



Endringer og trender i havis i norsk Arktis

Arild Sundfjord og Sebastian Gerland
Norsk Polarinstitut

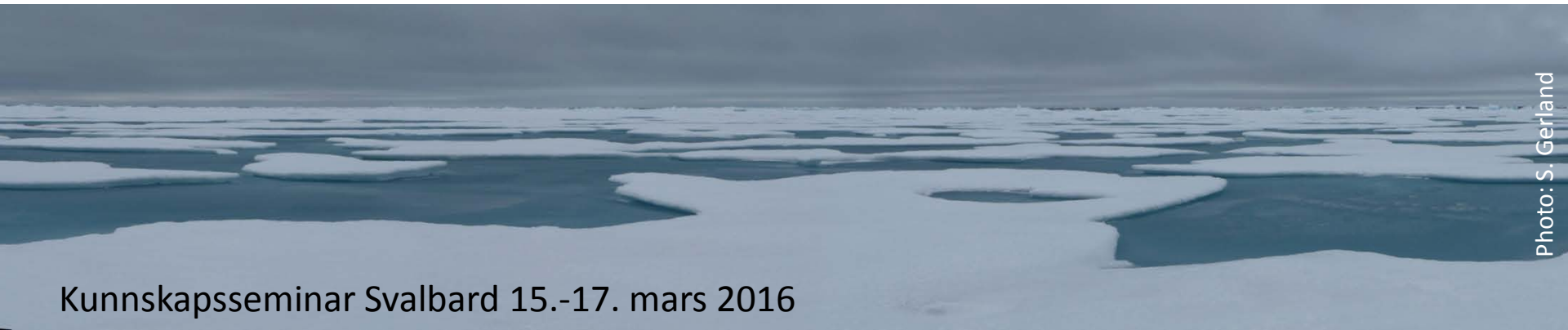


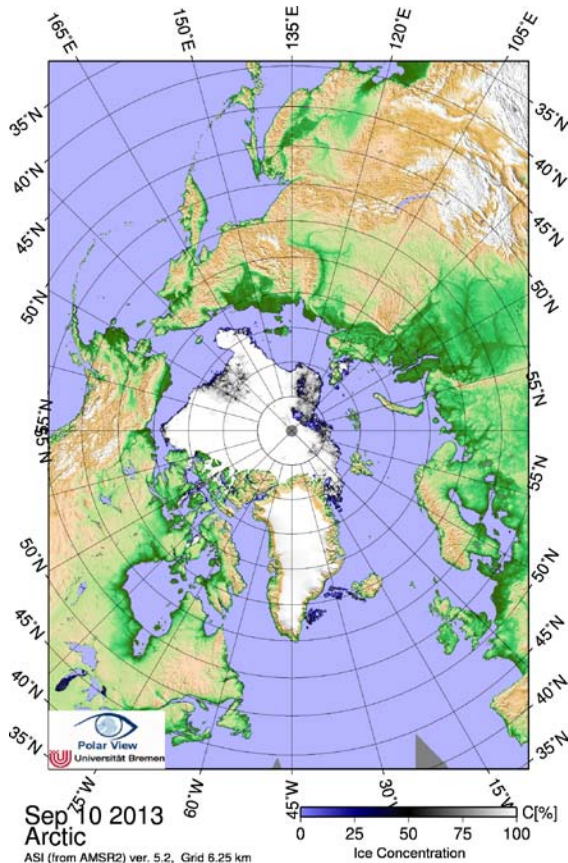
Photo: S. Gerland

- Status for havis i Arktis
- Områdene rundt Svalbard
- Eksempler fra pågående forskning:
 prosesstudier, overvåkning og modellering
- Mekanismene som styrer isdekket

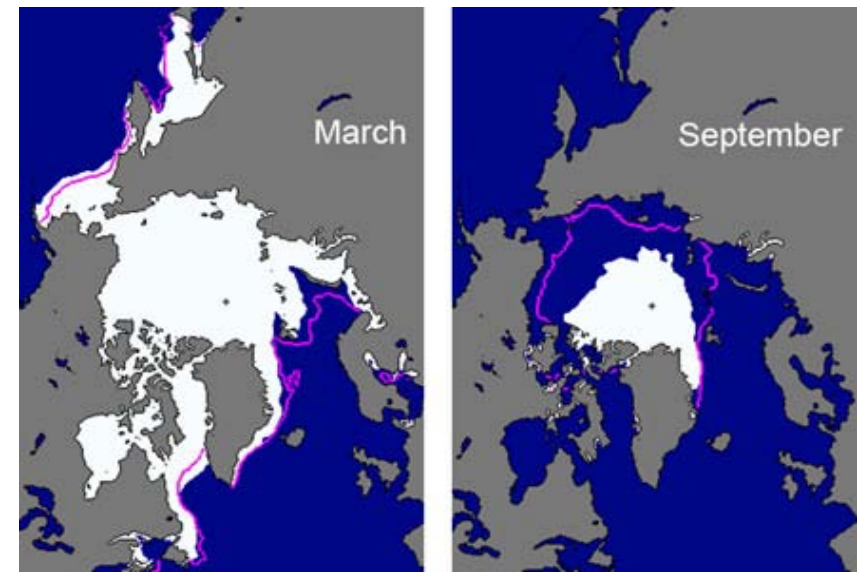


What is changing in the Arctic Sea Ice System?

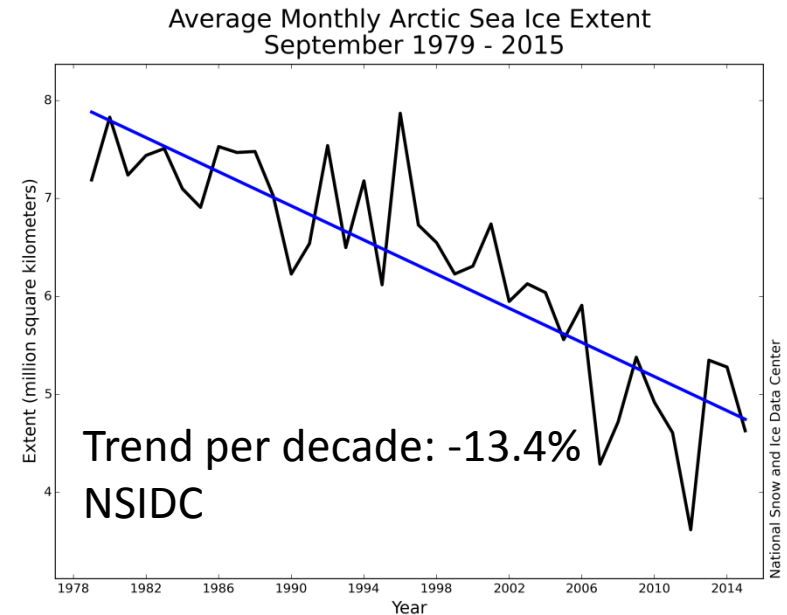
- Ice extent
- Ice dynamics and distribution
- Sea ice thickness



Univ. Bremen



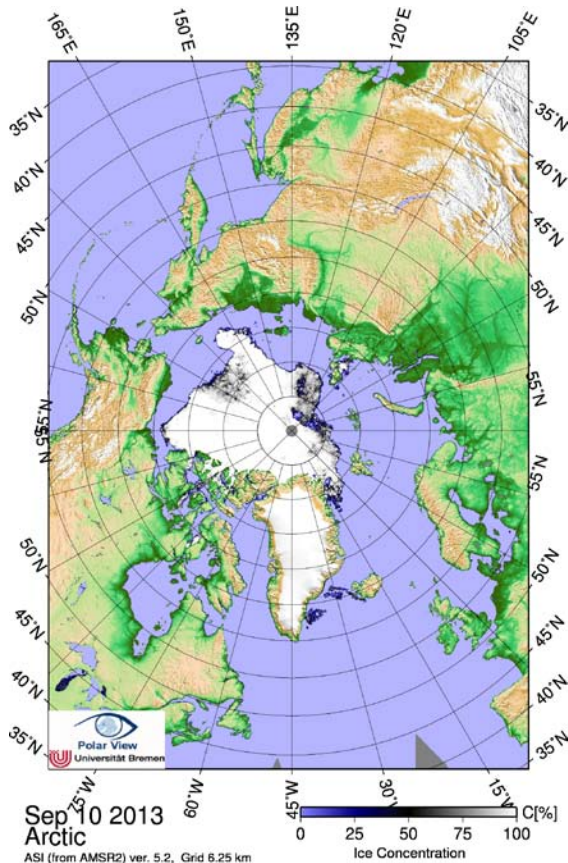
Arctic report card 2012/NSIDC



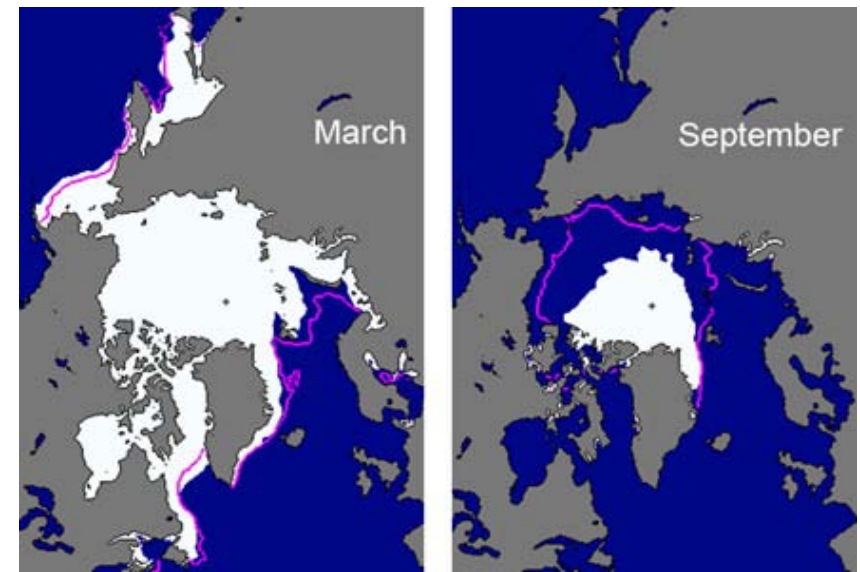
See also Arctic Report Card 2015, NOAA

What is changing in the Arctic Sea Ice System?

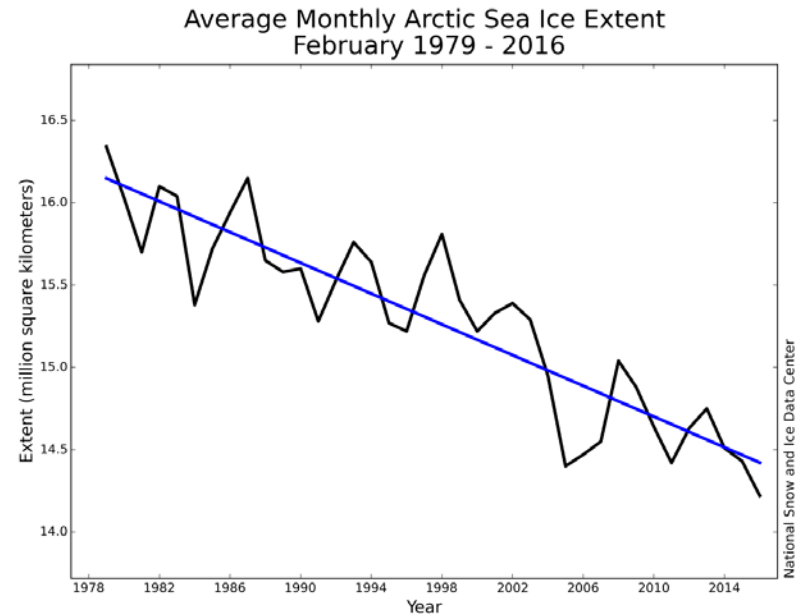
- Ice extent
- Ice dynamics and distribution
- Sea ice thickness



Univ. Bremen



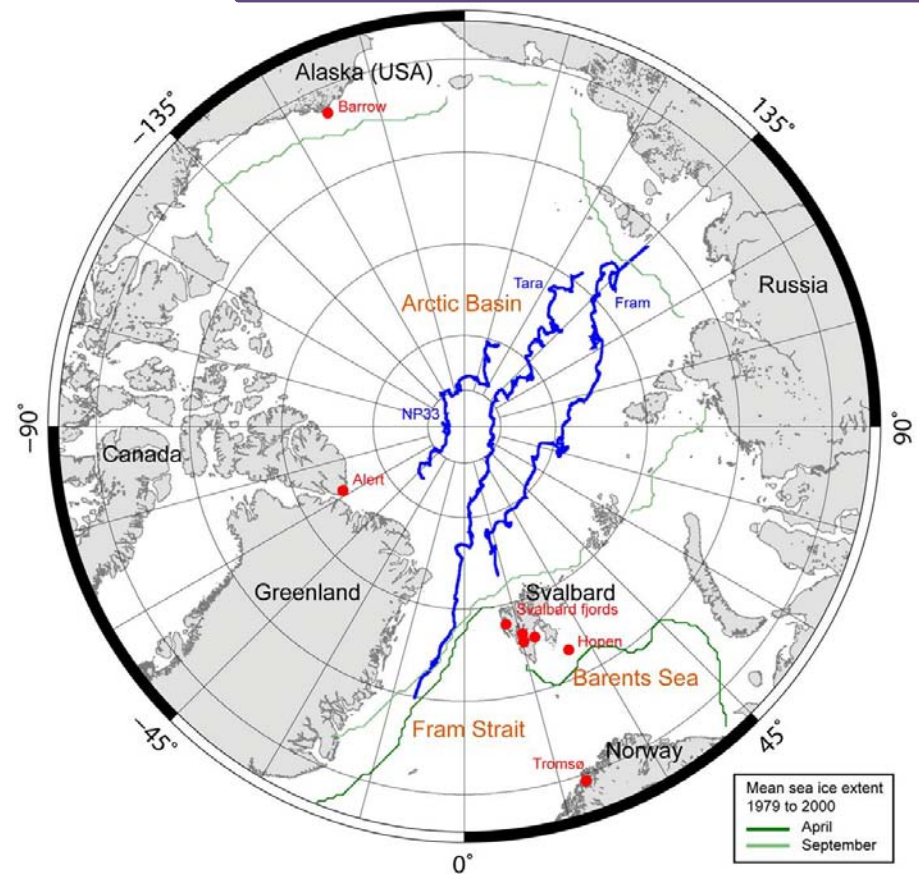
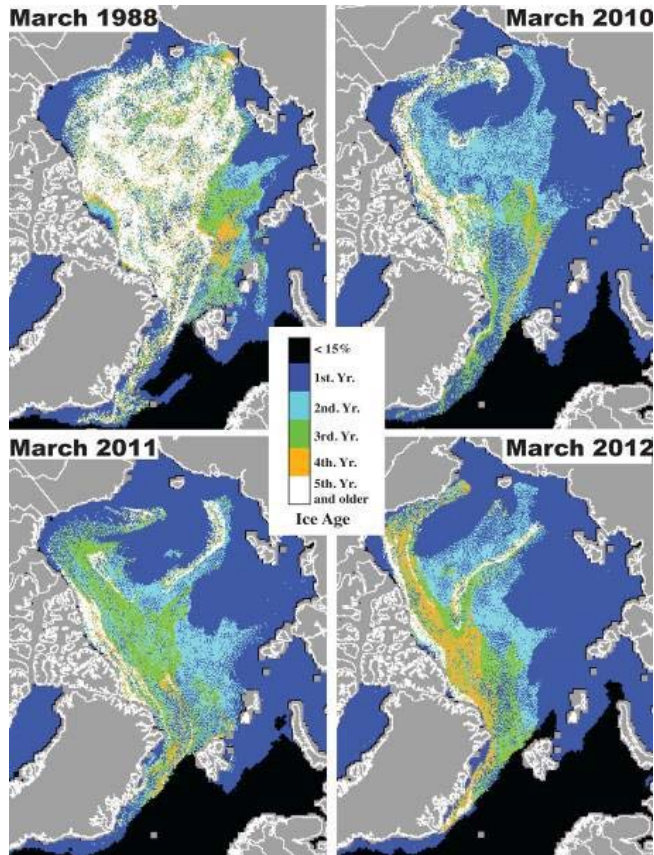
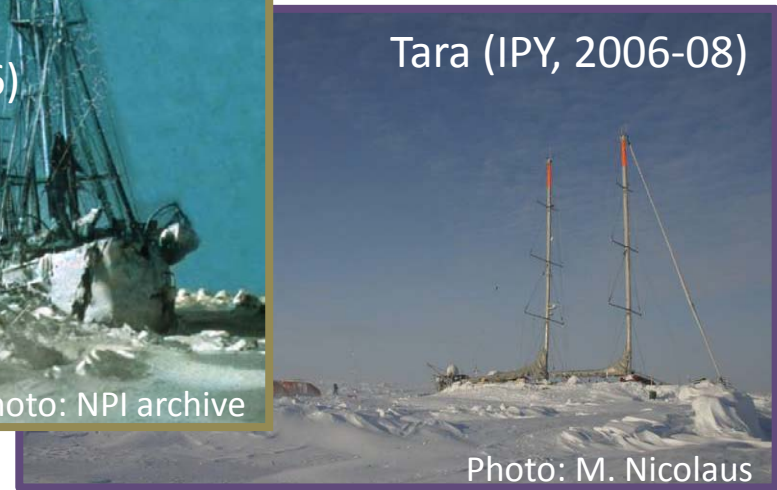
Arctic report card 2012/NSIDC



See also Arctic Report Card 2015, NOAA

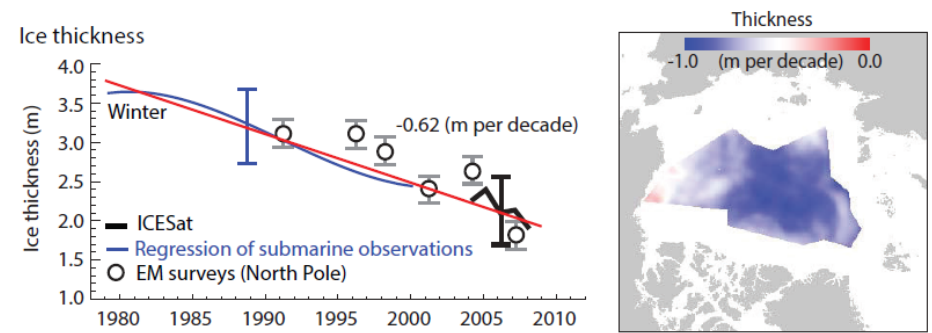
What is changing in the Arctic Sea Ice System?

- Ice extent
- Ice dynamics and distribution
- Sea ice thickness



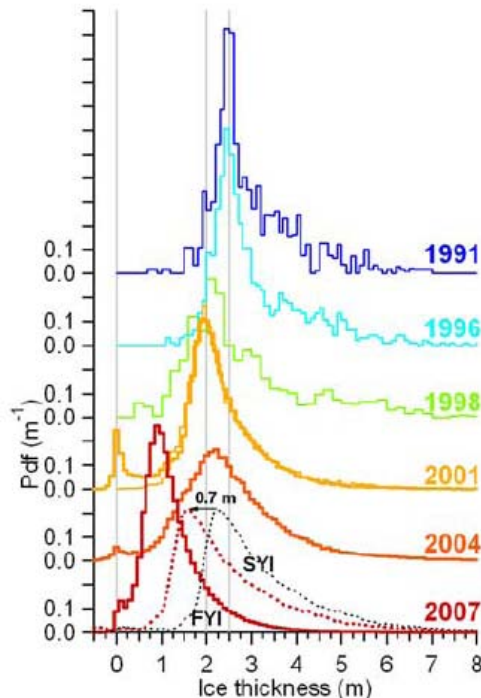
What is changing in the Arctic Sea Ice System?

