

Poznań
20.01.2023 r.

Wieloletnia zmarzlina i lasy borealne w perspektywie antropogenicznego globalnego ocieplenia

prof. dr hab. Mariusz Lamentowicz

Pracownia Ekologii Zmian Klimatu



Ministerstwo
Edukacji i Nauk



UNIwersytet
IM. ADAMA MICKIEWICZA
W POZNANIU



Wydział Nauk
Geograficznych i Geologicznych

Plan wykładu

- Antropogeniczne globalne ocieplenie
- Punkty krytyczne
- Biomy i ekosystemy
- Lasy borealne
- Wieloletnia zmarzlina
- Sprzężenia zwrotne
- Jak przewidzieć przyszłość?

Torf => Czas => Węgiel

Coal measures

Accumulated organic sediment*, km³/myr, '000



Source: PNAS

*Peat, lignite, coal and tar;
North America only

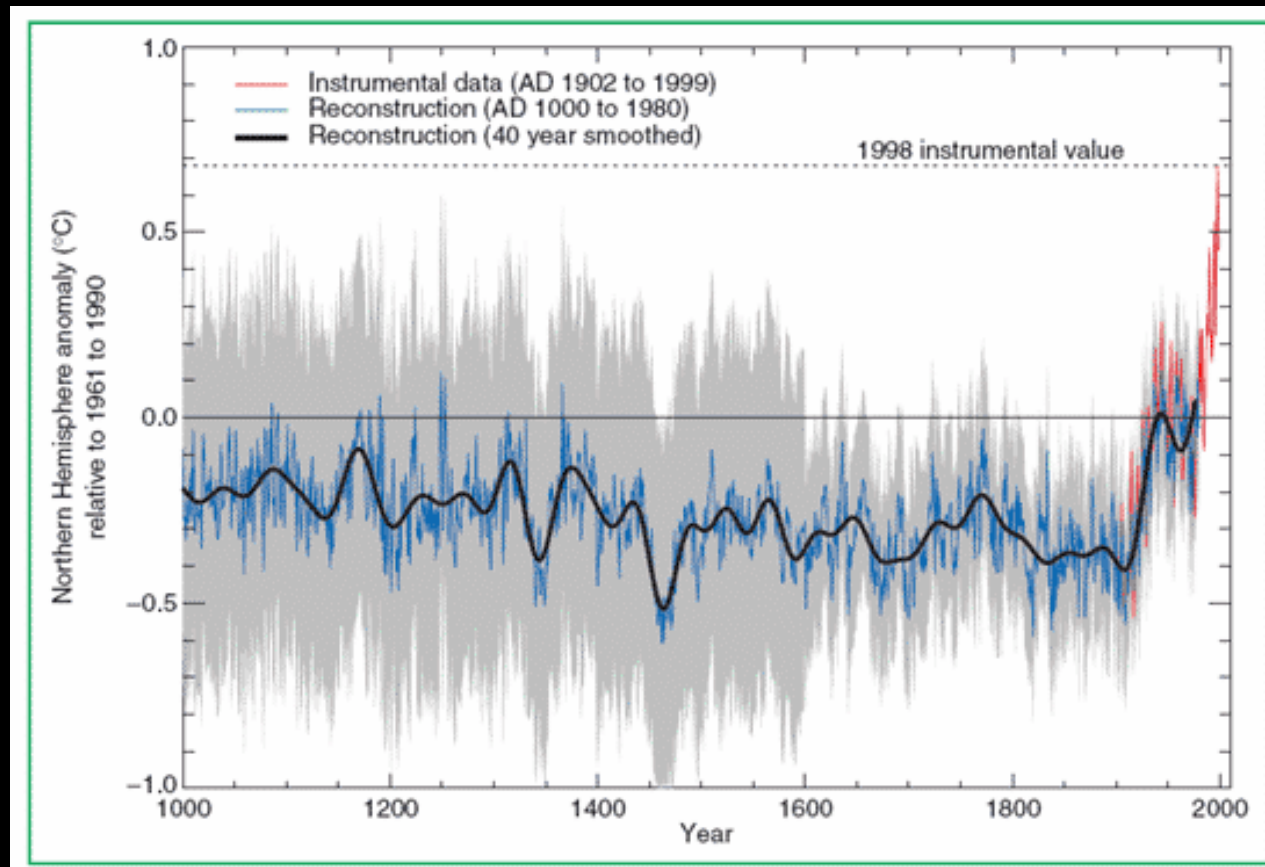
Economist.com

Plant Evolution
and Palaeobotany

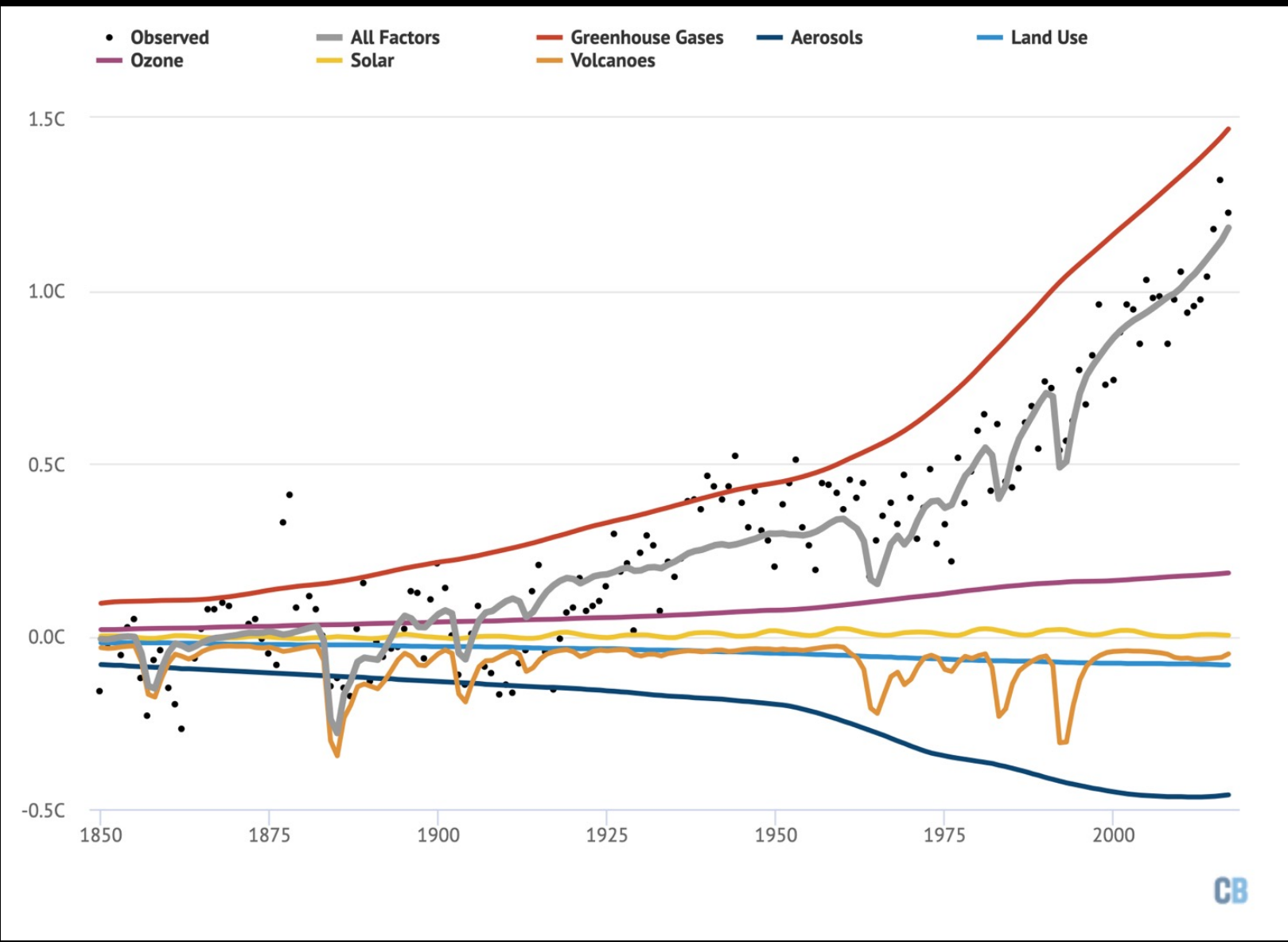
<http://www.ucmp.berkeley.edu>

dinopedia.fandom.com/wiki/Carboniferous

"Kij hokejowy"



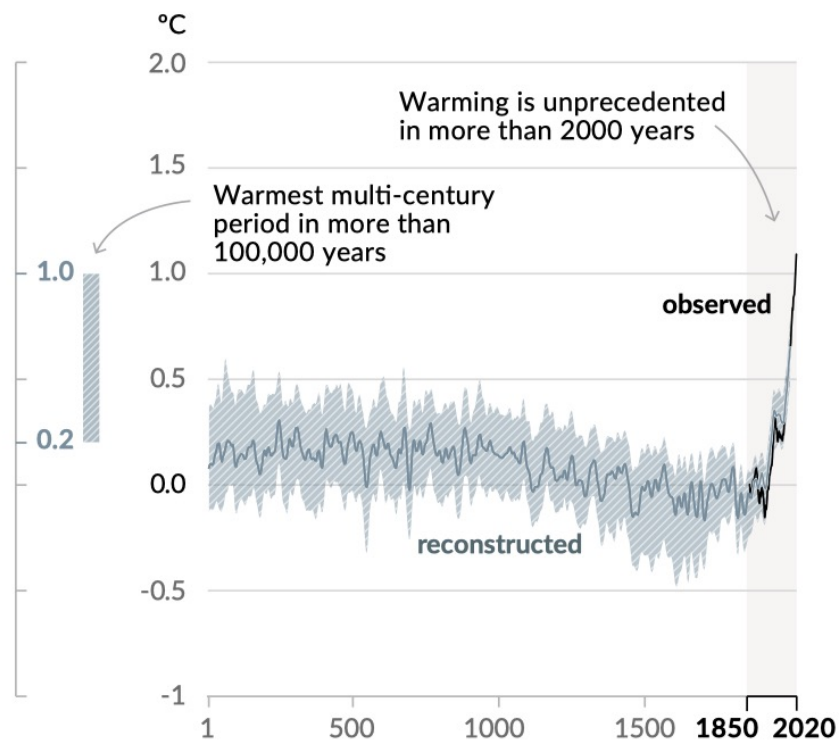
Mann, M.E., R.S. Bradley and M.K. Hughes (1999)



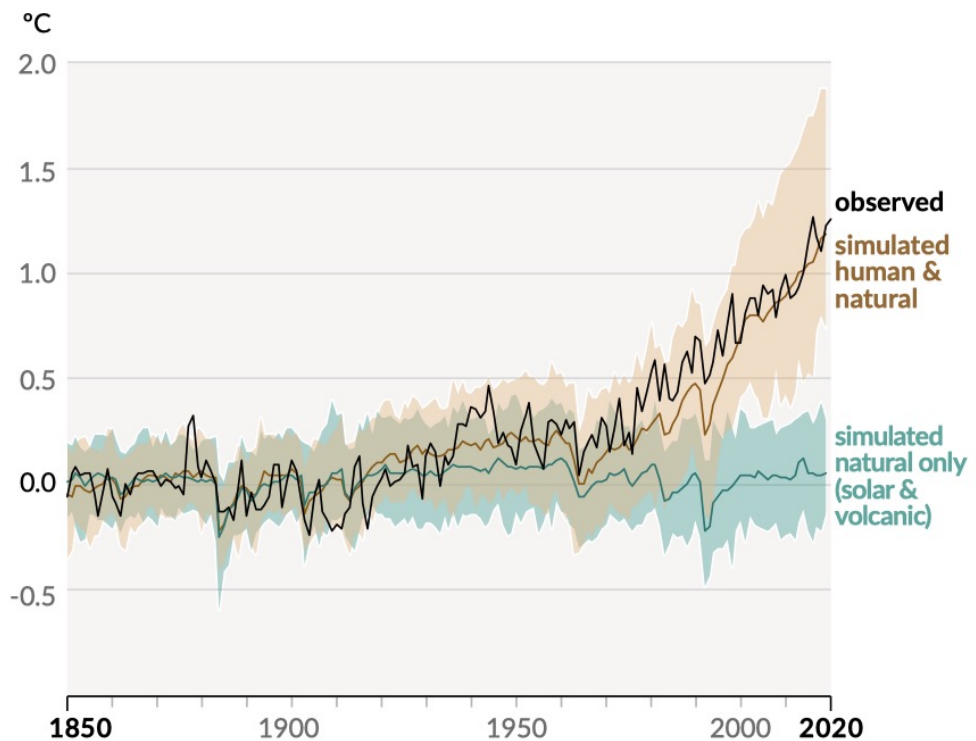
Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

