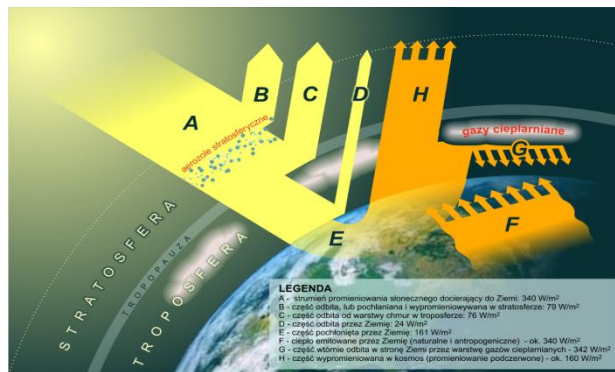
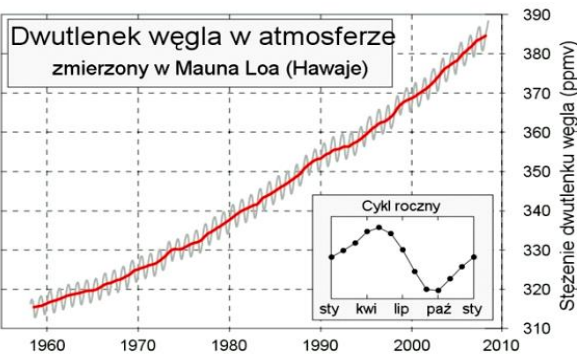
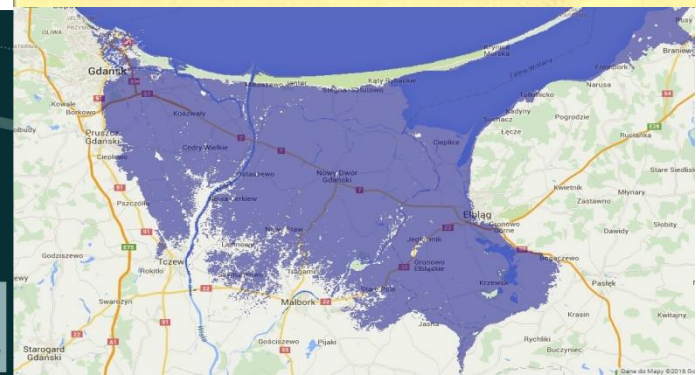
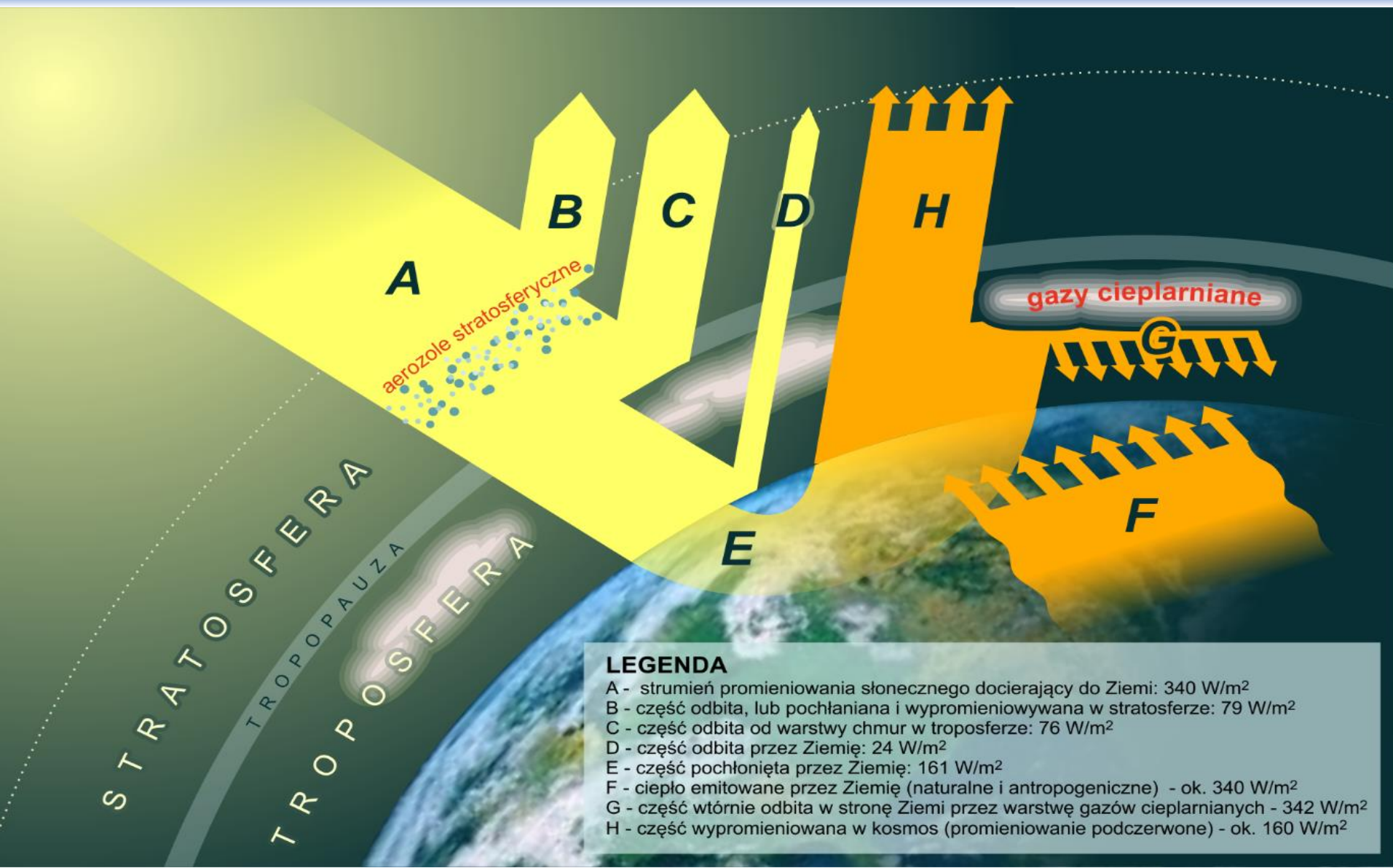