- Ice extent
- Ice dynamics and distribution
- Sea ice thickness



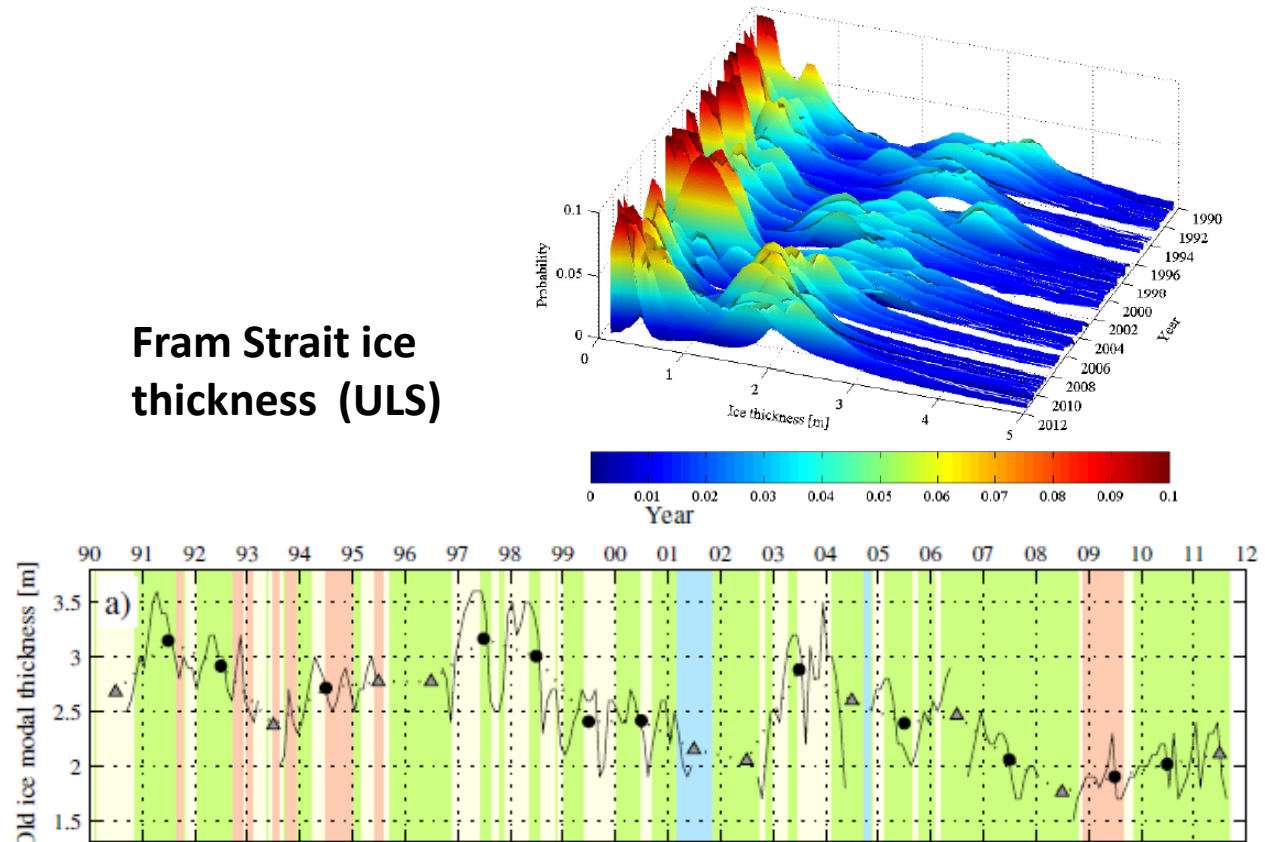
IPCC AR5 Ch. 4 (2013)

Ice thickness transpolar drift (EM)



Haas et al. 2008 GRL

Fram Strait ice thickness (ULS)



Hansen et al. 2013 JGR

Group mean change

Chukchi -2.1

Beaufort -0.6 -1.1 -0.7 -0.6

Canada -0.2 -0.5 -2.3 -1.6 -2.0 -1.2 -1.4 -1.7 -1.1 -1.5 -1.6

Eastern -2.6 -1.0

Other locations: -1.0, -0.9, -1.0, -0.3, -1.3, -1.5, -0.4, -2.3, -2.1, -2.2, -1.5

**Rothrock et al. 1999 (JGR), SWIPA 2012
Update in Rothrock et al. 2008 (JGR)**

Meier et al. 2014 (Rev. Geoph.)
Updated from
Kwok and Rothrock 2009 (GRL)
Haas et al. 2008 (GRL)

Norwegian Polar Institute's Longterm Monitoring of Ocean and Sea Ice in Fram Strait and off Svalbard

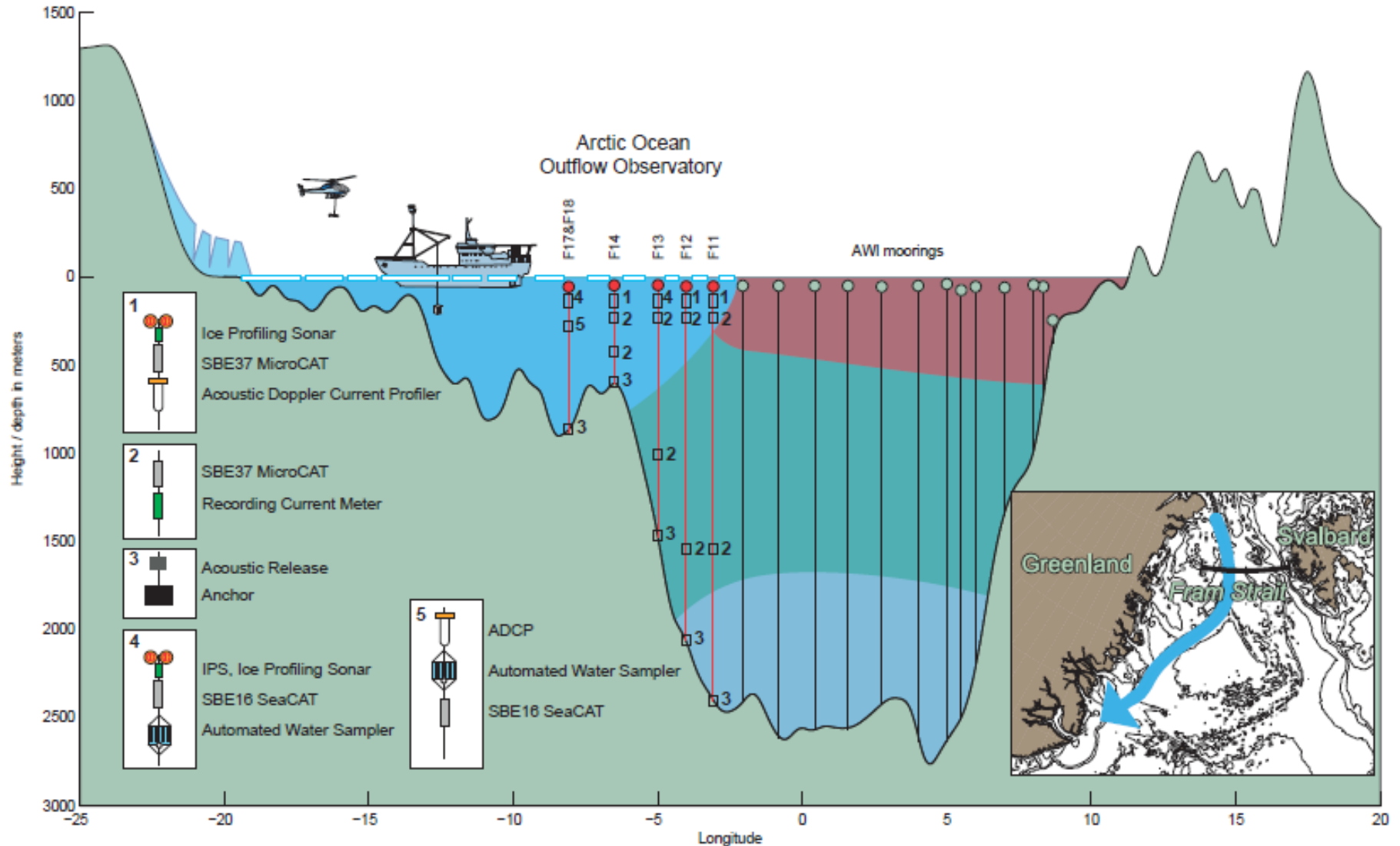
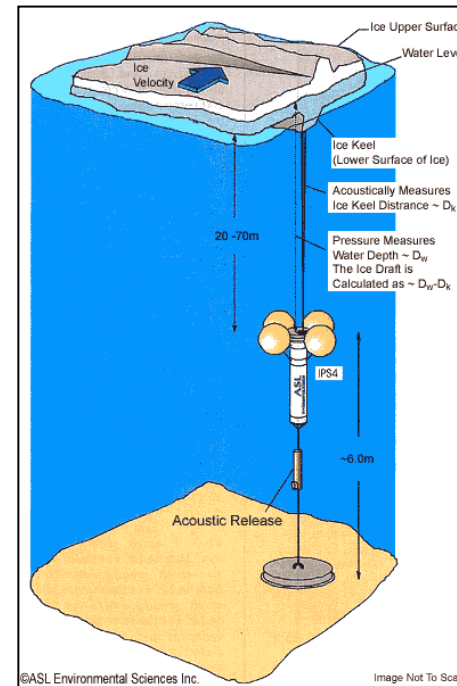
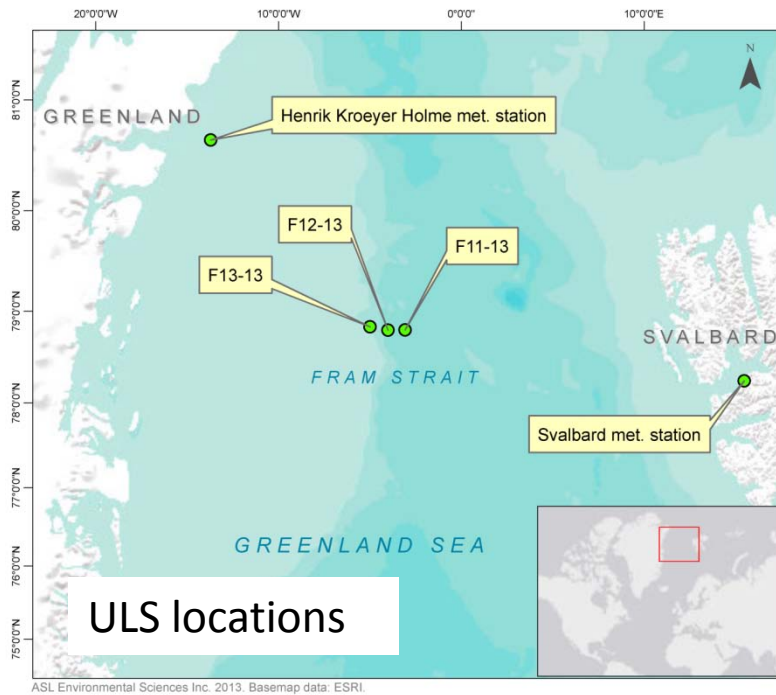
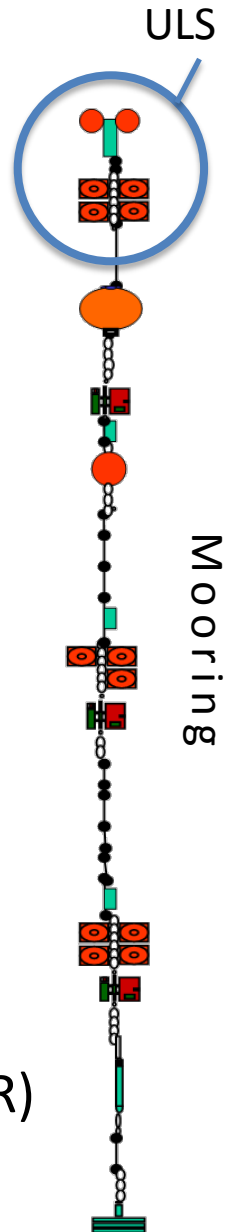


Illustration: Audun Igesund, Norwegian Polar Institute.

Sea Ice Thickness from below: Upward looking sonars



Measurement principle

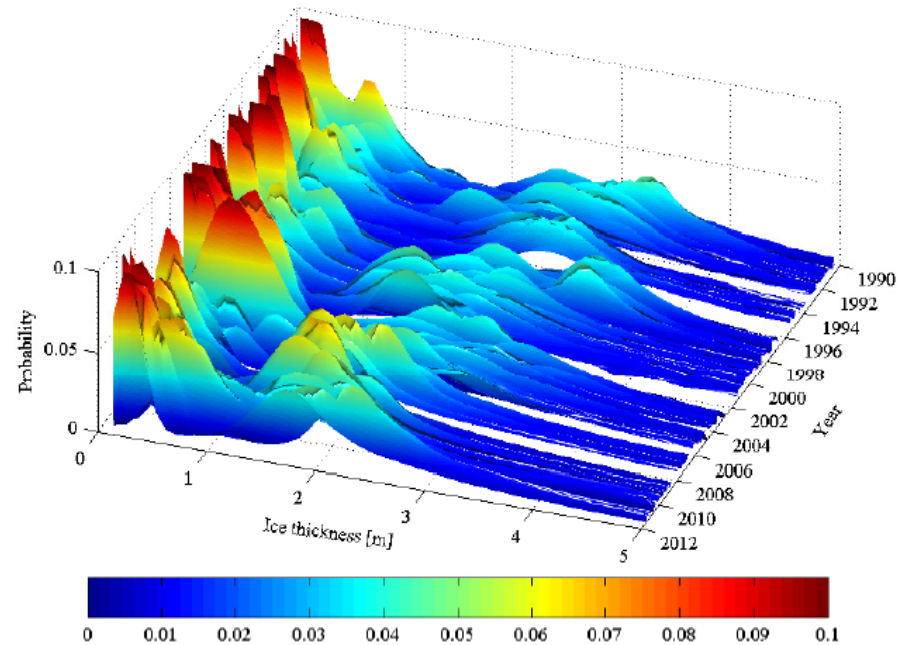


- Four moorings in Fram Strait between Greenland and Svalbard
- Sea Ice Thickness and Ridge Distribution
 - ULS measure distance to underside of ice → sea ice draft → conversion to thickness
- Long Time Series, started in 1990
- Results published in Vinje et al. 1998 (JGR); Hansen et al 2013 (JGR)

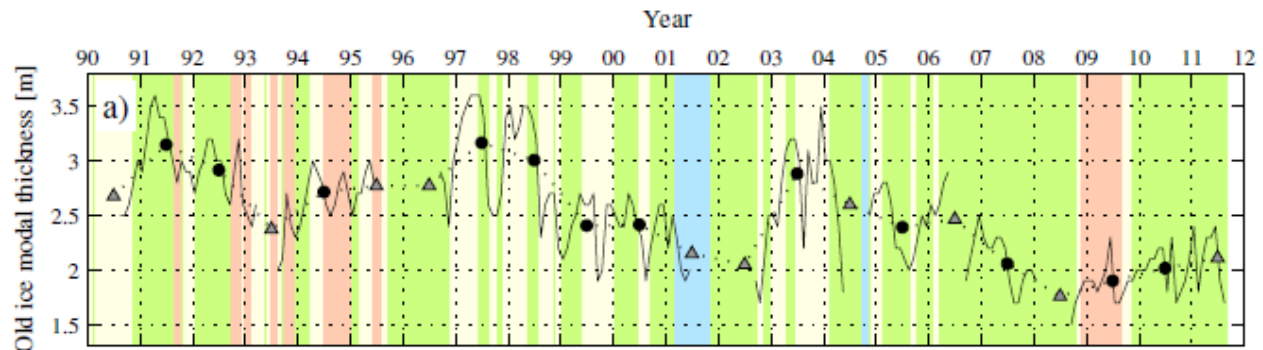
Fram Strait ice thickness from ULS since 1990



Moored upward looking
ASL sonar (NPI)

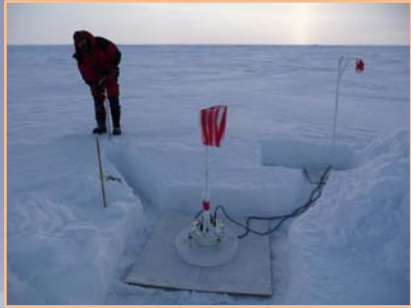


- Reduction of old level ice thickness by 32%
- Amount of ice > 5 m thick (ridges) reduced by about 50%
- Annual mean thickness of 3 m (1990s) down to 2.2 m (2008-11)
- Substantial part of the change after 2005/2006



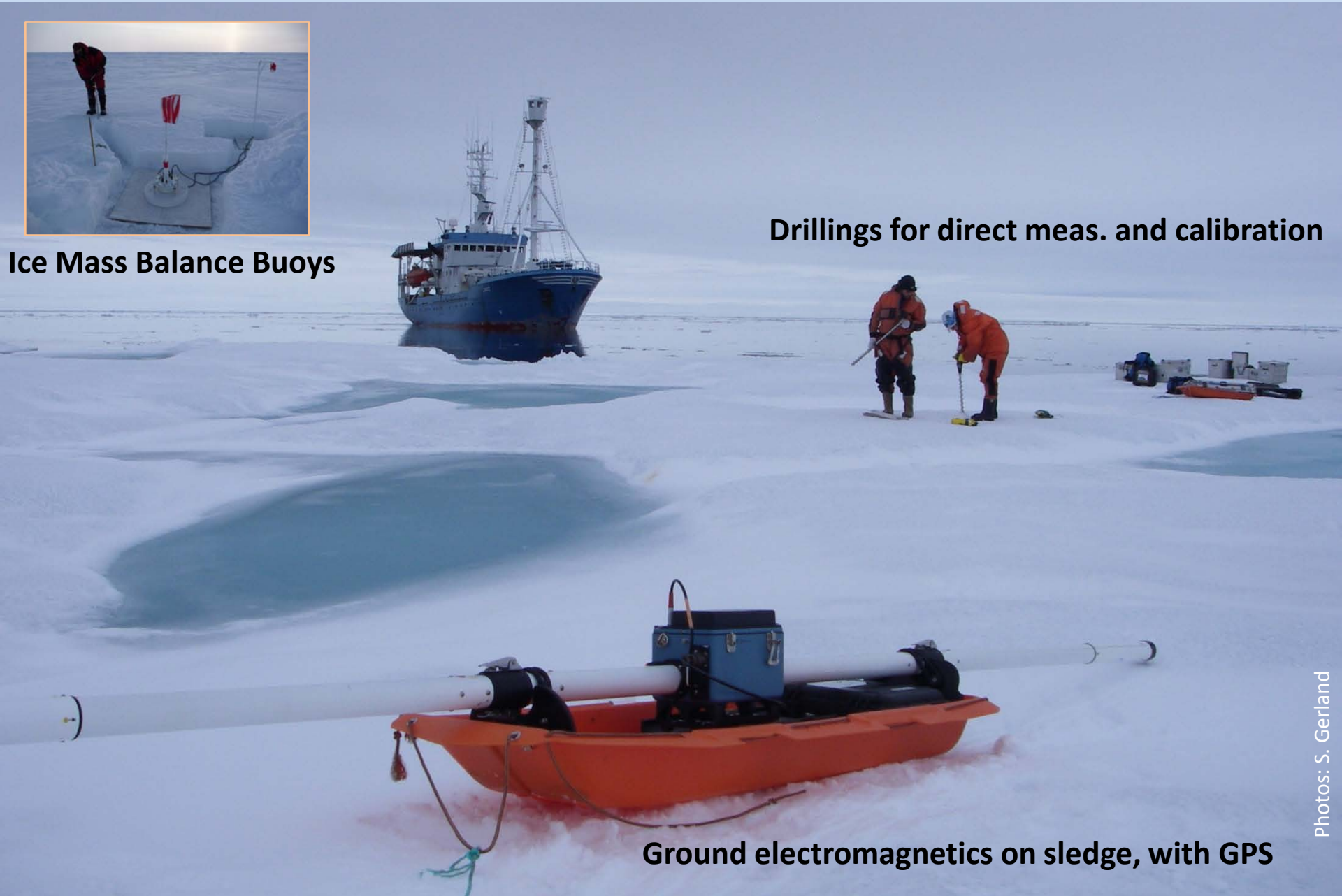
Hansen et al. 2013 (Journal of Geophysical Research)

