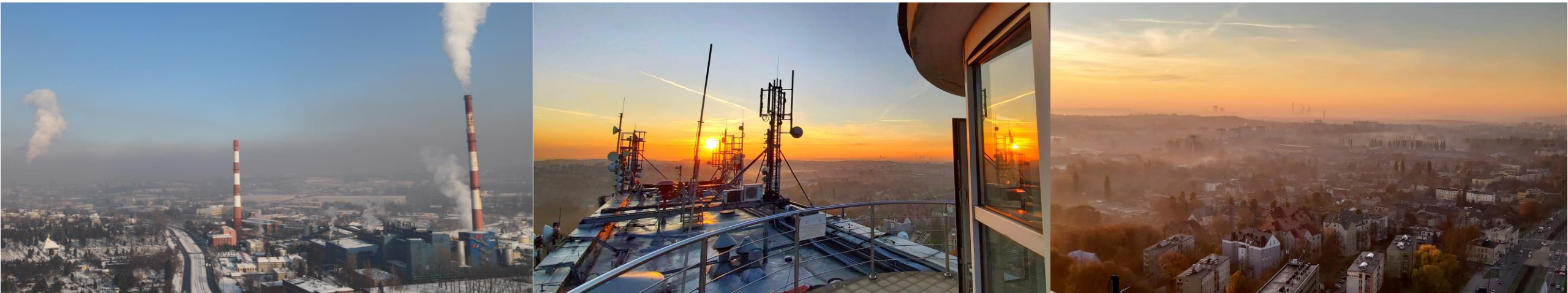




Adaptacja do zmian klimatu w obszarach zurbanizowanych

Współczesne zmiany klimatyczne i ich skutki w obszarach zurbanizowanych



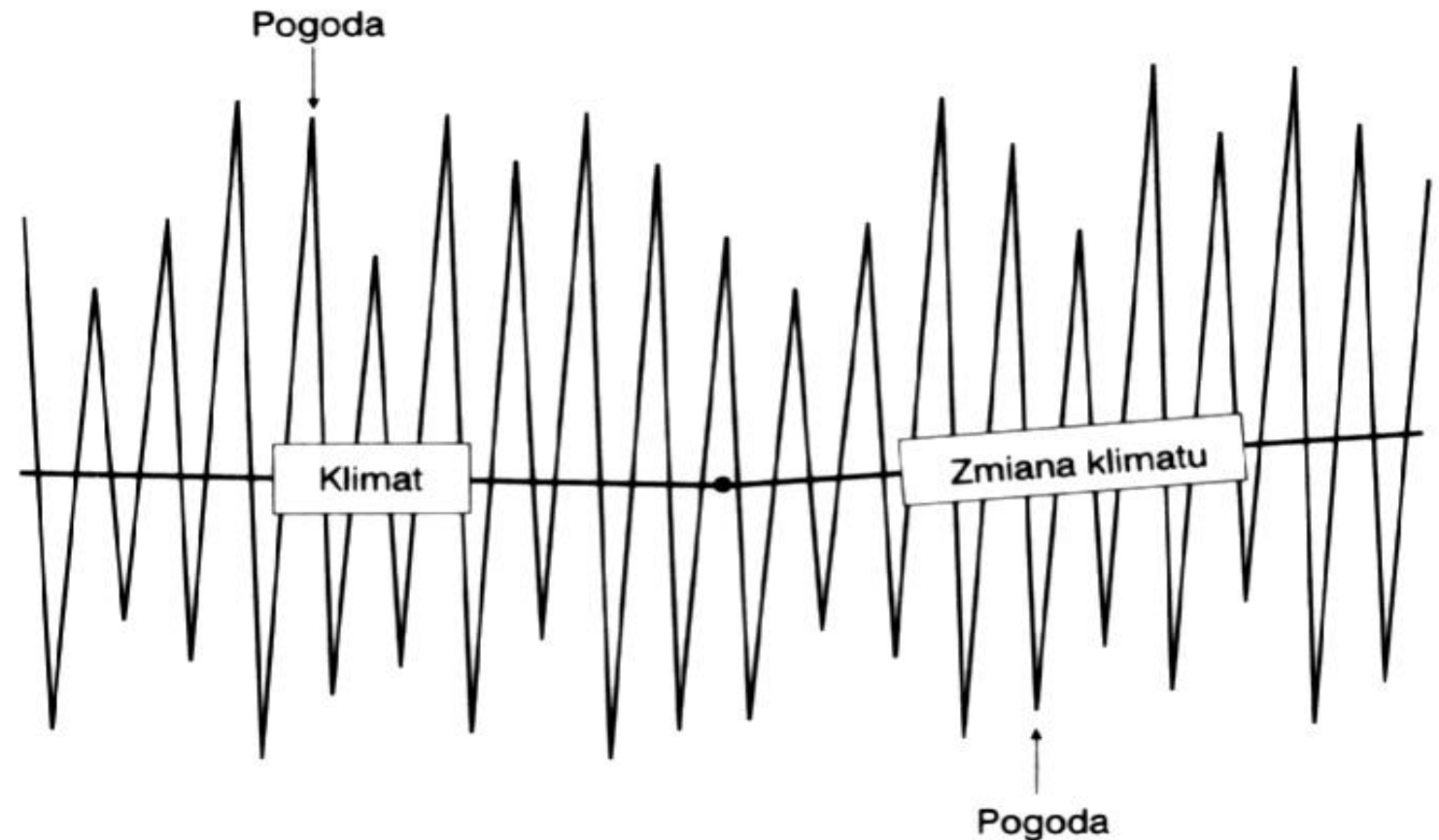
Artur Widawski

Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk Przyrodniczych,
Instytut Nauk o Ziemi
Zespół badawczy – Klimat i Zmiany Klimatu
e-mail: artur.widawski@us.edu.pl



KLIMAT

Charakterystyczny dla danego obszaru zespół zjawisk i procesów atmosferycznych, kształtujących się pod wpływem właściwości fizycznych i geograficznych tego obszaru, określony na podstawie wyników wieloletnich obserwacji.



POGODA Stan atmosfery w danej chwili, wyrażony przez określone wartości elementów meteorologicznych i zjawisk atmosferycznych (meteory).
Elementy meteorologiczne: temperatura, opady, ciśnienie, wiatr, wilgotność ...





Jakiegolwiek zmiany klimatu w czasie wynikające zarówno ze zmienności naturalnej jak i działalności człowieka

Definicja IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

Jakiegolwiek zmiany klimatu wynikające bezpośrednio lub pośrednio z działalności człowieka (zwykle negatywnej), której skutkiem jest zmiana składu atmosfery. Na zmiany klimatu związane z czynnikiem antropogenicznym nakłada się naturalna zmienność klimatu.

Definicja Ramowej Konwencji (Framework Convention)

Generalnie przekształcenie danego klimatu w inny typ, odznaczające się trwałością rzędu 1000 lat, przy czym przejście to może się dokonywać zwykle ok. 100 lat.

Niedźwiedź T (red), 2003, Słownik meteorologiczny, IMGW.

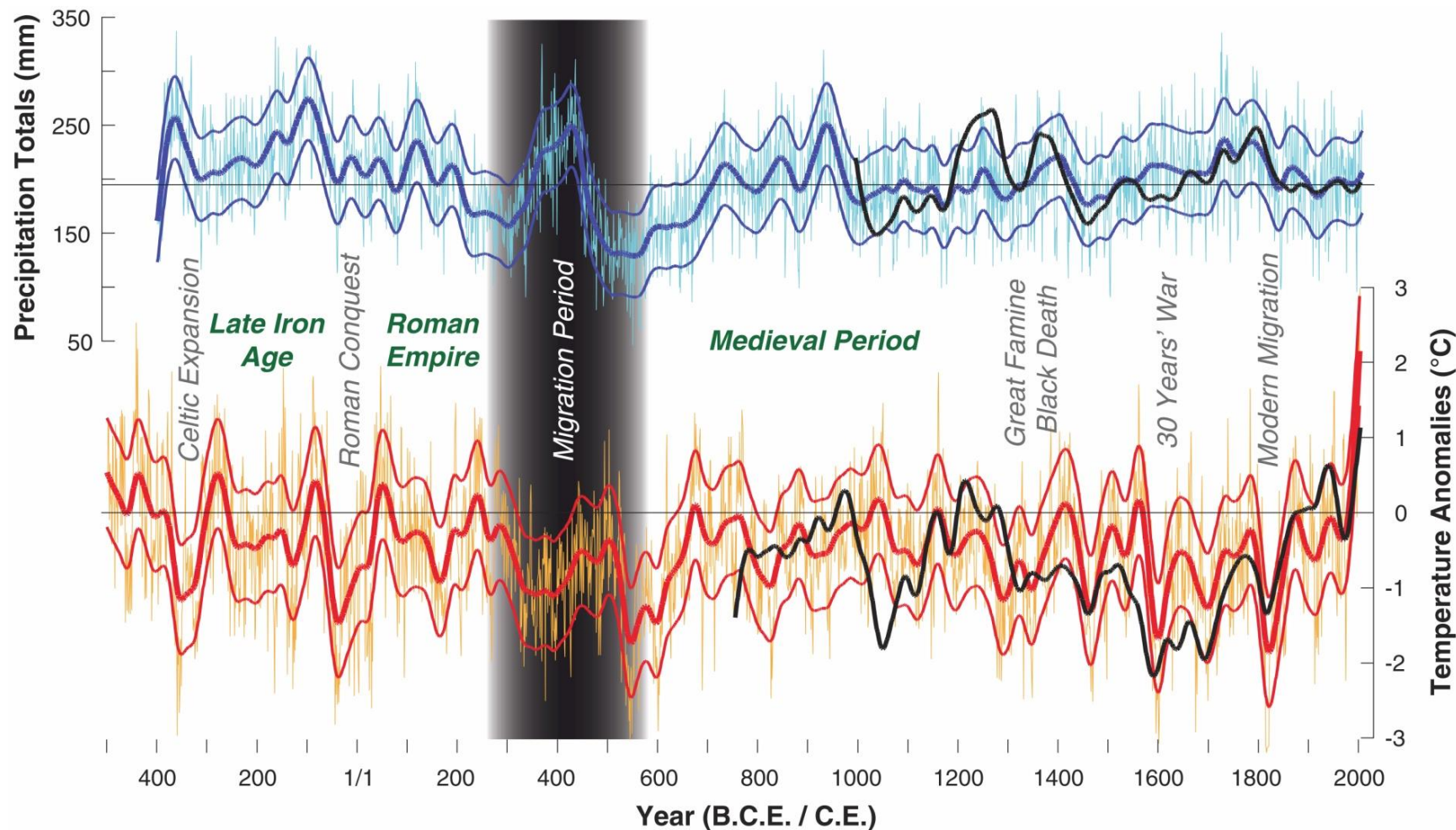




**Jedna z nowszych
rekonstrukcji klimatu
Europy za ostatnie 2500 lat**
(Büntgen i in. 2011)

Opady od kwietnia do
czerwca (górny wykres).

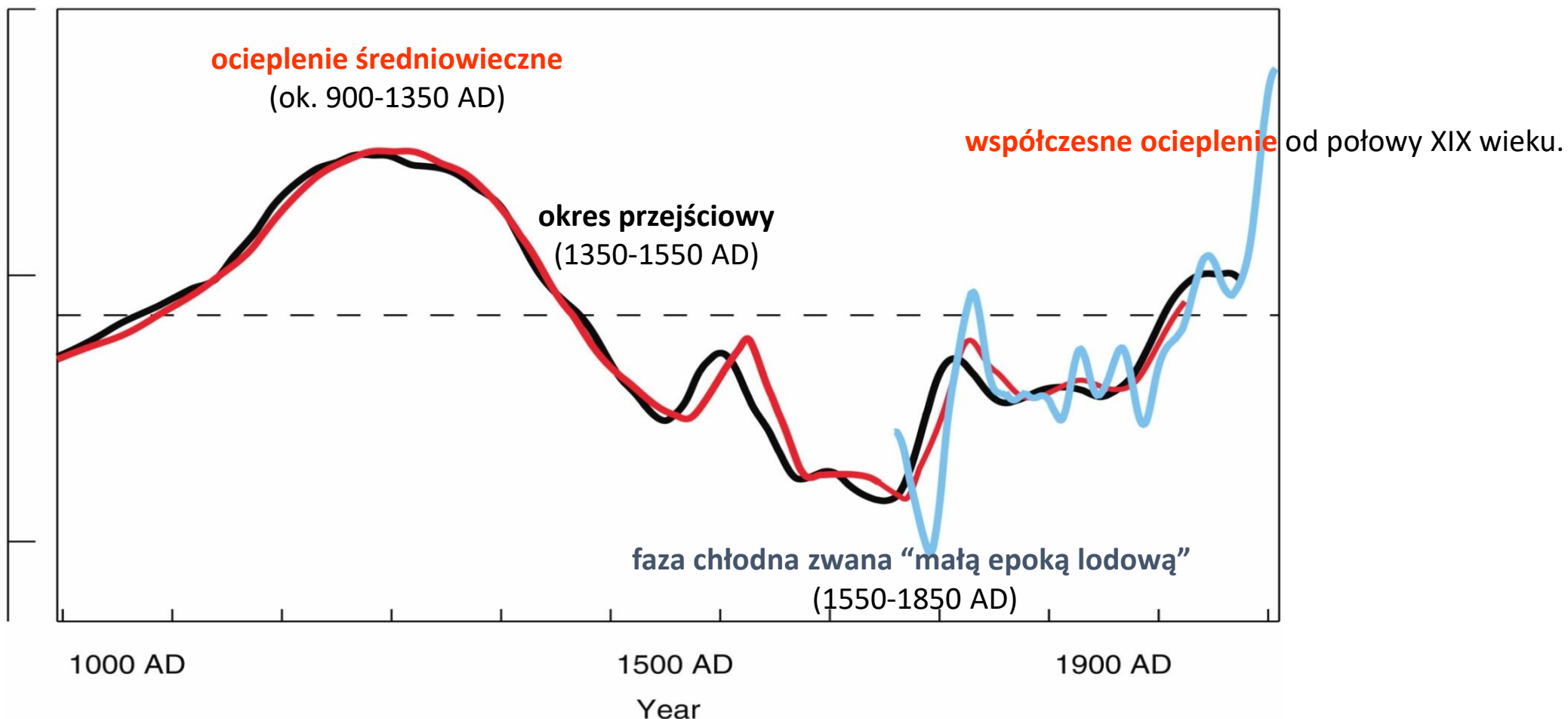
Anomalie temperatury lata
(czerwiec-sierpień) w
odniesieniu do średniej za
okres 1901–2000



Source: Büntgen U, Tegel W, Nicolussi K, McCormick M, Frank D, Trouet V, Kaplan JO, Herzig F, Heussner K-U, Wanner H, Luterbacher J, Esper J (2011b) 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility. Science 331: 578-582 , Fig4, p. 581

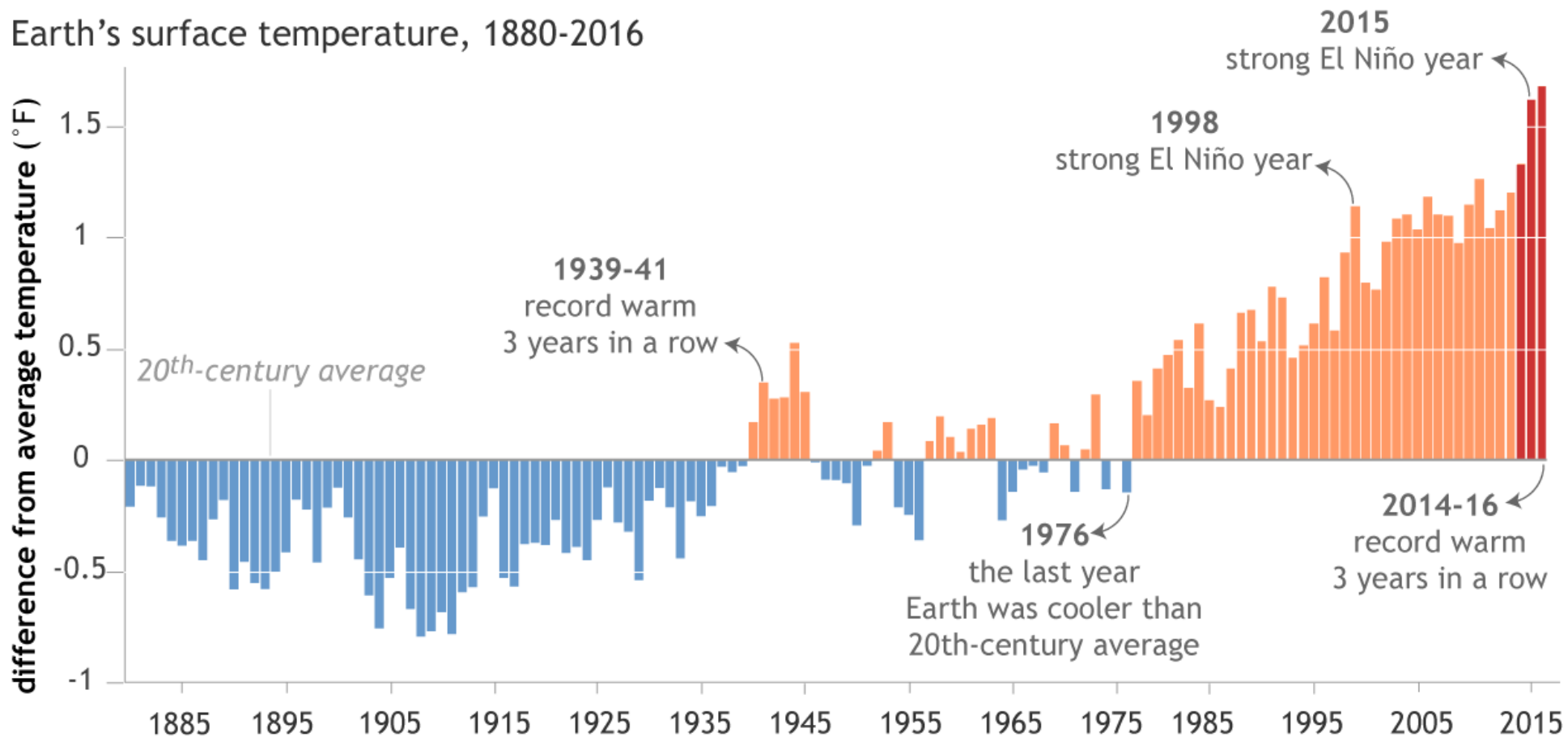


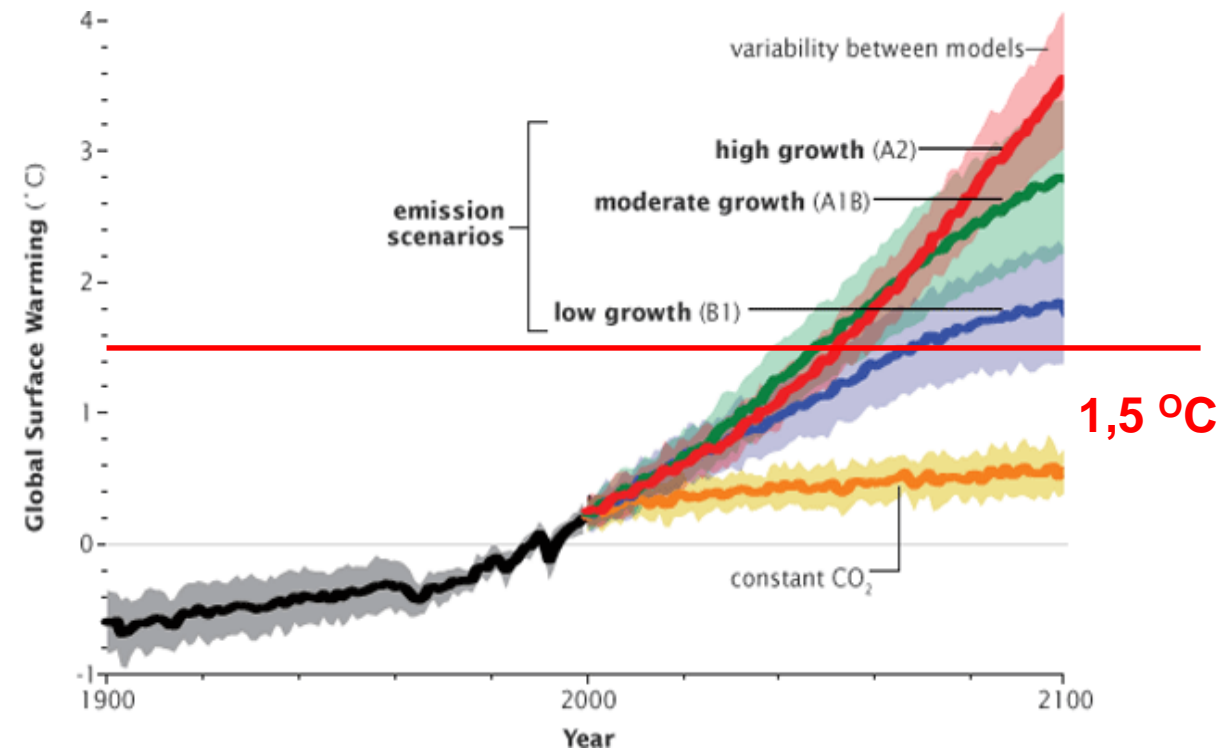
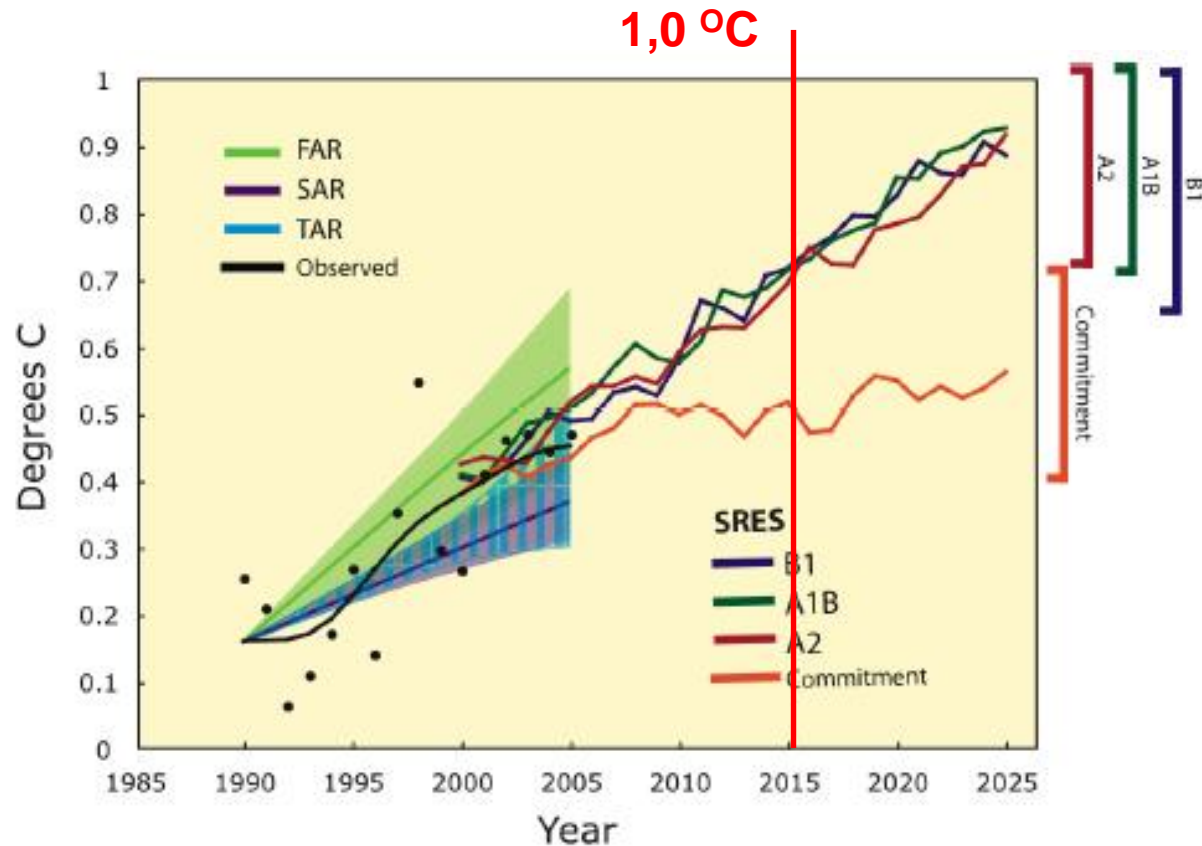
Zmiany temperatury globalnej w ostatnim tysiącleciu



