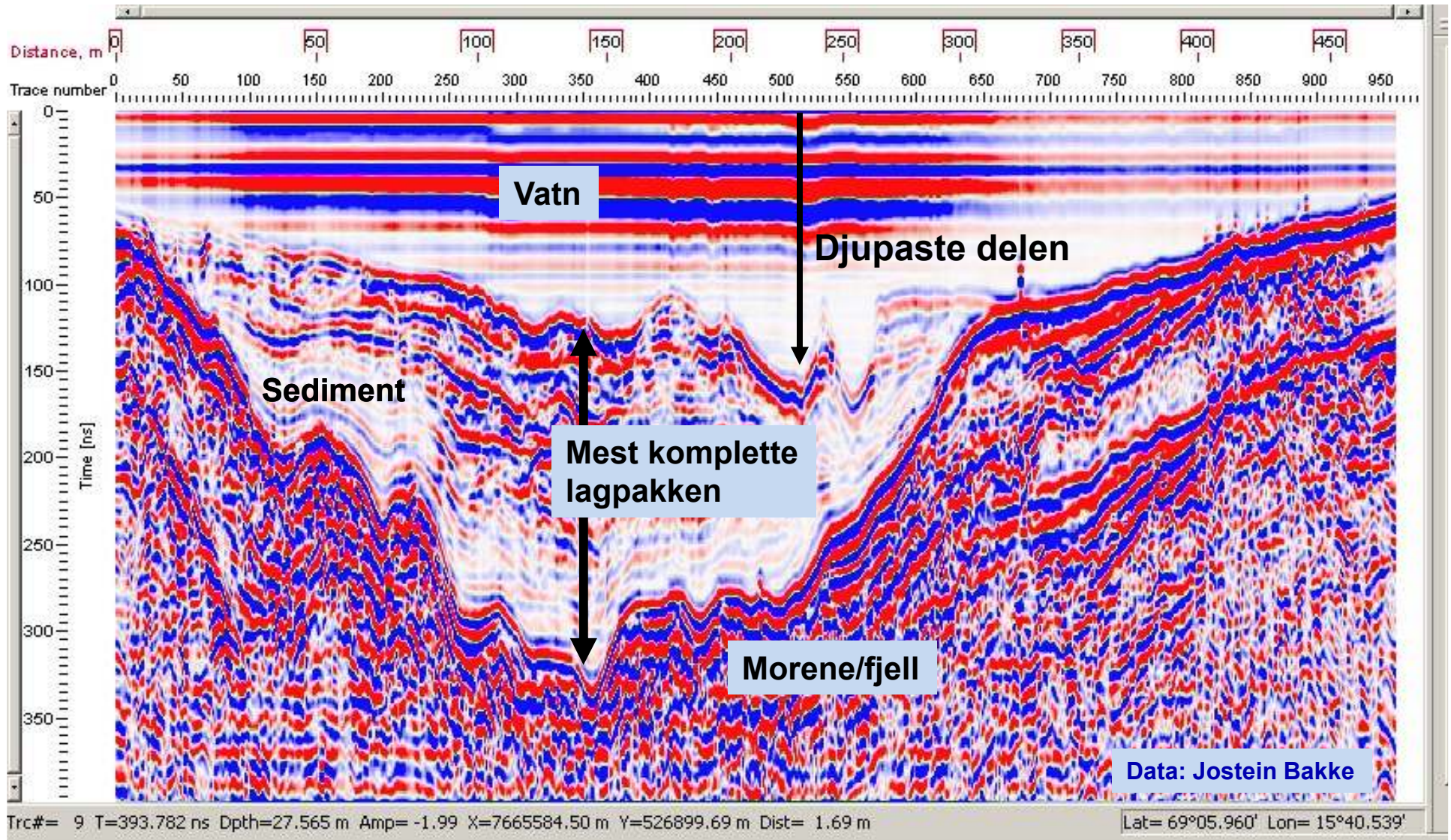
Oldeskaret

Prøvelokalitet
(Jarbuvatnet)