Ground-based sea ice thickness measurements



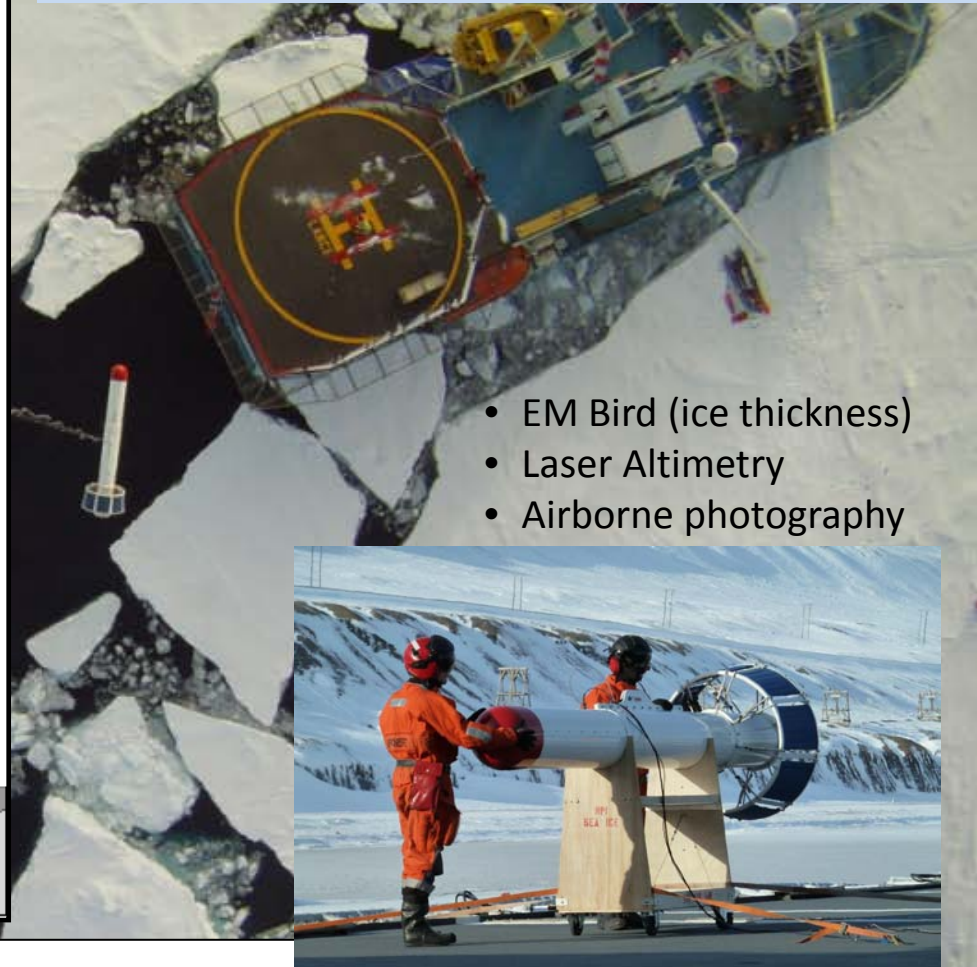
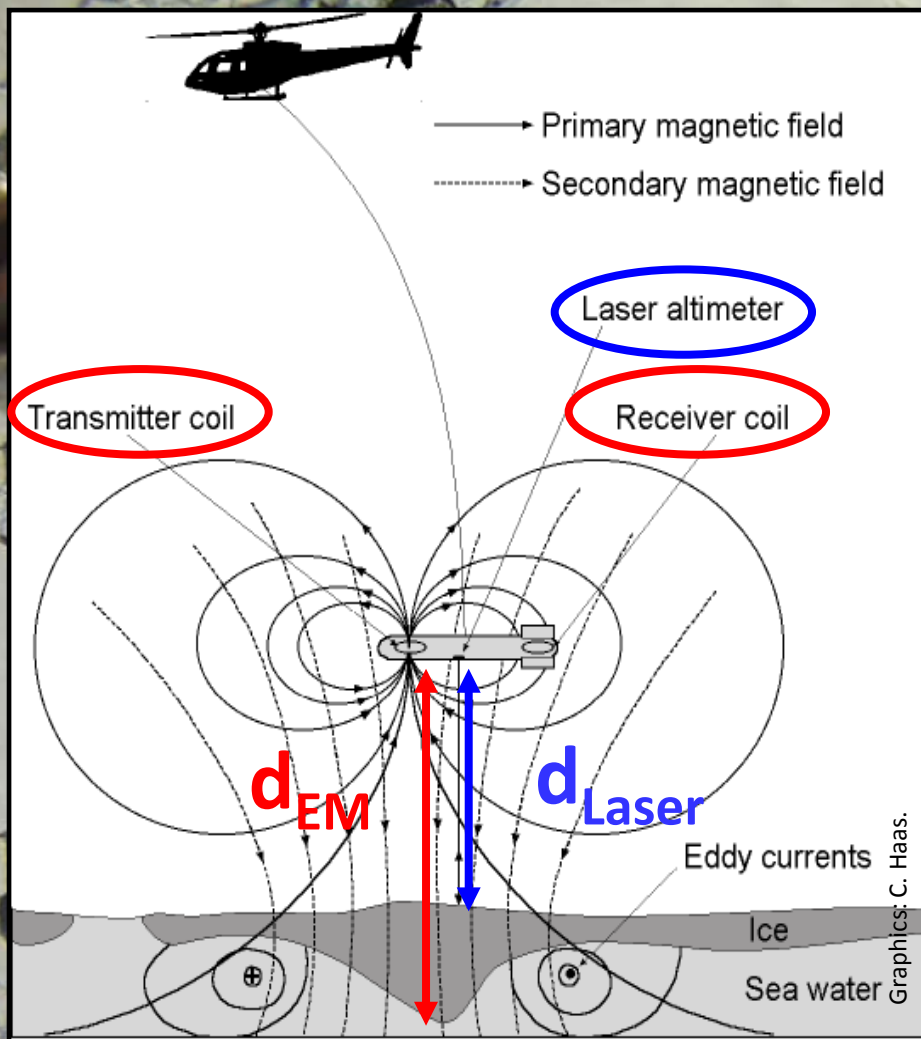
Ice Mass Balance Buoys

Drillings for direct meas. and calibration

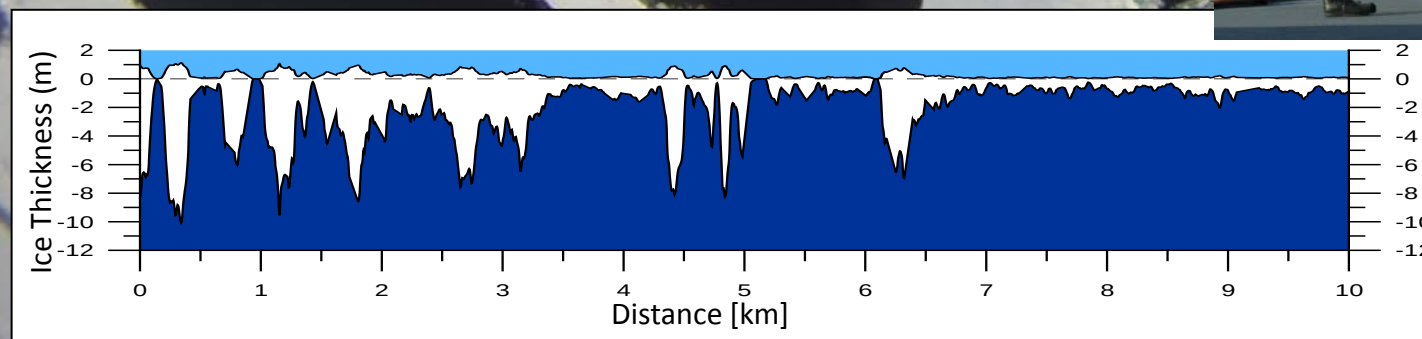


Ground electromagnetics on sledge, with GPS

Airborne Methods



- EM Bird (ice thickness)
- Laser Altimetry
- Airborne photography

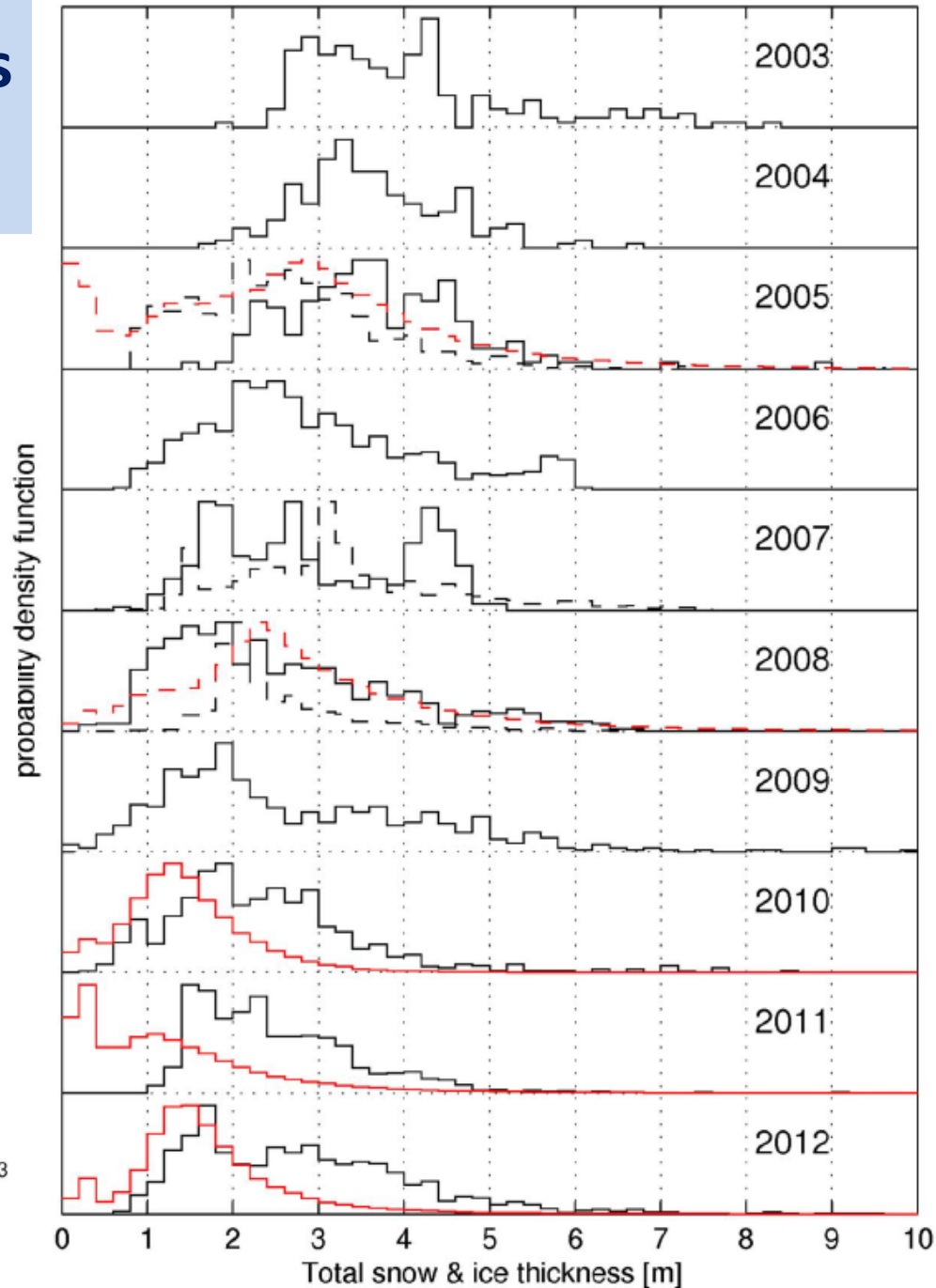
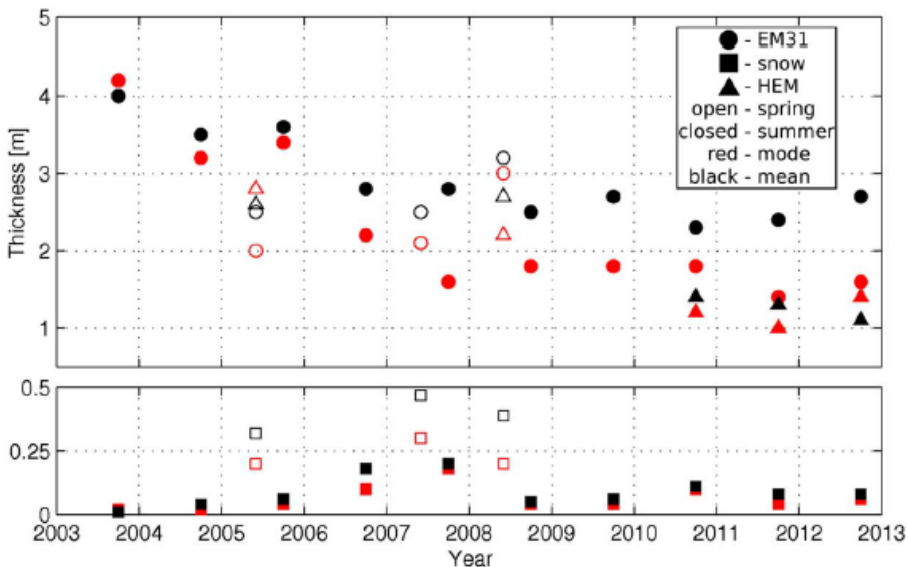


See also Renner et al.
2013a (Ann. Glaciol.),
2013b (CRST), 2014
(GRL)

Fram Strait Sea Ice Thickness over 10 years

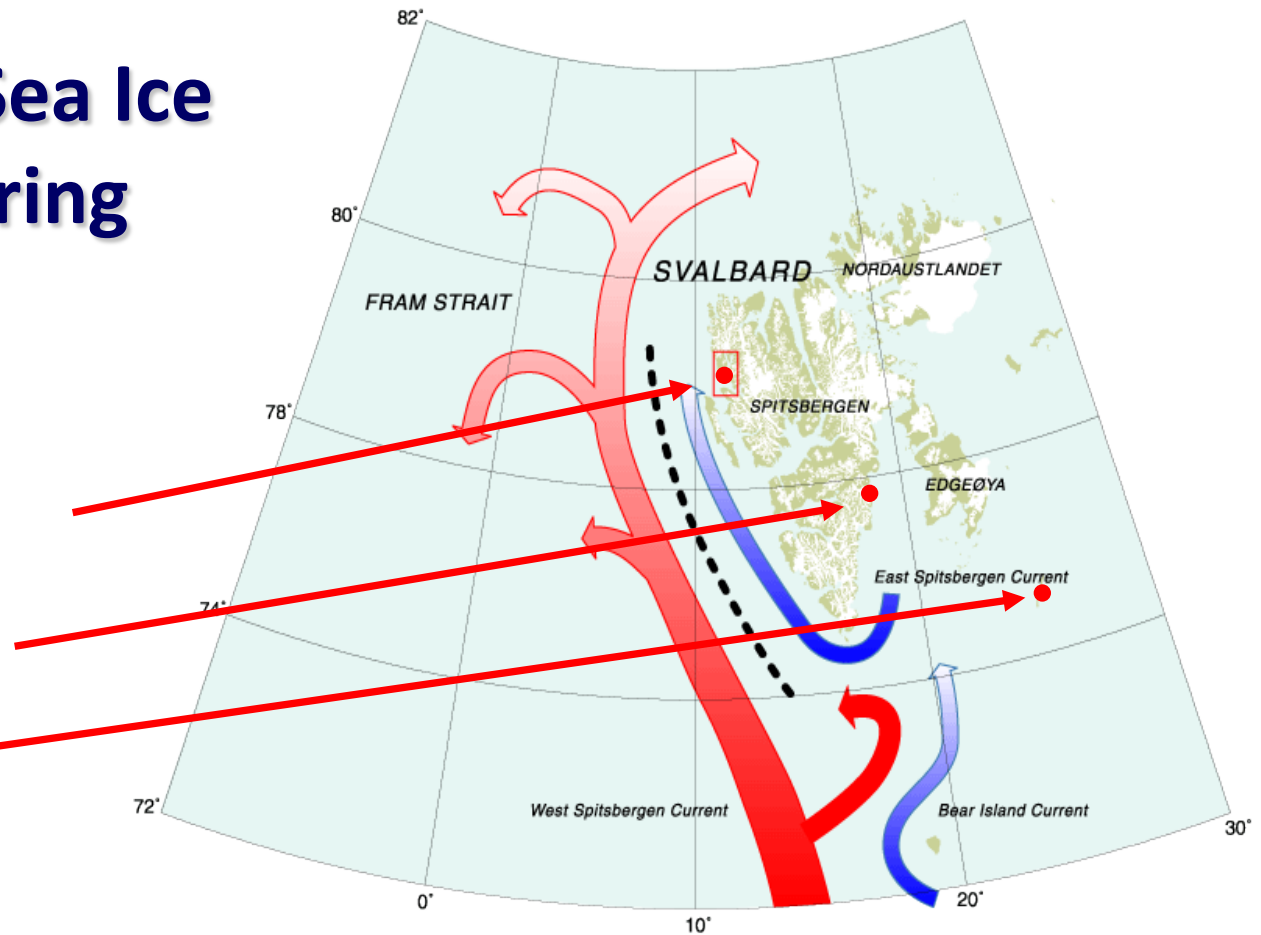
Result: Decrease in modal and mean thickness (0.3 and 0.2 m per year)

black = ground EM
red = airborne EM
dashed = spring
solid = late summer



Svalbard Sea Ice Monitoring

- Kongsfjorden
- Storfjorden
- Hopen

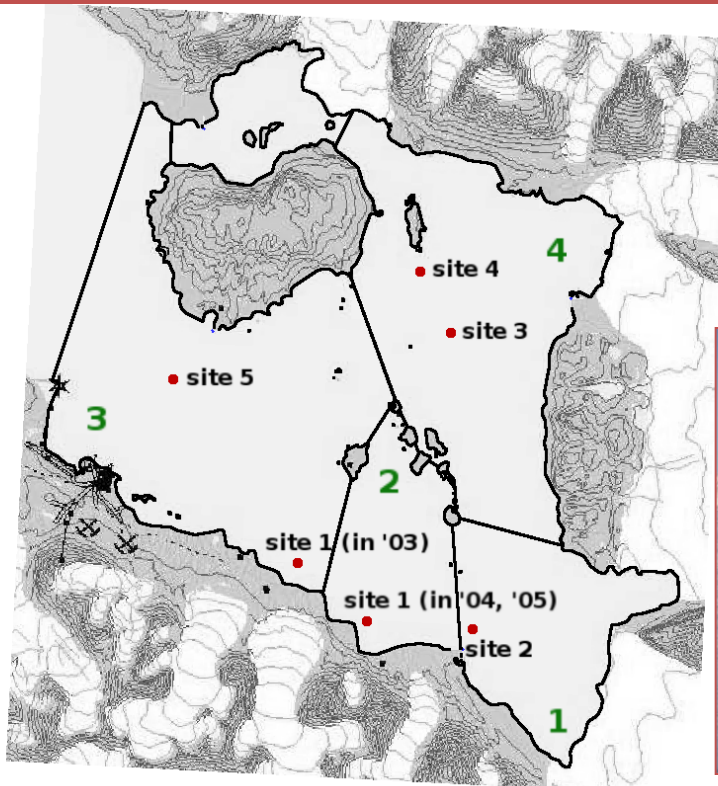


- Regular snow and ice thickness, freeboard obs.
- Ice extent and other supplementary information
- Kongsfjorden (since 1997) and Hopen (since 1966) have permanently manned bases, Storfjorden (since 2006) had a temporary base and is now visited a few times/season

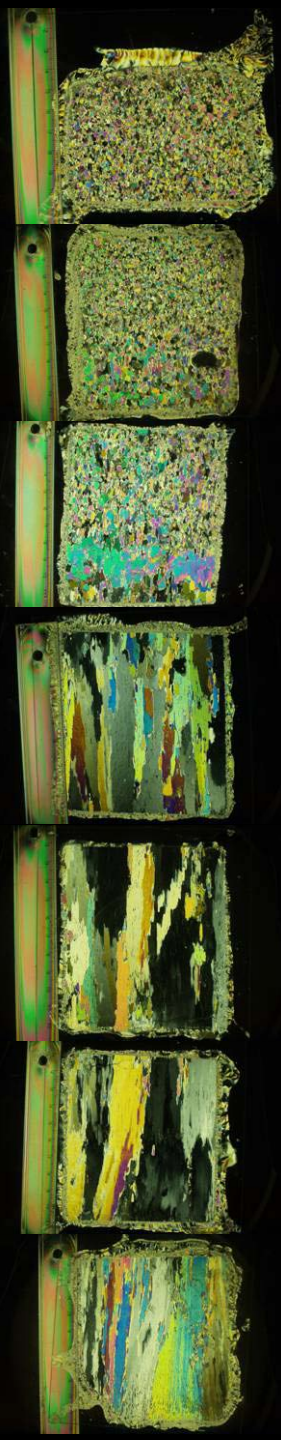
Kongsfjorden

Fast Ice Monitoring Setup

- Regular thickness drillings
- Regular imagery/ice mapping
- Supplementary info from process studies

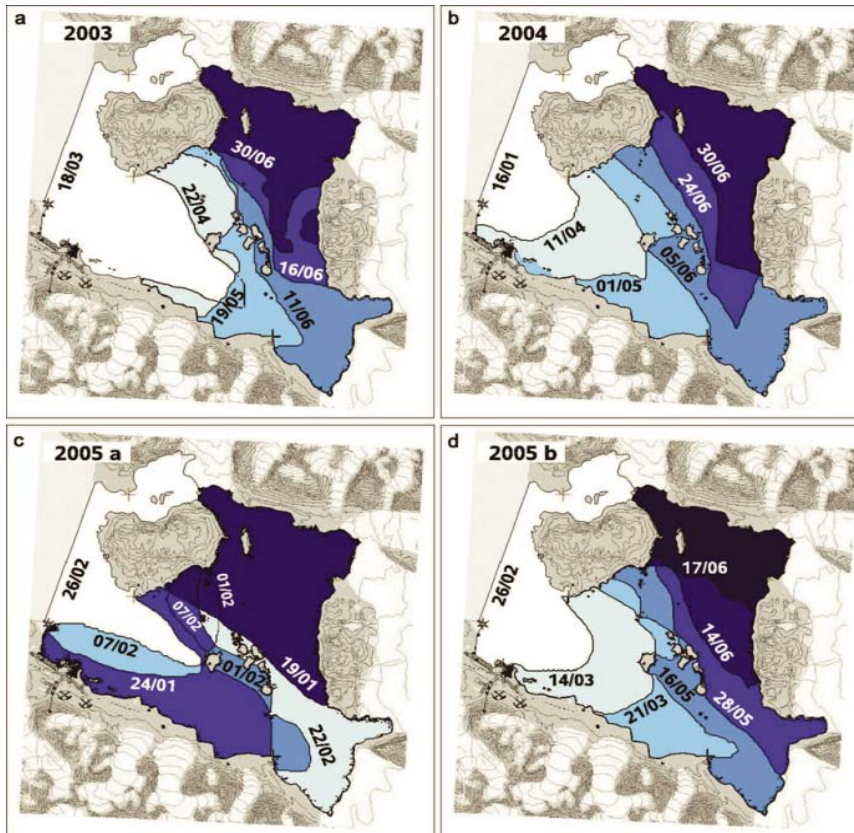


Photos: S. Gerland

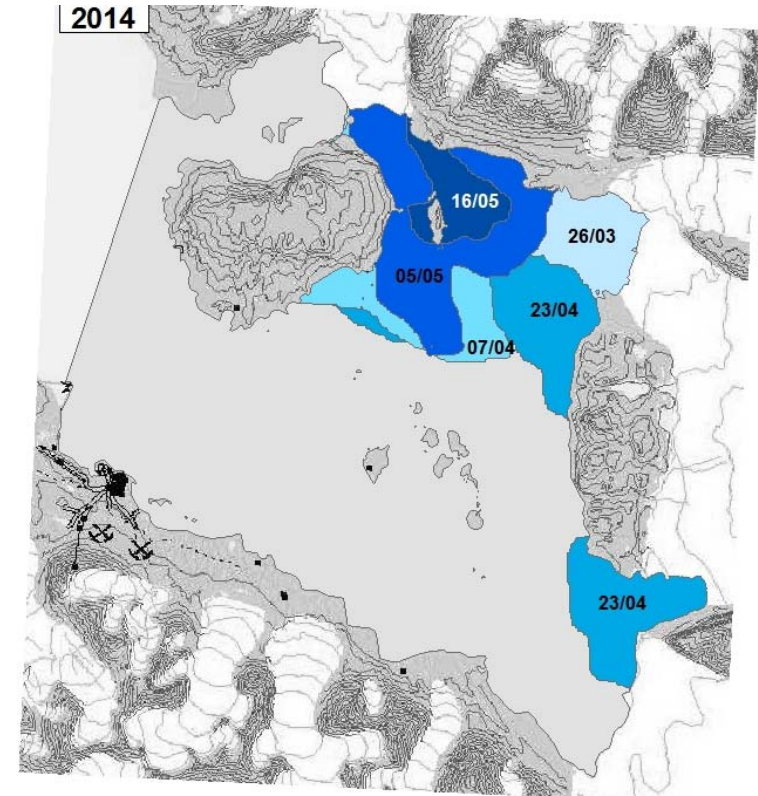


Resultater:

