



ARKTYKA &  
ANTARKTYKA

# KAMPANIA EAZA 2014/15 DWA BIEGUNY, CAŁY ŚWIAT

OPRACOWANIE KAMPANII  
I OPISY GATUNKÓW ZWIERZĄT POLARNYCH

*EAZA 2014/15 Pole to Pole Campaign*

Opracowanie  
Sekcja Marketingu i Edukacji  
ZOO Wrocław Sp. z o.o.





# ARKTYKA & ANTARKTYKA

**Przyłącz się do kampanii  
Dwa Bieguny, Cały Świat.**

[www.poletopolecampaign.org](http://www.poletopolecampaign.org)

**Podjmij wyzwanie  
i wyciągnij wtyczkę z gniazdka!**

LAMPART MORSKI 

KRABOJAD 

ALBATROS CIEMNOGŁOWY 

PINGWIN CESARSKI 

KRYL 

NARWAL 

WILK ARKTYCZNY 

SOWA ŚNIEŻNA 

RENIFER 

NIEDŹWIEDŹ POLARNY 

Przyłącz się do kampanii Dwa Bieguny, Cały Świat:  
[www.poletopolecampaign.org](http://www.poletopolecampaign.org)  
Podjmij wyzwanie i wyciągnij wtyczkę z gniazdka!

## I. Wstęp

Obecna kampania dotyczy biegunów oraz wspaniałych i różnorodnych gatunków zwierząt, które tam żyją, a także zagrożeń, którym muszą stawić czoło. Kierujemy ją do każdego, gdyż liczy się ilość. Drobne gesty w życiu codziennym zebrane razem, mogą wywrzeć olbrzymi wpływ na ochronę zwierząt żyjących na obszarach polarnych.

Głównym organizatorem tegorocznej kampanii, podobnie jak poprzednich, jest EAZA (Europejskie Stowarzyszenie Ogrodów Zoologicznych i Akwariów). Kampanię wspierają:

1. AAT (Arctic Action Team),
2. ASOC (Antarctic and Southern Ocean Alliance),
3. AZA (The Association of Zoos and Aquariums),
4. IUCN Climate Change SSC,
5. Myactions.org,
6. PBI (Polar Bears International),
7. Environmental Psychology Group RUG (Groningen University).

### 1. Bohaterowie kampanii

Gatunkami flagowymi kampanii zostały: niedźwiedź polarny i pingwin cesarski. To ambasadorzy pozostałych gatunków zwierząt występujących w Arktyce i Antarktyce. Szczególnie niedźwiedzie polarne powinny nas inspirować do codziennego podejmowania drobnych kroków, które składać się będą na wspólny wysiłek ratowania tego gatunku i jego siedliska.



(Fot. Gaby Schammer)

#### Arktyka - kraina niedźwiedzia polarnego

Niedźwiedzie polarne są symbolem wyzwań stawianych ochronie gatunkowej, ponieważ ich środowisko, jak nigdzie indziej na świecie, szczególnie dotknięte jest skutkami zmieniającego się klimatu. Lód morski potrzebny niedźwiedziom do polowań dramatycznie się kurczy. Konsekwencją jest zwiększający się akwen otwartej wody i dystans pomiędzy lądem a płytami kry lodowej. Choć niedźwiedzie polarne są świetnymi pływakami, to powoduje to liczne ich utonięcia. Do innych zagrożeń należą też liczne konflikty pomiędzy niedźwiedziami a ludźmi. Niedźwiedzie polarne są poważnie zagrożone wyginięciem, nie ma co do tego wątpliwości. Zgadza się z tym naukowcy, którzy twierdzą, że jeśli sytuacja niedźwiedzi nie ulegnie poprawie, gatunek ten wymrze na swoim obszarze w ciągu najbliższych 50 lat.



(Fot. Daniel J. Cox/Natural Exposure)

*Zasoby naszej planety są ograniczone. Im bardziej ludzie je wykorzystują i niszczą ekosystemy, od których zależne są dzikie zwierzęta, tym więcej gatunków ubywa, zarówno ilościowo, jak i pod względem różnorodności gatunkowej. Jedynie wiedza, jak utrzymać to co jeszcze posiadamy, pomoże nam zmniejszyć negatywny wpływ, jaki wywieramy na przyrodę. (Dr. Ian Stirling)*

Niedźwiedzie polarne występują wokół Bieguna Północnego i wciąż zasiedlają większość ze swoich pierwotnych terenów. W 2009 roku grupa specjalistów zajmującą się niedźwiedziami polarnymi przy IUCN (Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody) oszacowała liczebność tego gatunku na ponad 20000 osobników. Niedźwiedzie polarne są dużymi drapieżnikami wyspecjalizowanymi w polowaniu na fok. Aby skutecznie polować muszą mieć stały dostęp do dużych obszarów kry morskiej, wśród której wędrują w poszukiwaniu ofiary. Zasięg ich terytorium liczony jest w kilku tysiącach kilometrów kwadratowych. Jeden niedźwiedź, aby przeżyć musi zjeść średnio w ciągu roku 43 foki obrączkowane (nerpy) lub ich równowartość. Tak więc, cała populacja w ciągu roku, aby przetrwać potrzebuje ponad miliona fok. Niedźwiedzim polarnym zdarza się też, od czasu do czasu, żerować na martwych wielorybach lub morsach wyrzuconych na brzeg. Ten rodzaj pożywienia wystarcza zaledwie dla kilku niedźwiedzi przez parę dni, głównie dlatego, że trudno jest przewidzieć pojawienie się padliny.

*Jeśli uda nam się wystarczająco schłodzić planetę, to zachowamy morski ekosystem polarny dla kolejnych pokoleń, które będzie mogło cieszyć się obecności niedźwiedzi polarnych i pingwinów cesarskich w środowisku naturalnym. Ciągle jest to możliwe, ale nie można marnować czasu. (Dr. Ian Stirling)*

W ciągu tysięcy lat niedźwiedzie polarne przeszły ewolucję od zwierząt lądowych, do przystosowanych do życia na lodzie. Tego procesu nie można odwrócić zaledwie przez kilka pokoleń. Niedźwiedź polarny musiałby, tak jak jego kuzyni, powrócić do diety opartej na jajach, jagodach i innych roślinach. Z powodu olbrzymiej masy ciała ten rodzaj pokarmu nie zapewni mu wystarczającej ilości energii potrzebnej do przeżycia. Jego organizm potrzebuje większej ilości pożywienia, które pokryje jego zapotrzebowanie energetyczne. Taki pokarm niedźwiedź polarny znajduje polując pośród kry.



(Pingwin cesarski, Fotolia)

## Antarktyka - królestwo pingwina cesarskiego

Negatywny wpływ zmian klimatycznych na Antarktykę i jego mieszkańców jest ewidentny. Półwysep Antarktyczny leżący w zachodniej części Antarktydy ociepla się najszybciej na Ziemi. Oddziałuje to dramatycznie na gatunki tam występujące. W skali globalnej rokowania także są złe. Jeśli stopi się cały lód Antarktyki, to poziom mórz podniesie się o około 60 metrów. Co więcej, pokrywy lodowe odpowiadają za wymianę ciepła, pary wodnej i gazów pomiędzy atmosferą a oceanami. Zmiany w tym systemie będą miały niekorzystny wpływ na klimat całej planety.

Najbardziej odczują to gatunki zależne od obecności lodu morskiego. Malutki kryl antarktyczny (*Euphausia superba*) żeruje najczęściej na mikroskopijnych algach, które znikają wraz z topnieniem lodu. Zachwianie tej równowagi, może skutkować lawinowym zrywaniem ogniw w łańcuchach troficznych. Całkowite stopnienie lodu oznaczać będzie śmierć wielu gatunków zwierząt, takich jak: ryby, pingwiny, foki i walenie.

## 2. Cele kampanii

Kampania *Dwa Bieguny, Cały Świat* jest m.in. o ambasadorach obszarów polarnych: pingwinach cesarskich i niedźwiedziach polarnych. Jest także o samej Arktyce i Antarktyce oraz o nas - odpowiedzialnych za styl życia. Obecna kampania ma na celu propagowanie skutecznych metod obniżania tzw. śladu węglowego. Kładzie też nacisk na działania na rzecz zrównoważonego rozwoju w życiu codziennym. Nie chodzi o wskazywanie kogoś oskarżycielskim palcem, czy o zakazywanie zachowań, które nie sprzyjają zrównoważonemu rozwojowi. Chodzi o budowanie atmosfery, w której jazda na rowerze, sadzenie drzew, wyłączanie światła i ubieranie dodatkowego swetra oraz skręcanie termostatów staną się normą, a nie wyjątkiem. Chodzi o efekt kuli śnieżnej, której celem jest zaangażowanie jak największej ilości ludzi do tego, aby swoimi drobnymi krokami wpływali na ochronę środowiska.

### Cel 1

**Jak największy udział w kampanii ogrodów zoologicznych, akwariów, pozostałych instytucji oraz osób indywidualnych.**

Działając w sposób zrównoważony możemy zredukować tempo globalnego ocieplania i uratować środowiska polarne, wraz z żyjącymi tam gatunkami zwierząt. Będzie to możliwe jedynie wtedy, kiedy połączymy siły. Pomyśl co można osiągnąć, kiedy każdy z nas przyłączy się do kampanii. Możesz to zrobić odwiedzając stronę: <http://www.poletopolecampaign.org/join-the-campaign/>

## Cel 2

### Kształtowanie pro-ekologicznych zachowań w pracy, domu i szkole.

Każdy z nas musi dawać przykład, jak żyć w sposób zrównoważony. Zachęcamy do podjęcia nietypowego wyzwania, dzięki któremu można kształtować postawy i zachowania ekologiczne. Podejmij je i TY! Zarejestruj się na stronie <http://www.poletopolecampaign.org/join-the-campaign/>, wyciągnij wtyczkę z gniazdka, oszczędzaj energię i pieniądze, a także zmniejsz swój ślad węglowy.

## Cel 3

### Redukcja emisji CO<sub>2</sub>.

Kampania *Dwa Bieguny, Cały Świat* zwraca uwagę na konieczność obniżenia emisji CO<sub>2</sub>. Rejestrowanie się, jako uczestnik kampanii oznacza poparcie tego postulatu. Chcemy poinformować o tym lokalne rządy i nakłonić liderów politycznych do zmiany polityki i ustalenia nowego priorytetu, którym będzie obniżenie emisji CO<sub>2</sub> do poziomu 350ppm!