Foto: Atle Nesje

Georadar-profil frå innsjø



Prøvetaking av innsjøsediment

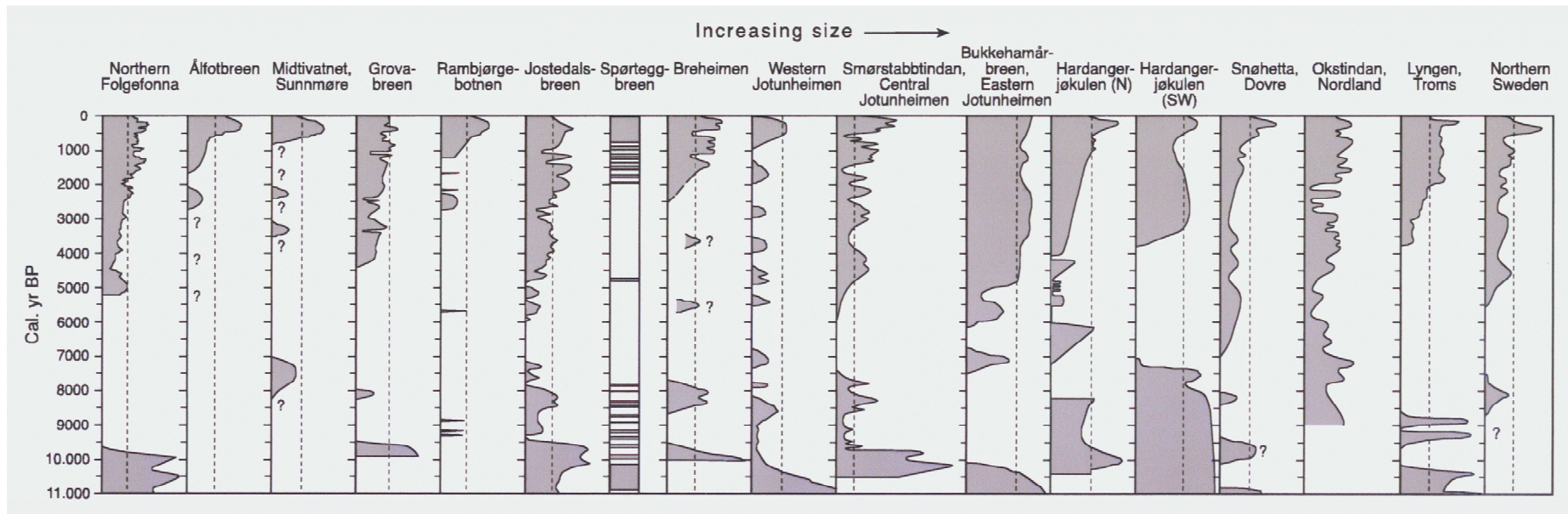


Kjerneprøve av innsjøsediment



Foto: Jan Rabben, Brit Skjelkvåle, Jostein Bakke, Inge Aarseth og Atle Nesje

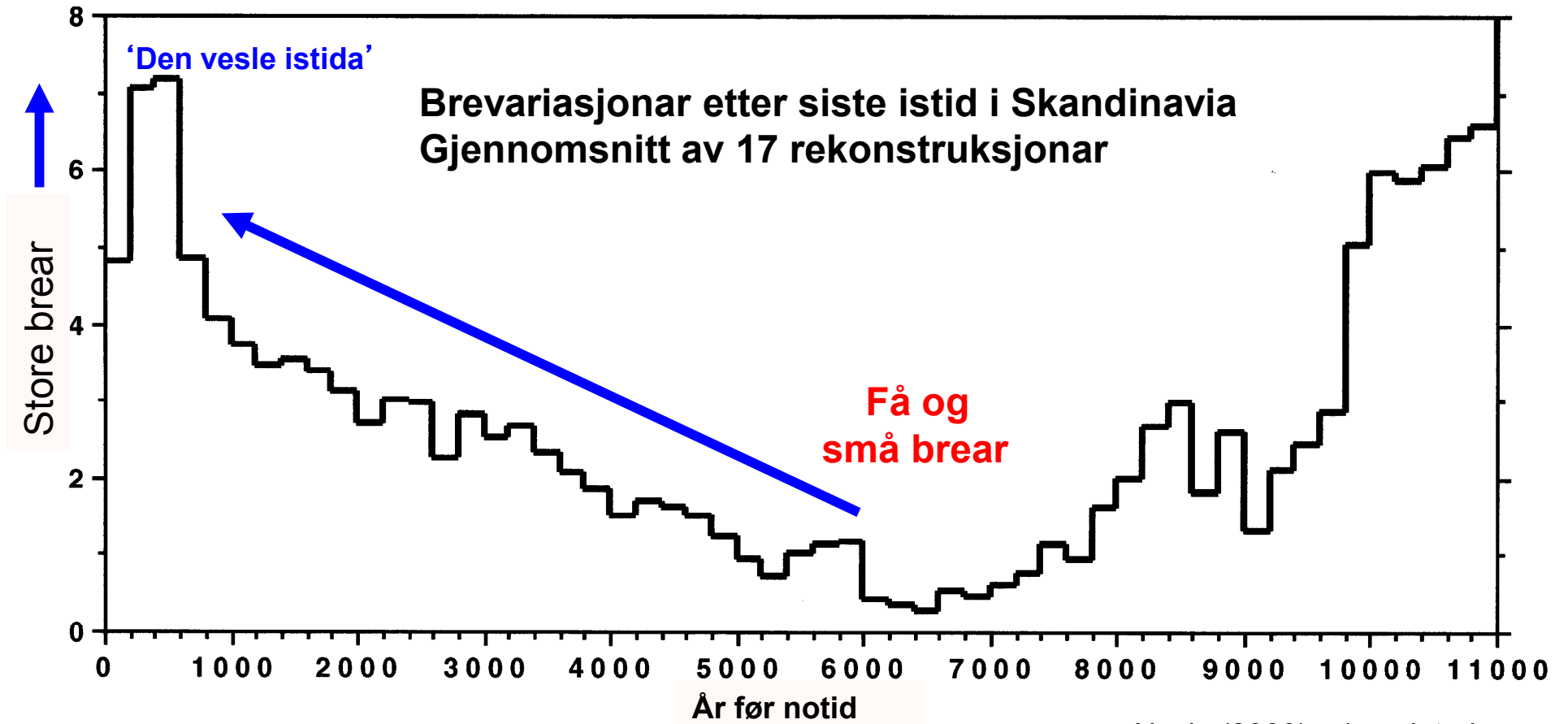
Rekonstruksjonar av brevariasjonar etter siste istid i Skandinavia