Eksempler for fastisutbredelse i tidlig 2000-tallet og 2014

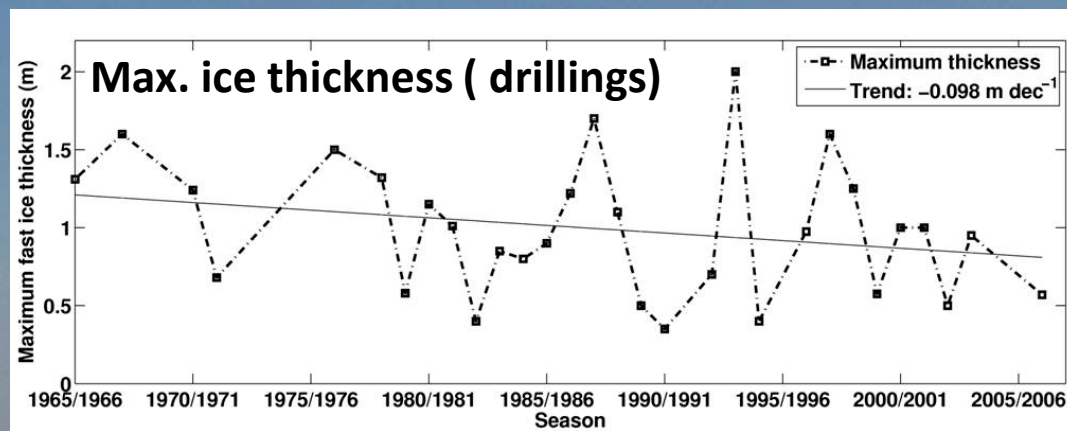
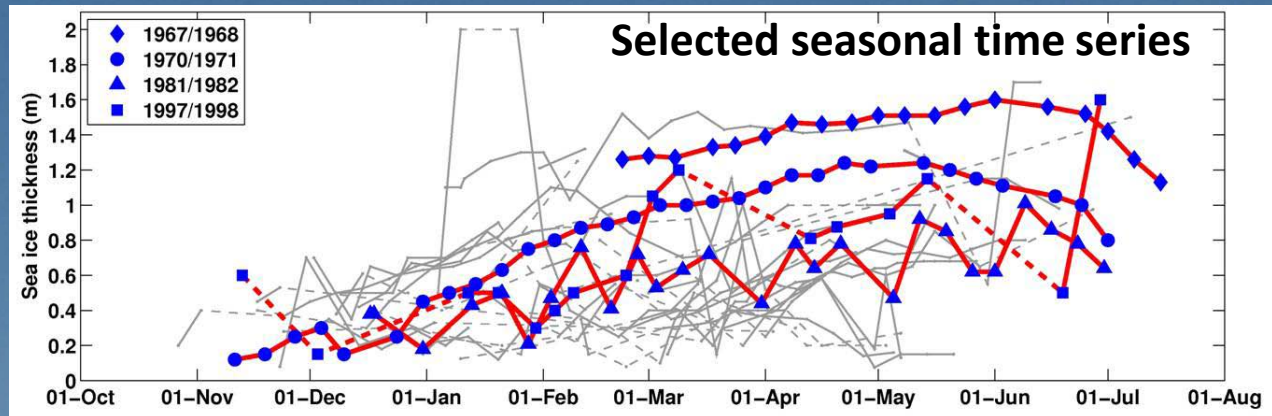
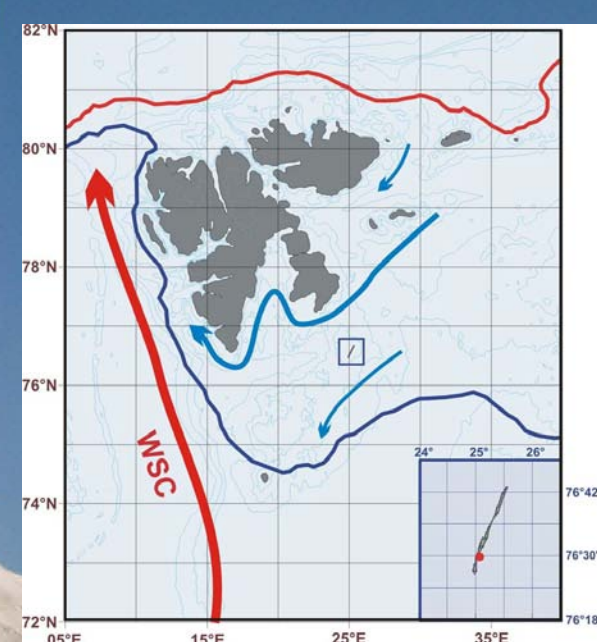


Gerland and Renner 2007



Pavlova et al. in prep.

- Mindre isutbredelse og kortere sesonger med is i fjorden nå enn før
- Dyrevika og Raudvika er områdene der det fortsatt er is om våren (mars-april)
- Trend til tynnere is og mindre snø, men mellomårlig variasjon



Gerland et al. 2008 Geophysical Research Letters

Hopen, Barents Sea
40 year time series

Photo: Ragnar Sønstebø, met.no

Barents Sea sea ice extent (Pavlova et al. 2014)

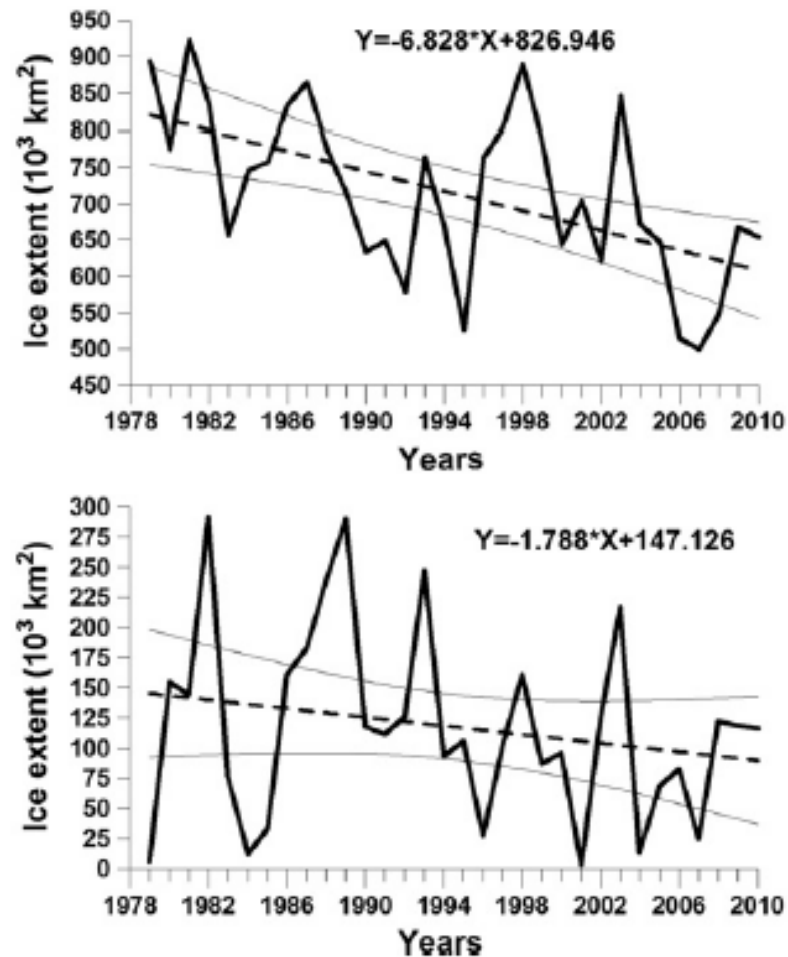
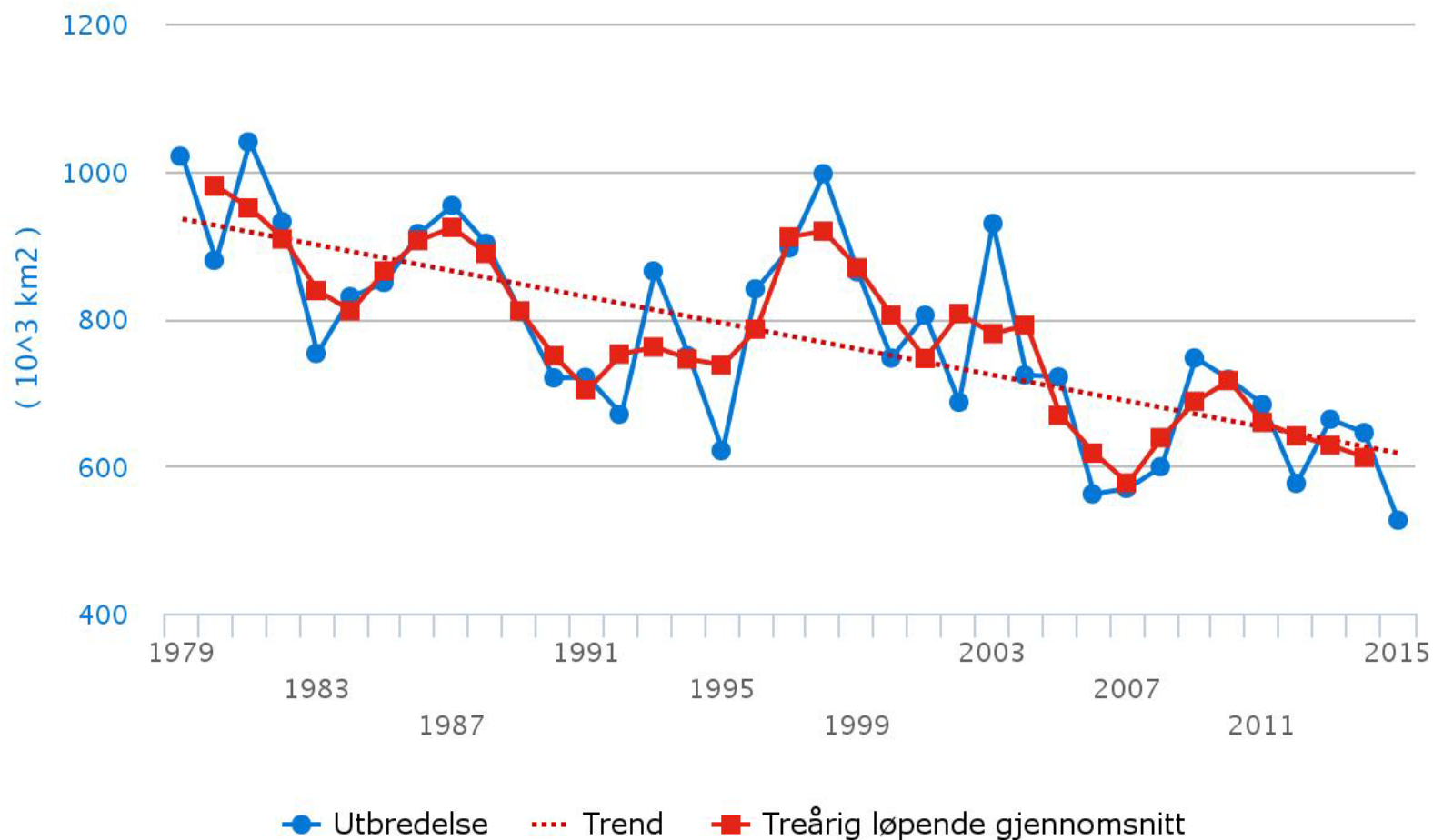


Fig. 3. Barents Sea SIE (thick solid line) for the period 1979–2010 in April (upper panel) and September (lower panel). Dashed lines show the linear trends, thin solid lines show 95% confidence intervals.

Havisutbredelse i Barentshavet og Framstredet

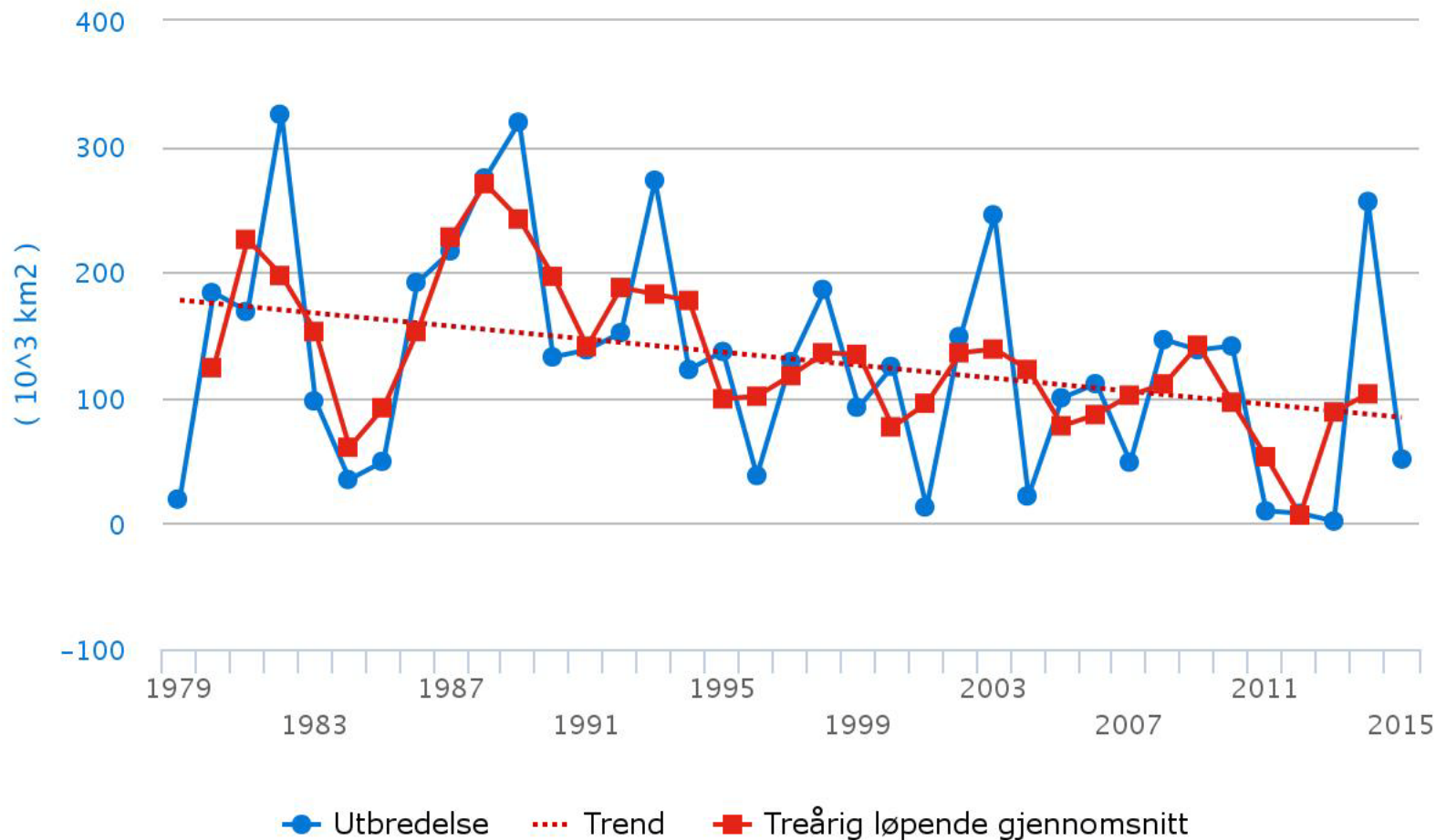
Utbredelse av havis er viktig å overvåke fordi det er sentralt for klimaet i Arktis og globalt og fordi det setter viktige rammer for økosystemene i Arktis. Her presenteres utbredelse i Barentshavet og i Framstredet. Utbredelse er vist for april, da den normalt er på sitt største, og for september, da isutbredelsen normalt er på sitt minimum. Dataene som er presentert her stammer fra satellittovervåking, som startet i 1979.

Havisutbredelse i Barentshavet i april



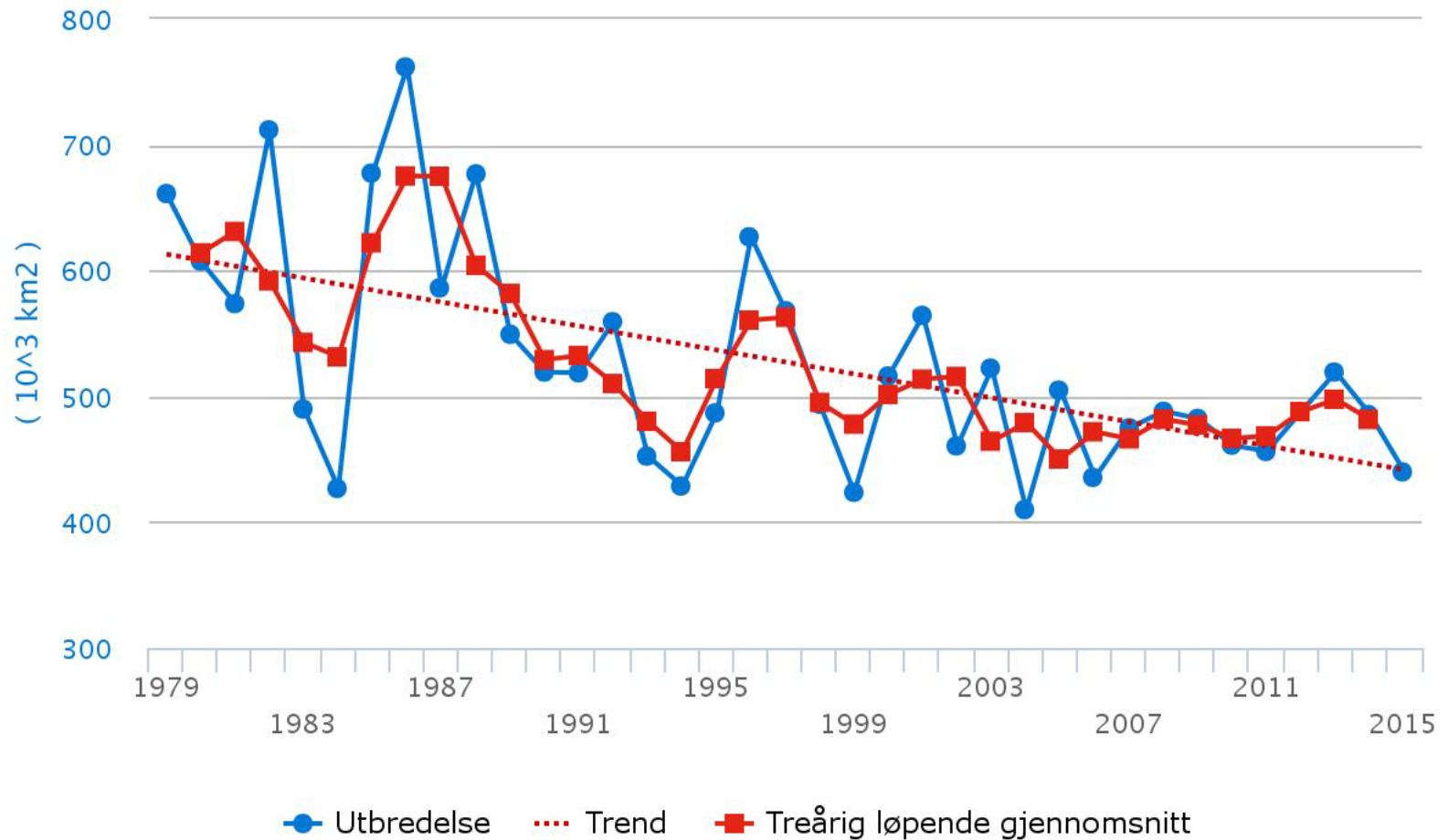
Figuren viser gjennomsnittlig isutbredelse i april i Barentshavet, måneden som normalt har størst utbredelse av is i havområdet. Dataene er vist som månedsmiddelverdier for hvert enkelt år, 3 års løpende gjennomsnitt, og lineær trend gjennom hele perioden. Den mellomårslige variasjonen er stor, men det er også en tydelig negativ trend i for aprilutbredelsen gjennom overvåkingsperioden. Den laveste utbredelsen for april ble observert i 2006. 2015-data baserer seg på foreløpige tall.

