



Jak działają prognozy pogody i klimatu?

Szymon P. Malinowski

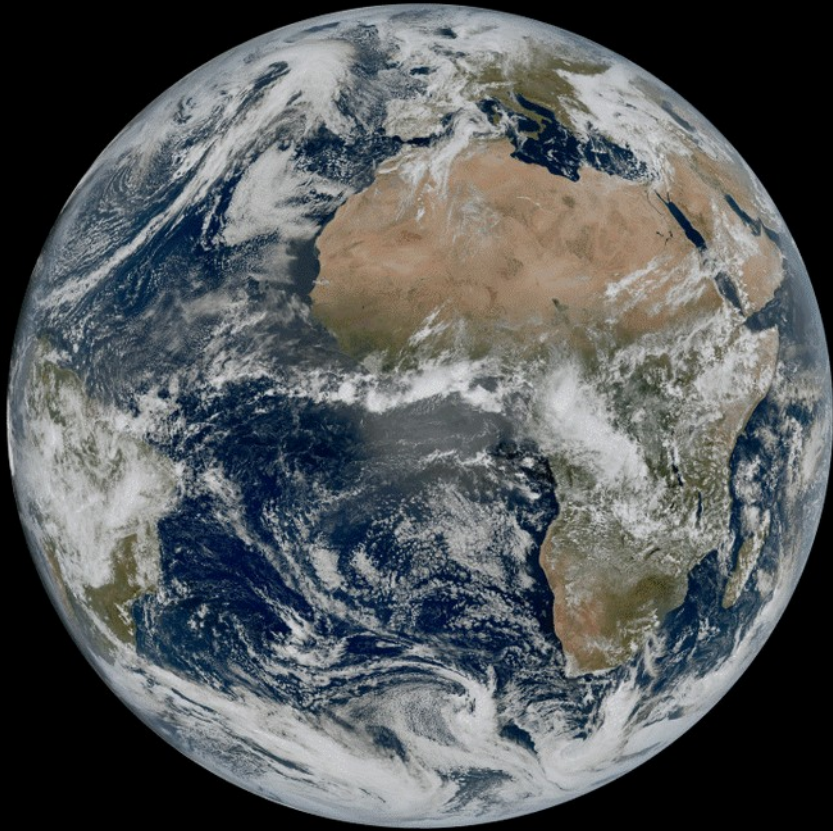
Wydział Fizyki UW

2024-03-05

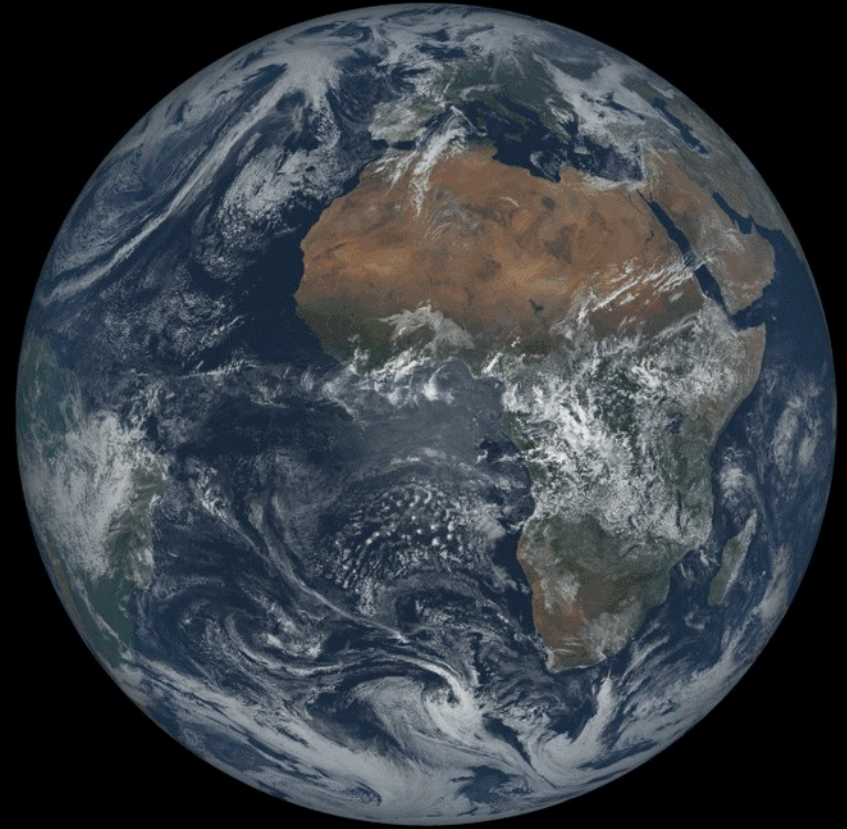


NAUKA O KLIMACIE
DLA SCEPTYCZNYCH

MTG-I1 FCI



ECMWF IFS 2.8-km forecast



Pierwszy oficjalny obraz w świetle widzialnym z satelity MTG-FCI z EUMETSAT (po lewej) i 12-godzinna symulacja przy użyciu Zintegrowanego Systemu Prognozowania (IFS) ECMWF w rozdzielczości 2,8 km (po prawej), ważna na dzień 18 marca 2023 r. o godzinie 12:00 UTC. Źródło: EUMETSAT/ECMWF

Siła Coriolisa, efekt Coriolisa...

**zrozumienie podstawą geofizycznej dynamiki płynów czyli
matematycznego opisu przepływów w atmosferze i oceanie.**

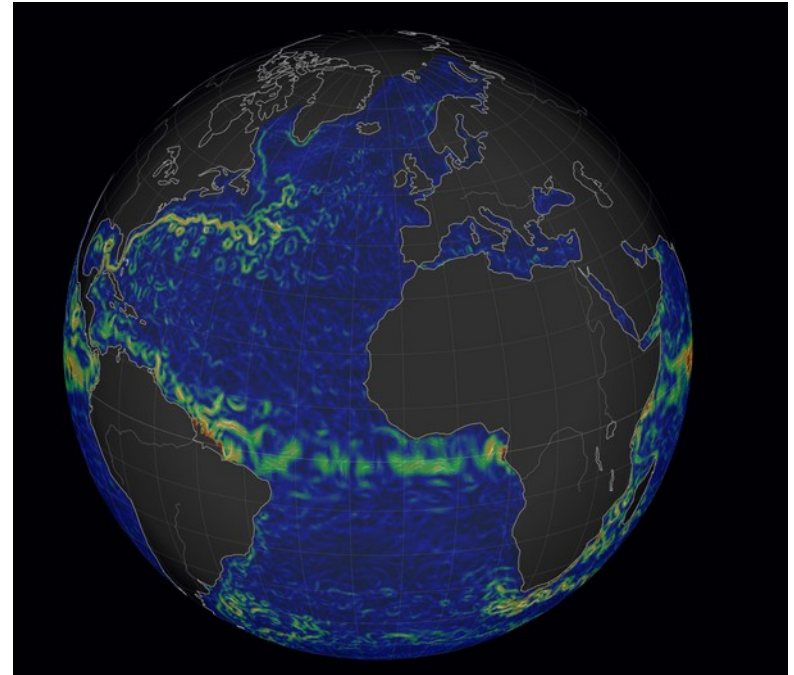
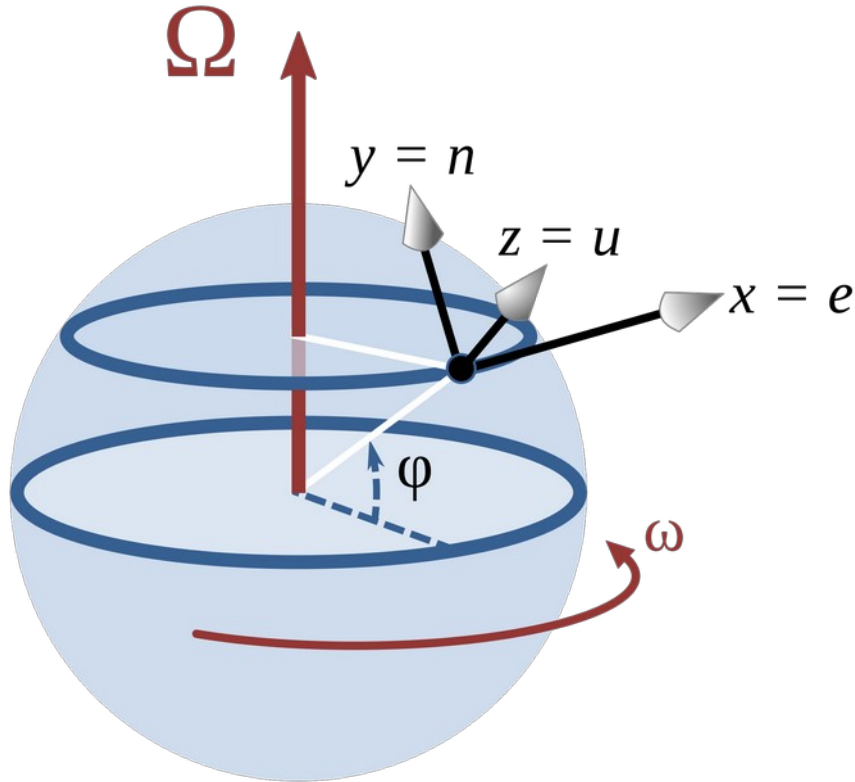
**The Coriolis Effect:
Four centuries of conflict between common sense and mathematics,
Part I: A history to 1885**

