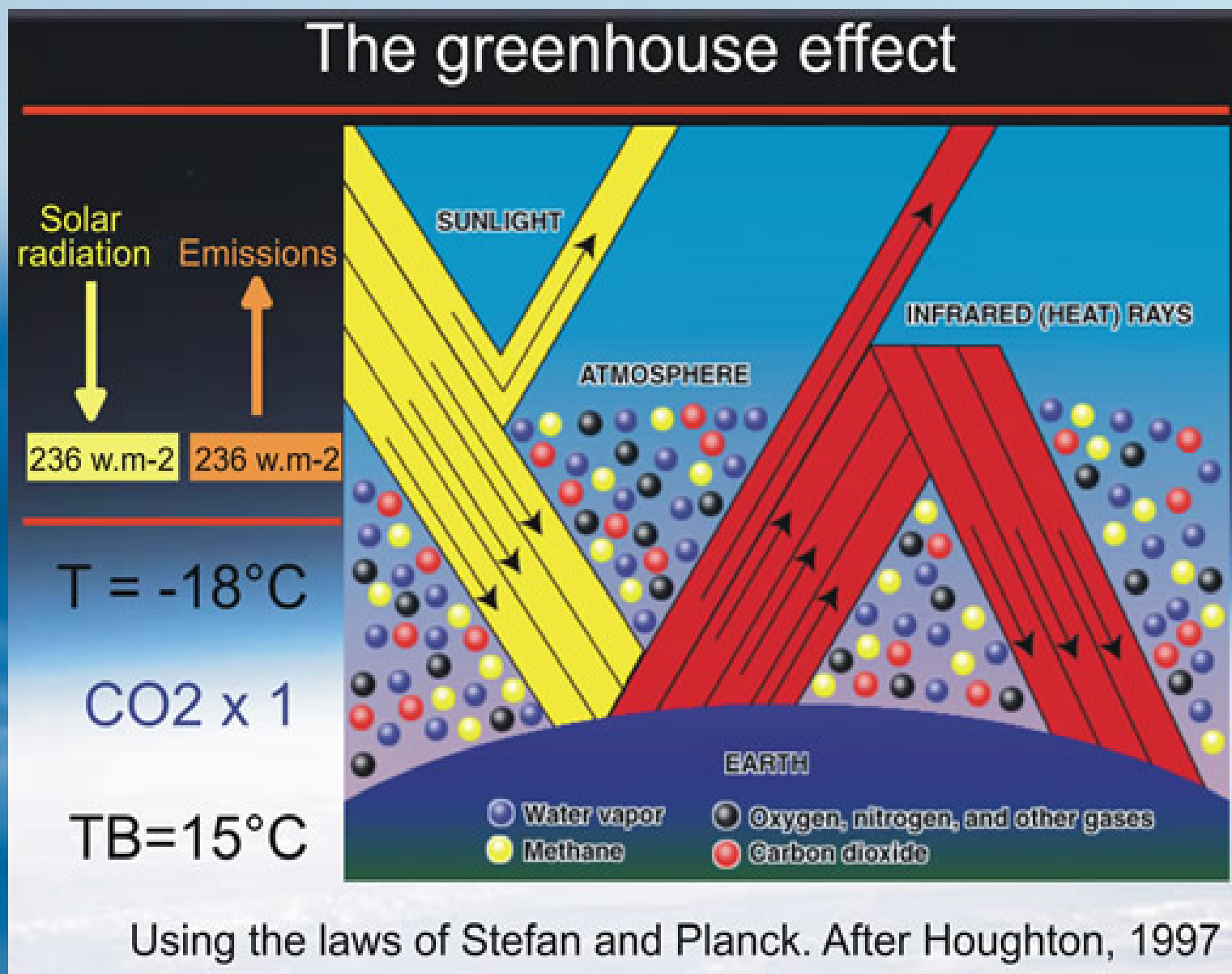


Zmiany klimatyczne w rejonie Północnego Atlantyku i Arktyki

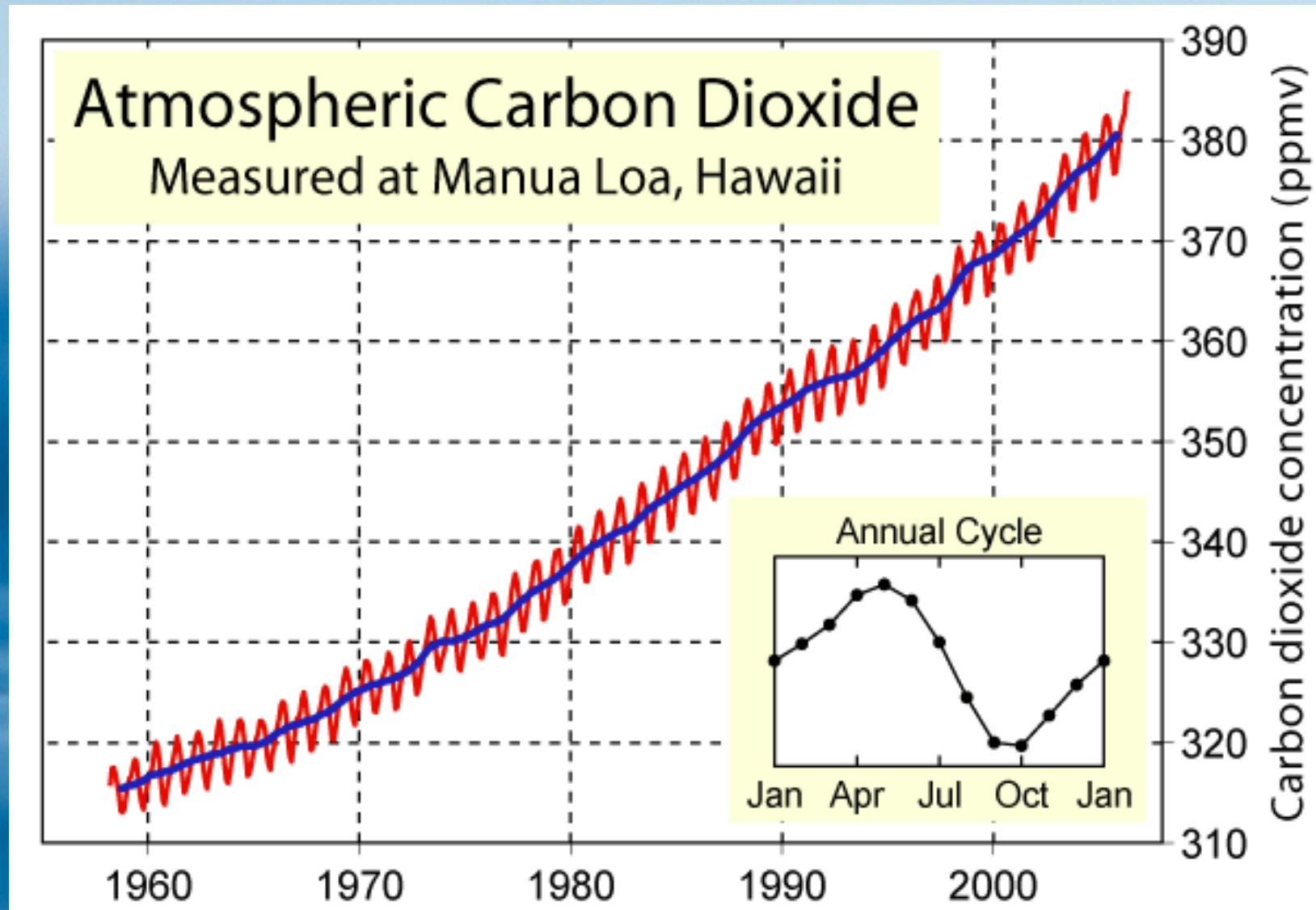
Jacek Piskozub

Jak działają gazy cieplarniane?



Proste użycie podstawowych praw fizyki i geometrii pozwala wyliczyć, że Ziemia byłaby 33 stopnie zimniejsza gdyby nie „gazy cieplarniane” H_2O , CO_2 , CH_4 .

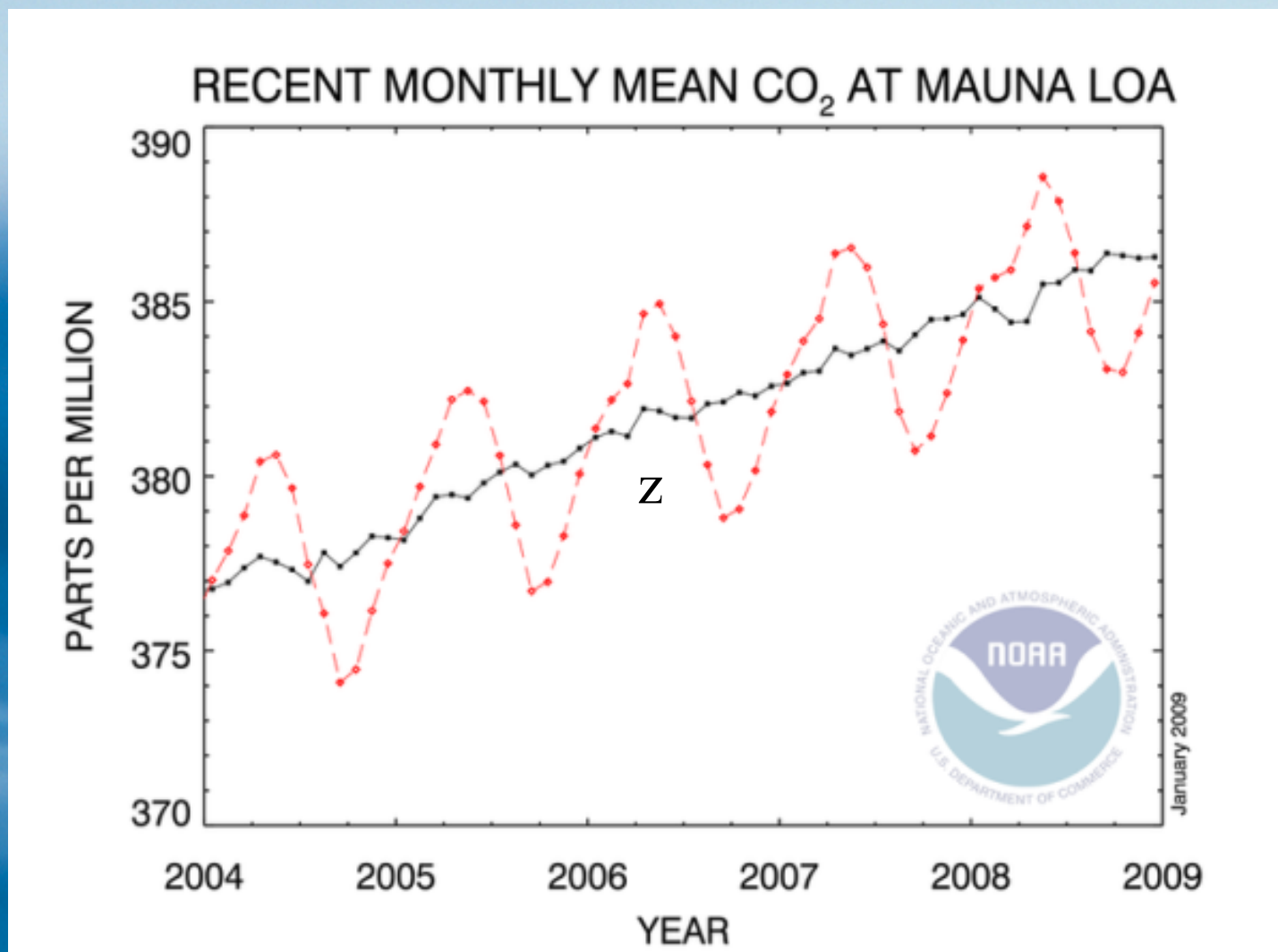
Wzrost CO₂: wynik naszych starań



Koncentracja CO₂ mierzona na Mauna Loa (Hawaje) 1958-2007

(Keeling & Whorf, <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/sio-mlo.htm>)

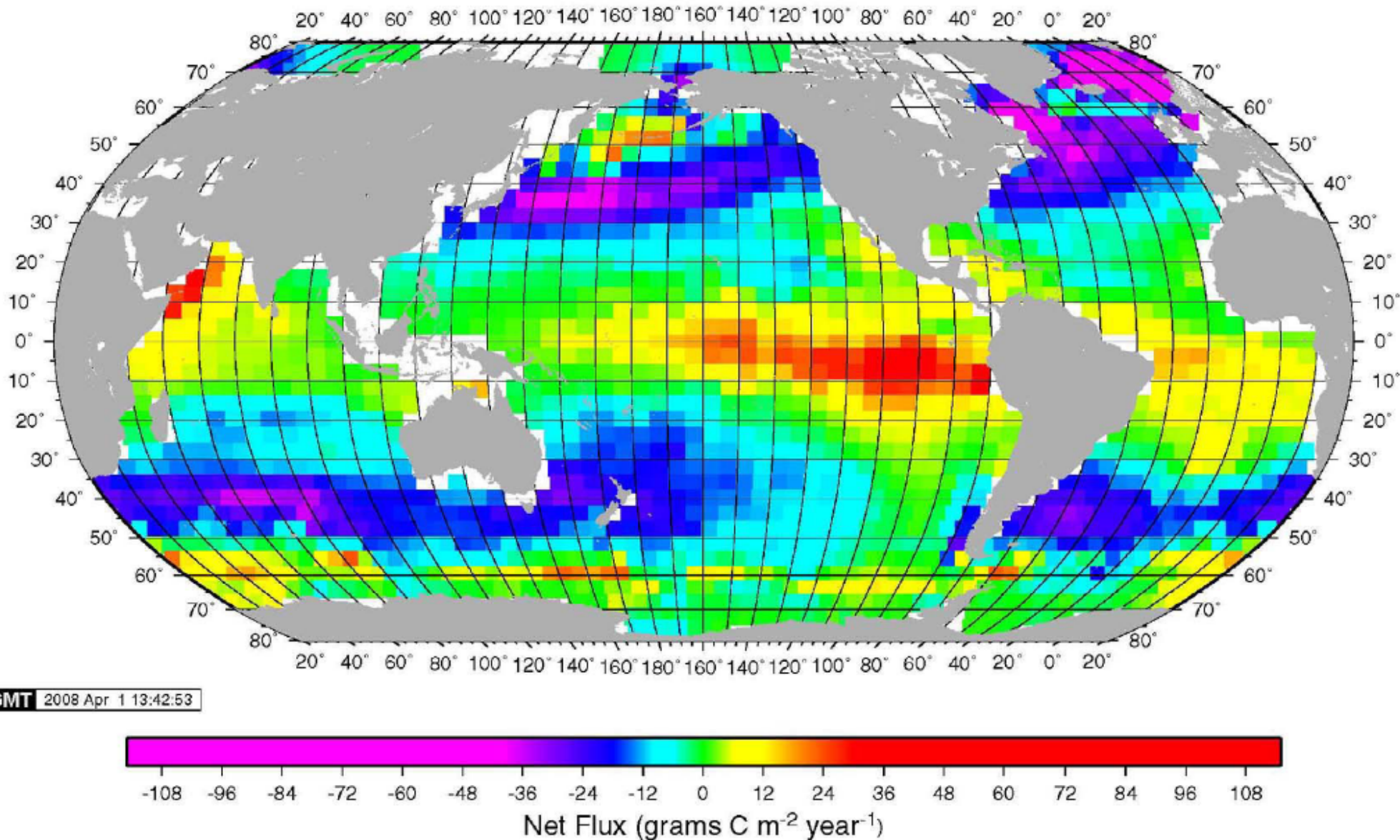
Ostatnie pięć lat zmian koncentracji CO₂



Trend rosnący koncentracji CO₂ nie ulega zmianie. Od początku pomiarów na Mauna Loa (1958) w każdym roku jest więcej dwutlenku węgla.