Havisutbredelse i Barentshavet i september



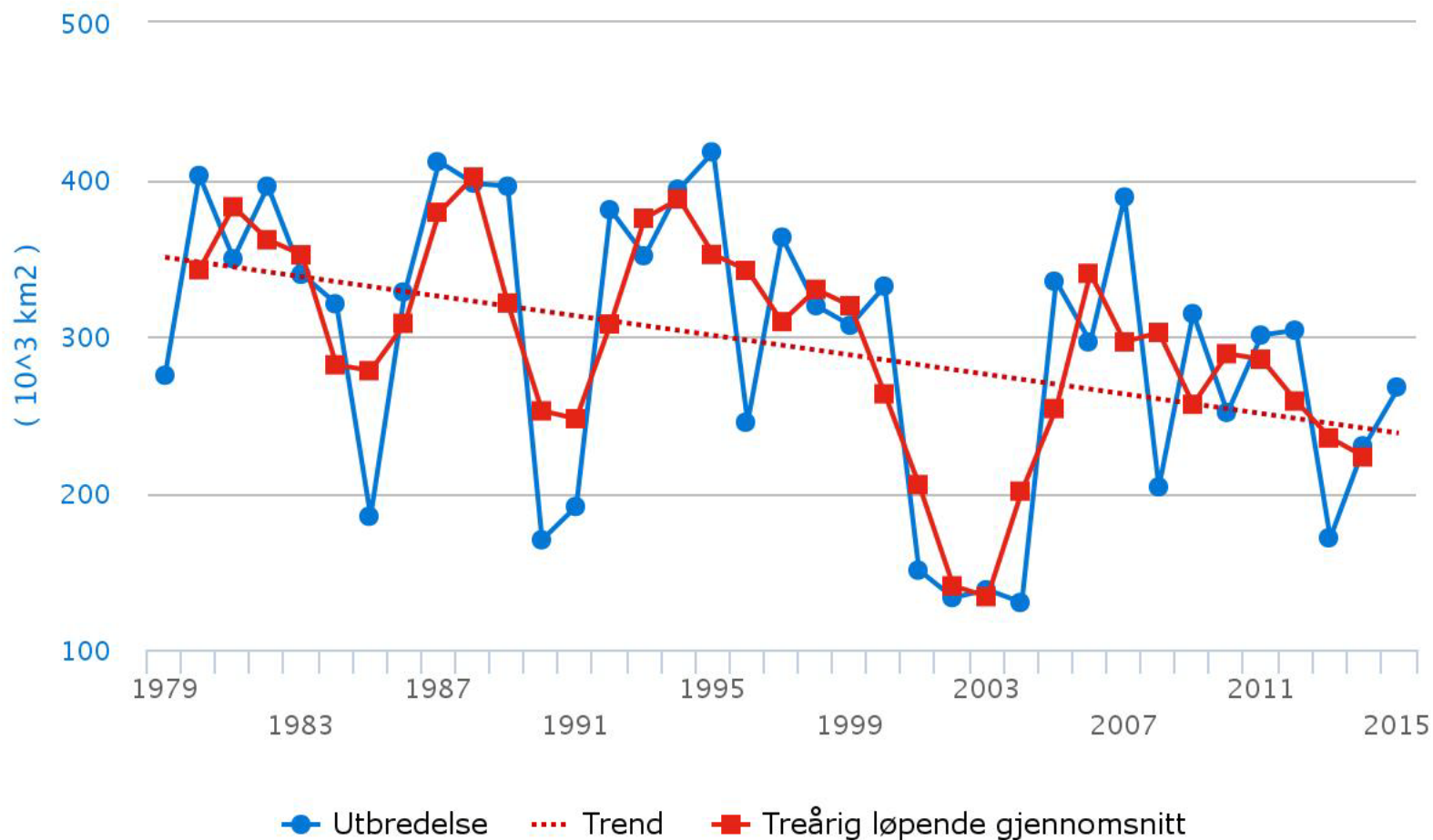
Figuren viser gjennomsnittlig isutbredelse i september i Barentshavet, måneden som normalt har minst utbredelse av is i havområdet. Dataene er vist som månedsmiddelverdier for hvert enkelt år, 3 års løpende gjennomsnitt, og lineær trend gjennom hele perioden. Den mellomårslige variasjonen er stor, men det er også en tydelig negativ trend for septemberutbredelsen gjennom overvåkingsperioden. Den laveste utbredelsen for september ble observert i 2013.

Havisutbredelse i Framstredet i april



Figuren viser gjennomsnittlig isutbredelse i april i Framstredet, måneden som normalt har størst utbredelse av is i havområdet. Dataene er vist som månedsmiddelverdier for hvert enkelt år, 3 års løpende gjennomsnitt, og lineær trend gjennom hele perioden. Den mellomårslige variasjonen er stor, men det er også en tydelig negativ trend i for aprilutbredelsen gjennom overvåkingsperioden. Den laveste utbredelsen for april ble observert i 2004. 2015-data baserer seg på foreløpige tall.

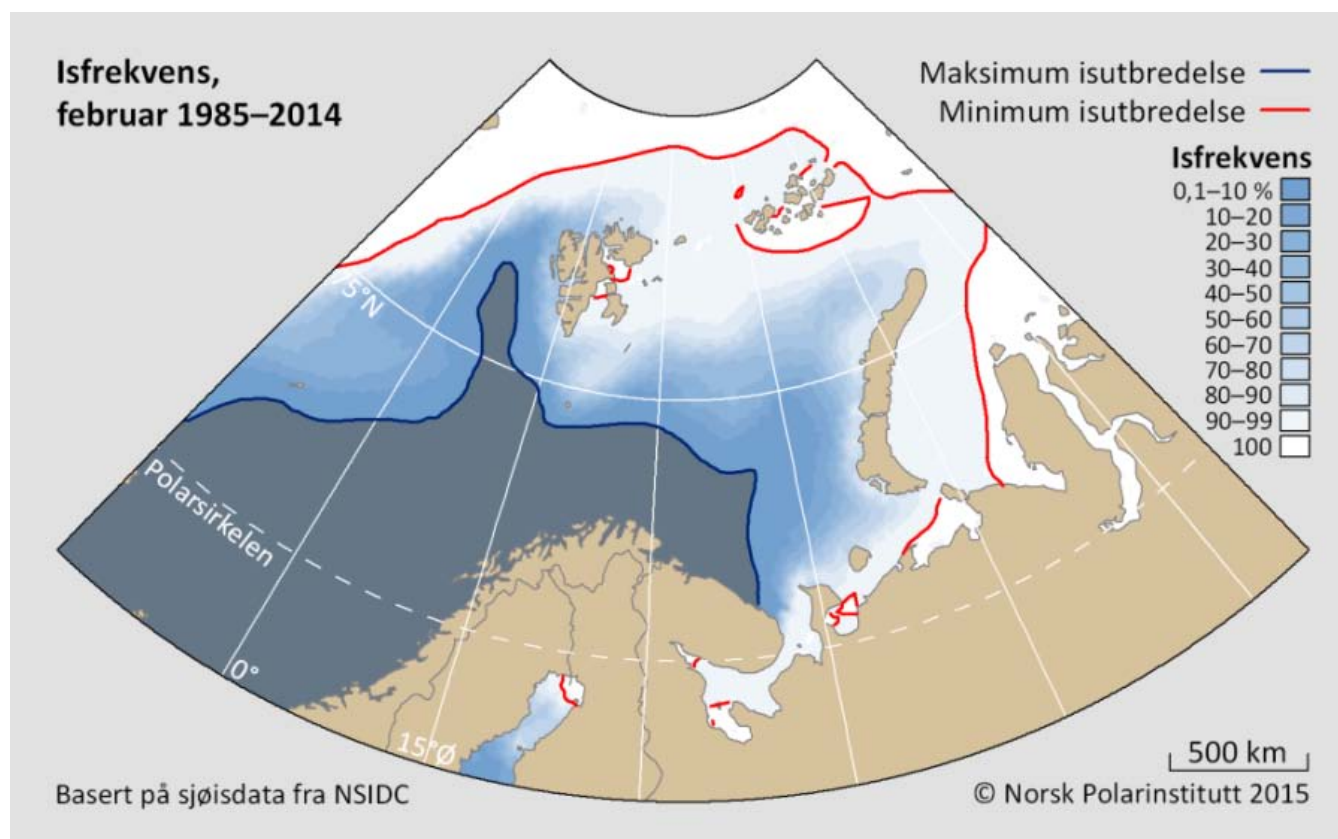
Havisutbredelse i Framstredet i september



Figuren viser gjennomsnittlig isutbredelse i september i Framstredet, måneden som normalt har minst utbredelse av is i havområdet. Dataene er vist som månedsmiddelverdier for hvert enkelt år, 3 års løpende gjennomsnitt, og lineær trend gjennom hele perioden. Den mellomårslige variasjonen er stor, men det er også en tydelig negativ trend for septemberutbredelsen gjennom overvåkingsperioden. Den laveste utbredelsen for september ble observert i 2004.

Iskantsonen på NP web

<http://www.npolar.no/no/fakta/iskantsonen.html>



Iskantsonen

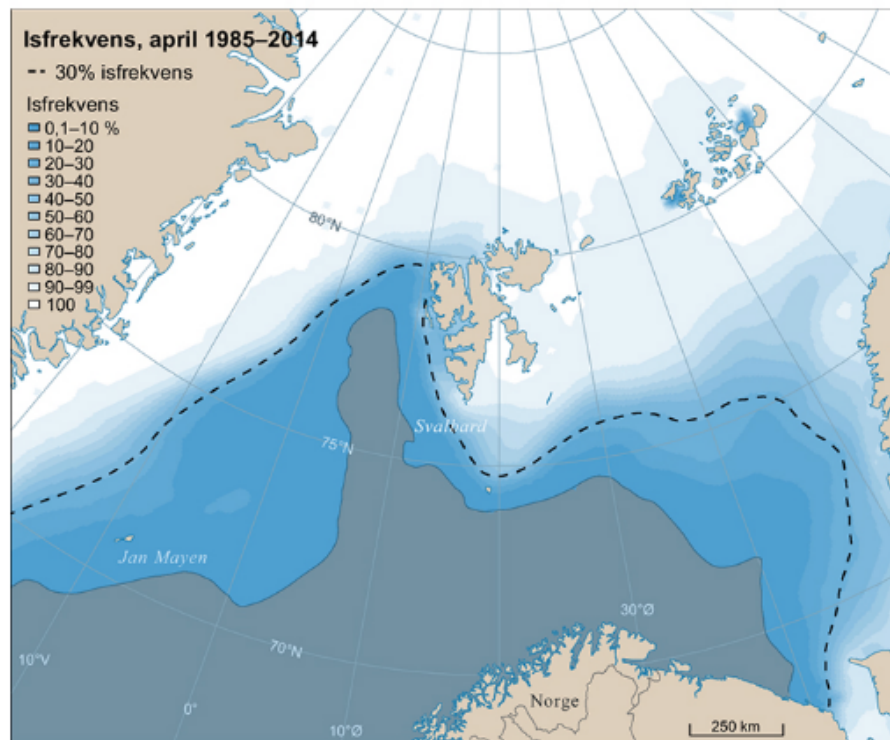


Meld. St. 20

(2014–2015)

Melding til Stortinget

Oppdatering av forvaltningsplanen
for Barentshavet og havområdene utenfor
Lofoten med oppdatert beregning
av iskanten



Figur 2.21 Figuren viser isfrekvensen i april måned for perioden 1985–2014. I april er normalt isutbredelsen på sitt årlige maksimum. Isfrekvensen er prosentandelen av dager det forekommer havis i et gitt område innenfor en nærmere angitt periode. Isfrekvens er nærmere forklart i teksten.

Kilde: Norsk Polarinstitut.

Iskantsonen

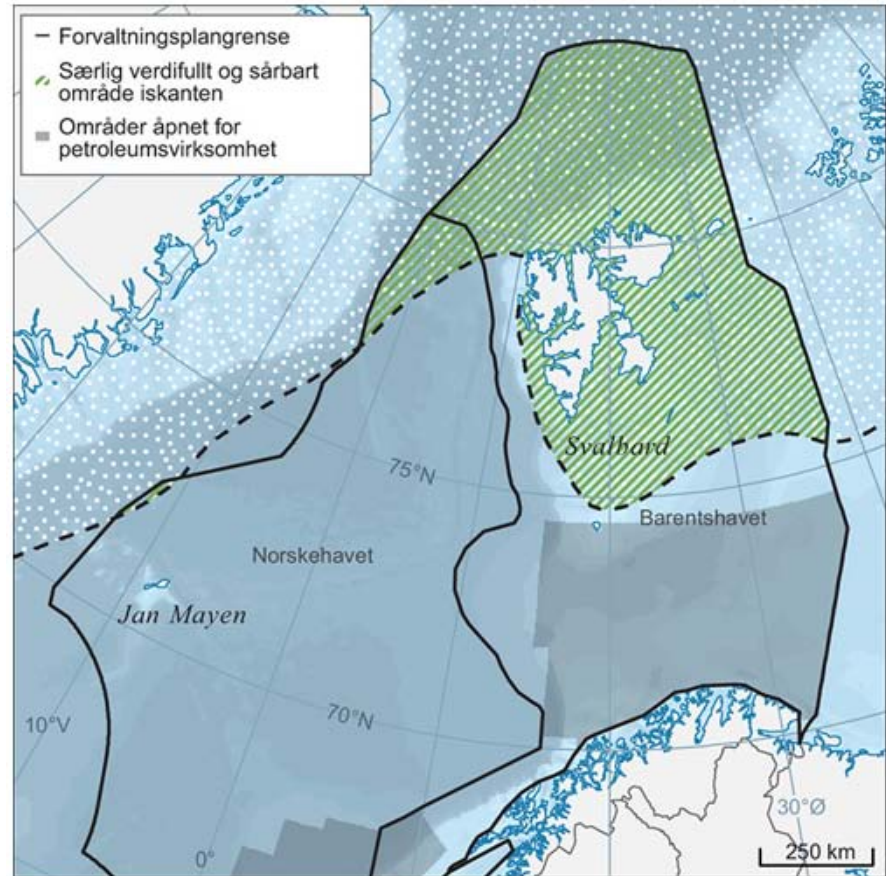


Meld. St. 20

(2014–2015)

Melding til Stortinget

Oppdatering av forvaltningsplanen
for Barentshavet og havområdene utenfor
Lofoten med oppdatert beregning
av iskanten

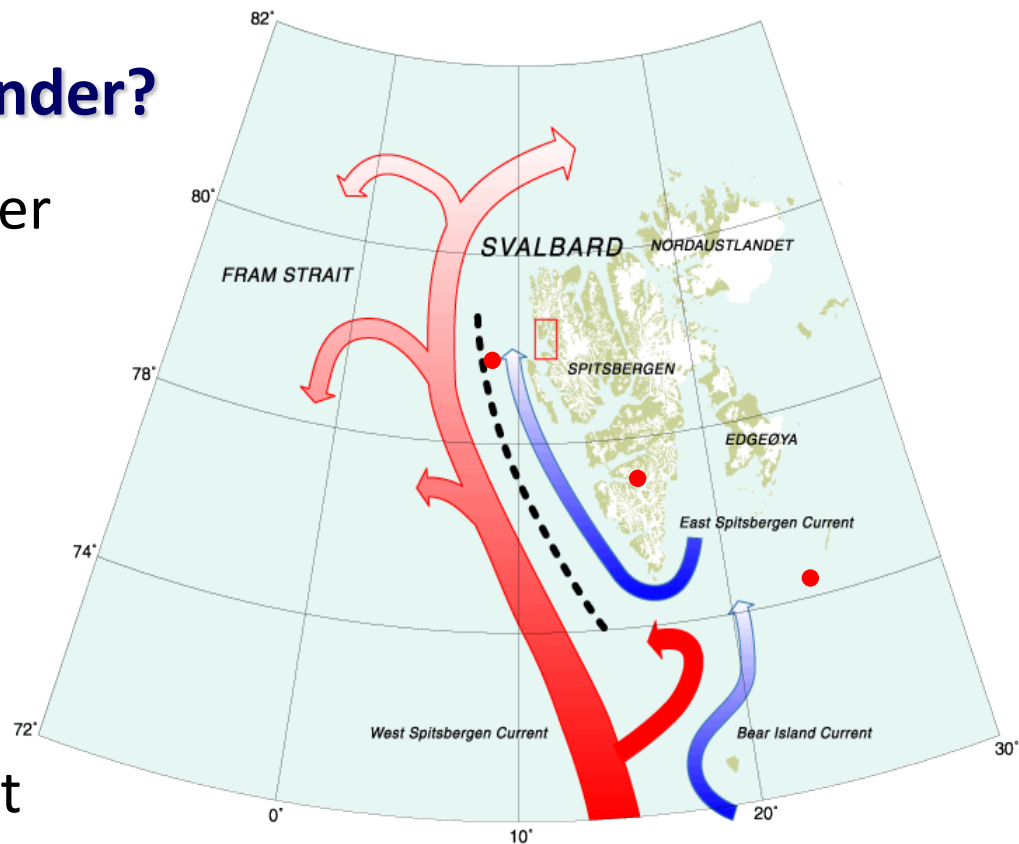


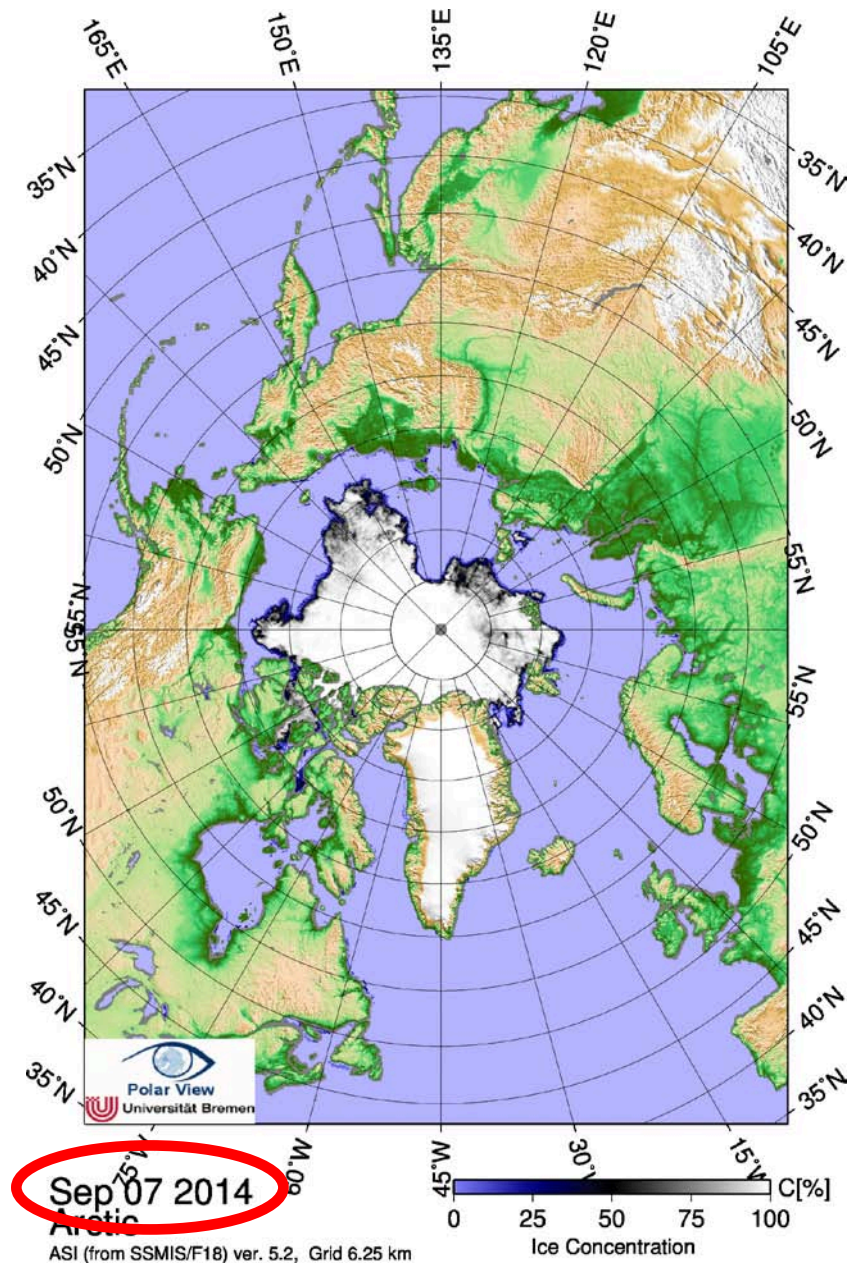
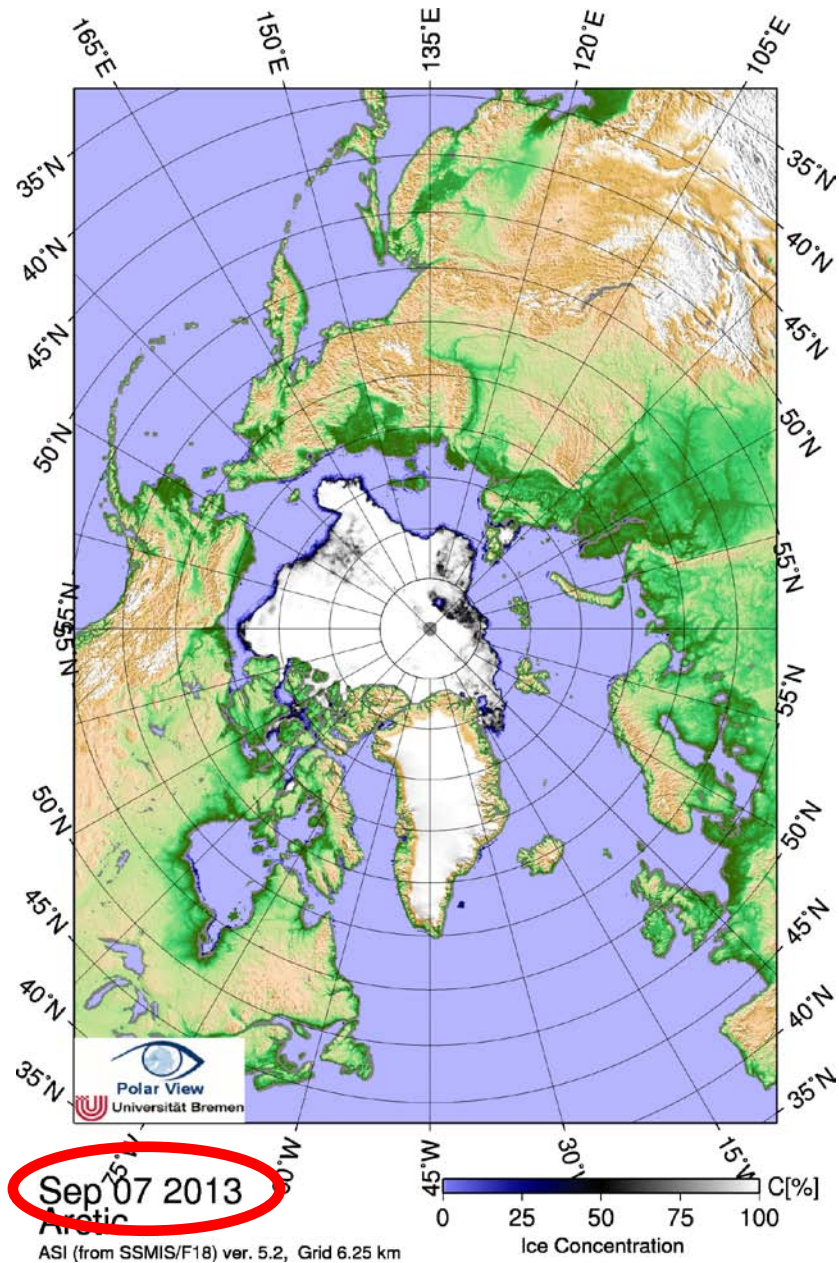
Figur 2.23 Oppdatert avgrensning av særlig verdifullt og sårbart område iskanten, basert på isdata for 30-årsperioden 1985–2014.