Zmiany średniej temperatury globalnej 1880-2016

wg Jessica Blunden - NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration (US)
(<https://www.climate.gov/news-features/>)





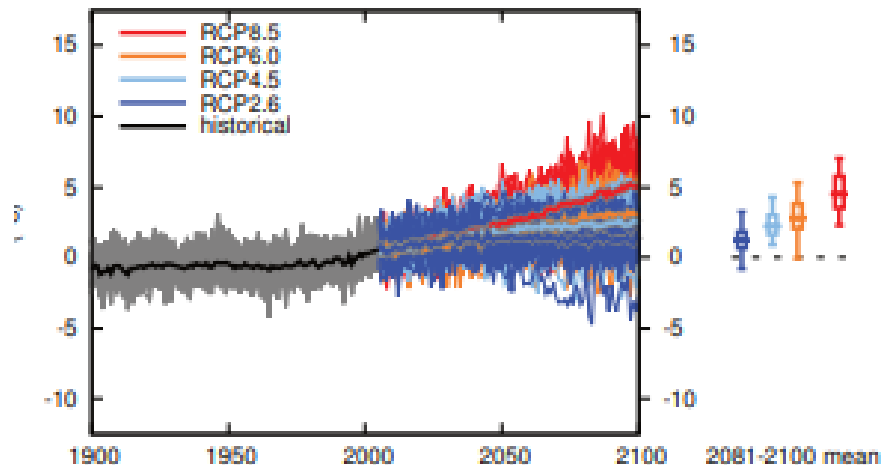
Średni wzrost temperatury pod koniec 21 wieku (2090-2099) różni się w zależności od modelu
 B1: 1,7 °C A1T:2,4°C B2: 2,4 °C A1B: 2,7 °C A2: 3,2 °C A1F1: 4,0 °C



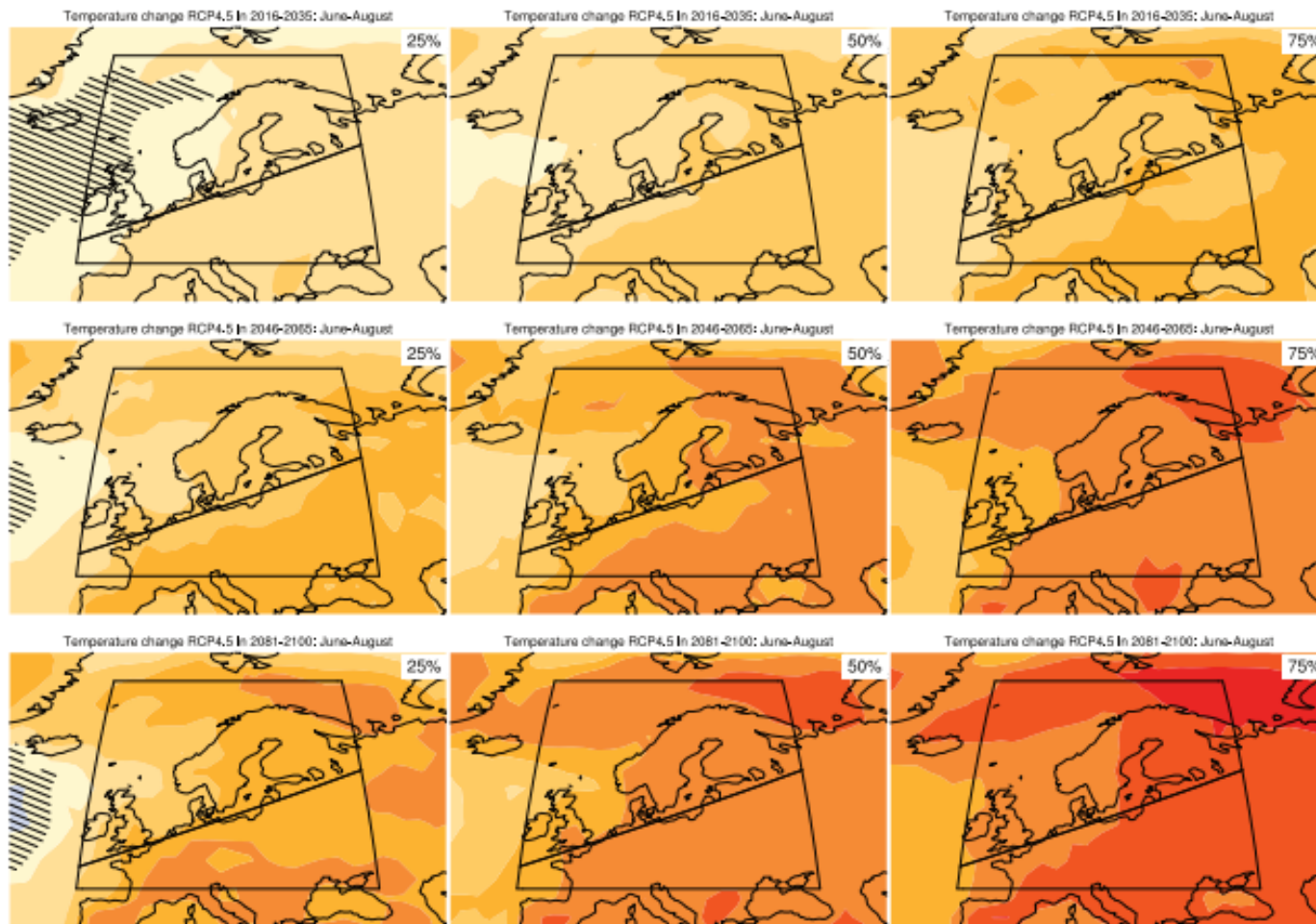
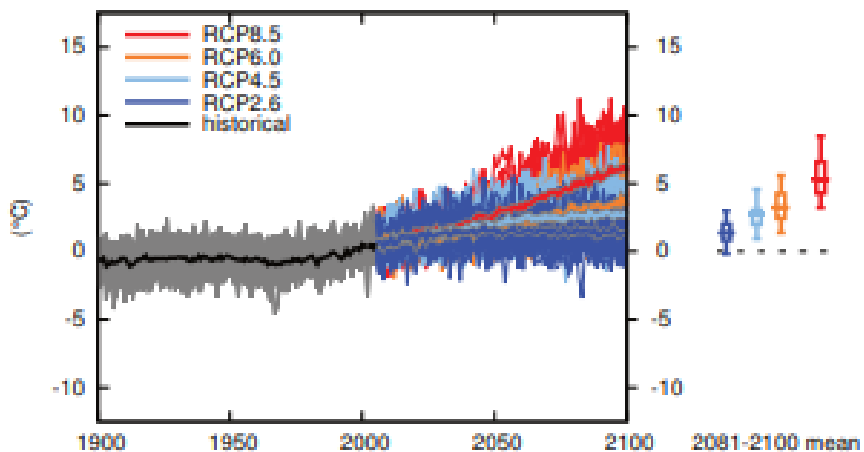
Projekcje zmian temperatury powietrza

Lato (czerwiec – sierpień), Europa północna i środkowa

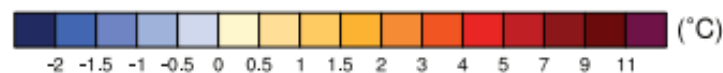
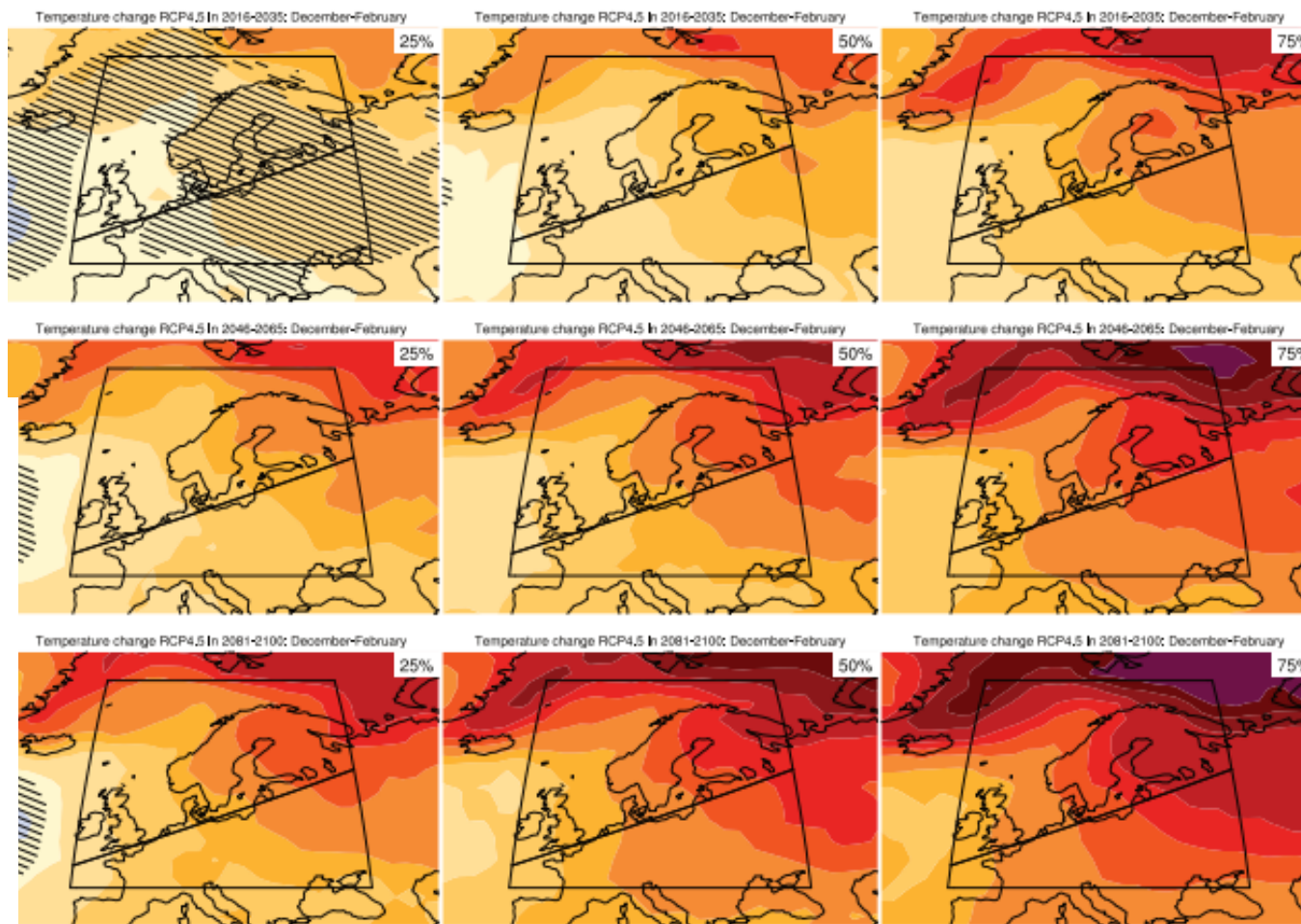
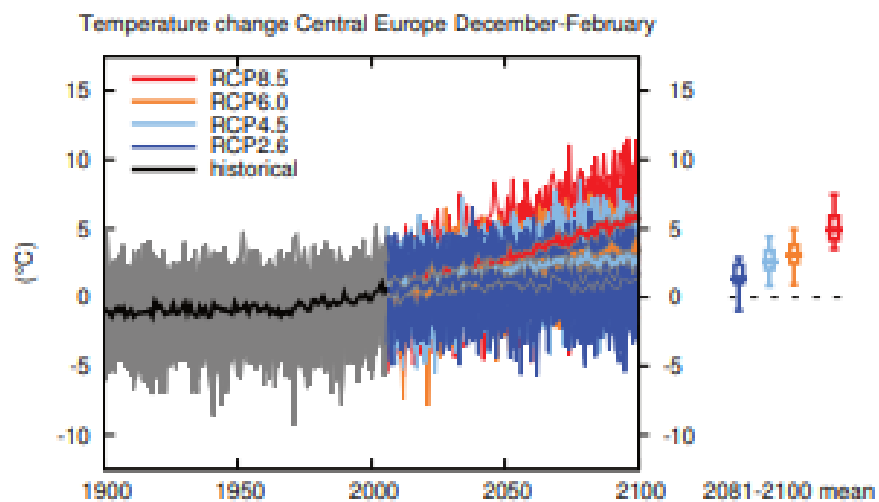
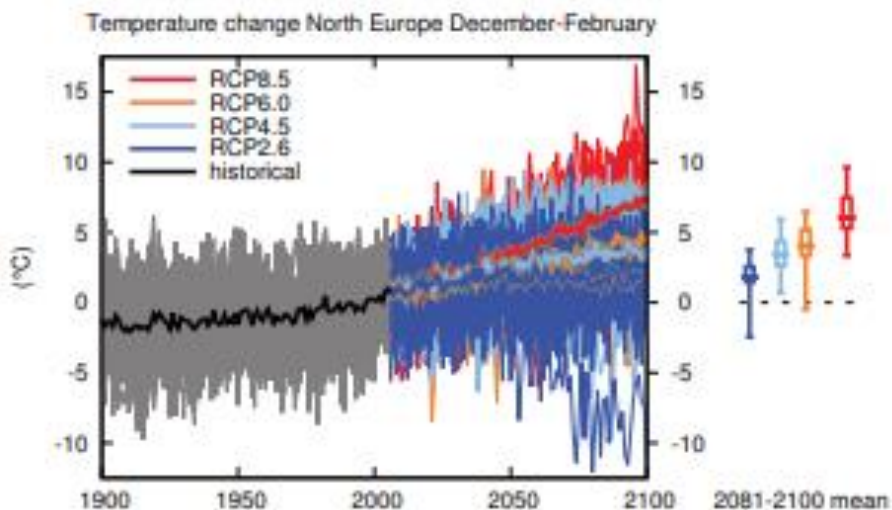
Temperature change North Europe June-August



Temperature change Central Europe June-August



Zima (grudzień – luty), Europa północna i środkowa

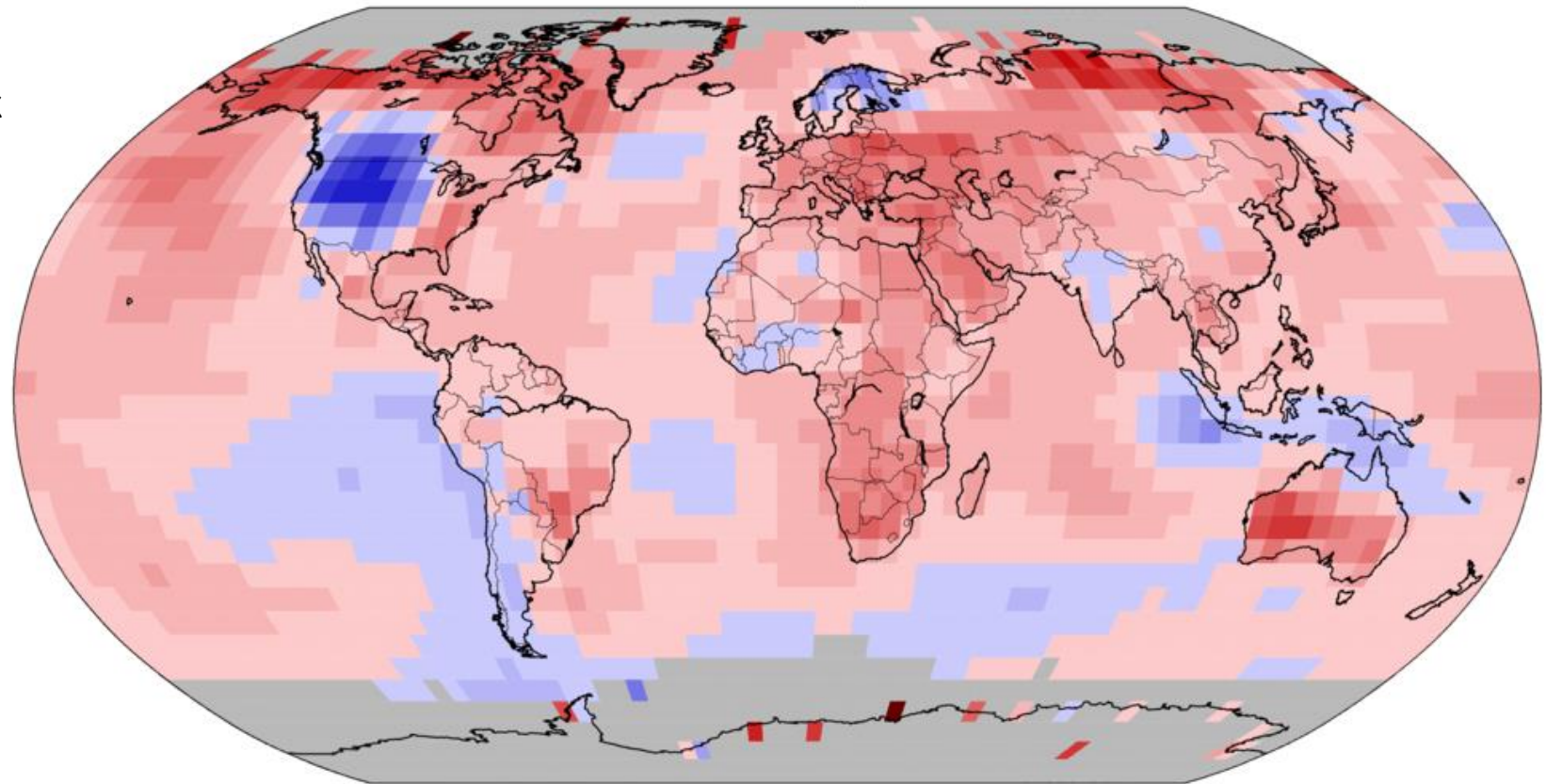


Land & Ocean Temperature Departure from Average Oct 2019 (with respect to a 1981–2010 base period)

Data Source: NOAA GlobalTemp v5.0.0–20191111

**Drugi najcieplejszy październik
w skali globu od 1880 roku
(baza danych NOAA)**

w odniesieniu do okresu
bazowego 1981 - 2010



National Centers for Environmental Information
GHCNM v4.0.1.20191109.qfe

Degrees Celsius

Please Note: Gray areas represent missing data
Map Projection: Robinson

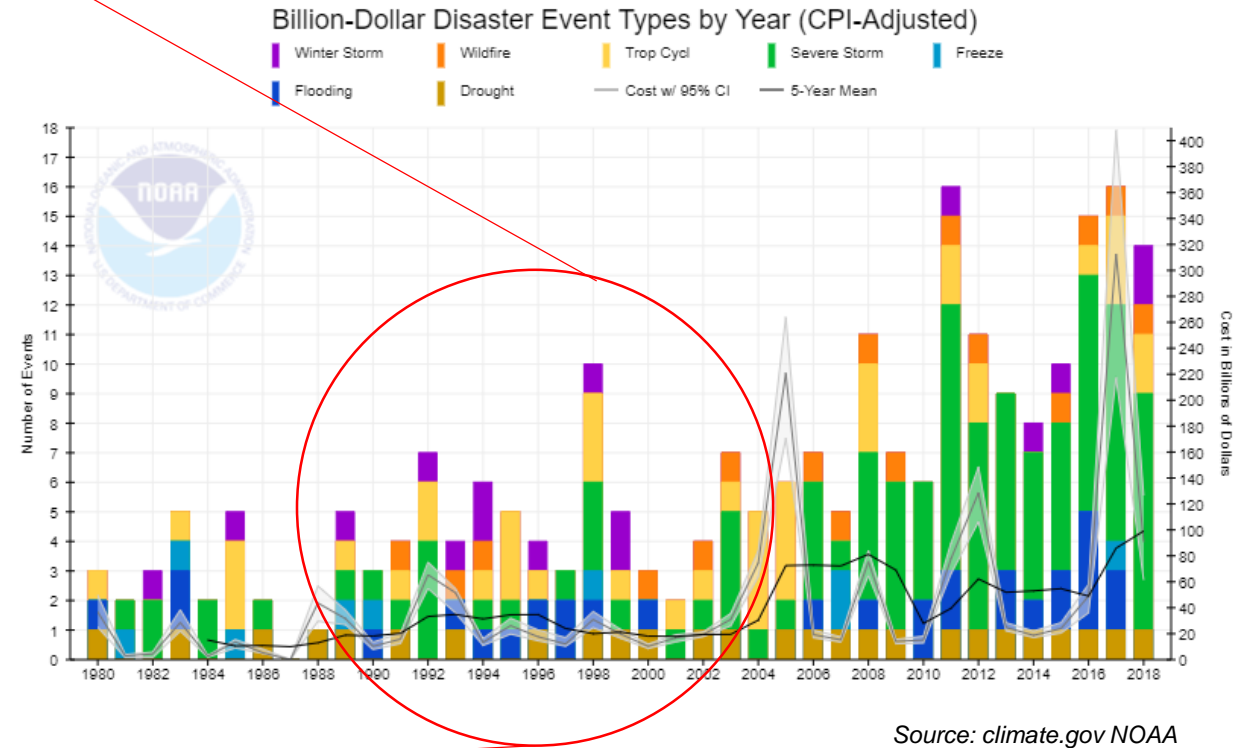
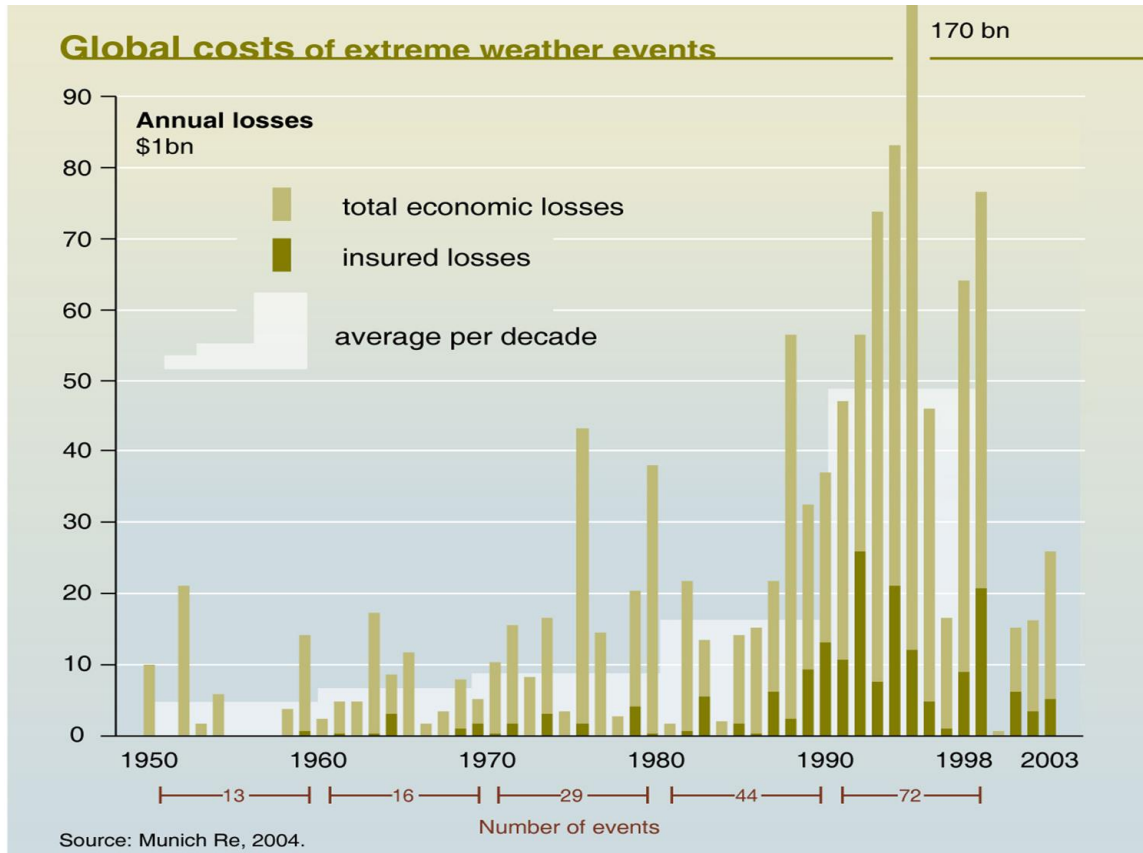




- **Ekstrema absolutne (absolutne maksimum; absolutne minimum):** wartość najwyższa lub najniższa, jaka do tej pory została stwierdzona w charakterystyce danego zjawiska
- **Zjawiska ekstremalne:** zjawiska lub wartości bliskie ekstremom absolutnym danej charakterystyki (klimatu, hydrologicznej, geomorfologicznej), których **prawdopodobieństwo przekroczenia jest mniejsze od 10%**, czyli szansa ich wystąpienia (tzw. okres powtarzalności) wynosi **raz na 10 lat**.
- **Zjawiska ekstremalne wyjątkowe:** zjawiska lub wartości bliskie ekstremom absolutnym danej charakterystyki (klimatu, hydrologicznej, geomorfologicznej), których **prawdopodobieństwo przekroczenia jest mniejsze od 1%**, czyli szansa ich wystąpienia (tzw. okres powtarzalności) wynosi **raz na 100 lat**.
- **Klęska żywiołowa:** katastrofa naturalna, zdarzająca się losowo i wywołująca duże zniszczenia, niekiedy nawet liczne ofiary śmiertelne.