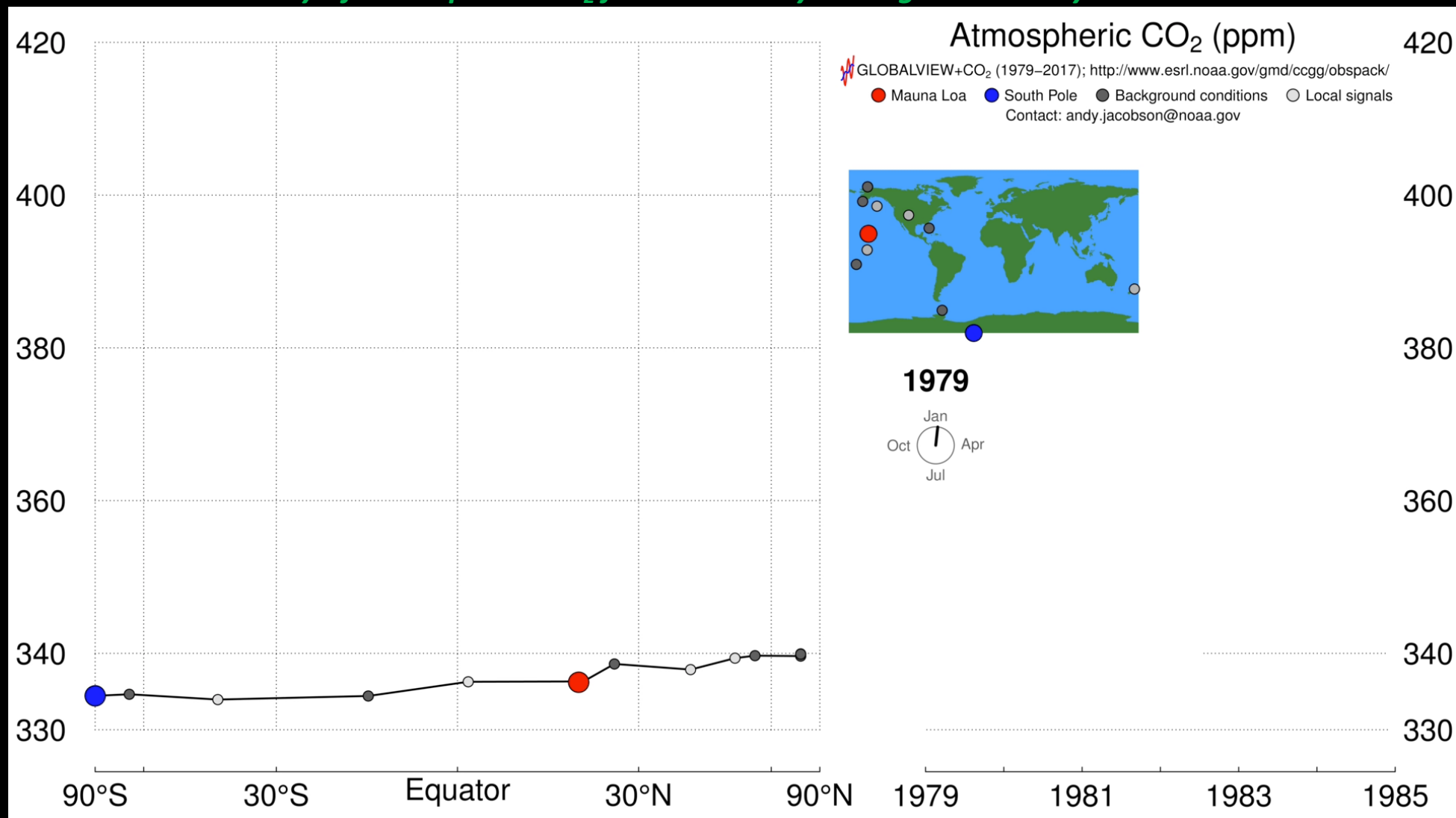
a) Change in global surface temperature (decadal average) as **reconstructed** (1-2000) and **observed** (1850-2020)

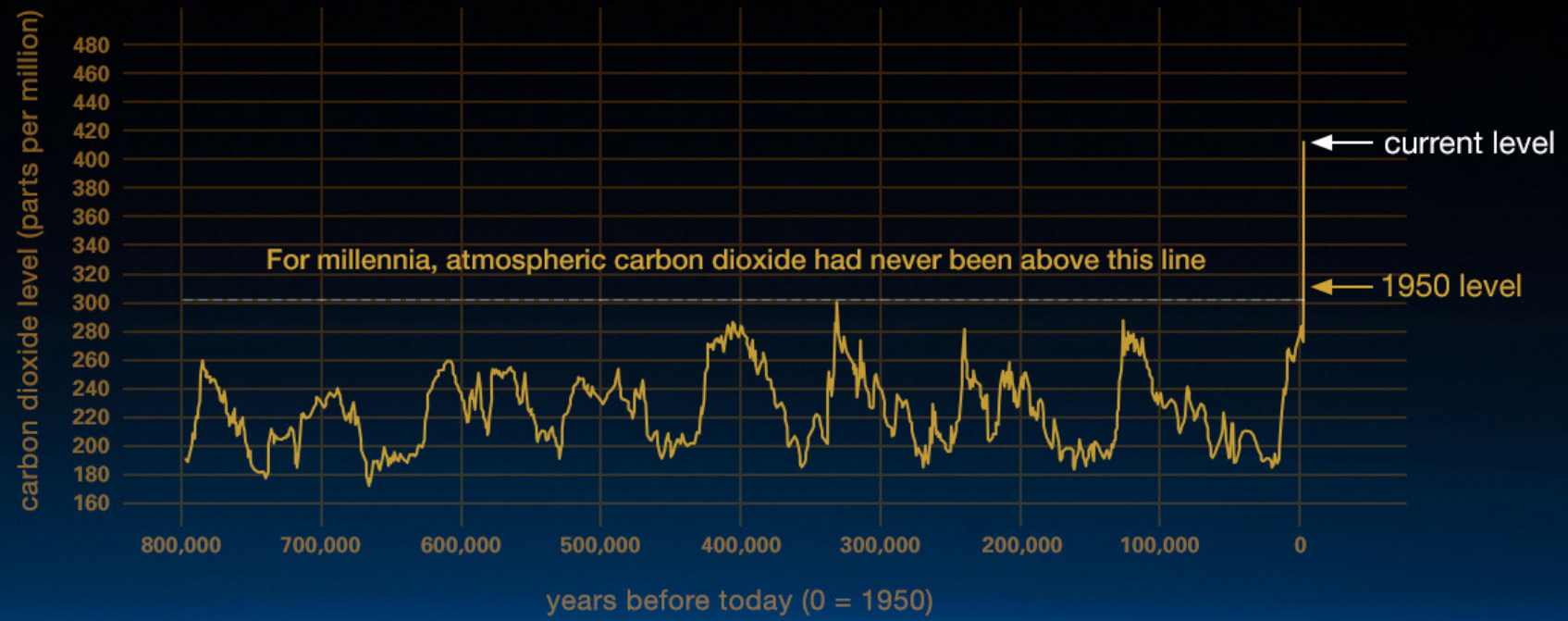


b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850-2020)

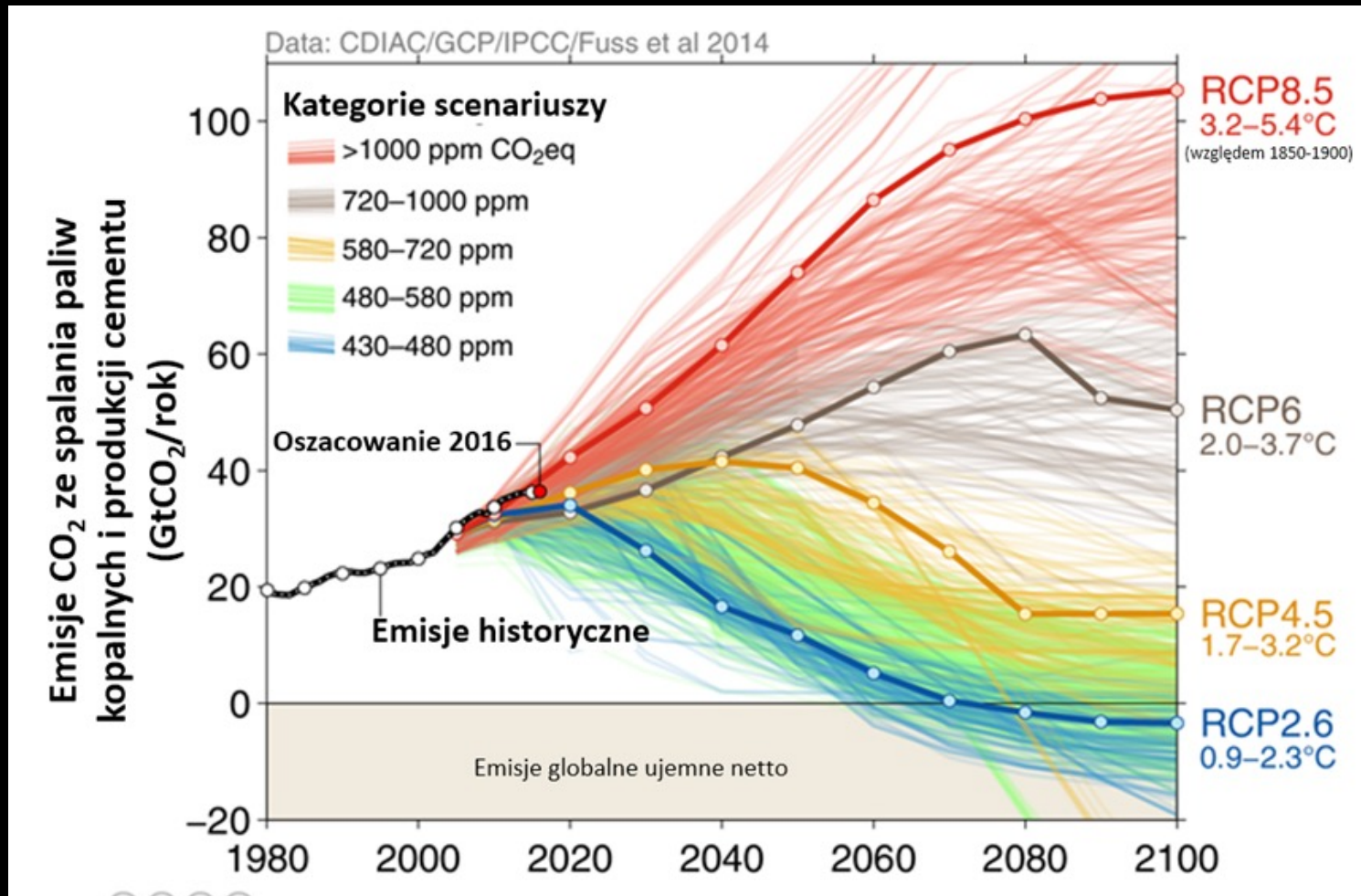


History of atmospheric CO₂ from 800 000 years ago to January 2016





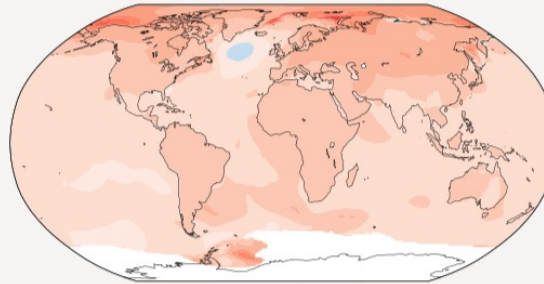
Przyszłość



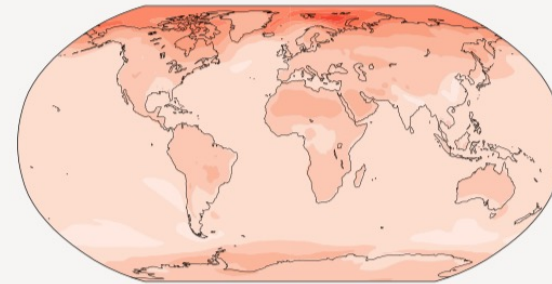
a) Annual mean temperature change (°C) at 1 °C global warming

Warming at 1 °C affects all continents and is generally larger over land than over the oceans in both observations and models. Across most regions, observed and simulated patterns are consistent.

Observed change per 1 °C global warming



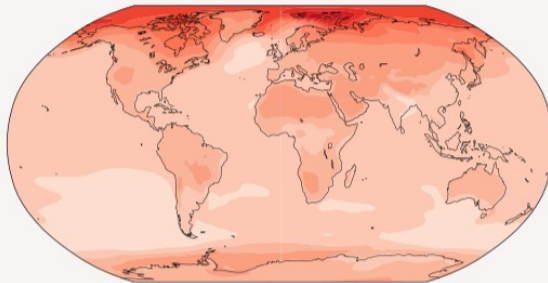
Simulated change at 1 °C global warming



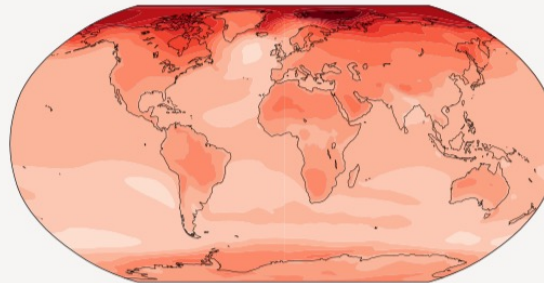
b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

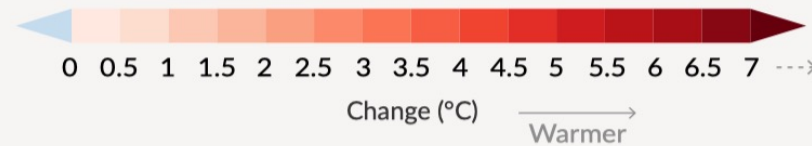
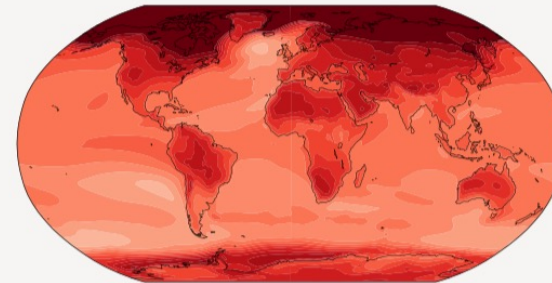
Simulated change at 1.5 °C global warming

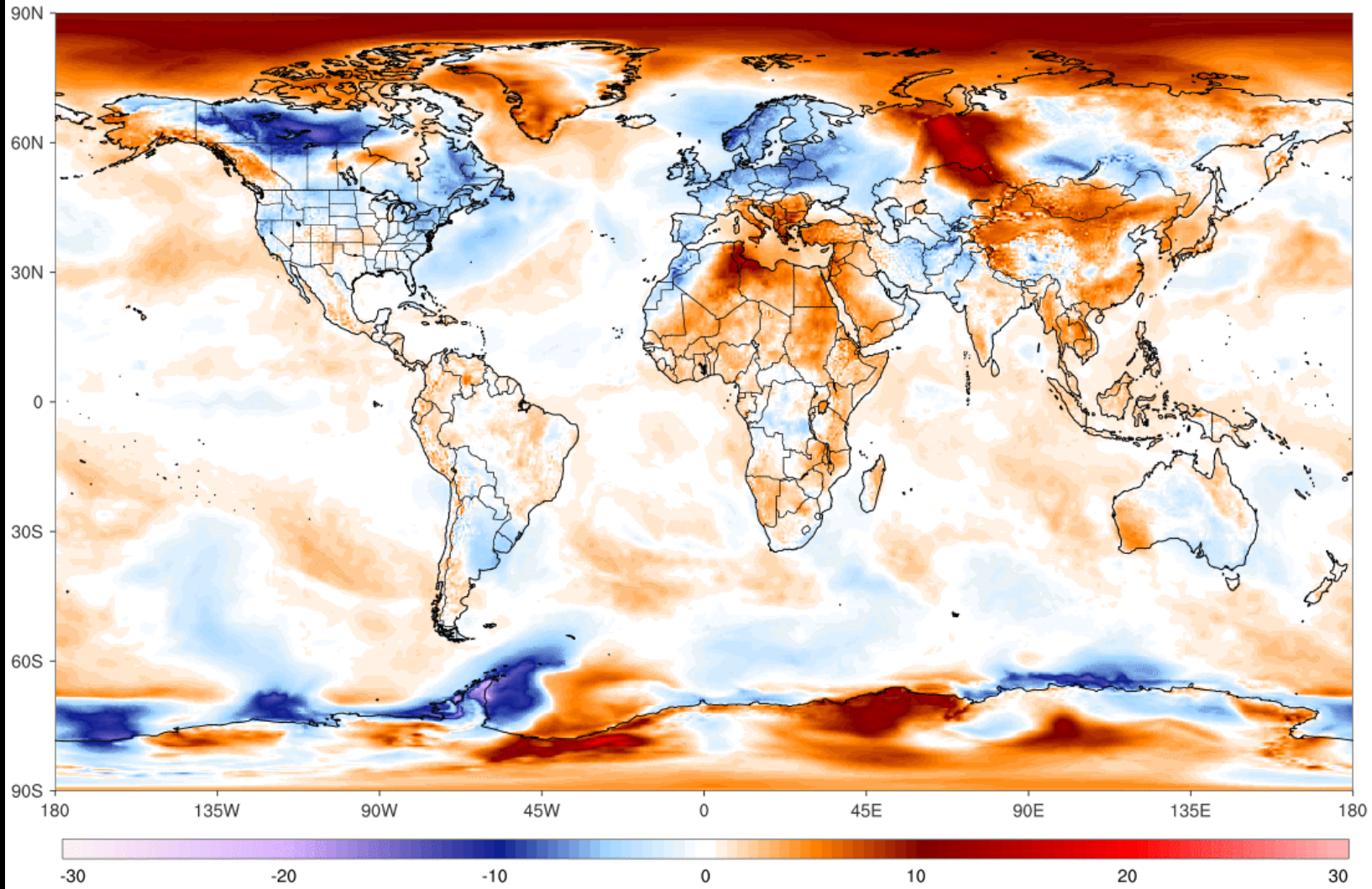


Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming





World	NH	SH	Arctic	Antarctic	Tropics
+ 0.5 °C	+ 0.8 °C	+ 0.3 °C	+ 3.5 °C	+ 0.7 °C	+ 0.6 °C