Kilde: Norsk Polarinstitutt.

Hva styrer variasjon og trender?

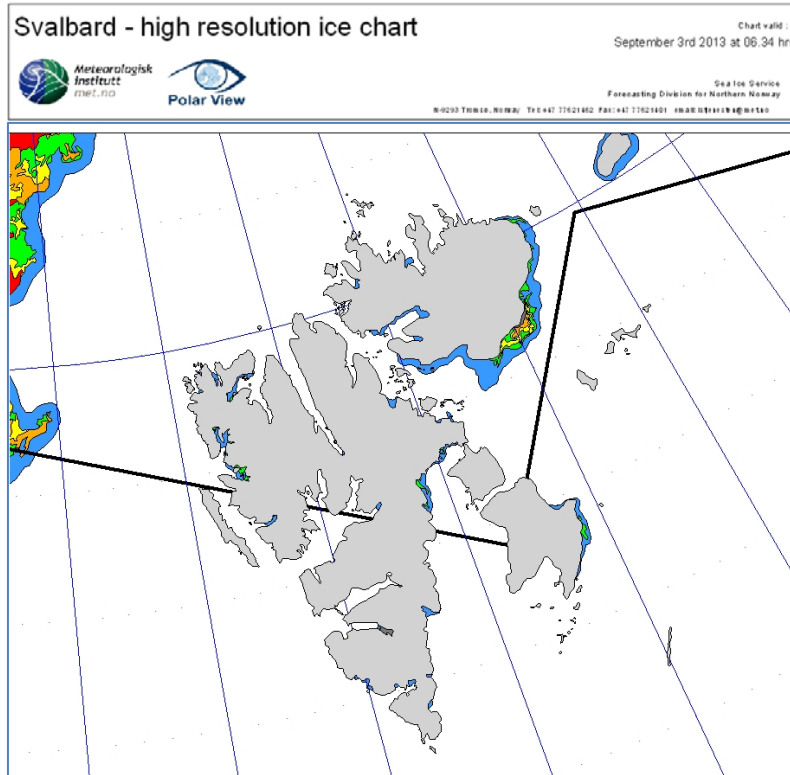
- Varmemengden som kommer nordover med WSC
- Transport av is og kaldt smeltevann i kyststrømmen
- Is og kaldt overflatevann som kommer sørvestover
- Vindsystemene og atmosfærisk varmetransport



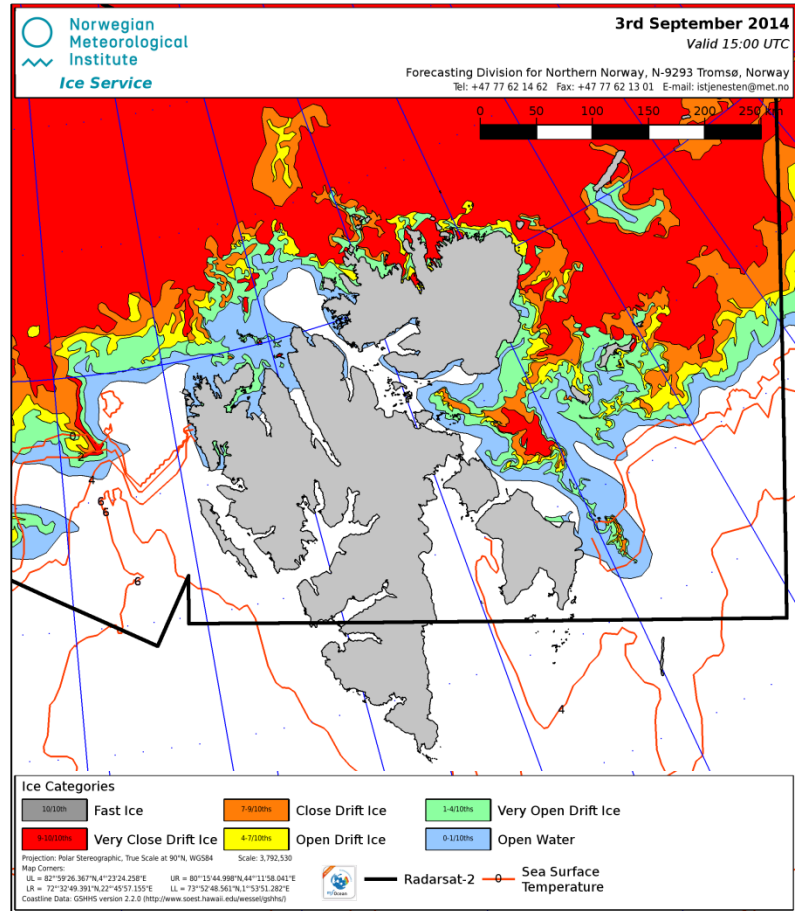


Store variasjoner i isdekket rundt Svalbard.....

03 sept. 2013



03 sept. 2014



Trender, variasjon og årsaker ved Svalbard

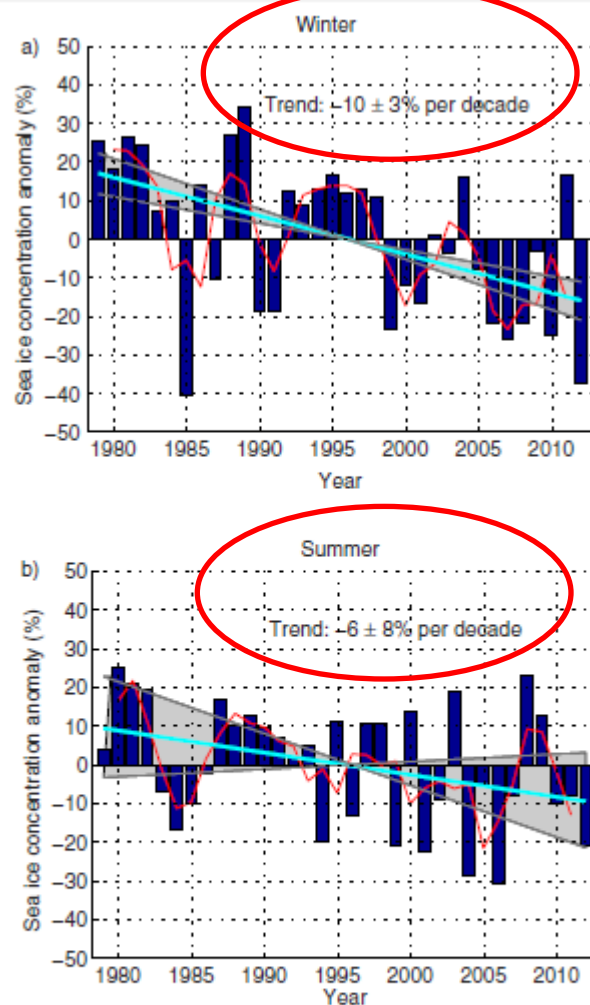


Fig. 4. Satellite-derived sea ice concentration anomalies north of Svalbard, 1979–2012. Dark blue is winter (a) and summer (b) means; and red shows the 3 yr running mean. The zero line represents the winter (56%) and summer (40%) 1979–2012 average. Linear trends are shown in light blue, and the shaded areas indicate the 95% confidence interval for the trend estimates.

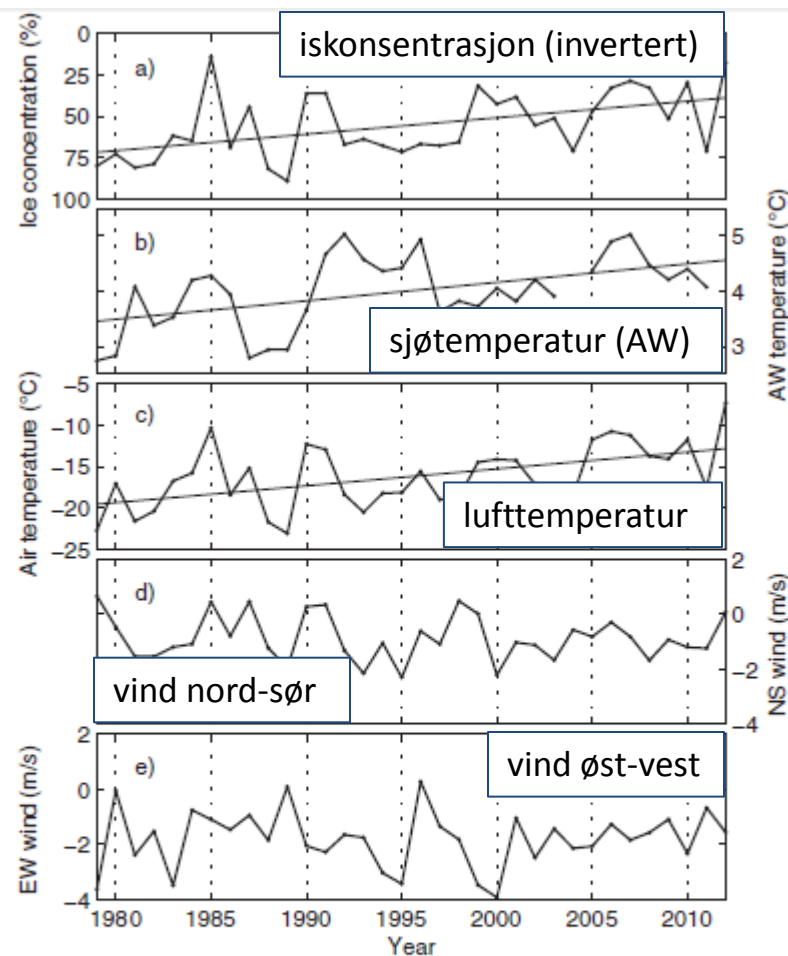
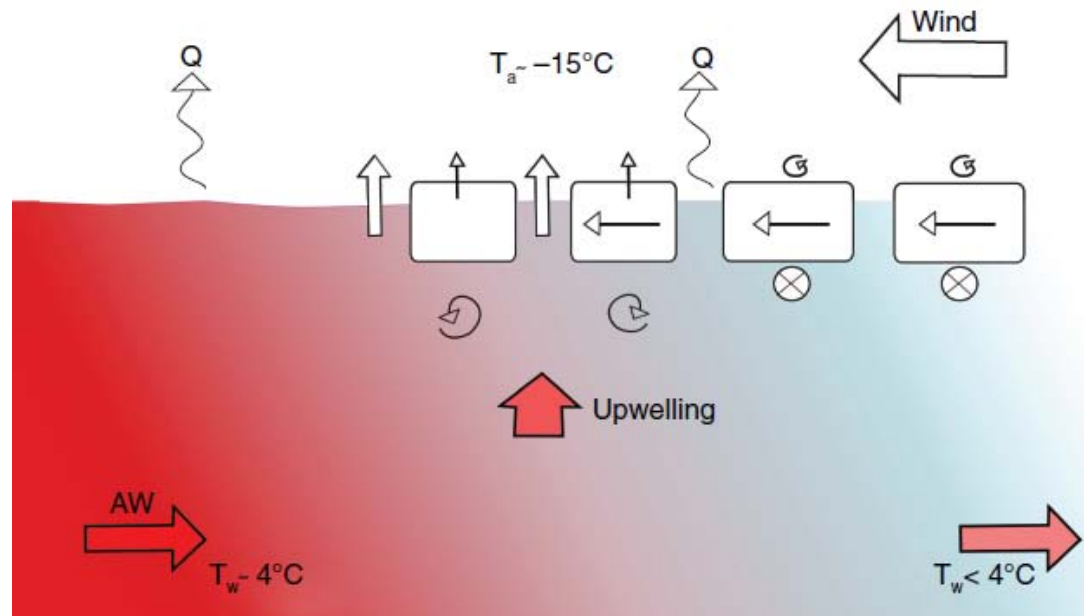


Fig. 6. Winter (DJFM) averaged sea ice concentration (a), AW temperature (b), air temperature (c), north–south wind component (positive from the south) (d), and east–west wind component (positive from the west) (e), 1979–2012. Note that the ice concentration (a) is inverted. Statistical significant linear trends (95%) are indicated by straight lines.

Hva styrer isdekket? Varmebudsjett og transport.

Isdekket bestemmes primært av varmebudsjettet og transport av is.

Varmebudsjett; stråling, lufttemperatur (og vind), sjøtemperatur (og strøm).



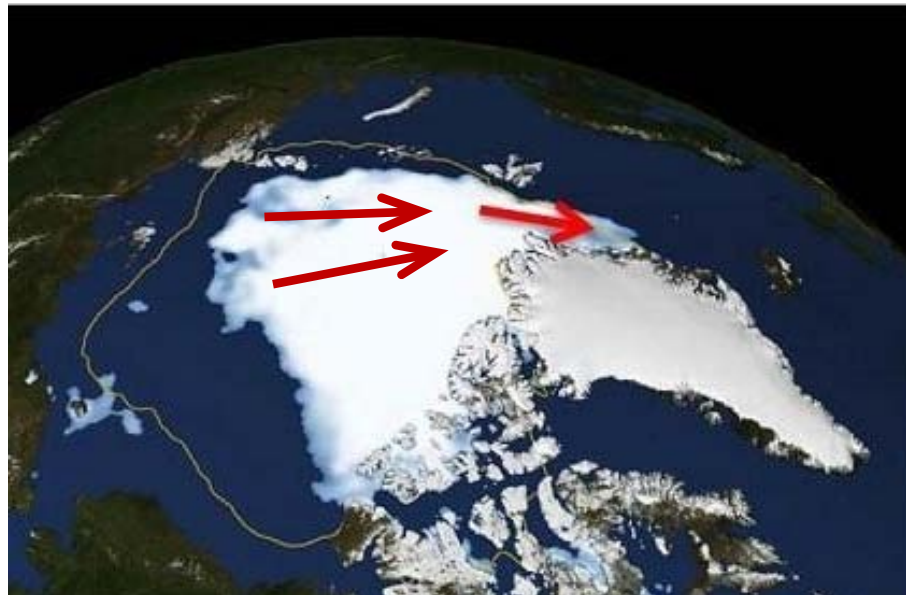
Onarheim, I. et al. 2014. Tellus A, 66, 23933, <http://dx.doi.org/10.3402/tellusa.v66.23933>

Hva styrer isdekket? Varmebudsjett og transport.

Isdekket bestemmes primært av varmebudsjettet og transport av is.

Varmebudsjett; stråling, lufttemperatur (og vind), sjøtemperatur (og strøm).

Transport av is; tilførsel fra soklene ved Sibir og Polhavet, ut gjennom Framstredet.



Current Arctic sea ice (bluish white) compared with the 1979-2010 average sea ice minimum (outlined). The red arrows are superimposed to indicate the export of sea ice through the Fram Strait. Credit: Illustration courtesy SVS/NASA

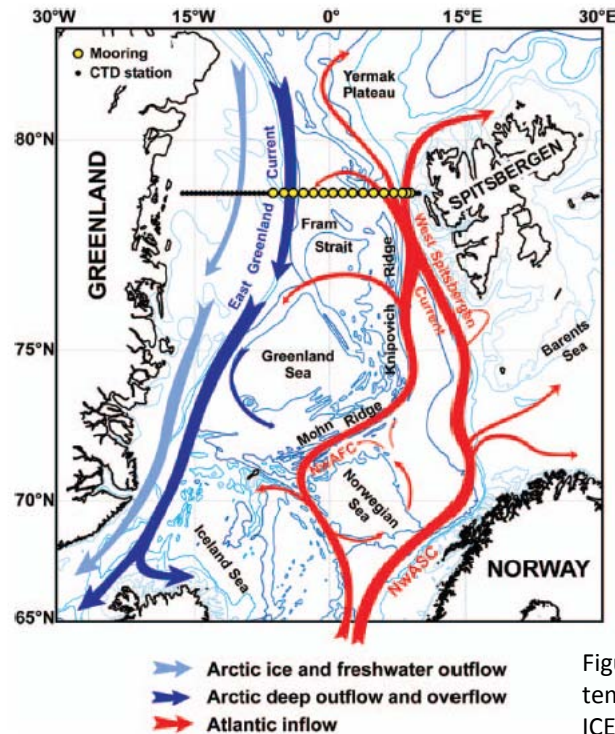
Hva styrer isdekket? Varmebudsjett og transport.

Isdekket bestemmes primært av varmebudsjettet og transport av is.

Varmebudsjett; stråling, lufttemperatur (og vind), sjøtemperatur (og strøm).

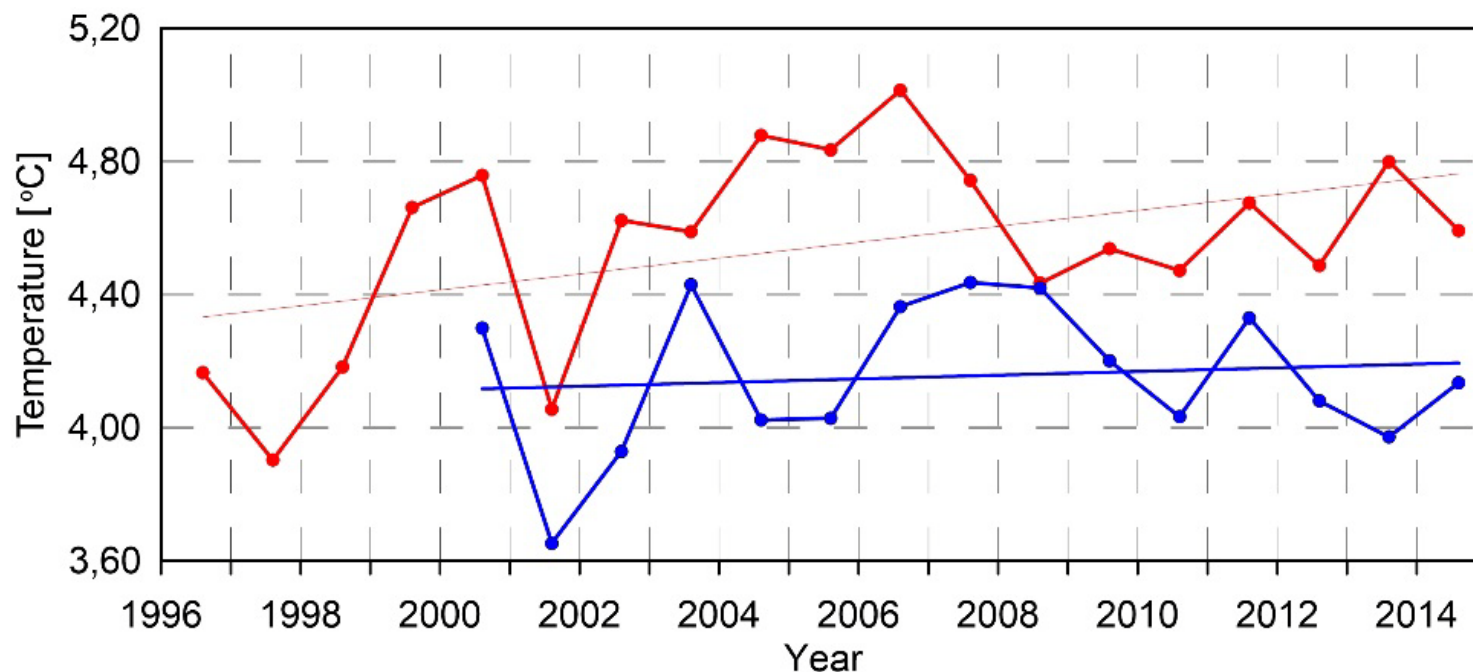
Transport av is; tilførsel fra soklene ved Sibir og Polhavet, ut gjennom Framstredet.