The **global** economic costs of extreme weather hit \$215bn by AON





Gradacja najważniejszych zjawisk pogodowych wywołanych zmianami klimatycznymi a powodujących znaczące straty gospodarcze

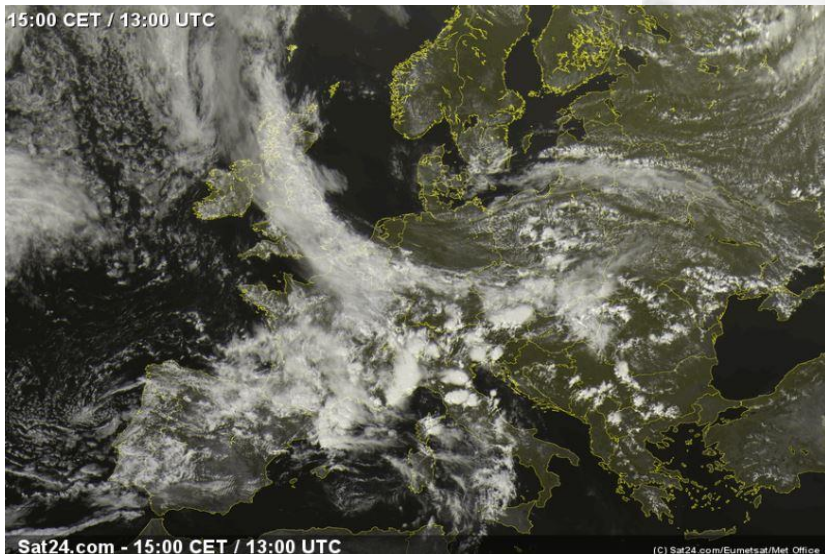
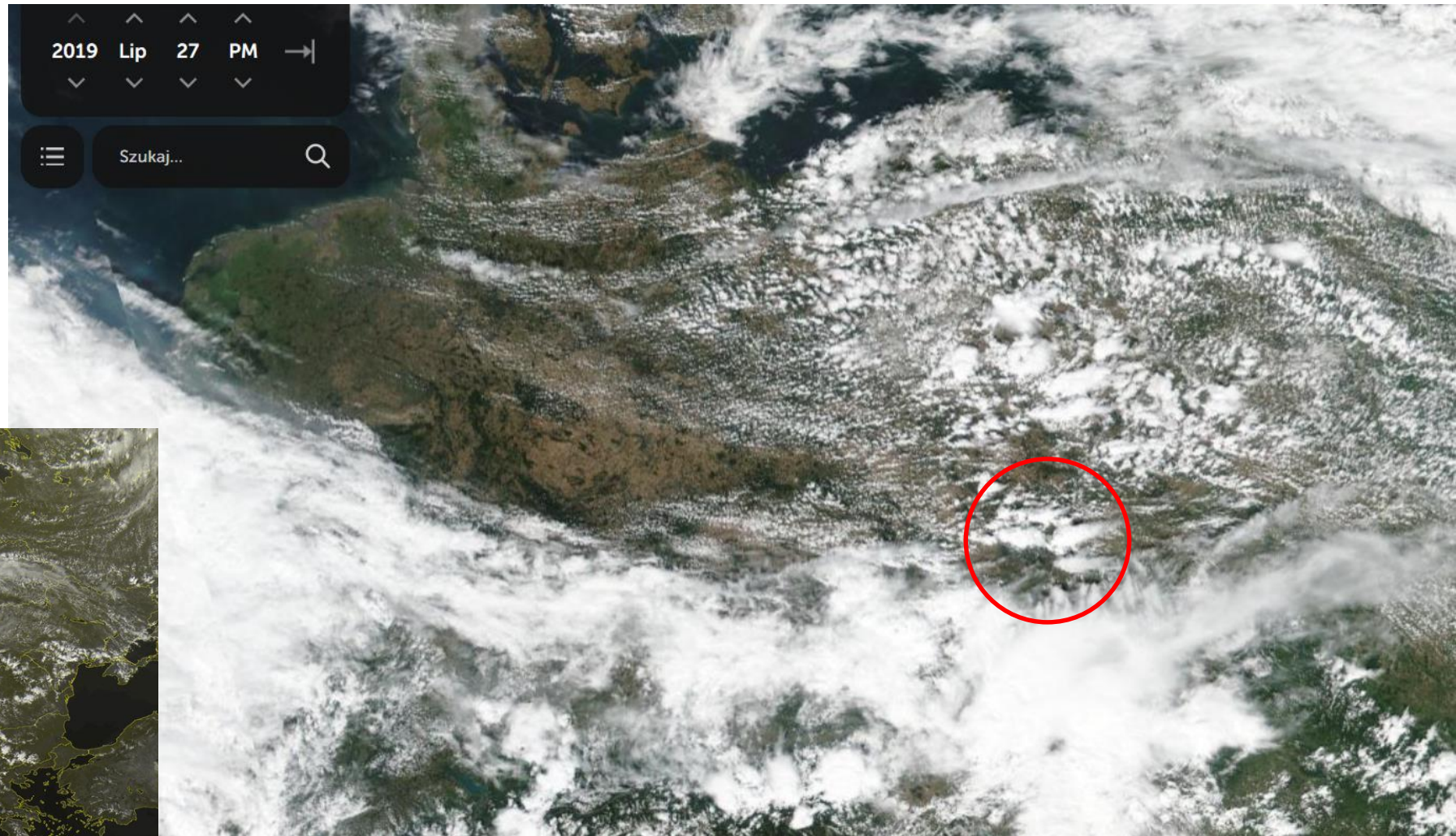
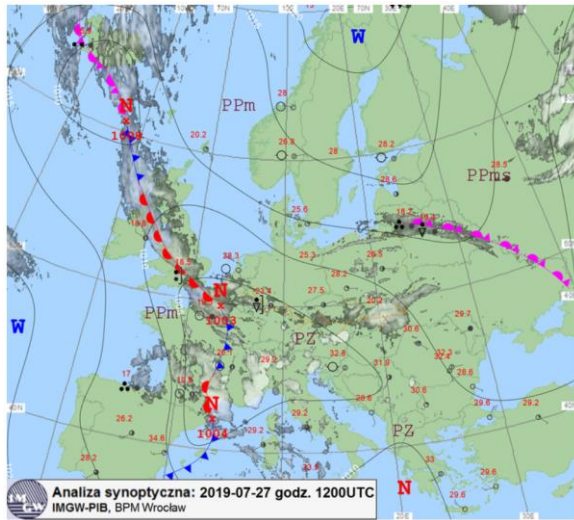
1. **Intensywne i gwałtowne opady**, a w konsekwencji powodzie i podtopienia, z nagłymi powodziami typu Flash Flood,
2. Huraganowe, **silne wiatry**, tzw. "trąby powietrzne" (tornado), sztormy;
3. **Gwałtowne zjawiska konwekcyjne** z katastrofalnymi w skutkach opadami **gradu**
4. **Susze meteorologiczne i hydrograficzne**, dotkliwe dla rolnictwa, miast i gospodarki wodnej
5. **Śnieżyce, gołoledzie, mgły, szron i szadź** utrudniające transport lądowy i lotniczy. Zagrożają budowlom inżynierskim (linie przesyłowe prądu elektrycznego), powodują również zniszczenia drzewostanów;
6. **Upały**, które mogą zagrozić życiu i zdrowiu ludzi oraz powodować pożary lasów.
7. **Fale chłodu**
8. **Zanieczyszczenia powietrza, epizody smogowe**



Z przeprowadzonych w dokumencie *Plan adaptacji miasta Katowice* analiz wynika, iż głównymi zagrożeniami dla mieszkańców i różnych sektorów miasta, mającymi podłoże klimatyczne w Katowicach są:

1. **wzrost liczby dni z temperaturą maksymalną** powietrza, charakteryzujących dni upalne,
2. występowanie **fal upałów**,
3. rozszerzanie się i **nasilanie oddziaływania miejskiej wyspy ciepła**,
4. **długotrwałe okresy bezopadowe** w połączeniu z temp. maksymalną powyżej 25°C,
5. **rosnąca liczba niżówek i deficyty wody** w reprezentatywnych dla miasta punktach wodowskazowych na rzekach Kłodnicy, Brynicy i Mlecznej,
6. występowanie **liczby dni z burzą**, powodujących straty w postaci uszkodzonych drzew, budynków,
7. występowanie **lokalnych, nagłych powodzi miejskich** powodujących zalanie lub podtopienie terenu w wyniku wystąpienia silnego, krótkotrwałego opadu deszczu o dużej wydajności,
8. istotny poziom **koncentracji zanieczyszczeń powietrza** na terenie miasta oraz zagrożenie występowaniem smogu zimowego.

Intensywne i gwałtowne opady – 27 lipca 2019r. Flash floods



Orientacyjne przedziały odbiciowości różnych pod względem intensywności opadów deszczu (według podziału VIP – Video Integrator and Processor):

VIP 1 – 18-30dBZ – słaby opad deszczu,

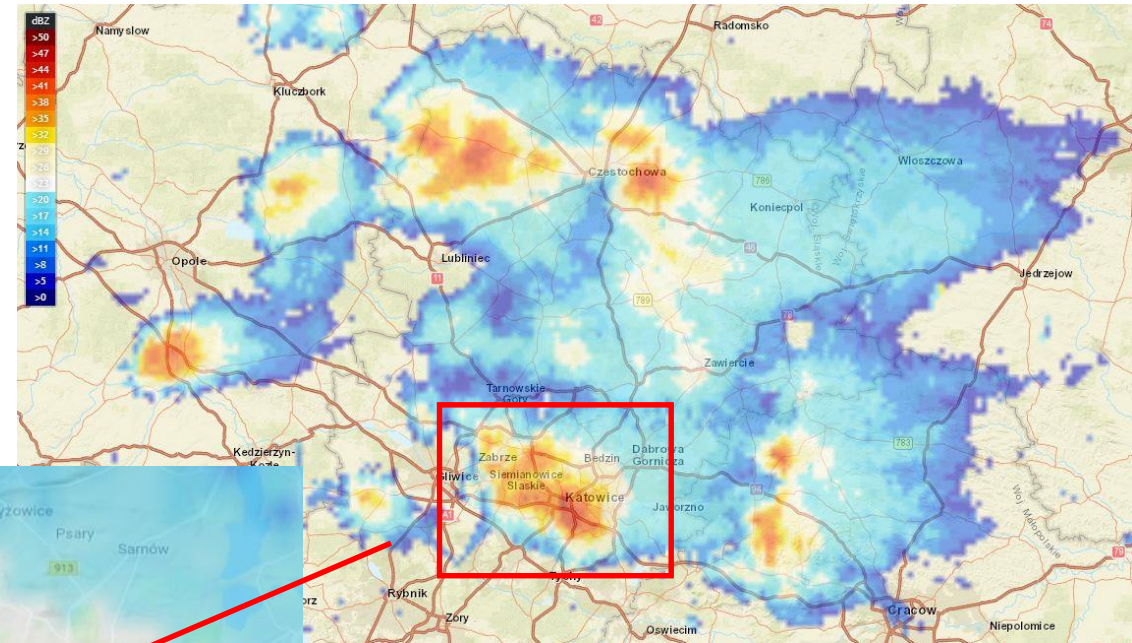
VIP 2 – 30-38dBZ – deszcz słaby do umiarkowanego,

VIP 3 – 38-44dBZ – deszcz umiarkowany do silnego,

VIP 4 – 44-50dBZ – deszcz silny i bardzo silny,

VIP 5 – 50-57dBZ – deszcz bardzo silny lub nawalny, możliwy grad,

VIP 6 – ponad 57dBZ – deszcz nawalny, możliwy duży grad.



28 lipca 2019

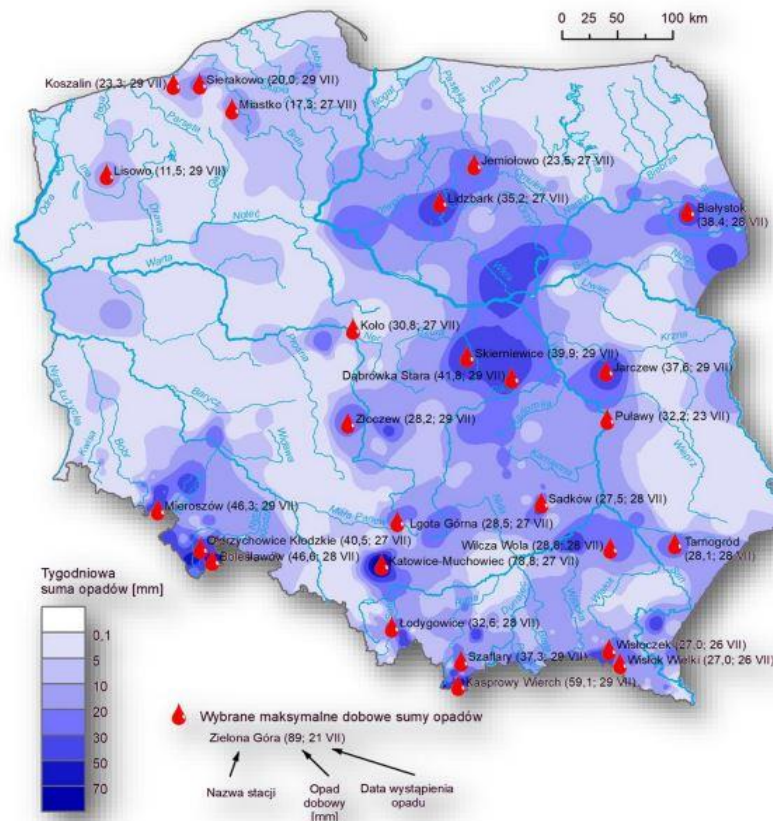
Skutki nawałnicy, która przeszła nad Katowicami

Nadzwyczajne opady deszczu, które spadły wczoraj w Katowicach – w ciągu 30 minut spadło 80 mm deszczu, co jest porównywalne z opadami w całym miesiącu w poprzednich latach – spowodowały liczne podtopienia. Straż Pożarna otrzymała ponad 200 alarmów o podtopieniach.

W wyniku intensywnych opadów podtopieniu uległ tunel pod rondem im. gen. J. Ziętka. Woda w tym miejscu została odprowadzona przez urządzenia kanalizacyjne, a ruch przywrócono w godzinach wieczornych. Zalaniu uległ wiadukt wzdłuż drogi S86 na wysokości Centrum Handlowego IKEA. Głębokość rozlewiska przekroczyła 2m. Wodę wypompowano z wykorzystaniem 2 pomp szlamowych wysokiej wydajności, kolejne działania będą obejmowały naprawę jezdnii, która została uszkodzona. Służby intensywne działania prowadziły także na terenie Szpitala Bonifratrów przy ul. Markiecki. Woda dostała się do budynku, zalewając częściowo rozdzielnię elektryczną. Napływającą wodę wypompowano przy pomocy pomy szlamowej, dzięki czemu nie dopuszczono do zniszczenia rozdzielni. Natomiast na terenie serwerowni przy ul. Paderewskiego zalaniu uległy pomieszczenia biurowe i pomieszczenie serwerowni. Wypompowanie wody nastąpiło przy pomocy pomp szlamowych i pozwoliło uchronić serwery z danymi pacjentów. Zalaniu uległy także garaże przy ul. Saint Etienne – na parterze garażu zalaniu uległo 27 samochodów i 6 motocykli. Głębokość wody w garażu wynosiła ok. 1,5m. Wodę wypompowywano przy pomocy pomp szlamowych. Przerwany został również wał przeciwpowodziowy rzeki Rawa przy ul. Szabelnianej – około 1 m wału przeciwpowodziowego zostało przerwane, w skutek czego woda z rzeki Rawa zalała posesje. Wodę wypompowano, a wały wzmacniane są za pomocą piasku i worków.

- *Dziękuję wszystkim służbom, które błyskawicznie podjęły działania na terenie miasta Katowice. Od wczoraj 20 zastępów katowickiej straży pożarnej przy wsparciu zastępów z miast sąsiednich, a także ochotnicze straże pożarne, jednostki miejskie – w tym Miejski Zarząd Ulic i Mostów, Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej, Katowickie Wodociągi, Zakład Zieleni Miejskiej, wydział zarządzania kryzysowego - intensywnie pracują, by usunąć skutki nawałnicy. Nadzwyczajne opady spowodowały liczne podtopienia, które na bieżąco są usuwane – mówi Waldemar Bojarun, wiceprezydent miasta Katowice.*

Prosimy mieszkańców o cierpliwość i kolejne zgłoszenia służbom, które na bieżąco usuwają skutki nawałnicy.

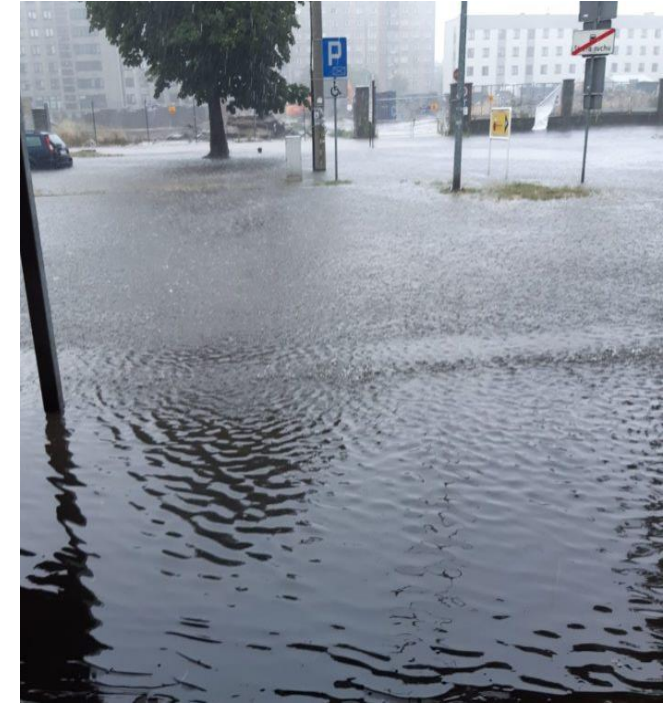
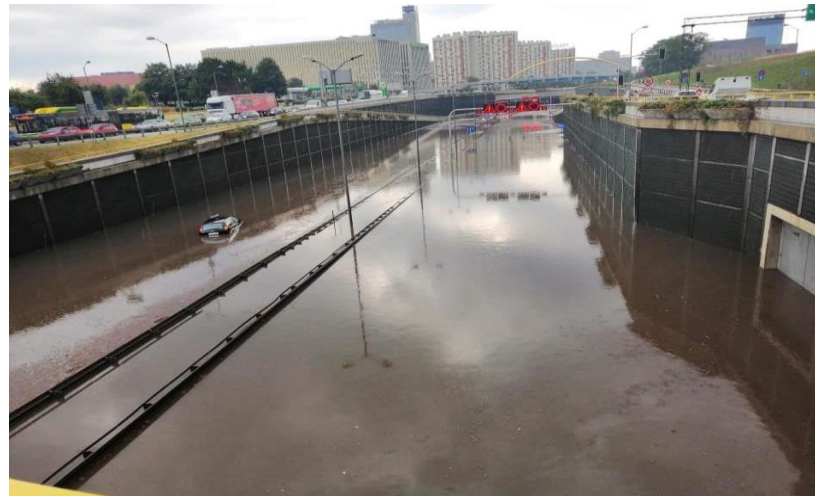


Suma godzinowa (15-16)
= **74,2 mm** opadu.

Całkowita suma dobową na stacji
Katowice-Muchowice
= **82,7 mm**.

Nowy rekord dobowej sumy
opadów dla tej stacji. Poprzedni
wynosił **81,6 mm** i pochodził
z 22 kwietnia 1972 roku.

Intensywne i gwałtowne opady – 27 lipca 2019r. Flash floods



Fot. gazeta.pl, onet.pl, tvn meteo, YouTube





Przykładowe sposoby adaptacji miasta przed negatywnymi skutkami nawaalnych opadów:

- ochrona, modernizacja i budowa urządzeń hydrotechnicznych oraz urządzeń melioracji wodnych,
- odpowiednie utrzymanie w gotowości infrastruktury przeciwpowodziowej i służb ratowniczych, przeniesienie infrastruktury wrażliwej poza tereny zalewowe,
- przebudowa krytycznej infrastruktury publicznej zlokalizowanej na terenach zalewowych,
- **stworzenie systemów retencji wody w mieście – rewitalizacja/rewaloryzacja zbiorników wodnych i terenów zieleni zwiększająca ich retencję, ochrona, odtwarzanie i budowa obszarów retencyjnych, rozwój systemu mikroretencji, przystosowanie obszarów o innym przeznaczeniu do pełnienia okresowo funkcji retencyjnej,**
- stosowanie metod pielęgnacji zieleni niezakłócających retencyjnej funkcji roślin, ,
- stworzenie wytycznych wymuszających zapewnienie naturalnej retencji gruntowej w mieście w toku zabezpieczenia przed uszczelnieniem i przesuszeniem gruntów,
- systemowe zagospodarowanie wód opadowych, w tym zagospodarowanie wód opadowych w miejscu ich powstania (promowanie rozwiązań stosowania przepuszczalnych nawierzchni, rozszczelnianie powierzchni nieprzepuszczalnych).