Zmiany klimatu i geoinżynieria klimatyczna

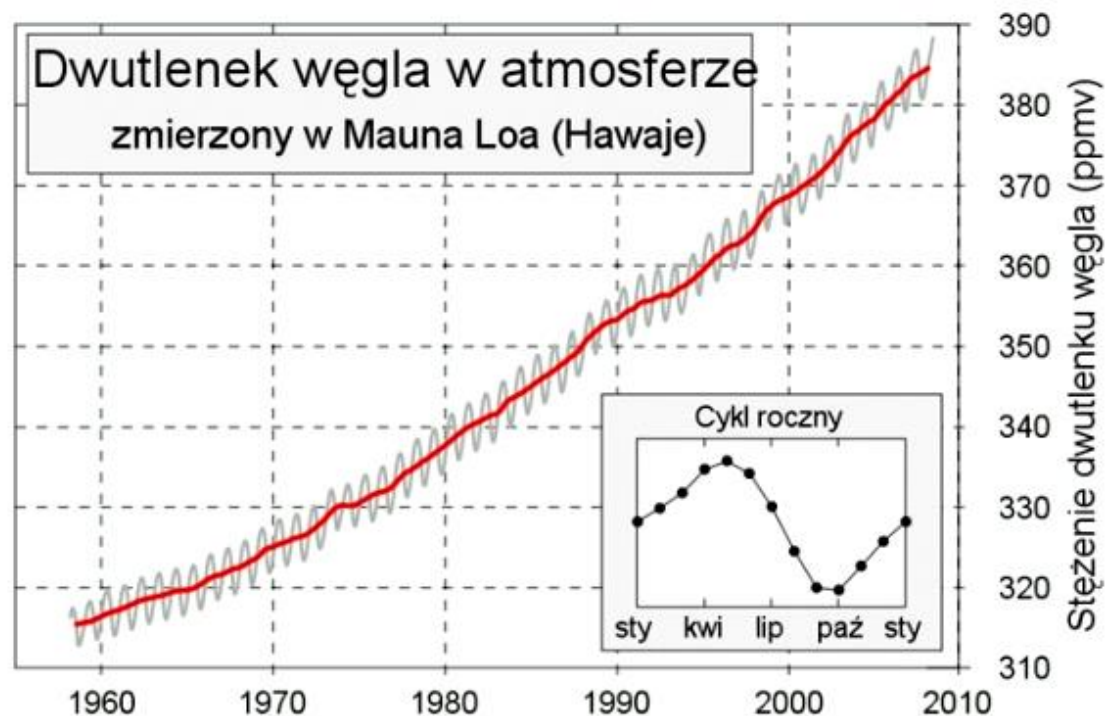




LEGENDA

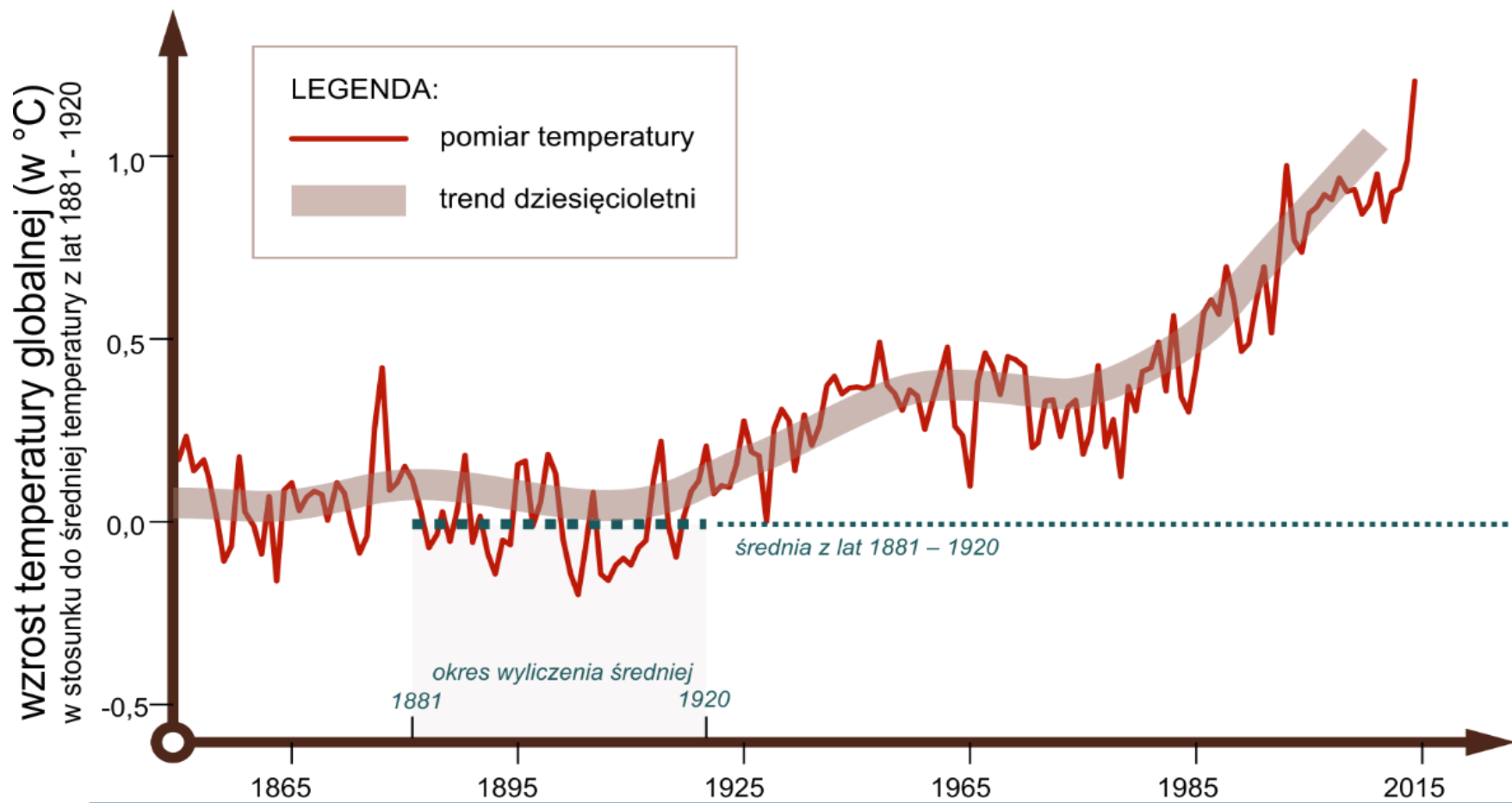
- A - strumień promieniowania słonecznego docierający do Ziemi: 340 W/m²
- B - część odbita, lub pochłaniana i wypromieniowywana w stratosferze: 79 W/m²
- C - część odbita od warstwy chmur w troposferze: 76 W/m²
- D - część odbita przez Ziemię: 24 W/m²
- E - część pochłonięta przez Ziemię: 161 W/m²
- F - ciepło emitowane przez Ziemię (naturalne i antropogeniczne) - ok. 340 W/m²
- G - część wtórnie odbita w stronę Ziemi przez warstwę gazów cieplarnianych - 342 W/m²
- H - część wypromieniowana w kosmos (promieniowanie podczerwone) - ok. 160 W/m²

Przyczyna zmian klimatu



Od kiedy ludzkość rozpoczęła wydobycie i spalanie węgla, a potem także ropy naftowej, stężenia CO₂ w atmosferze nieustannie rośnie.

Zmiany średniej temperatury powierzchni Ziemi (NASA, GISS)



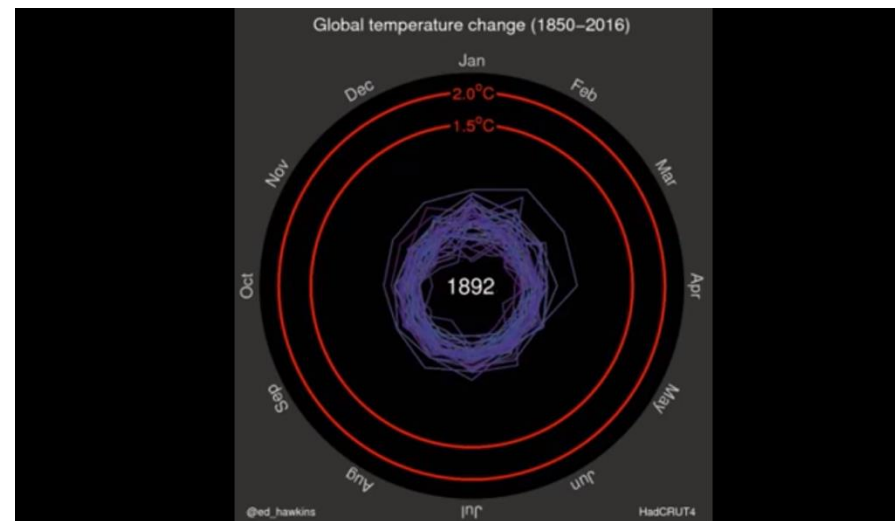
Ryc. 2. Roczna przeciętna emisja CO₂ na mieszkańca w wybranych krajach w roku 2003.

Nr	Kraj	Emisja
1	Katar	63,1
2	Zjedn. Emiraty Arabskie	33,6
3	Kuwejt	31,1
4	Luksemburg	22,0
5	Stany Zjednoczone	19,8
6	Australia	18,0
7	Arabia Saudyjska	13,0
8	Czechy	11,4
9	Singapur	11,3
10	Izrael	10,6

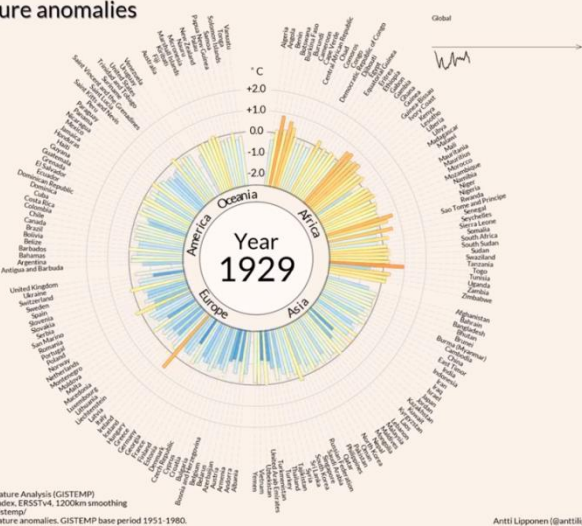
Nr	Kraj	Emisja
11	Irlandia	10,3
12	Rosja	10,3
13	Dania	10,1
14	Norwegia	9,9
15	Niemcy	9,8
16	Wielka Brytania	9,4
17	Holandia	8,7
18	Polska	7,9
19	Francja	6,2
20	Szwecja	5,9

Źródło: [Wikipedia](#)

A teraz zobaczymy jak już zmienił się klimat – 3 sposoby wizualizacji danych klimatycznych



Temperature anomalies



Data source:
NASA GISS Surface Temperature Analysis (GISSTEMP)
Land-Ocean Temperature Index, ERSSTv4, 1200km smoothing
<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
Average of monthly temperature anomalies, GISTEMP base period 1951–1980.

Temperature Anomalies by Country Years 1880 - 2017

1925



Afghanistan	Albania	Algeria	Andorra	Angola	Antarctica	Argentina	Armenia	Australia	Austria	Azerbaijan	Bahamas, The	Bahrain	Bangladesh	Barbados	Belarus
Belize	Benin	Bhutan	Bolivia	Bosnia and H.	Botswana	Brazil	Brunei	Bulgaria	Burkina Fao	Burundi	Cabo Verde	Cambodia	Cameroon	Canada	Central African Rep.
Chad	Chile	China	Colombia	Comoros	Congo, DR	Congo, R	Costa Rica	Croatia	Cuba	Cyprus	Czechia	Côte d'Ivoire	Denmark	Djibouti	Dominica
Dominican Republic	Ecuador	Egypt, Arab Rep.	El Salvador	Equatorial Guinea	Eritrea	Estonia	eSwatini	Ethiopia	Fiji	Finland	France	Gabon	Gambia, The	Georgia	Germany
Ghana	Greece	Grenada	Guatemala	Guinea	Guinea-Bissau	Guyana	Haiti	Honduras	Hungary	Iceland	India	Indonesia	Iran, Islamic Rep.	Iraq	Ireland
Israel	Italy	Jamaica	Japan	Jordan	Kazakhstan	Kenya	Kiribati	Korea, DPR	Korea	Kosovo	Kuwait	Kyrgyz Republic	Lao PDR	Latvia	Lebanon
Lesotho	Liberia	Libya	Liechtenstein	Lithuania	Luxembourg	Macedonia, FYR	Madagascar	Malawi	Malaysia	Maldives	Mali	Malta	Marshall Islands	Mauritania	Mauritius
Mexico	Micronesia	Moldova	Monaco	Nepal	Norway	Nigeria	Norway	Oman	Pakistan	Palau	Panama	Papua New Guinea	Paraguay	Peru	Philippines
Niger	Norway	Oman	Pakistan	Palau	Panama	Papua New Guinea	Paraguay	Peru	Philippines	Poland	Portugal	Qatar	Romania	Russia	Rwanda
Samoa	San Marino	Sao Tome and P.	Saudi Arabia	Senegal	Seychelles	Sierra Leone	Singapore	Slovak Republic	Slovenia	Solomon Islands	Somalia	South Africa	South Sudan	Spain	Sri Lanka
St. Kitts and Nevis	St. Lucia	St. V. and the G.	Sudan	Suriname	Sweden	Switzerland	Syria	Taiwan	Tajikistan	Thailand	Timor-Leste	Togo	Tonga	Trinidad and Tobago	Turkmenistan
Turkey	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan	Turkmenistan

Data Source:
NASA GISS, GISTEMP Land-Ocean Temperature Index (LOTI, ERSSTv4, 1200km smoothing)
<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
Average of monthly temperature anomalies, GISTEMP base period 1951–1980.