Punkty krytyczne

Comment

Climate tipping points — too risky to bet against

Timothy M. Lenton, Johan Rockström, Owen Gaffney, Stefan Rahmstorf, Katherine Richardson, Will Steffen & Hans Joachim Schellnhuber

The growing threat of abrupt and irreversible climate changes must compel political and economic action on emissions.

Politicians, economists and even some natural scientists have tended to assume that tipping points¹ in the Earth system — such as the loss of the Amazon rainforest or the West Antarctic ice sheet — are of low probability and little understood. Yet evidence is mounting that these events could be more likely than was thought, have high impacts and are interconnected across different biophysical systems, potentially committing the world to long-term irreversible changes.

Here we summarize evidence on the threat of exceeding tipping points, identify knowledge gaps and suggest how these should be plugged. We explore the effects of such large-scale changes, how quickly they might

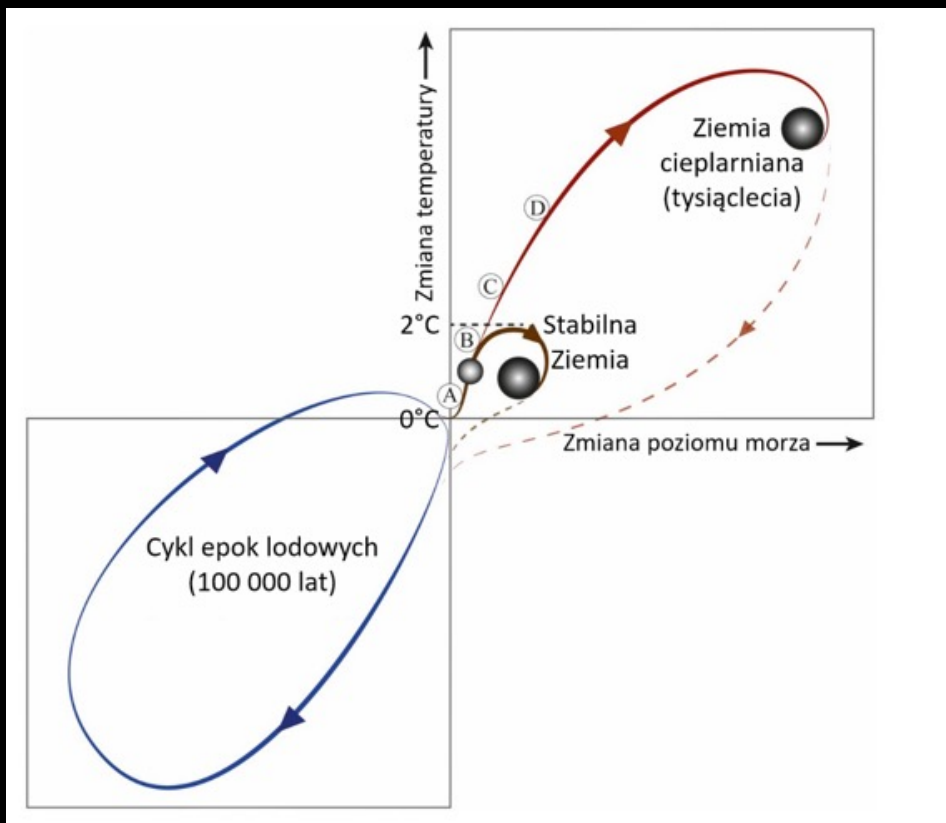
assuming that climate tipping points are of very low probability (even if they would be catastrophic), have suggested that 3 °C warming is optimal from a cost–benefit perspective. However, if tipping points are looking more likely, then the ‘optimal policy’ recommendation of simple cost–benefit climate–economy models⁴ aligns with those of the recent IPCC report². In other words, warming must be limited to 1.5 °C. This requires an emergency response.

Ice collapse

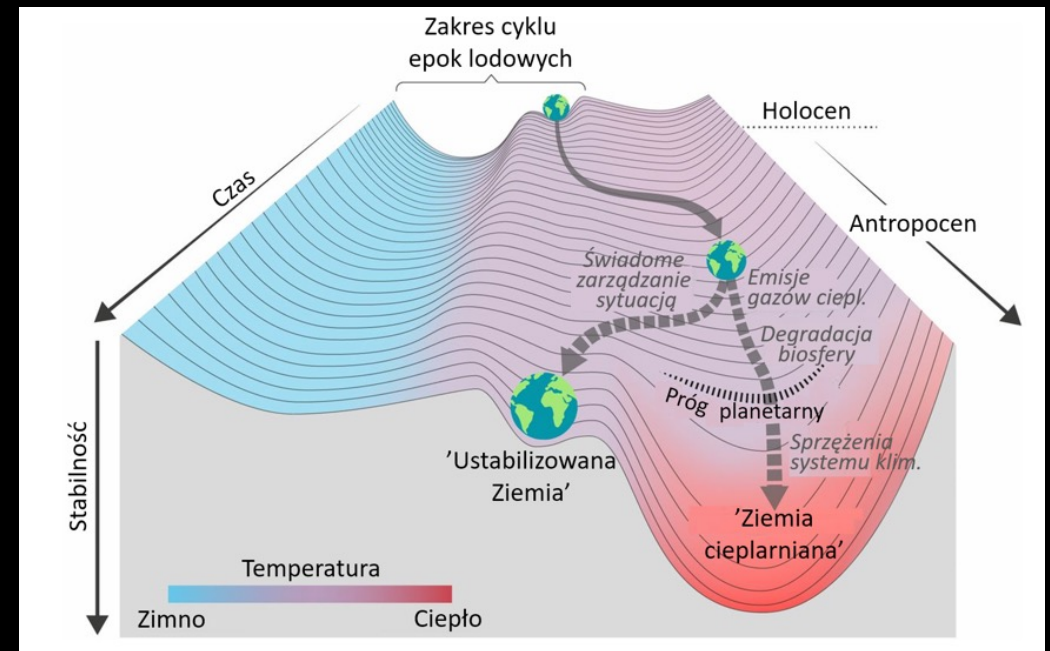
We think that several cryosphere tipping points are dangerously close, but mitigating greenhouse-gas emissions could still slow down the inevitable accumulation of impacts and help us to adapt.

Research in the past decade has shown that the Amundsen Sea embayment of West Antarctica might have passed a tipping point³: the ‘grounding line’ where ice, ocean and bedrock meet is retreating irreversibly. A model study shows⁵ that when this sector collapses, it could destabilize the rest of the West Antarctic ice sheet like toppling dominoes — leading to about 3 metres of sea-level rise on a timescale

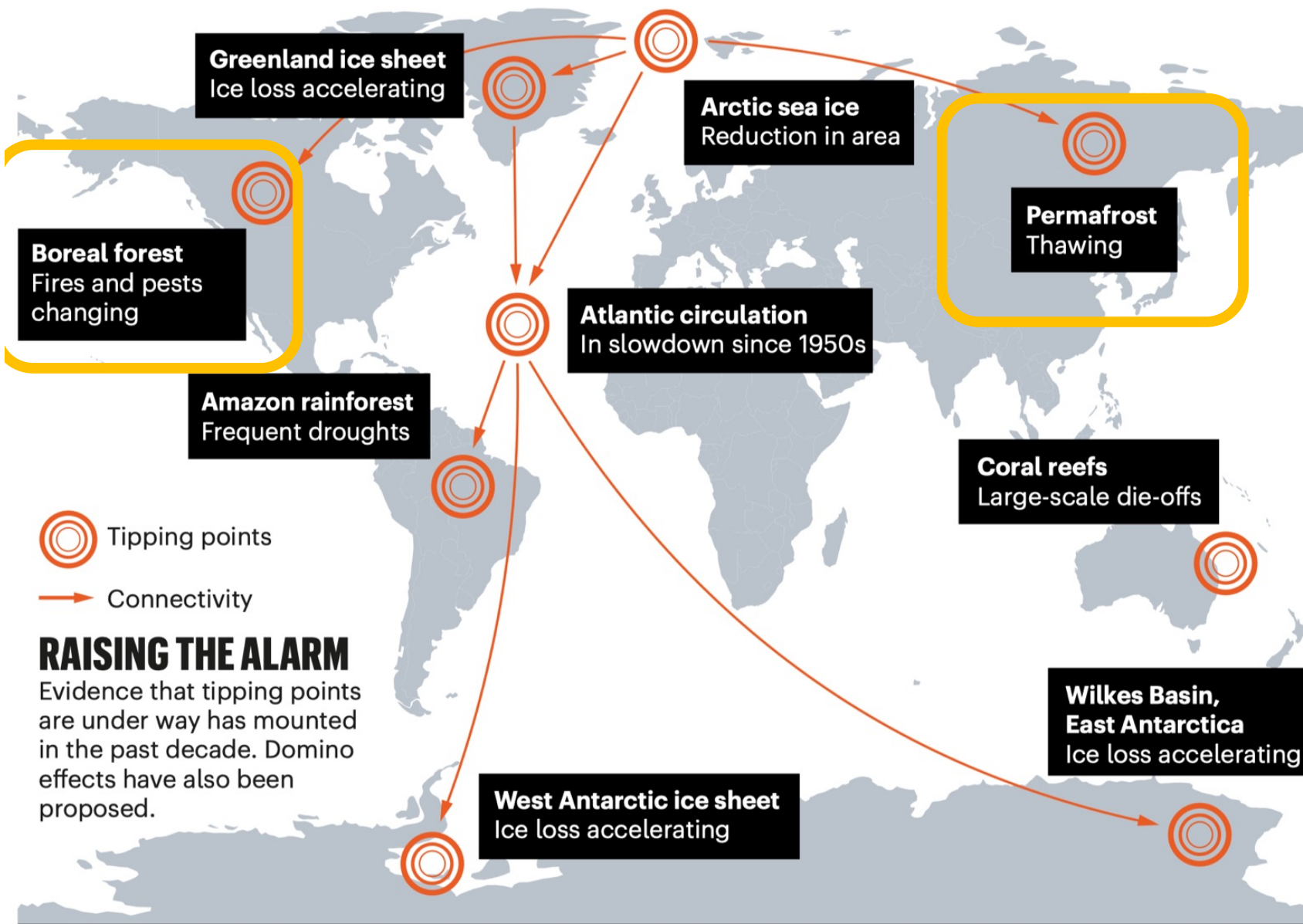




Schematyczna ilustracja możliwych przyszłych ścieżek klimatu na tle typowych cykli lodowcowo-interglacialnych (na dole po lewej).



Krajobraz stabilności pokazujący ścieżkę Układu Ziemi z holocenu, a tym samym z cyklu granicznego lodowcowo-interglacialnego do jego obecnej pozycji w gorętszym antropocenie.



RAISING THE ALARM

Evidence that tipping points are under way has mounted in the past decade. Domino effects have also been proposed.

SOURCE: T. M. LENTON ET AL.