Tworzenie systemów retencji wody w mieście

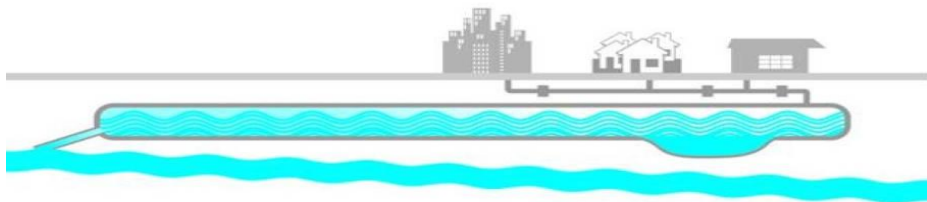
Tak działa zbiornik retencyjny przy ulicy Tyskiej:

wody opadowe są doprowadzane systemem kanalizacji deszczowej przez osadnik wirowy do zbiornika retencyjnego

w osadniku o przepustowości hydraulicznej 900 dm³/s zatrzymywane są zanieczyszczenia z wód deszczowych przed ich wprowadzeniem do zbiornika

w zbiorniku retencyjnym zostaje zatrzymany nadmiar wód opadowych w określonym czasie, a następnie wody spływają do odbiornika końcowego, czyli rzeki Miecznej

prawie 11 m³ wód opadowych może zostać zatrzymane w specjalnej niszce w zbiorniku do ponownego wykorzystania przez służby komunalne (np.: do podlewania zieleni miejskiej)



Fot. gazeta.pl

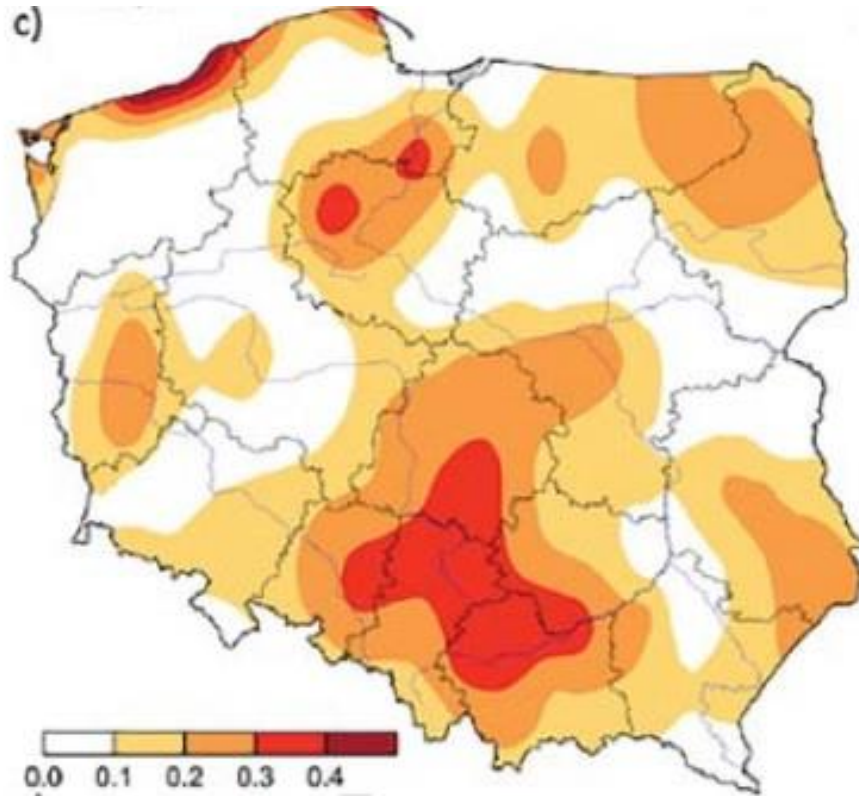
Budowa zbiornika retencyjnego przy ulicy Tyskiej w Katowicach Piotrowicach



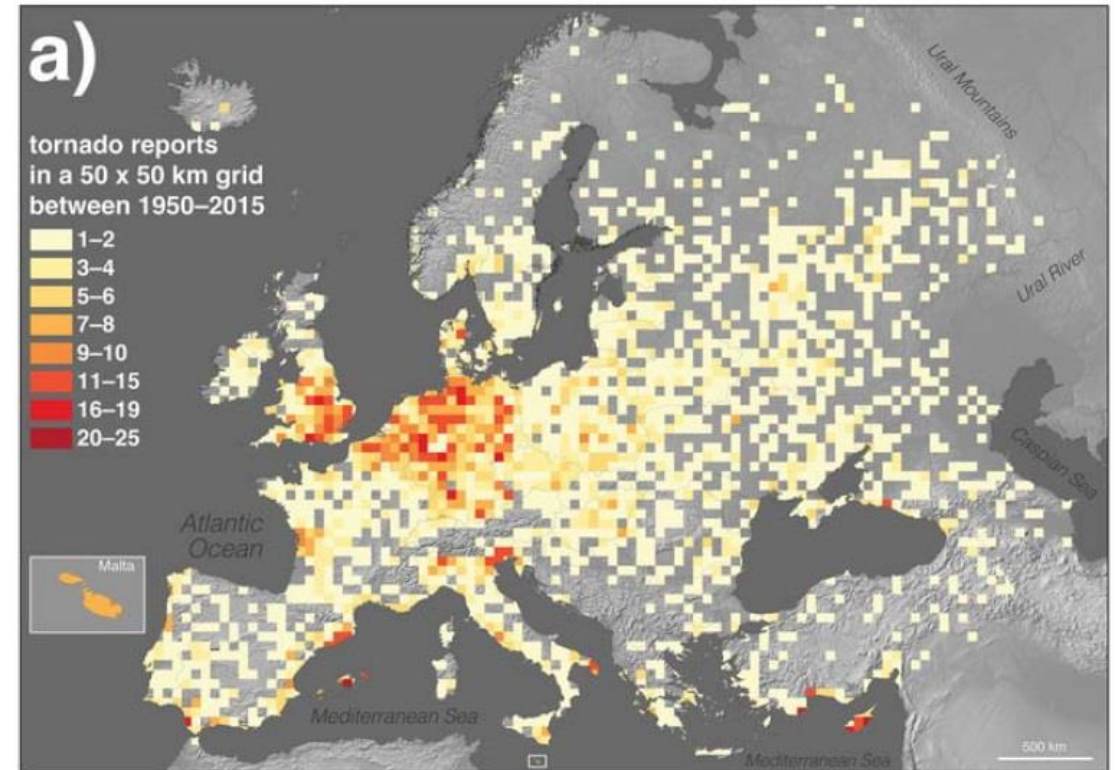
Rzadkie zjawisko meteorologiczne powstające u podstawy chmury Cb, związane z wirowym ruchem powietrza o dużym natężeniu.



TRĄBY POWIETRZNE W POLSCE I EUROPIE



Średnia roczna liczba tornad w okresie 1999-2013
Taszarek, Brooks (2014)



Europejska Baza Danych o Gwałtownych Zjawiskach
Atmosferycznych



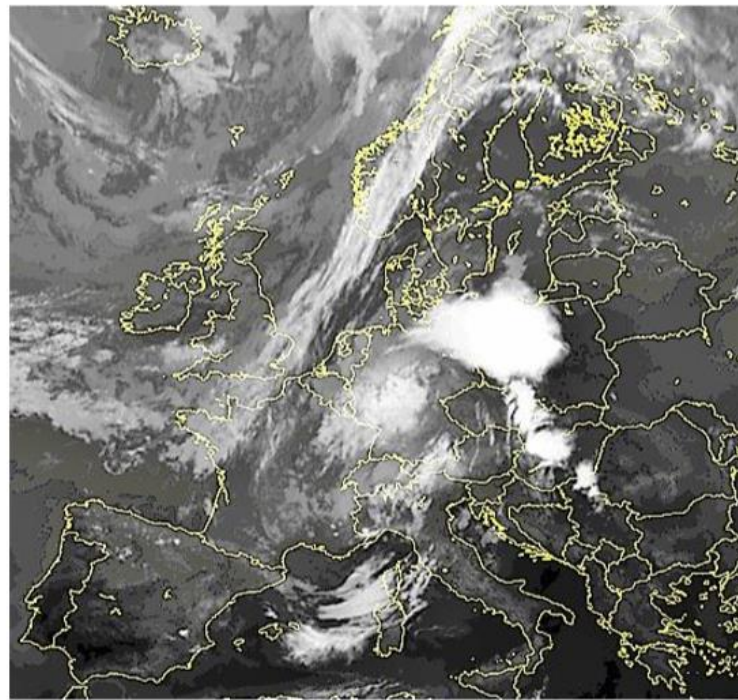
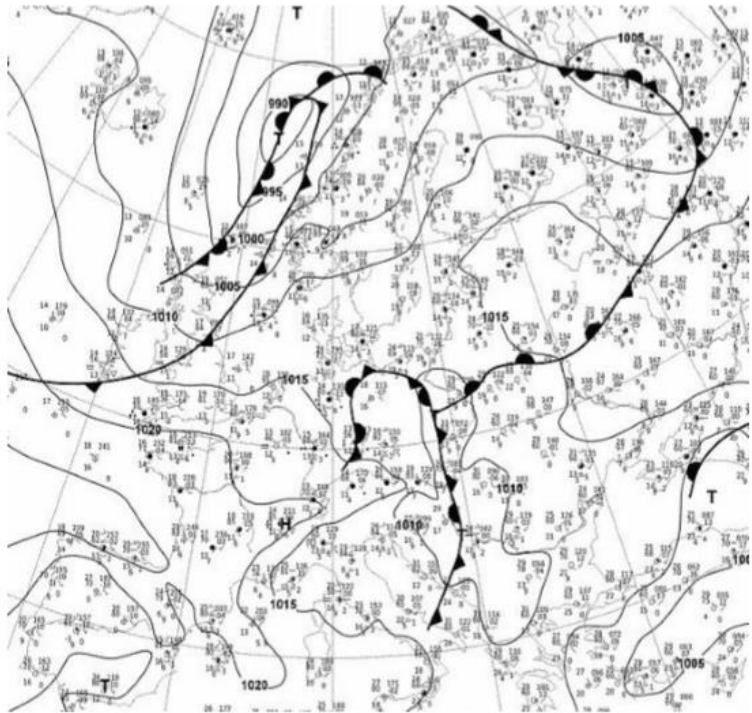


Fig. 2. Synoptic charts of Europe from 12.08.2017 00:00 UTC (left). Source: www.wetter3.de The MSG satellite image of Europe 22:00 UTC infrared channel (right). Source: sat24.com

E) CAPPI (1 km) showing reflectivity at the height of 1 km at 20:30 UTC. The BEC transformed to classic form of Bow Echo (BE)



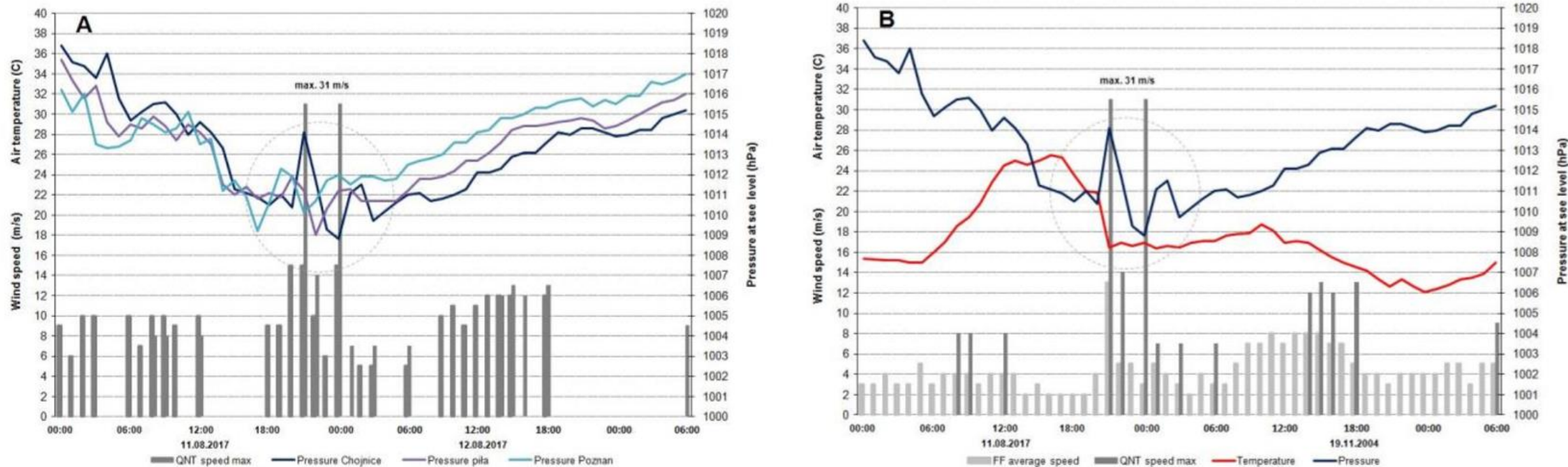


Fig. 4. Daily course of pressure and wind gusts at Poznań, Piła and Chojnice meteorological stations (A) and daily course of pressure, wind gusts and temperature only at Chojnice station (B). Source of data: ogimet.com



Zniszczenia w lasach pow. Chojnickiego przez nawałnicę (tzw Bow echo Derecho) w nocy 11/12 sierpnia 2017 r.



<http://www.dziennikbałtycki.pl/>



Fot. Piotr Hukało



Fot. Piotr Hukało

Najwięcej szkód: Rawicz, Jarocin, Września, Gniezno,
Nakło nad Notecią, rejon Chojnic, Bory Tucholskie, Kaszuby, 6 ofiar, 48 osób rannych

**Widok na zniszczony las w okolicy miejscowości Rytel
przez nawałnicę w nocy 11/12 sierpnia 2017 r.**

Nauka w Polsce – PAP, <http://naukawpolsce.pap.pl/>

Fot. PAP/ Leszek Szymański 17.08.2017





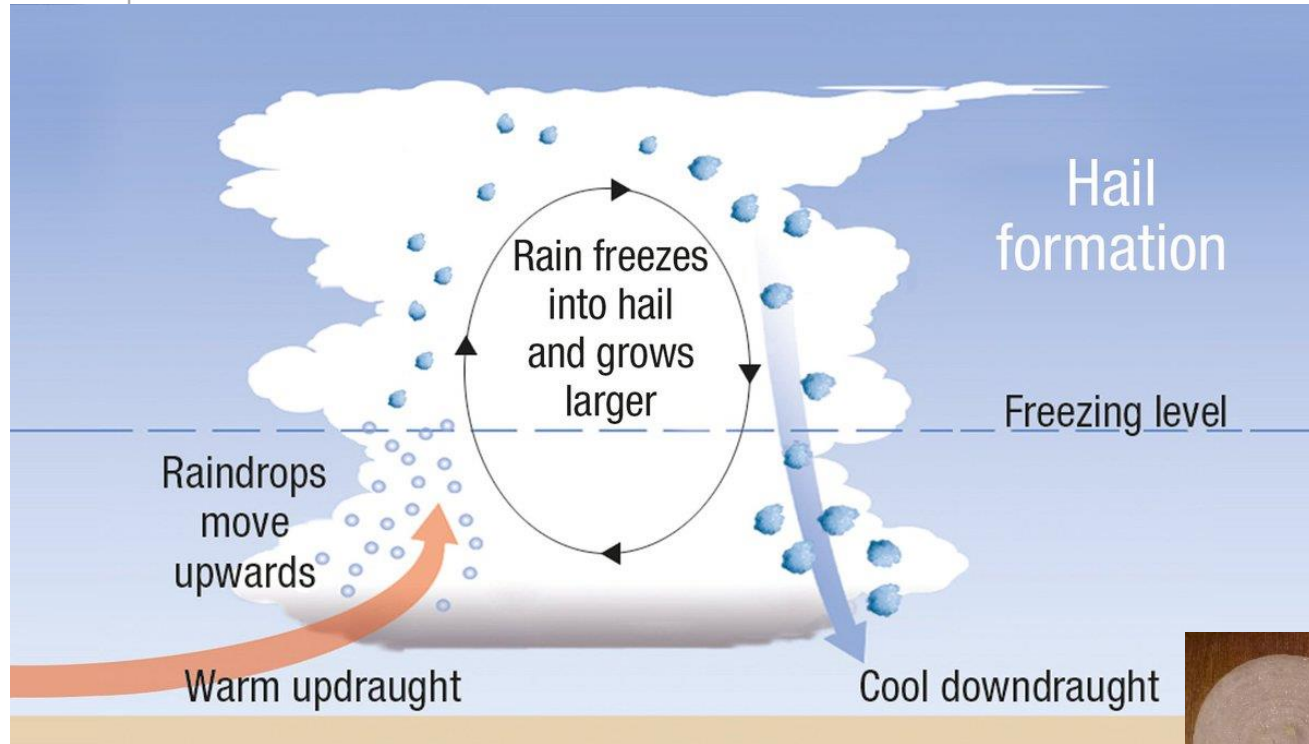


Przykładowe rozwiązania w ramach adaptacji miasta przed negatywnymi skutkami:

- wprowadzenie systemu inwentaryzacji zieleni i monitoringu drzew w mieście oraz stały program pielęgnacji/wymiany drzew,
- wprowadzanie stref ochronnych wokół drzew, w tym szczególnie wokół drzew wiekowych (pomniki przyrody),
- stworzenie systemów ostrzegania oraz wprowadzanie zakazu wstępu/ostrzeżenia przed wchodzeniem do parków, lasów w okresie silnego wiatru,
- edukacja, informacja oraz promocja ukierunkowana na wzrost wiedzy z zakresu zasad utrzymania zieleni, w tym drzew, w dobrej kondycji.

Strategia adaptacji do zmian klimatu dla m.st. Warszawy do roku 2030 z perspektywą do roku 2050. Miejski Plan Adaptacji





<http://rensselaerplateaulife.blogspot.com/2013/07/cumulonimbus-cloud.html>



Hail form storm, March 26, 2017, Argyle

<https://www.nbcdfw.com>



<http://www.journal-advocate.com>

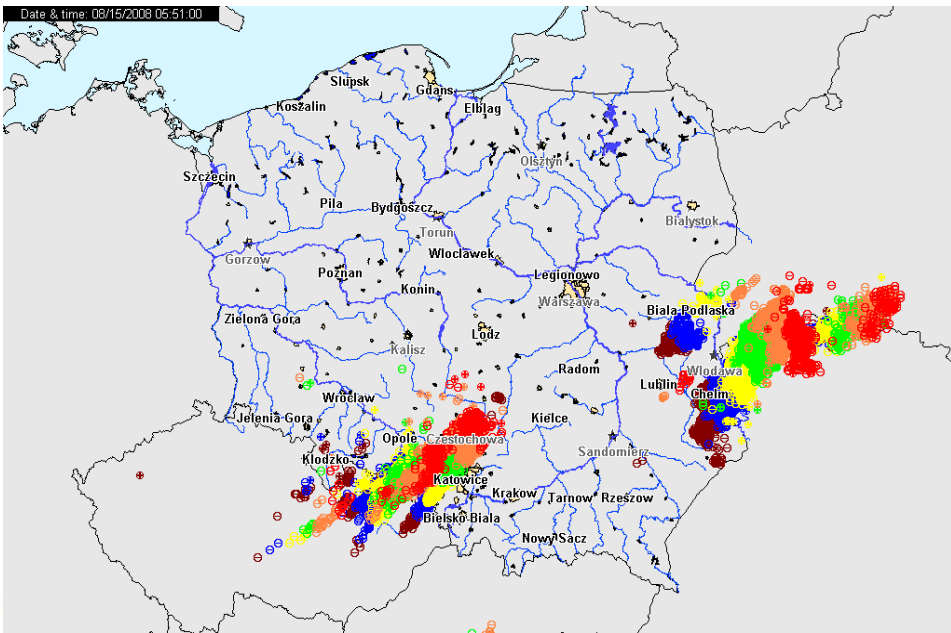
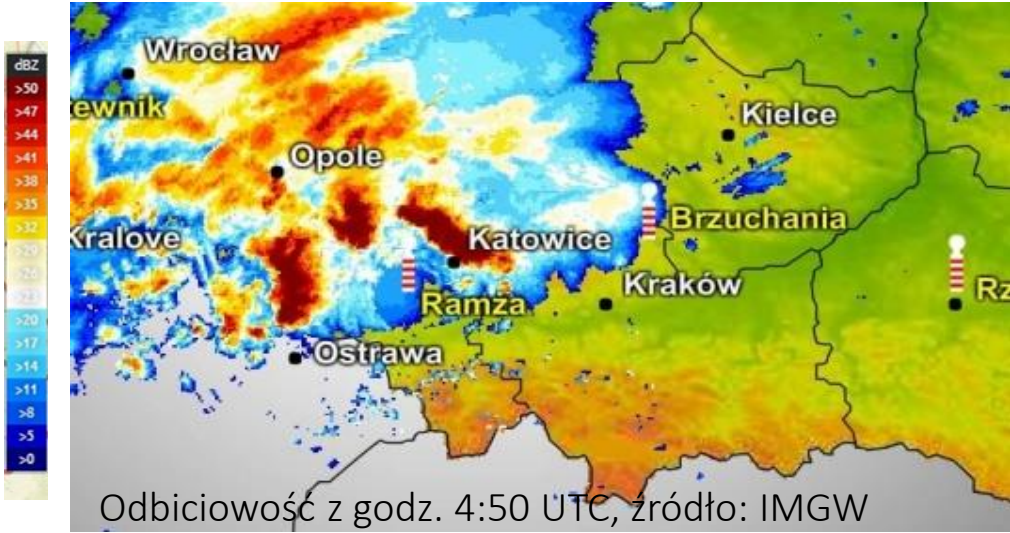


Runner in Iowa
<https://weather.com/>



<http://www.v10.pl/galerie/auto,po,gradobicu2,jpg.html>

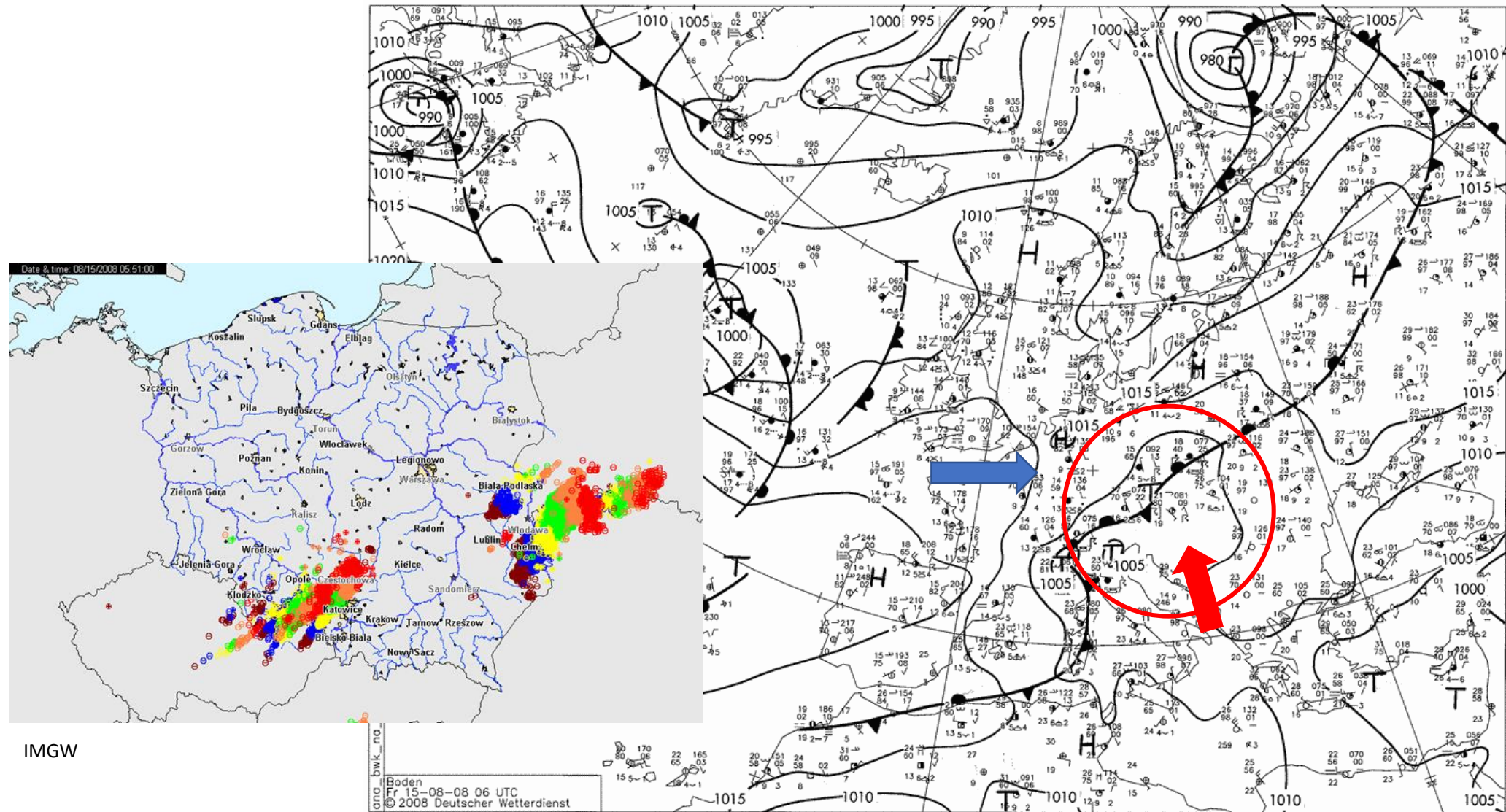
Opady gradu – 15 sierpnia 2008, nawałnica nad Śląskiem



<https://www.tvn24.pl/pogoda,7/gradowe-bomby-powybijaly-szyby-slask-liczy-straty,67792.html>