Anders O. Persson

*Department for research and development
Swedish Meteorological and Hydrological Institute
SE 601 71 Norrköping, Sweden*

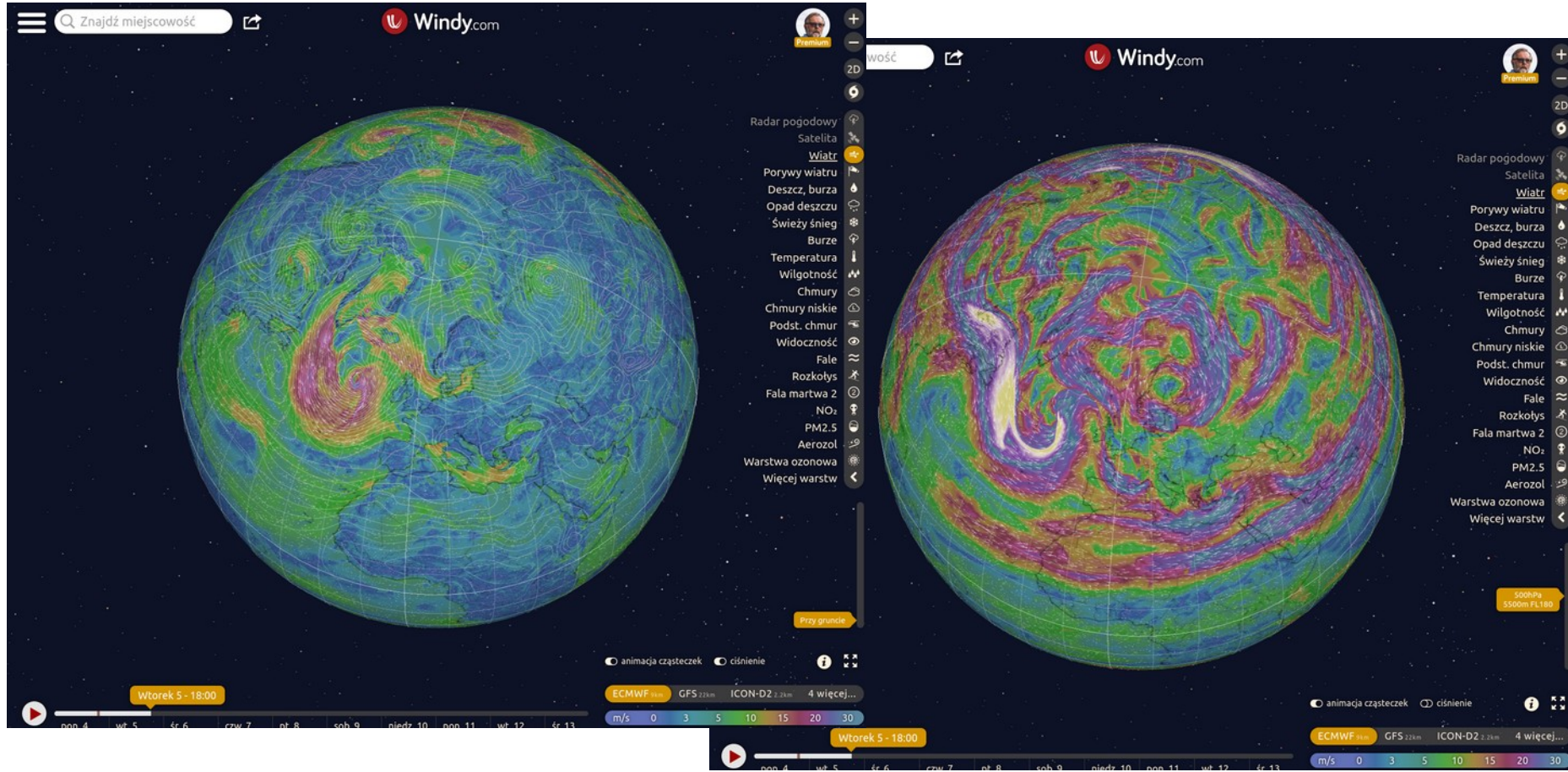
Siła Coriolisa, efekt Coriolisa...

zrozumienie podstawą geofizycznej dynamiki płynów czyli matematycznego opisu przepływów w atmosferze i oceanie.



Siła Coriolisa, efekt Coriolisa...

zrozumienie podstawą geofizycznej dynamiki płynów czyli matematycznego opisu przepływów w atmosferze i oceanie.