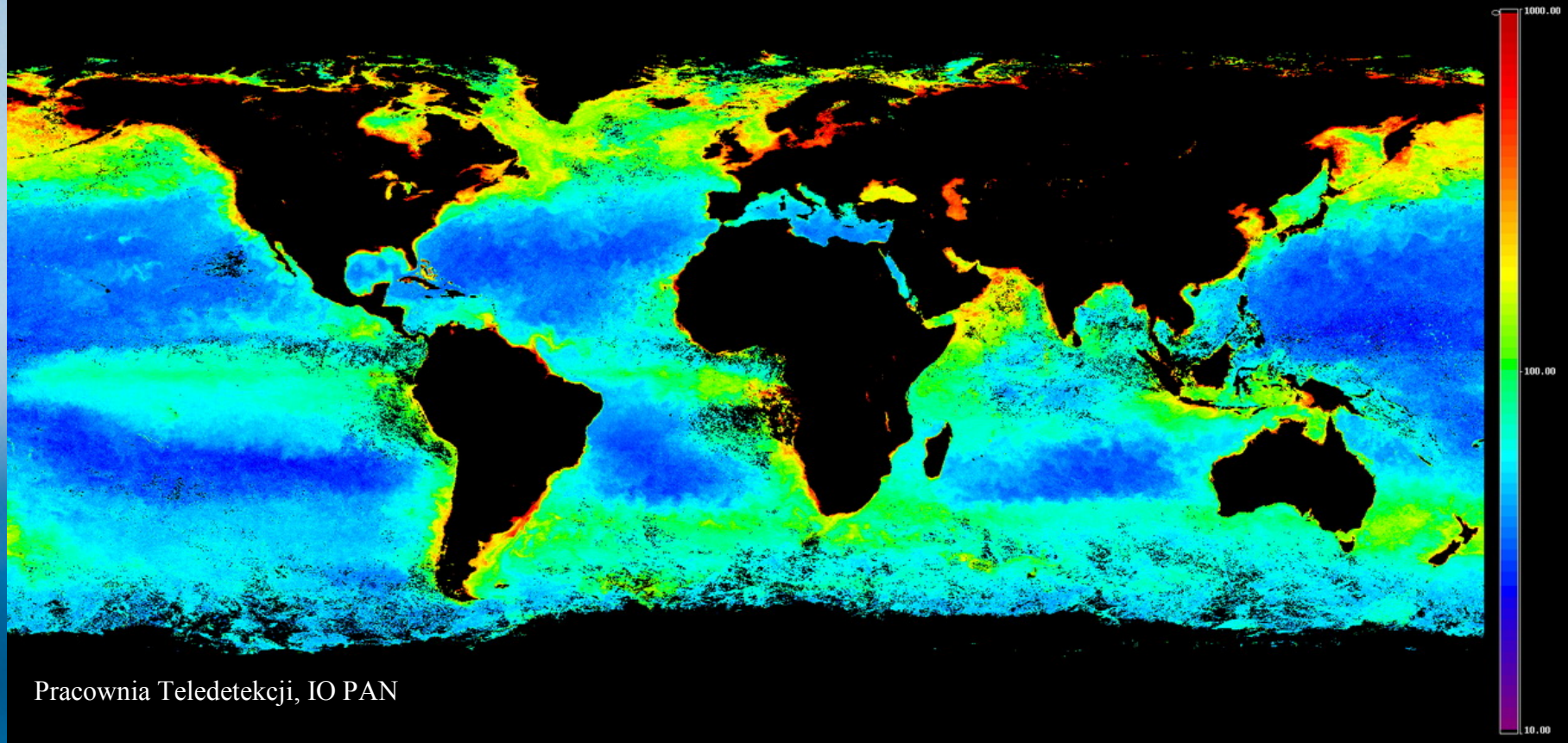
NOAA, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

CO₂: średni strumień przez powierzchnię morza



Globalny strumień: -1.42 Pg C yr⁻¹ (± 0.2 Pg C yr⁻¹) dla roku bez El Niño. Bilansu dokonano na podstawie 3 mln pomiarów i przy założeniu zależności funkcji transferu od U^2 (wg wzoru Wanninkhof 1992).

Takahashi et al. 2009 (Deep Sea Research II)

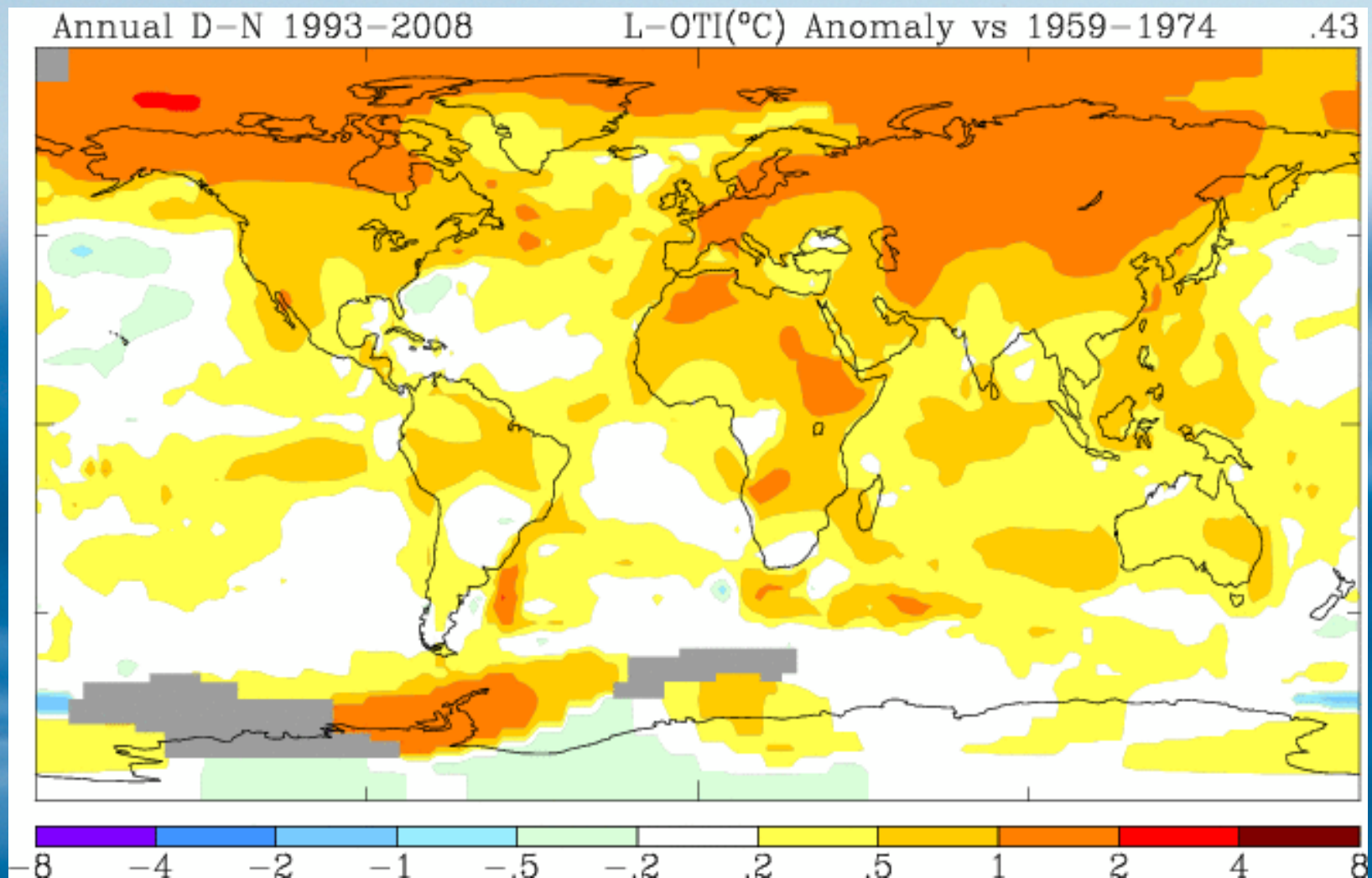


Średnia miesięczna koncentracja POC [mg/m³] w warstwie powierzchniowej, dla września 2006

Badania związane z oceanicznym cyklem węgla w IOPAN:

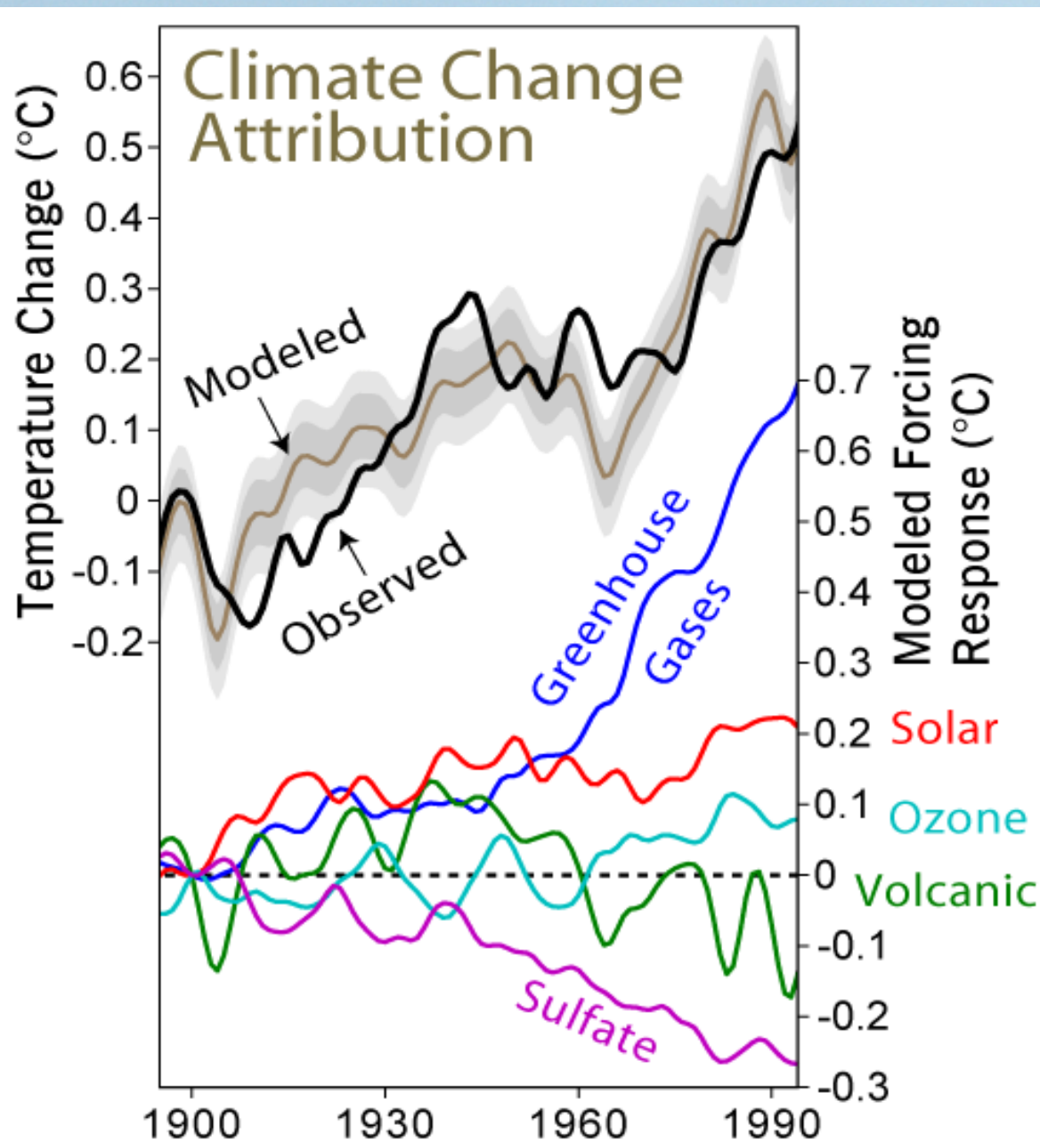
- Rozpuszczony węgiel organiczny (DOC) i nieorganiczny (DIC) – Zakład Chemii (prof. Pemkowiak, dr Bełdowski, mgr Kuliński)
- Węgiel organiczny i nieorganiczny w zawiesinach (POC), “substancje żółte” (CDOM) – Zakład Fizyki (“optycy”)
- Strumienie CO₂ przez powierzchnię morza – Zakład Dynamiki (doc. Piskozub, doc. Petelski)

Wzrost temperatury w ostatnich 50 latach



Różnice temperatury między pierwszymi 15 laty mego życia, a najnowszymi 15 laty – na serwerze NASA można wygenerować dowolny zestaw dat. Zwraca uwagę amplifikacja wzrostu temperatur w rejonach polarnych.

Czyli jednak gazy cieplarniane

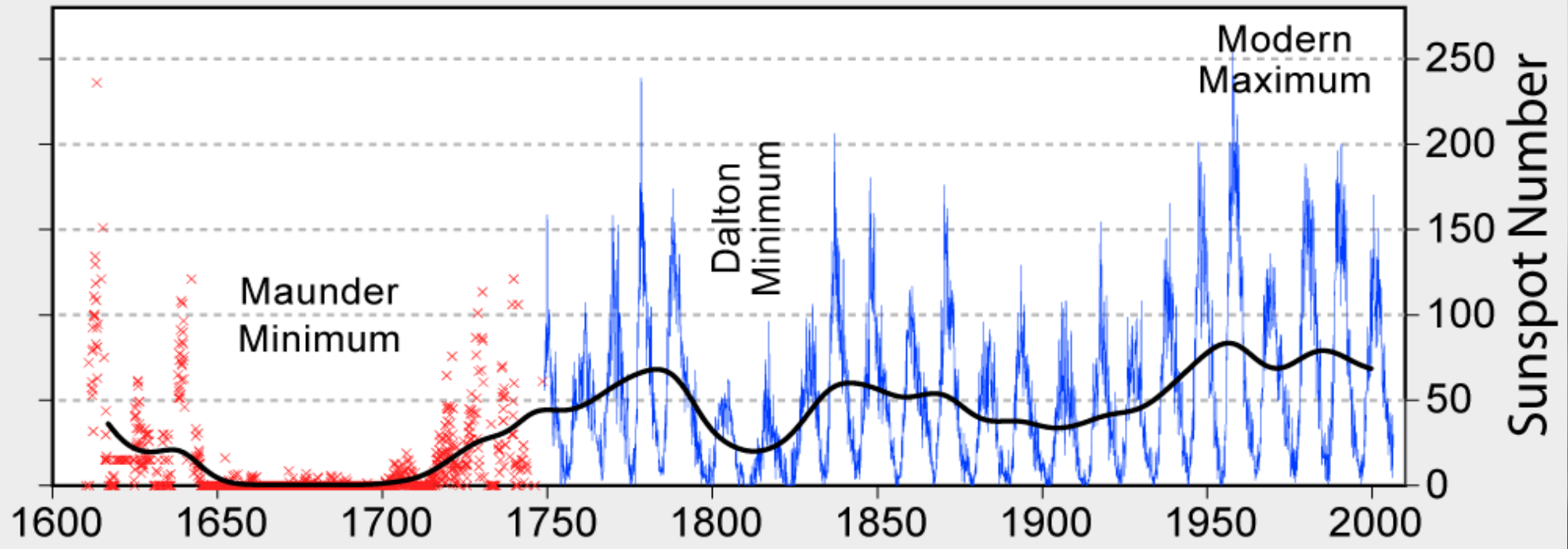


Za ocieplenie lat 1920-ch oraz 1930-ch po części „odpowiada” Słońce, brak wulkanów i gazy cieplarniane.

Za ochłodzenie lat 1950-ch i 1960-ch odpowiada głównie zwiększona emisja pyłów (aerozole siarkowe) oraz zwiększony wulkanizm.

Ostatnich 30 lat szybkiego ocieplania nie da się wyjaśnić bez odwoływania się do gazów cieplarnianych, których wymuszenie dominowało w tym czasie .