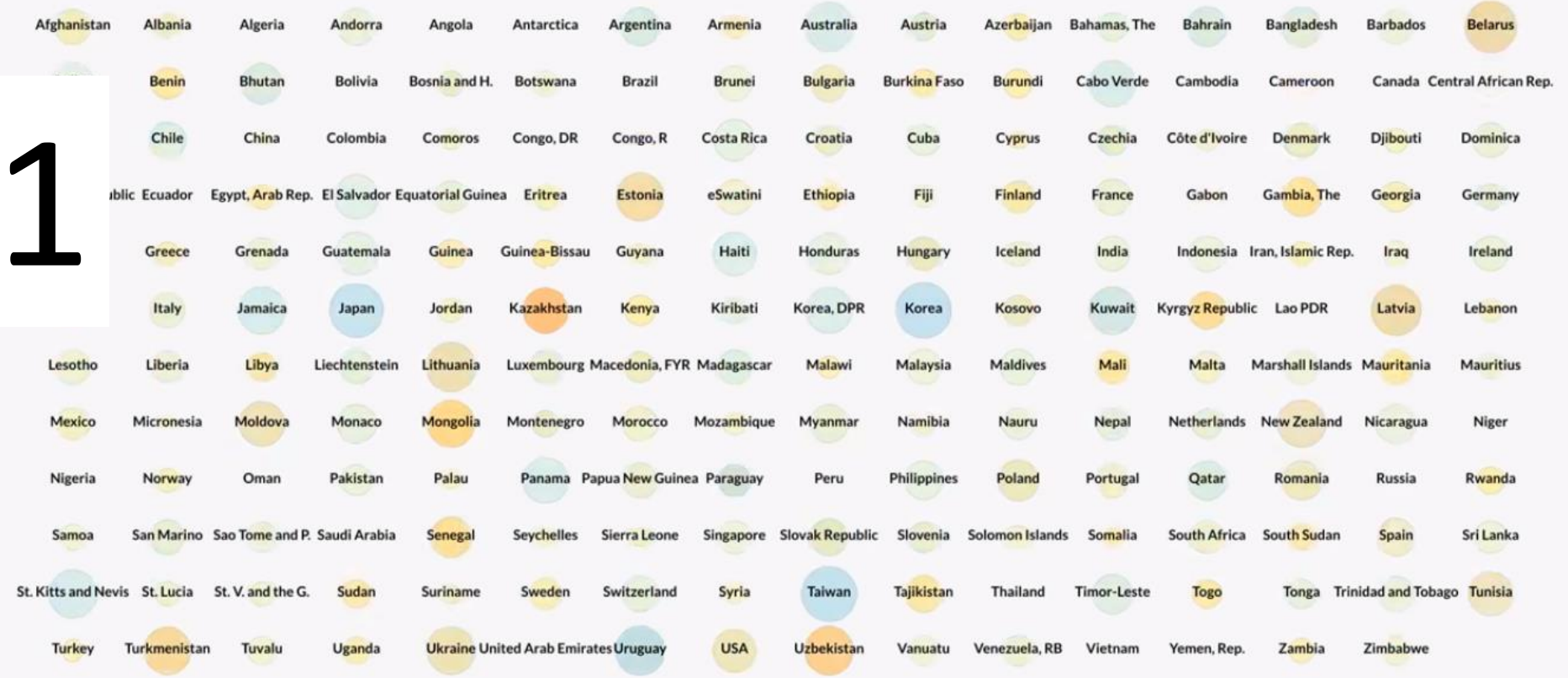
Video license: CC-BY-4.0
Arntti Lipponen (@arnttilip)

Temperature Anomalies by Country Years 1880 - 2017

1925



1

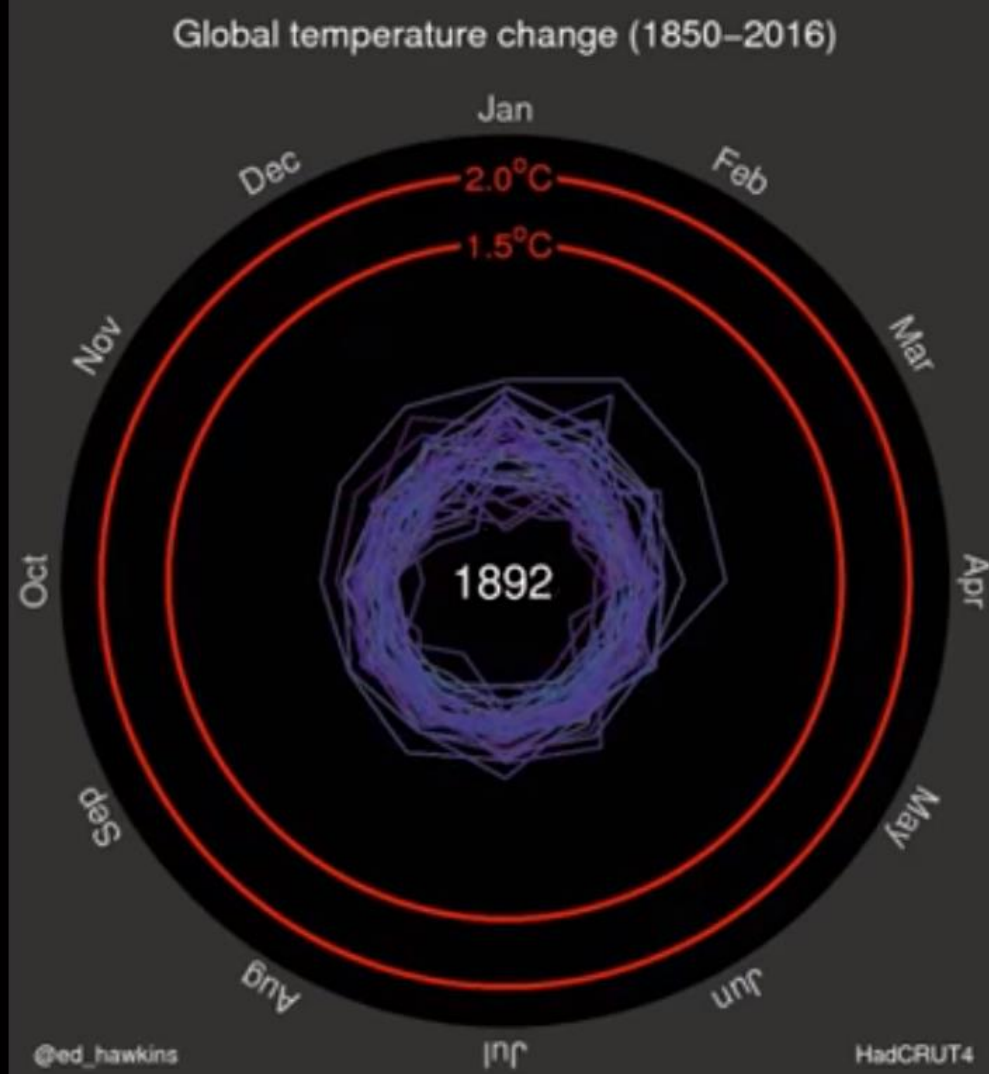


Data Source:
NASA GISS, GISTEMP Land-Ocean Temperature Index (LOTI), ERSSTv5, 1200km smoothing
<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
Average of monthly temperature anomalies. GISTEMP base period 1951-1980.

Video license: CC-BY-4.0
Antti Lipponen (@anttilip)

[YouTube \(0:36\)](#)

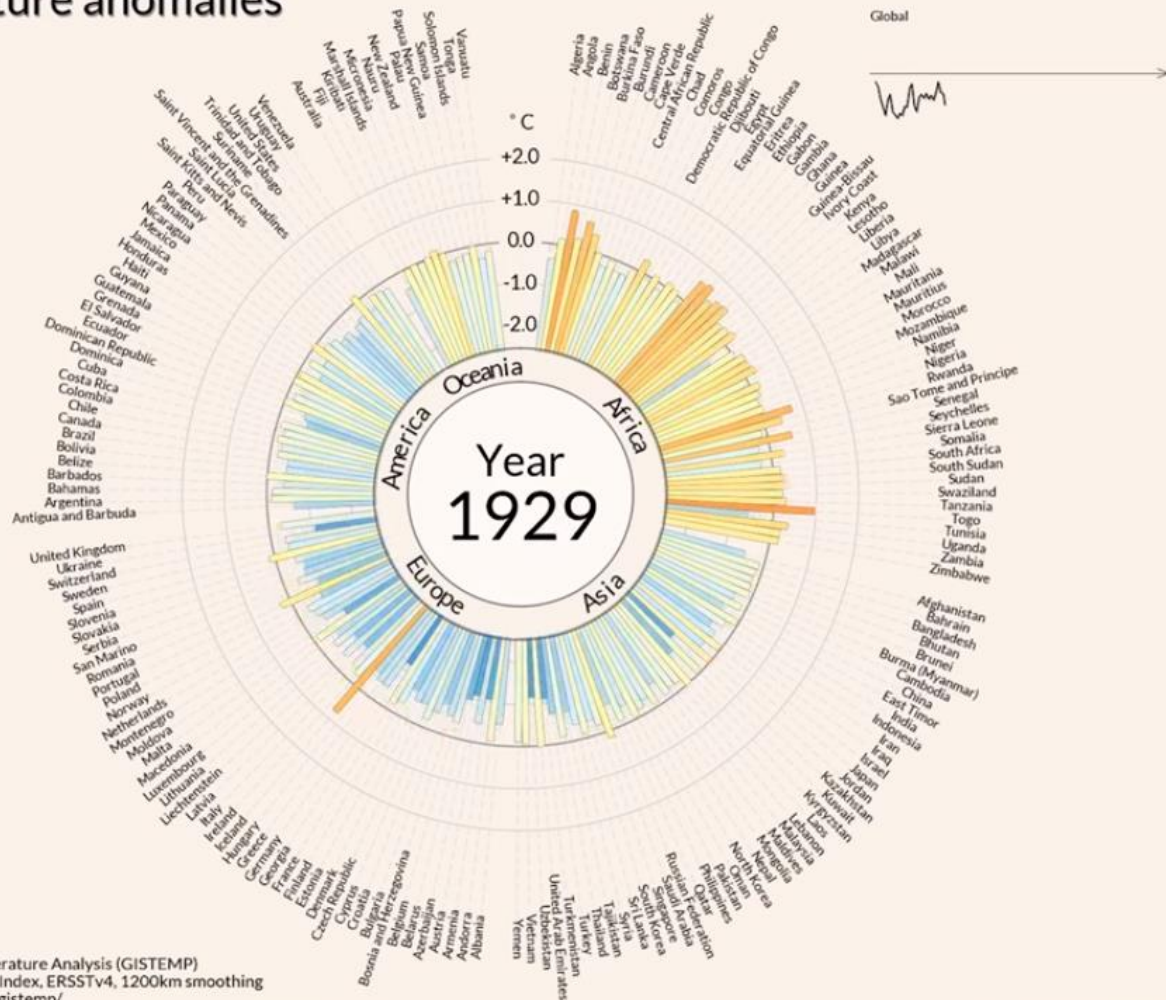
2



[You Tube \(0:25\)](#)

Temperature anomalies

3



Data source:
 NASA GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)
 Land-Ocean Temperature Index, ERSSTv4, 1200km smoothing
<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
 Average of monthly temperature anomalies. GISTEMP base period 1951-1980.