Opady gradu – 15 sierpnia 2008, nawałnica nad Śląskiem



Liczba ofiar śmiertelnych i rannych spowodowanych określonym rodzajem zjawiska meteorologicznego w latach 2010 - 2018

Do analizy wykorzystano 14405 raportów pobranych z Bazy Danych ESWD z obszaru Polski o klasie jakości QC0+, QC1 i QC2 z takich zjawisk jak:

- silne porywy wiatru (8828 raportów)
- ulewne/nawalne opady deszczu (2928 raportów)
- silne gradobicia (1638 raportów)
- trąby powietrzne (109 raportów)
- wyładowania atmosferyczne (902 raporty)

10768 raportów dotyczyło zjawisk pochodzenia konwekcyjnego

Źródło: Pilorz, Surowiecki 2018

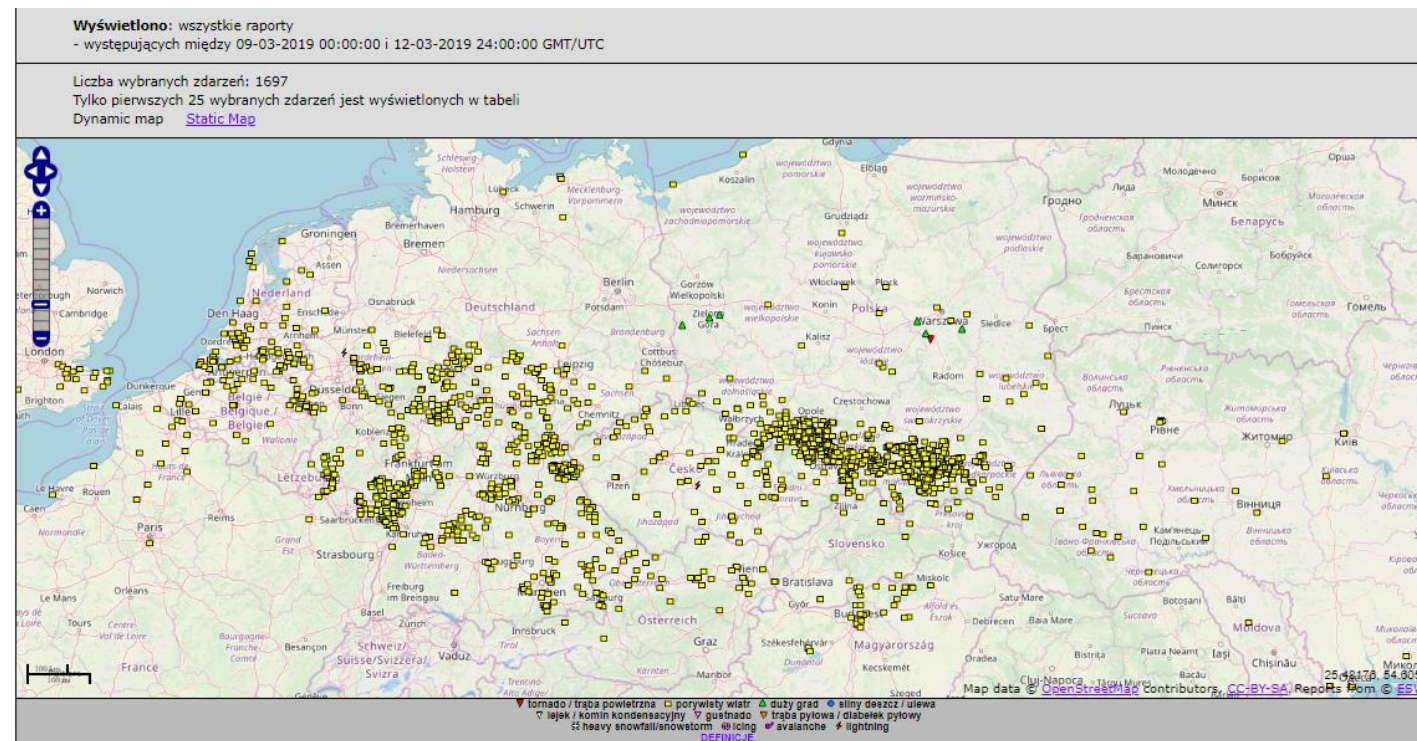


Baza Danych prowadzona przez European Severe Storms Laboratory od 2004 r.

Baza umożliwia archiwizację danych o groźnych zjawiskach atmosferycznych w Europie na podstawie raportów zgłaszanych przez jej użytkowników

Posiada system kontroli jakości raportów zgłoszonych przez użytkowników

4 klasy jakości raportów – QC0, QC0+, QC1, QC2





Miejsca wystąpień niebezpiecznych zjawisk pogodowych z ofiarami śmiertelnymi w Polsce w latach 2010-2018



Źródło danych: ESW
www.eswd.eu

Miejsca wystąpień niebezpiecznych zjawisk pogodowych z osobami rannymi w Polsce w latach 2010-2018



Źródło danych: ESWD
www.eswd.eu

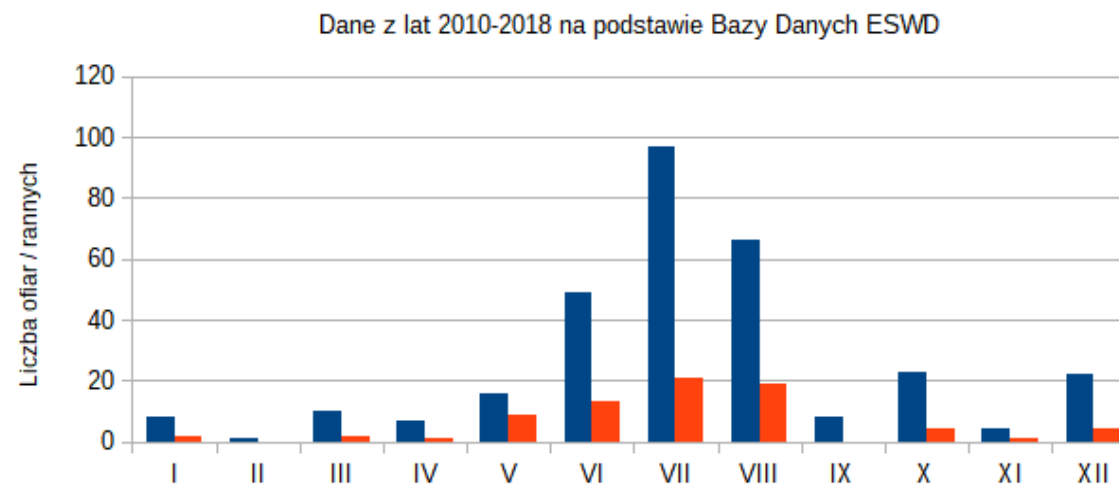
Źródło: Pilorz, Surowiecki 2018



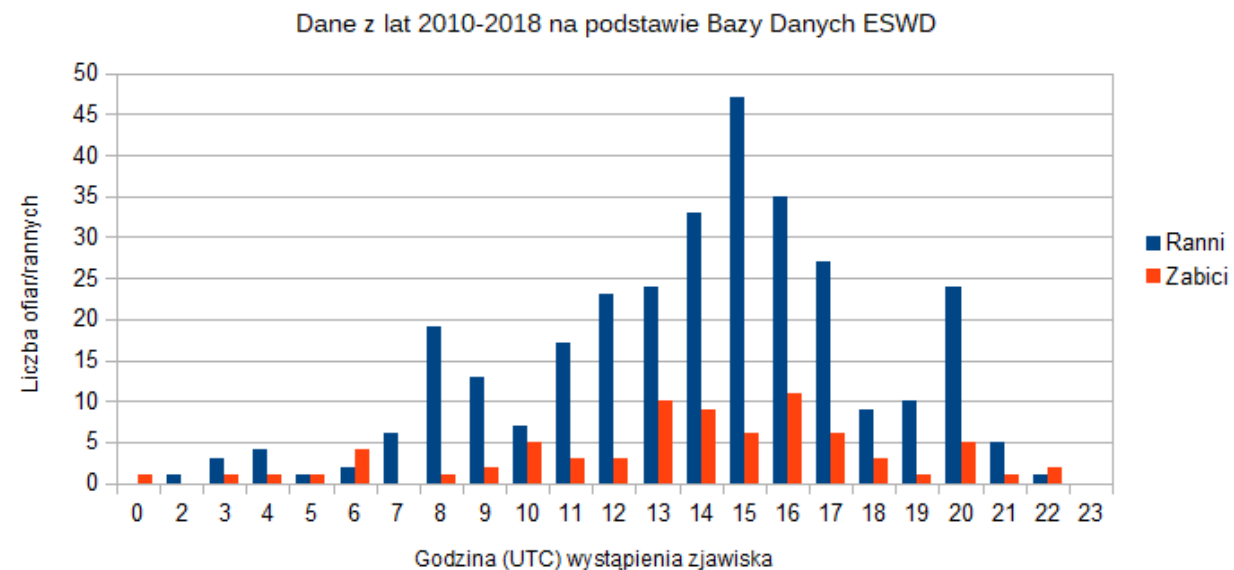
Roczny rozkład liczby ofiar śmiertelnych i rannych w groźnych zjawiskach atm. w Polsce

Okoliczność	Liczba ofiar
Przygniecenie pojazdu lub przyczepy na postoju lub w ruchu	14
Przygniecenie drzewem lub konarami	9
Spędzanie czasu wolnego na zewnątrz	6
Zabici w wyniku zawalenia się budynków gospodarczych	3
Zabici szczątkami budynków uszkodzonych przez wiatr	3
Zabici wewnątrz budynków mieszkalnych	1
Inne	1

Źródło: Pilorz, Surowiecki 2018



Rozkład dobowy liczby ofiar śmiertelnych i rannych w groźnych zjawiskach atm. w Polsce

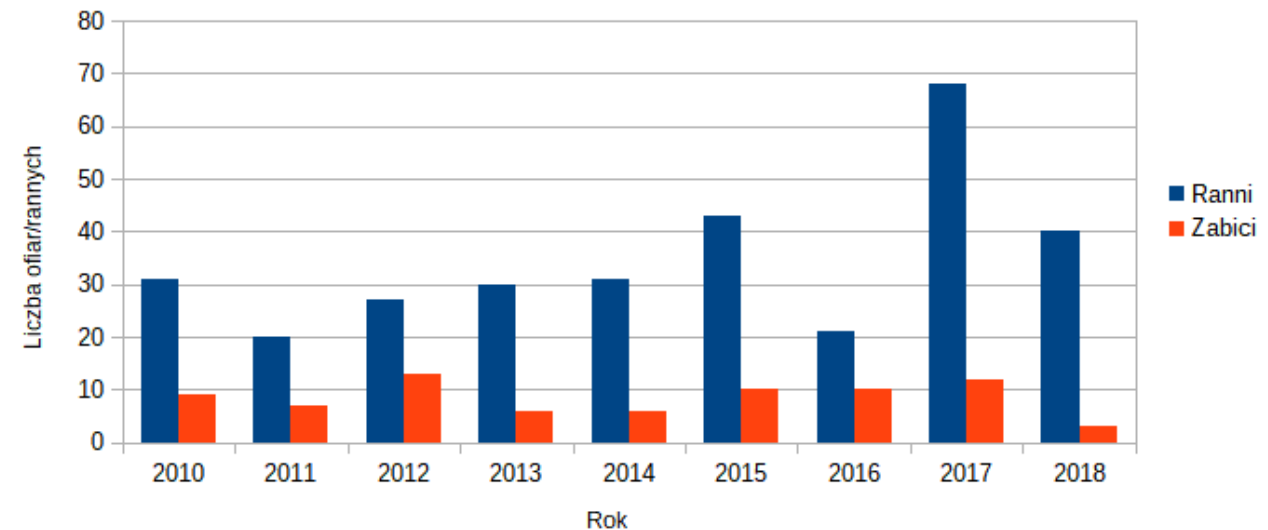


Liczba ofiar śmiertelnych i rannych spowodowanych określonym rodzajem zjawiska meteorologicznego w latach 2010 - 2018

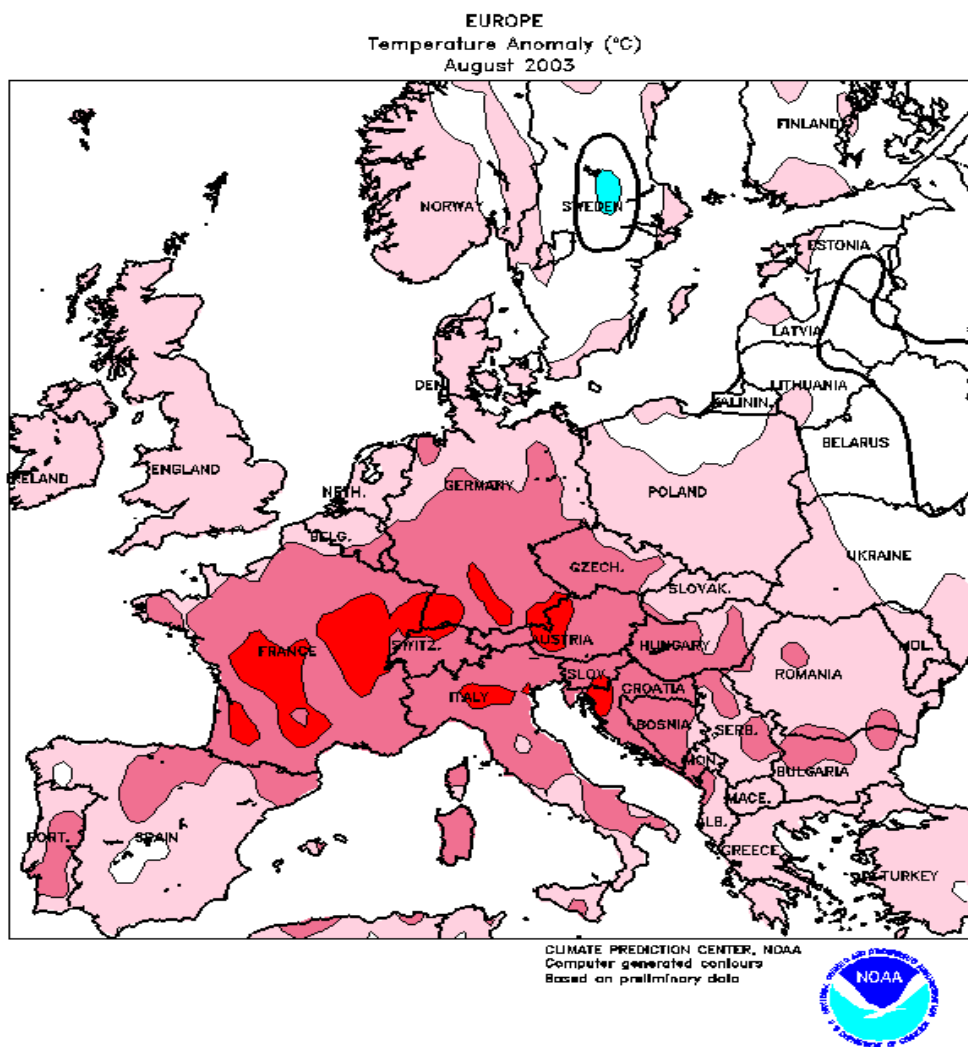
Rodzaj zjawiska	Liczba ofiar śmiertelnych	Liczba rannych
Silne porywy wiatru	37	208
Wyładowania atmosferyczne	31	93
Ulewne/nawalne deszcze	7	0
Tornado	1	9
Silne gradobicia	0	1
Razem	76	311

Ranni i zabici w groźnych zjawiskach atm. w Polsce w poszczególnych latach

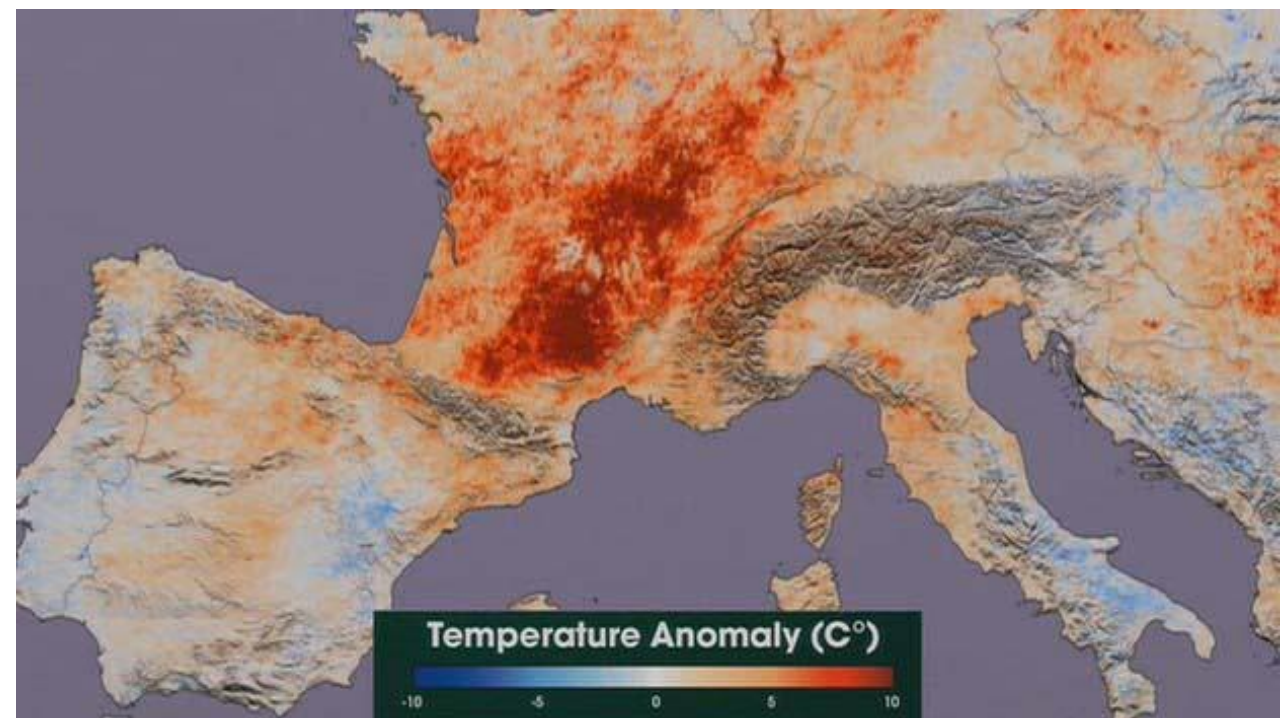
Dane z lat 2010-2018, na podstawie Bazy Danych ESWD



Źródło: Pilorz, Surowiecki 2018



Podczas **upalnego lata 2003 roku w Europie** w wyniku sięgających 40°C upałów zmarło około 70 000 ludzi więcej, niż zazwyczaj w tym okresie



W sierpniu 2003 roku w Paryżu w dniach, gdy temperatura wynosiła 25°C średnia liczba zgonów sięgała 50. Przy przekroczeniu 35°C w stolicy Francji umierało dziennie średnio 100 osób, a przy osiągnięciu 40°C liczba ofiar śmiertelnych przekraczała dziennie 300



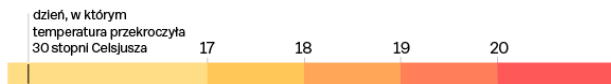


Od lat 50. XX wieku średnie temperatury dla miesięcy letnich zaczynają rosnąć. Coraz częściej zdarzają się upalne dni. W 1953 r. było ich 7. W 2006 r. już 27.

Letnie upały w polskich miastach

Średnie wartości temperatur dobowych w letnich miesiącach i liczba upalnych dni w kolejnych latach

WARSZAWA

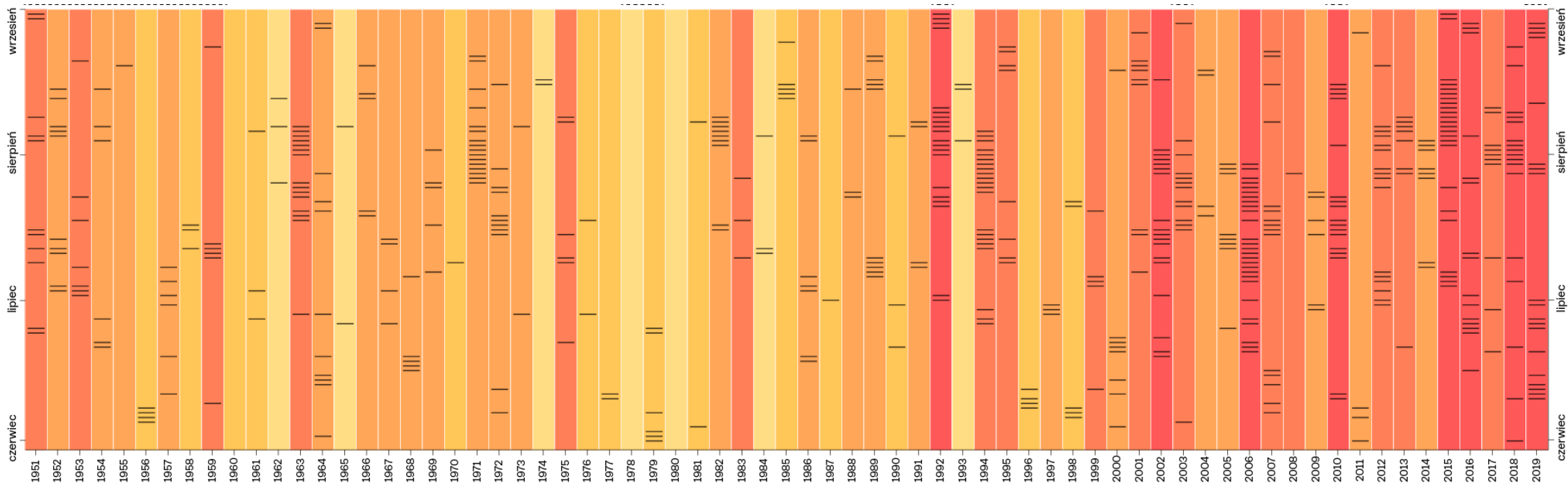


1992

Tego roku szczególnie gorący był sierpień. Przez 14 dni temperatury przekraczały 30 stopni. W sierpniu tego roku w Kuźni Raciborskiej doszło do jednego z największych pożarów w powojennej historii Europy. Spłonęło ponad 90 km² lasu.

2010

Rekordowe fale upałów zabiły dziesiątki tysięcy osób w Rosji. W Moskwie temperatury wyższe niż 30 stopni utrzymywały się przez ponad 30 dni z rzędu.



1978 i 1980

W tych latach zarejestrowano rekordowo niską liczbę dni cieplejszych niż 25 stopni C. Były to również najbardziej deszczowe i najmniej słoneczne lata w omawianym okresie.

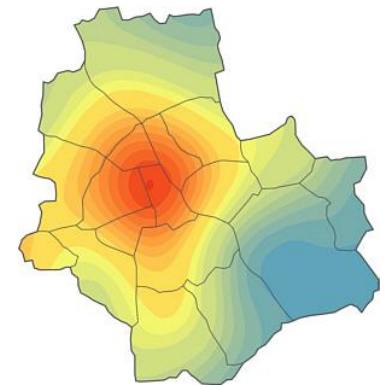
2003

Szacuje się, że fale upałów, które tego lata załaziły Europę Zachodnią, spowodowały aż 70 tys przedwczesnych zgonów, szczególnie we Francji. Zachód Polski znalazł się na granicy obszaru dotkniętego przez ekstremalne temperatury.