400 Years of Sunspot Observations



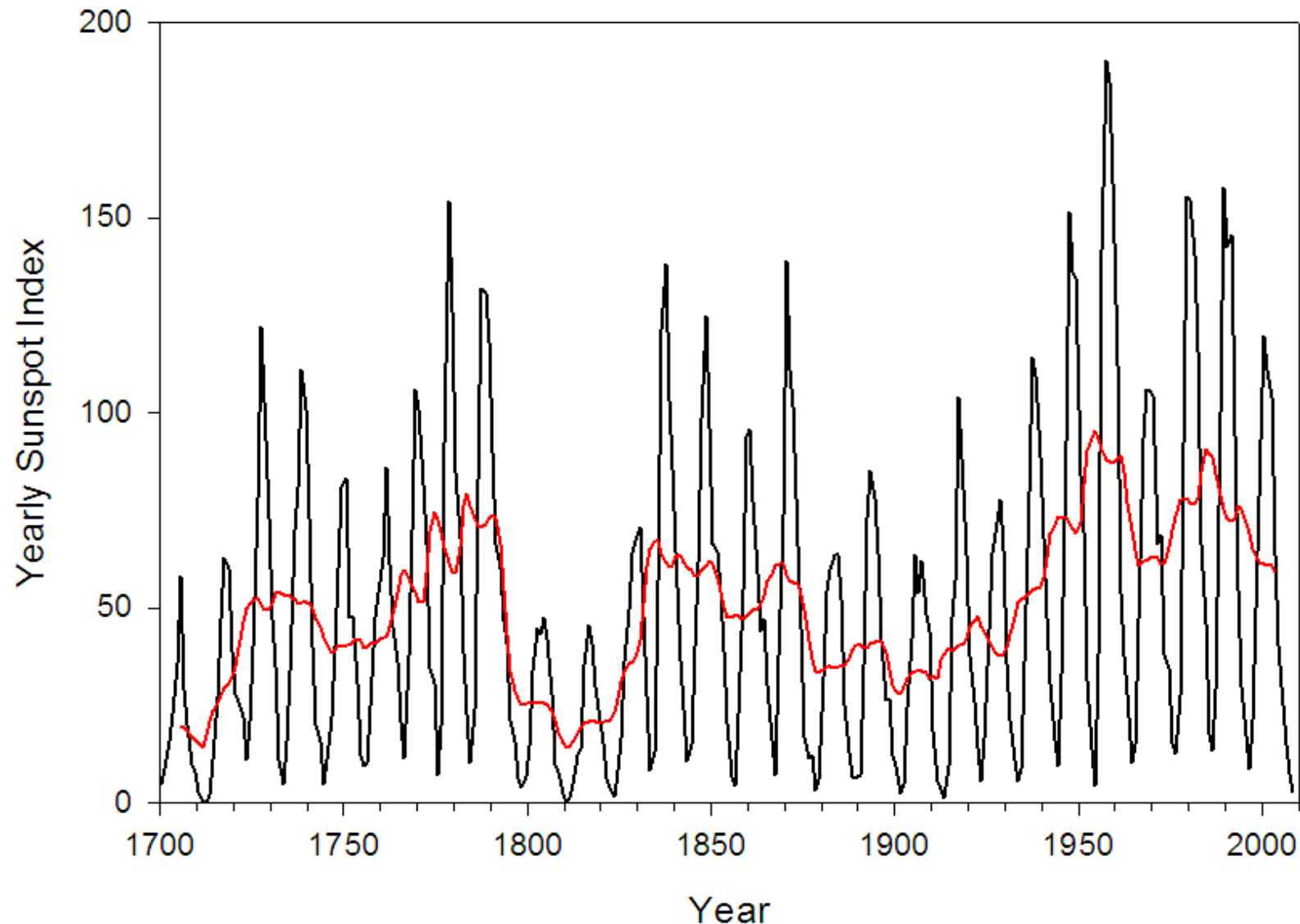
Liczba plam słonecznych obserwowana jest od 400 lat.

Najgłębsze minimum aktywności słonecznej przypada na szczyt "Małej Epoki Lodowej".



Karol Gustaw przeprawia się przez Wielki Bełt (1658 r.)

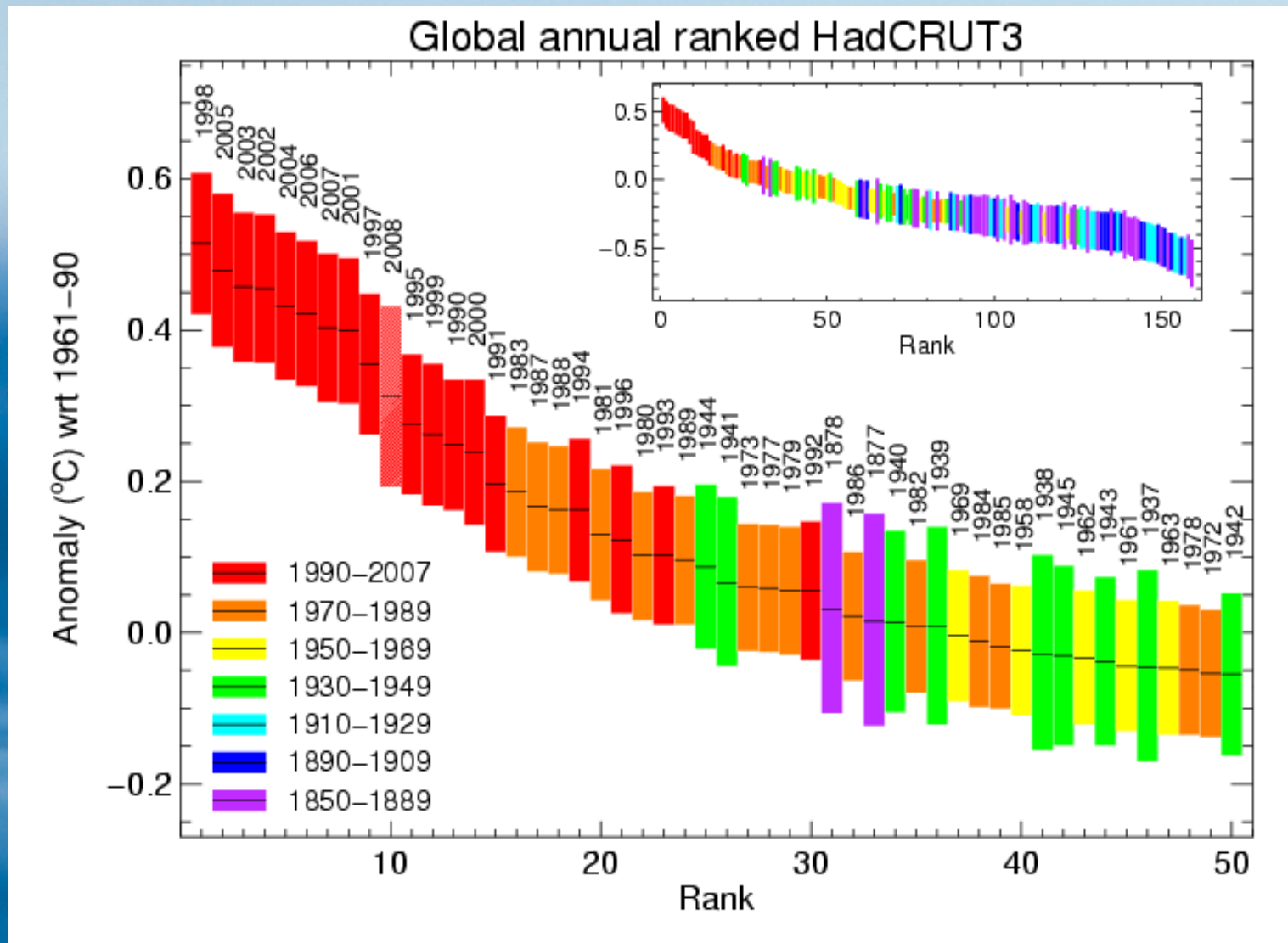
Plamy na słońcu – obserwacje historyczne



W zeszłym roku (2008) słońce było najmniej aktywne od 1913 r.
Czy był to więc najzimniejszy rok stulecia?

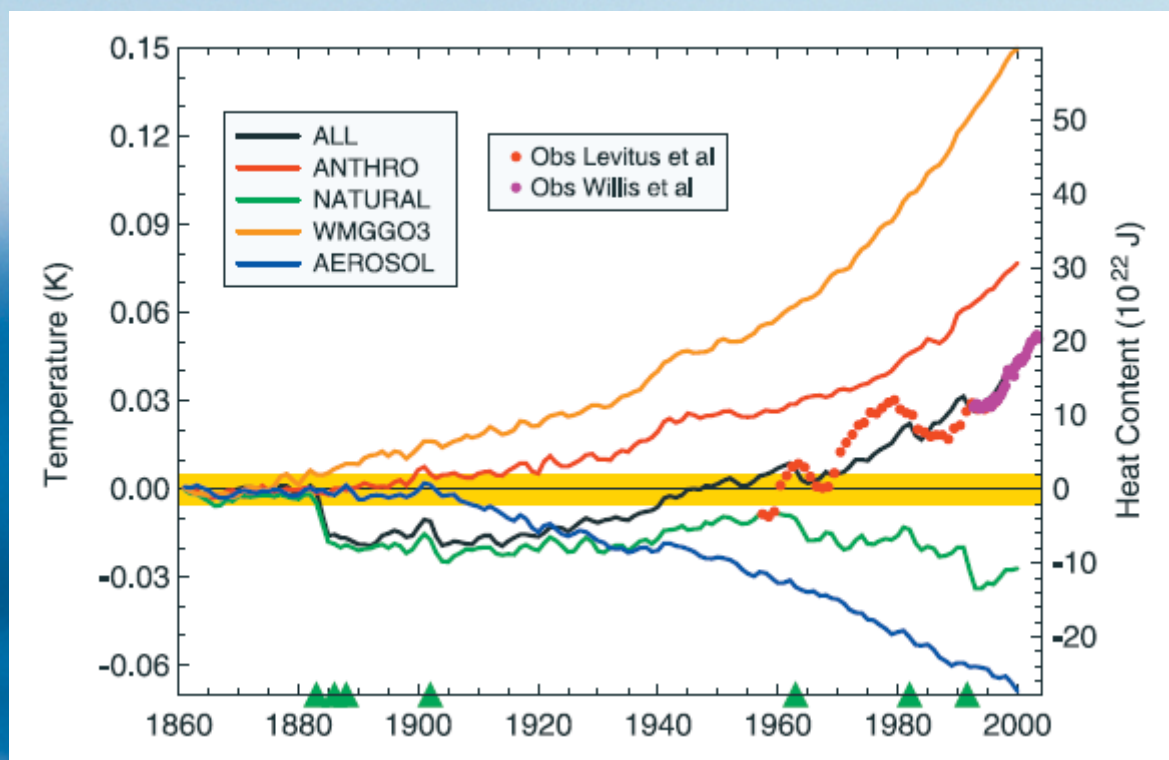
Opracowanie własne, za <http://sidc.oma.be/sunspot-data/>

2008: „najzimniejszy rok stulecia”



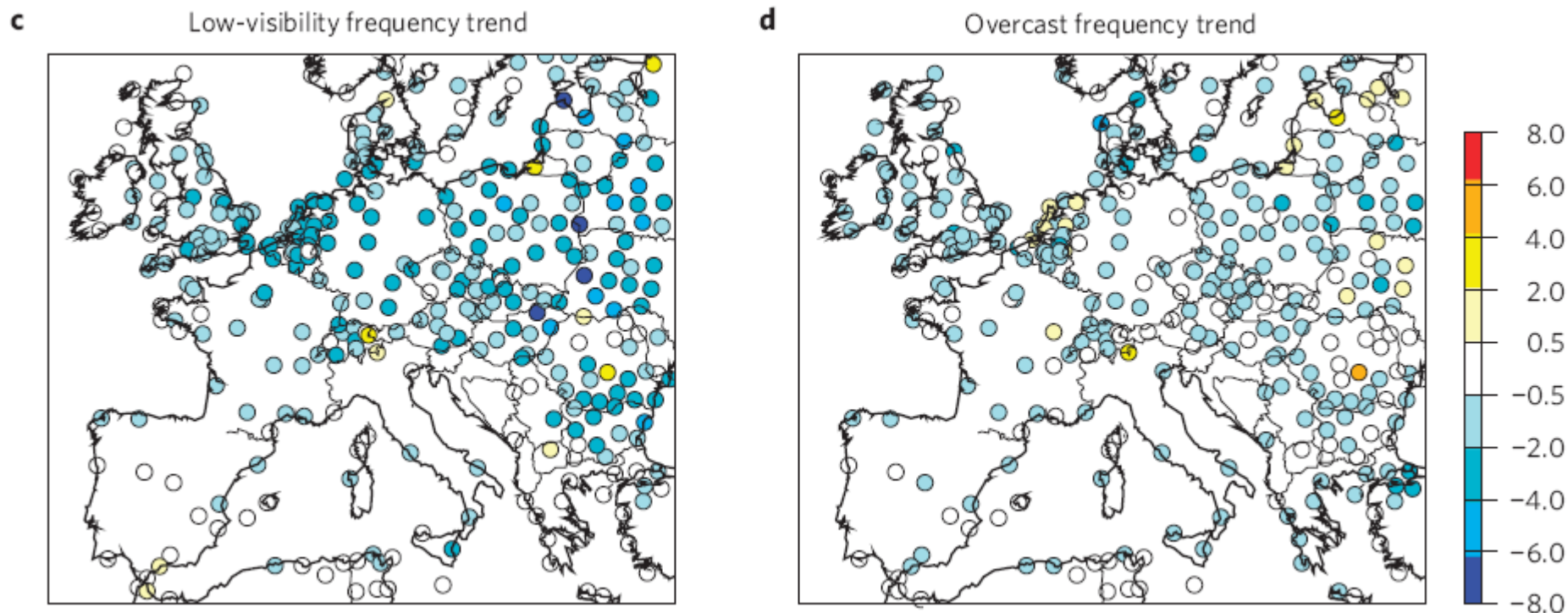
Jednak i tak cieplejszy niż wszystkie lata 20-go wieku z wyjątkiem dwóch (1997 i 1998), dziesiąty najcieplejszy rok od początku pomiarów meteorologicznych.

Bez aerozolu antropogenicznego ocean ogrzałby się w XX wieku ponad dwukrotnie bardziej?

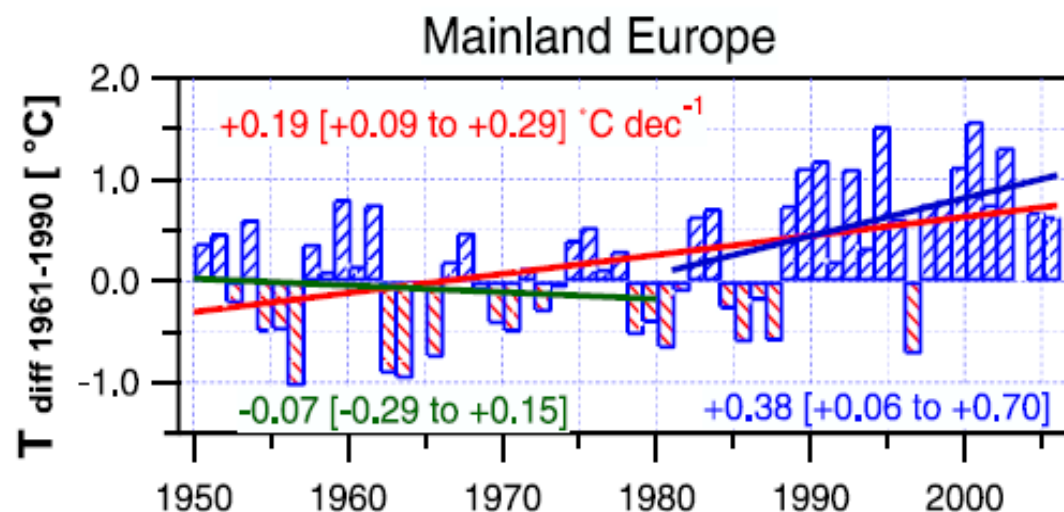


Średnia temperatura oceanu (0-3000 m) wg pomiarów (czerwone i fioletowe punkty) oraz wynikająca z modelu GFDL CM2 z wszystkimi znanymi wymuszeniami (ALL), z antropogenicznymi (ANTHRO), naturalnymi (NATURAL) – zmianami stałej słonecznej oraz wybuchami wulkanów (m. in. Krakatau 1883, Agung 1963, El Chichon 1982 i Pinatubo 1991), gazami cieplarnianymi i ozonem (WMGGO3) oraz aerozolem antropogenicznym (AEROSOL).

Aerozol i temperatura Europy



Trend zmiany ilości dni z mgłą i całkowitym zachmurzeniem jesienią i zimą (w dniach/dekadę) oraz zmiany temperatury w Europie Środkowej.