Antti Lipponen (@anttilip)

[You Tube \(0:46\)](#)

Skutki zmian klimatu



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



Rzeczpospolita
Polska



MINISTERSTWO
INWESTYCJI
I ROZWOJU

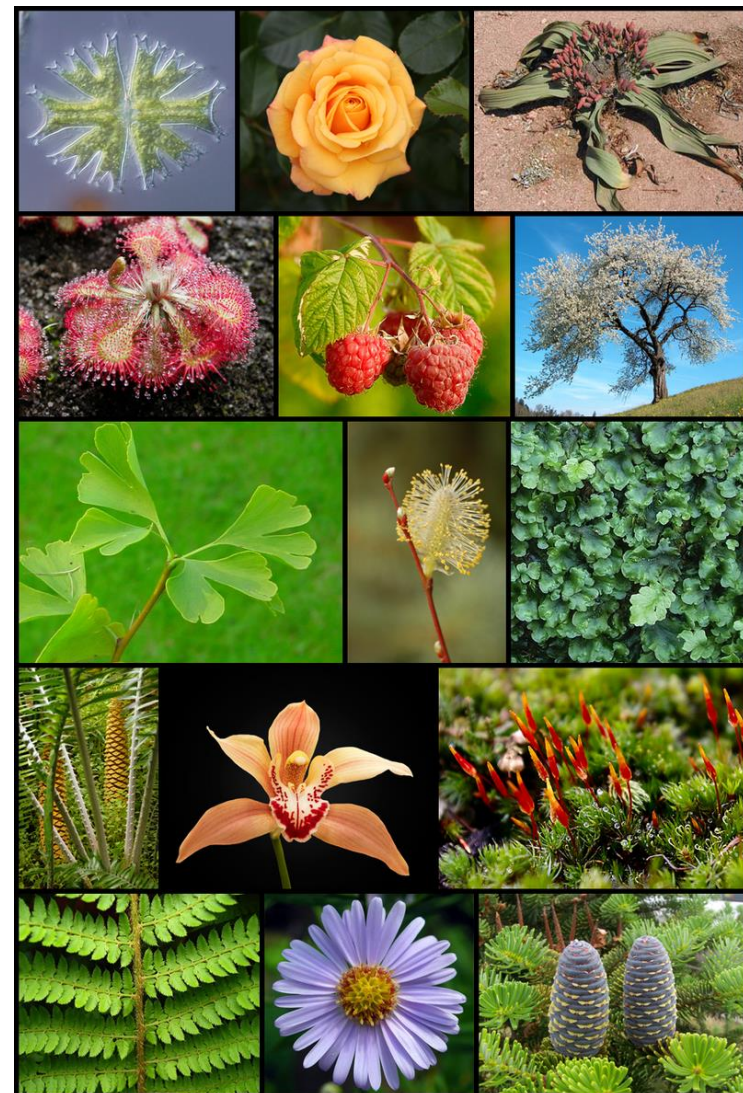
Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Zmiany klimatu w Polsce – częste pierwsze skojarzenia

„Wszystko będzie silniej rośło”..

„Będzie dłuższe lato”



Prawdziwe skutki:

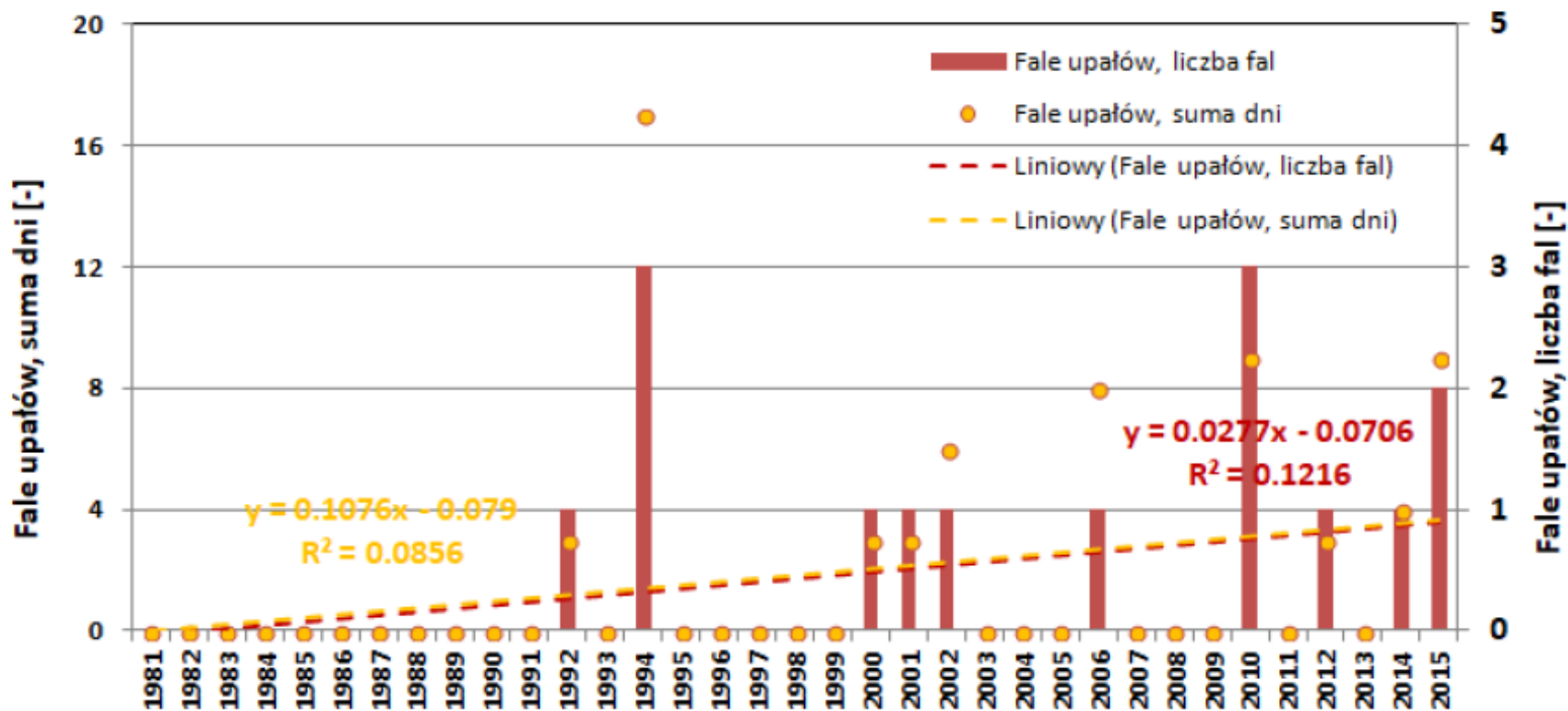
1. długotrwałe upały
2. podnoszenie się poziomu morza
3. opady nawalne deszczu
4. długotrwałe susze
5. gwałtowne wichury
6. zmiana położenia gatunków



Dymiące kominy – symbol postępu i uprzemysłowienia z banknotu będącego w Polsce w obiegu w latach 1950-1978

Skutkiem dodatkowym może być pojawienie się migrantów klimatycznych.

1. Zwiększanie się ilości oraz długości fal upałów



Upały

1. Powodują dyskomfort.
2. Obniżają efektywność pracy.
3. Są często śmiertelne dla ludzi starszych oraz mających kłopoty z układem krążenia.

onet WIADOMOŚCI

enhanced by Google

KRAJ	ŚWIAT	TYLKO W ONECIE	POLITICO	POGODA ▾	PROGRAM TV	REGIONALNE ▾
WIADOMOŚCI >	ŚWIAT	Unia Europejska	NATO	Państwo Islamskie	Chiny	Francja Niemcy Rosja Tu