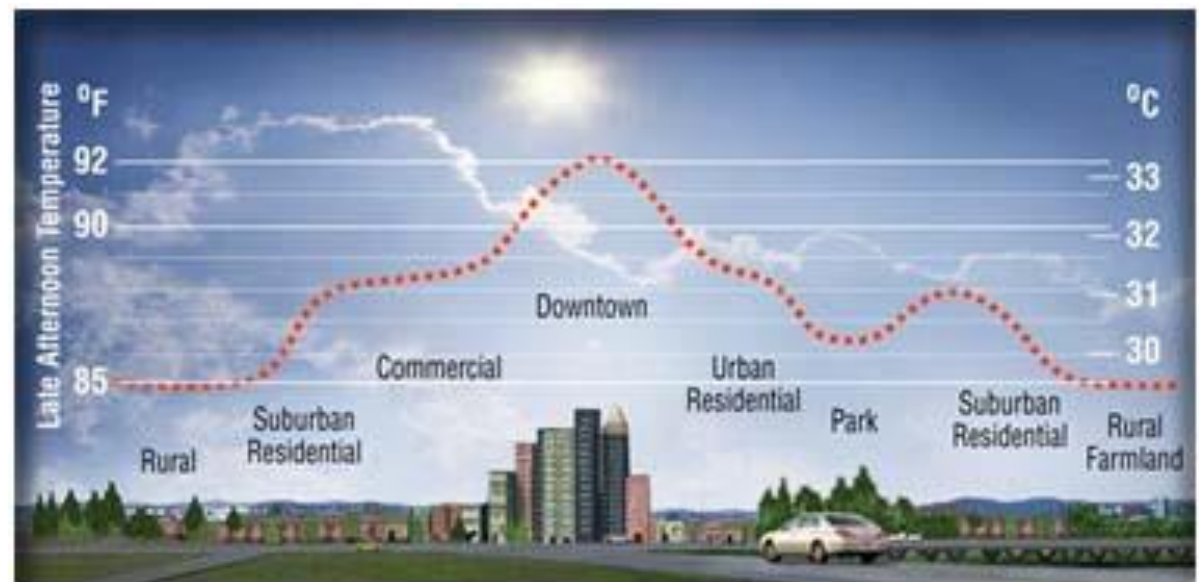
2019

Czerwiec tego roku był najcieplejszym czerwcem w historii pomiarów w Polsce. W Warszawie aż siedem nocy uznano za „tropikalne”, czyli takie, w których temperatura nie spadła poniżej 20 stopni.

Miejska wyspa ciepła (MWC) jest lokalnym zjawiskiem klimatycznym, powszechnie występującym w obszarach miejskich. Jest wynikiem nagromadzenia w mieście **dużej ilości powierzchni sztucznych**, które pochłaniają więcej promieni słonecznych niż ich odbijają, ale także: **małego udziału powierzchni roślinnych**, **zmniejszonej wilgotności powietrza**, **osłabionego przewietrzania**. Znaczącą rolę odgrywa też **ciepło antropogeniczne** produkowane przez urządzenia grzewcze i klimatyzacyjne, przemysł, ruch samochodowy itp. (Błażejczyk i in. 2014).

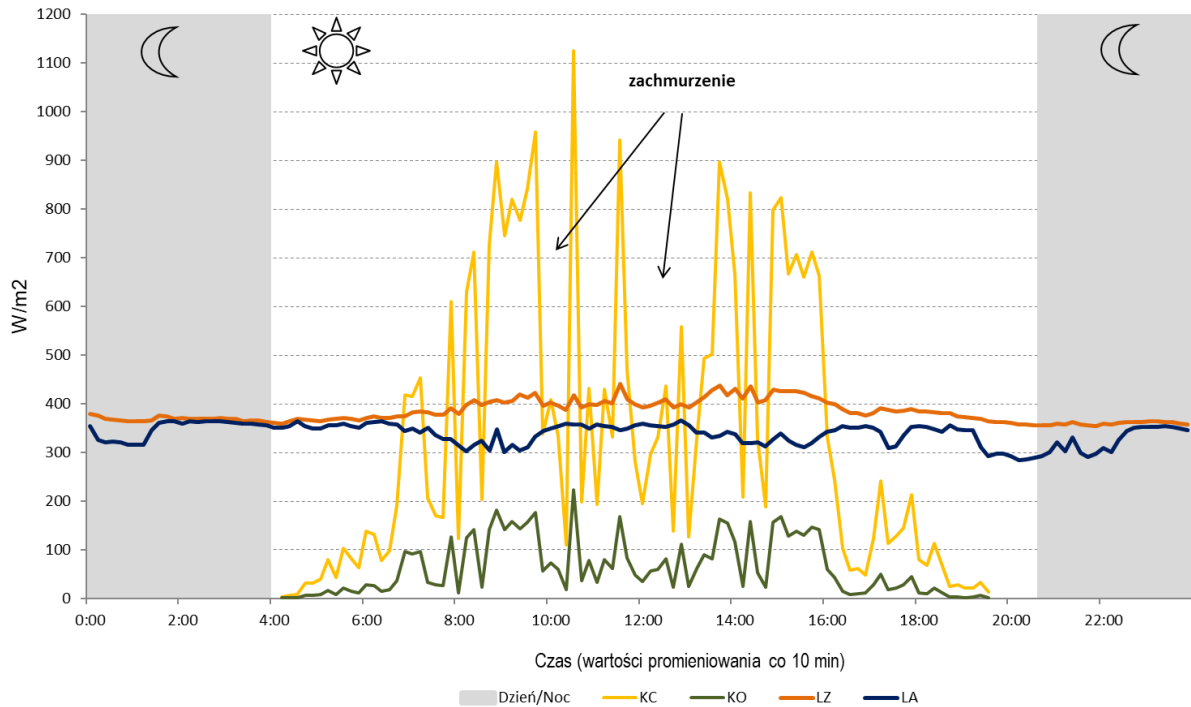


igipz.pan.pl

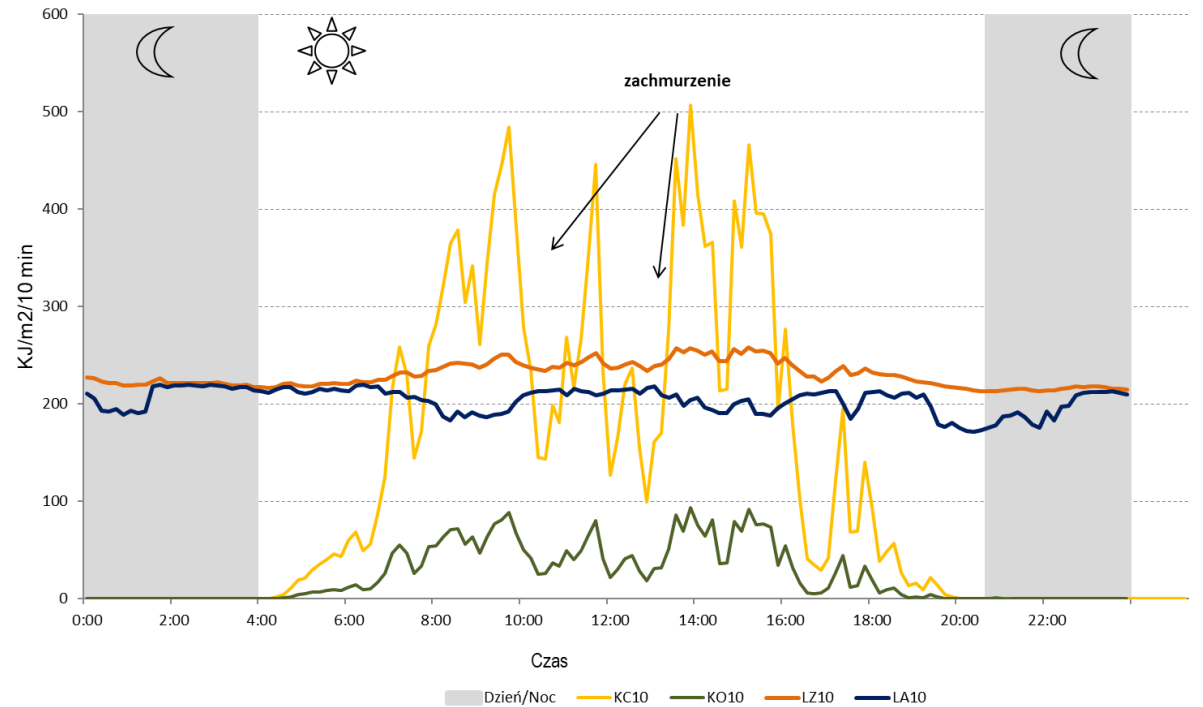


Schematyczny przekrój przez miejską wyspę ciepła.
Źródło: Heat Island Group

Strumienie promieniowania krótkofalowego (KC, KO) i długofalowego (LZ, LA)
 w dniu 01.06.2002 roku w Sosnowcu na stacji meteorologicznej WNoZ



Sumy 10 minutowe promieniowania krótkofalowego (KC10, KO10) i długofalowego (LZ10, LA10)
 w dniu 01.06.2002 roku w Sosnowcu na stacji meteorologicznej WNoZ



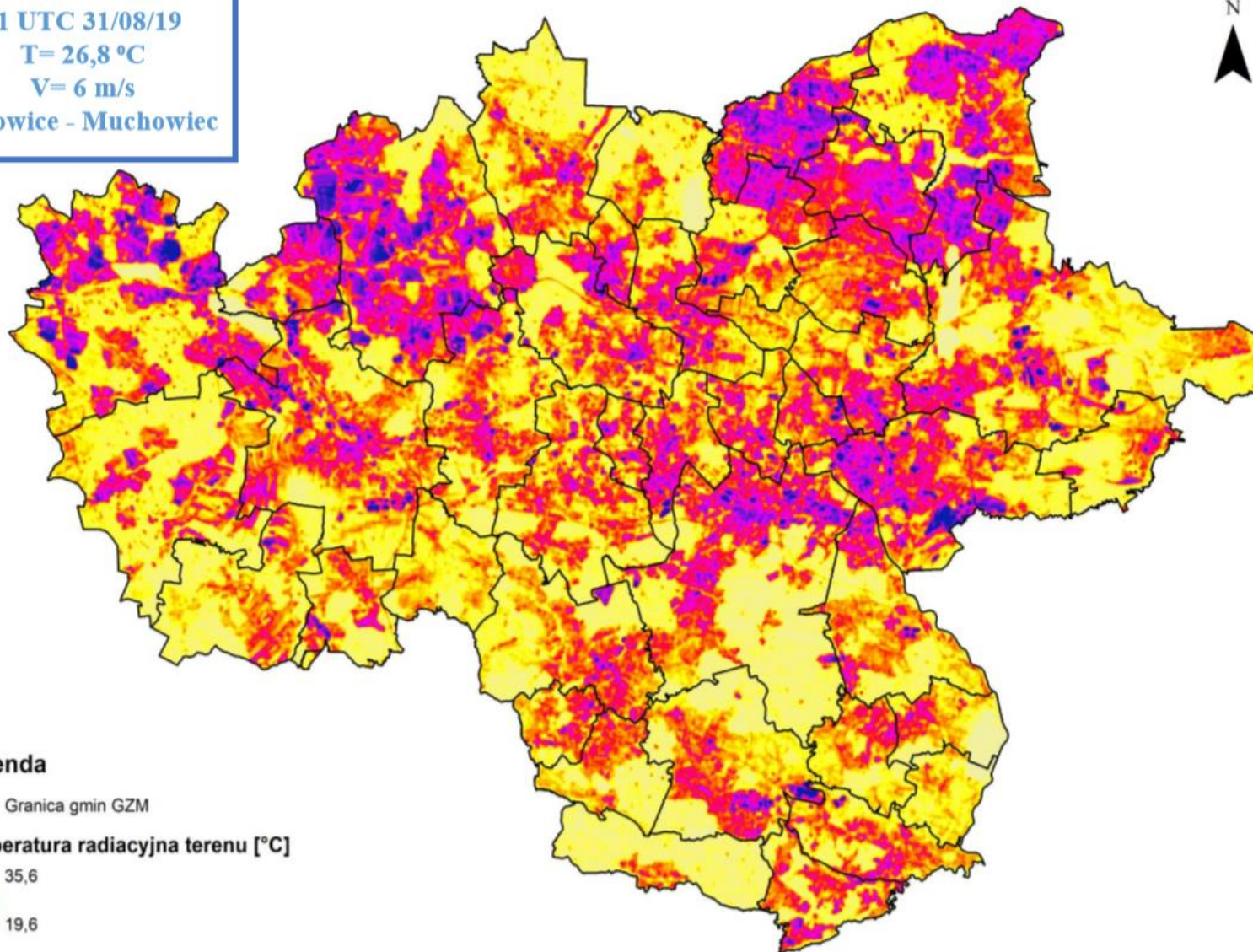


11 UTC 31/08/19
T= 26,8 °C
V= 6 m/s
Katowice - Muchowiec



Mapa zagospodarowania terenu GZM
Źródło: **A. Renc 2019** na podstawie
Copernicus Land Monitoring Service

Mapa temperatury radiacyjnej powierzchni Ziemi
w dniu 31.08.2019r. w GZM
Źródło: **A. Renc 2019** na podstawie
earthexplorer.usgs.gov.



Legenda



Legenda

Granica gmin GZM

Temperatura radiacyjna terenu [°C]

35,6

19,6

Grunty orne poza zasięgiem urządzeń zawiadniających

0 3 6 12 18 24
Kilometers

Kilometers

11 UTC 19/01/19
T= -0,6 °C
V =2 m/s
Katowice - Muchowiec

Mapa zagospodarowania terenu GZM
Źródło: **A. Renc 2019** na podstawie
Copernicus Land Monitoring Service

Mapa temperatury radiacyjnej powierzchni Ziemi
w dniu 19.01.2019r. w GZM
Źródło: **A. Renc 2019** na podstawie
earthexplorer.usgs.gov.

Leg



Legenda

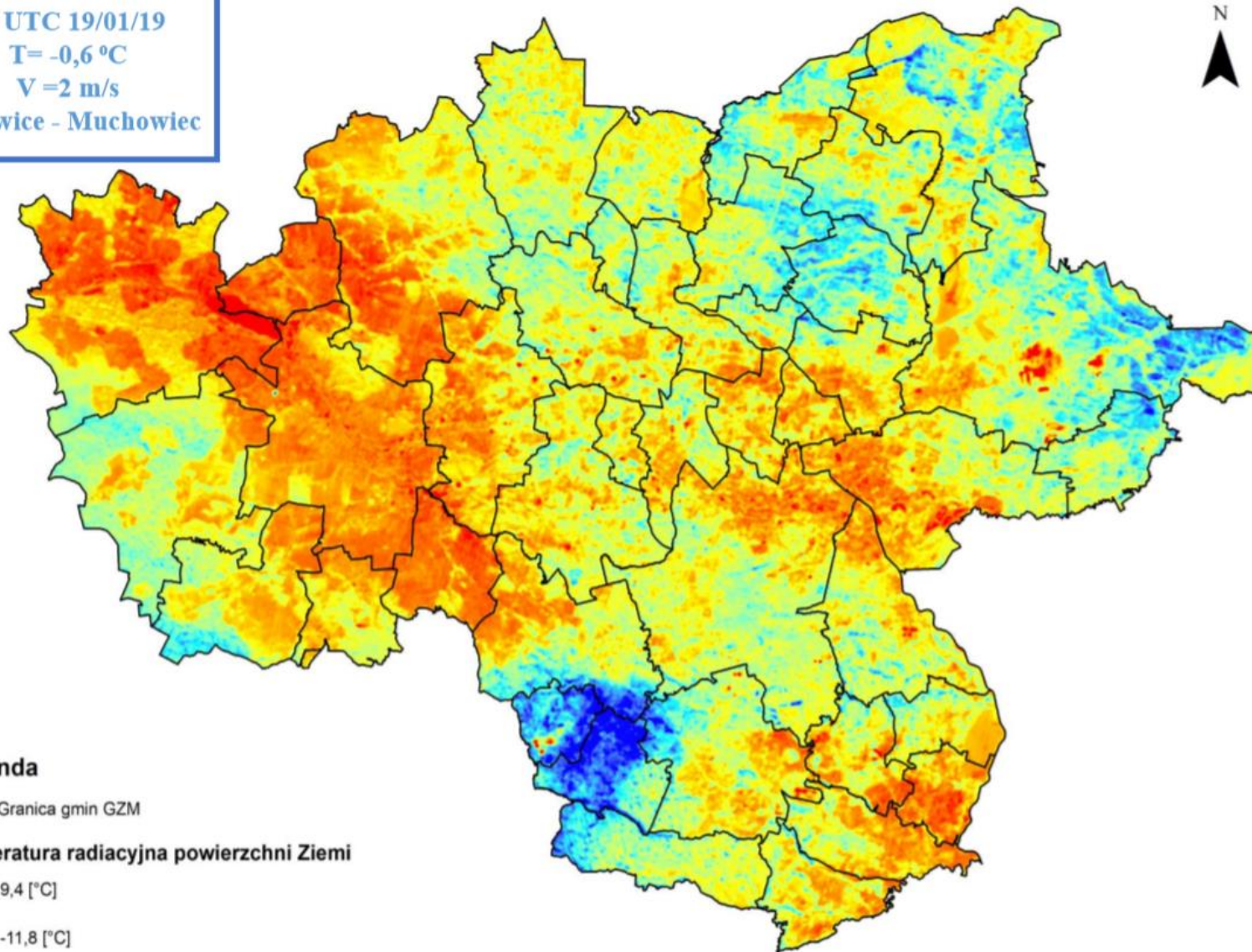
 Granica gmin GZM

Temperatura radiacyjna powierzchni Ziemi

 9,4 [°C]

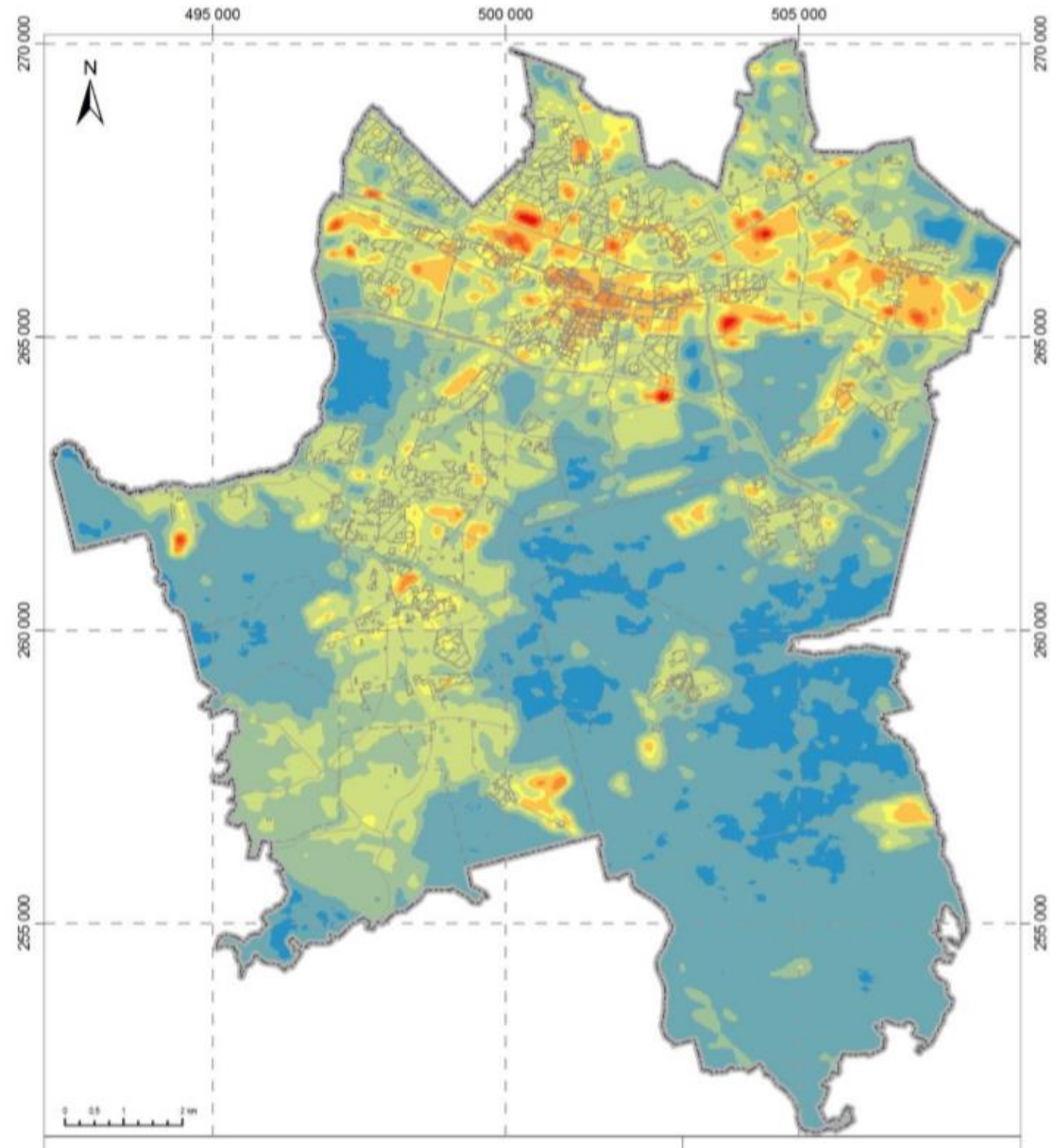
 -11,8 [°C]

 Grunty orne poza zasięgiem urządzeń zawiadniających



0 3 6 12 18 24 Kilometers

Rozkład przestrzenny powierzchniowej wyspy ciepła na obszarze Katowic



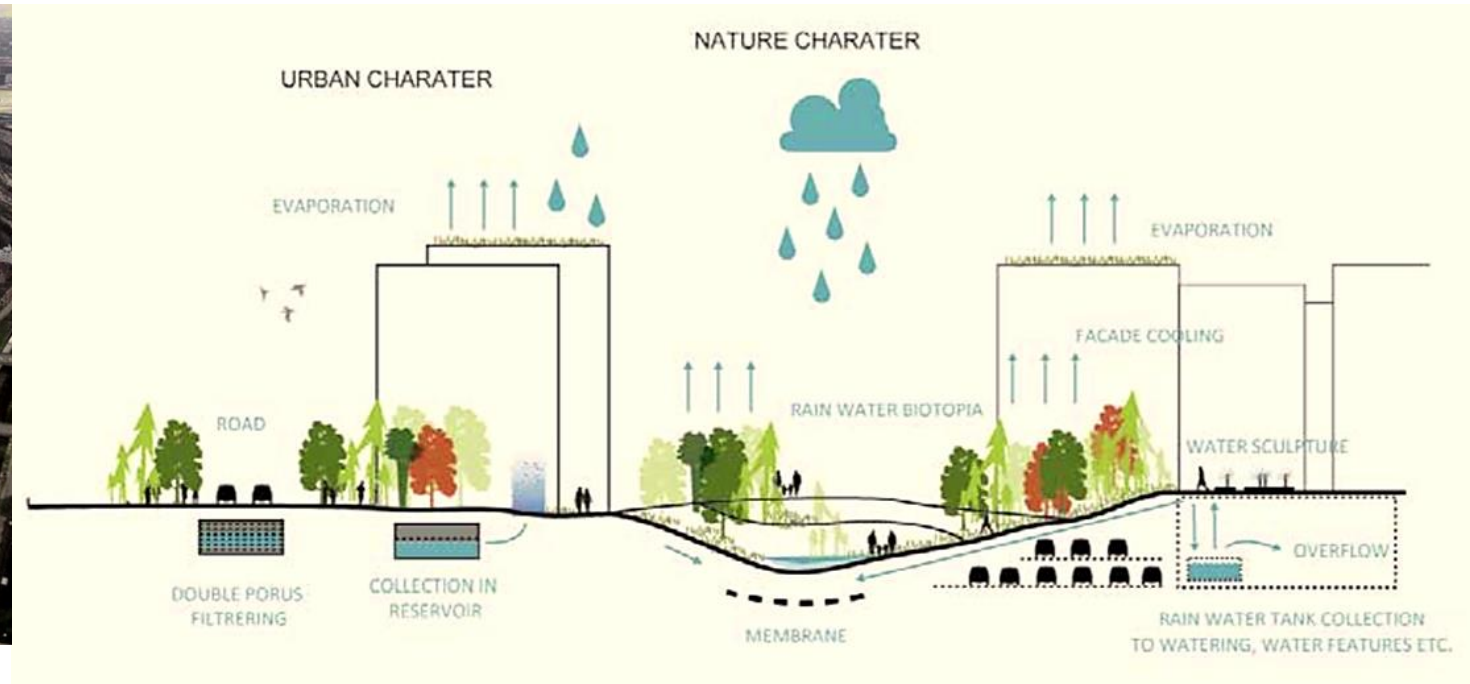
Przykładowe rozwiązania w ramach adaptacji miast do :

- zapewnienie **przewietrzania i wentylacji miasta**, w tym ochrona korytarzy przewietrzających,
- tworzenie oraz zapewnienie łatwego/powszechnego dostępu do oaz chłodu, jak np. odpowiednie **klimatyzowane pomieszczenia, tereny zielone**, miejsca zacienione z ławkami, miejsca z dostępem do wody – np. miejskie plaże i kąpieliska, w tym pitnej – np. poidelka, itd.,
- stosowanie metod pielęgnacji zieleni niezakłócających funkcji roślin, polegającej na obniżaniu temperatury otoczenia,
- **tworzenie i wspieranie rozwoju infrastruktury przyczyniającej się do obniżenia temperatury otoczenia, jak np. rozwoju zielonych dachów i ścian, a także innych rodzajów zieleni pionowej, promowanie wśród mieszkańców tworzenia „ogródków balkonowych”,**
- ochrona istniejących oraz **zwiększanie udziału terenów zieleni**, w tym niewielkich pasów, skwerów, parków kieszonkowych,
- zwiększenie **udziału powierzchni biologicznie czynnych** poprzez ograniczanie powierzchni nieprzepuszczalnych, np. poprzez rozszczelnianie powierzchni nieprzepuszczalnych,
- promowanie i wprowadzanie **rozwiązań adaptujących budynki** do zmian klimatu,

Strategia adaptacji do zmian klimatu dla m.st. Warszawy do roku 2030 z perspektywą do roku 2050. Miejski Plan Adaptacji



Plan rewitalizacji dzielnicy Carlsberg w Kopenhadze



Further information www.carlsbergbyen.dk/ www.voresby.com/submissions/039/67811_booklet.pdf
dac.dk/da/dac-life/copenhagen-x-galleri/opfoerte-projekter/carlsberg/



Zielone dachy jako częściowe rozwiązanie problemu przegrzewania się miast

WHAT IS A GREEN ROOF?