Znajdź miejscowość



Windy.com



Premium



2D



Radar pogodowy

Satelita

Wiatr

Porywy wiatru

Deszcz, burza

Opad deszczu

Świeży śnieg

Burze

Temperatura

Wilgotność

Chmury

Chmury niskie

Podst. chmur

Widoczność

Fale

Rozkołys

Fala martwa 2

NO₂

PM2.5

Aerozol

Warstwa ozonowa

Więcej warstw

700hPa
3000m FL100

animacja cząsteczek

ciśnienie



Wtorek 5 - 18:00

ECMWF 9km

GFS 22km

ICON 13km



pon. 4

wt. 5

śr. 6

czw. 7

pt. 8

sob. 9

niedz. 10

pon. 11

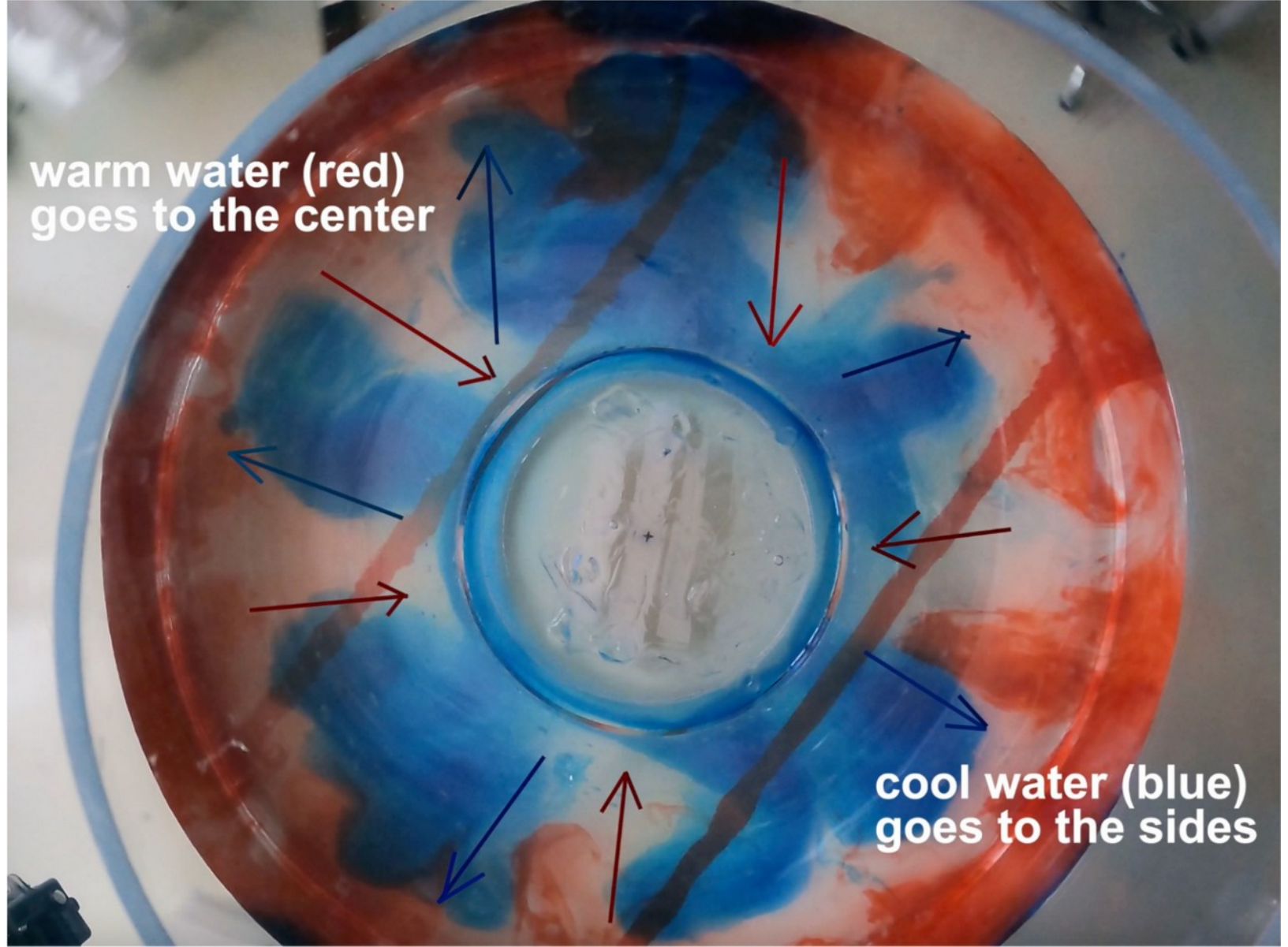
wt. 12

śr. 13

°C -20 -10 0 10 20 30 40

warm water (red)
goes to the center

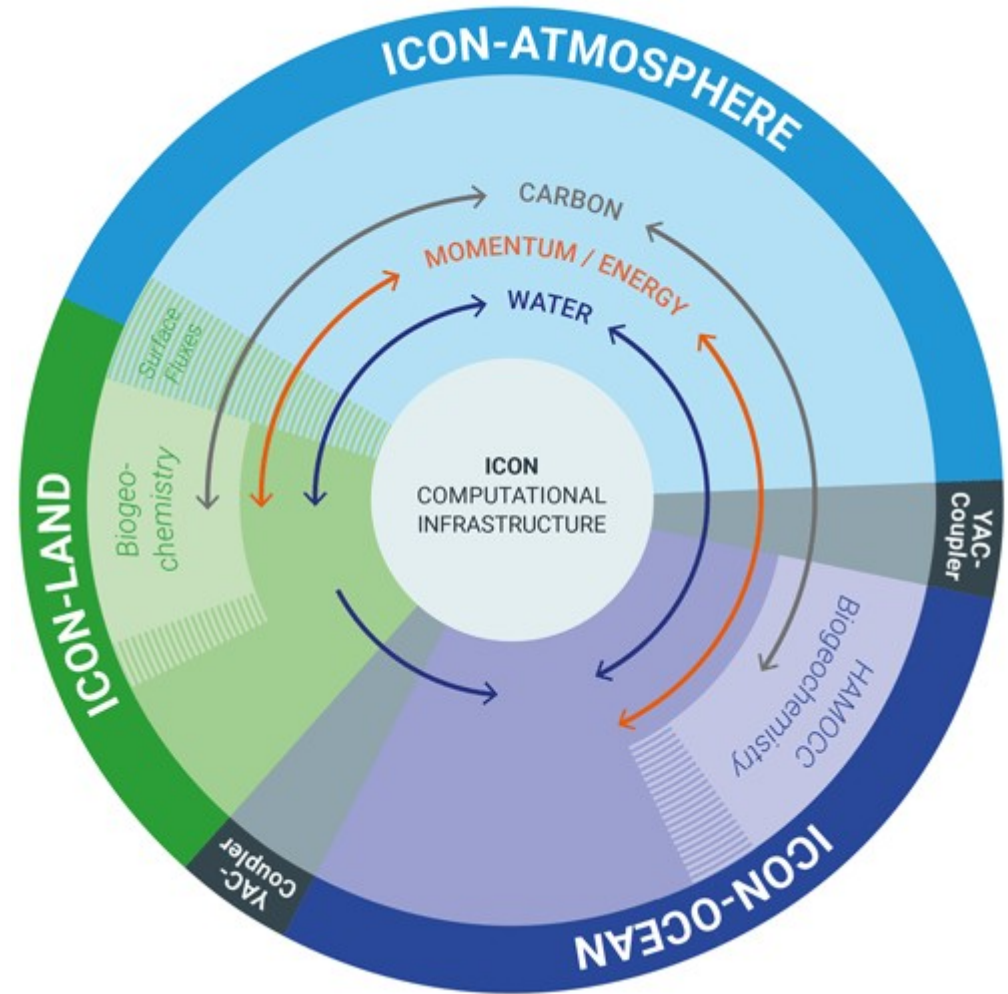
cool water (blue)
goes to the sides



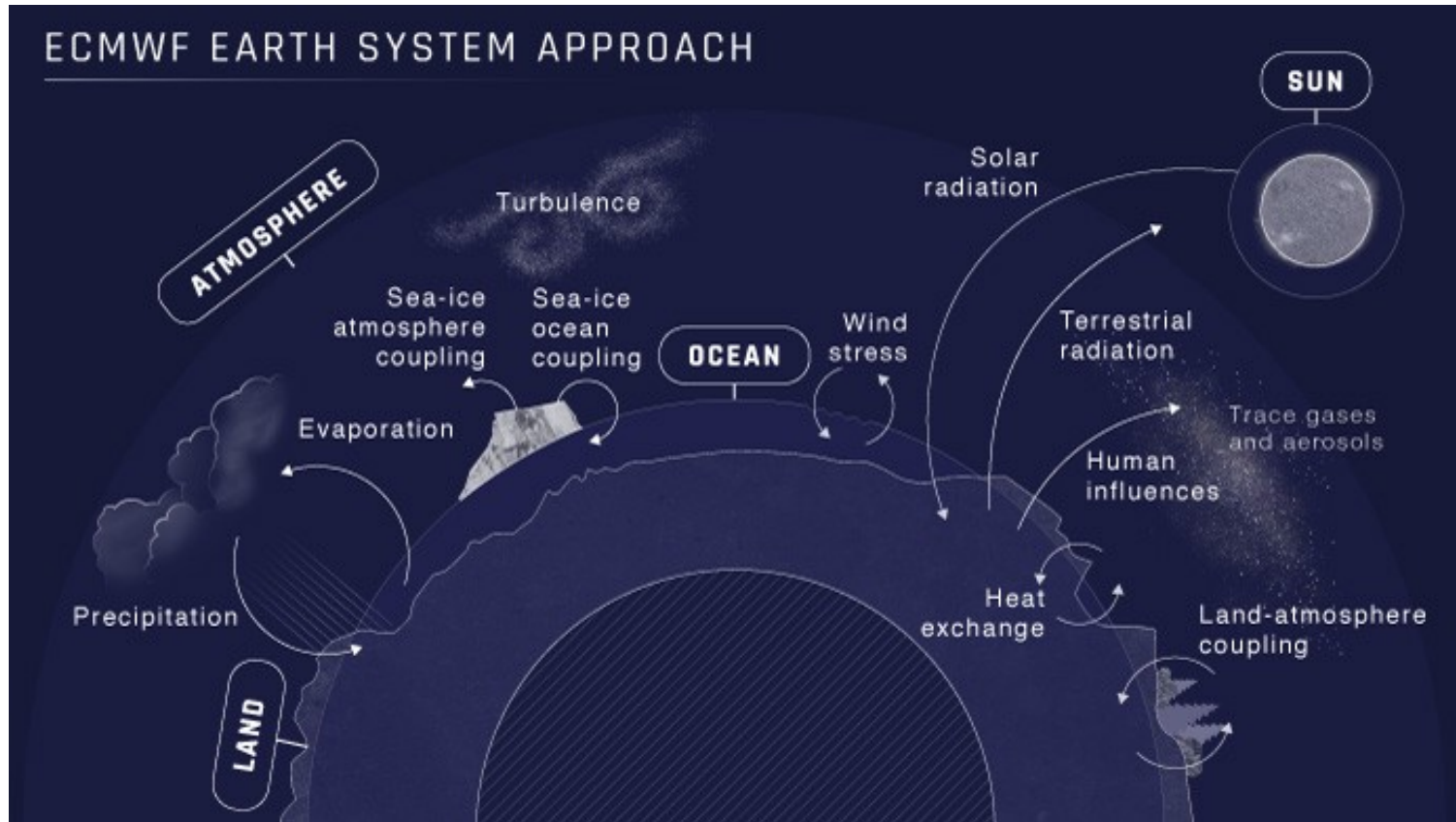
Model numeryczny, za pomocą którego otrzymuje się numeryczną prognozę pogody czy klimatu nazywany **numerycznym modelem prognostycznym**.

Składa się z trzech części (poziomów):