“Naszym zdaniem, dowody z samych punktów krytycznych sugerują, że znajdujemy się w stanie planetarnego zagrożenia: zarówno ryzyko, jak i pilność sytuacji są poważne”

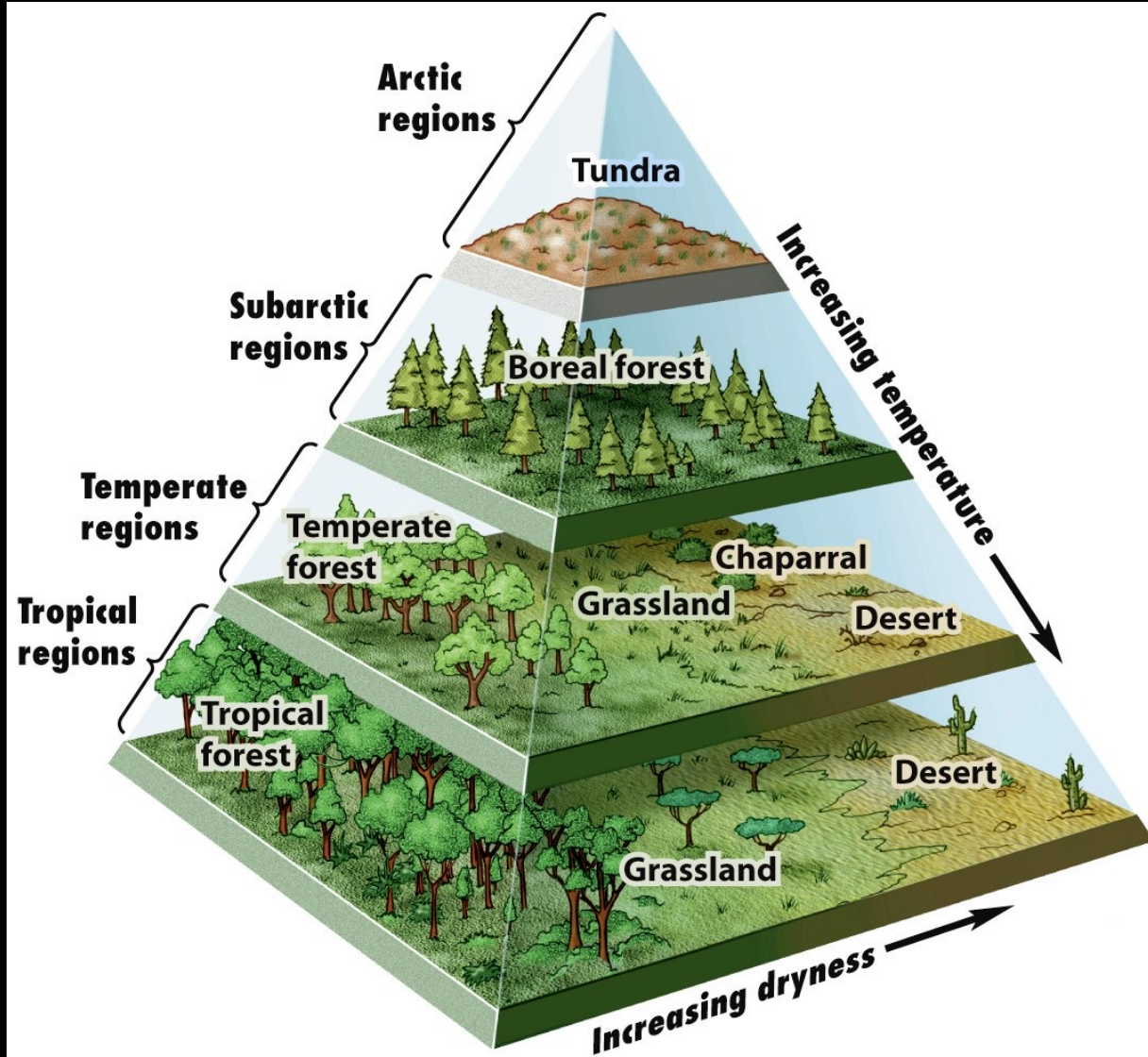


Figure 33-10 Discover Biology 3/e
 © 2006 W. W. Norton & Company, Inc.

Anthropogeniczne Biomy Ziemi

Urban & dense settlements

- 11 Urban
- 12 Dense settlements

Villages

- 21 Rice
- 22 Irrigated
- 23 Cropped & pastoral
- 24 Pastoral
- 25 Rainfed
- 26 Rainfed mosaic

Croplands

- 31 Residential irrigated
- 32 Residential rainfed mosaic
- 33 Populated irrigated
- 34 Populated rainfed
- 35 Remote

Rangelands

- 41 Residential
- 42 Populated
- 43 Remote

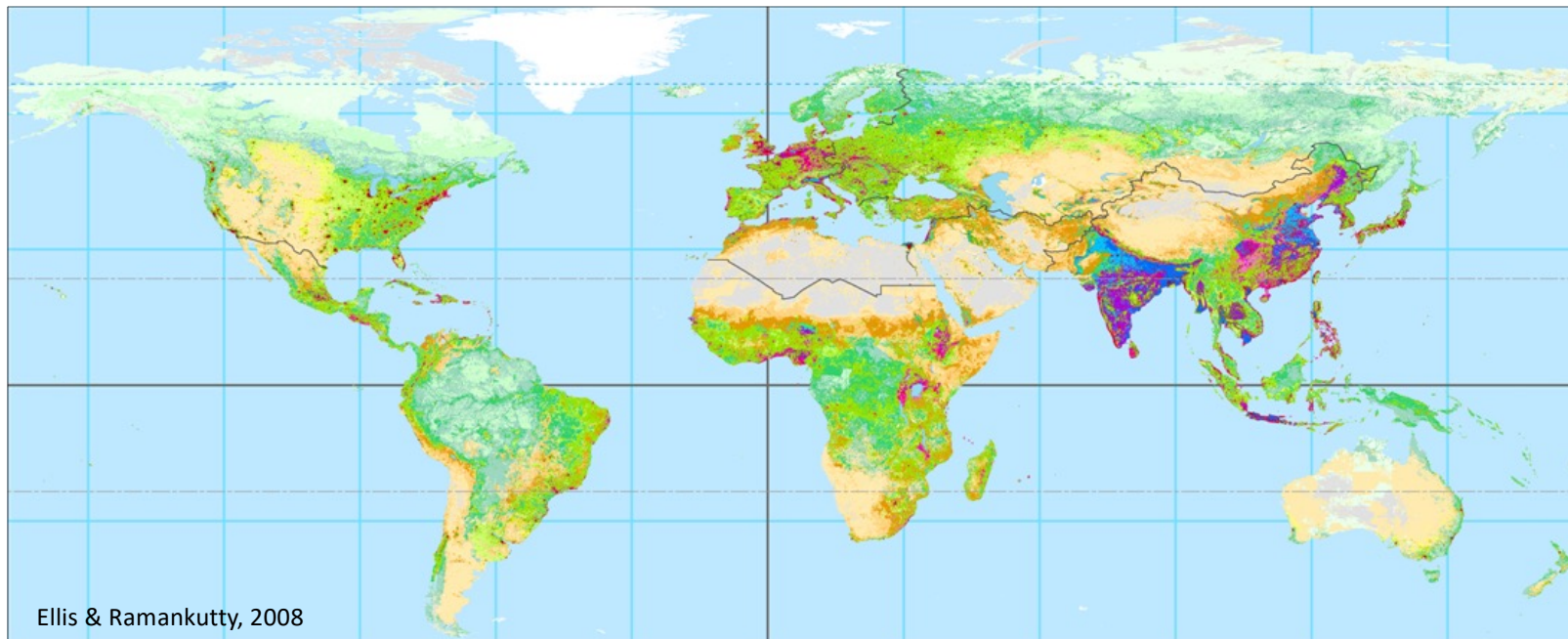
Forested

- 51 Populated forests
- 52 Remote forests

Wildlands

- 61 Wild forests
- 62 Sparse trees
- 63 Barren

**Mosaic*: >25% tree cover mixed with > 25% pasture and/or cropland



Ellis & Ramankutty, 2008

Jakie ekosystemy gromadzą najwięcej węgla?



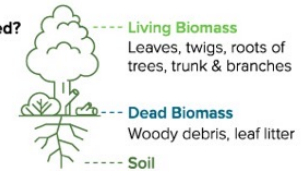
Carbon Storage in Earth's Ecosystems

Achieving net-zero by 2050 depends on the Earth's natural carbon sinks.

Forests play a critical role in regulating the global climate. They absorb carbon from the atmosphere and then store it, acting as natural carbon sinks.

Where is Carbon Stored?

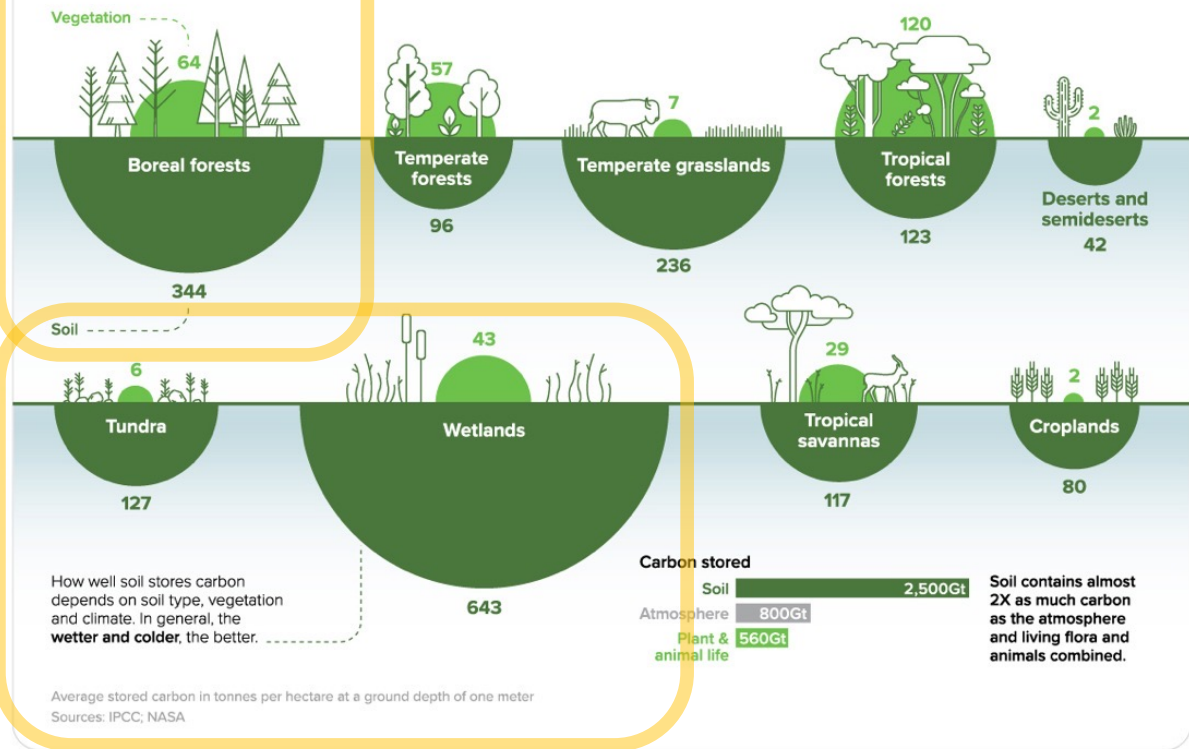
There are various carbon pools in a forest ecosystem.



Carbon Storage Tonnes of Carbon

The world's forests absorb around **15.6 gigatonnes** of CO₂ each year. That's around 3X the annual CO₂ emissions of the United States.

However, around **8.1 gigatonnes** of CO₂ leaks back into the atmosphere due to deforestation, fires and other disturbances.