Green roofs are covered with vegetation such as stonecrops, mosses, perennials, shrubs, or trees.

From soil to green roofs

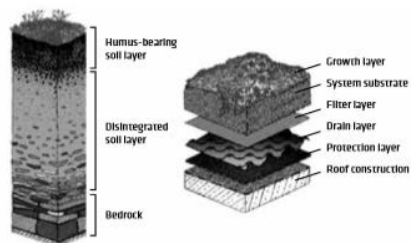


Illustration of how a green roof construction may look, www.igra-world.com. The choice of vegetation determines the thickness and thereby the weight of the green roof, and different degrees of maintenance are required, depending on the vegetation.

Type of green roofs	Extensive	Semi-intensive	Intensive
Use	Environmental landscape	Gardens/ environmental landscape	Gardens/ parks
Type of vegetation	Mosses, herbs, grass	Grass, herbs, shrubs	Lawn, perennial plants, shrubs, trees
Watering	None	Periodically	Regularly
Depth of substrate	60-200 mm	120-250 mm	150-400 mm
Weight	60-150 kg/m	120-200 kg/m	180-500 kg/m
Costs	Low	Middle	High

The choice of plants, thickness, weight, and maintenance are connected.

GREEN ROOFS CREATE HABITATS FOR ANIMALS AND PLANTS

Green roofs transform traditional roofs to life-giving green oases. They provide habitats for animals and plants.

If you aim explicitly at making a green roof which supports biodiversity, you should choose different growth media and depth on the roof as well as indigenous species, and add some stones and old twigs on which the insects can live.

Green roofs are part of the City of Copenhagen's Strategy for Biodiversity.

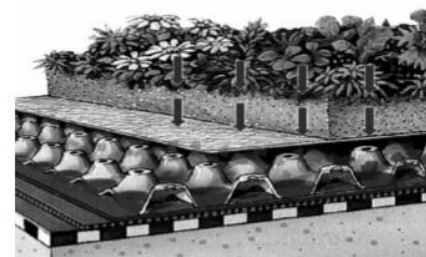


GREEN ROOFS ABSORB RAINWATER

Green roofs absorb the rainwater, and some of it evaporates. The roofs can absorb between 50 and 80 % of the annual rainfall.

If it rains a lot, the green roofs delay the water on its way to the sewers. This means that rainwater which would otherwise have an adverse impact on the sewers does not reach the sewers until there is enough space for it.

For this reason, green roofs form part of the Climate Plan and the Climate Adaptation Plan of the City of Copenhagen.



Green roofs and rainwater treatment. Illustration from www.igra-world.com

GREEN ROOFS REDUCE TEMPERATURES IN CITIES

Green roofs help reduce the Urban Heat Island effect in built-up areas which are notably warmer than the surrounding areas.

By transforming the black heat-absorbing surfaces of the cities to surfaces with vegetation we can reduce the temperatures in the cities a couple of degrees.

Green roofs also contribute to reducing the temperature in buildings during the summer, and thanks to this the indoor environment is improved.

GREEN ROOFS INCREASE THE FUNCTIONALITY OF BUILDINGS AND CITIES

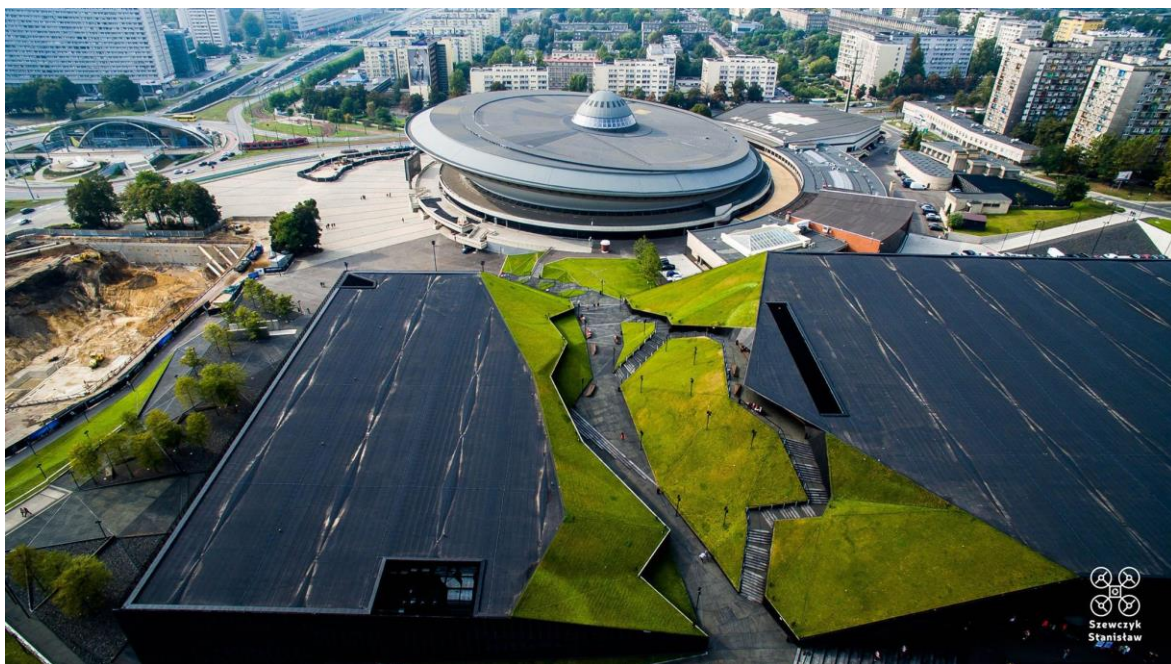
If we turn our eyes towards the sky, we will see several thousands of square metres of unexploited potential on the cities' roofs – in other words, a vast potential for transforming our traditional cities to green life-giving oases. Here lie the seeds of future urban design.

Cities with high standard of living

Green roofs provide us with a possibility of creating desirable buildings, cities with high standards of living, and cities in several levels which are braced for the challenges of the future.

We can add increased value to the building industry and our cities by transforming the roofs to recreational areas, such as for instance running tracks in green surroundings, green parks, vegetable gardens, etc.





dron-photo.pl/katowice-z-drona-katowice-dron/

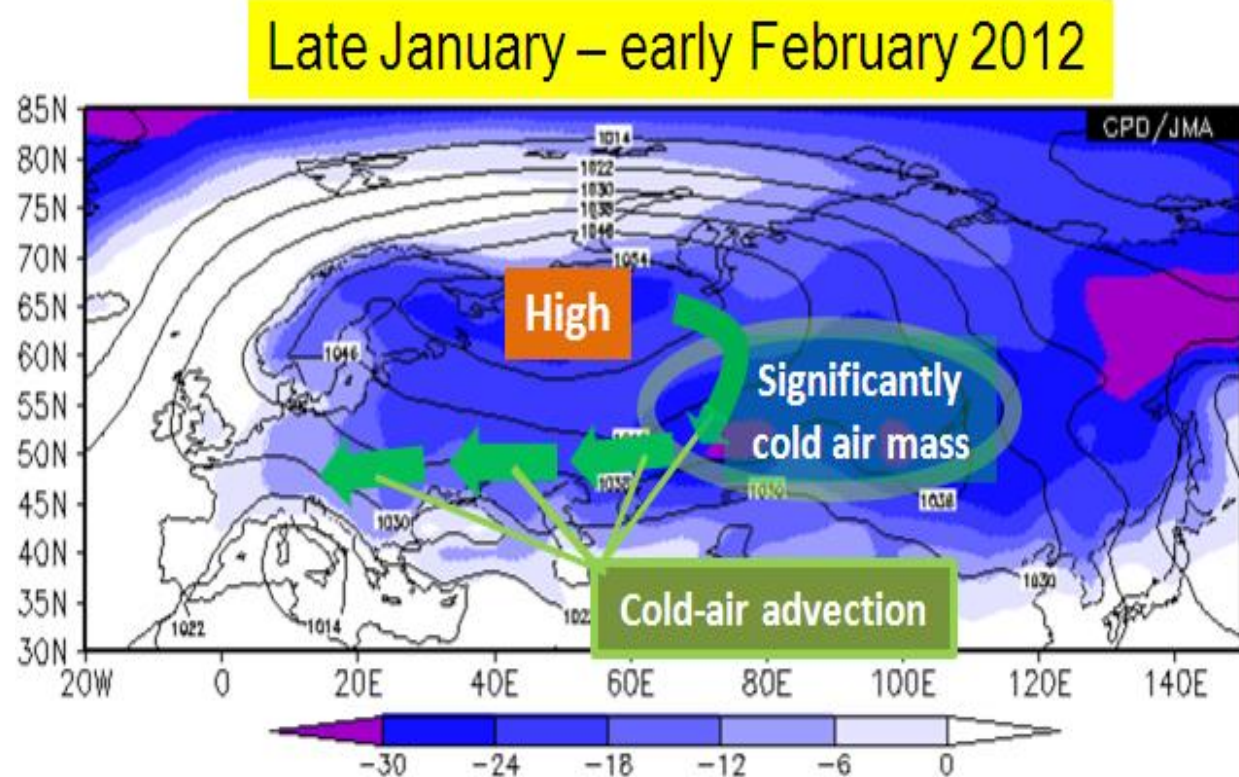


ra2nski.com

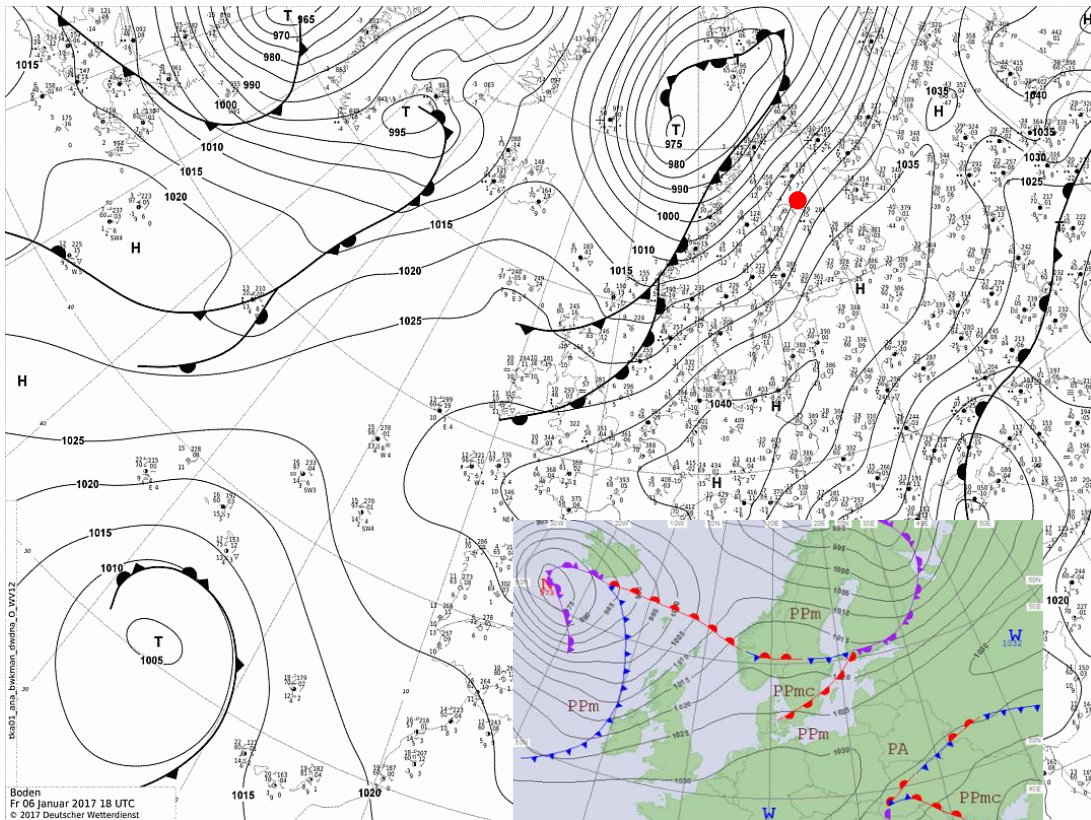




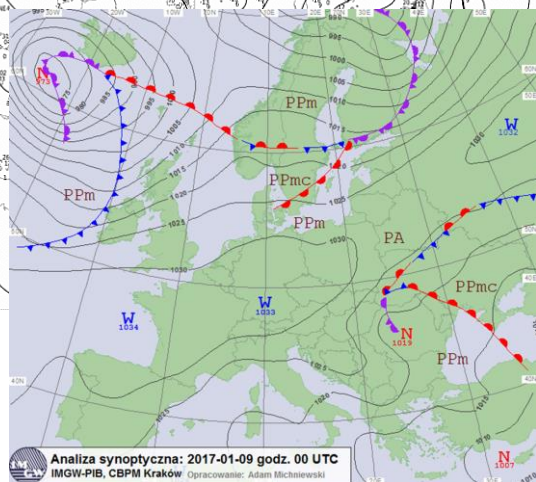
- Bardzo niskie temperatury spadające poniżej $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Znaczne opady śniegu (ponad 1m), w tym nad Morzem Śródziemnym do 326 cm Urbino (k. San Marino), na północy Afryki opady śniegu sięgnęły 70cm.
- W każdym państwie od kilkudziesięciu do ponad 120 000 osób pozostawało przez dłuższy czas bez prądu.
- Odnotowywano liczne pożary, zamarznięcia i zatrucia tlenkiem węgla.
- Trudności komunikacyjne wystąpiły w całej Europie.
- Wiele rzek i jezior europejskich zamarzło



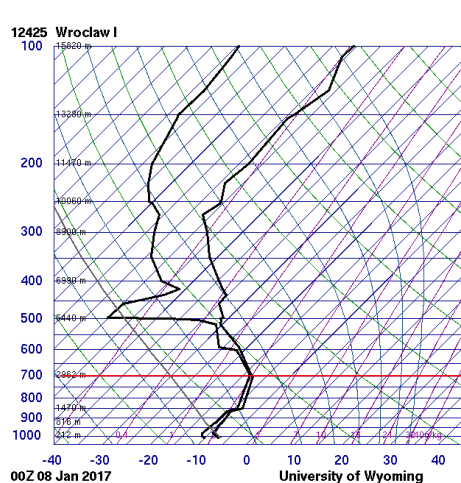
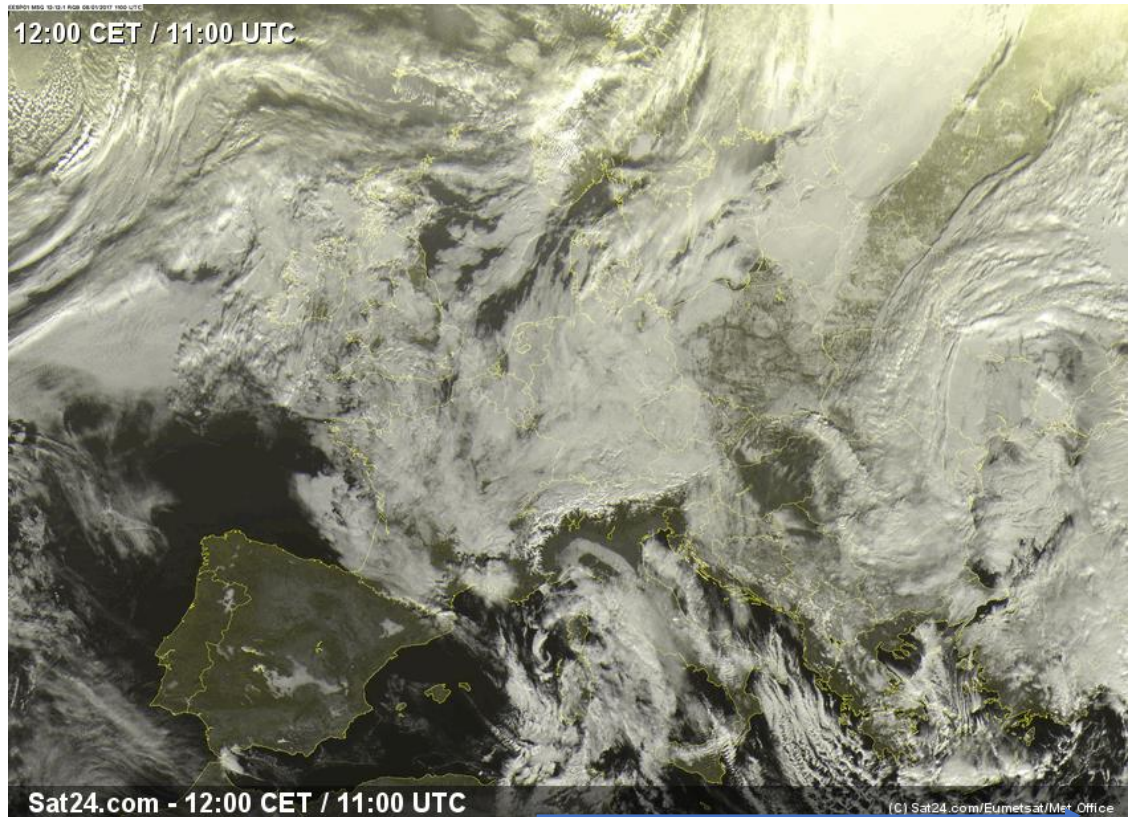
INWERSJA TEMPERATURY POWIETRZA W SOSNOWCU W DNIACH 6-12 STYCZNIA 2017 R.



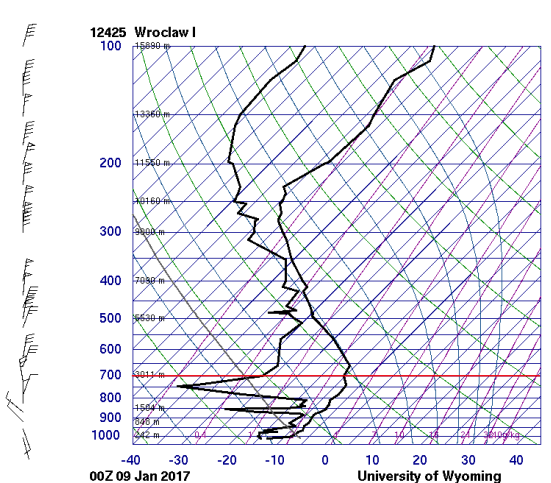
Boden
Fr 06 Januar 2017 18 UTC
© 2017 Deutscher Wetterdienst



Analiza synoptyczna: 2017-01-09 godz. 00 UTC
IMGW-PIB, CBPM Kraków Opracowanie: Adam Michalewski



00Z 08 Jan 2017 University of Wyoming



00Z 09 Jan 2017 University of Wyoming

SLAT	51.13
SLON	16.98
SELV	118.0
SHOW	14.42
LIFT	24.11
LFTV	24.18
VTOT	21.20
TOTL	29.40
KNX	-15.9
CTOT	8.20
CAPV	0.00
CNS	0.00
CINV	0.00
EOLV	-9999
SWET	-9999
LFCT	-9999
BRCH	0.00
BRCV	0.00
LCLT	257.1
LCLP	880.8
MLTH	285.8
MLMR	1.25
THICK	3208
PWAT	5.46



Sadź / Szadź / Gołoledź





Katastrofalna szadź i gołoledź, styczeń 2010 Wyżyna Krakowsko-Częstochowskiej





PGE Energia Odnawialna planuje budowę **magazynu energii** na górze Żar. Nowatorska instalacja będzie gotowa do końca maja przyszłego roku.

Wyborcza.pl Marcin Czyżewski, 9 grudnia 2019



Farma fotowoltaiczna o mocy 0,6 MW jest najwyżej położoną instalacją w Polsce. Na wysokości 740 m n.p.m. znajduje się 2400 paneli fotowoltaicznych, usytuowanych w 16 rzędach – każdy o mocy 250 W. Łączna powierzchnia paneli wynosi 3,5 tys. m kw.

Instalacja demonstracyjna, służąca realizacji projektu badawczo-rozwojowego:

„Magazyn energii adaptujący farmę PV do pracy w inteligentnych sieciach elektroenergetycznych”.

Magazyn składać się będzie z dwóch kontenerów wyposażonych w układ bateryjny w technologii litowo-żelazowo-fosforanowej o mocy 500 kW i pojemności 750 kWh oraz przekształtnik zmieniający prąd stały w zmienny.

Całość będzie zdalnie nadzorowana przez układ sterowania. My-Soft zbuduje też stację transformatorową wraz z rozdzielnicą, siecią światłowodową oraz przyłączem elektroenergetycznym.