- zamkniętego układu równań opisujących zjawiska fizyczne w systemie ziemskim,
- algorytmów numerycznego rozwiązywania równań modelu matematycznego,
- kodu (programu komputerowego), który pozwala na uzyskanie rozwiązania na konkretnym superkomputerze czy maszynie obliczeniowej.

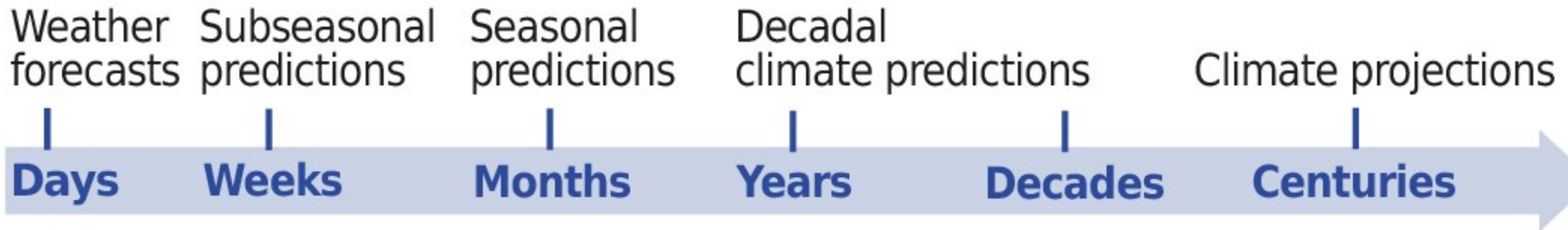


Model systemu ziemskiego to złożony system modeli opisujących różne środowiska wykorzystywany do zrozumienia naszej planety. Modele systemu ziemskiego symulują wzajemne oddziaływania chemii, biologii fizyki.



Boundary
value problem

Initial value problem



szczegóły przepływów
procesy „szybkie”

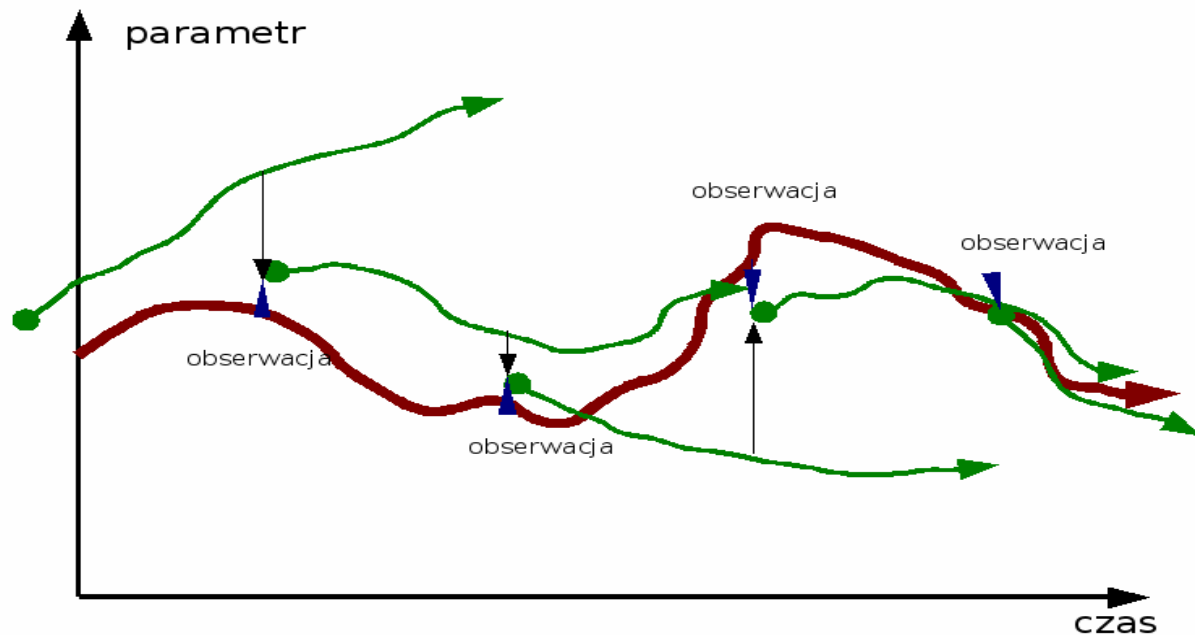
- bilans energii
- procesy „wolne”

oddziaływania między procesami lokalnymi i szybkimi
a globalnymi i wolnymi

Dane meteorologiczne potrzebne do rozwiązania **zagadnienia prognozy pogody (początkowego)** uzyskuje się w wyniku procedury zwanej **asymilacją danych meteorologicznych**.