## 3. Jak Ty możesz pomóc?

Pomagać jest łatwo. Wszystko o co Cię prosimy, to podjęcie wyzwania i odłączenie z gniazdka jednego lub kilku urządzeń elektronicznych, kiedy ich nie używasz. Np.: wyciągnij ładowarkę telefonu czy tabletu z gniazdka, kiedy są już naładowane, wyłącz TV i konsolę do gry, a nie pozostawiaj w trybie czuwania. Te drobne zmiany nawyków mają olbrzymi wpływ na zmniejszenie zużycia energii. Pomagają też obniżyć emisję węgla, która przyczynia się do postępujących zmian klimatu. Nie ociążaj się! Nie marnuj energii i wyciągnij wtyczkę z gniazdka!



### Oszczędzaj energię

Urządzenia pozostawione w trybie czuwania (*standby*) mimo, iż nie pracują lub nie są przez nas używane, to pobierają spore ilości energii, która jest w ten sposób marnowana.



(Fot.: Невідомий)

Ostatnie badania podają, że w około 1300 europejskich domach średnie, roczne zużycie energii przez urządzenia pozostawione w trybie czuwania wyniosło 169 kWh/dom. Stanowi to około 6,3% rocznego, całkowitego zużycia energii przez gospodarstwo domowe. Całkowity pobór energii we wszystkich domach w UE (27 krajach członkowskich) wyniósł około 43 TWh, co odpowiada emisji blisko 19 mln ton CO<sub>2</sub> w ciągu roku. Wszystkie urządzenia biurowe w UE pozostawione w trybie czuwania pobierają niemal 9 TWh. Tryb czuwania odpowiada za światową emisję 1% CO<sub>2</sub> (Selina Project). Wyłączając urządzenia nie tylko pomagasz chronić środowisko, ale też oszczędzasz równowartość około 170 PLN (42€) rocznie.

## II. Zmiany klimatu

W niniejszym opracowaniu można znaleźć najświeższe informacje dotyczące zmian klimatu i ich wpływu na obszary polarne. Więcej na tematy poruszane w poszczególnych rozdziałach można znaleźć w serwisie internetowym kampanii [www.poletopolecampaign.org](http://www.poletopolecampaign.org)



### 1. Kriosfera i strefy podbiegunowe

#### 1.1. Kriosfera

Kriosfera [grec. *kryos* - zimny] to naukowe określenie powierzchni Ziemi, która jest zamrożona. Kriosfera może mieć postać: śniegu, zmarzliny, lodu na rzekach i jeziorach, lodowców, czap lodowych oraz kry.



Rys. 1. Poglądowa mapa kriosfery (UNEP/GRID-Arendal 2007a).

Kriosfera to także olbrzymie połacie lodu na Antarktyce i Grenlandii, lód morski otaczający Arktykę i Antarktydę, zamrożone obszary Kanady i Syberii oraz pozostałe miejsca wokół kół podbiegunowych, a także lodowce górskie.

Kriosfera składa się z dwóch podstawowych elementów:

- Lód polarny – pokrywa olbrzymie polarne rejony Arktyki i Antarktyki. Choć różnią się pod wieloma względami, to w obu rejonach panują mroźne warunki i dominuje lód, śnieg i woda. Różnica polega na tym, że Arktyka jest zamrożonym oceanem, który otoczony jest przez masy lądu kontynentalnego oraz otwarte oceany. Z kolei Antarktyda to zamrożony kontynent otoczony oceanami. (IPCC 2001).
- Lodowiec alpejski – Lodowce otoczone masami górskimi, inaczej nazywane są lodowcami górkimi (NSIDC, 2009) i występują w wielu miejscach daleko poza obszarami polarnymi, np. w Himalajach czy Andach.

#### Jaka jest rola kriosfery?

Kriosfera jest integralną częścią globalnego systemu klimatycznego. Albedo Ziemi, czyli właściwość odbijania promieni słonecznych przez białe kryształki śniegu i lodu zamrożonej ziemi, bądź wiecznej zmarzliny jest bardzo skuteczna, gdyż większość energii słonecznej powraca w kosmos. Ma to znaczący wpływ na ilość energii, jaką zatrzymywana jest, aby ogrzać naszą planetę (IPCC 2007). Wilgoć zawarta w atmosferze wraz z chmurami, deszczem i burzami zależy od kriosfery, podobnie jak dynamika rzek, jezior i innych cieków oraz zbiorników wodnych. Procesy zamarzania lodu morskiego i topnienia pokrywy lodowej oraz lodowców mają

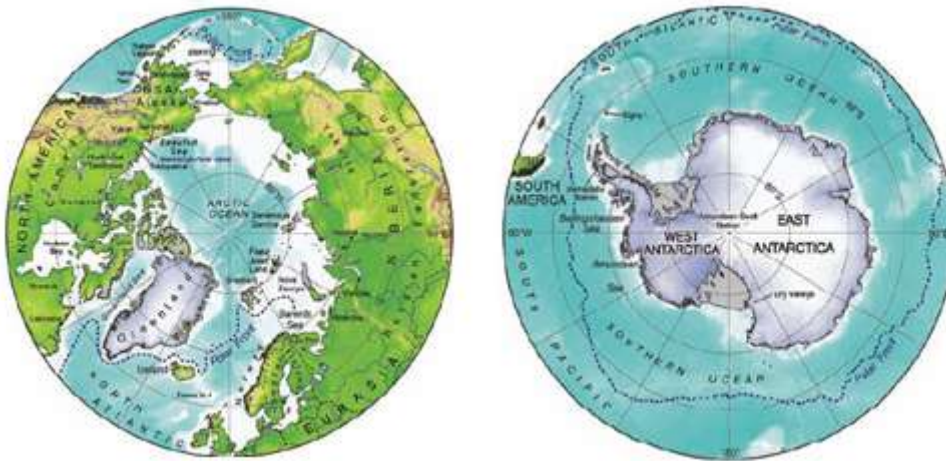
główny wpływ na globalną cyrkulację wód w oceanach, która zależna jest od proporcji wody słodkiej do słonej (NCAR, 2009).

### Dlaczego kriosfera jest taka ważna?

Kriosfera kształtuje ekosystemy i ma wpływ na bioróżnorodność, a także na aspekty społeczno-ekonomiczne. W kriosferze uwięzione są olbrzymie ilości wody, która jeśli zmieniłaby się w postać ciekłą spowodowałaby podniesienie średniego, globalnego poziomu mórz o około 65 metrów. (UNEP 2007). Jeśli poziom mórz podniesie się tylko o metr, to środowiska linii brzegowej na świecie, jak i wiele osiedli ludzkich będzie zagrożone powodzią (World Bank 2010; Hallegatte et al 2013).

### 1.2. Strefy podbiegunowe (polarne)

Strefy polarne to rozległe lodowe obszary wokół bieguna północnego i południowego. Na północy rejon ten nazywany jest kołem podbiegunowym arktycznym, a na południu strefą konwergencji antarktycznej, która stanowi granicę Antarktyki.



Rys. 2. Po lewej stronie mapa Arktyki, pokrywająca się z kołem podbiegunowym północnym, po prawej polarny obszar południowy Antarktyki, który obejmuje strefę konwergencji antarktycznej, w skład której wchodzi: kontynent Antarktydy, Ocean Południowy oraz subarktyczne wyspy (IPCC 1997).

Oba obszary polarne są najzimniejsze na Ziemi, jednak istnieje między nimi wiele różnic. Podczas, gdy większość rejonu Arktyki stanowi ocean otoczony lądem, to Antarktyda na południu jest zamrożonym kontynentem, który opływają wody oceanu (IPCC 1997). Oba miejsca różnią się też klimatem: w Antarktyce jest dużo zimniej i panuje klimat morski, a w Arktyce jest mieszany: kontynentalny i górski (WWF 2007a). W obu rejonach występuje roczny cykl topnienia i przyrastania lodu morskiego, który zależy od pór roku. Kra osiąga swoje maksimum pod koniec sezonu zimowego, a następnie topi się pod wpływem wyższych temperatur.

Obszar Arktyki obejmuje północne tereny Kanady, Finlandii, Norwegii, Rosji i Alaski, a także całą Grenlandię oraz Islandię. Występują tam różne ekosystemy. Rejony od północy po leżącą na południu tajgę pokryte są wieczną zmarzliną. Tundra choć jest najbardziej rozległym ekosystemem, to występują tam także ekosystemy: alpejski, wysokogórski, lasów mieszanych porastających wybrzeża, doliny i mokradła (UNEP 1997). Arktyka daje schronienie wielu gatunkom ssaków i ryb, odgrywa też ważną rolę w corocznych migracjach ptaków (CBD 2007).