Transport av varme: varmt vann fra Atlanterhavet, kaldt vann ut av Framstredet.



Figur fra Beszczynska-Möller, A.. et al. Variability in Atlantic water temperature and transport at the entrance to the Arctic Ocean. ICES Journal of Marine Science, doi:10.1093/icesjms/fss056.

Temperaturutvikling i Atlantisk vann (AW)



Time series of temperature of AW ($T > 3^{\circ}\text{C}$, $S > 34.9$) in the core of the West Spitsbergen Current at latitude $76^{\circ}30'N$, between longitudes $12^{\circ}30'E$ and $14^{\circ}30'E$ (red line) and at latitude $78^{\circ}50'$, between longitudes $07^{\circ}E$ and $09^{\circ}E$ (blue).

Kilde: W. Walszowski, Insitute of Oceanology,(IOPAS), Polen

Hva styrer isdekket? Varmebudsjett og transport.

Isdekket bestemmes primært av varmebudsjettet og transport av is.

TREND

Varmebudsjett; stråling, lufttemperatur (og vind), sjøtemperatur (og strøm).

VARIASJON

Transport av is; tilførsel fra soklene ved Sibir og Polhavet, ut gjennom Framstredet.

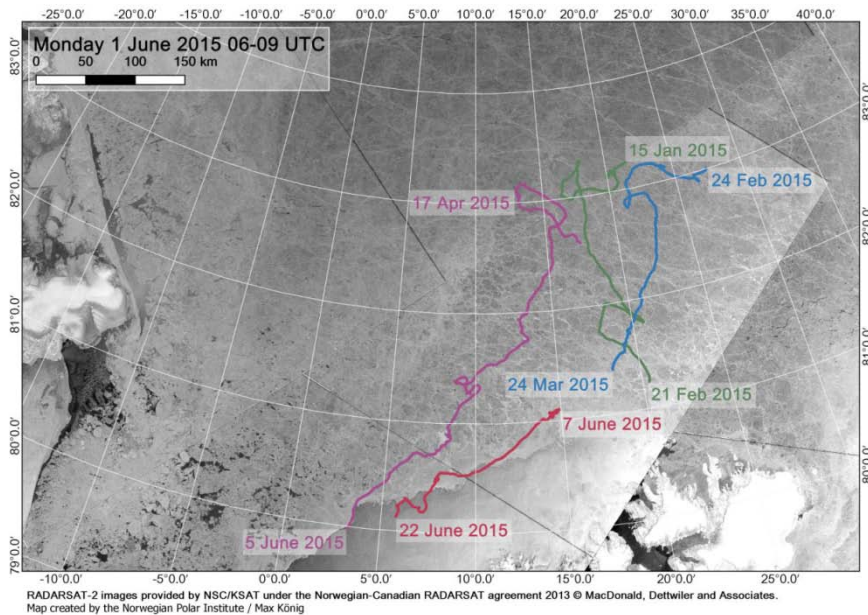
TREND

Transport av varme: varmt vann fra Atlanterhavet (kaldt vann ut av Framstredet).

Vi trenger integrert forståelse; modellering av koblet system hav-is-atmosfære.

RV *LANCE* Drift (N-ICE 2015)

N-ICE2015
NORWEGIAN YOUNG SEA ICE CRUISE



RV Lance, Arctic Ocean north of Svalbard, January 2015-June 2015. Four drifts.

PI: Harald Steen, NPI

Chief scientist: Mats Granskog, NPI

Aim:

Effects of thin first year ice regimes on energy flux, ice dynamics, ecosystems, local and global climate

Who:

Norwegian Polar Institute's Centre for Ice, Climate and Ecosystems (ICE) along with numerous national and international research partners



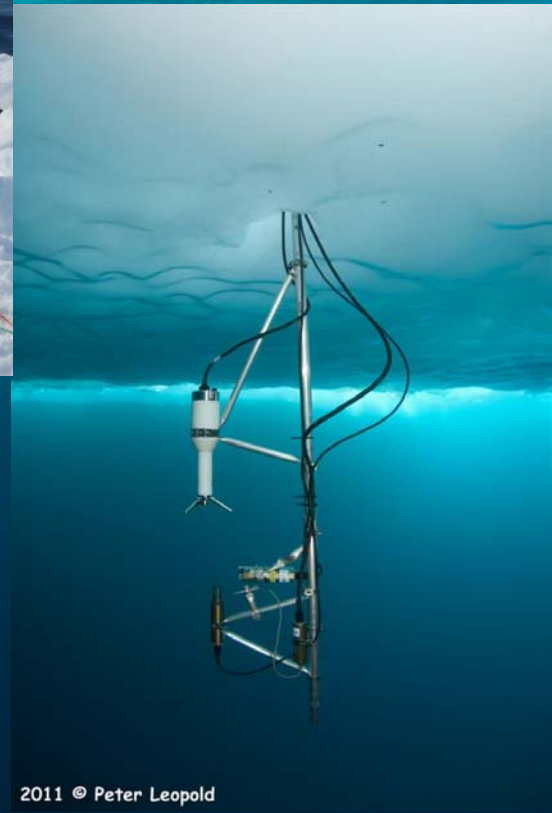
RV *LANCE* Drift (N-ICE 2015)

N-ICE2015
NORWEGIAN YOUNG SEA ICE CRUISE

Studier av prosessene som styrer varmebudsjett og massebalanse for havisen



2010 © Peter Leopold

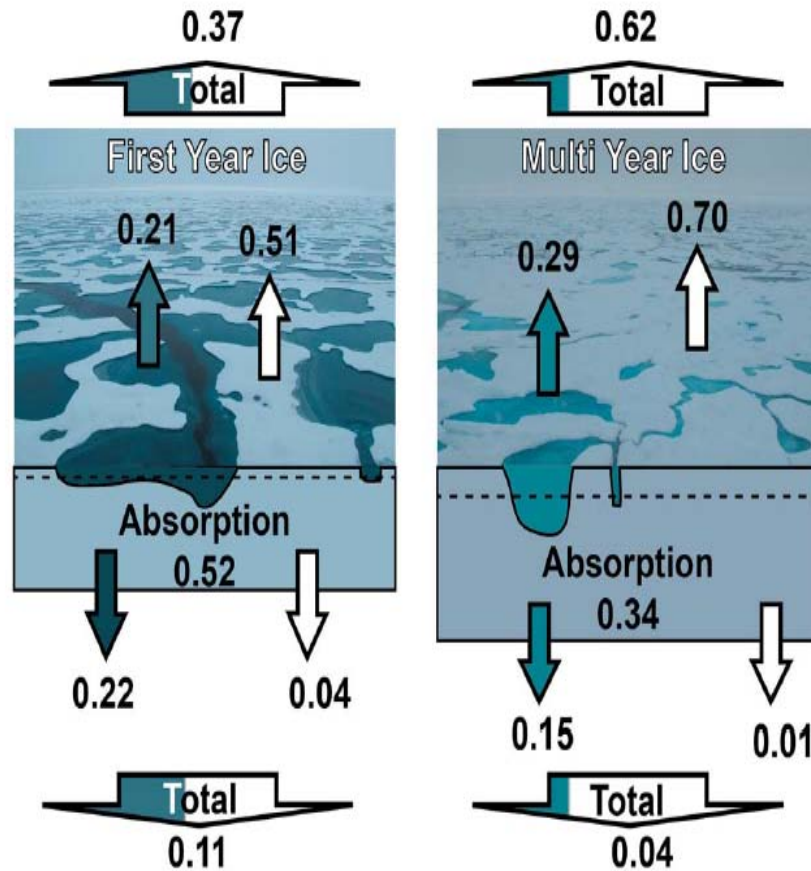


2011 © Peter Leopold

Fordeling av stråling i is:

Førsteårsis

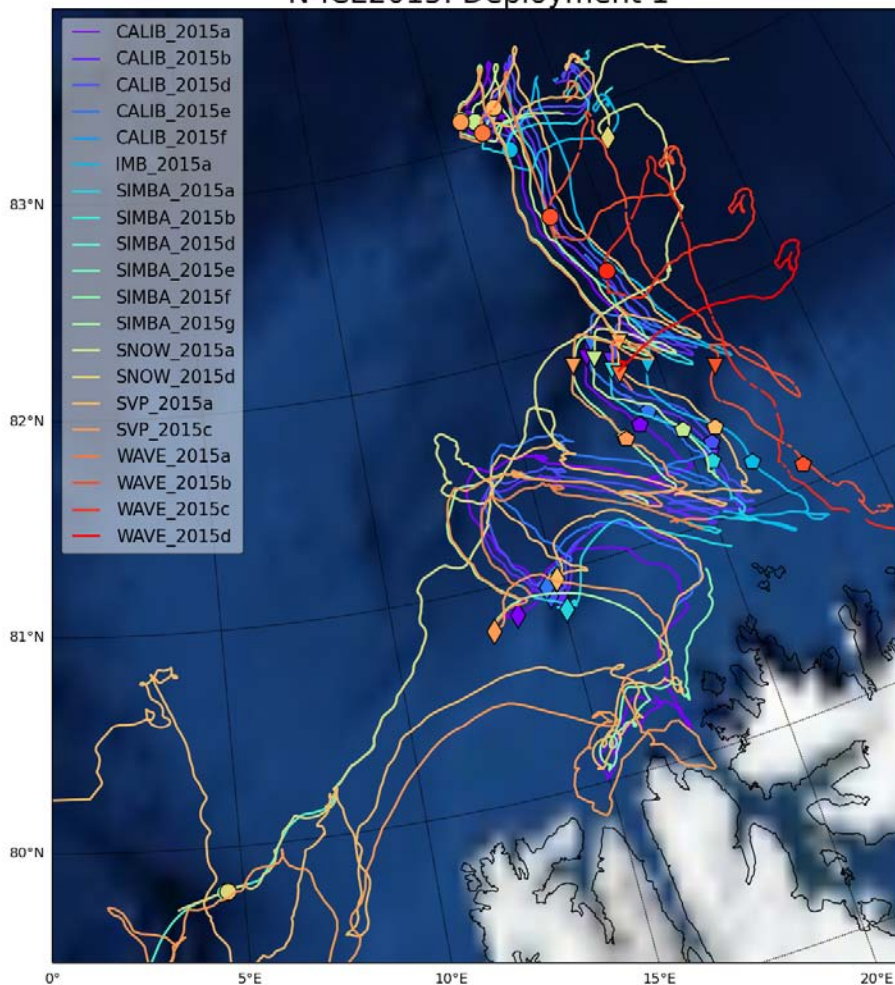
Flerårsis



Sea Ice Dynamics

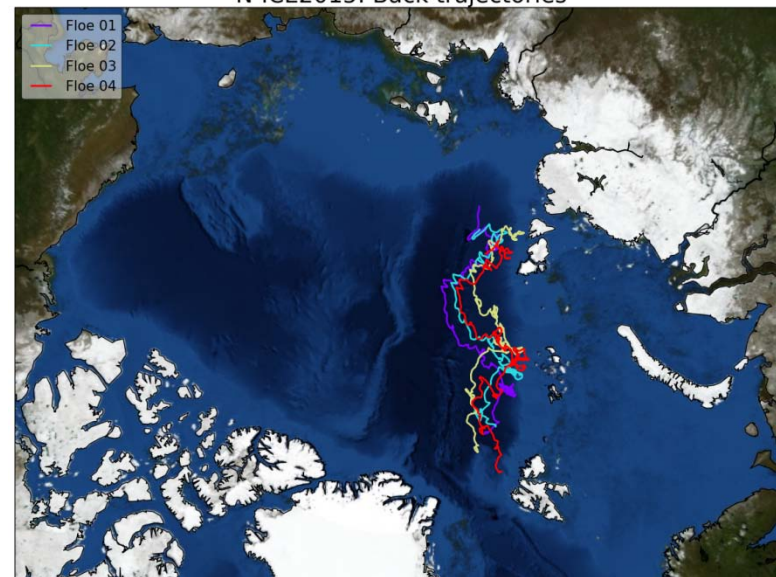
First buoy deployment January 2015

N-ICE2015: Deployment 1



Back trajectories for all four floes

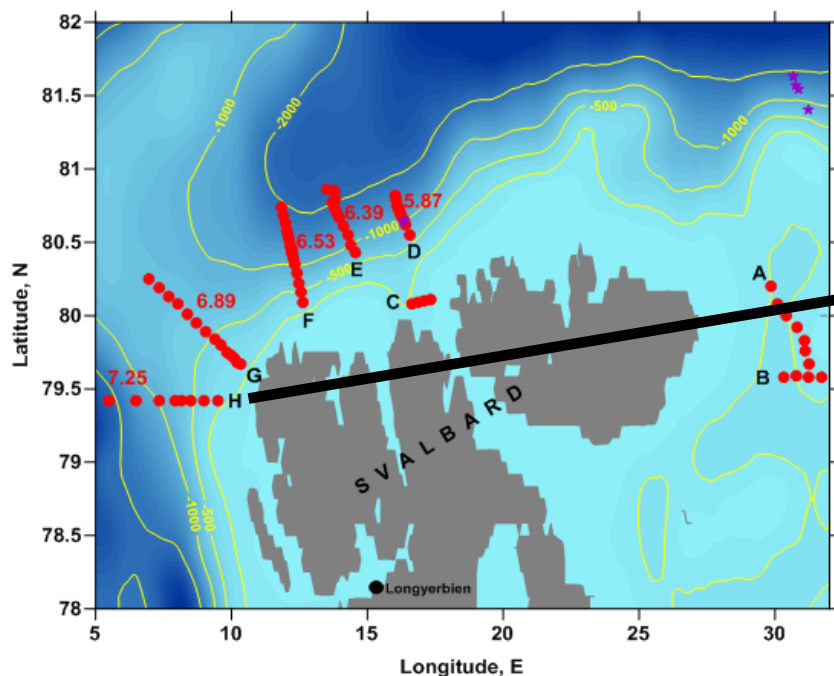
N-ICE2015: Back trajectories



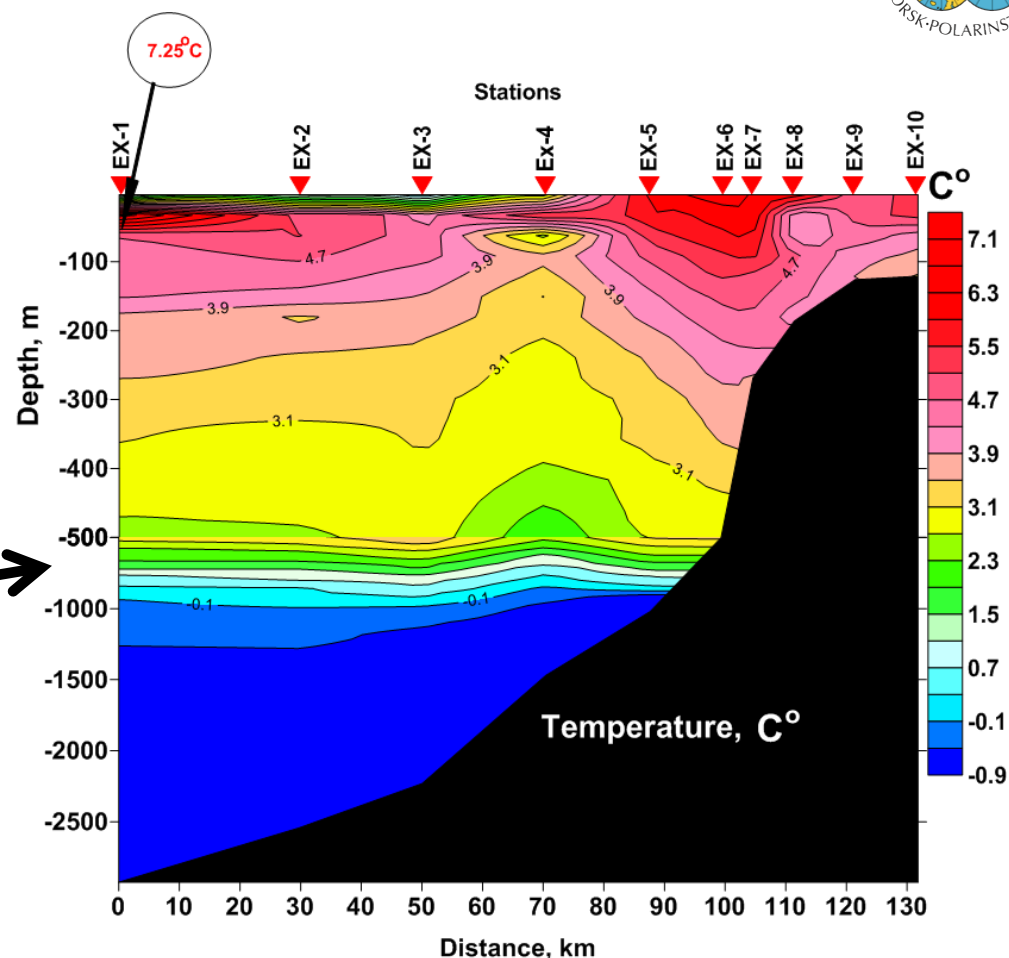
- Two extensive buoy deployments were made in January and April, respectively
- Back trajectories for the four floes show similar origins
- Detailed ridge studies were performed with ridge buoys, sampling, and surveys

Horisontale transporter - varmt Atlantisk vann

Fra tokt med RV Lance, August 2014

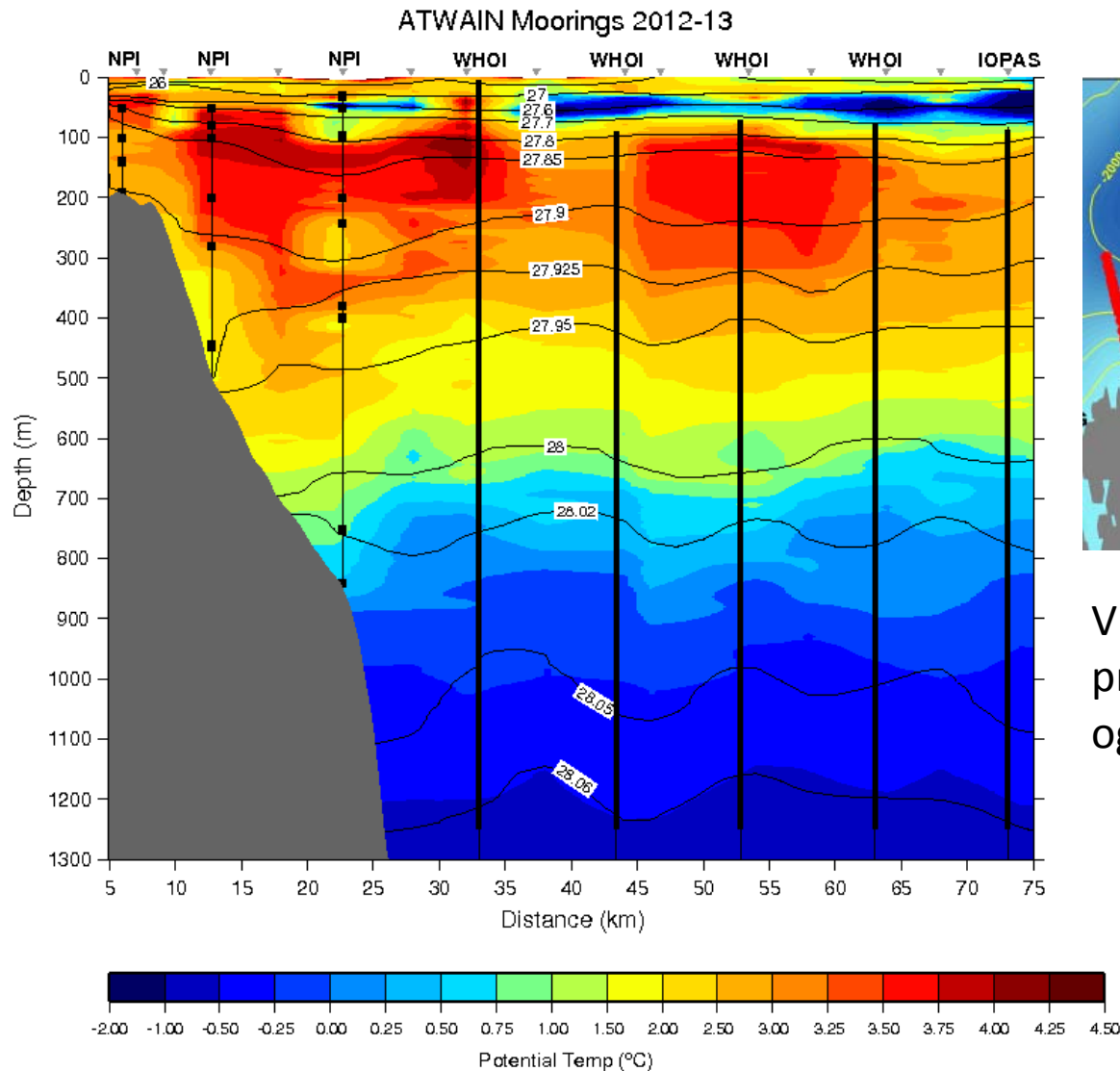


Målestasjoner er vist med røde prikker. Maksimal temperatur på hvert transekt er vist med røde tall.