Przebiega ona w 2 etapach; pierwszy polega na kontroli i weryfikacji danych z pomiarów i obserwacji (odrzućenie danych obarczonych błędem pomiaru lub transmisji), drugi — na przyjęciu danych wyjściowych do modelu prognostycznego, a następnie na zasilaniu biegnącej już prognozy nowymi nadchodzącymi danymi.



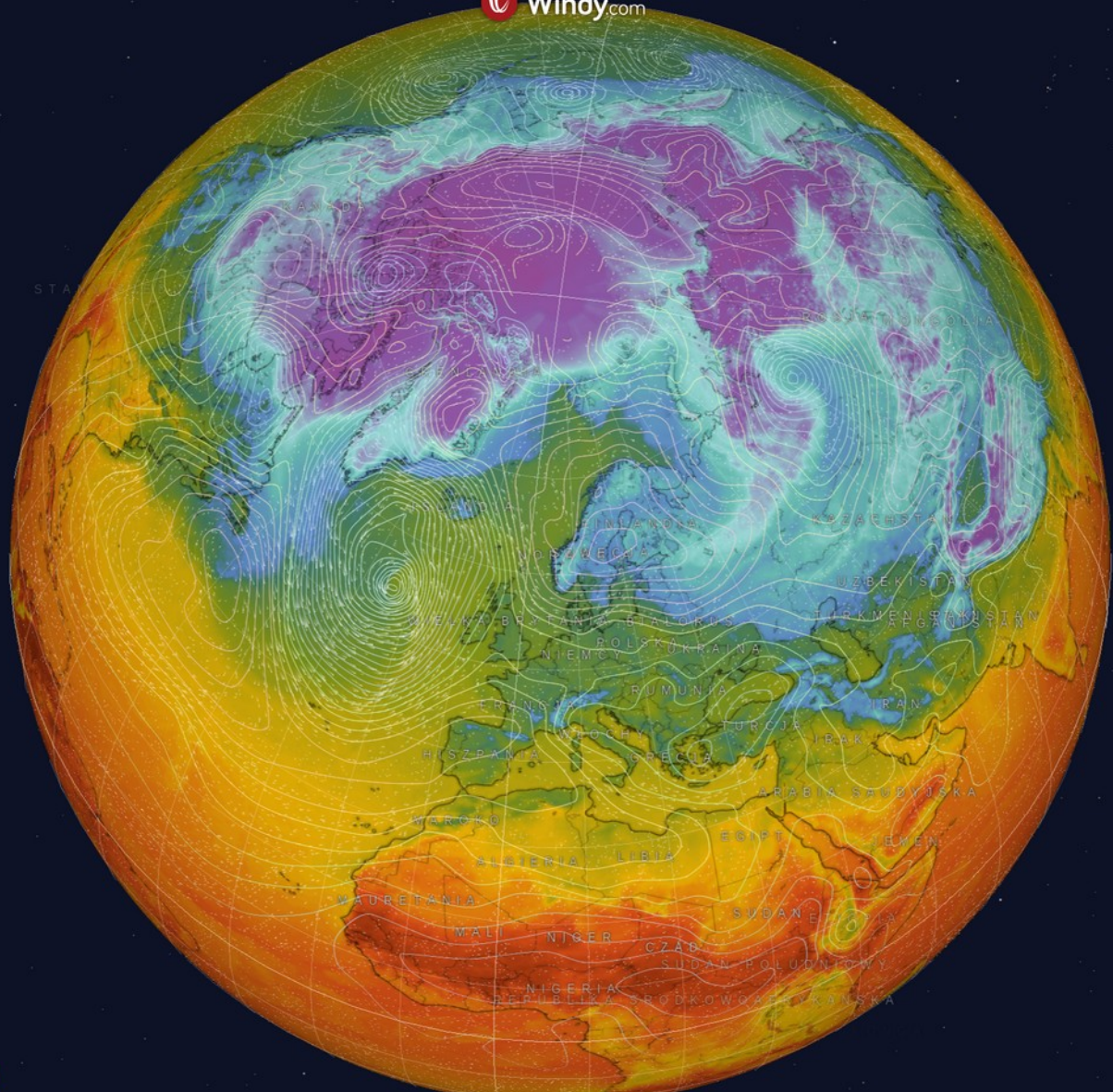


Asymilacja danych do modelu.

Czerwona linia – rzeczywistość.

Zielone linie – kolejne prognozy w „wirtualnej rzeczywistości” modelu.

Niebieskie i czarne strzałki – wprowadzanie danych rzeczywistych do modelu i obliczenia kolejnej prognozy.



STA

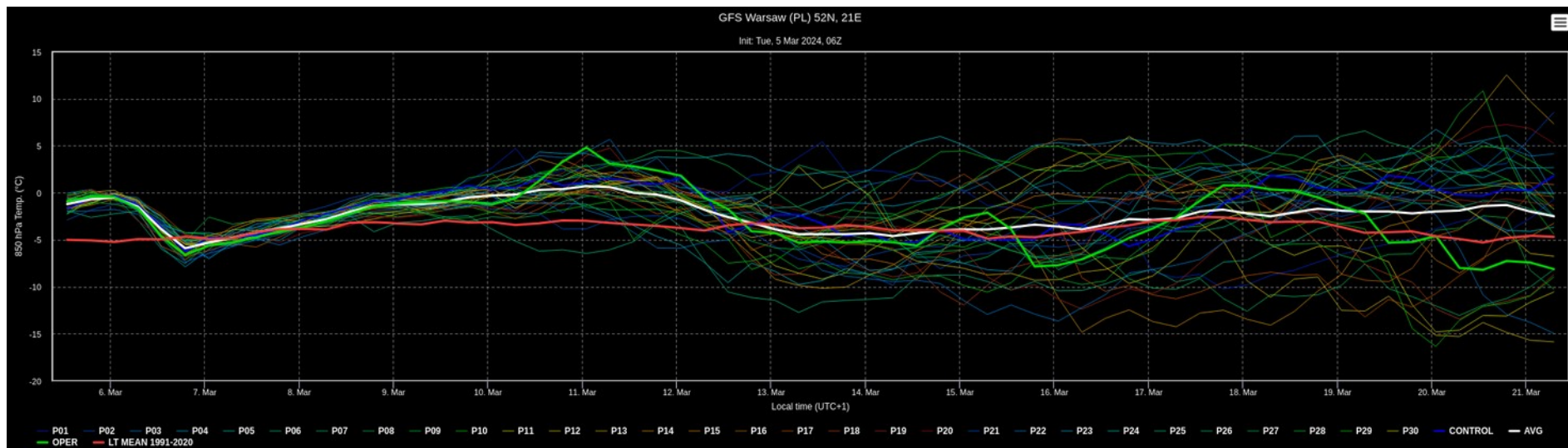
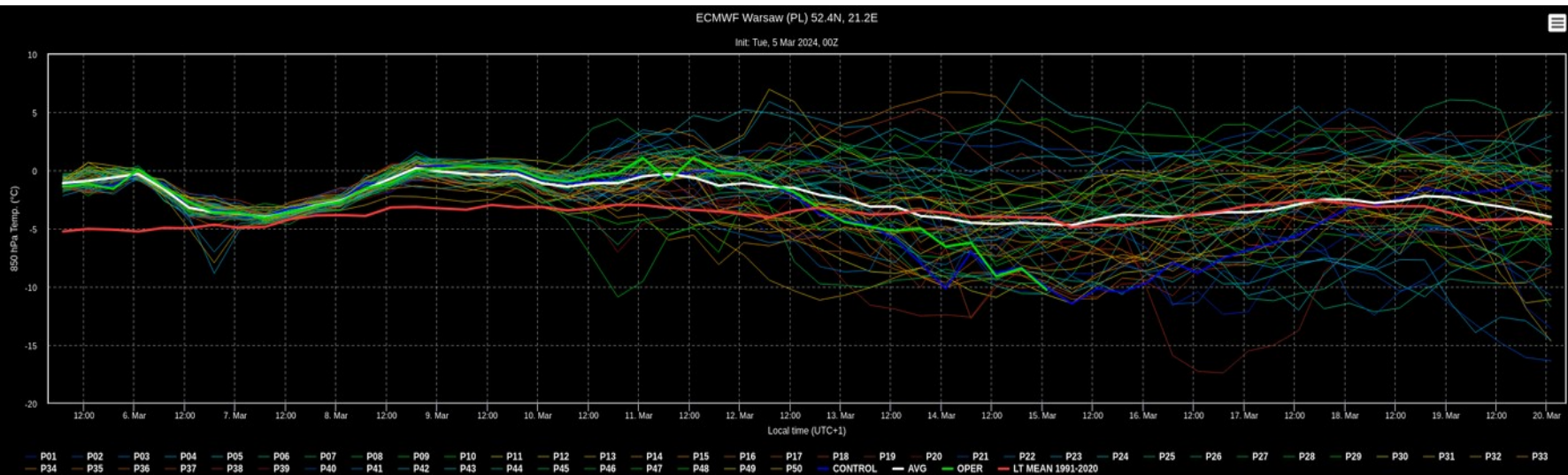
Wiązka prognoz pogody : równoległe prognozy pogody startujące z nieznacznie (w granicach błędu pomiaru) różnymi warunków początkowych