Antarktyka, która w większości istnieje w niezmiennym kształcie od co najmniej 15 mln lat, jest najsuchszym, najzimniejszym i najbardziej wietrznym kontynentem (NERC-BAS 2007b). Średnia, roczna temperatura wynosi  $-55^{\circ}\text{C}$  (rekord wyniósł  $-87^{\circ}\text{C}$  i został zanotowany w Wostoku - rosyjskiej stacji badawczej na Antarktydzie), rekordowa siła wiatru wyniosła 250km/h. Ponad 97% kontynentu Antarktydy pokrywa wieczny lód



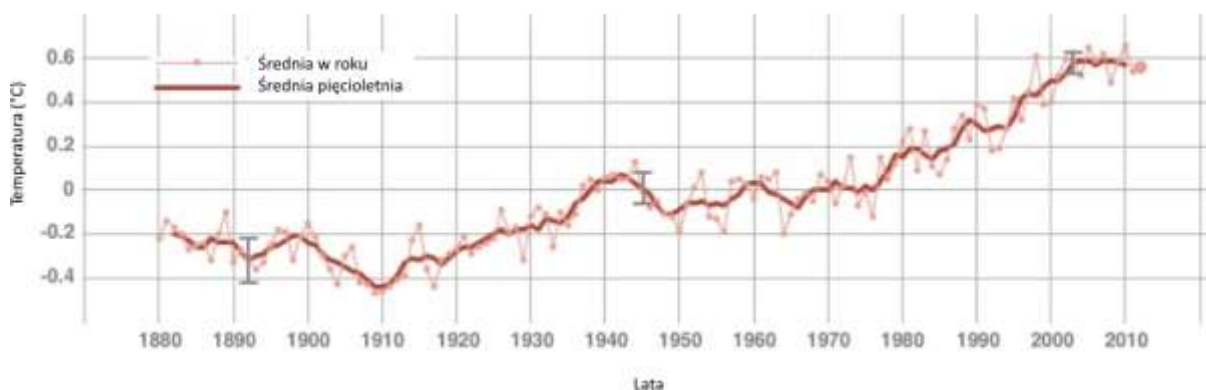
o powierzchni niemal 14 mln km<sup>2</sup>. Pokrywa lodowa występuje tam w dwóch podstawowych taflach: wschodniej i zachodniej oraz pod postacią szelfów lodowych, które rozciągają się nad morzem (UNEP/GRID-Arendal 2003). Tafla lodowa osiąga rekordową grubość ponad 2146 m, co czyni Antarktydę najwyższym kontynentem na Ziemi. W niesprzyjającym klimacie Antarktyki może przetrwać niewielka liczba gatunków, jedynie w nadmorskiej tundrze (Marineland Tundra), której nie pokrywa wieczna zmarzlina występuje stosunkowo duża różnorodność biologiczna (UNEP/GRID-Arendal 2008). Mimo, że może się wydawać, iż Antarktyda to wymarły kontynent, to wody ją otaczające bogate są w plankton, który stanowi ogniwo w różnorodnych morskich sieciach pokarmowych (CBD 2007).

## 2. Wpływ zmian klimatycznych na obszary polarne

Obszary polarne są bardzo podatne na duży wachlarz czynników związanych ze zmianami klimatu, które wiążąc się ze sobą powodują dalsze pogłębienie zagrożeń dla tych obszarów, jak i całego świata.

### 2.1. Wzrost temperatury powietrza i mórz

Od końca XIX wieku temperatura Ziemi wzrosła średnio o 0,8°C, jednak to na obszarach polarnych zaobserwowano gwałtowniejsze ocieplenie. W Arktyce, szczególnie zimą, temperatury wzrosły jeszcze bardziej. W ciągu ostatniego półwiecza zimy na Alasce oraz w zachodniej Kanadzie złagodniały, gdyż temperatury wzrosły o 3 - 4°C (ACIA 2006). Natomiast na Półwyspie Antarktycznym od roku 1951 notuje się roczne, średnie temperatury o wartości ponad 2,5°C (jak podaje ukraińska stacja polarna Wiernadski) (IPCC 2007). Przewiduje się, że wzrost temperatury będzie wyższy w regionach polarnych, niż w pozostałych rejonach świata (IPCC 2007; AMAP 2012). Dodatkowo, ocieplenie oceanów także podwyższa temperaturę obszarów polarnych.



Rys. 3. Wykres przedstawia zmiany średniej temperatury powierzchni Ziemi. W 2012 roku zanotowano dziewiątą z kolei, najwyższą wartość (NASA/GISS). Szare słupki na wykresie reprezentują niepewne pomiary.

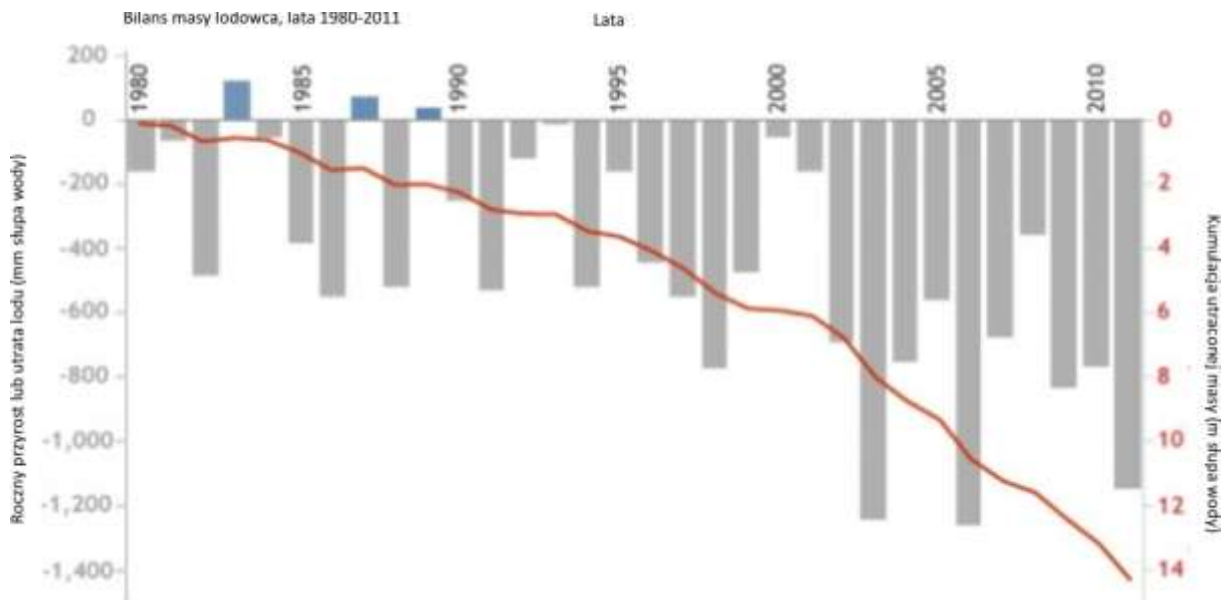
### 2.2. Pokrywa śnieżna

Zasięg pokrywy śnieżnej na przestrzeni ostatnich 30 lat skurczył się o około 10% (ACIA 2006), obserwuje się to szczególnie wiosną i latem. Zmniejszenie pokrywy śnieżnej jest bardziej widoczne na północnej półkuli (AMAP 2012), niż na południowej, gdzie długofalowe obserwacje wskazują na brak zmian w ciągu ostatnich 40 lat (IPCC 2008). W ciągu ostatnich 65 lat największe przepływy wody w rzekach pojawiają się o 1 - 2 tygodnie wcześniej, niż w latach poprzednich (IPCC 2007). Symulacje wskazują na zmniejszenie pokrywy śnieżnej w XXI wieku pomimo, że niektóre projekty zakładają jej przyrost na większych wysokościach (Walsh 1995), co prowadziłoby do podziałów ekosystemów (Daimaru and Taoda 2004). Podsumowując, sezon opadów śniegu będzie rozpoczynał się później, a pora topnienia wcześniej (IPCC 2008; AMAP 2012).

### 2.3. Lodowce i czapy lodowe

Od ponad dwóch dekad dokumentowane jest postępujące topnienie lodowców, które ma miejsce na całym świecie (IPCC 2007; World Bank 2010; AMAP 2012). Dane satelitarne z lat 1961-1990 podają, że ponad 300 lodowców, łącznie z arktycznymi, w ciągu każdego roku traciły  $219 \pm 112 \text{ kg m}^{-2}$ , natomiast w latach 2001-2004 zaobserwowano podwojenie utraconej masy, które wyniosło każdego roku około  $510 \pm 101 \text{ kg m}^{-2}$ .

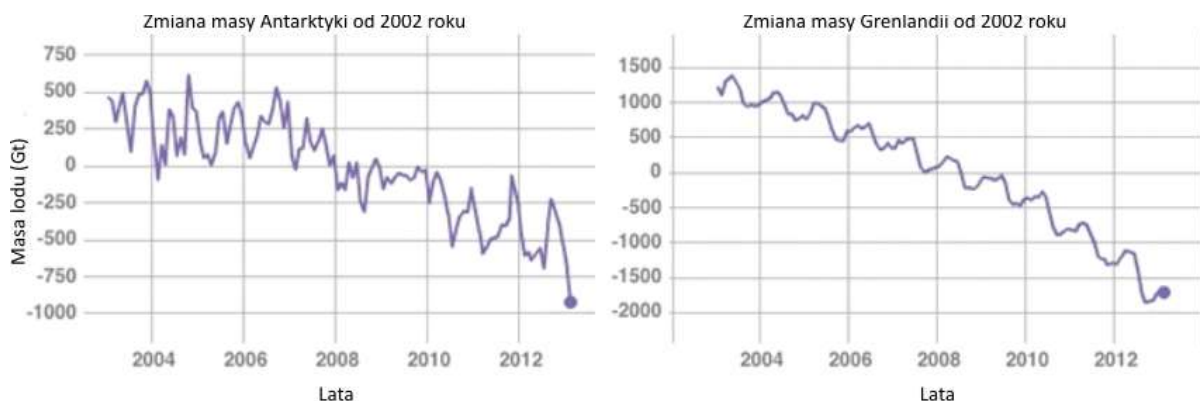
Prognozuje się, że do końca 2100 roku lodowce i czapy lodowe przyczynią się do podniesienia poziomu mórz o 10 - 25 cm (Meier et al. 2007). Lodowce Arktyki, z wyjątkiem znajdujących się na Alasce, choć nie należą do tych, które najszybciej tracą swoją masę na jednostkę powierzchni, to są jedne z największych, które przyczynią się do podniesienia poziomu mórz (Romanovsky et al. 2007; WWF 2008). Obserwacje końcowych odcinków lodowców grenlandzkich i zachodniej Antarktydy wskazują, że ich wkład w podnoszenie poziomów mórz jest znaczący. Wynika to z szybszego ich topnienia, przerzedzania i ustępowania (Rignot et al 2008; Vieli et al 2009; King et al 2012; Shepherd et al 2012 and Zwally et al 2011). Cieńszy lód obserwuje się także na krańcach tafli lodowej wschodniej Antarktydy (Pritchard et al 2009). Najnowsze badania potwierdzają, że na wzrost poziomu mórz mają też znaczny wpływ lodowce wschodniej Antarktydy, leżące szczególnie wzdłuż cieplejszego, zachodniego wybrzeża Południowego Pacyfiku. Z badań tych można wyciągnąć wniosek, że część światowej, największej pokrywy lodowej może być bardziej narażona na ogrzewanie ciepłym powietrzem niż dotychczas sądzono (Miles et al 2013).