Vautard et al. 2009 (Nature Geoscience)

Philipona et al. 2009 (GRL)

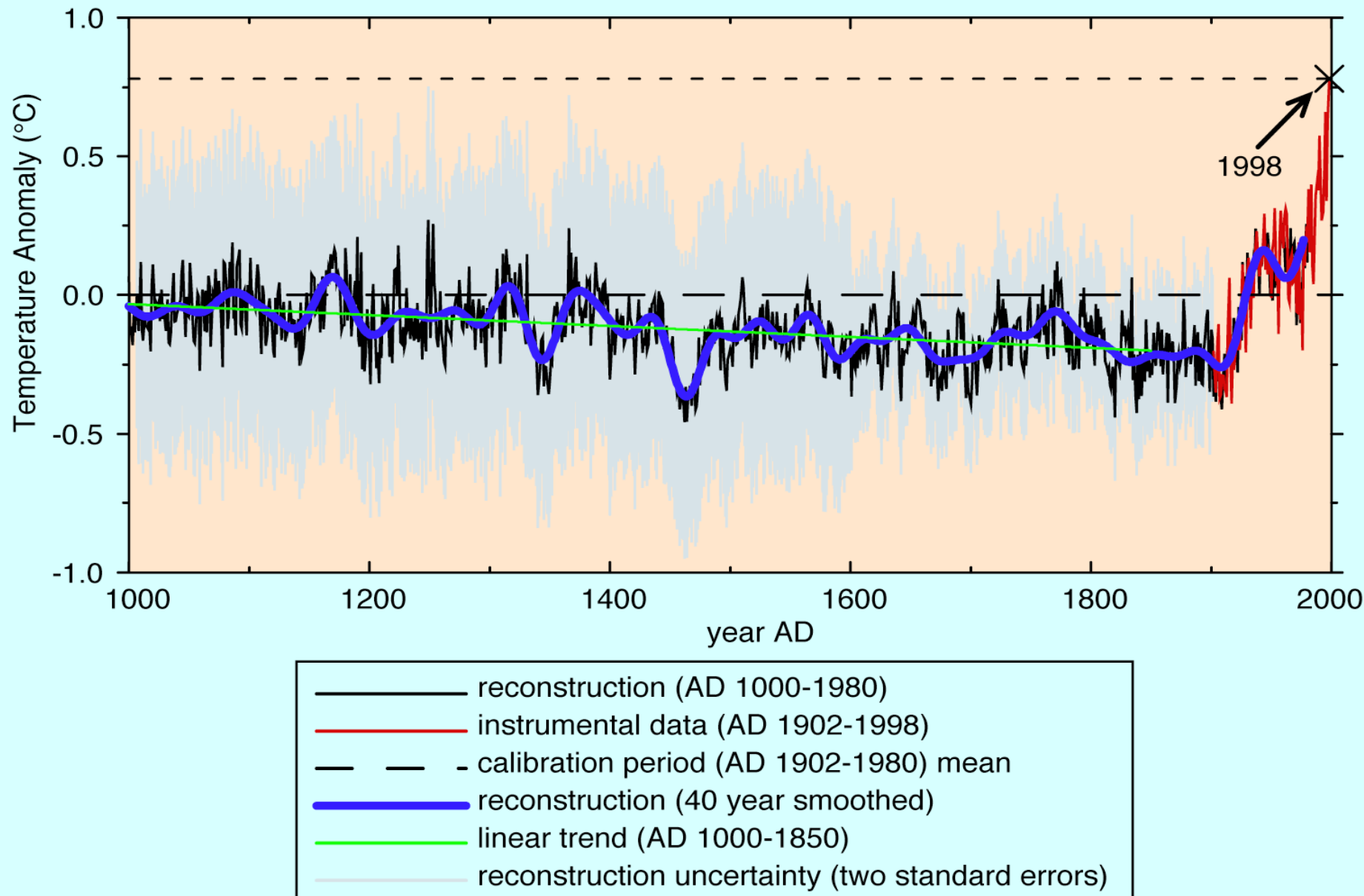
Badania aerozolowe i pokrewne w IOPAN:

- Funkcja produkcji aerozolu i pokrycie pianą morza (doc. Petelski, doc. Piskozub, prof. Massel !)
- Aerozolowa grubość optyczna i transport aerozolu (doc Zieliński)
- Badania lidarowe aerozolu (doc. Piskozub, doc. Zieliński)
- Pęcherzyki powietrza w wodzie (prof. Klusek & Pracownia Akustyki Morza)



Badania aerozolowe w pracowni Wzajemnego Oddziaływania Morza i Atmosfery (Zakład Dynamiki Morza)

„Kij hokejowy” (*hockey stick*) Manna



Zrekonstruowany trend temperatury dla półkuli północnej wykazuje trend zniżkowy aż do końca 18-go wieku (stan wiedzy na 1999 r) przy jedynie niewielkim maksimum w średniowieczu.

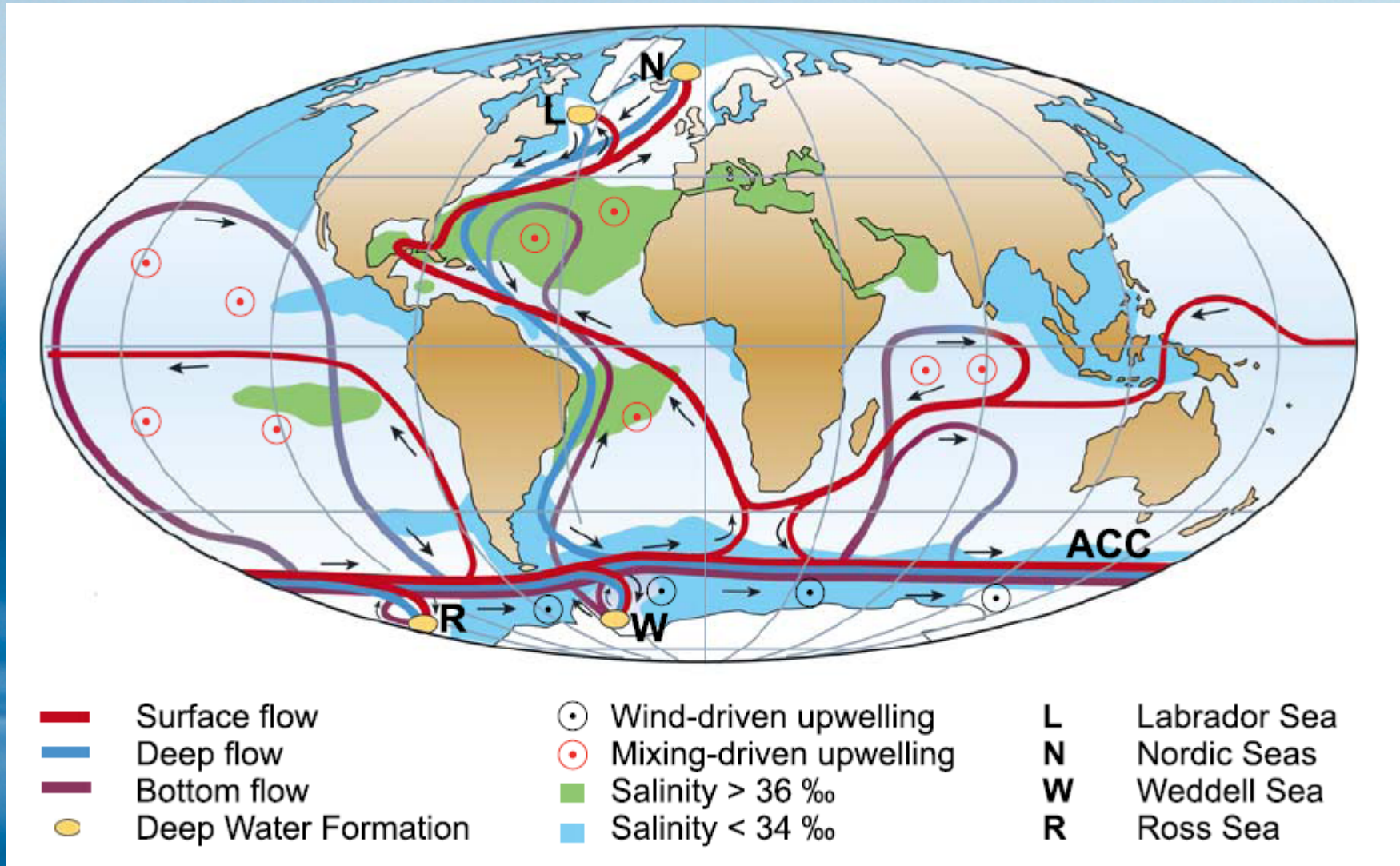
Bradley 2003 za Mann et al. 1999



Badania nad osadami związane z paleoklimatologią w IOPAN:

- Pigmenty w osadach – Pracownia Chemicznych Zanieczyszczeń Morza (*prof. Kowalewska*)
- Badania nad prędkością sedymantacji w fiordach arktycznych (*dr. Zajączkowski*)

Współczesny obraz cyrkulacji termohalinowej

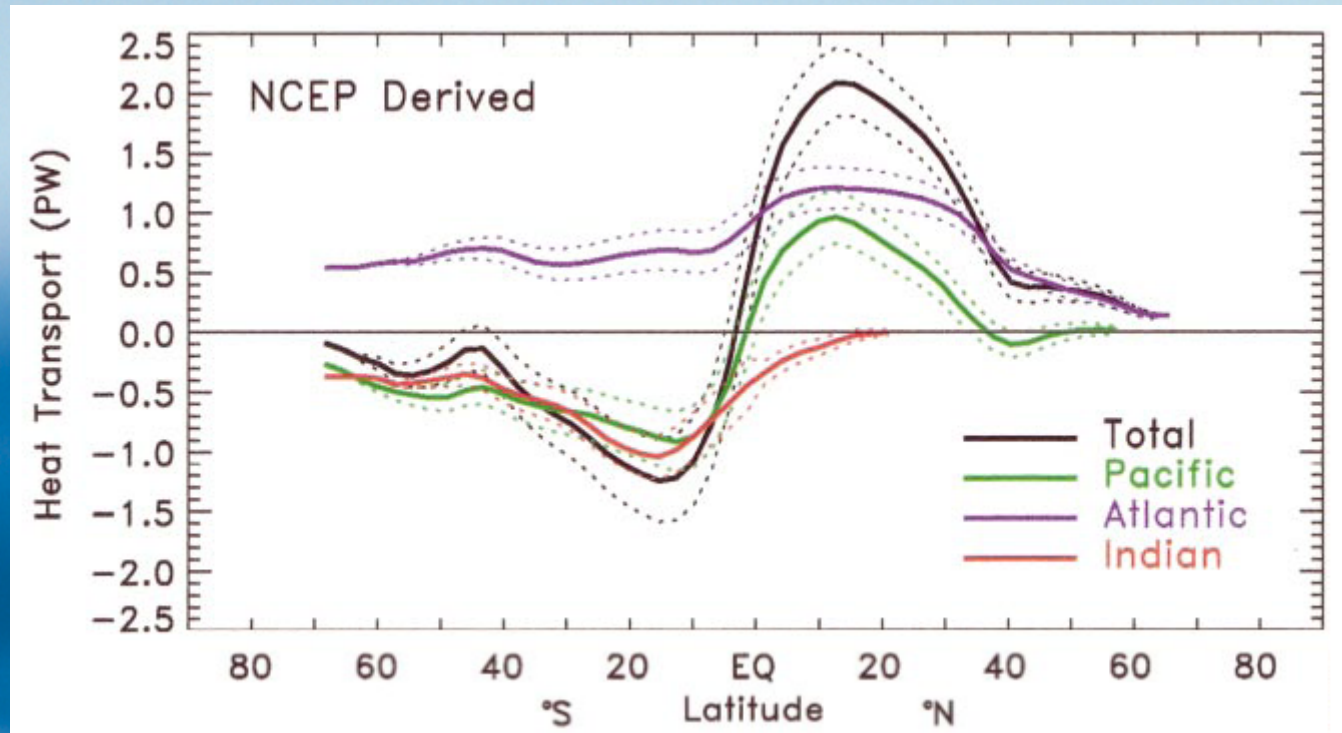


Wody głębinowe wracają na powierzchnię dzięki mieszaniu turbulentnemu (szczególnie na grzbietach podmorskich) i upwellingowi (strumieniowi ku powierzchni) związanemu z transportem Ekmana wokół Antarktydy.

Dlaczego transport Ekmana działa „na lewo”? Bo to półkula południowa!

Rahmstorf 2006, Kuhlbrodt et al. 2007

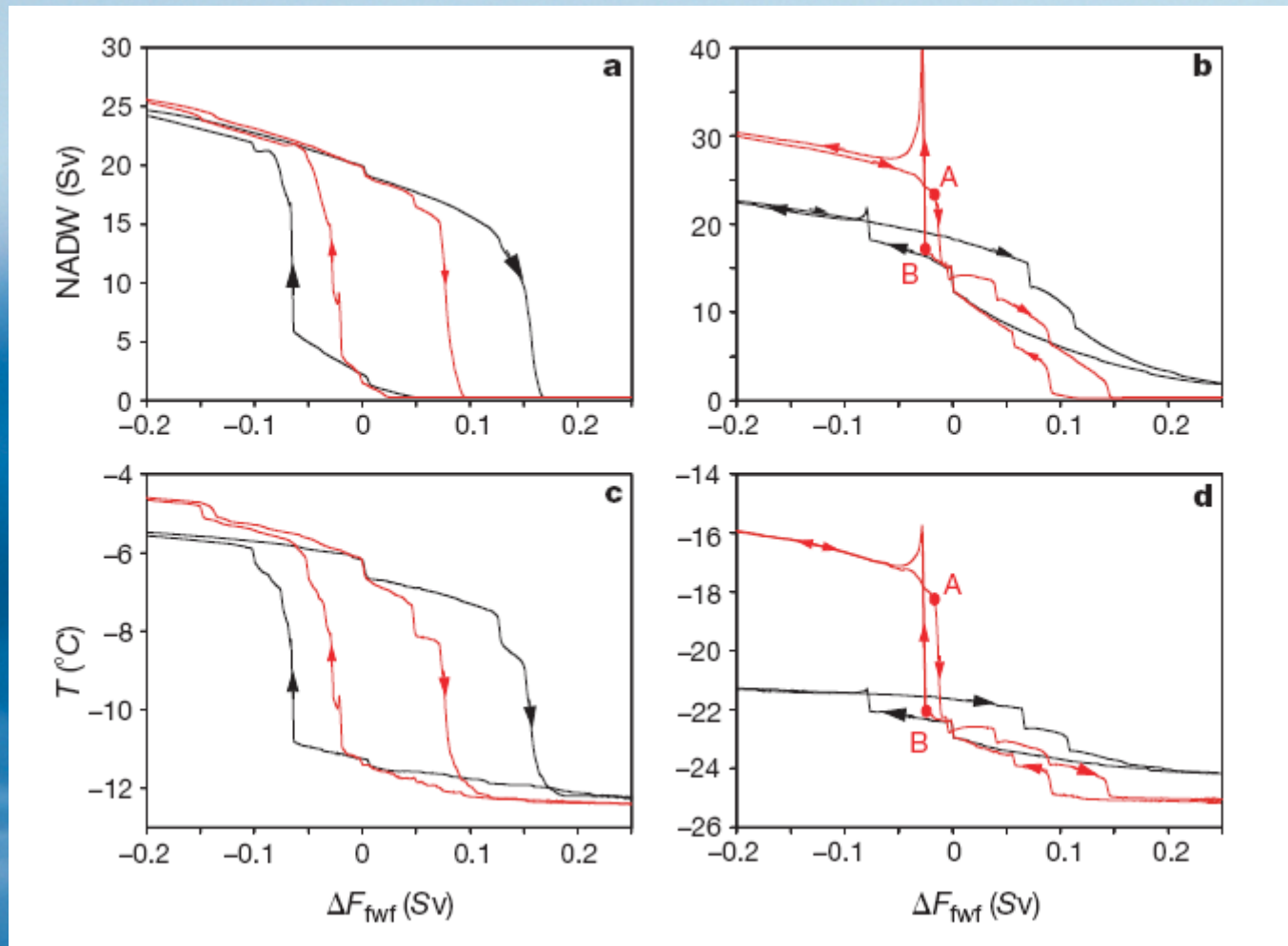
Południkowy transport ciepła: Atlantyk jest wyjątkiem



Oceaniczny transport ciepła (dodatni na północ, ujemny na południe).