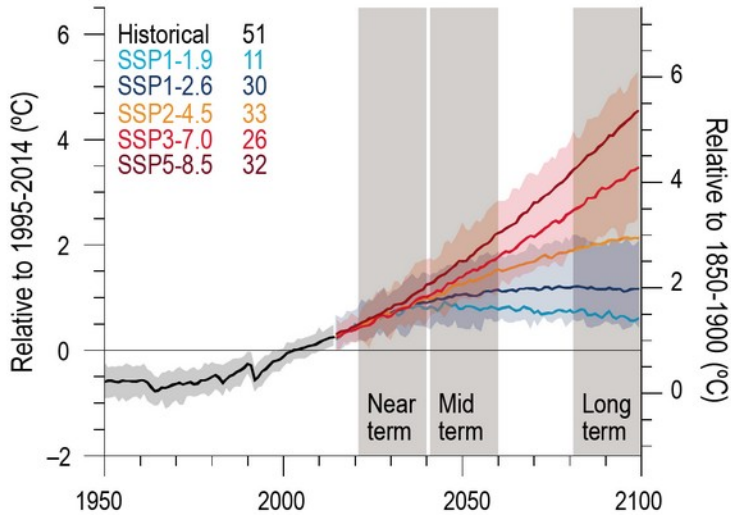


wiązka prognoz – niebieskie;
prognoza deterministyczna – zielona;
rzeczywista ewolucja atmosfery – czerwona;
niepewność warunku początkowego - kółko.

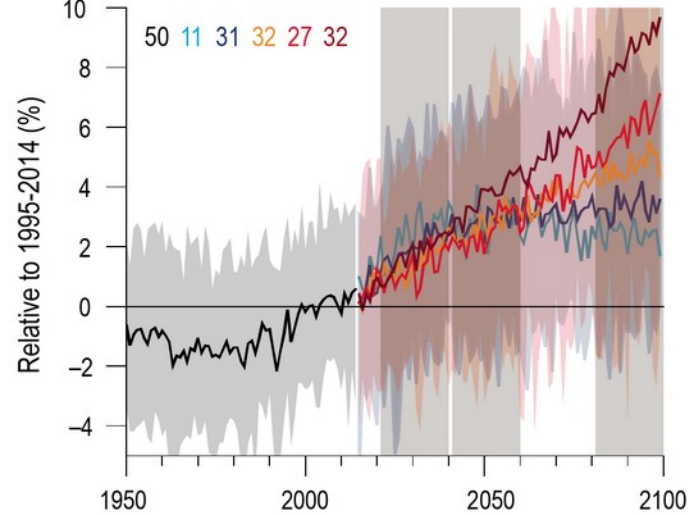
W praktyce np. prognoza temperatury może wyglądać tak:



(a) Global temperature change

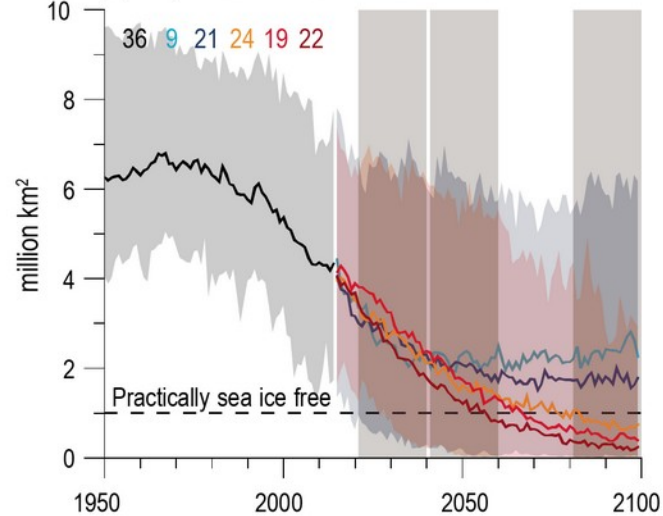


(b) Global land precipitation change

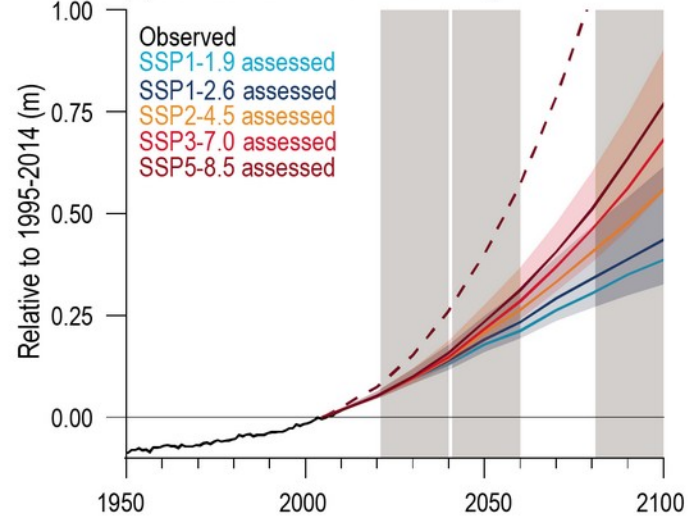


Wielomodelowe wiązki projekcji klimatu – niepewność odpowiedzi na warunki graniczne

(c) September Arctic sea ice area



(d) Global mean sea level change



Prognoza pogody:

prognoza pojedynczej realizacji procesu dynamiczno-stochastycznego, lub prognoza empirycznego rozkładu prawdopodobieństwa różnych realizacji.

Prognoza klimatu:

prognoza pewnych quasi-równowagowych statystyk realizacji procesów dynamiczno-stochastycznych przy ustalonych wymuszeniach zewnętrznych w stosunku do systemu klimatycznego.