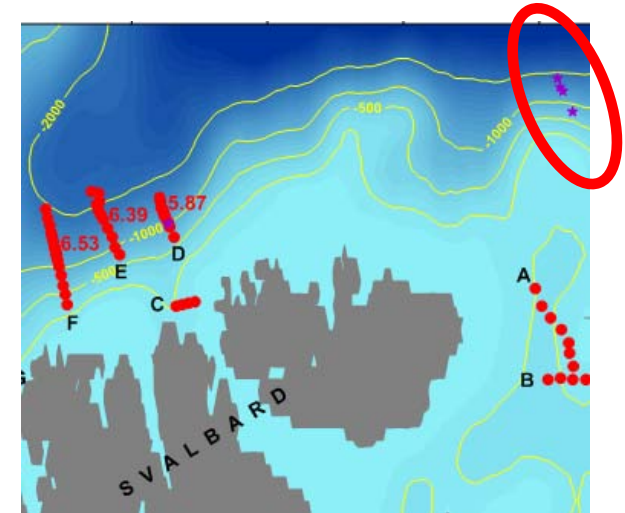


Temperaturfordeling på transekt H. Det er to greiner med Atlantisk vann. Høyeste temperatur målt noen gang i Framstredet (1910-2014): **7.25 °C**.

Horisontale transporter - varmt Atlantisk vann



Temperature (color) overlaid by density (kg m^{-3} , contours).



Vi trenger både
prosesstudier, overvåkning
og satelittmålinger!

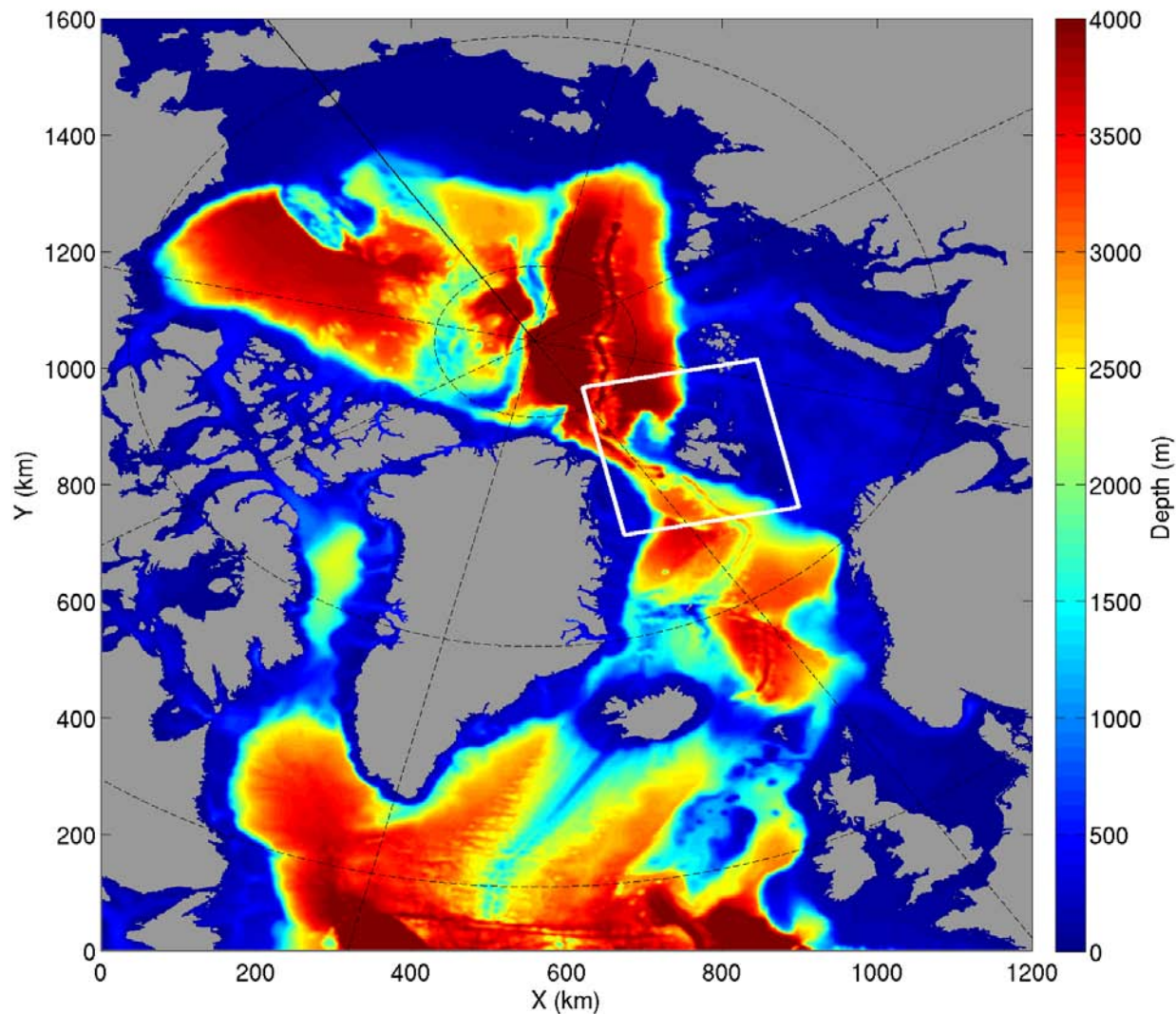
Partnere:

Norsk Polarinstitutt

Havforskningsinstituttet

UNIS, UiT, IOPAS (PL), WHOI (USA)

Mesoscale modeling of Ice, Ocean and Ecology of the Arctic Ocean (ModOIE) modell for hele Polhavet i 4 km horizontal oppløsning (Framsenterprosjekt)

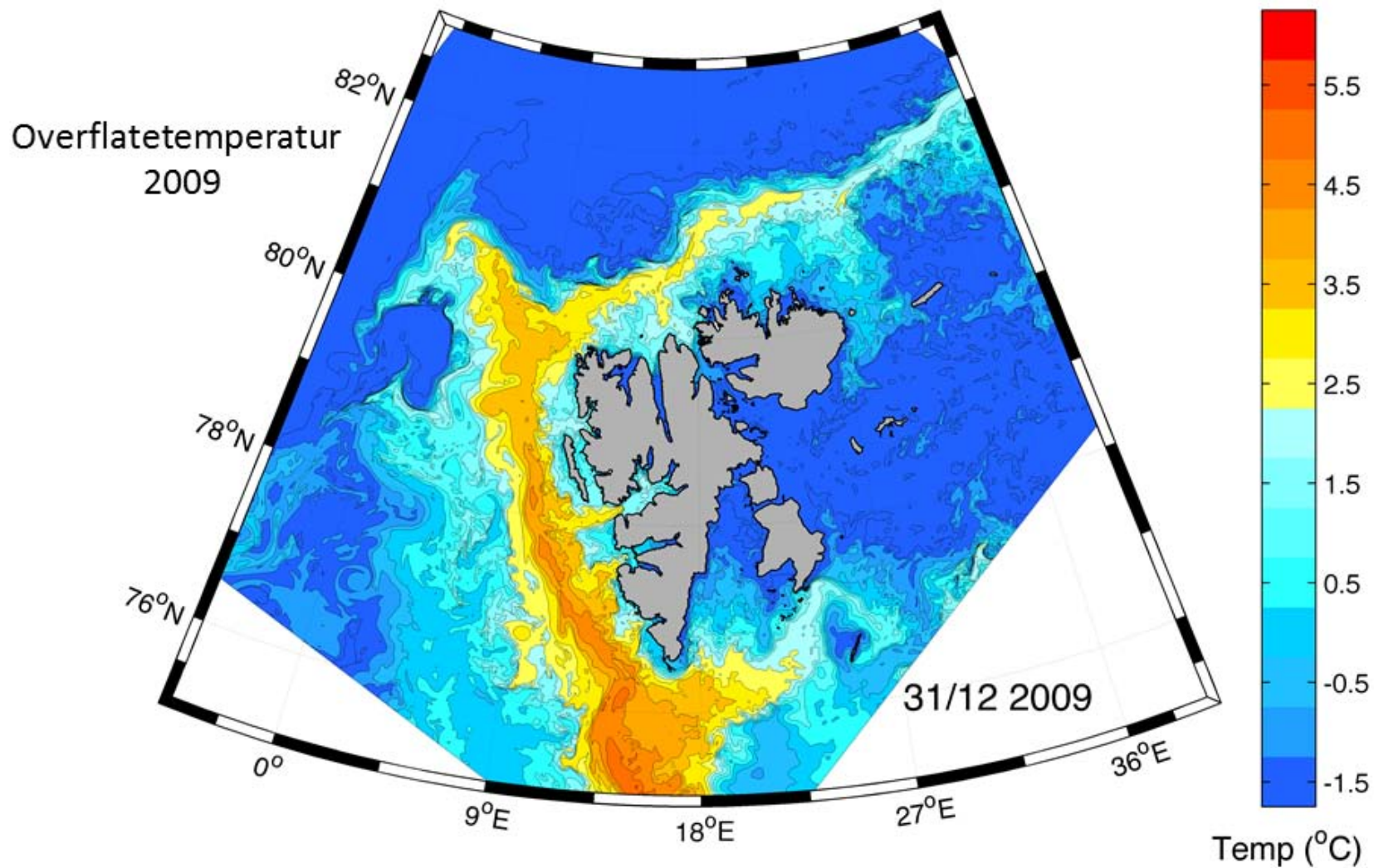


Partnere: Akvaplan-niva, Havforskningsinstituttet, Met.no, Norsk Polarinstitutt, SINTEF.



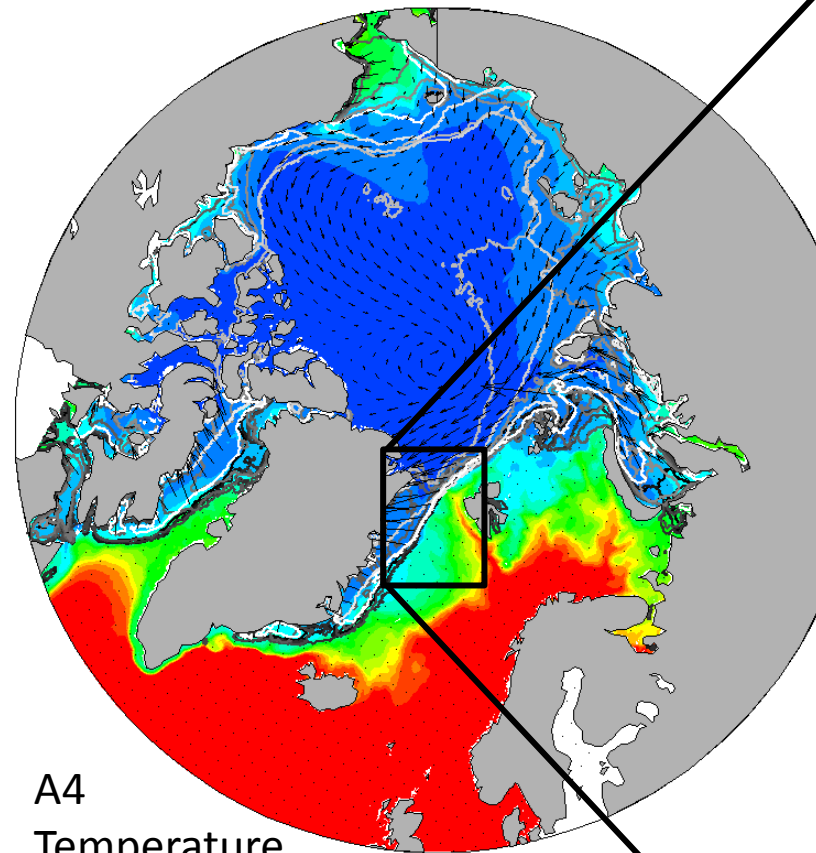
Fram Centre

ModOIE projektet – Svalbardsområdet i 800 m oppløsning



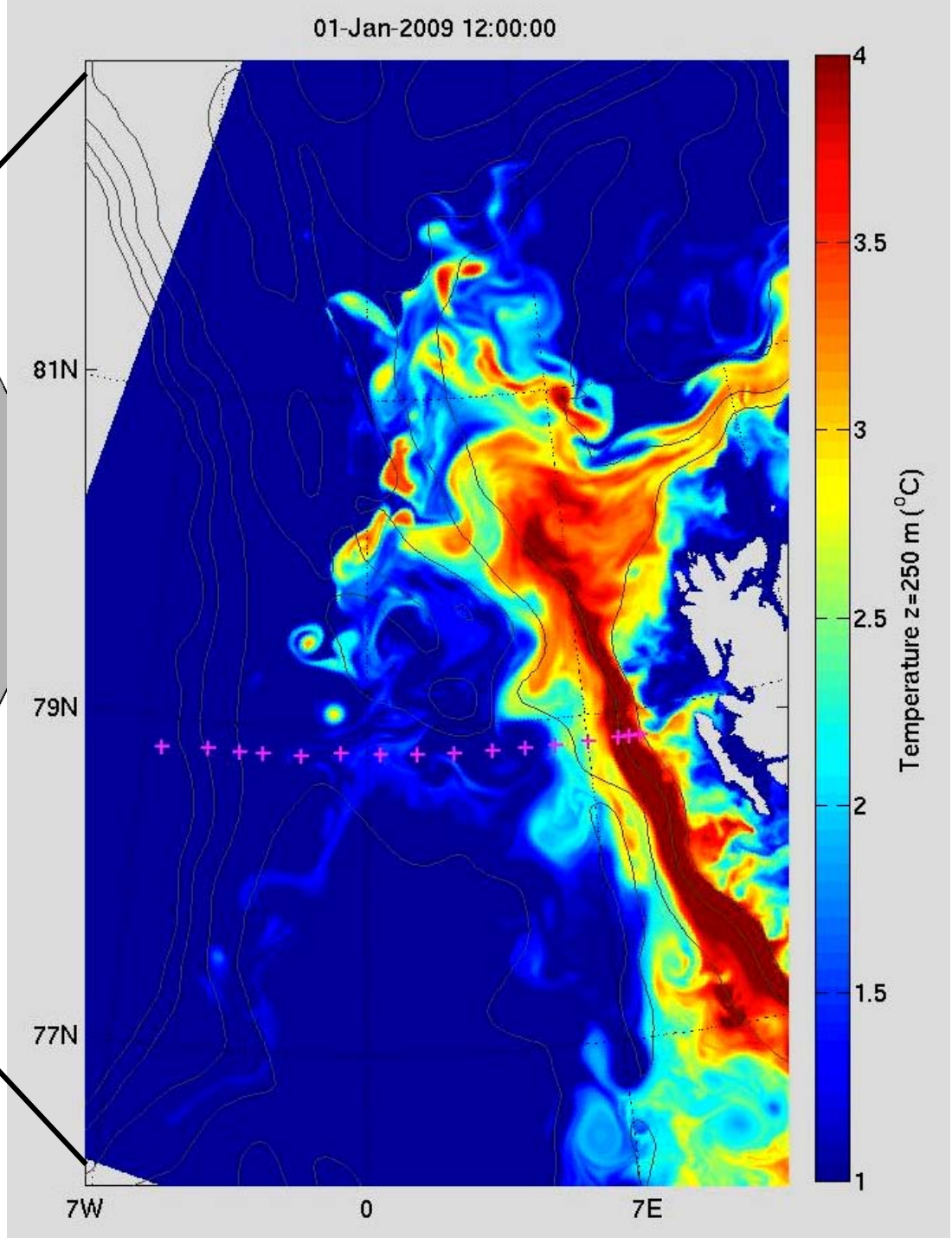
Partnere: Akvaplan-niva, Havforskningsinstituttet, Met.no, Norsk Polarinstitutt, SINTEF.

ModOIE projektet



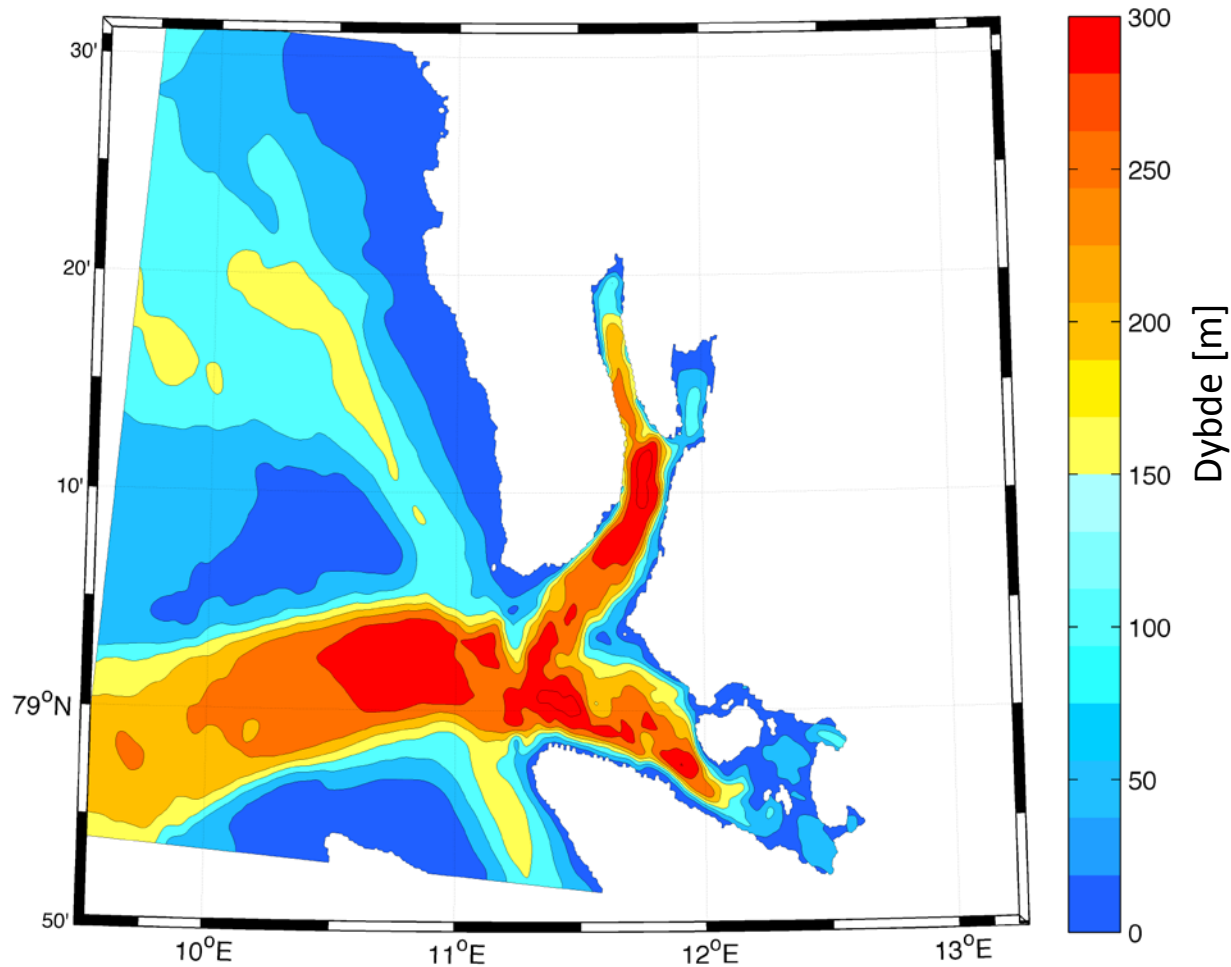
A4
Temperature
Ice extent & drift

Eddy-driven recirculation of
Atlantic Water in Fram Strait
(Hattermann et al., GRL, 2016)



Fjordmodellering: Kongsfjorden i 160 m oppløsning

Brukes til å studere endringer som følge av endrede tilførsler fra isbreene, «varmere» økosystem, mindre is i fjorden.



Partnere: Norsk Polarinstitutt, Havforskningsinstituttet, UNIS.

Takk til Sebastian Gerland og mange, mange andre!

Spørsmål?