Atlantyk jest oceanem gdzie dzięki THC transport ciepła na północ przekracza równik i osiąga wyższe szerokości niż a Pacyfiku. Oprócz monsunów na Oceanie Indyjskim (transport ciepła na południe) jest to główny mechanizm spinający klimat obu półkul.

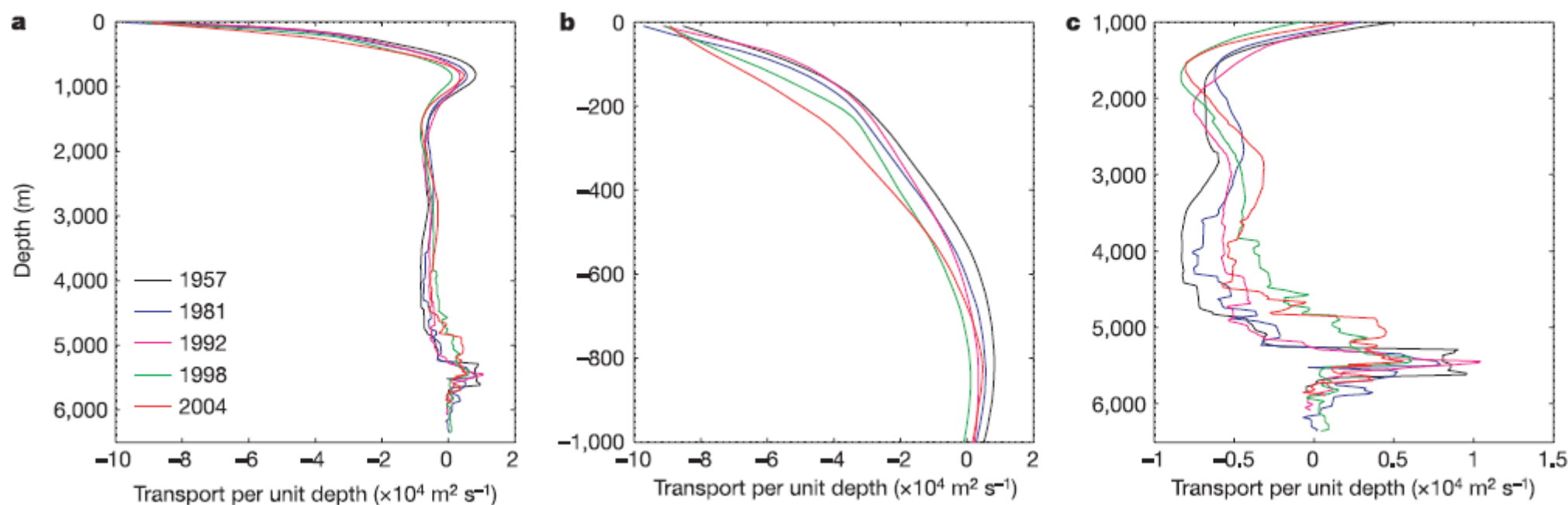
Wpływ słodkiej wody na THC



Zmienność produkcji wód głębinowych Północnego Atlantyku (NADW) i temperatury powietrza (60-70° N) w funkcji napływu słodkiej wody dziś (po lewej) i podczas ostatniego maksimum epoki lodowej (po prawej) na szerokościach 20-50° N (czarne) i 50-70° N (czerwone).

Ganopolski i Rahmstorf, 2002

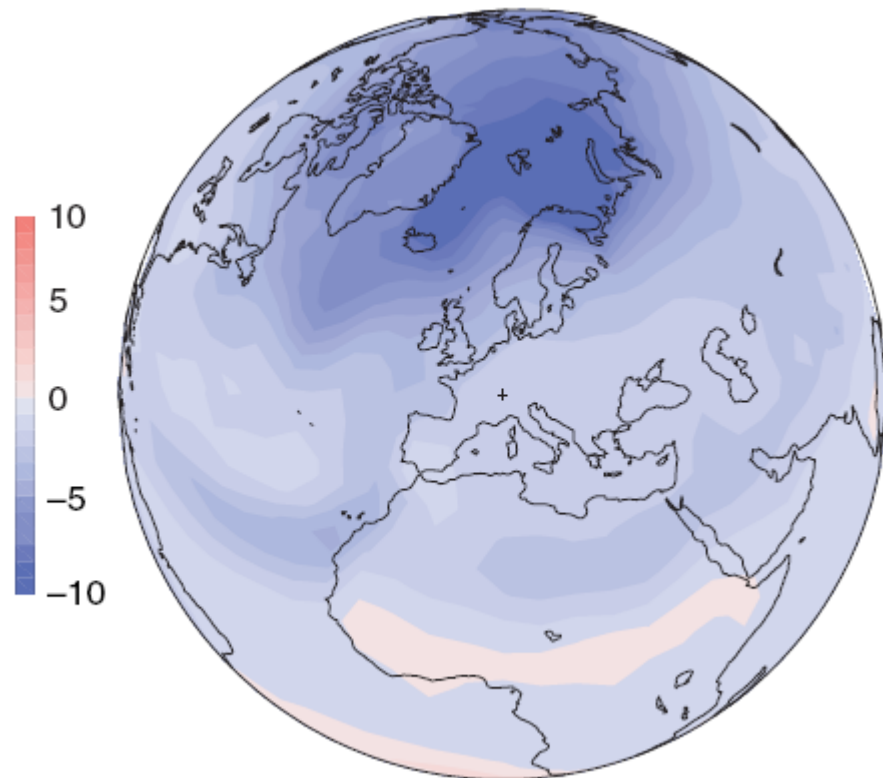
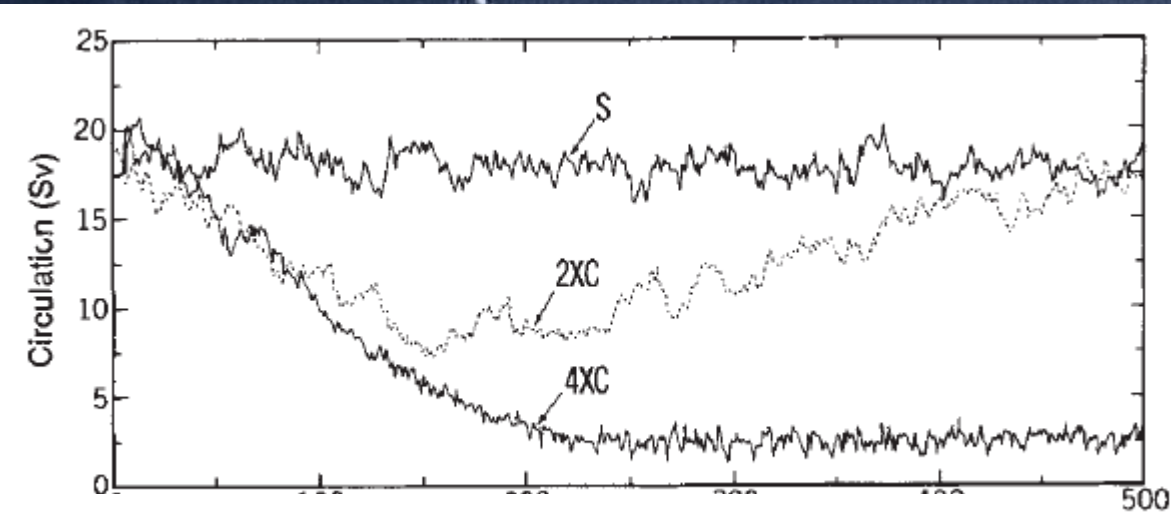
Osłabienie THC? Fałszywy alarm



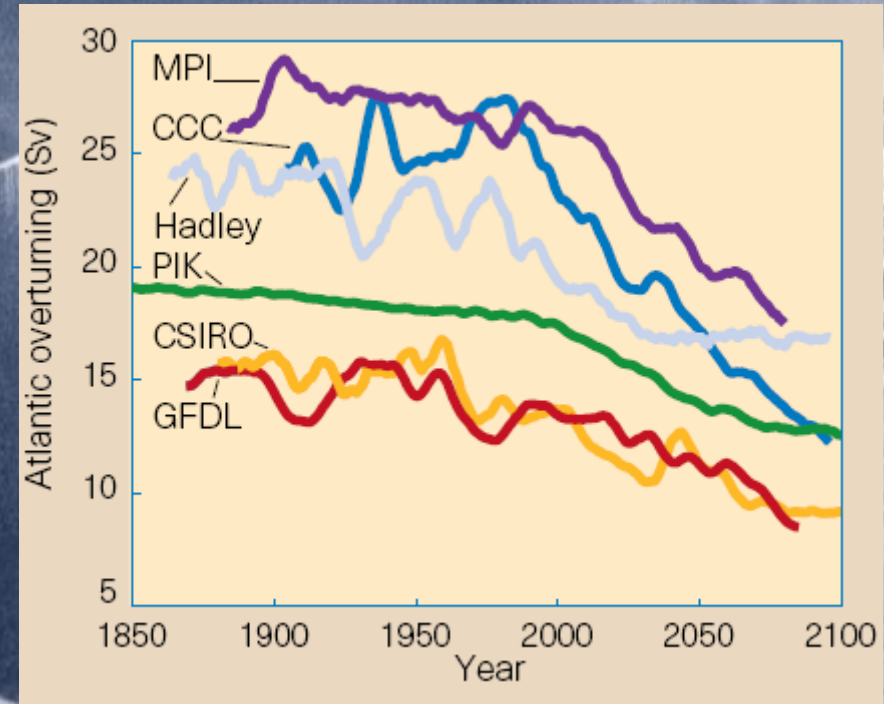
Pomiar prądów Atlantyckich na profilu 25° N w roku 2004 zdawał się świadczyć o osłabieniu przepływu przez ten równoleżnik o 30%. Jednak pomiary z 19 boi programu RAPID (26.5° N) wydają się zaprzeczać istnieniu takiego trendu - chociaż potwierdzają dużą zmienność międzyroczną (*Nature*, 17 listopada 2006). Także ciągłe pomiary intensywności Gofsztrumu na 27° N od roku 1982 (Baringen & Larsen 2001) przy pomocy różnicy potencjału na podmorskich kablach telefonicznych nie wykazują trendu malejącego jego przepływu.

Bryden, Longworth & Cunningham 2005 (Nature)

Czy nam to grozi? Modelowanie przyszłej cyrkulacji termohalinowej



TER TOMORROW
RLDWISE 28 MAY 2004

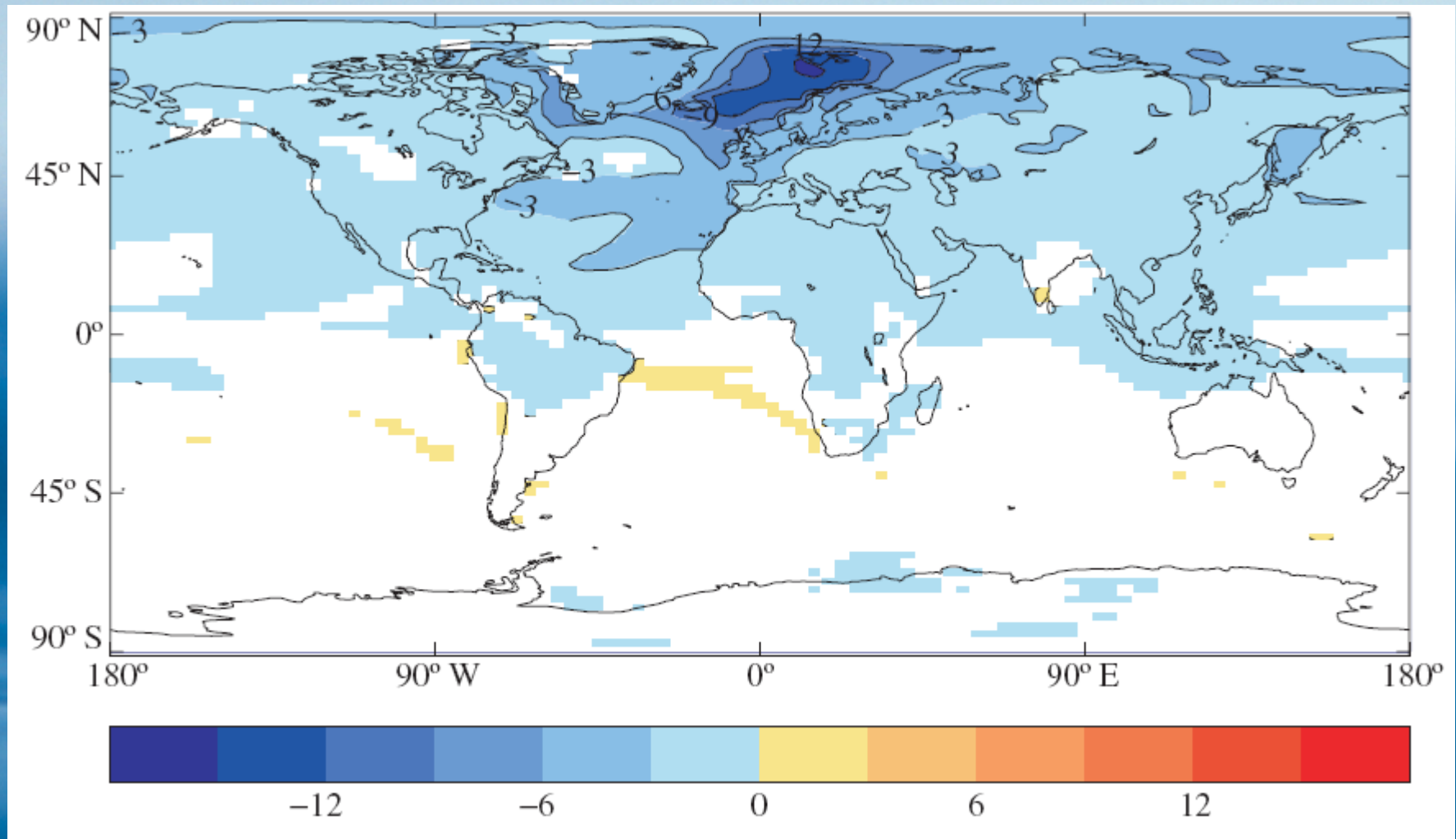


Wyniki modelowania: produkcja wody
głębinowej wobec efektu cieplarnianego i
zmiany temperatury przy wyłączeniu
cyrkulacji termohalinowej.

Manabe i Stoufer 1993; Rahmstorf 1999; Stocker 2002

WHERE WILL YOU BE?