Prognoza pogody:

zależność od warunku początkowego, krytycznie
ważna możliwość śledzenia rozwoju pojedynczych
niestabilności w systemie, krytycznie ważne
szczegóły dynamiki.

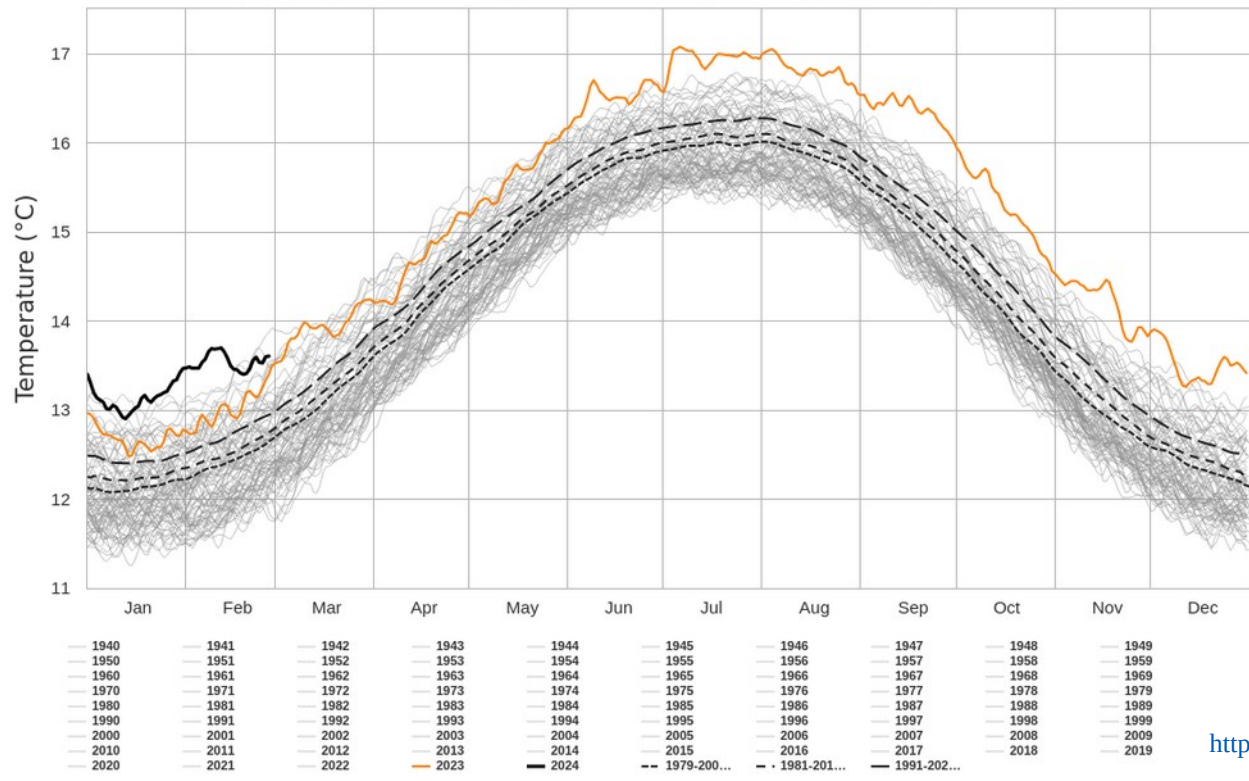
Prognoza klimatu:

badanie statystyki zachowań układu, krytycznie
ważne strumienie energii i spełnienie zasad
zachowania w długim czasie (warunki brzegowe).

Nowy sposób badania przeszłego klimatu: reanaliza danych meteorologicznych z użyciem modelu. Reanalizy klimatu używają obserwacji historycznych wprowadzanych do modeli celem wygenerowania spójnych szeregów czasowych wielu zmiennych klimatycznych. Reanalizy należą do najczęściej wykorzystywanych zbiorów danych w naukach geofizycznych. Zapewniają kompleksowy opis klimatu, który ewoluował w ciągu ostatnich dziesięcioleci w przestrzeni i czasie.

Daily Surface Air Temperature, World (90°S-90°N, 0-360°E)

Dataset: ECMWF Reanalysis v5 (ERA5) downloaded from C3S | Image Credit: ClimateReanalyzer.org, Climate Change Institute, University of Maine



https://climatoreanalyzer.org/clim/t2_daily/?dm_id=world



NextGEMS to projekt finansowany przez program Horyzont 2020 UE.

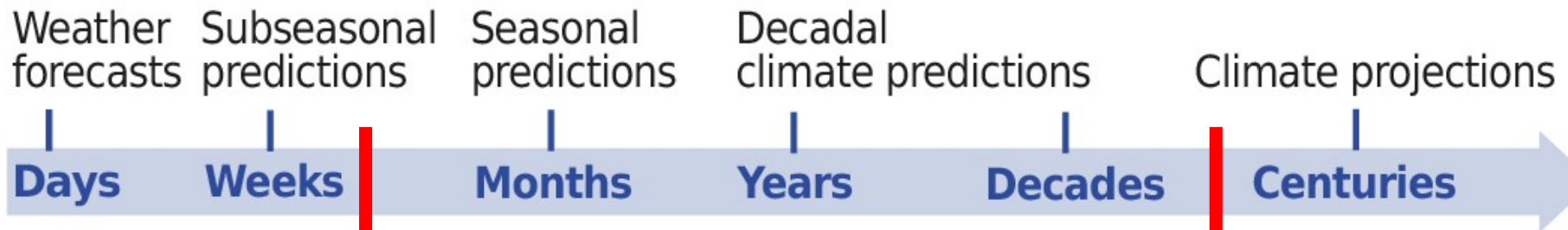
Współpracują w nim zespoły z 14 państw europejskich w celu utworzenia kolejnej generacji modeli klimatu o rozdzielczości pozwalającej na reprezentację zespołów konwekcyjnych i chmur burzowych.

Modele nextGEMS będą pozwolą na realistycznie modelowanie systemu klimatycznego na najbliższe 30 lat, co pozwoli oszacować ekstremalne zjawiska meteorologiczne czy szczegóły takich ważnych procesów jak obieg węgla, emisje i przemiany aerozoli, zmiany własności chmur.