Rys. 4 Bilans masy lodowca (przyrost śniegu minus jego utrata na skutek topnienia) w latach 1980 - 2011. Na wykresie widoczne są pozytywne (dane powyżej 0) i negatywne (dane poniżej 0) bilanse masy lodowcowej w poszczególnych latach. Kolorem czerwonym zaznaczono kumulację roczną bilansu. Jedynie w 1983, 1987 i 1989 nastąpił przyrost masy. We wszystkich pozostałych latach bilans był ujemny Source NOAA (adapted from the 2012 BAMS State of the Climate report).

### 2.4. Tafle lodowe i lodowce szelfowe

Tafle lodowe są bardzo wrażliwe na ocieplający się klimat. Wzrost temperatury przyspiesza topnienie lodowców Grenlandii oraz Antarktyki. Woda, powstała na skutek topnienia, przesiąka do podłoża skalnego i działa jak smar na dno lądolodu przyspieszając jego ruch (IPCC 2007). Ocieplenie w regionie Półwyspu Antarktycznego powoduje niszczenie lodowców szelfowych, co 10-krotnie przyspiesza ich poruszanie i ustępowanie (Rignot 2006). Sądzi się, że w nadchodzących latach zmiany zachodzące na obszarach polarnych spowodują, że wzrośnie udział topniejącego lodu w światowym podnoszeniu poziomu mórz (Bell R. 2008).



Rys. 5 Wykresy przedstawiają utratę masy przez pokrywy lodowe Antarktydy i Grenlandii. Od 2002 roku kontynent Antarktydy (wykres lewy) co roku tracił ponad 100 km<sup>3</sup> lodu [NASA](#).

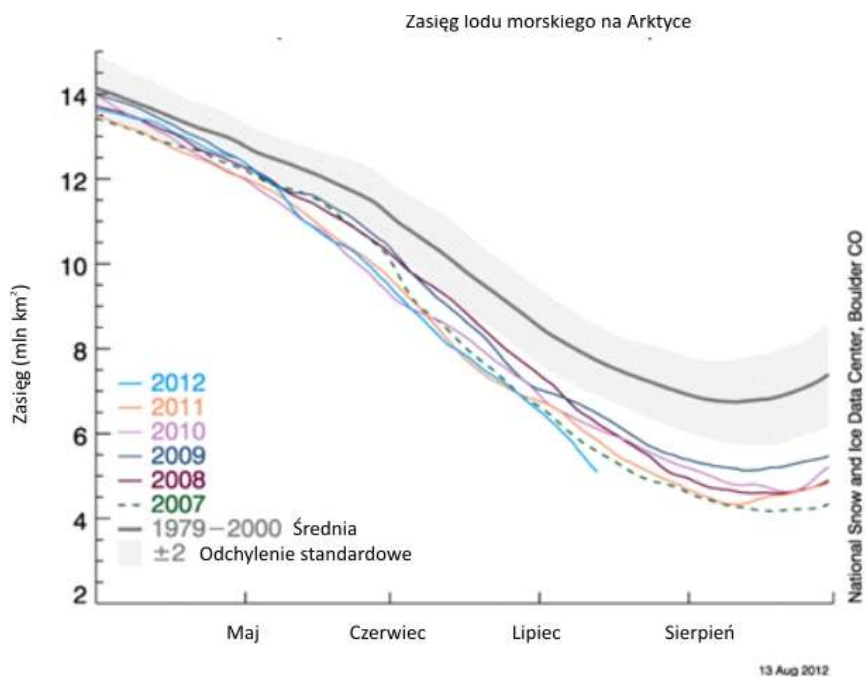
## 2.5. Lód morski

Od 1979 roku, co dziesięć lat, zasięg zimowego lodu kurczył się o około 3-4% (Meier et al. 2006). W 2007 roku minimalny zasięg lodu morskiego był o 39% mniejszy niż średnia w latach 1979 - 2000. Zasięg ten był jeszcze mniejszy w 2012 roku (NOAA 2013). Globalne ocieplenie wpływa także na rozkład grubości lodu morskiego w regionie Arktyki, gdzie lód staje się coraz cieńszy i młodszy. Oznacza to, że z początkiem roztopów, szybciej przybywa otwartej wody, która w ciągu sezonu letniego powiększa swój obszar ([Serreze & Stroeve 2008](#)). Szybsze topnienie lodu morskiego Arktyki w ciągu lata powoduje kumulację ciepła przez oceany i wzrost temperatury powietrza w regionie. Sądzi się, że zmiany klimatu są na tyle zaawansowane, iż w okresie letnim nie obserwuje się formowania lodu ([Connor S. 2008](#) [Lenton 2008](#); [Lenton et al 2011](#)). Prognozy na nadchodzące lata sugerują przyspieszenie tego zjawiska, które będzie polegać na wcześniejszym pojawianiu się obszarów wody wolnych od lodu ([Serreze & Stroeve 2008](#)).

Tymczasem, ogólna pokrywa lodu morskiego na Antarktyce wzrosła, gdyż globalne ocieplenie, jak i utrata ozonu powodują nasilenie wiatrów podbiegunowych na południu. Jest to spowodowane przede wszystkim przez zimne warunki panujące na Antarktyce oraz zimną stratosferę nad Antarktyką powstałą na skutek dziury ozonowej. Silniejsze wiatry spychają lód morski nieznacznie poszerzając jego zasięg, z wyjątkiem regionu Półwyspu Antarktycznego, gdzie ze względu na geografie, wiatry z północy, które również są silniejsze, spychają lód ku południu. Tak więc, zasięg lodu morskiego w pobliżu północno-zachodniej części Półwyspu Antarktycznego nadal gwałtownie maleje, podczas gdy na Morzu Rossa oraz południowych akwenach Oceanu Indyjskiego znacznie się zwiększa ([NISCC 2013 & Stammerjohn et al., 2012](#)).



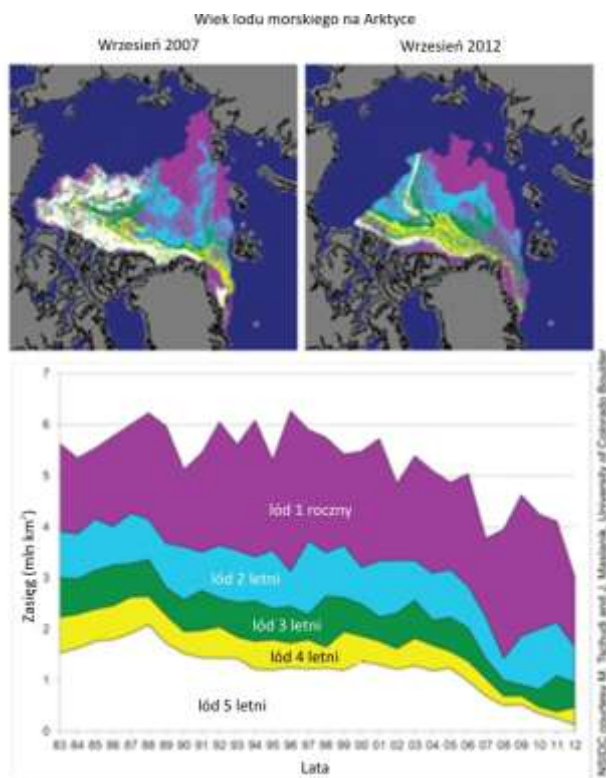
Rys. 6 Wrześniowy zasięg lodu morskiego w obrębie Arktyki zmalał o 11,5% w ciągu dziesięciu lat, w porównaniu do średniej z lat 1979 - 2000. Arktyczny lód morski osiąga swoje minimalne wartości we wrześniu [National Snow and Ice Data Centre](#) and [NASA](#).



Rys. 7 Zasięg lodu morskiego osiągnął nowy rekord najniższego poziomu 27 sierpnia 2012 roku i niestety ciągle jest coraz mniejszy. Przez ostatnie sześć lat minimalny zasięg lodu morskiego był niższy od odchylenia standardowego. Wykres powyżej przedstawia zasięg lodu morskiego wokół Arktyki z dnia 13 sierpnia 2012 oraz z pięciu wcześniejszych lat [National Snow and Ice Data Center](#).

## 2.6. Gruby, stary lód a cienki, młody lód

Wraz ze wzrostem temperatur, lód powstały na przestrzeni wieków zmałał. Od 1983 roku gwałtownie zmałał pięcioletni lód. Arktykę pokrywa obecnie głównie lód pierwszoroczny, który latem bardzo szybko się topi. Ostatnio oszacowany wiek lodu, bazujący na jego grubości i objętości, wskazuje na rozrzedzenie pokrywy lodowej oraz utratę lodu typu starego.



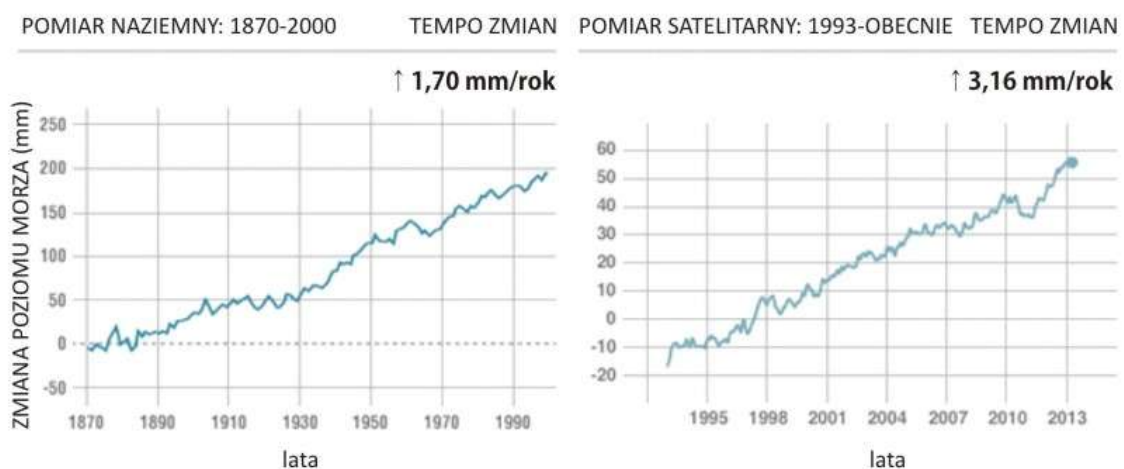
Rys. 9 Zdjęcia wykonane we wrześniu 2007 roku (górne, lewe) i tego samego miesiąca 2012 roku (górne, prawe) pokazują zmniejszenie ilości wieloletniego lodu w porównaniu do poprzednio zarejestrowanego rekordowo małego zasięgu w 2007 roku. Wykres ilustruje zmiany zasięgu lodu w latach 1983 - 2012 w zależności od jego wieku [NSIDC \(National Snow and Ice Data Center\)](#).