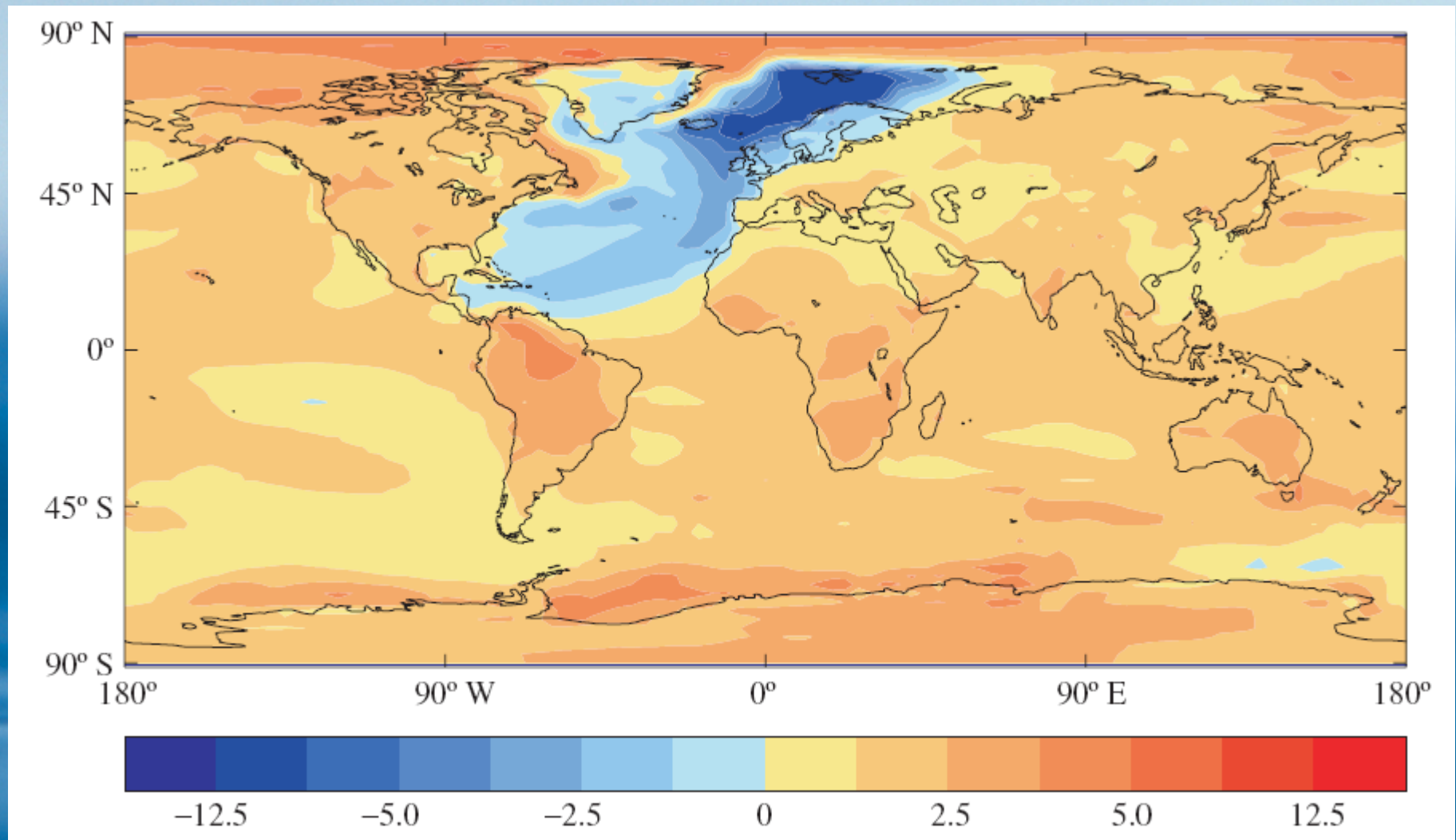
Wpływ zatrzymania cyrkulacji termohalinowej **dziś** na klimat



Wyniki modelowania (model HadCM3) pokazują że ewentualne zatrzymanie THC **obecnie** wywołałoby (już w pierwszej dekadzie – na rysunku) znaczne oziębienie półkuli północnej, a szczególnie rejonu Północnego Atlantyku, przy jednoczesnym (minimalnym) ogrzaniu półkuli południowej.

Wood Vellinga & Thorpe 2003

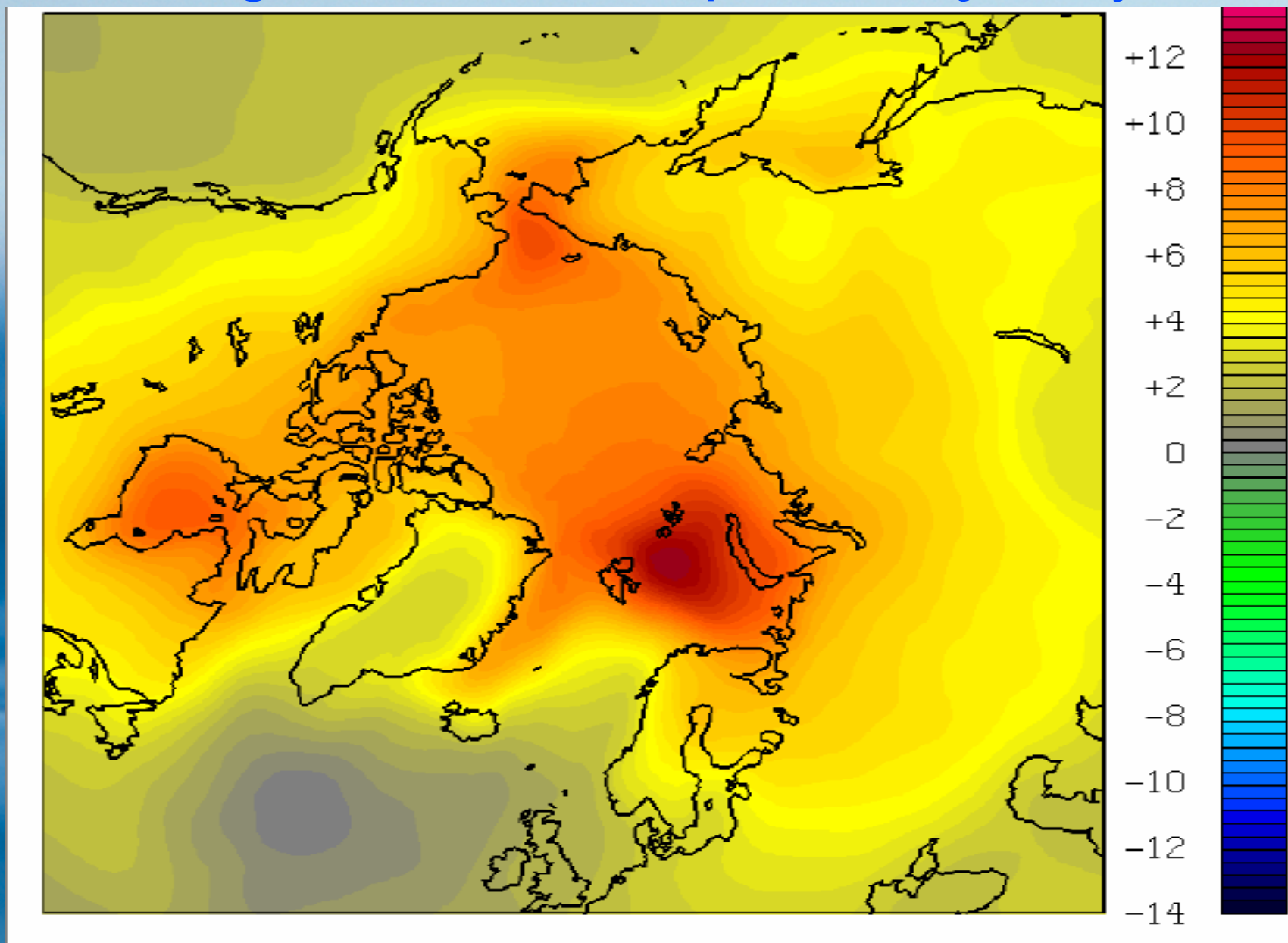
Wpływ zatrzymania cyrkulacji termohalinowej w 2049 r.



Wyniki modelowania (model HadCM3) pokazują że globalne ocieplenie przeważa nad efektem zatrzymania THC wszędzie z wyjątkiem rejonu Pn. Atlantyku (w tym Skandynawii oraz Wysp Brytyjskich) przy wymuszonym zatrzymaniu THC w połowie XXI wieku.

Wood Vellinga & Thorpe 2003

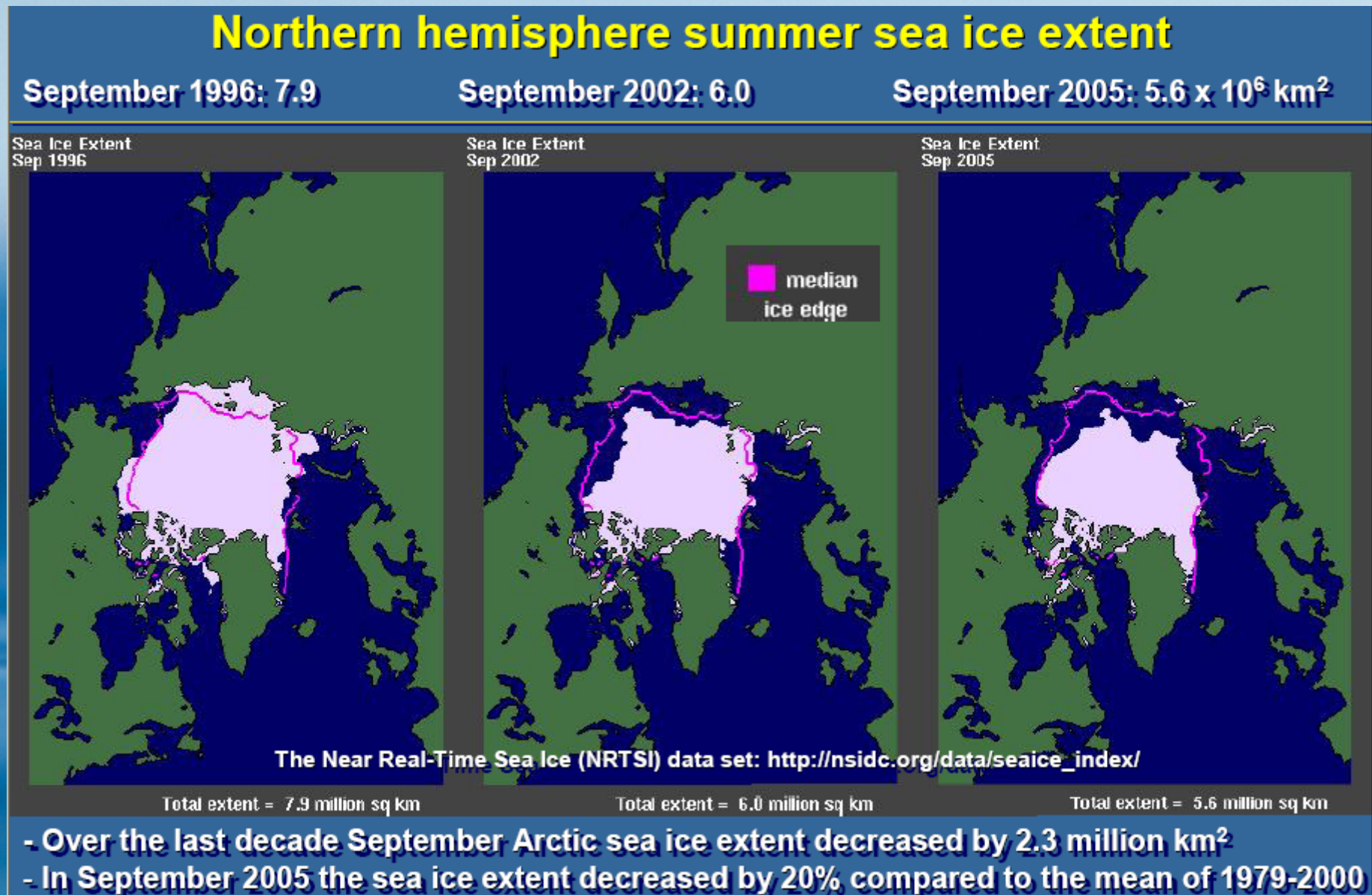
Prognozowane ocieplenie się Arktyki



Średnia zmiana zimowej (DJF) temperatury Arktyki między latami 1980-1999 a 2070-2089 w scenariuszu B1 (14 modeli klimatycznych)

Walsh 2006 (IARC overview) after IPCC

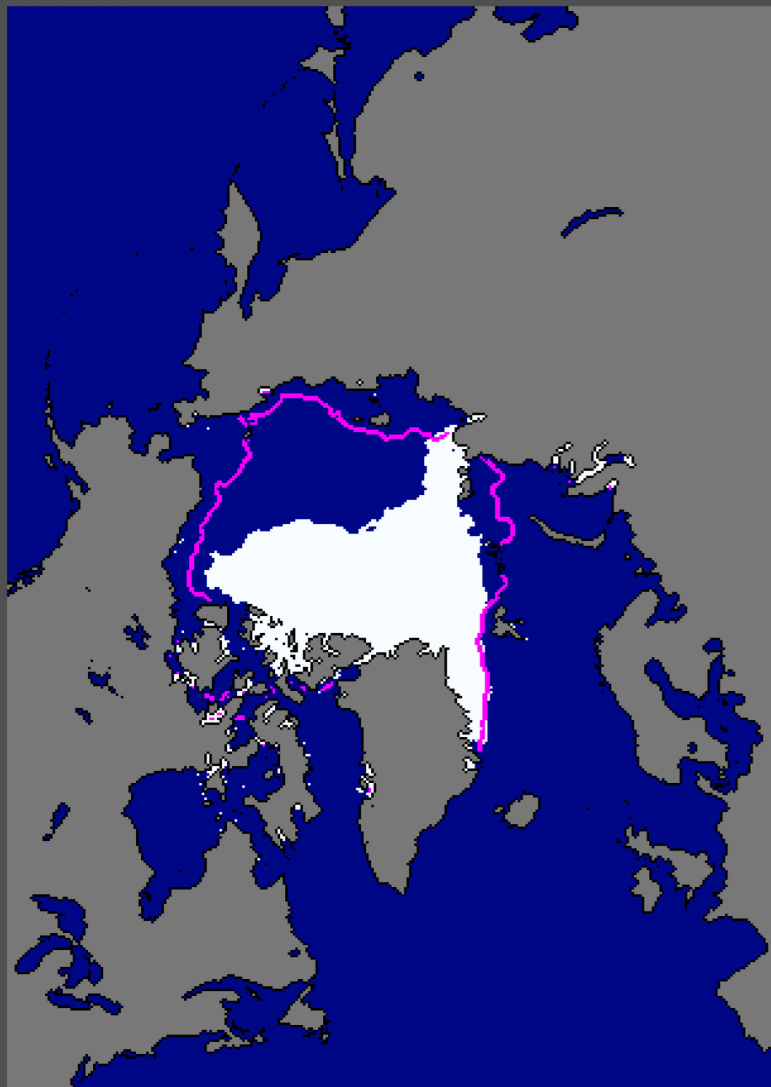
Zmiany zalodzenia Oceanu Arktycznego



Obserwowane i prognozowane zmiany
letniego pokrycia lodem morskim Arktyki

Rekordowy rok 2007 i niewiele lepszy 2008...