Japonia: Rekord ciepła pod Tokio. Ponad 40 ofiar śmiertelnej fali upałów

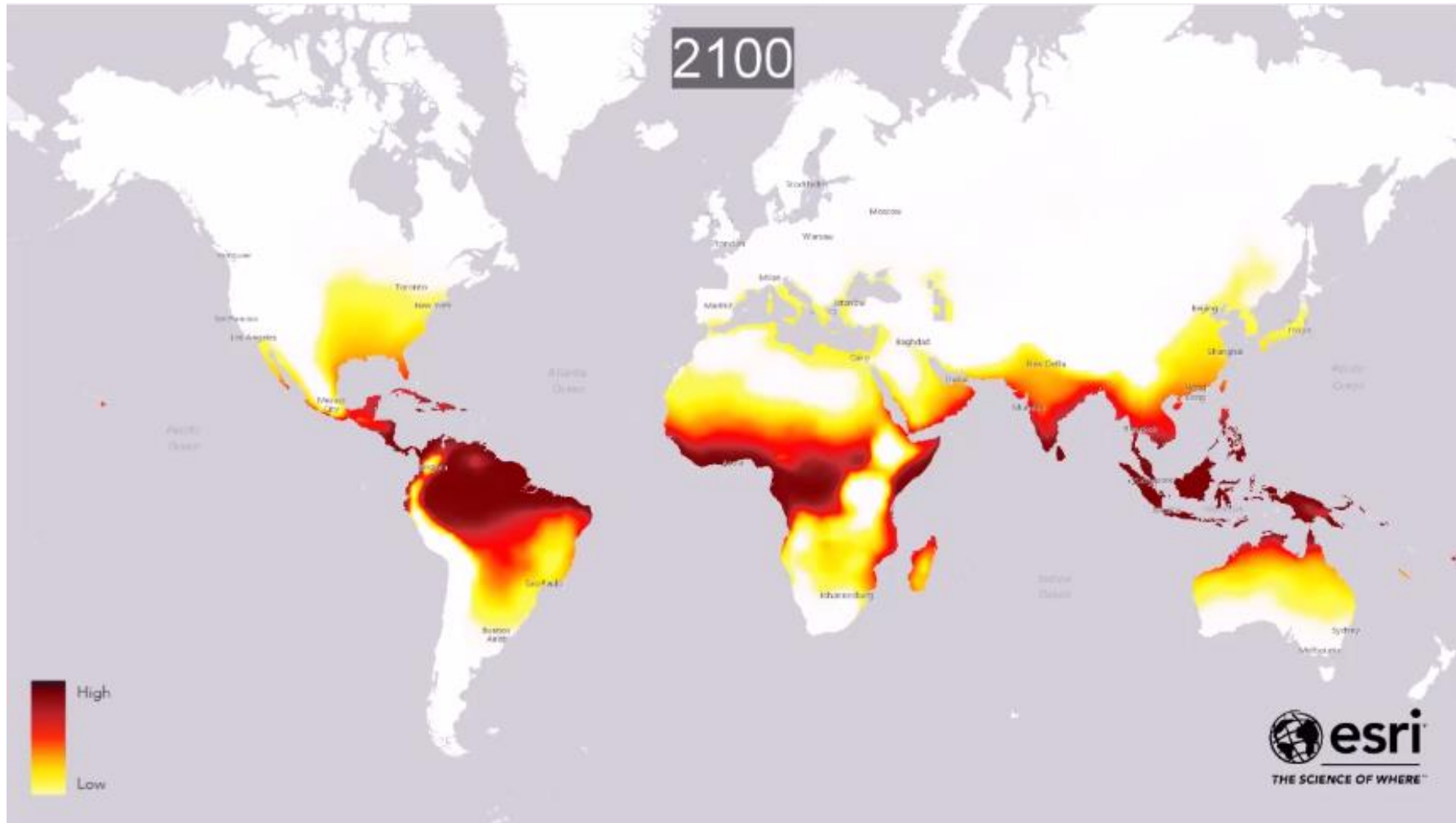
23 lip 18 11:26

[f FACEBOOK | 42](#)
[TWITTER](#)
[E-MAIL](#)
[KOPIUJ LINK](#)

Termometry w mieście Kumagaya pod Tokio pokazały dziś 41,1 stopnia Celsjusza. To najwyższa temperatura w historii pomiarów w Japonii. Fala upałów po okresie obfitych deszczy i powodzi utrzymuje się w tym kraju od ponad tygodnia.



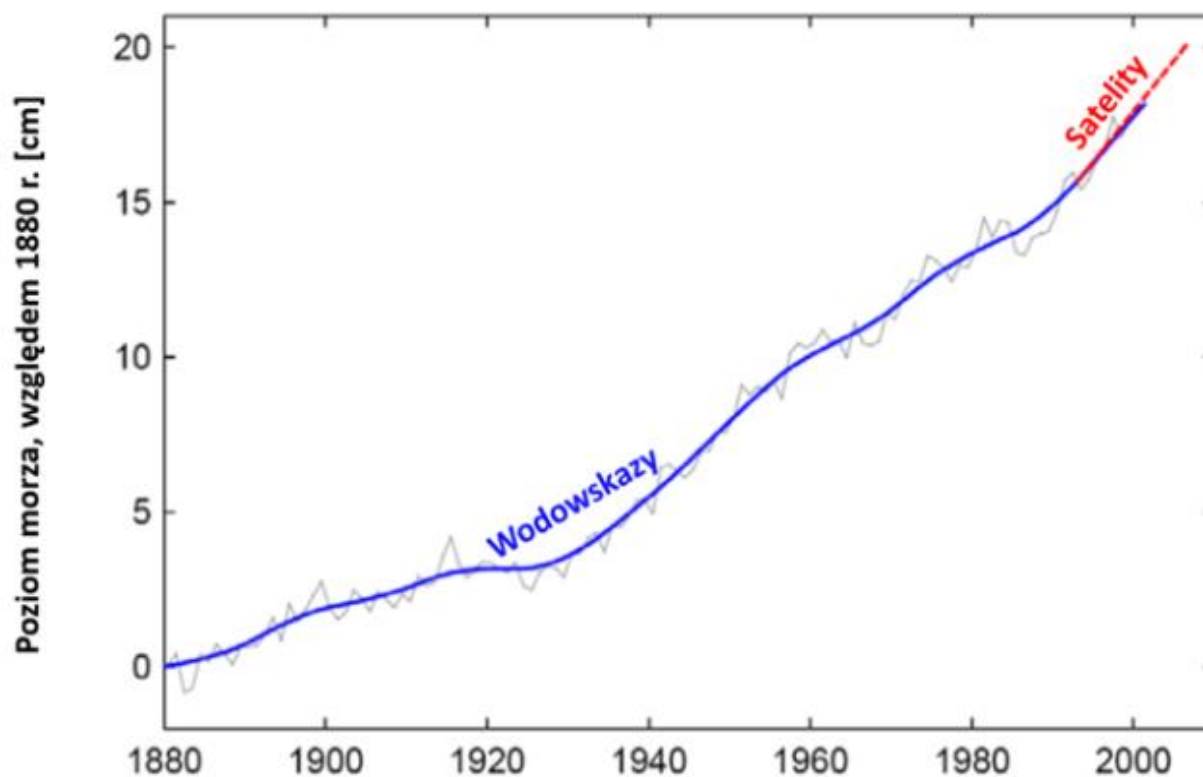
Prognozowane na rok 2100 występowanie upałów o śmiertelnym nasileniu



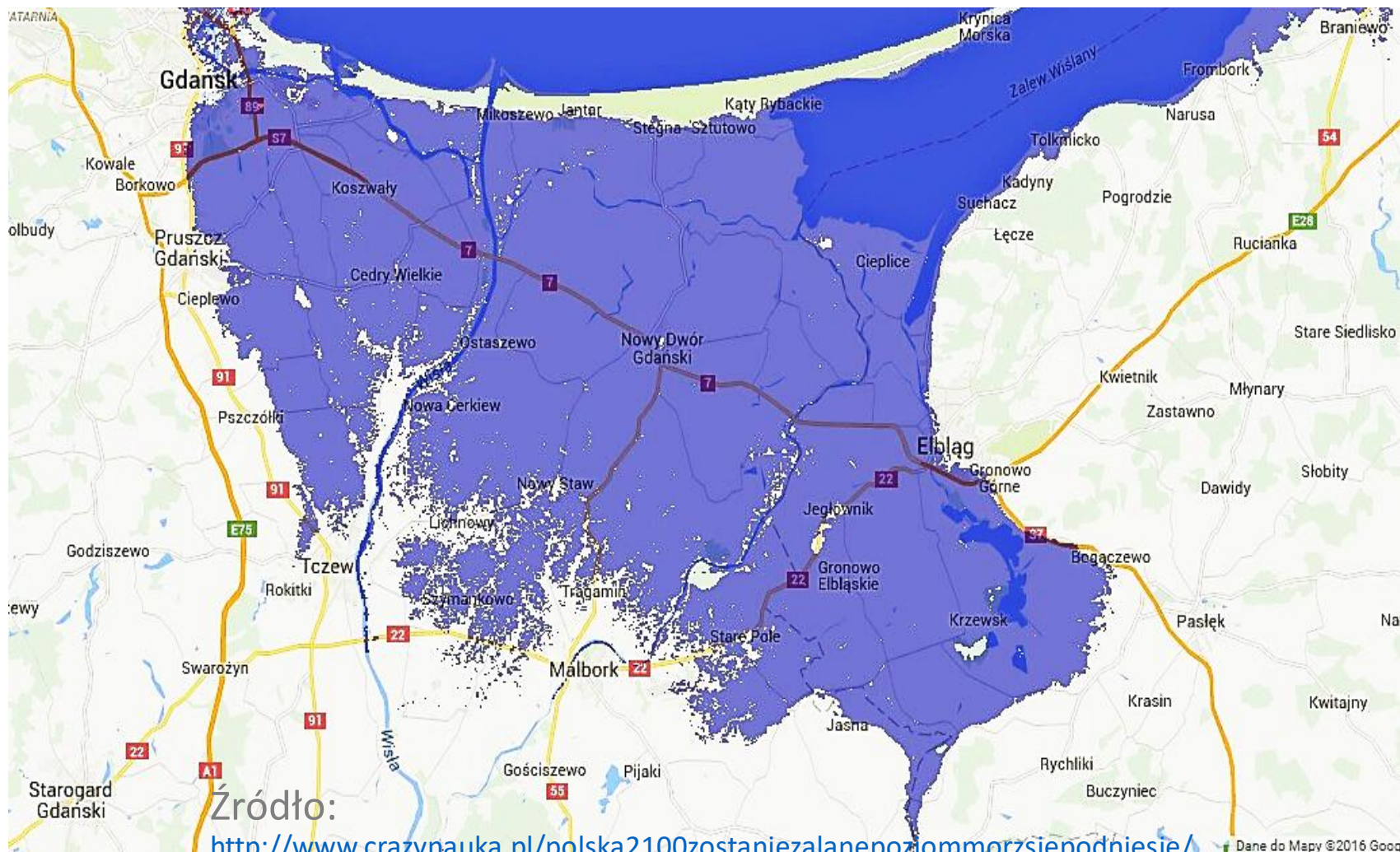
Źródło: 2017 Materiał edukacyjny opracowany przez koncern ESRI [Animacja pokazująca występowanie upałów o śmiertelnym nasileniu od roku 1950 oraz prognoza występowania takich upałów do 2100](#)

2. Podnoszenie się poziomu morza

Poziom morza – zmiana od 1880 roku



Gdańsk i Żuławy po podniesieniu się poziomu morza o 1 m



Wybrzeże Polski po podniesieniu się poziomu morza o 2 m



Wizja zmiany mapy Europy po podniesieniu się poziomu mórz o 60 m



<http://flood.firetree.net>

3. Gwałtowne ulewy

Łączna suma opadu może przekraczać wtedy 100 mm.

Występują tylko w okresie letnim i na ogół związane są z niewielkim obszarem.



źródło: Wikipedia

Często właśnie takie opady są przyczyną lokalnych powodzi **zwanych powodziami błyskawicznymi**.

Podczas powolnych
wielodniowych deszczy,
woda ma czas
aby zostać wchłonięta
przez glebę.

Podczas gwałtownej burzy
wody jest tak wiele,
że prawie cała odpływa.
To zwiększa ryzyko przyszłych susz.