## 2.7. Zasolenie i obieg wody w oceanach

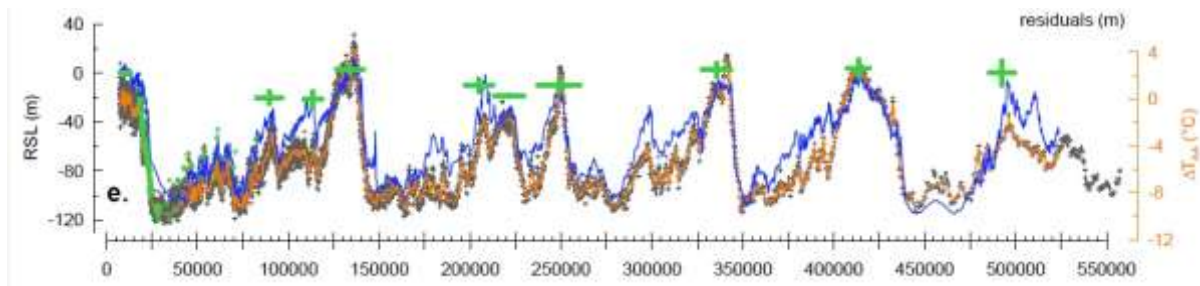
Rzeki, która wpadają do Oceanu Arktycznego niosą wodę, której ilość wzrosła na przestrzeni ostatnich 30 lat, na skutek topnienia lodu oraz zwiększonych opadów. W efekcie większej ilości wody słodkiej, jaka dostaje się do oceanu, następuje zwiększona absorpcja ciepła, która z kolei przyspiesza proces topnienia lodu, a także cieleńia lodowców (ACIA 2004; IPCC 2007). Zmiany te wpływają też na cyrkulację termohalinową (globalną cyrkulację oceanu spowodowaną zmianami gęstości wody w zależności od stężenia soli i temperatury wody) powodując zmiany wzorców cyrkulacji w oceanie (Arnell N. 2005). W XXI wieku przewidywane globalne ocieplenie będzie również powodować zmiany schematów ciśnienia atmosferycznego oraz kierunków wiatrów (International Arctic Science Committee 2010).

## 2.8. Wzrost poziomu mórz

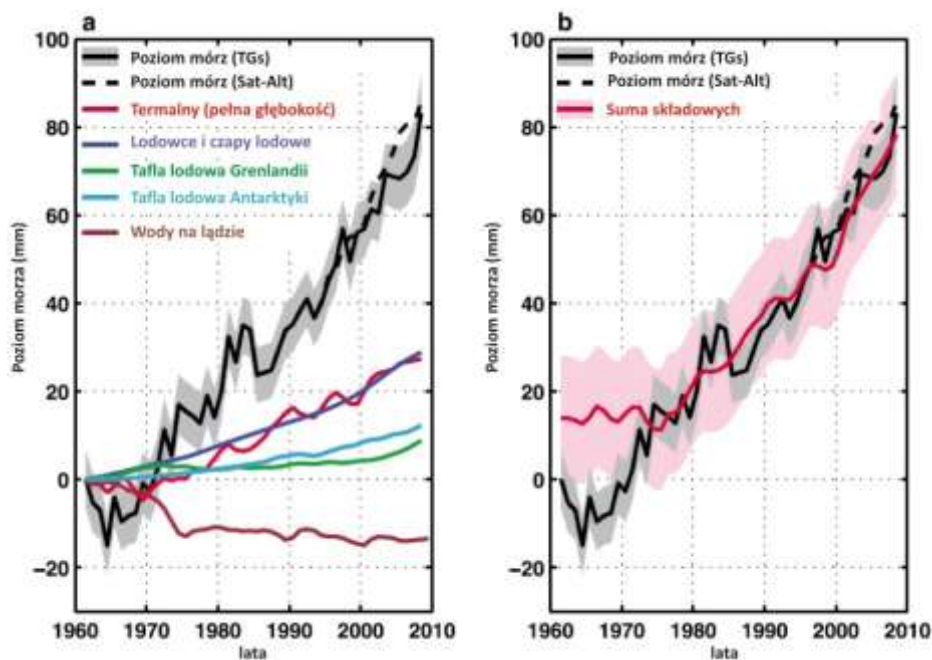
Przyczyną wzrostu poziomu mórz są dwa czynniki związane z globalnym ociepleniem: woda pochodząca z topniejącego lodu znajdującego się na lądzie, oraz zwiększanie objętości ogrzewanej wody oceanów i mórz (termiczna ekspansja). W latach 2003-2008 średni wzrost poziomu wód morskich określano na 2,5 mm/rok, czyli mniej niż w latach 1993-2003 (3,1 mm/rok). Wkład różnych czynników w proces podnoszenia poziomu wód zmienił się w ostatnim czasie, w związku z tym 80% obecnego wzrostu jest spowodowane topnieniem polarnych pokryw lodowych i lodowców górskich, natomiast ekspansja termiczna jest przyczyną 50% wzrostu poziomu mórz w latach 1993-2003 (Cazenave et al. 2008). Dalsze zmiany klimatu będą napędzały proces podnoszenia się poziomu wód. Międzypaństwowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC) w swoich symulacjach nie zawiera pełnej dynamiki zmian pokrywy lodowej, zatem na ich podstawie można jedynie zakładać przybliżony wzrost poziomu wód w zakresie między 18 a 59 cm do roku 2100, co jest przyjmowane za pewnik (WWF 2008). Jednakże obliczenia na podstawie symulacji z Grenlandii i zachodniej Antarktydy sugerują wzrost od 80 do 200 cm w tym samym czasie (Pfeffer et al. 2008).



Rys. 9 Przyczyną wzrostu poziomu mórz są dwa czynniki związane z globalnym ociepleniem: spływ wód z topniejącego na lądzie lodu oraz termiczna ekspansja wód oceanicznych. Powyższe wykresy obrazują zmiany we wzroście poziomu mórz od roku 1993 (wykres prawy, dane satelitarne) oraz we wcześniejszym okresie (wykres lewy, dane na podstawie pomiaru pływów) NASA 2013.



Rys. 10 Wykres przedstawia poziom mórz (niebieski, zielony: skala po lewej stronie wykresu) i temperatura powietrza nad Antarktydą (pomarańczowy, szary: skala po prawej stronie wykresu) w ciągu ostatnich 550 000 lat, z uwzględnieniem danych paleontologicznych (od prawej do lewej: dane współczesne po lewej stronie wykresu). Poziom mórz wahał się między 110 m poniżej i 10 m powyżej obecnego, podczas gdy temperatura powietrza Antarktydy różnicowała się w przedziale 10°C poniżej i 4°C powyżej obecnej. Widać wyraźnie wzajemną korelację pomiędzy tymi wartościami. Zmiany temperatury powietrza są niemal dwukrotnie wyższe nad Antarktydą w porównaniu ze zmianami w pozostałej części globu (the World Bank Turn Down the Heat Report 2010).



Rys. 11 Lewy panel (a): składowe lodu kontynentalnego (lodowce górskie, pokrywy lodowe, warstwy lodu na Grenlandii i Antarktyce), wzrost poziomu mórz spowodowany ekspansją termiczną i wodą zatrzymaną na lądzie (wydobycie wód gruntowych, budowanie tam), a także obserwacje pływów (od 1961 roku) i obserwacje satelitarne (od 1993 roku). Prawy panel (b): suma jednostkowych składowych odzwierciedla zaobserwowany wzrost poziomu wód od lat 70-tych XX wieku. Odstępy na początku wykresu mogą być spowodowane niedokładnością pomiarów (World Bank 2012 Turn Down the Heat).

## 2.9. Wieczna zmarzlina

Wieczna zmarzlina to grunt (gleba lub skała zawierająca lód i materiał organiczny), którego temperatura utrzymuje się na poziomie równym lub poniżej 0°C przez co najmniej dwa następujące po sobie lata. Wieczna zmarzlina znajduje się niemal wyłącznie na obszarze arktycznym. Naturalnym zjawiskiem jest topnienie wierzchniej warstwy latem, gdy jest wystarczająco ciepło. W tejże warstwie (określanej mianem warstwy aktywnej) mogą rosnąć rośliny, a zwierzęta znaleźć pokarm. Jednakże, gdyby zniwelować skutki globalnego ocieplenia, gleba pod warstwą aktywną pozostałaby zawsze zamrożona, a w niej zachowane duże ilości materii organicznej, w tym węgla i metanu. Szacuje się, że arktyczna wieczna zmarzlina zawiera około 1700 miliardów ton węgla, czyli około dwukrotną zawartość obecną w atmosferze. Badania paleoklimatu pokazują, że trend ocieplania łądu jest 3,5 razy większy podczas gwałtownej utraty lodu oraz, że dodatkowe ogrzewanie spowodowane utratą lodu na oceanach i morzach sięga 1500 km w głąb łądu, a w związku z tym pokrywa niemal całą powierzchnię wiecznej zmarzliny (Lawrence et al. 2008).

W ciągu ostatnich 30 lat zaobserwowano ocieplenie wiecznej zmarzliny od 0,5 do 2°C, zależnie od lokalizacji (Romanovsky et al. 2008), przy czym najbardziej wrażliwe obszary to te graniczące bezpośrednio z Oceanem Arktycznym. Od roku 1900 sezonowo zamrożony grunt zmniejszył swój maksymalny zasięg o 7%. Erozja wiecznej zmarzliny i okresowo zamrożonego gruntu ma wpływ na wody, powodując wysychanie zbiorników wodnych na tych obszarach, które mają cienką warstwę wiecznej zmarzliny. (WWF 2008). Przewiduje się, że w tym stuleciu południowy zasięg występowania wiecznej zmarzliny przesunie się na północ o kilkaset kilometrów (ACIA 2006).