Current Ice Extent
09/16/2007

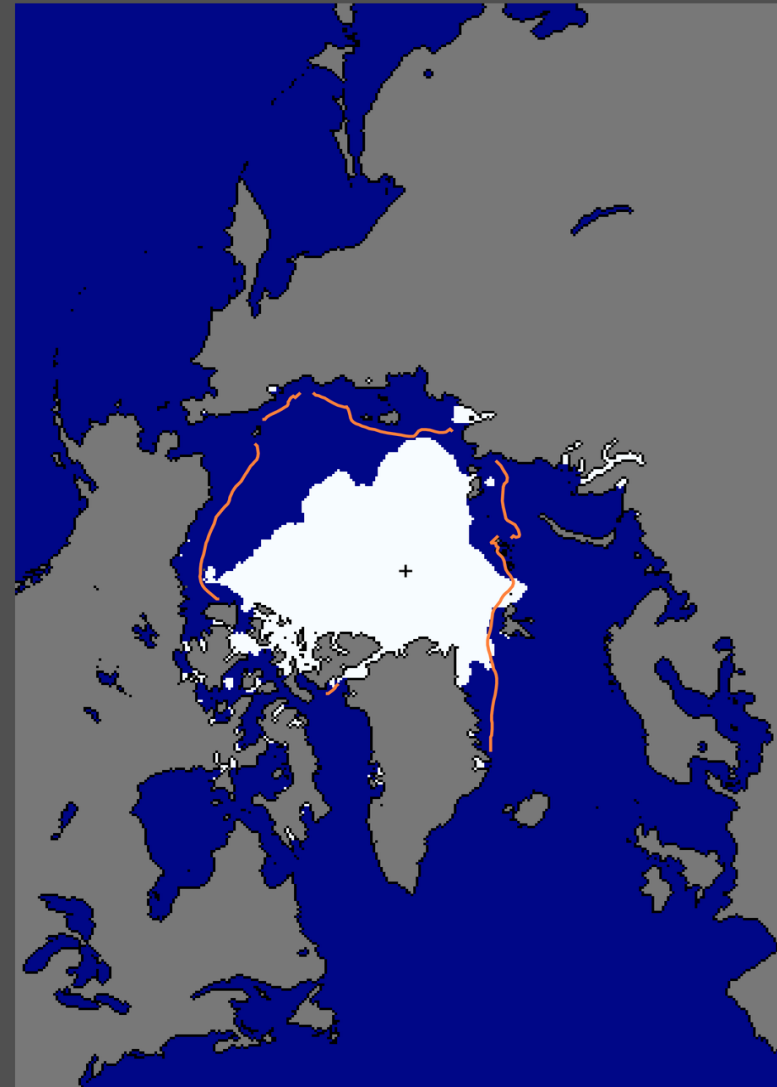


National Snow and Ice Data Center, Boulder, CO

median
ice edge

Total extent = 4.1 million sq km

Sea Ice Extent
09/23/2008

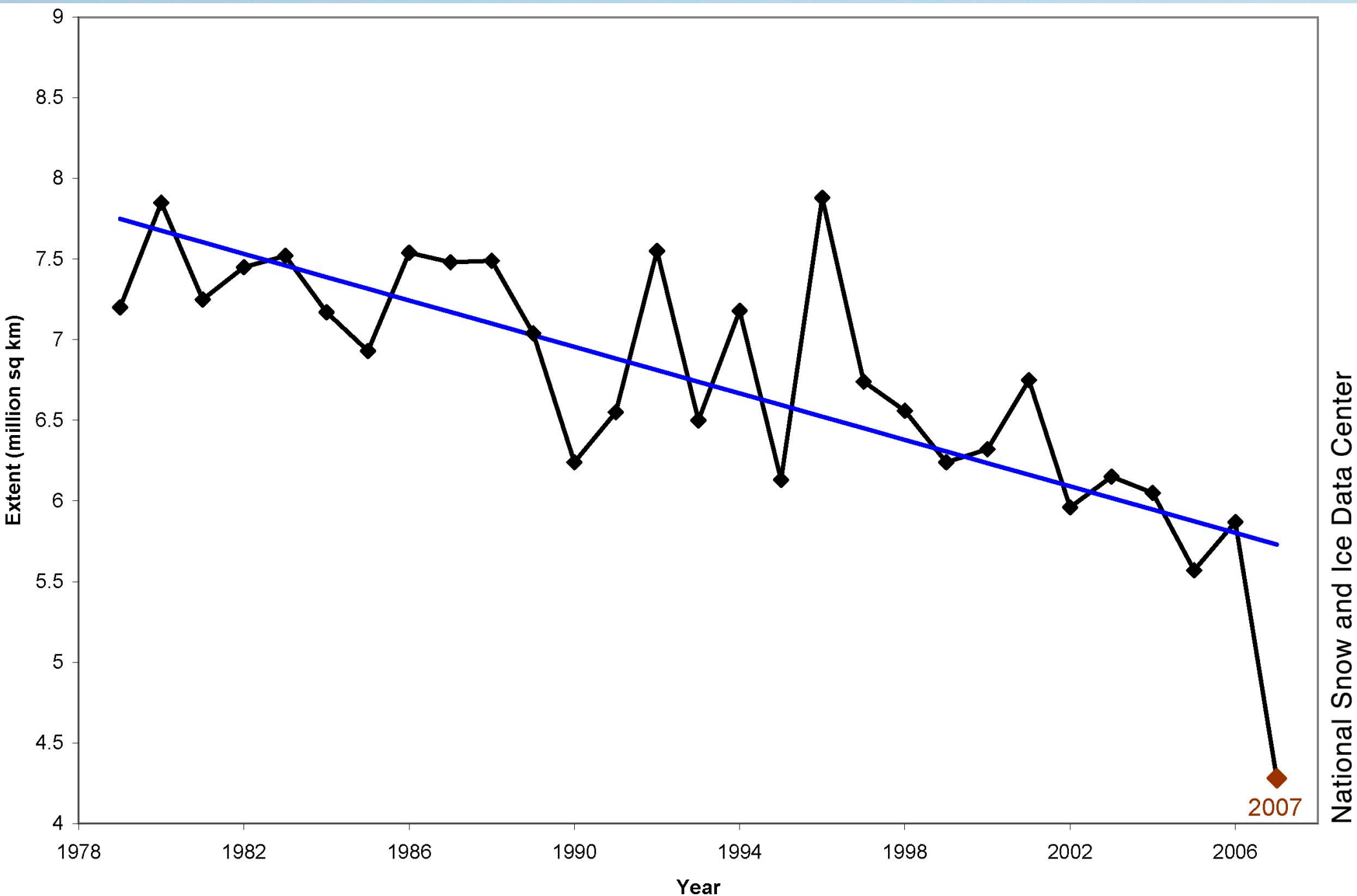


National Snow and Ice Data Center, Boulder, CO

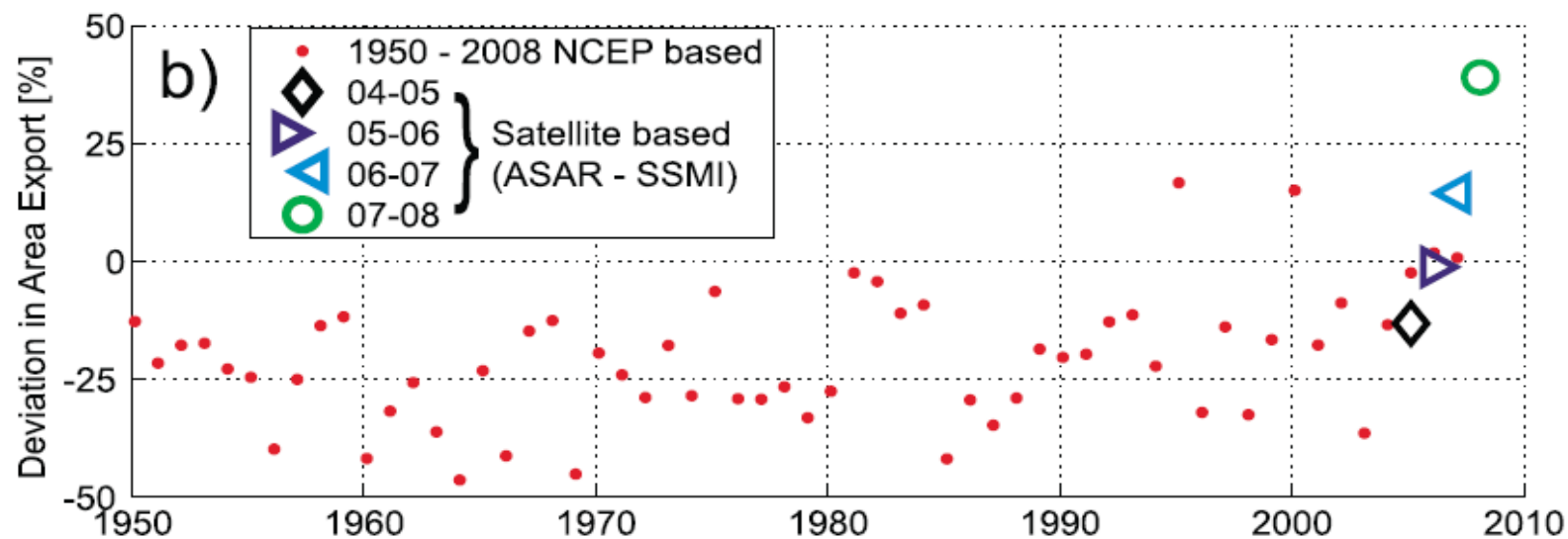
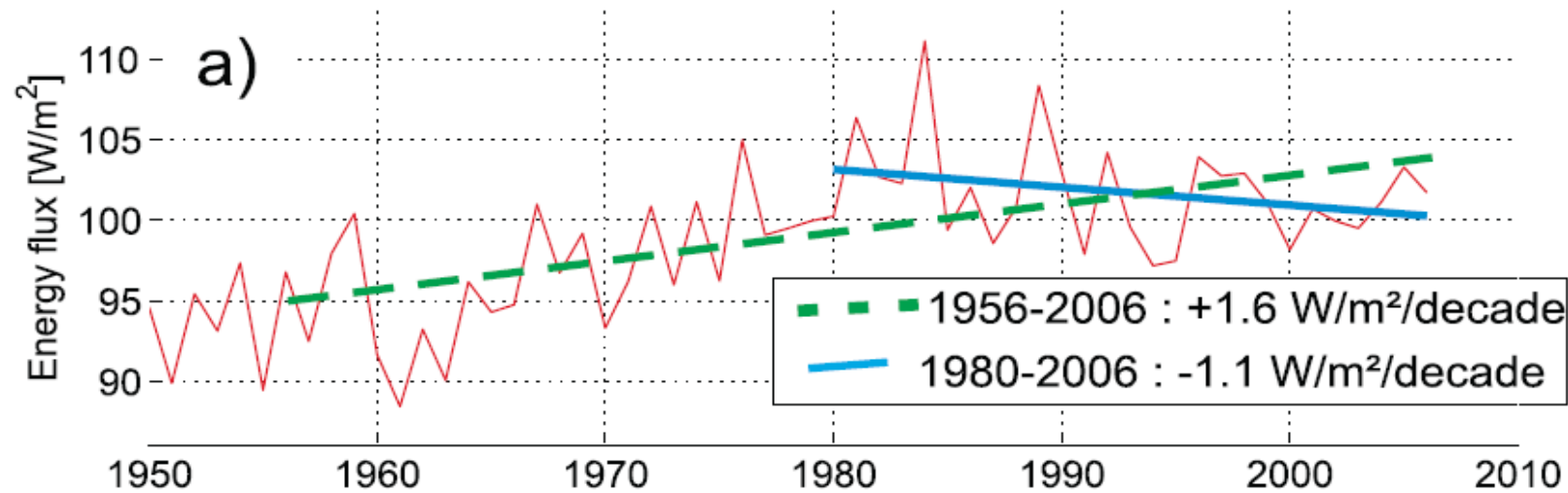
normal
ice edge

Latem 2007 (po lewej) zanotowano rekordowo niski stan zalodzenia Oceanu Arktycznego: 4.1 mln km³. Rok 2008 (po prawej) z wynikiem 4.7 mln km³ był drugim najniższym. Przejście Północno-Zachodnie było wolne od lodu (dwukrotnie!) po raz pierwszy w historycznych czasach.

Zasięg lodu morskiego w Arktyce we wrześniu od 1979 do 2007



Mechanizmy topnienia lodu



Strumień ciepła niesiony do Arktyki cyrkulacją atmosferyczną (reanaliza NCEP-NCAR) (a) oraz eksport lodu cieśniną Framą (b). Dodatkowymi mechanizmami są transport prądami morskimi, oraz zmiany zachmurzenia w Arktyce.

Smedsrud et al. 2008 (GRL)

Przyczyny topnienia lodu: dyskusja trwa...

- Zhang et al. 2008 *"What drove the dramatic retreat of arctic sea ice during summer 2007?"*
"70% is due directly to the amplified melting and 30% to the unusual ice advection"
- Smedsrud Sorteberg Kloster 2008 *"Recent and future changes of the Arctic sea-ice cover"*
"satellite observations of Fram Strait ice-area export show an increase over the last four years, with ~37% increase in winter 07–08. Atmospheric poleward energy flux declined since 1990, but advection of oceanic heat has recently increased."
- Ogi et al. 2008 *"Summer retreat of Arctic sea ice: Role of summer winds"*
"July–August–September SLP anomalies over the Arctic basin account for ~60% of the year-to-year variance of September sea-ice extent since 1979."

Śmiałe prognozy: Arktyka latem bez lodu „do 2013” r.?

Page last updated at 10:40 GMT, Wednesday, 12 December 2007

 E-mail this to a friend

 Printable version

Arctic summers ice-free 'by 2013'

By Jonathan Amos

Science reporter, BBC News, San Francisco

Scientists in the US have presented one of the most dramatic forecasts yet for the disappearance of Arctic sea ice.

Their latest modelling studies indicate northern polar waters could be ice-free in summers within just 5-6 years.

Professor Wieslaw Maslowski told an American Geophysical Union meeting that previous projections had underestimated the processes now driving ice loss.



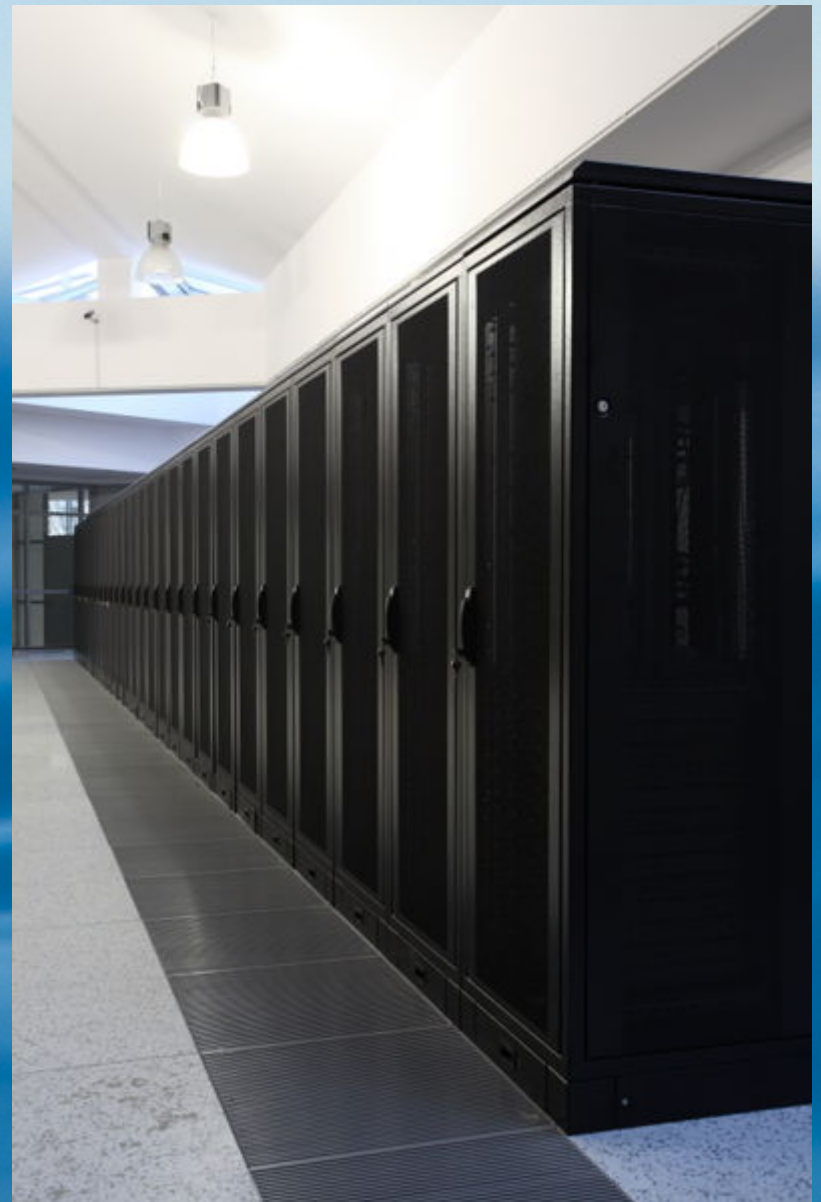
Arctic summer melting in 2007 set new records

Professor Maslowski's group, which includes co-workers at Nasa and the Institute of Oceanology, Polish Academy of Sciences (PAS), is well known for producing modelled dates that are in advance of other teams.