Warszawa najbardziej zagrożonym potopem miastem w Polsce

15.07.2016 0 komentarzy

Brak lub nadmiar wody



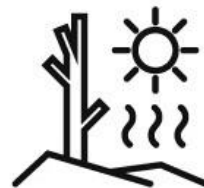
osuwiska powstałe
na skutek gwałtownych
deszczów



sztormy powodujące
erozję wybrzeża



przerwy w dostawach
prądu związane z niskim
poziomem rzek, których
wody chłodzą elektrownie



susze



brak wody



załamanie się rolnictwa



coraz rzadsze deszcze,
sporadyczne ulewy
powodujące podtopienia

NOW

...za niecałe 100 lat nasz kraj może stać się stepem

[FILM](#) (1:57)



regionfakty.pl



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



Rzeczpospolita
Polska



MINISTERSTWO
INWESTYCJI
I ROZWOJU

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



4. Ekstremalne wiatry



uszkodzenia budynków



uszkodzenia
infrastruktury - dróg,
mostów, sieci elektrycznej



trąby powietrzne



niszczenie upraw



wiatrołomy

5. Zmiana występujących gatunków

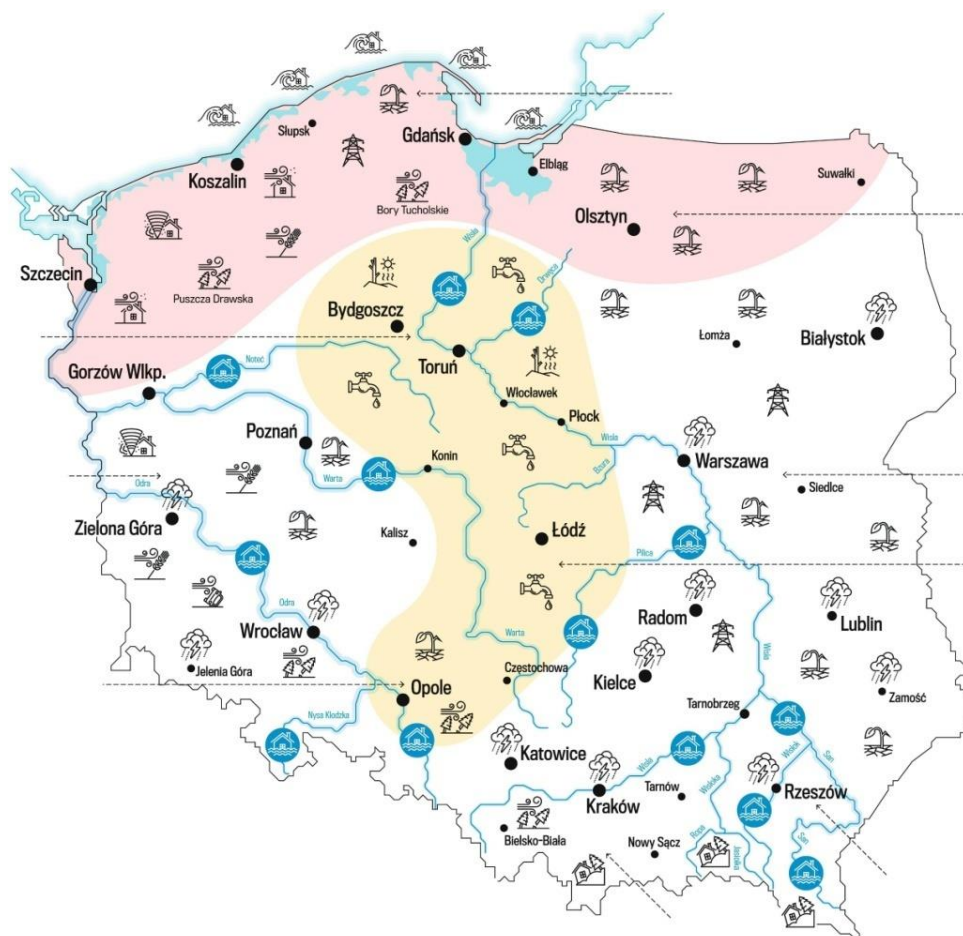
Jak obliczyli klimatolodzy, **wzrost średniej temperatury powietrza o zaledwie 1 stopień** powoduje rozciągnięcie areału występowania populacji zwierząt: 160 km w kierunku bieguna lub 100 metrów wyżej w przypadku gatunków górskich.

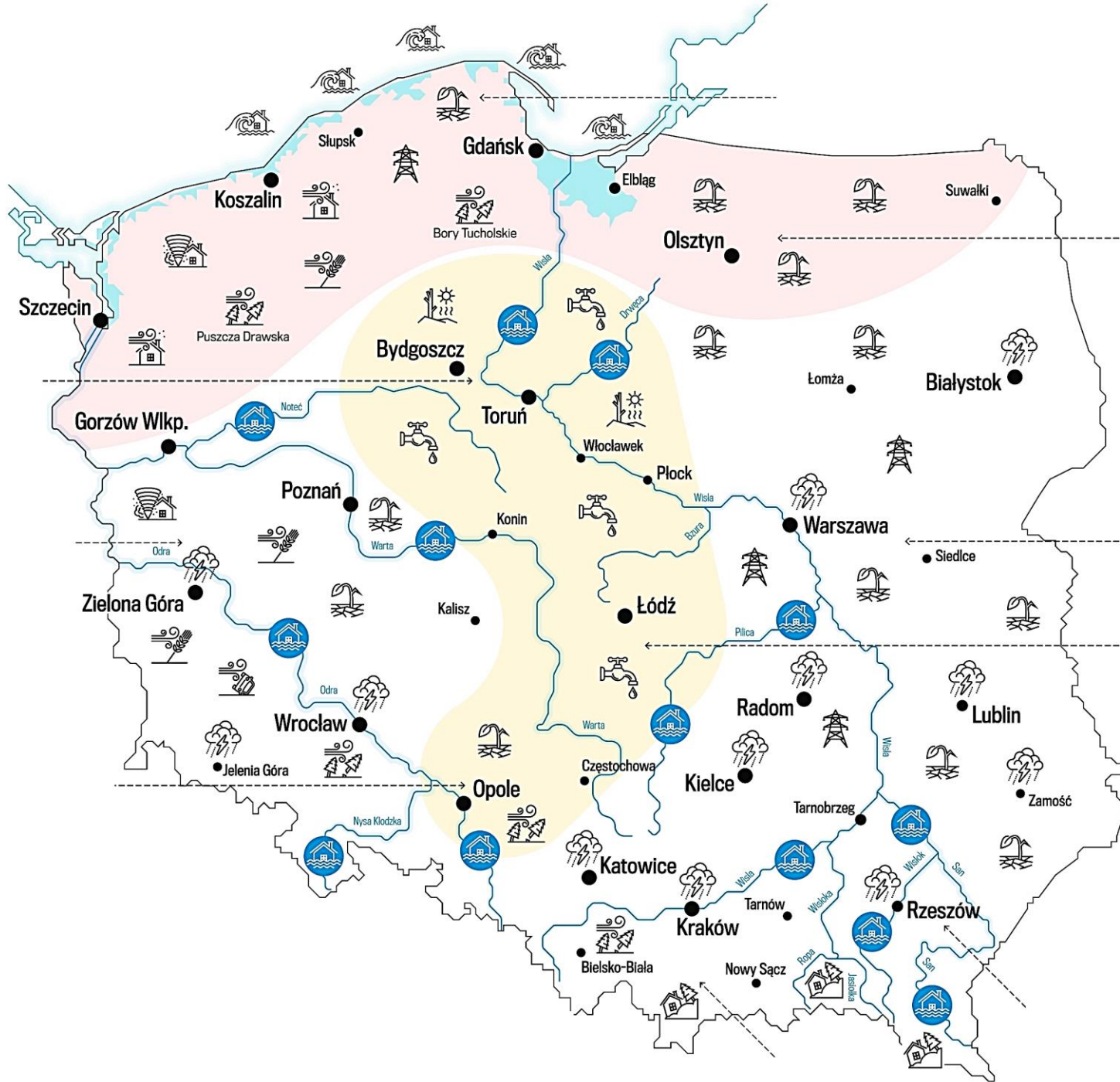


PODSUMOWANIE

Ostatecznie spodziewany rozkład zagrożeń dla Polski 2050 na skutek zmian klimatu

-  tereny zalane przez morze (wzrost średniego poziomu morza o 1 m)
-  obszar występowania zjawiska eutrofizacji rzek i jezior
-  obszary pustynniejące na skutek obniżenia poziomu wód gruntowych i zaniku rzek
-  doliny rzek regularnie nawiedzane przez powódzie