W osadach szelfu kontynentalnego Arktyki zmagazynowane są ogromne ilości hydratów metanu (czyli metanu związanego w lodzie). Wyższe temperatury, podobnie jak podczas wcześniejszych ociepleń klimatu, uwalniają pokłady metanu (IPCC 2007; Koven et al 2011; DeConto et al 2012;). W kilku regionach Arktyki zaobserwowano już emisję metanu na wielką skalę (Anthony et al 2012; Kort et al 2012). Rozmrażanie wiecznej zmarzliny, co uwalnia dwutlenek węgla i metan do atmosfery, napędza globalne ocieplenie. Szacuje się, że do roku 2050 obszar wiecznej zmarzliny zmniejszy się o 20 – 35% na półkuli północnej, zaś głębokość warstwy aktywnej może wzrosnąć o 15 – 25 %, a nawet o 50% lub więcej w miejscach najbardziej wysuniętych na północ (IPCC 2007). Degradacja wiecznej zmarzliny oznacza, że do roku 2100 utracimy 1 milion km<sup>2</sup> zamrożonego gruntu i do atmosfery uwolnionych zostanie 900 milionów ton węgla (Strom R. 2007).

## 2.10. Zmiany siedlisk i wpływ na gatunki

Globalne ocieplenie wpływa zarówno na siedliska, jak i na gatunki od nich zależne (Foden et al 2013). Przewiduje się, że strefy wegetacji roślin przesuną się na północ (np. tundra zamieni się w las, a pustynie polarne zamienią się w tundrę) (ACIA 2006), przy czym las zastąpi połowę lub nawet 2/3 tundry (University of Cambridge 2006). Na obszarach polarnych lód morski jest niezbędnym gatunkom, które wykorzystują go jako miejsce odpoczynku, żerowania i rozrodu. W przyszłości, o ile nie powstrzymamy efektu cieplarnianego, sukcesywny rozpad arktycznego lodu morskiego wzmoże głód i zmniejszy rozród ssaków morskich (CBD 2007). Lodowce górskie będą się kurczyć, co wpłynie na siedliska i gatunki z nimi związane. Zmiany opadów deszczu i śniegu mają znaczenie dla przepływu wód w ciekach i na mokradła oraz związane z nimi organizmy. Mogą one również przyspieszyć inwazję obcych gatunków flory na brzegach cieków (AMAP 2012). Prognozowany wzrost poziomu mórz stwarza ryzyko zalewania wodą słoną nizin, mokradeł, bagien, estuariów i warstw wodonośnych stwarzając tym samym zagrożenie dla przyrody na całym świecie (Pearce-Kelly et al 2013).

## 2.11. Skrajne warunki pogodowe

Zmniejszona sezonowa obecność lodu morskiego już teraz prowadzi do zwiększonej ekspozycji linii brzegowej na otwarte wody i sztormy. W niektórych miejscach silniejsze uderzenia fal to ryzyko erozji linii nabrzeża, infrastruktury, struktur frontu wodnego (nabrzeży), a także obiektów dziedzictwa kulturowego. Ekstremalne zjawiska pogodowe będą miały znaczący wpływ na wiele typów ekosystemów. Skutki globalnego ocieplenia na obszarach polarnych będą coraz bardziej odczuwalne przez ludzi, z powodu zniszczeń, skrajnych warunków pogodowych i ich społeczno-gospodarczych konsekwencji.

## 2.12. Zakwaszenie oceanów

Negatywne skutki nadmiernych emisji dwutlenku węgla do atmosfery kojarzymy głównie ze wzrostem średniej temperatury Ziemi. Jednakże ich równie ważnym efektem jest pochłanianie zwiększonych ilości CO<sub>2</sub> przez oceany. To właśnie oceany są głównym miejscem absorpcji i usuwania emitowanego przez ludzi CO<sub>2</sub> z atmosfery. W ciągu godziny pochłaniają ponad milion ton tego gazu. Jednak ta niewątpliwa korzyść, jaką jest spowolnienie tempa wzrostu stężenia CO<sub>2</sub> w atmosferze, ma swoją cenę. Implikacją pochłaniania rosnącej ilości dwutlenku węgla przez oceany jest wzrost ich kwasowości (obniżenie pH wody).

Zakwaszenie oceanów (często określane skrótem OA) odnosi się do wzrostu kwasowości oceanów w dłuższym okresie czasu (zwykle dekady lub dłuższego), spowodowanego przede wszystkim przez pobieranie dwutlenku węgla z atmosfery (IPCC 2007). Istnieją obawy, że zakwaszenie oceanów pozostawione bez kontroli i działające w powiązaniu ze skutkami globalnego ocieplenia będzie wywierało głęboki wpływ na morskie ekosystemy i żyjące w nich gatunki (Hoegh-Guldberg & Bruno 2010; Veron 2010).

Emisja dwutlenku węgla do atmosfery spowodowała obniżenie pH o 0,1 (czyli wzrost kwasowości o 30%). Przy spodziewanym wzroście emisji CO<sub>2</sub> zmiany będą znacznie większe. Jeśli spalimy wszystkie paliwa kopalne i uwolniony z nich węgiel dostanie się do atmosfery i dalej do oceanów, to pH wody morskiej spadnie o 0,7. Będzie to odpowiadać 5-krotnemu wzrostowi kwasowości, którego poziomu nienotowanego przez ostatnie 300 milionów lat.

W 2009 roku placówki naukowe z siedemdziesięciu krajów, wydały oświadczenie, w którym stwierdziły: „Obecne tempo zmian w składzie chemicznym oceanów jest znacznie szybsze, niż podczas jakiegokolwiek zdarzenia w ciągu ostatnich 65 milionów lat. Zmiany te będą nie do odwrócenia przez wiele tysięcy lat. Konsekwencje biologiczne tego zjawiska będą trwać znacznie dłużej.” Dalej raport stwierdza, że jeśli koncentracja CO<sub>2</sub> w atmosferze osiągnie 550 ppm (czyli dwa razy więcej niż przed rewolucją przemysłową), rafy koralowe na całym świecie zaczną się rozpuszczać.

Analiza (Feely 2009) opublikowana w czasopiśmie „Oceanography”, prognozuje zmiany kwasowości oceanów, jakie zajdą do końca stulecia przy koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze rzędu 800 ppm. W 2095 roku pH powierzchni oceanów spadnie do 7,8 (w XIX wieku wynosiło 8,2), a w Arktyce nawet do niższego poziomu.

Zakwaszenie oceanów ma poważne konsekwencje dla szeregu organizmów budujących zewnętrzne, wapienne szkielety i muszle. W normalnych warunkach kalcyt i aragonit (odmiany węglanu wapnia) są stabilne w wodach powierzchniowych, ponieważ jony węglanowe stanowią w wodzie morskiej roztwór przesycony i jest ich więcej, niż może się rozpuścić. Korzystają z tego organizmy morskie, wykorzystując je do budowy swoich pancery i skorup. Gdy wskaźnik pH otoczenia spada, obniża się również koncentracja tych jonów. Gdy spada ona poniżej stężenia roztworu nasyconego, struktury zbudowane z węglanu wapnia zamiast wzrastać, stają się podatne na rozpuszczanie.

Prof. Jean-Pierre Gattuso z francuskiego Narodowego Centrum Badań Naukowych stwierdził, że „już w przeciągu kilkunastu lat woda w Arktyce może stać się tak kwaśna, że będzie rozpuszczać muszle zwierząt”.

Badania prowadzone w Oceanie Południowym pokazują, że muszle otwornic już teraz wykazują oznaki wyraźnych uszkodzeń związanych ze wzrostem kwasowości. Muszle *Globigerina bulloides* są cieńsze o 30-35%, niż u otwornic żyjących w okresie przedprzemysłowym. Obecny poziom CO<sub>2</sub> w atmosferze może negatywnie wpłynąć na ekosystemy raf koralowych na świecie, sprawiając, że staną się nieefektywne. (Coral Crisis Working Group position statement 2009; Veron et al 2009, WAZA Position Statement 2010 and Veron 2012).

Zwierzęcy, roślinny i mineralny świat raf koralowych jest jednym z naturalnych cudów natury i siedliskiem 1-3 mln gatunków flory i fauny, w tym ponad ¼ wszystkich gatunków ryb. Od zasobów raf koralowych uzależnionych jest bezpośrednio 30 milionów mieszkańców wysp i wybrzeży. Wiele gatunków jest dostosowanych do bardzo specyficznych warunków, w jakich żyją. Podwójna presja wywoływana przez emisję dwutlenku węgla, która powoduje zmiany temperatur oraz wzrost zakwaszania wód stanowi dla nich śmiertelne zagrożenie.

Wzrost kwasowości oceanów, a przez to utrudnienie budowania szkieletów dotknie szeregu zwierząt stanowiących podstawę ekosystemu raf koralowych i łańcucha pokarmowego w oceanach, w tym koralowców, skorupiaków, mięczaków, kokolitoforów, otwornic i szkarłupni. Znajdą się oczywiście organizmy, które poradzą sobie w tych warunkach. Wiele gatunków nie przetrwa jednak zmian, lub zostanie mocno osłabiona.

OA może utrudnić organizmom morskim pobieranie składników odżywczych i podstawowych pierwiastków śladowych. OA może mieć negatywny wpływ na tworzenie się muszli u arktycznych mięczaków, zwłaszcza we wczesnych etapach rozwoju. Młode i dorosłe ryby prawdopodobnie poradzą sobie z poziomem zakwaszenia prognozowanym na przyszły wiek, ale ikra i wczesne stadia larwalne mogą być bardziej wrażliwe. Generalnie, zwierzęta we wczesnych etapach życia są bardziej narażone na bezpośrednie oddziaływanie OA niż w późniejszych. (AMAP 2013). Bardzo ważne dla łańcucha pokarmowego są skrzydłonogie (mięczaki z podgromady tyłoskrzelnych) i inne gatunki, które budują swoje skorupy z węglanu wapnia. Są one przykładami gatunków polarnych bezpośrednio narażonych, których utrata zmniejszy dostępność składników odżywczych i zdolność oceanów do absorbowania atmosferycznego CO<sub>2</sub>. (IPCC 2007) (Sommerkorn M. 2008).