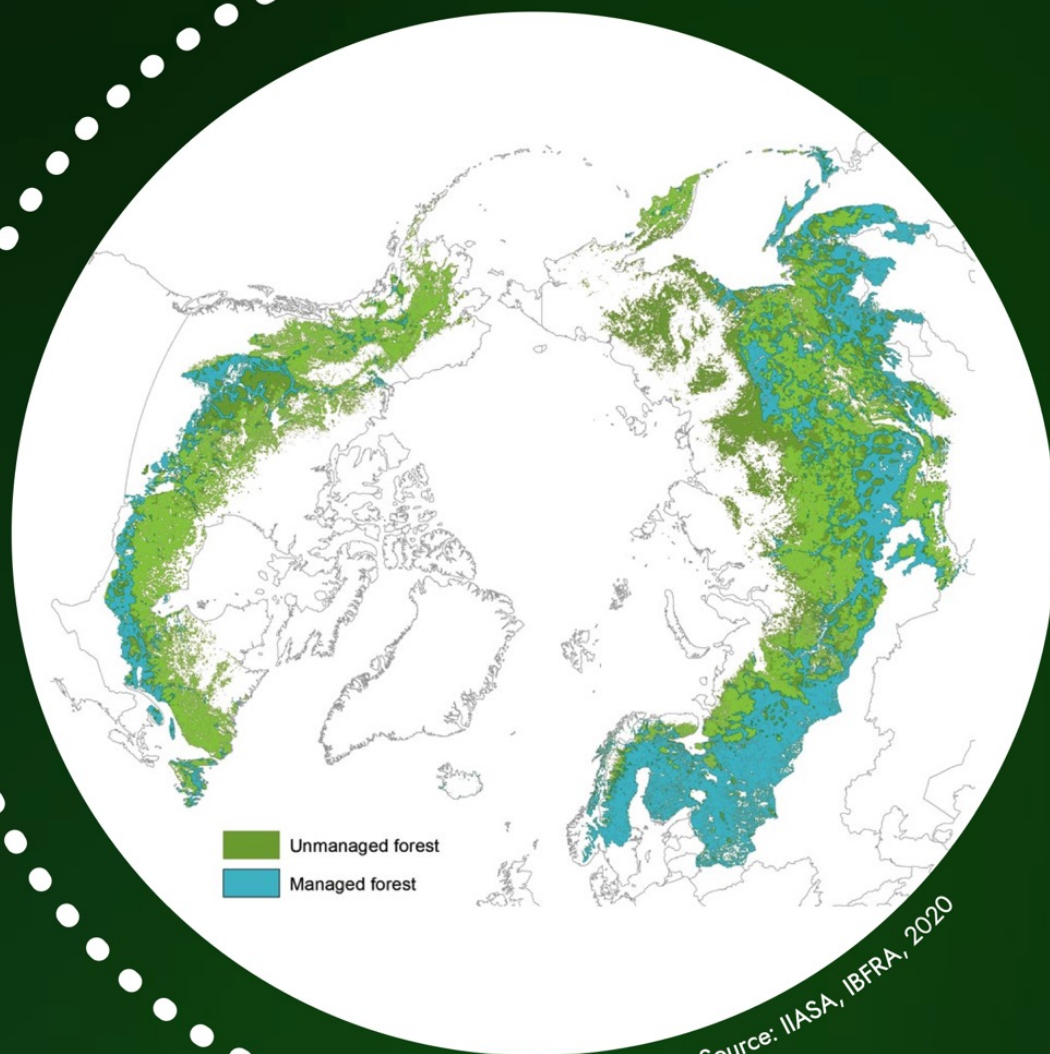




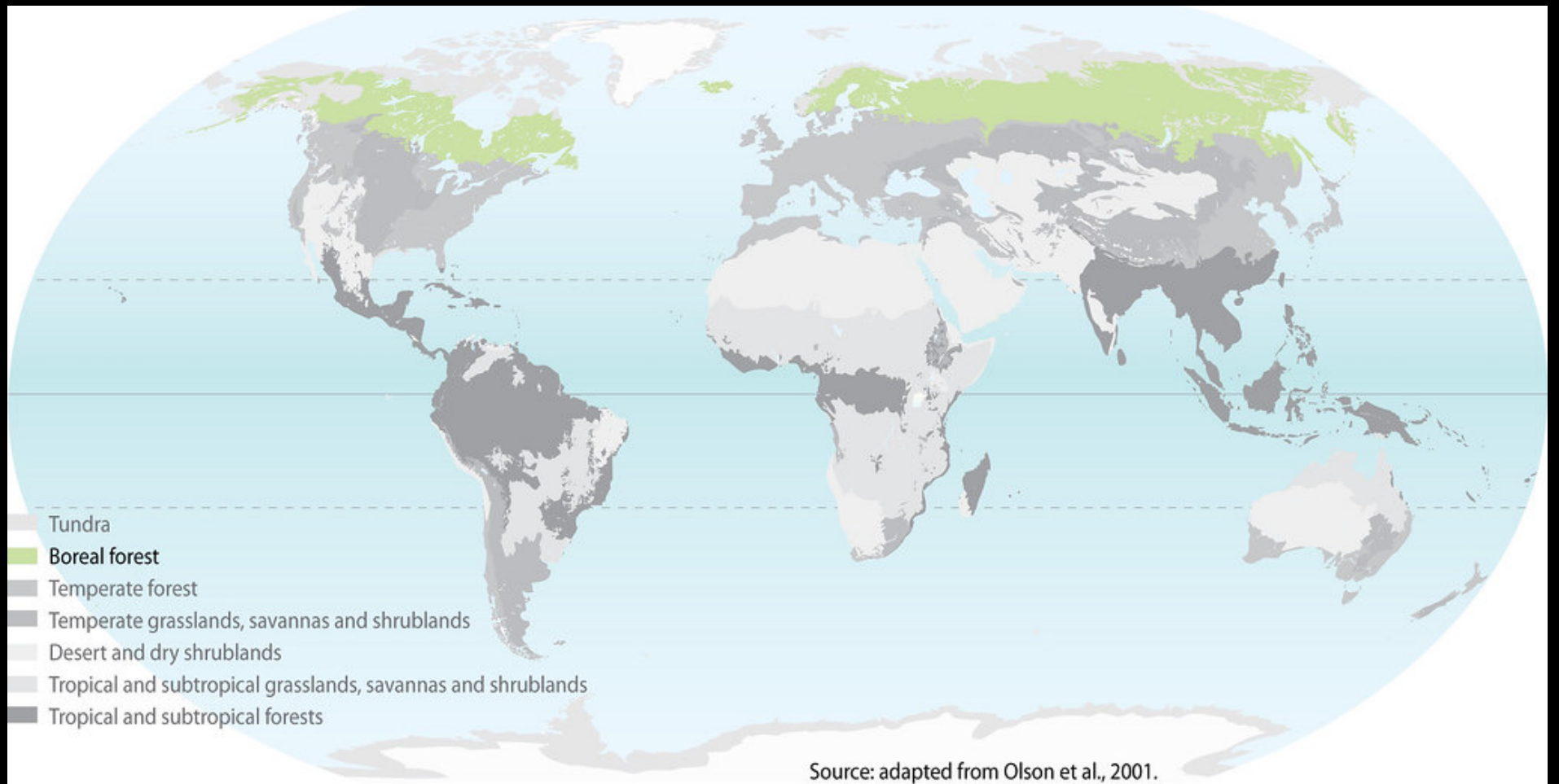
Lasy borealne

Las borealny

Ogólnie określane w Ameryce Północnej jako las borealny a Rosji tajga, jest biotem charakteryzującym się lasami iglastymi składającymi się głównie z sosen, świerków i modrzewi.



Las borealny to obszar zalesiony w obrębie większej strefy borealnej. Strefa borealna okręży półkulę północną, tworząc pierścień wokół bieguna północnego. Lasy borealne pokrywają 27% światowej powierzchni lasów i w połączeniu z glebami i torfowiskami tworzą największy lądowy magazyn węgla na świecie.







Znaczenie lasów borealnych

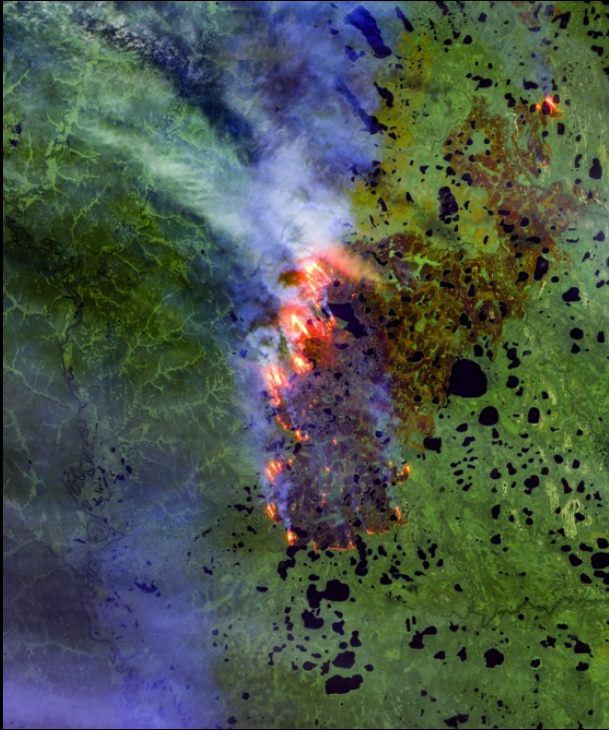
- Dwadzieścia procent węgla zatrzymywanego w lasach na świecie znajduje się w lasach borealnych
- Zmiany klimatu wpływają również na różnorodność biologiczną regionu borealnego, w tym ikoniczne gatunki dzikiej przyrody, takie jak renifery, rosomaki, ryś, bóbr, niedźwiedź brunatny i tygrys syberyjski.
- Wpływa na życie i źródła utrzymania wielu różnych ludów, które nazywają las borealny swoim domem.
- Las borealny ma znaczny potencjał w zakresie łagodzenia zmiany klimatu. Gospodrcze, młodsze lasy zapewniają wysokie wskaźniki sekwestracji dwutlenku węgla, pozyskane produkty drzewne zastępują bardziej emisyjne produkty, a niezarządzane lasy zapewniają powoli rosnące magazynowanie dwutlenku węgla i siedliska dla dzikiej przyrody.



Globalne ocieplenie niszczy lasy borealne

- Lasy borealne są silnie dotknięte zmianami klimatu. Przewiduje się, że wzrost temperatury w strefie borealnej będzie znacznie wyższy niż średnia światowa.
- Temperatury w borealne doświadczyły ostatnio ocieplenia w tempie sięgającym 0.5 ° C na dekadę, a potencjalne przyszłe ocieplenie o 6 do 11 ° C w rozległych regionach północnych do 2100 r. (IPCC 2014).
- Topnienie wiecznej zmarzliny i inne naturalne zakłócenia związane z klimatem, takie jak szkodniki pożary, mogą powodować znaczne uwolnienia węgla do atmosfery i głębokie zmiany w ekosystemach.

Požary - Syberia



Siberian
Times



Darryl Dyck / The Canadian Press Files A wildfire burns on a logging road southwest of Fort St. James, B.C., in August 2018.

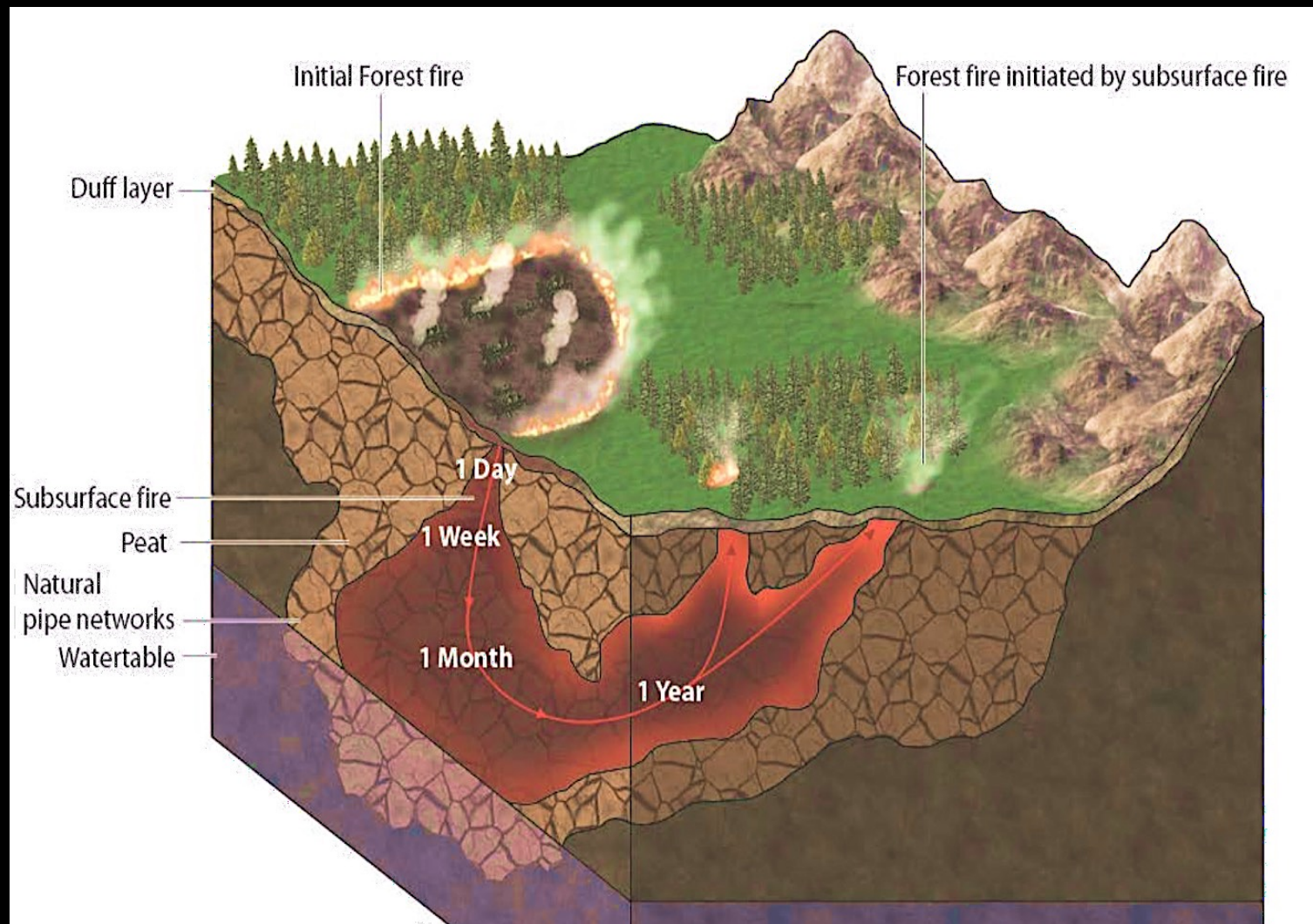


Cristina Santin inspecting burnt forest after Canada's 2014 wildfires. Stefan Doerr, Author provided

theconversation.com







G. Rein, Smouldering Fires and Natural Fuels, Chapter 2 in: Fire Phenomena in the Earth System – An Interdisciplinary Approach to Fire Science, Belcher (editor). Wiley and Sons, 2013

Gradacje owadów



Jen Chase / Colorado State Forest Service via AP









Wiatr

Połamany bór sosnowy – Bory Tucholskie



[Zniszczony las w miejscowości Rytel / Polska Agencja Prasowa / Leszek Szymaski](#)



Torfowiska są łącznikiem pomiędzy lasem borealnym i wieloletnią zmarzliną

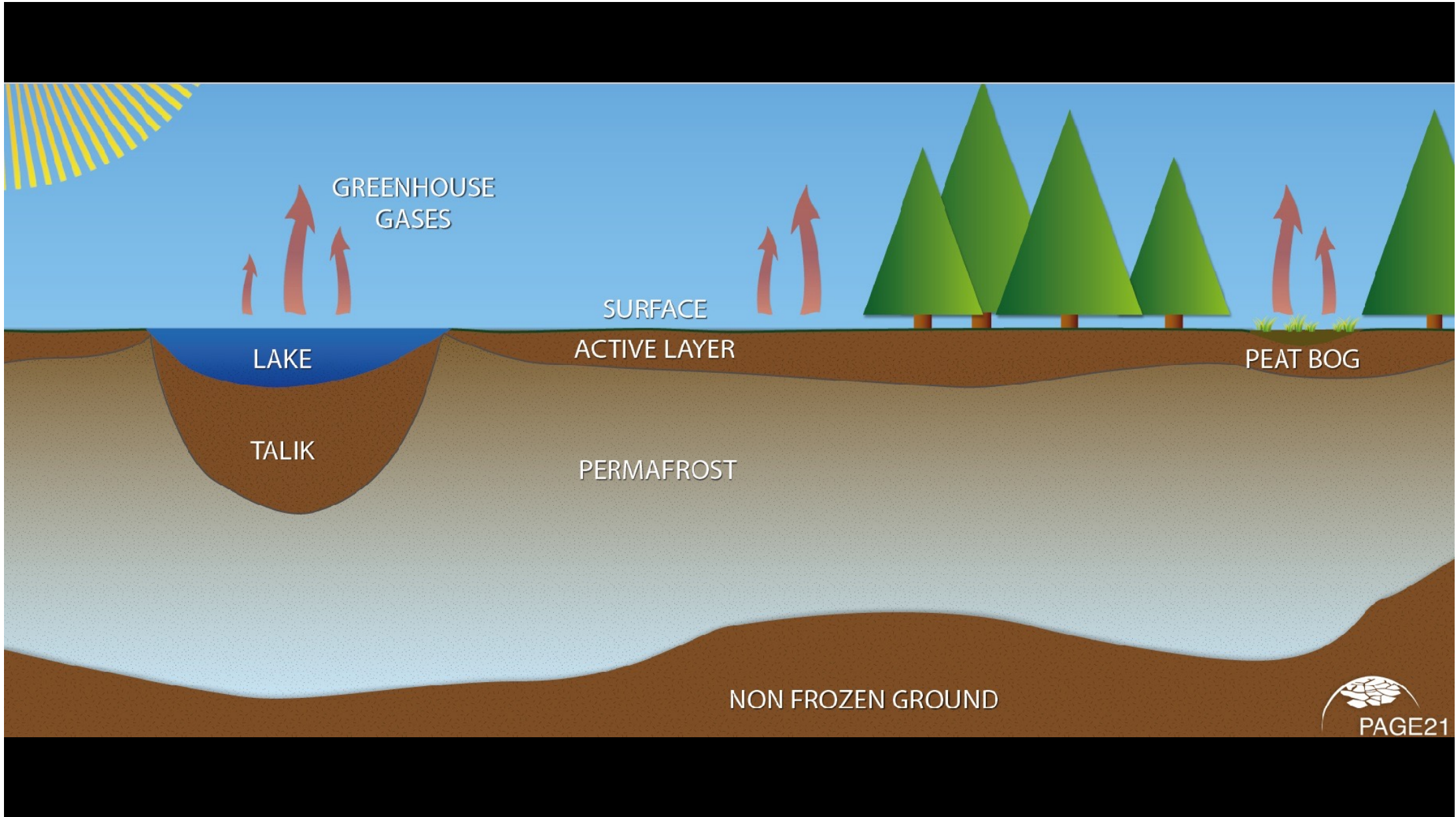
A photograph of a soil profile showing permafrost layers. The top layer is dark, organic-rich soil with some vegetation. Below it is a layer of dark, silty soil. The main part of the profile is a thick, dark, silty layer with a mottled, irregular texture, characteristic of permafrost. The bottom part of the profile is a lighter, more granular material. The text "Wieloletnia zmarzlina" is overlaid in white on the dark permafrost layer.