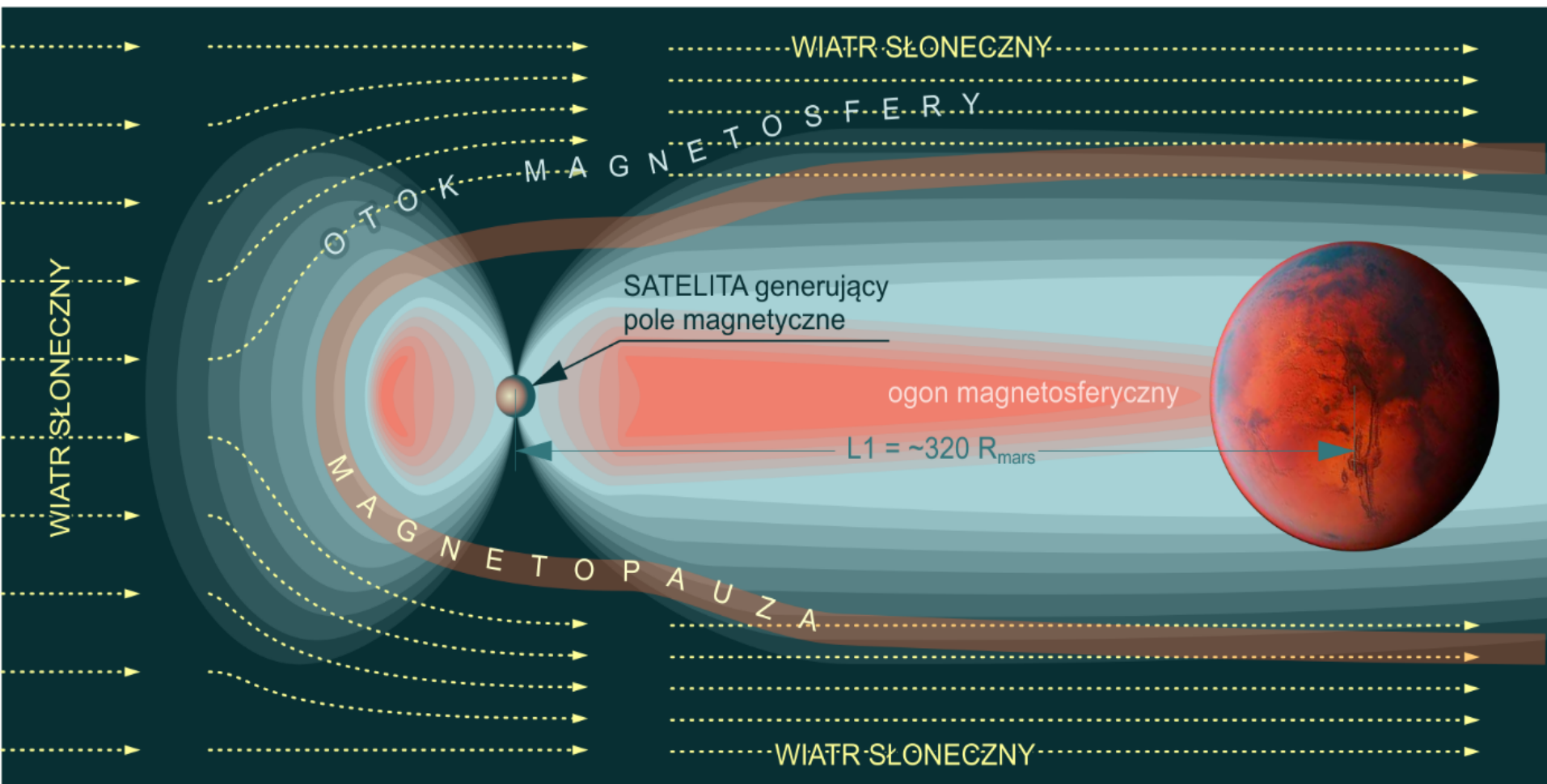


Narastająca świadomość skutków zmian klimatu **obudziła społeczną aktywność** – szczególnie ludzi młodych.

Geoinżynieria klimatyczna

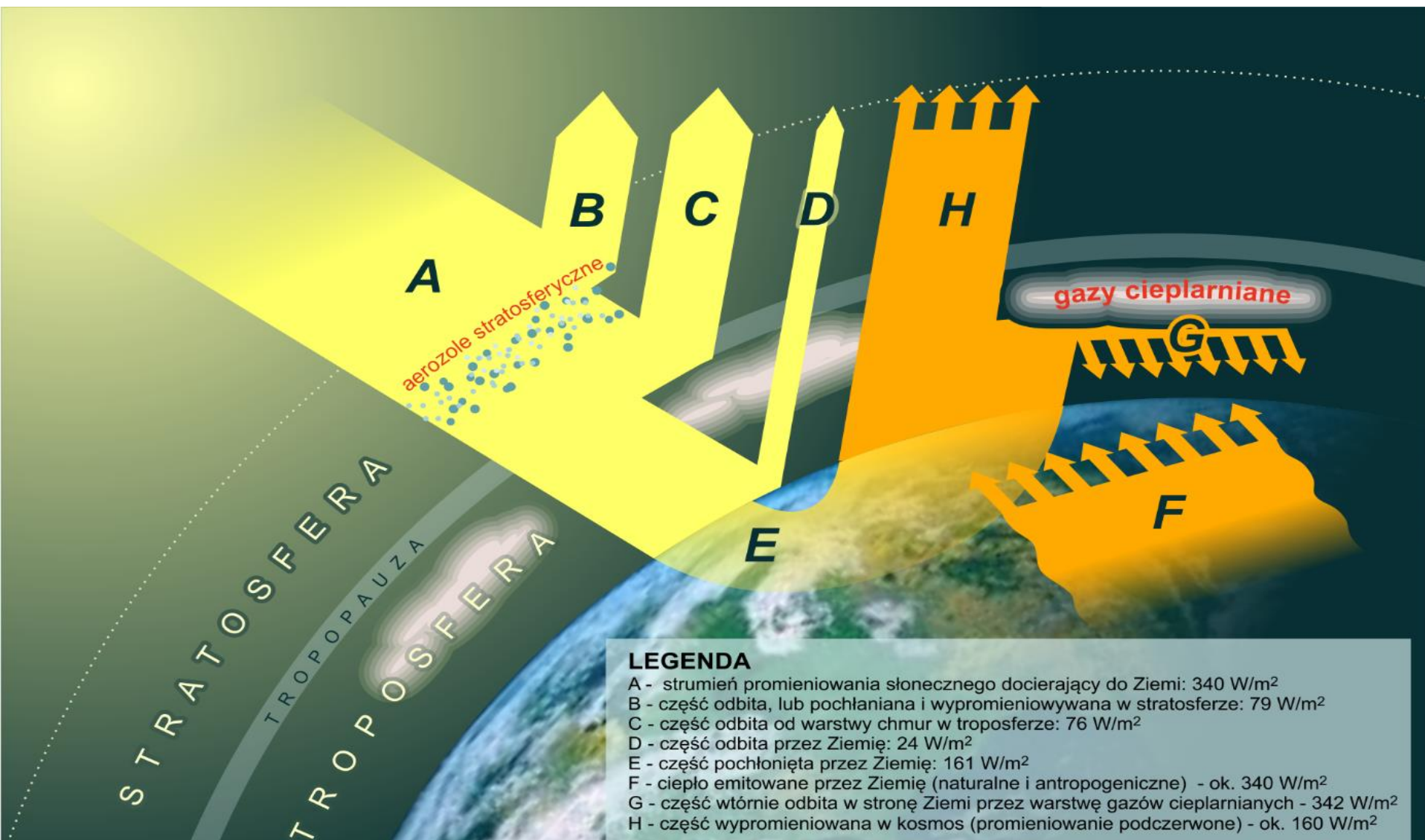
... pozwoli nam zyskać czas potrzebny,
aby zbudować zeroemisyjną gospodarkę

Przykład geoinżynierii rozważanej do zastosowania na Marsie – stworzenie sztucznej osłony przez wiatrem słonecznym



A teraz Ziemia ...

Przypominam rysunek z początku wykładu.

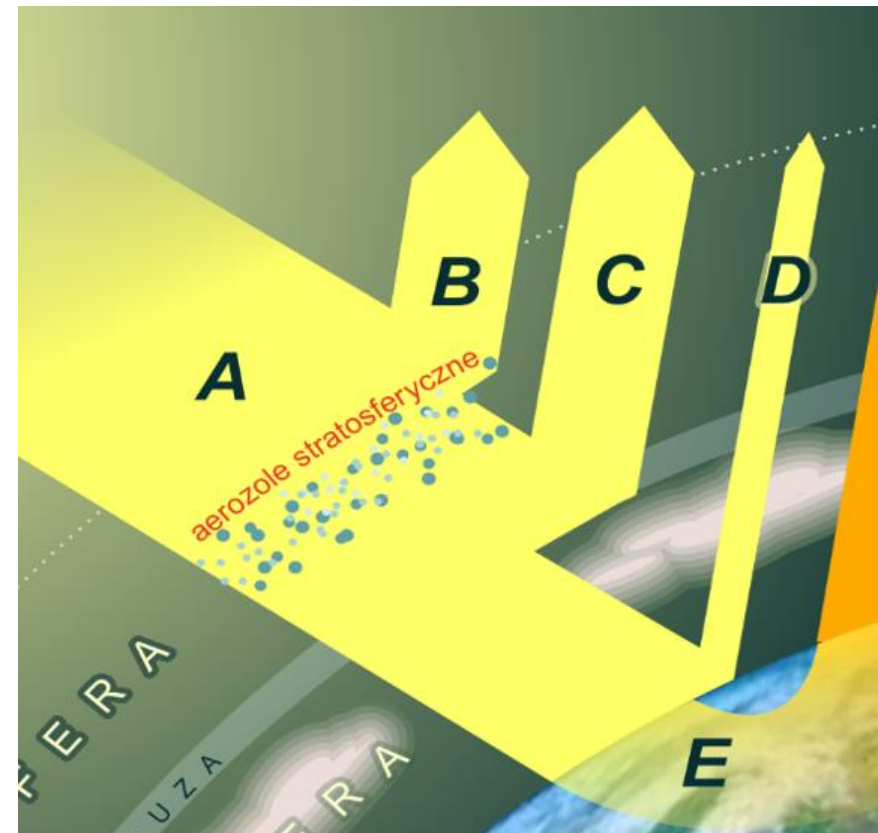


LEGENDA

- A - strumień promieniowania słonecznego docierający do Ziemi: 340 W/m^2
- B - część odbita, lub pochłaniana i wypromieniowywana w stratosferze: 79 W/m^2
- C - część odbita od warstwy chmur w troposferze: 76 W/m^2
- D - część odbita przez Ziemię: 24 W/m^2
- E - część pochłonięta przez Ziemię: 161 W/m^2
- F - ciepło emitowane przez Ziemię (naturalne i antropogeniczne) - ok. 340 W/m^2
- G - część wtórnie odbita w stronę Ziemi przez warstwę gazów cieplarnianych - 342 W/m^2
- H - część wypromieniowana w kosmos (promieniowanie podczerwone) - ok. 160 W/m^2

Trzy metody zwiększania ilości odbitego światła

- A. Rozprowadzanie aerozoli siarkowych w wysokich warstwach atmosfery
- B. Zmiana albedo chmur
- C. Zwiększanie albedo powierzchni ziemi



A. Rozprowadzanie aerozoli siarkowych w wysokich warstwach atmosfery

Wiadomo empirycznie, że duże erupcje wulkaniczne są w stanie wyemitować tyle gazów i pyłu, że ochładza to Ziemię.

Erupcja wulkanu Pinatubo na początku lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku schłodziła klimat na kilka lat.

Ryzyka: Może zaburzyć cyrkulację wody i opadanie deszczów, zwłaszcza monsunów. Aerozole utrzymują się w powietrzu kilka lat. Koszt roczny ok 10 mld USD.

B. Zmiana albedo chmur

Pomysł polega na zbudowaniu **specjalnych statków** napędzanych wiatrem, które będą pływały po oceanie i rozpylały wodę morską.

Cząsteczki soli, które pozostaną po wyparowaniu, są znakomitymi jądrami kondensacji i w ten sposób mogą spowodować, że chmury obecne nad nimi staną się „bielsze” i odbiją więcej promieniowania słonecznego.





„Ślady” statków oceanicznych widoczne w chmurach z satelity NASA

C. Zwiększanie albedo powierzchni Ziemi

Jest oczywiste,
że biały śnieg
odbija więcej
światła
niż **czarny asfalt.**

Może by więc tak
pomalować
asfalt..?