Zakwaszenie oceanów jest olbrzymim zagrożeniem dla morskiej sieci pokarmowej obszarów polarnych i jest już widoczne w tym regionie, gdyż zimna woda ma większą zdolność pochłaniania CO<sub>2</sub>. Program monitorujący zakwaszenie oceanu arktycznego stwierdza, że pośrednie skutki zakwaszenia oceanów obejmują zmiany w dostępności pożywienia czy innych zasobów. Dla przykładu, nie zauważono bezpośredniego wpływu zakwaszenia wód na ptaki i ssaki, ale może wystąpić oddziaływanie pośrednie, poprzez zmniejszenie zasobów żywieniowych, a przez to ekspansję gatunku lub jego przemieszczanie się.

### 2.13. Lód morski a przemysł



*Lodołamaczo napędzie jądrowym Yamal (Fot: Wikimedia Creative Commons – Wofratz)*

Arktyka jest wyjątkowym i wrażliwym ekosystemem. Jest też domem dla wielu endemicznych gatunków i odgrywa kluczową rolę w regulacji klimatu. Arktyka jest także zagrożona przez zmiany klimatu, koncerny naftowe, które chcą prowadzić tam odwierty, przemysłowe rybołówstwo i żeglugę morską. Wszystko to stało się możliwe na skutek ustępowania lodu morskiego. Przez 30 lat zniknęło 75% arktycznego lodu morskiego. Ponieważ lód topnieje, duże koncerny wkraczają na ten obszar, aby zdobywać zasoby takie jak ropa naftowa, metale szlachetne i ryby. Chcą również wykorzystywać północne szlaki żeglugowe by skrócić czas podróży drogą morską. To prowadzi do zagrożeń związanych z wyciekami ropy oraz innych zanieczyszczeń, hałasem podwodnym, nadmierną eksploatacją i odłowem oraz rozwojem gatunków inwazyjnych.

Arktyka to jedno z ostatnich, nienaruszonych przez człowieka miejsc na ziemi i jednocześnie kluczowy obszar regulacji klimatu. Greenpeace i wiele innych organizacji oraz naukowców na świecie chcą, aby ten stan pozostał niezmienny i, aby tym razem względy ekonomiczne nie przeważały nad ochroną tego regionu, który jest wspólnym dobrem. Jednym z celów jest utworzenie tzw.: sanktuarium przyrody na niezamieszkanym terenie wokół Bieguna Północnego (czyli w regionie nazywanym potocznie Wysoką Arktyką), co wiąże się z wprowadzeniem tam zakazów prowadzenia odwiertów oraz przemysłowego rybołówstwa. Ma to ochronić ten region przed wydobywaniem ropy i gazu przez koncerny paliwowe (chodzi głównie o Shell i Gazprom, choć inne, jak Rosneft i Exxon-Mobil również planują eksploatację Arktyki) oraz ekspansją krajów takich, jak: Rosja, USA, Kanada, Norwegia, Dania, Szwecja, Finlandia, Islandia.

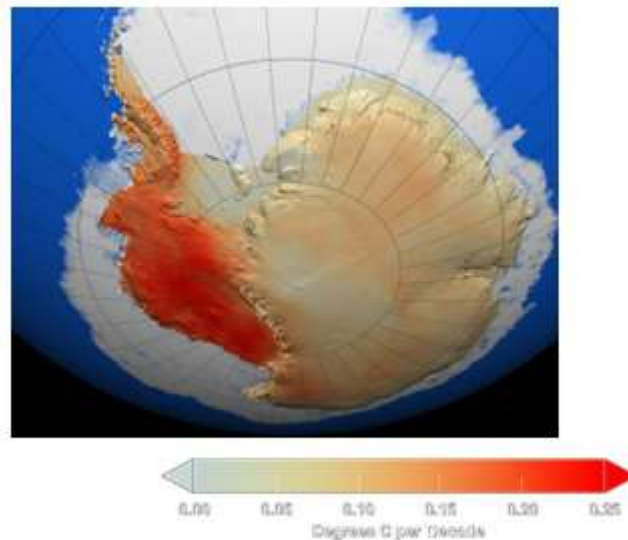
Amerykański Instytut Geologiczny ocenia, że w regionie tym znajduje się 13% światowych zasobów ropy, co równa się około 90 miliardów baryłek. Ten zapas wystarczyłby tylko na trzy lata biorąc pod uwagę potrzeby współczesnego świata. Jedynym rozwiązaniem problemu kończących się zasobów kopalnych jest inwestowanie w odnawialne źródła energii, co doprowadzi do zmniejszenia zużycia ropy. W arktycznych regionach Rosji trwają aktywne poszukiwania i eksploatacja nowych złóż gazu, ropy naftowej i innych zasobów surowców mineralnych, powstają też nowe, duże obiekty energetyczne i transportowe.

W efekcie wycieków ropy w Arktyce dzikie życie ulegnie zniszczeniu, włącznie ze znaczącym długoterminowym wpływem na niedźwiedzie polarne, narwale, lisy, sowy, orki oraz kolonie lęgowe maskonurów i alk zwyczajnych. Morskie ssaki, takie jak foki i lwy morskie mogą zniknąć całkowicie. Sama Alaska ma ponad 64 tysiące kilometrów linii brzegowej – więcej niż cała reszta Stanów Zjednoczonych łącznie. Wyciek ropy może mieć katastrofalny wpływ na lokalną faunę, florę i rybołówstwo. Region ten jest miejscem życia gatunków niespotykanych nigdzie indziej takich jak niedźwiedzie polarne, różne gatunki fok, wieloryby grenlandzkie, wiele gatunków ryb oraz ptaki takie jak np. turkany (edredony).

## A co z ludźmi mieszkającymi w Arktyce?

Spółeczności żyjące w Arktyce już są, i będą w coraz większym stopniu, narażone na topnienie lodu spowodowane gwałtownymi zmianami klimatycznymi (Amap 2012). Ich sposób życia i kultura są całkowicie zależne od środowiska Arktyki.

### 2.14. Globalne ocieplenie zagrożeniem dla Antarktyki



Rys. 12 Ilustracja NASA pokazuje rozległe ocieplenie lodolodu Antarktyki Zachodniej w części środkowej Półwyspu Antarktycznego. Ocieplenie jest znacznie wyższe niż przewidywano, przekracza 0,1 °C na dekadę w ciągu ostatnich 50 lat i jest najsilniejsze zimą i wiosną. Dane za okres od 1957 do 2006 roku (NASA / GSFC Scientific Visualization Studio 2008).

Zauważono istotną różnicę w zaobserwowanym ociepleniu między lodolodem Antarktydy Zachodniej (często określanym jako WAIS) i lodolodem Antarktydy Wschodniej, która do tej pory pozostawała stosunkowo nienaruszona, w dużej mierze ze względu na chłodzący efekt dziury ozonowej. Jednakże WAIS, wraz z Półwyspem Arktycznym doświadczył znaczącego wzrostu ocieplenia, ze średnią temperaturą wyższą o ok. 3°C na zachodnim wybrzeżu na Półwyspie (około 10-krotność średniej światowej stopy globalnego ocieplenia). Ponadto, w ciągu ostatnich 50 lat temperatury powierzchni oceanu na zachód od Półwyspu Antarktycznego wzrosły o ponad 1°C. Wycofało się 87% lodowców znajdujących się na zachodnim wybrzeżu Półwyspu (NERC-BAS 2007; IPCC 2007). W 2002 roku lód szelfowy Larsen załamał się całkowicie. (NERC-BAS 2007).

Poza Arktyką, Półwysep Antarktyczny jest jednym z najgwałtowniej ocieplających się rejonów Ziemi. Jak tłumaczą klimatolodzy, ostatnio mocniejszy, zachodni wiatr nawiewa nad półwysep ciepłe powietrze z oceanu. Dlatego mocno się on ociepla, podczas, gdy większość Antarktydy trudniej poddaje się globalnym zmianom klimatycznym.

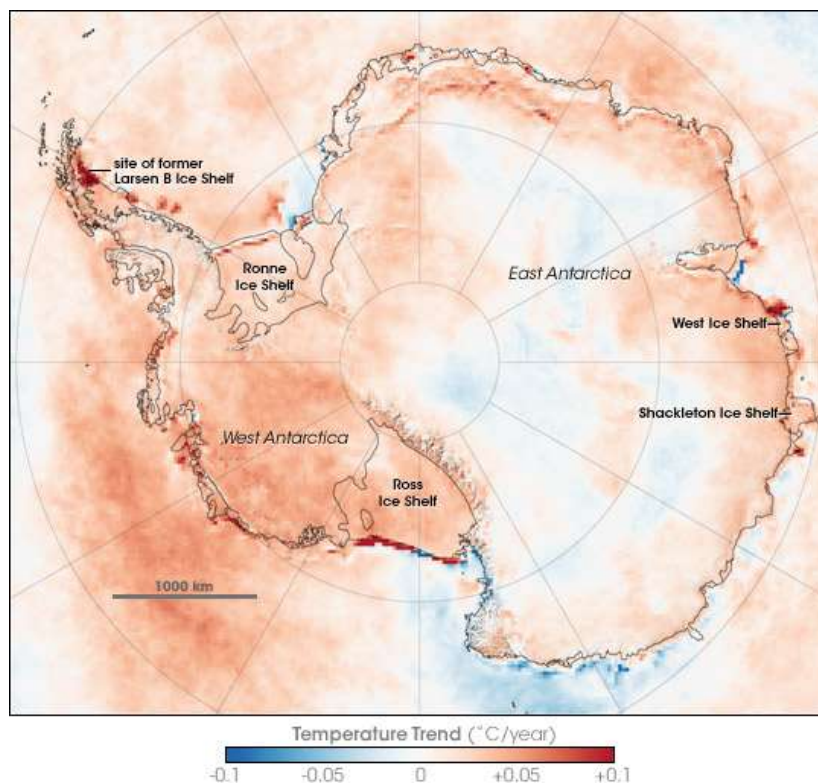
Naukowcy ostrzegają jednak, że odwilż na półwyspie wpłynie na pozostałą część kontynentu. Woda z jego lodowców może bowiem poszerzyć pęknięcia w dryfujących na oceanie lodowcach szelfowych otaczających Antarktydę, a więc pośrednio przyspieszy też spływanie do oceanu lodowców lądowych.