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) m/oppdatering

Briksdalsbreen

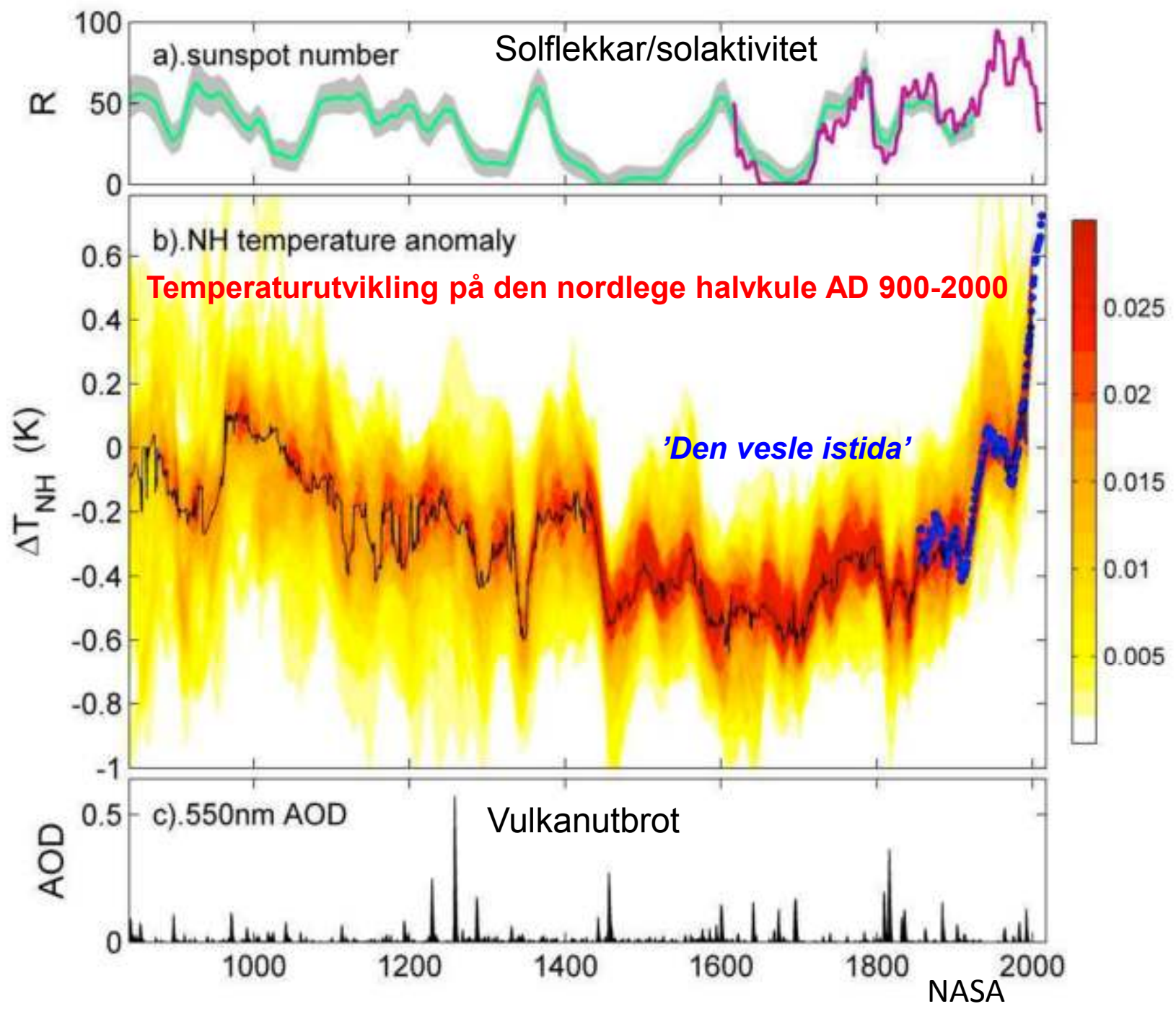
Finnar: Olav Kvame

**Seljestokk:
~8410 år gammel**

Foto: Inge Fænn, Fjordingen

**Morenerygg danna
under breframstøyt 1996/97**

Foto: Atle Nesje



Nigardsbreen

Takk!

Foto: Steinar Birkeland, NRK