Boundary
value problem

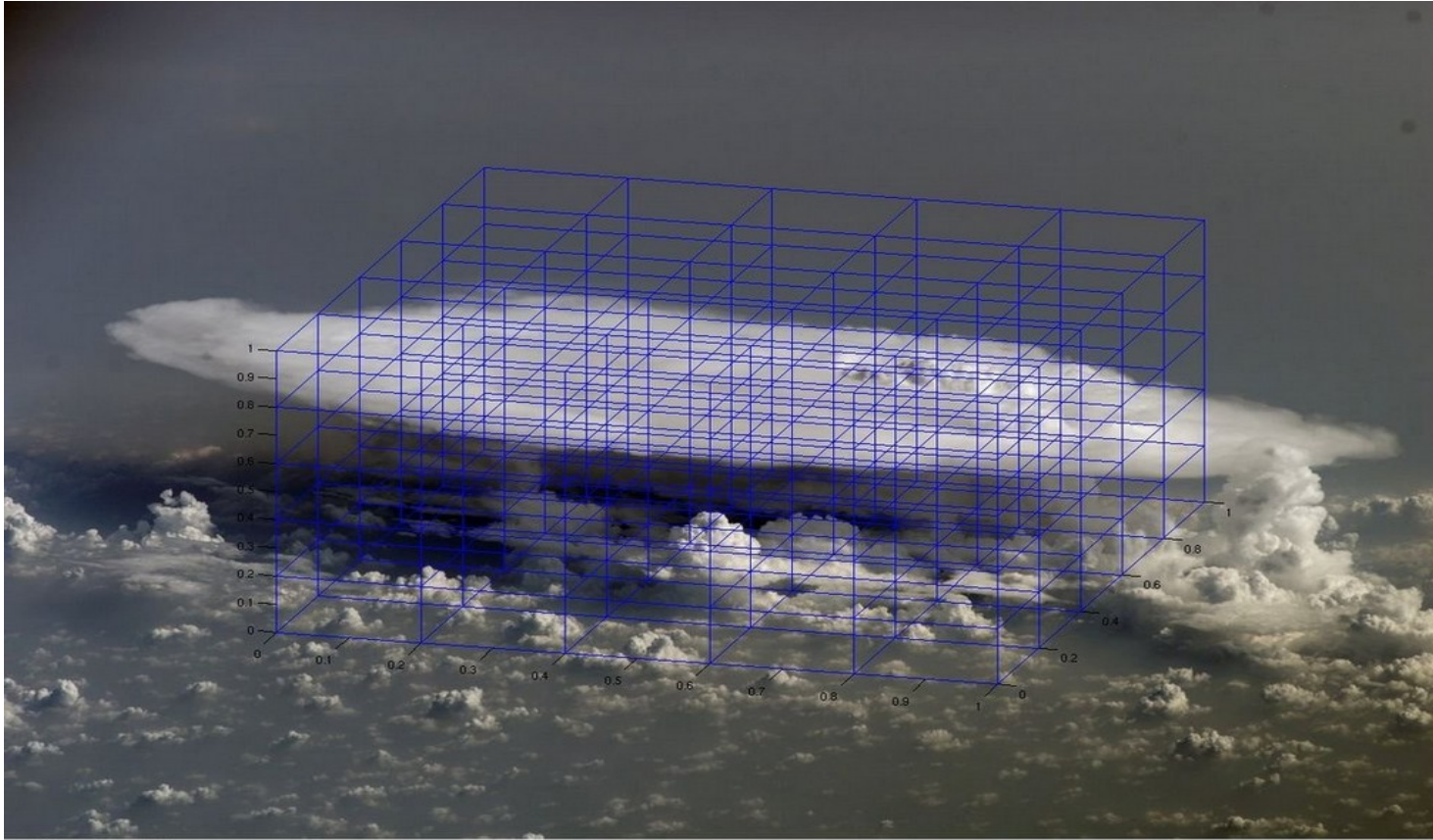
Initial value problem

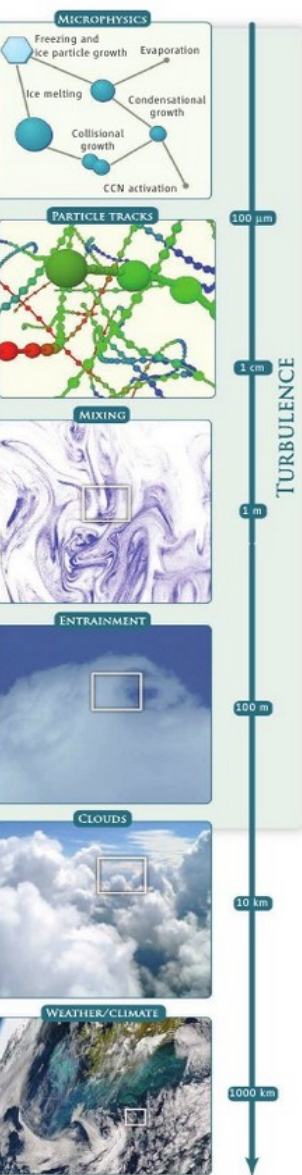


next
GEMS

Jakie problemy napotyka modelowanie prognozy pogody i klimatu?

Najważniejszy to wielkoskalowość przepływów w atmosferze i oceanie i konieczność parametryzacji procesów podskalowych (o rozmiarach mniejszych niż oczko siatki i zachodzących szybciej niż krok czasowy obliczeń)





Jak sobie radzimy z problemami?

„Multiscale modeling” - modelowanie wieloskalowe, superparametryzacje, GIGA-LES, ILES, w przypadku NextGEMS jest to wielka rozdzielczość pozwalająca na bezpośrednie modelowanie dużych chmur.

Ale... jest jeszcze wiele skal, których nie ma bezpośrednio w modelu.

W IGF UW zajmujemy się tym jak uwzględnić najlepiej procesy zachodzące w małych skalach:

- aerozole i kropelki chmurowe (grupa prof. Hanny Pawłowskiej);
- turbulencję, czyli atmosferyczne przepływy w małej skali (grupa prof. Malinowskiego).

<https://doi.org/10.5194/gmd-17-759-2024>

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Article

Assets

Peer review

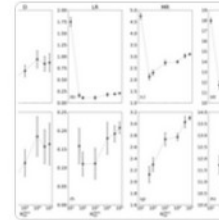
Metrics

Related articles

Model evaluation paper | 

30 Jan 2024

Modeling collision–coalescence in particle microphysics: numerical convergence of mean and variance of precipitation in cloud simulations using the University of Warsaw Lagrangian Cloud Model (UWLCM) 2.1



Piotr Zmijewski, Piotr Dziekan , and Hanna Pawlowska



 **Journal of the Atmospheric Sciences**

Volume 79: Issue 10

- Sections
- References

Editorial Type: **Article**

Article Type: **Research Article**

Detecting Nonequilibrium States in Atmospheric Turbulence

Marta Wacławczyk , Jakub L. Nowak, Holger Siebert, and Szymon P. Malinowski

Online Publication: **10 Oct 2022**

Print Publication: **01 Oct 2022**

DOI: <https://doi.org/10.1175/JAS-D-22-0028.1>

Page(s): **2757–2772**

Kilka spektakularnych symulacji:

<https://www.youtube.com/watch?v=N0qY-ShqKOY>

<https://www.youtube.com/watch?v=EzqjAFJYmgY>

https://www.youtube.com/watch?v=-l_N8nT9Bnc

https://www.youtube.com/watch?v=PNkD0YmEp_Y

Projekt:

<https://nextgems-h2020.eu/>



next
GEMS

Who we are

nextGEMS is a Horizon 2020 project funded by the European Commission. It is coordinated by Bjorn Stevens at the Max Planck Institute for Meteorology and Irina Sandu at the ECMWF. The nextGEMS consortium is made up of 26 institutes:

Max Planck Institute for Meteorology (MPI-M), Germany

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)

Alfred-Wegener-Institut (AWI), Germany

University of Bergen (UiB), Norway

University of Copenhagen (UCPH), Denmark

French National Centre for Scientific Research (CNRS), France

Stockholm University (SU), Sweden

University of Warsaw (UW), Poland

University of Oxford (UOXF), UK

Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel (GEOMAR), Germany

Barcelona Supercomputing Center (BSC), Spain

University of Reading (UREAD), UK

Wageningen University (WU), The Netherlands

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Switzerland

Universität Bern (UBERN), Switzerland

Instituto Português do Mar e da Atmosfera IP (IPMA), Portugal

University of Helsinki (UH), Finland

University of Trento (UNITN), Italy

Deutsches Klimarechenzentrum GmbH (DKRZ), Germany

Universidad Complutense de Madrid (UCM), Spain

French National Institute for Sustainable Development (IRD), France

Iberdrola Renovables Energía S.A.U. (IBE), Spain

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Senegal

Latest Thinking GmbH (LT), Germany

Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Germany

University of Hamburg (UHH), Germany



nextGEMS is funded through the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the grant agreement number 101003470.