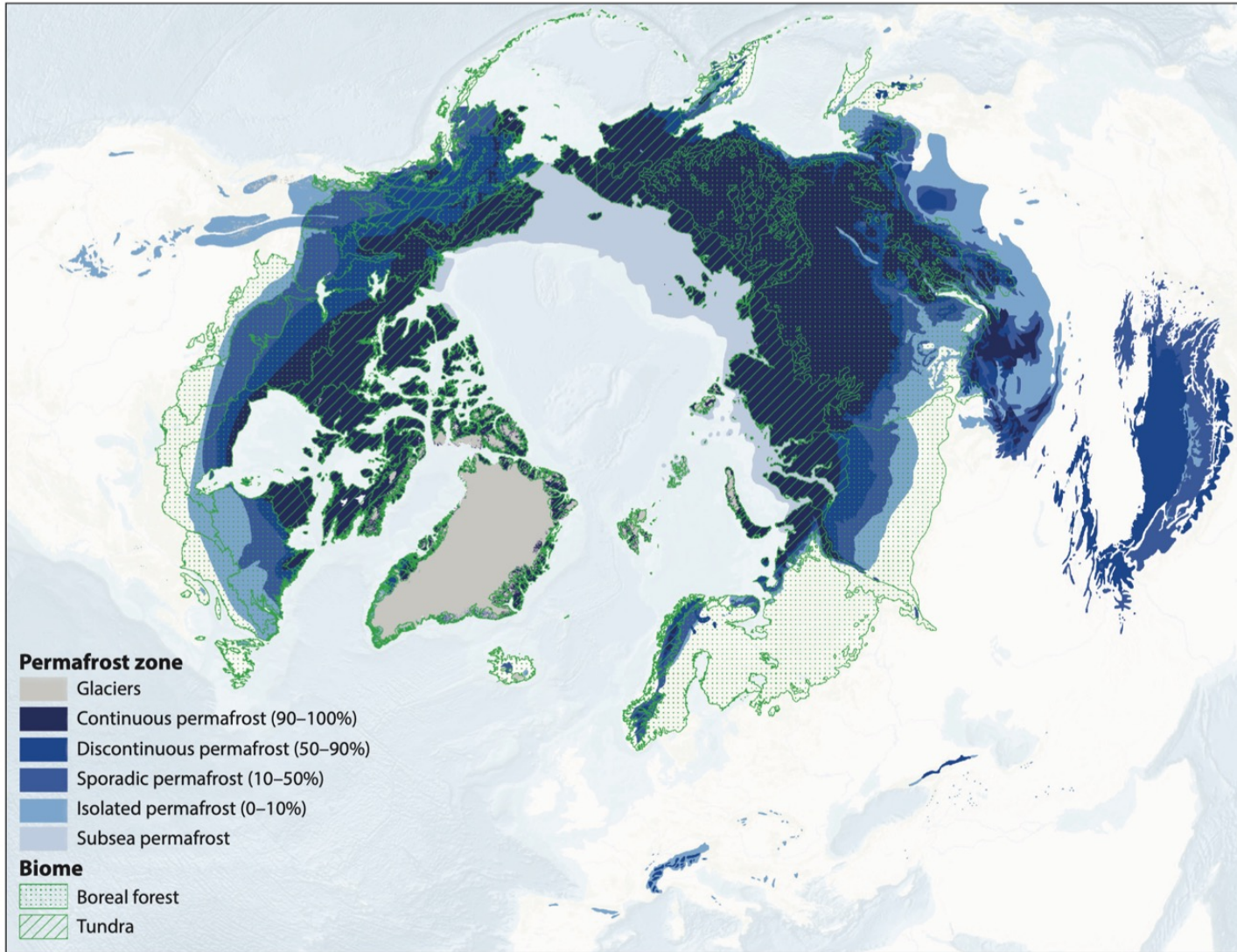
Wieloletnia zmarzlina

Wieloletnia zmarzlina

Wieloletnia zmarzlina, inaczej zmarzłość (ang permafrost), jest to warstwa gruntu – gleby, skały, materiał organiczny – utrzymująca się stale w temperaturze 0°C lub niższej w dłuższym okresie czasu, tj. przez co najmniej dwa lata. Zmarzłość stanowi zasadniczą część kriosfery naziemnej.

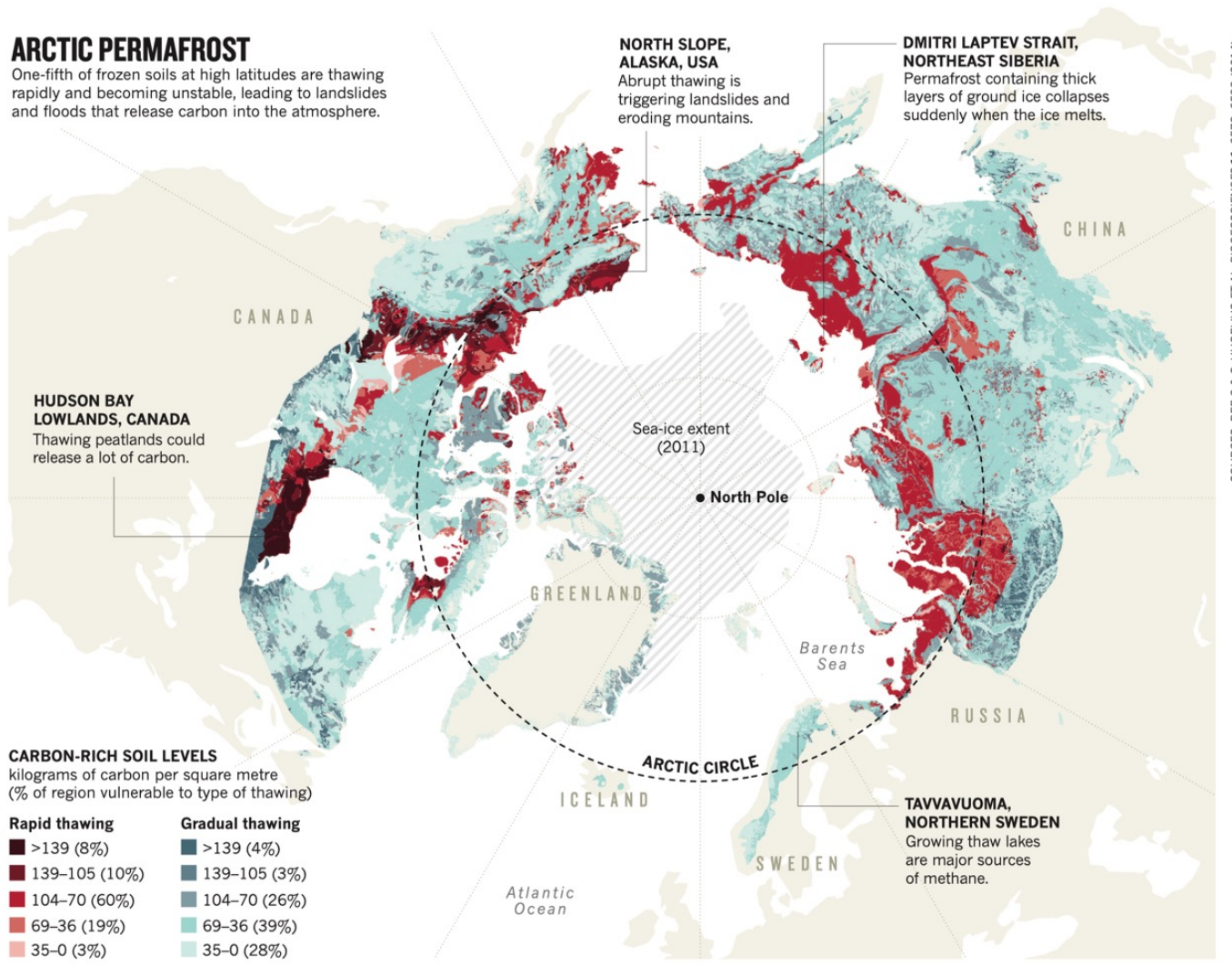
Na półkuli północnej regiony, gdzie występuje wieloletnia zmarzlina stanowią około 25% (23 mln km²) powierzchni. Grubość zmarzliny waha się od mniej niż 1 m do nawet ponad 1500 m.





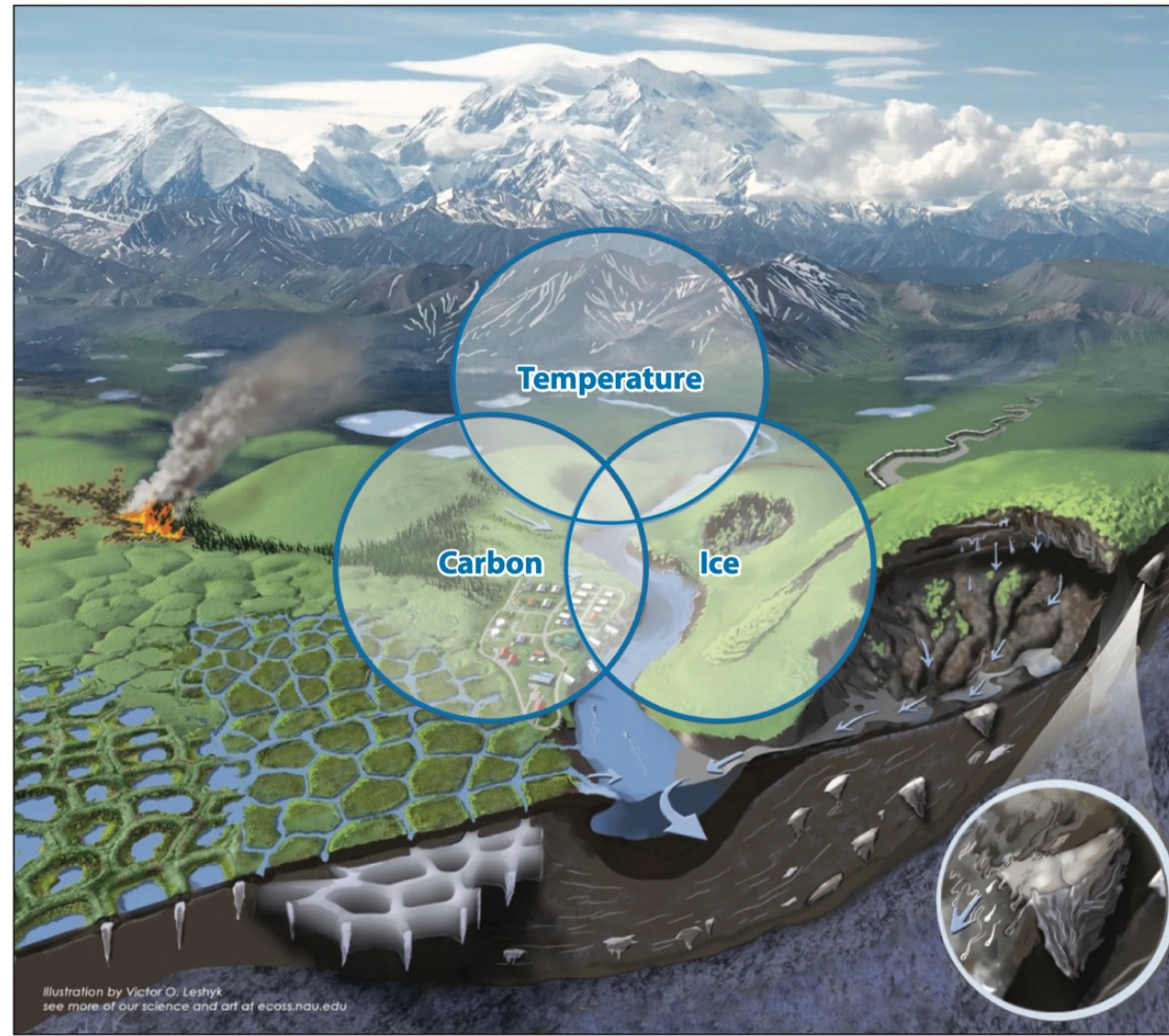
ARCTIC PERMAFROST

One-fifth of frozen soils at high latitudes are thawing rapidly and becoming unstable, leading to landslides and floods that release carbon into the atmosphere.



SOURCES: REF. 2 & G. HUGELIUS ET AL. BIOGEOSCIENCES 11, 6573-6593 (2014)

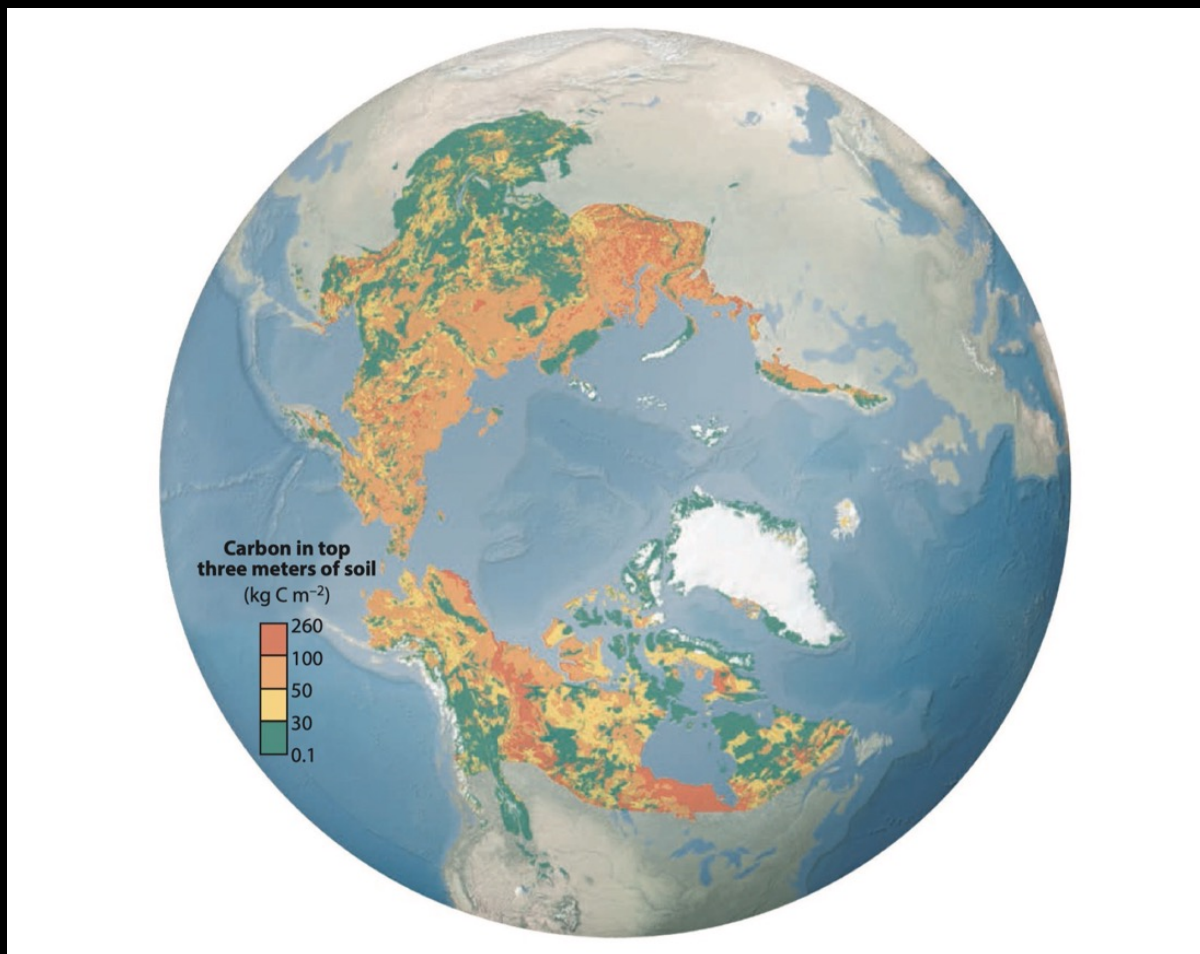
Turetsky, M.R. et al. (2019) Permafrost collapse is accelerating carbon release. *Nature*, 569, 32-34.