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7139797.stm>

Badania nad modelowaniem komputerowym procesów w oceanie (Zakład Dynamiki):

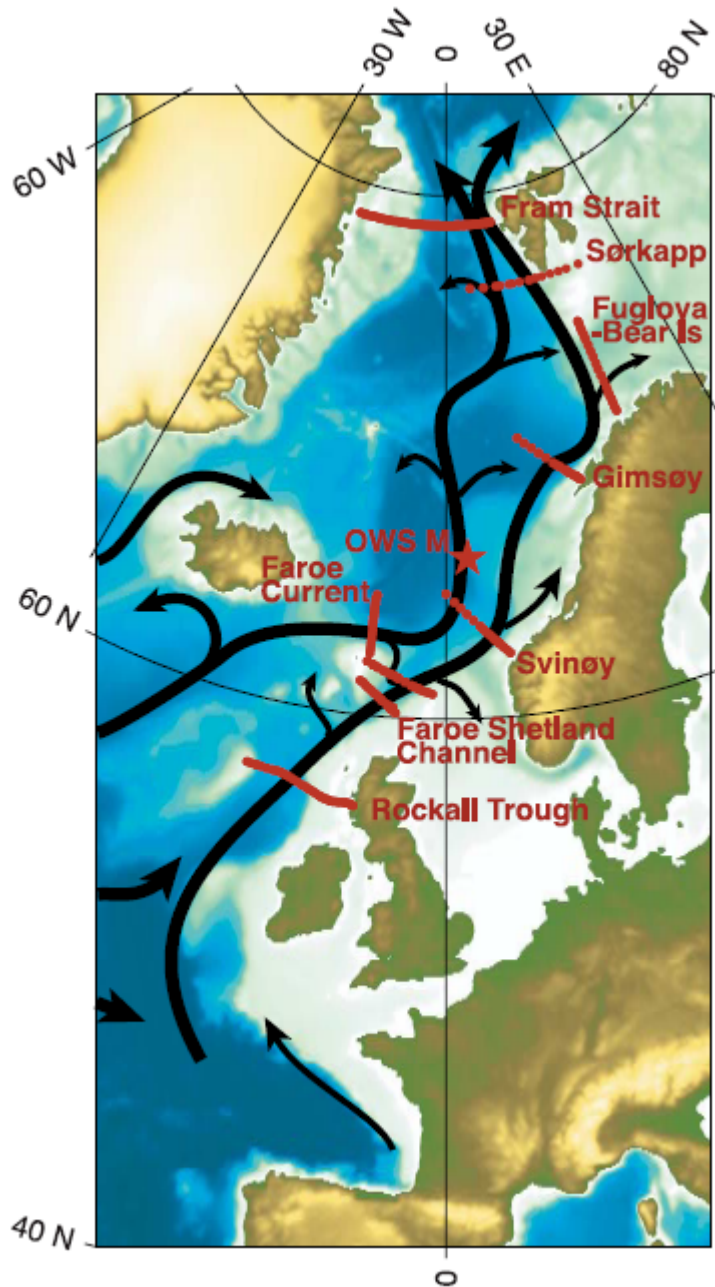
- Procesy w Morzu Bałtyckim (*doc. Jankowski, doc. Dzierzbicka-Głowacka, dr Osiński*)
- Modelowanie lodu w Arktyce (*dr Jakacki*)



Superkomputer ("klaster") Galera w gdańskim centrum bliczeniowym TASK

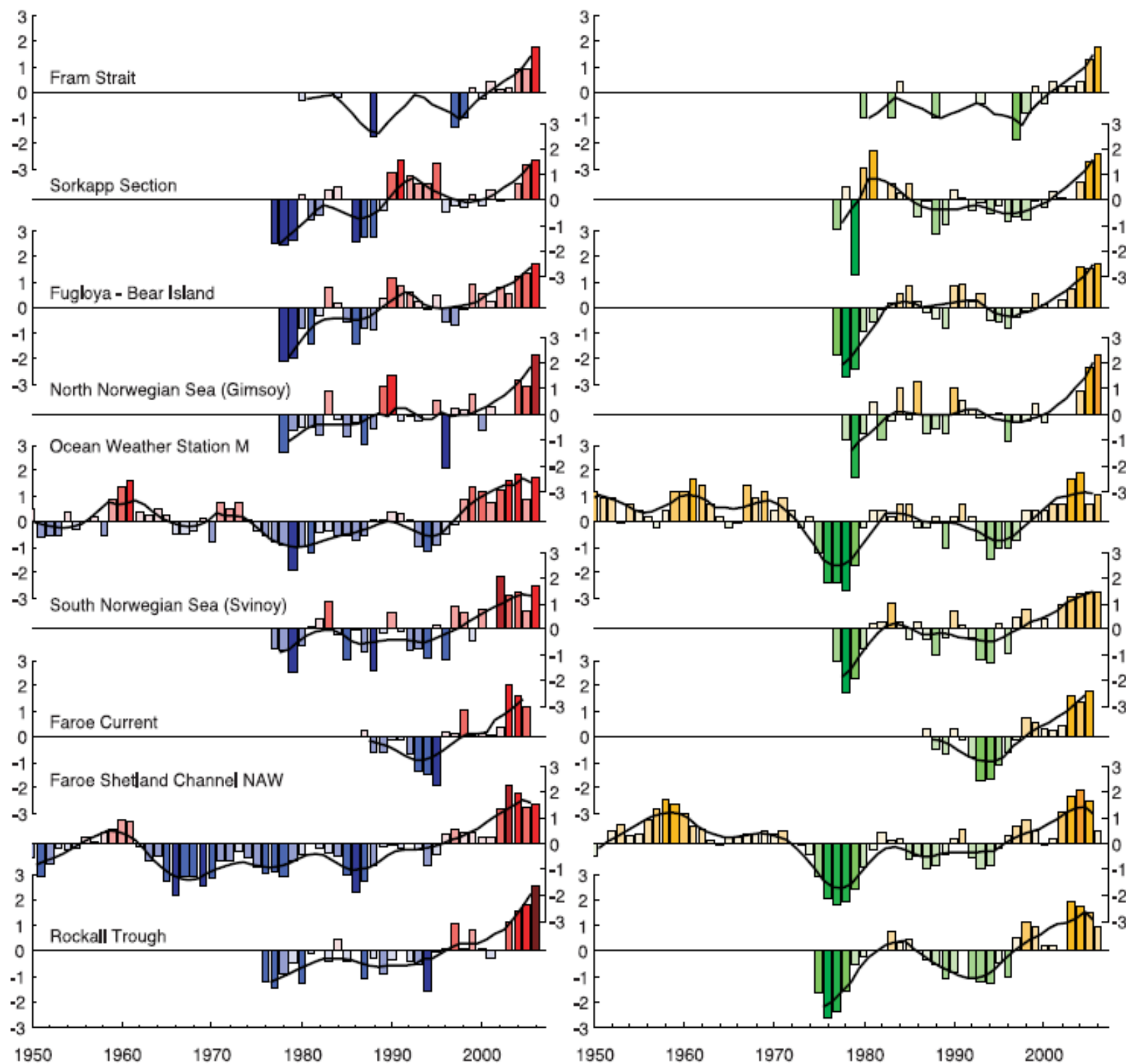
Reversal of the 1960s to 1990s freshening trend in the northeast North Atlantic and Nordic Seas

N. Penny Holliday,¹ S. L. Hughes,² S. Bacon,¹ A. Beszczynska-Möller,³ B. Hansen,⁴ A. Lavín,⁵ H. Loeng,⁶ K. A. Mork,⁶ S. Østerhus,⁷ T. Sherwin,⁸ and W. Walczowski⁹



Oslabienie cyrkulacji termohalinowej powinno być poprzedzone wysłodzeniem wód Mórz Nordyckich. Takie zjawisko rzeczywiście obserwowano w latach 1990-ch.

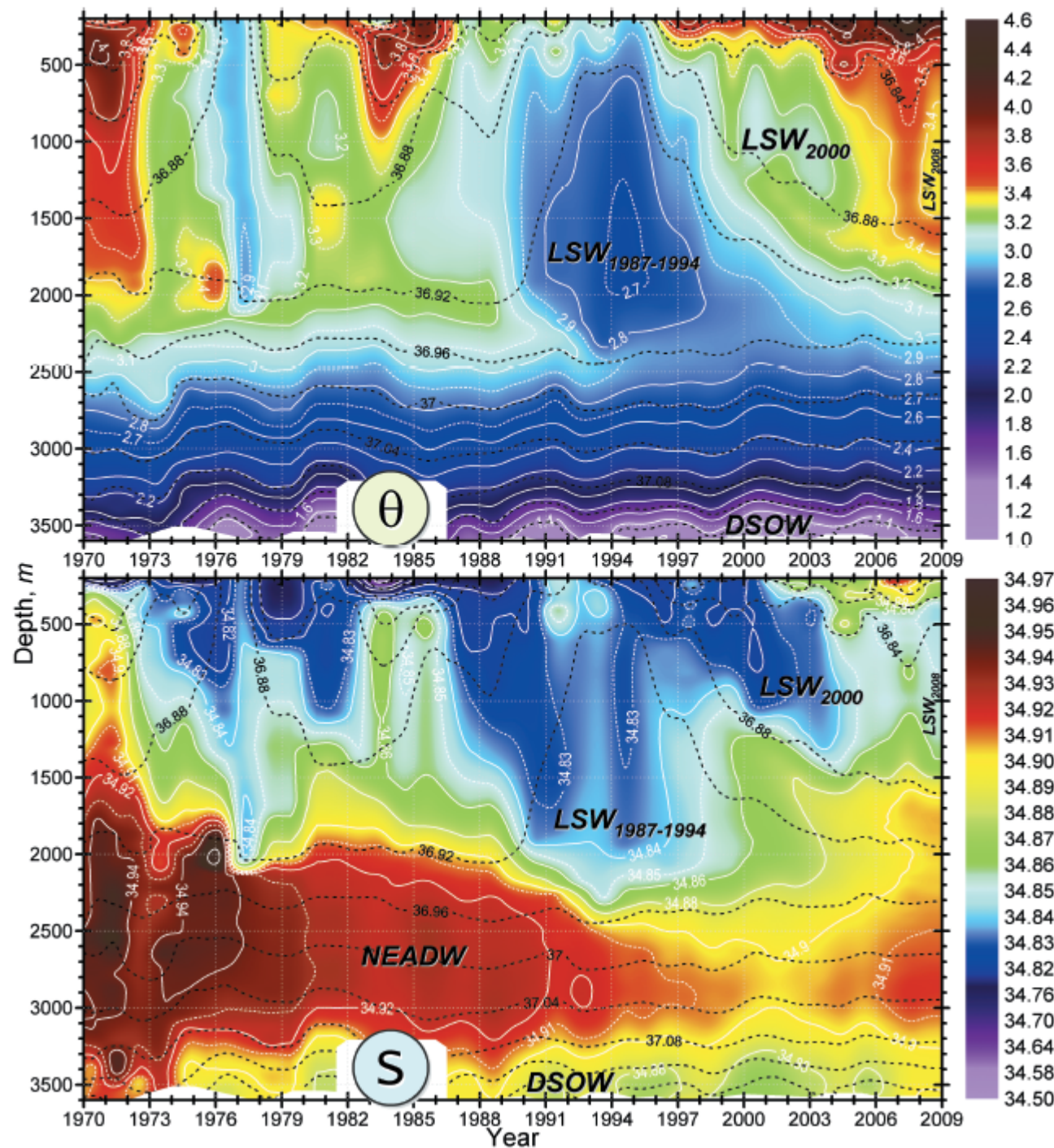
Czy powinniśmy się obawiać?



Anomalie
temperatury
(lew) i
zasolenia
(praw panel)
1950-2006

*Halliday et al.
2008 (GRL)*

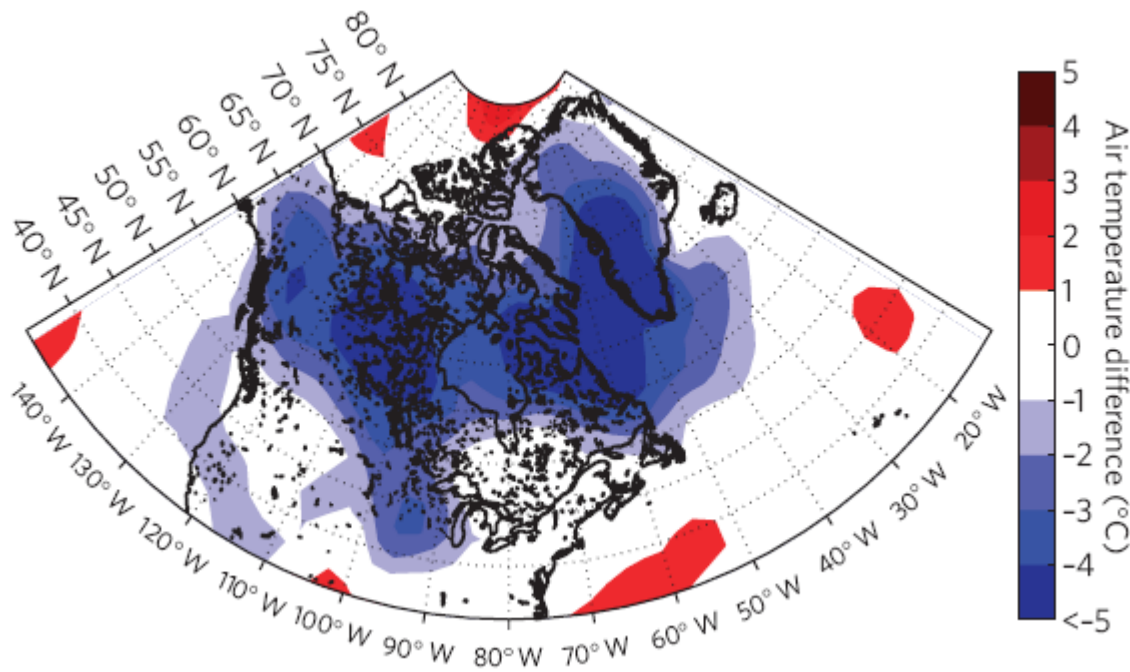
Niespodziewany powrót...



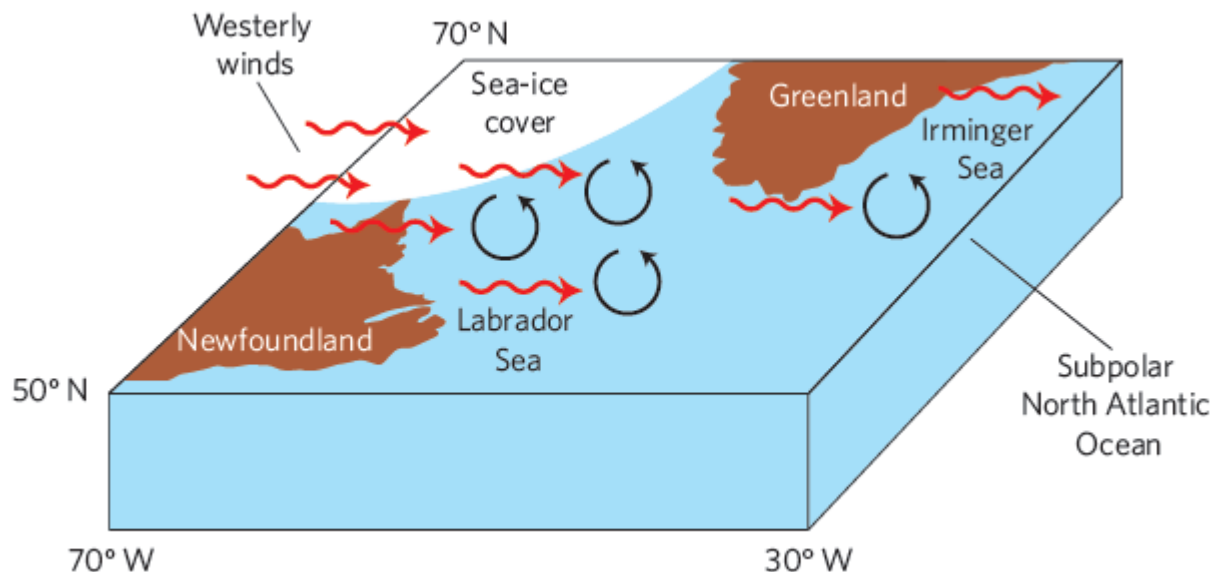
Powrót głębokiej (do 1600 m) konwekcji na Morzu Labradorским w 2008 roku - najgłębszej od 1994 r.

Temperatura potencjalna i zasolenie w środkowej części M. L. na podstawie rocznych rejsów oraz sond ARGO (od 2002).

Przyczyna? Oddziaływanie ocean-atmosfera



Napływ lodu z Oceanu Arktycznego i szczególnie zimna zima nad Pn. Ameryką (górny rysunek) spowodowały zalodzenie Pn. Morza Labradorskiego pozwalające wyjątkowo zimnemu powietrzu napłynąć nad jego środkową część. Wywołało to wystarczające wychłodzenie powierzchniowych warstw wody dla uruchomienia głębokiej konwekcji.



Vage et al. 2009 (Nature Geoscience)
Lozier 2009 (Nature Geoscience)

Podsumowanie: trzy pytania

Czy prowadzimy w Instytucie badania procesów związanych z klimatem?

Czy możemy zrobić więcej?

Czy powinniśmy?