Jak podaje *"Nature Geoscience"*, podmywając lodowce szelfowe Antarktydy, globalne ocieplenie spowodowało powiększenie obszaru zajmowanego przez lód morski na Oceanie Południowym. Słodka woda z topniejących lodowców stworzyła bowiem chłodną warstwę oddzielającą morską skorupę lodową od ciepłego oceanu. Słona woda jest bardziej gęsta i w związku z tym leży poniżej warstwy wody pochodzącej z roztopów. Stąd obserwowane zimowe powiększanie się pokrywy lodowej na Oceanie Południowym, natomiast na Oceanie Arktycznym pokrywa ta od trzydziestu lat maleje.

Raport dla klimatu NOAA potwierdza, że w 26 września 2012 roku antarktyczny lód morski zajmował rekordowo wysoką powierzchnię 7,51 miliona km<sup>2</sup>. Jednak w dłuższym okresie czasu przetrwanie antarktycznego lodu morskiego jest związane z losem lądolodów i skutkami globalnego ocieplenia (Hansen i wsp. 2013). Naukowcy spekulują też, że chłodniejsze morze (a więc mniej wilgoci w powietrzu) powinno w efekcie doprowadzić do mniejszych opadów śniegu na Antarktydzie. Najzimniejszy kontynent świata już dziś jest jednocześnie największą pustynią, gdyż opady są tam bardzo niewielkie.

Lądolód Antarktyki Zachodniej jest dużo mniej stabilny niż Antarktyki Wschodniej, ponieważ usytuowany jest na skałach poniżej poziomu morza. Zaobserwowano, że gwałtowne przszerzanie olbrzymich obszarów WAIS może wskazywać na ustępowanie lądolodu. (NERC-BAS 2007a). Dowody, że WAIS traci masę w coraz szybszym tempie pochodzą z obszaru Morza Amundsena, a zwłaszcza od trzech lodowców: Pine Island, Thwaites i Smith. Łącznie utrata lodu z tych lodowców wzrosła o 30% w ciągu 12 lat, a ubytek masy netto wzrósł o 170% (Rignot E. 2008). Ustępowanie lodowców szelfowych może być wstępem do załamania się lądolodu Zachodniej Antarktyki, co ostatecznie może spowodować średni globalny wzrost poziomu mórz o około 5 metrów (Bentley CR 1998), a w rezultacie poważne skutki ekologiczne, społeczne i ekonomiczne na całym świecie.

Zwiększone emisje CO<sub>2</sub> w atmosferze i prognozowane intensywne wiatry oraz zmiany w stratyfikacji mogą zmienić zawartość atmosferycznego CO<sub>2</sub> w Oceanie Południowym (w ciągu ostatnich 20 lat spadła do 30%).



Rys. 13 Zmiany temperatury w Antarktyce w latach 1981-2007, oparte na obserwacji w podczerwieni wykonanych przez szereg czujników satelitarnych NOAA.

## 2.15. Co to oznacza dla reszty świata?

Postępujące niszczenie kriosfery, w szczególności zaś biegunów, będzie miało poważne konsekwencje na całym świecie. Topnienie lodu prowadzi do zwiększania ilości dwutlenku węgla oraz metanu, uwalnianego z topniejącej zmarzliny, wzmagając w ten sposób efekt cieplarniany. Zanikanie lodu w regionie polarnym i innych miejscach kriosfery, przyczyni się nie tylko do zmiany granicy drzew, ale także obniżenia białości (*albedo*) ziemi, co na zasadzie sprzężenia zwrotnego potęgować będzie dalsze ocieplenie klimatu. Wpływ będą miały również wszelkie zmiany w systemie cyrkulacji oceanów, stanowiąc potencjalne zagrożenie dla ekosystemów morskich. Topniejący lód podnosi bowiem poziom morza, co nie pozostanie bez znaczenia dla wielu obszarów nizinnych i przybrzeżnych. Zagrożona może zostać bioróżnorodność wskutek utraty siedlisk oraz

napływu obcych gatunków. W konsekwencji prowadzi to do zmian pod kątem liczebności i dystrybucji gatunków.



Fot. Michael Wilson, Creative Commons

Przewidywany wzrost poziomu morza będzie miał ogromny wpływ na środowiska przybrzeżne, między innymi poprzez zwiększenie zasolenia ujścia rzek oraz warstw wodonośnych. Najbardziej zagrożone będą regiony na południu, południowym wschodzie oraz wschodzie Azji, Afryka, oraz nisko położone wyspy. Niebezpieczeństwo wzrasta także dla niemal wszystkich przybrzeżnych środowisk oraz siedlisk ludzkich, łącznie z wieloma najważniejszymi miastami świata.

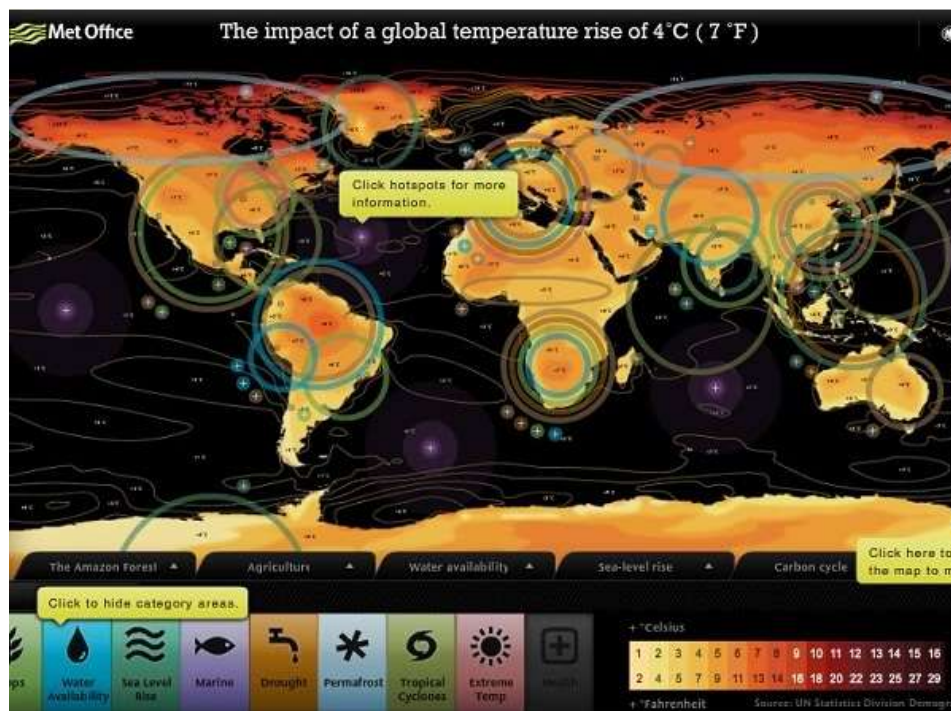
#### Do zapamiętania

Obszary polarne są niezwykle ważnymi systemami, nie tylko ze względu na występującą tam ogromną bioróżnorodność, ale i rolę, jaką odgrywają w utrzymaniu stabilnego klimatu oraz poziomu mórz. Stanowią również przykład na silne powiązanie natury z żyjącymi systemami naszej planety, a także jak bardzo podatni jesteśmy na obecny stan globalnego ocieplenia.

W przypadku Arktyki narasta obawa, że obszar ten jest już w trakcie nieodwracalnych zmian, których końcowym etapem będzie utrata lodu morskiego, pokryw lodowych oraz zmarzliny. Ten sam problem dotyczy pokrywy lodowej Zachodniej Antarktyki, jednakże, tak jak w przypadku Grenlandii, z powodu ogromnych ilości lodu, proces ten może zająć kilka stuleci, czy nawet w przypadku Wschodniej Antarktyki kilka tysięcy lat. Jeśli jednak proces topnienia lodu osiągnie odpowiedni rozmach, ludzkość nie zdoła go zahamować. Wzrośnie ilość zagrożeń w rejonach nadmorskich i lądowych ekosystemach, a także przybrzeżnych osiedlach ludzkich, nad którymi stracimy całkowicie kontrolę.

Już w tej chwili stoimy w obliczu krytycznego ryzyka, wynikającego z obserwowanych zmian zachodzących na obszarach polarnych. Niepokojące są też przesłanki dotyczące przyszłości. Jeśli nie zadziałamy od razu i nie zmniejszymy poziomu koncentracji dwutlenku węgla w powietrzu do 350 ppm, będziemy musieli zmierzyć się z podniesieniem poziomu morza o dziesiątki metrów oraz z poważnym zakwaszeniem klimatu oraz oceanów, co przedstawiono na mapie poniżej.

Dokument z 2012 roku wydany przez Światowe Stowarzyszenie Ogrodów Zoologicznych i Akwariów (WAZA) podkreśla, że zakwaszenie oceanu oraz brak kontroli nad zmianami klimatycznymi stanowią ogromne zagrożenie dla Arktyki oraz katastrofalne następstwa w skali światowej. Opisuje również plan działań, który należy podjąć, jeśli chcemy uniknąć takiego losu.



Rys. 14 Mapa przedstawia skutki ocieplenia klimatu średnio o 4° C.

#### Uchwała 67.2 (Konferencja WAZA, Melbourne 11 października 2012)

Powyższa uchwała mówi o tym, jak uniknąć katastrofalnych i nieodwracalnych skutków ocieplenia klimatu i zakwaszenia oceanu, poprzez zmniejszenie poziomu dwutlenku węgla w powietrzu. Będzie to możliwe jeśli:

- Zaakceptujemy informacje z NASA, z sierpnia 2012 roku, mówiące o tym, iż lód morski Arktyki skurczył się znacząco, co potwierdzają zdjęcia satelitarne, a także fakt, iż koncentracja CO<sub>2</sub> w atmosferze przekroczyła już bezpieczną granicę.
- Zdamy sobie sprawę z istniejącej inercji systemu klimatycznego Ziemi, która maskuje prawdziwe skutki aktualnego poziomu CO<sub>2</sub> oraz narastające skutki sprzężenia zwrotnego.
- Uświadomimy sobie, że nieodzowne są akcje mające na celu zmniejszenie emisji węgla przed 2030 rokiem.
- Uświadomimy sobie, że los bioróżnorodności, a także ludzkości zależy jest od odpowiednich akcji przeciwdziałających wymienionym zagrożeniom.