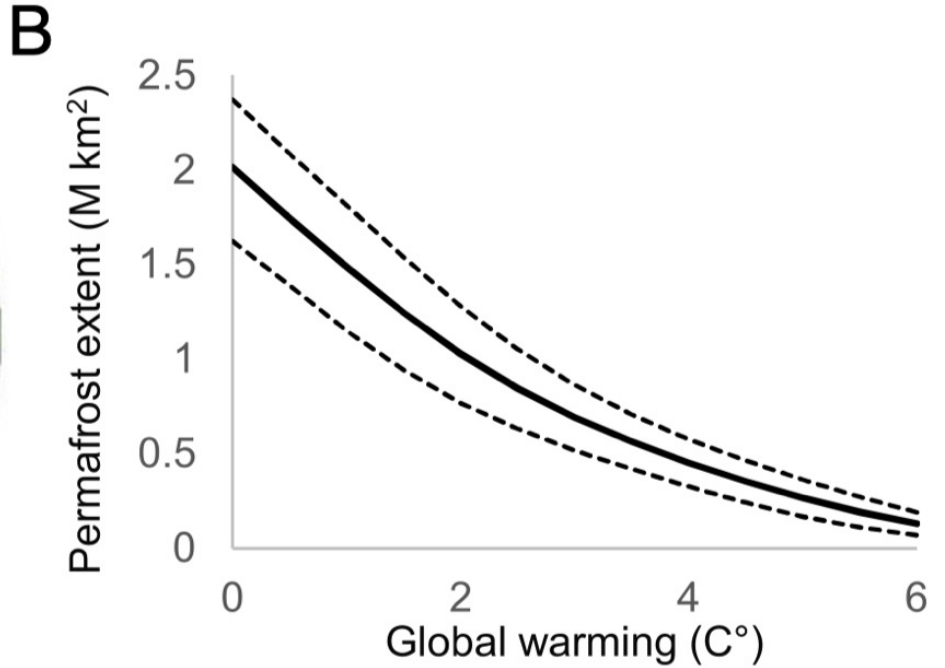
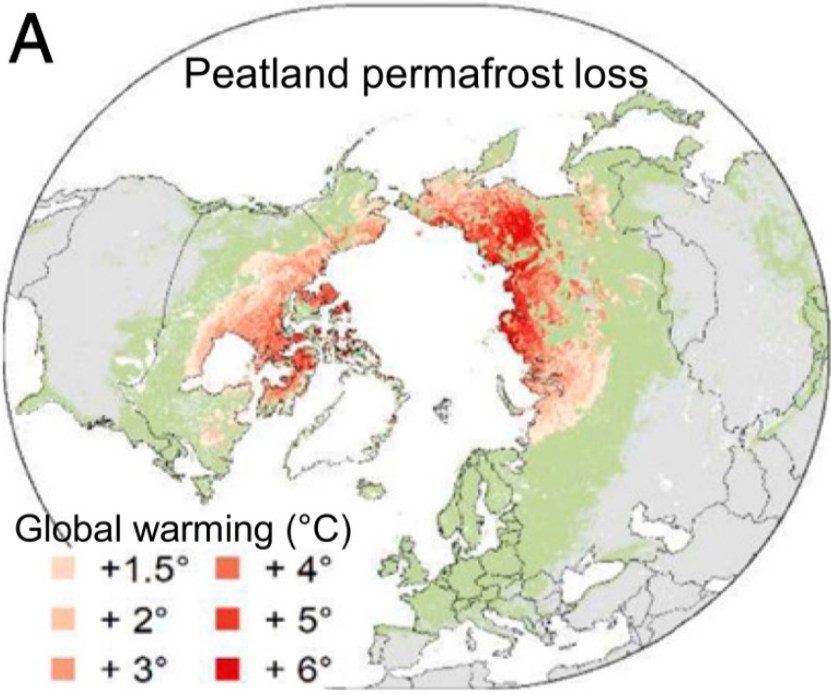
Krajobraz
wieloletniej
zmarzliny z trzema
składnikami
zamarzniętej ziemi
(temperatura, lód i
węgiel), które
obejmują kluczowe
usługi
ekosystemowe dla
ludzi

Schuur, E.A.G. et al. (2022) Permafrost and Climate Change: Carbon Cycle Feedbacks From the Warming Arctic. *Annual Review of Environment and Resources*, 47, 343-371.

Wieloletnia zmarzlina i węgiel



Schuur, E.A.G. et al. (2022) Permafrost and Climate Change: Carbon Cycle Feedbacks From the Warming Arctic. *Annual Review of Environment and Resources*, 47, 343-371.



Schuur, E.A.G. et al. (2022) Permafrost and Climate Change: Carbon Cycle Feedbacks From the Warming Arctic. *Annual Review of Environment and Resources*, 47, 343-371.









Wpływ antropogenicznego globalnego ocieplenia na zmarzłość

Uwalnianie gazów cieplarnianych

Uwalnianie wirusów i bakterii

Szkody dla ekosystemów i ich różnorodności

biologicznej

Osuwiska ziemi i wypadki geologiczne

TAJANIE





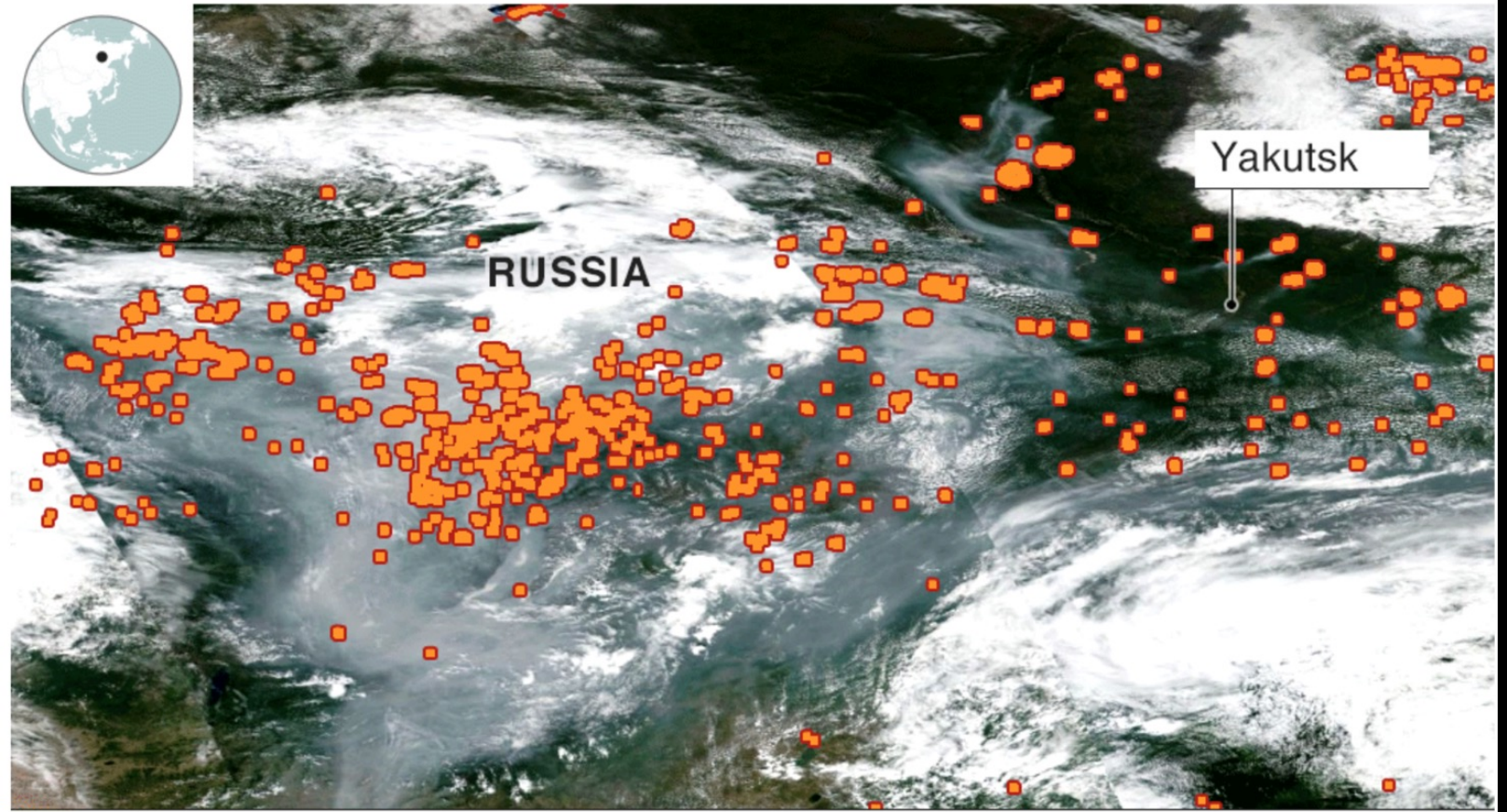


OGIEŃ

Siberia

Clouds of smoke are billowing across Siberia

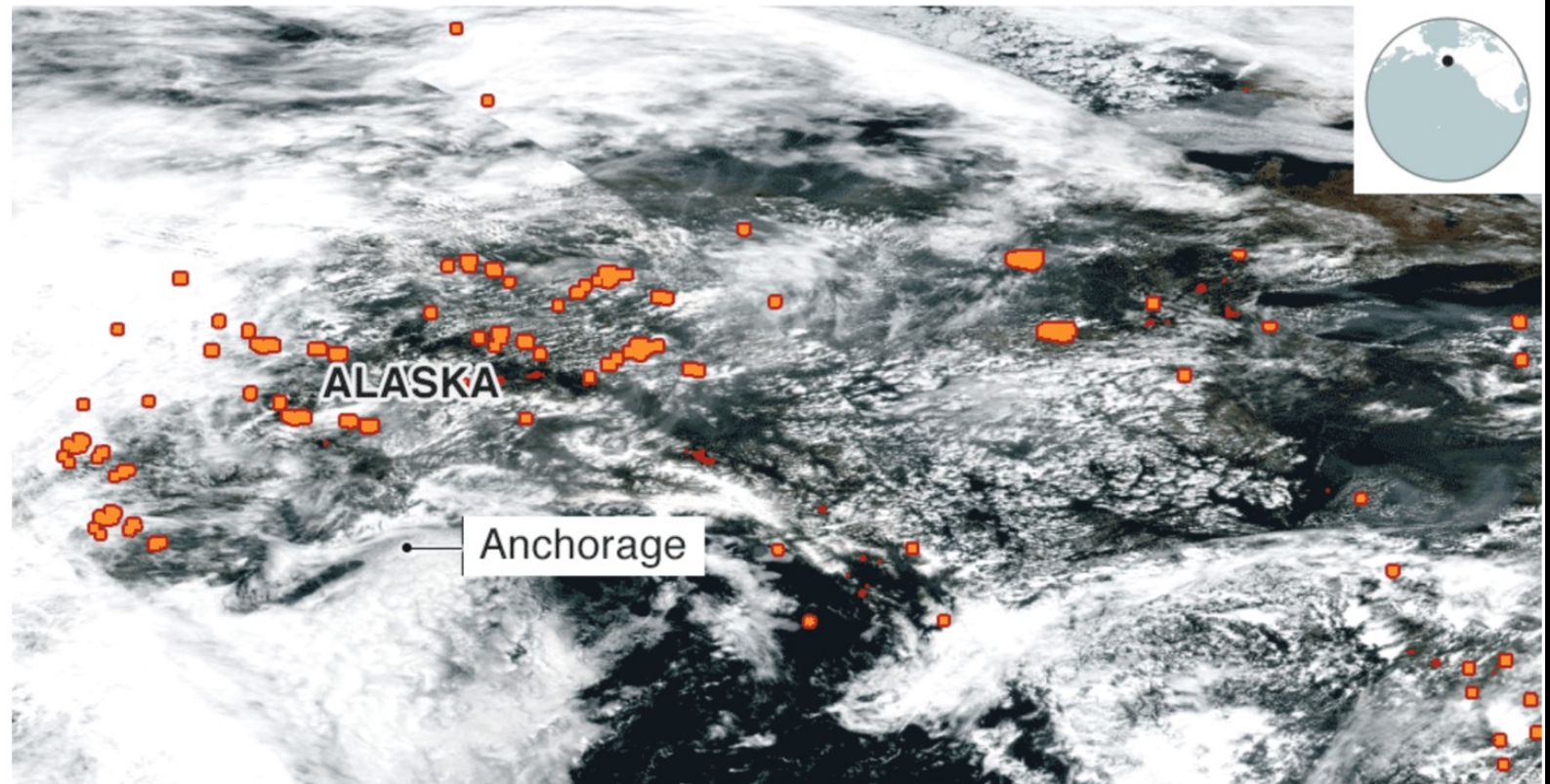
- Fires and 'thermal anomalies' (can include volcanoes and gas flares) between 31 July and 1 Aug