Ryc. 5. Przykłady albedo różnych powierzchni ziemi

Powierzchnia	typowe albedo
Świeży asfalt	0,04
Otwarty ocean	0,06
Zużyty asfalt	0,12
Las iglasty	0,08 do 0,15
Drzewa liściaste (latem)	0,15 do 0,18
Odsłonięta gleba	0,17
Zielona trawa	0,25
Średnie albedo planety Ziemi	0,38
Pustynia piaszczysta	0,40
Nowy beton	0,55
Jezdnia pomalowana na biało farbą chlorokauczukową	0,65
Lód oceaniczny	0,5 do 0,7
Świeży śnieg	0,80

Opracowanie: W. Kłosowski



Źródło: [Twitter](#) Patrz także: 2018-04-11 BusinessInsider.com Jeremy Berke i Marisa Palmer „[25 tysięcy dolarów za kilometr. Los Angeles maluje ulice na białą](#)”

Nie jest przypadkiem,
że w krajach
śródziemnomorskich
maluje się często
budynki na biało.



Dwie metody wiązania dwutlenku węgla

- A. Wiązanie CO₂ w biomasie
- B. Wiązanie CO₂ ze skałami
- C. Wtłaczanie CO₂ pod ziemię (sekwestracja)

A. Wiązanie CO₂ w biomasie

1. zwiększanie powierzchni leśnej w wyniku zalesiania gruntów porolnych
2. odnawianie lasu z udziałem gatunków szybko rosnących
3. zabiegi hodowlane zwiększające zapas na pniu
4. przedłużanie żywotności produktów z drewna oraz ich recykling
5. redukcja emisji ze źródeł kopalnych
6. energetyczne wykorzystywanie drewna
7. zwiększanie retencji węgla w glebie

Drzewo szybko rosnące Oxytree źródło: [Wikipedia](#)



B. Wiązanie CO₂ ze skałami

Rozważa się przekształcanie CO₂ w pospolite minerały
- **węglan wapnia lub magnezu.**
Proces ten zachodzi w naturze, przebiega jednak bardzo powoli.

Wyzwaniem jest **przyspieszenie** go przy pomocy **ciepła, ciśnienia** oraz **mechanicznej i chemicznej obróbki minerałów.**



C. Wiązanie CO₂ pod powierzchnią Ziemi

Z perydotytu – **ultrazasadowej skały głębinowej** – jest zbudowany górny płaszcz Ziemi.

Naukowcy z Columbia University (USA) odkryli, że jego pokłady doskonale nadają się jako **magazyny chemiczne CO₂**.

Perydotyt, którego ogromne pokłady znajdują się min. w Afryce i Stanach Zjednoczonych, może być wykorzystany, niczym gąbka, do akumulacji dwutlenku węgla zawartego w powietrzu.



2008-11-20 Serwis ekologia.pl "[Czy perydotyt oczyści świat z CO₂?](#)"

C. W Islandii od 2012 r. trwa projekt CarbFix

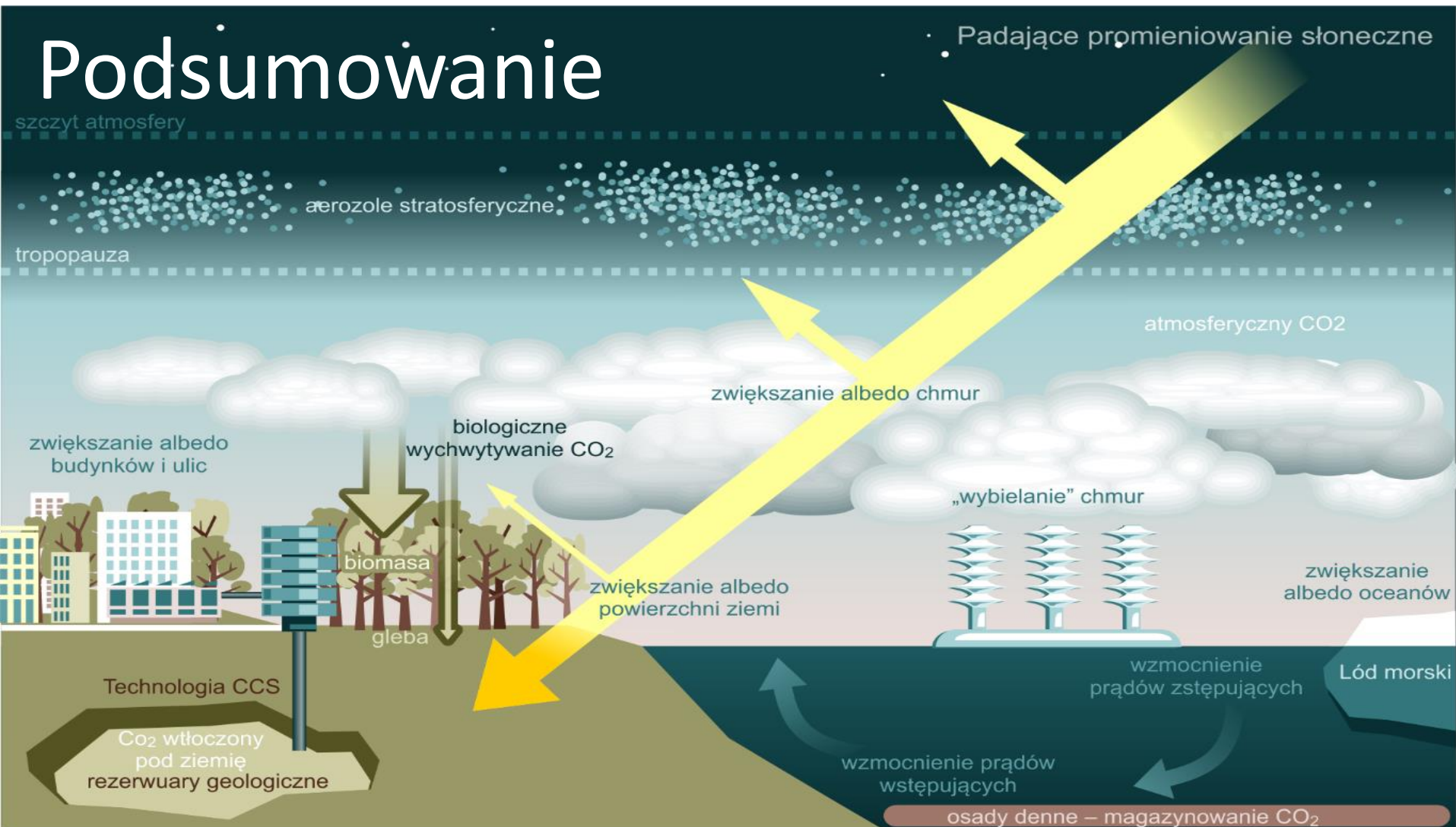
Dwutlenek węgla produkowany przez elektrownię w Reykjavíku jest rozpuszczany w wodzie i **wtłaczany pół kilometra w głąb** pobliskich skał.

To eksperyment, który ma wykazać, czy da się ten cieplarniany gaz bezpiecznie i w trwały sposób schować pod ziemią.



2016-06-11 GW Michał Rolecki ["Dwutlenek węgla można zamknąć w skałach"](#)

Podsumowanie

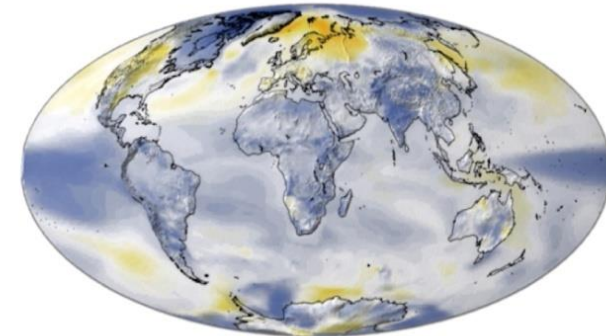
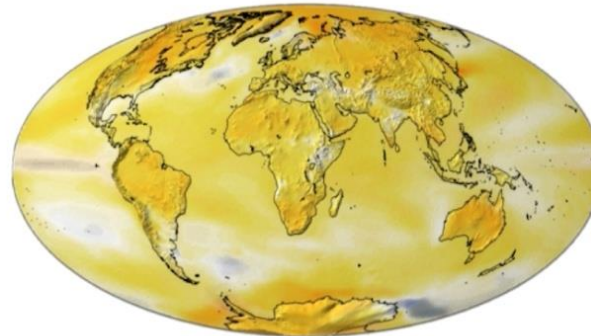


Stosując **geoinżynierię klimatyczną** kupimy czas potrzebny do transformacji gospodarki na zeroemisyjną

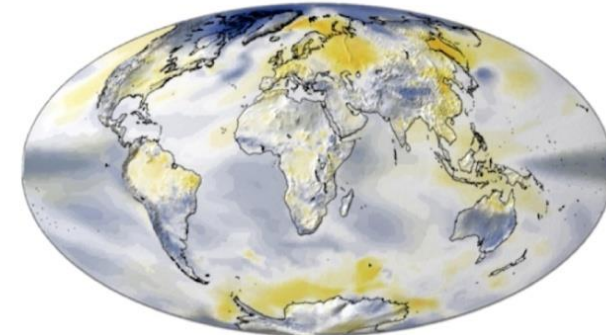
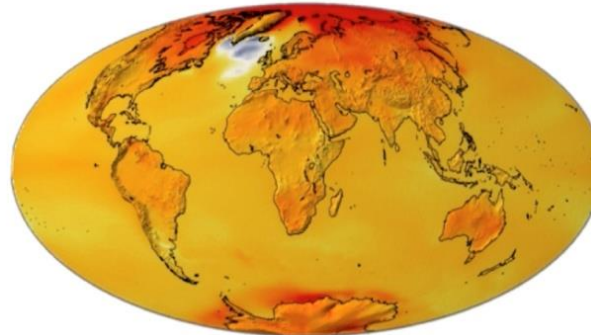
Greenhouse gas emissions continue unabated

Greenhouse gas emissions continue unabated, with geoengineering added

2040:



2080:



Global mean temperature deviation from 2020

I na koniec - krótki wykład wybitnego eksperta

Krótki wykład (18:41)
eksperta
Marcina Popkiewicza
doskonale
wprowadza w temat
przyczyn i skutków
gwałtownych zmian
klimatu.



2017-05-26 TEDxBielskoBiała Marcin Popkiewicz „[Czy globalne ocieplenie jest faktem?](#)” (18:41)