Alaska

Alaska is battling more than 100 large fires

- Fires and 'thermal anomalies' (can include volcanoes and gas flares) between 31 July and 1 Aug




Source: Nasa FIRMS



In southern Greenland, a fire that could be fueled by degraded permafrost burns 150 kilometers northeast of Sisimiut, the second-largest city in the territory. Officials aren't sure how the fire started or when it might end. This 8 August image was captured by a European Space Agency satellite in natural colors with highlights from near infrared and shortwave infrared imaging. Credit: ESA/Pierre Markuse ,CC BY 2.0

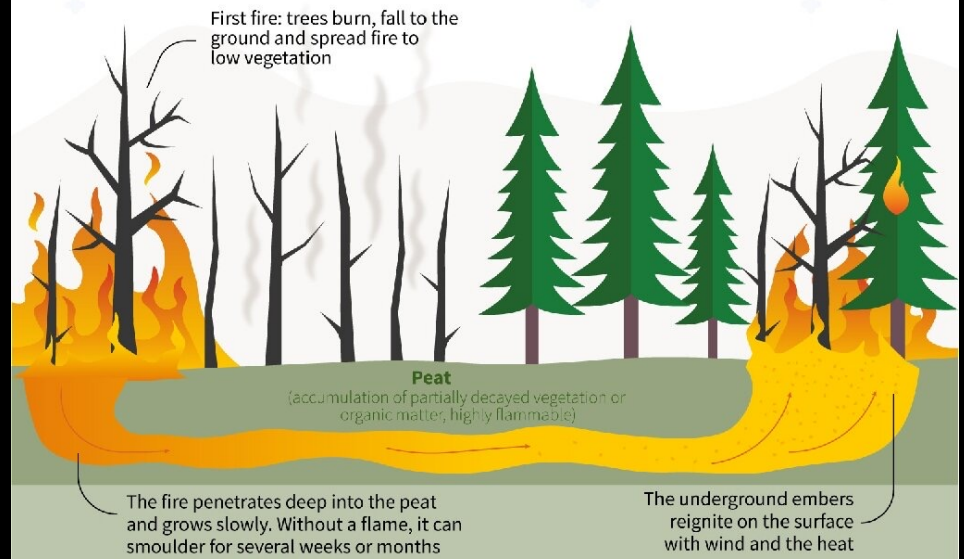


Zombie fires pictured outside Oymyakon, the world's coldest permanently inhabited place in Russia ( Image: Semen Sivtsev/The Siberian Times)



Peat "zombie" fires

These fires are hard to detect and burn slowly underground before climbing above the surface. They are one cause of the resurgence of fires in southwest France



Source: AFP bureaus



The climate crisis has sparked a Siberian mammoth tusk gold rush

The Arctic permafrost is thawing, revealing millions of buried mammoth skeletons. But the rush for mammoth ivory could put elephants in danger all over again



AMOS CHAPPLA / RADIO FREE EUROPE / RADIO LIBERTY



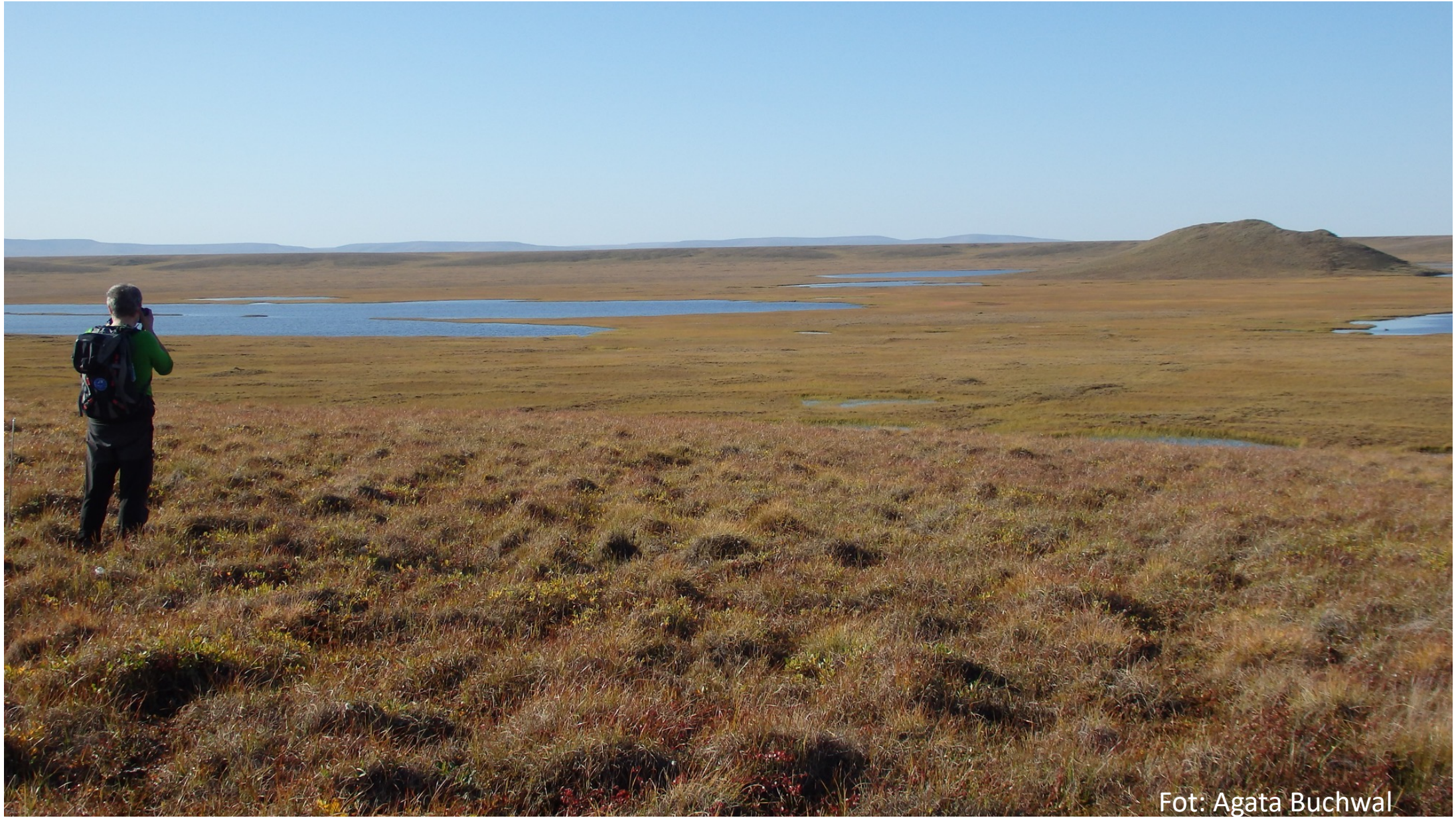
Tusk hunters use fire hoses to blast away the mud surrounding mammoth skeletons AMOS

<https://www.wired.co.uk/article/mammoth-tusk-hunters-russia-china>

A photograph of a shrub in a tundra landscape. The shrub is in the foreground, with several green, elongated leaves and a central stem with small, fuzzy buds. The background shows a vast, flat tundra landscape with a large, blue lake or pond in the distance. The sky is a pale, clear blue.

KRZEWINKI

Krzewy wierzy
(Syberia N, Delta Leny); zdjęcia: Agata Buchwal



Fot: Agata Buchwal

Ekspansja gatunkowa: wierzba i olsza

Wyspa Samojułow, równina zalewowa



(Syberia N, Delta Leny); Fot: Agata Buchwal

METAN

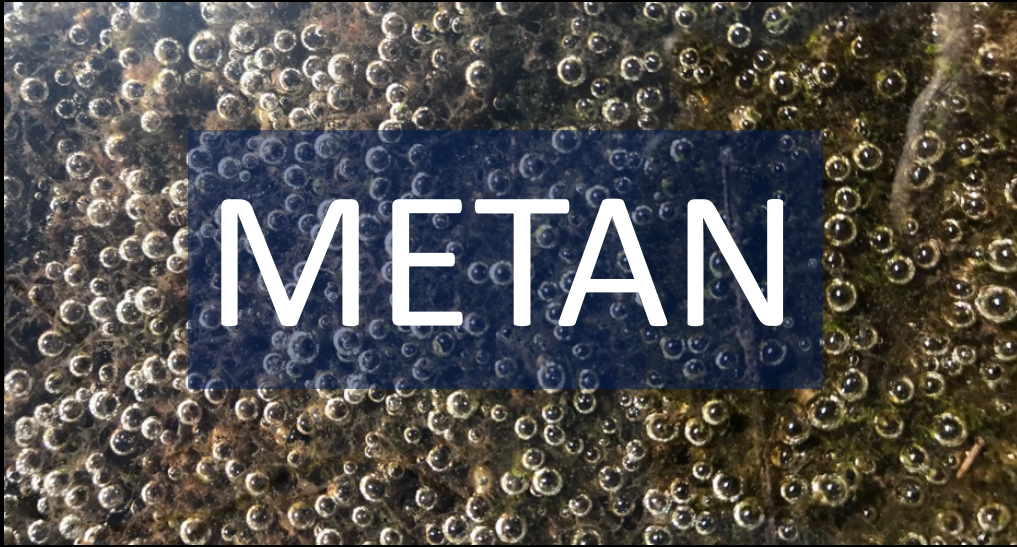


Photo by Andrey-Naumenko via Siberian Times.



Jak przewidzieć
przyszłość?



Las borealny:

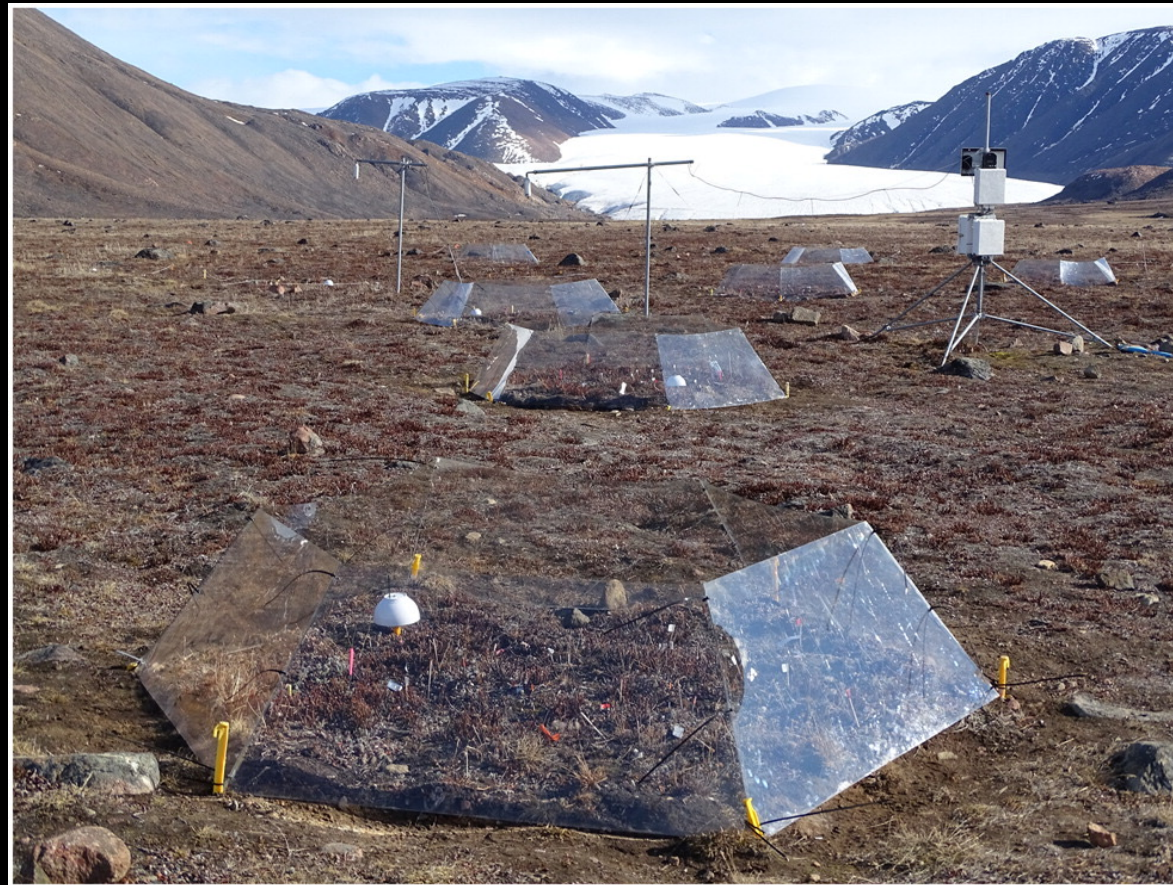
Reakcje świerków i torfowisk w zmieniającym się środowisku



Eksperyment oceniający reakcję północnych ekosystemów torfowisk na wzrost temperatury i narażenie na podwyższone stężenia CO₂ w atmosferze



Wieloletnia zmarzlina: eksperyment



Dwustronny wpływ – Sprzężenia zwrotne

Klimat => Lasy Borealne

- Pożary
- Gradacje szkodników
- Wiatr

Klimat => Wieloletnia zmarzlina

- Tajanie
- Przemiany roślinności
- Emisje metanu
- Pożary

Lasy Borealne => Klimat

- Zwiększone emisje dwutlenku węgla – podgrzewanie klimatu

Wieloletnia zmarzlina => Klimat

- Zwiększone emisje metanu – podgrzewanie klimatu

Podsumowanie

- Wywołane przez człowieka globalne ocieplenie niszczy lasy borealne i permafrost,
- Do atmosfery wydostaje się coraz więcej węgla (CO₂ i CH₄),
- Warunki życia ludzi na tych obszarach się pogarszają,
- Pojawia się coraz więcej pożarów – w tym "zombie fires",
- Znikają jeziora, jednocześnie zalewane są torfowiska,
- Sprzężenia zwrotne powodują że dodatkowo ociepla się klimat,
- Eksperymenty zmian globalnych pokazują przebudowę ekosystemów w glebie i nad ziemią.

“Powinniśmy zmniejszyć emisje węgla do atmosfery żeby pomóc ekosystemom i samym sobie”



Dziękuję za uwagę

Projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa w ramach programu
Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą
Spółeczna odpowiedzialność nauki – Popularyzacja nauki i promocja sportu,
nr projektu SONP/SP/546432/2022,
kwota dofinansowania 112 920,00 zł, całkowita wartość projektu 125 640,00 zł.



Ministerstwo
Edukacji i Nauki



UNIwersYTET
IM. ADAMA MICKIEWICZA
W POZNANIU



Wydział Nauk
Geograficznych i Geologicznych