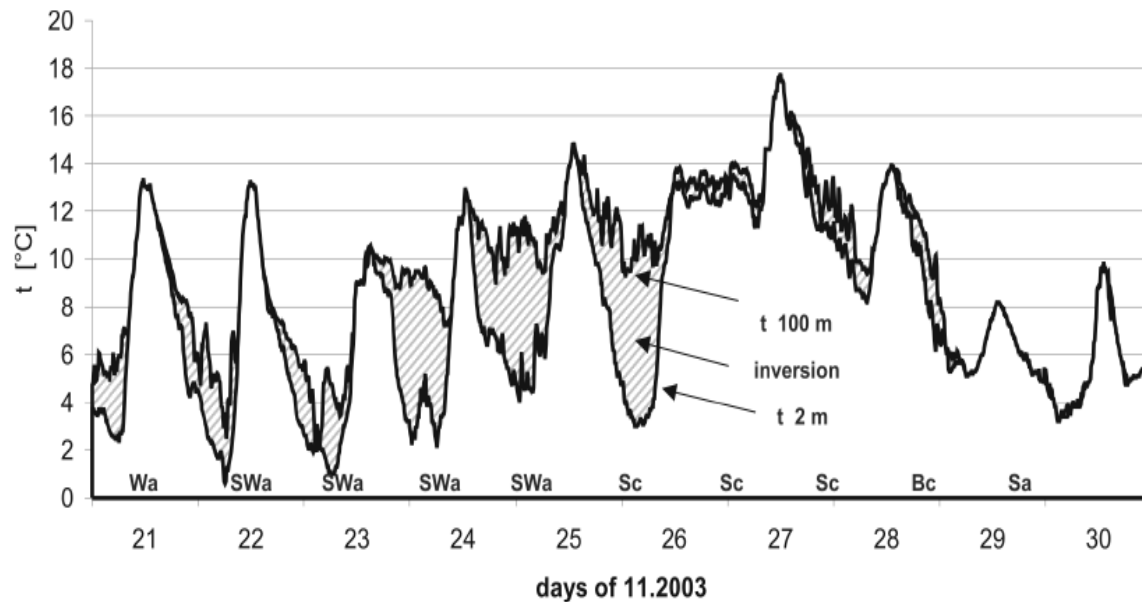
Zanieczyszczona warstwa inwersyjna nad Sosnowcem 8 lutego 2005 roku



Inwersja temperatury $>8\text{K}/100\text{m}$
Maksymalne stężenia:
 $\text{PM}_{10} = 414 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
 $\text{SO}_2 = 189 \mu\text{g}/\text{m}^3$

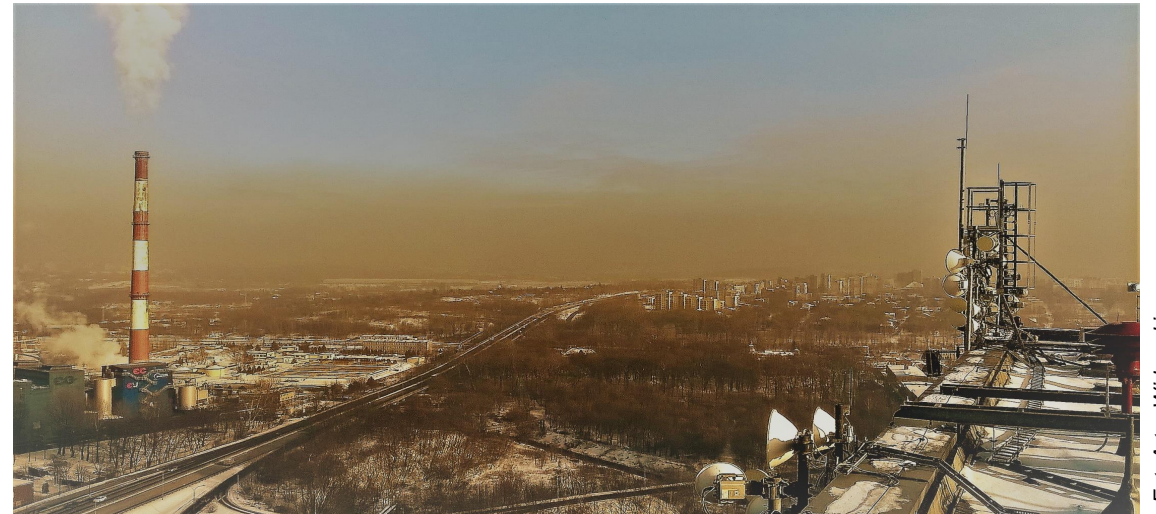
INWERSJA TEMPERATURY

Zjawisko **wzrostu temperatury powietrza z wysokością**, czyli odwrócenie normalnie występującego w troposferze jej spadku; natomiast w stratosferze, a zwłaszcza tropopauzie i warstwie powyżej 30-35 km jest zjawiskiem typowym.



SMOG (ang. smoke + fog)

Mgła miejska w połączeniu z bardzo wysokim stężeniem zanieczyszczeń powietrza, najczęściej SO_2 i pyłów; jest to substancja trująca. Najsilniejszy smog wystąpił na przełomie listopada i grudnia 1952 r. w Londynie i spowodował śmierć 4000 osób.



Fot. Artur Widawski





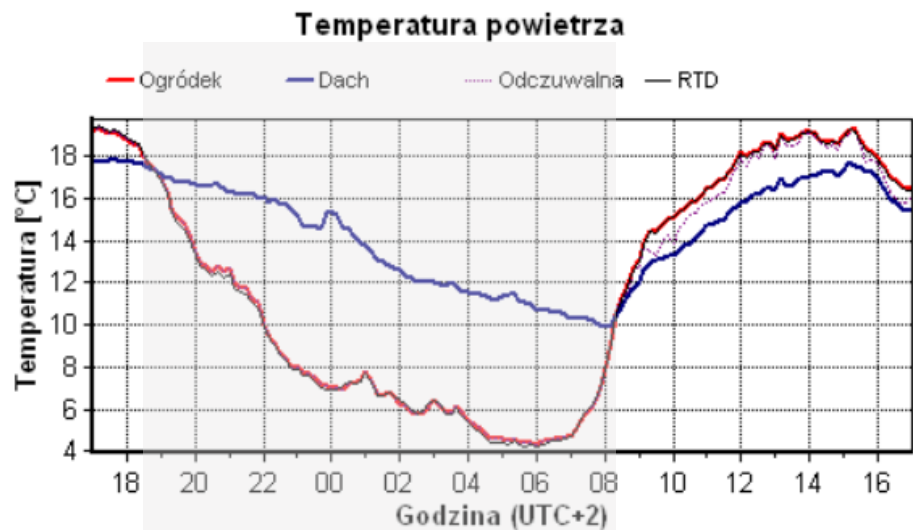
Gradientowa stacja pomiarowa Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego

Szer. geogr. = $50^{\circ} 17,491' N$

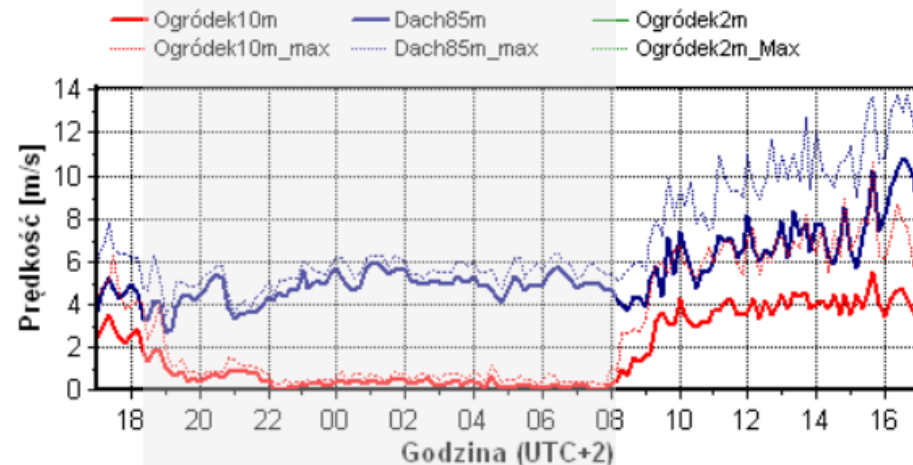
Dług. geogr. = $19^{\circ} 08,017' E$

Wysokość = 358 m n.p.m.

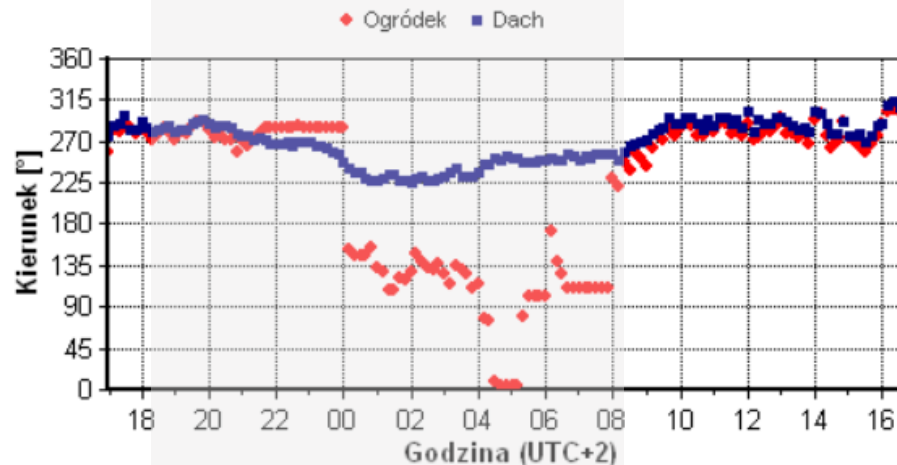




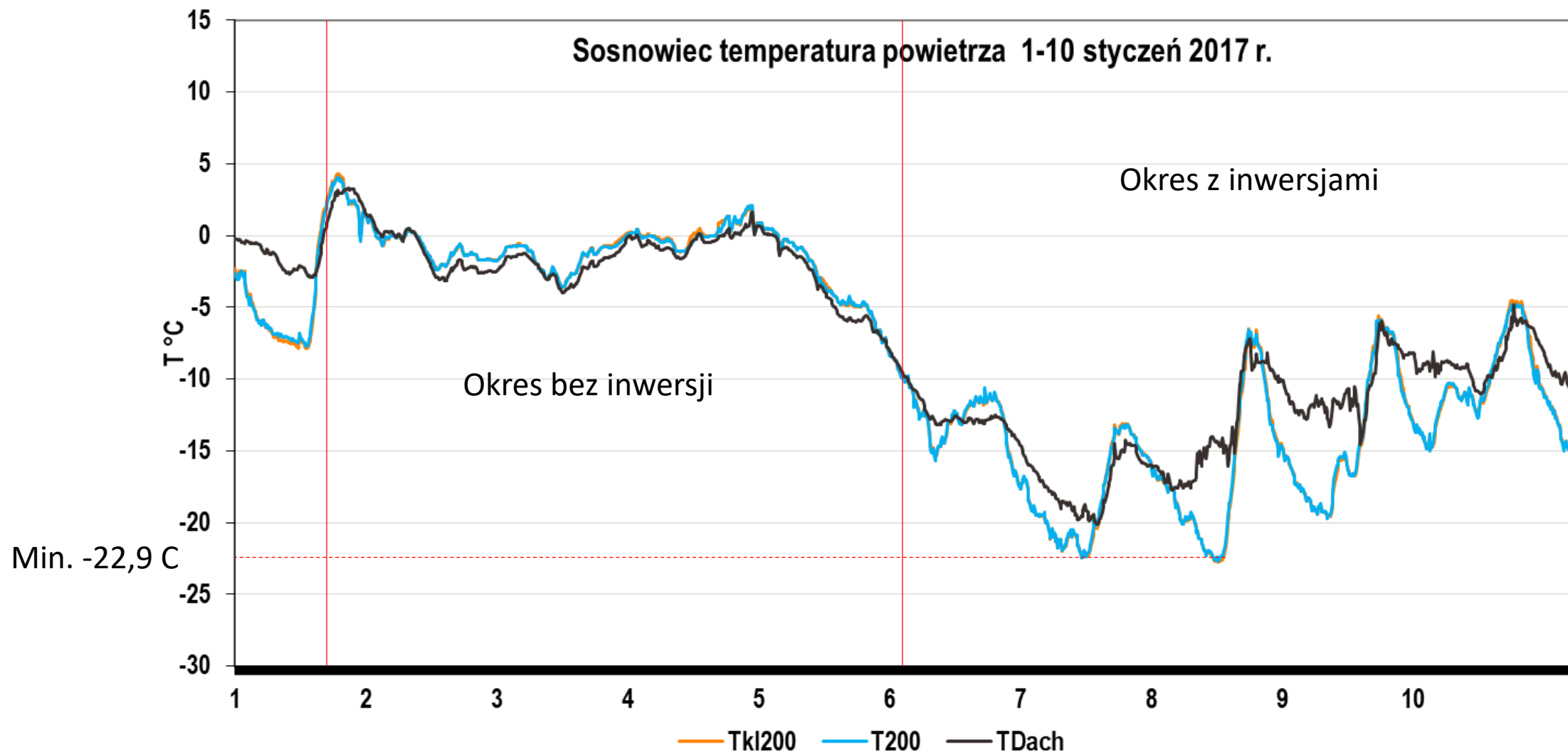
Prędkość wiatru (Ogródek: 10m i 2m; Dach: 85m m n.p.g.)



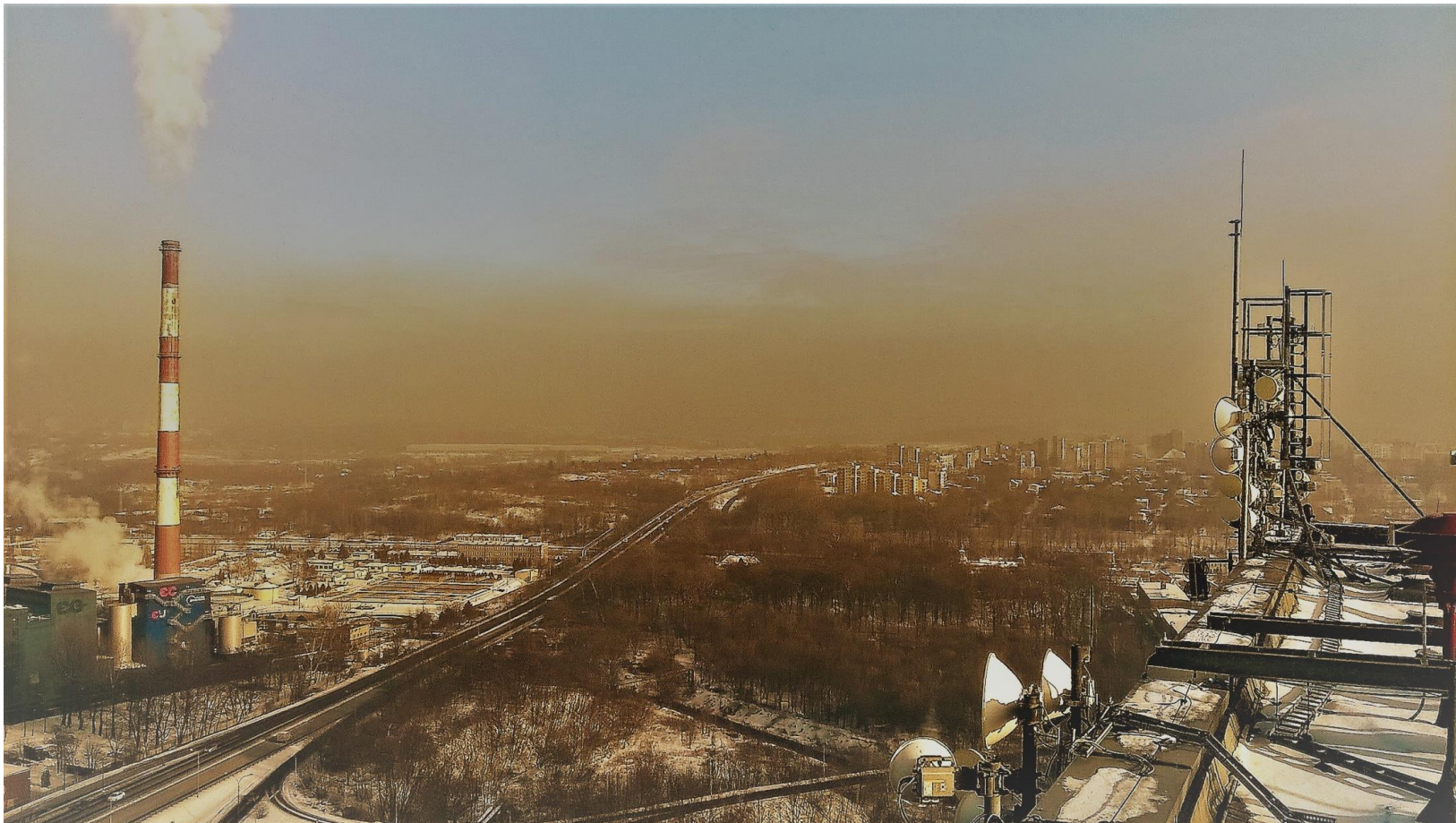
Kierunek wiatru (Ogródek: 10m n.p.g.; Dach: 85m n.p.g.)



INWERSJA TEMPERATURY POWIETRZA W SOSNOWCU W DNIACH 6-12 STYCZNIA 2017 R.



ZANIECZYSZCZENIA PYŁOWE NAD ZAGŁĘBIEM DĄBROWSKIM W DNIU 9 STYCZNIA 2017 ROKU GODZ. 13:07



Dach WNoZ w Sosnowcu, 09.01.2017, 13:07 UTC, kierunek NE, Fot. Artur Widawski

Sytuacja synoptyczna:

Ka – klin antycyklonalny (wyżowy)

Masa powietrza: **PPk**

Inwersja temperatury:

8,1K/100m (-11,1°C / -19,2°C)

Wg WIOŚ Katowice:

Stężenia pyłów **średnie dobowe**:

Dąbrowa Górnicza **PM10 386** $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Katowice **PM10 371** $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM2,5 358 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Stężenia pyłów **średnie godzinne**:

Dąbrowa Górnicza **PM10 985** $\mu\text{g}/\text{m}^3$

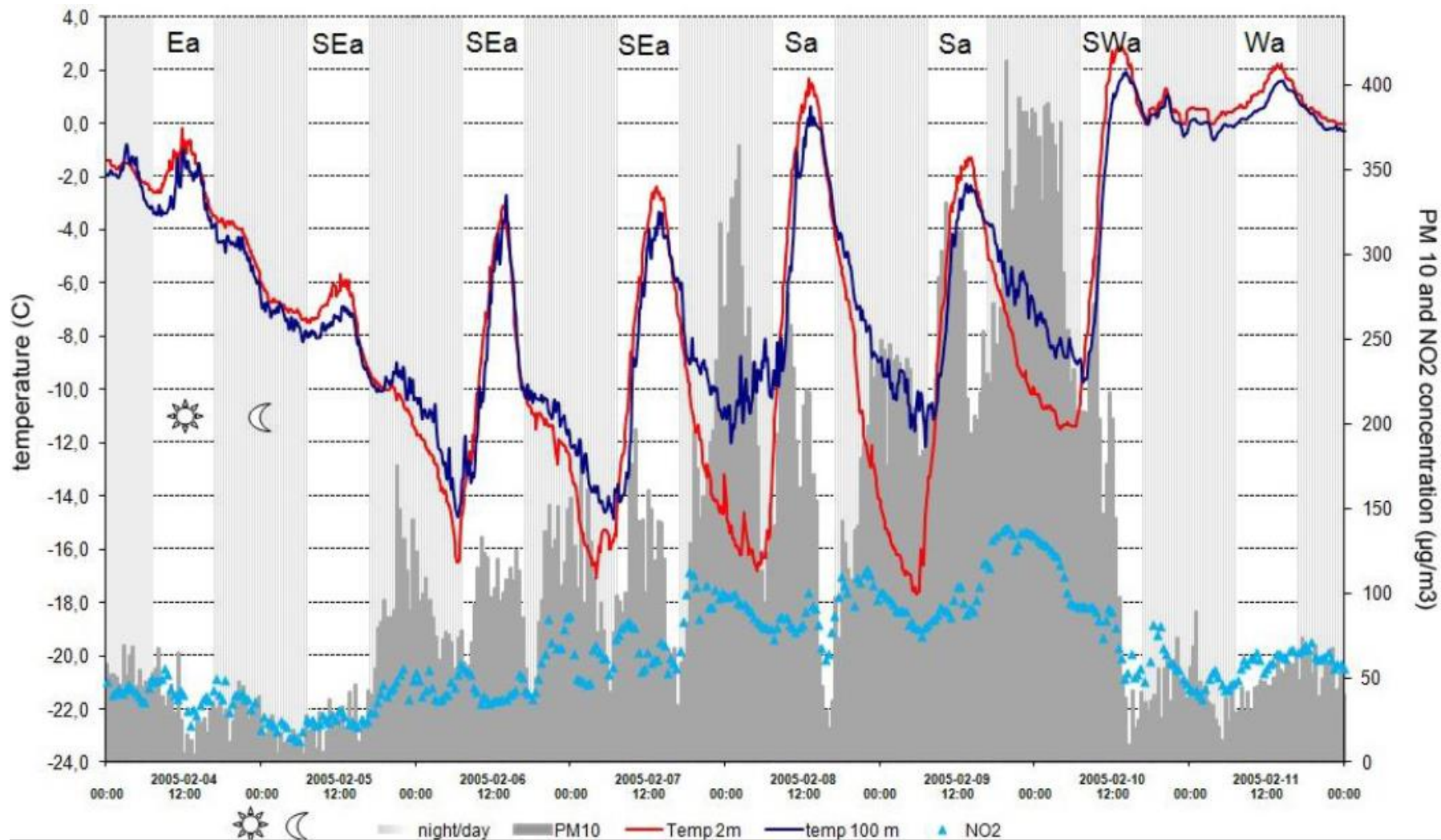
o godz. 23:00

Katowice **PM10 667** $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM2,5 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o godz. 04:00

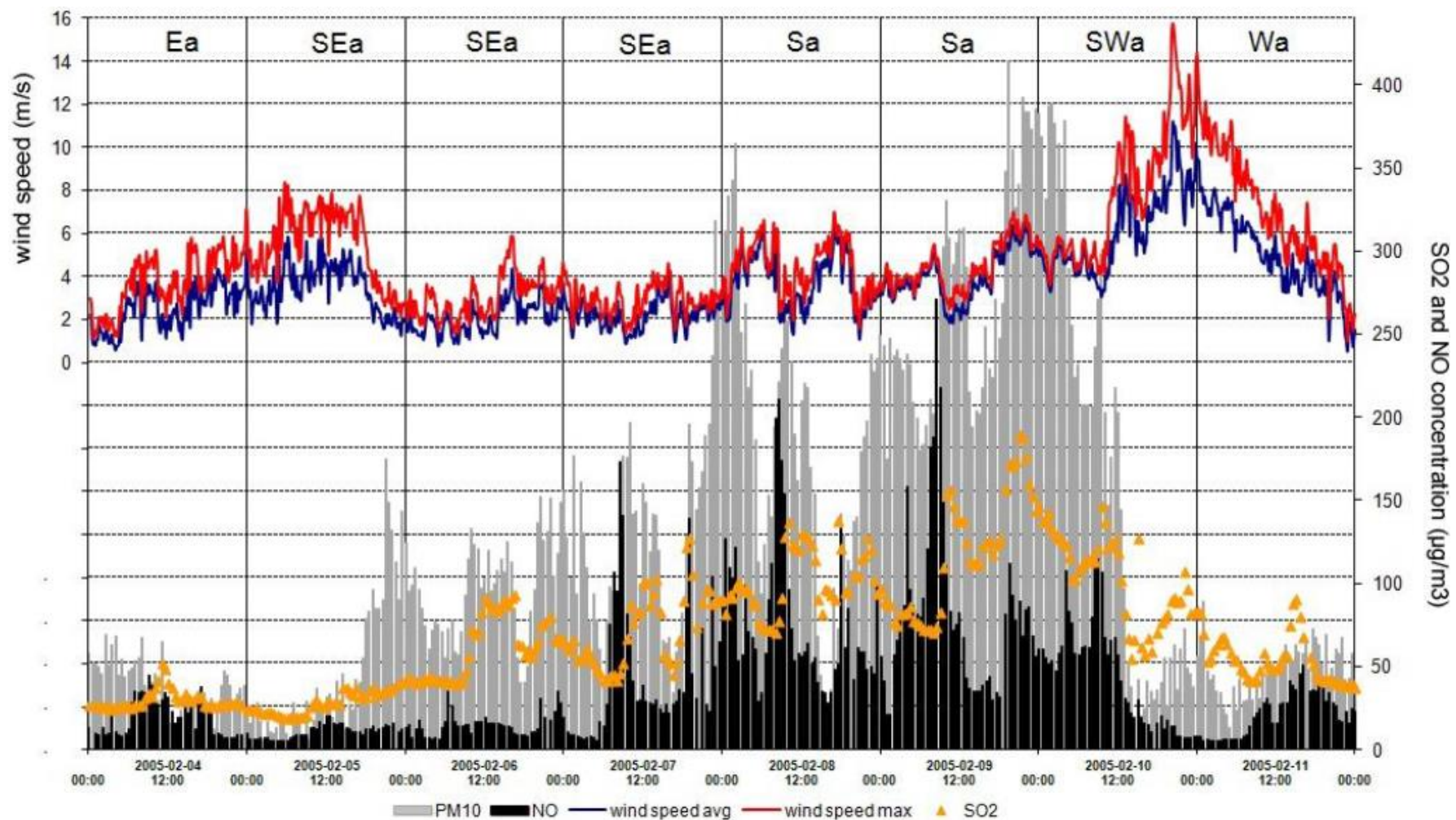


Zanieczyszczenia pyłowe (PM10) i NO2 w Sosnowcu 4-11 lutego 2005 r podczas zjawiska inwersji temperatury powietrza





Zanieczyszczenia pyłowe (PM_{10}) , NO i SO_2 w Sosnowcu w dniach 4-11 lutego 2005 r. Rola wiatru w dyspersji zanieczyszczeń





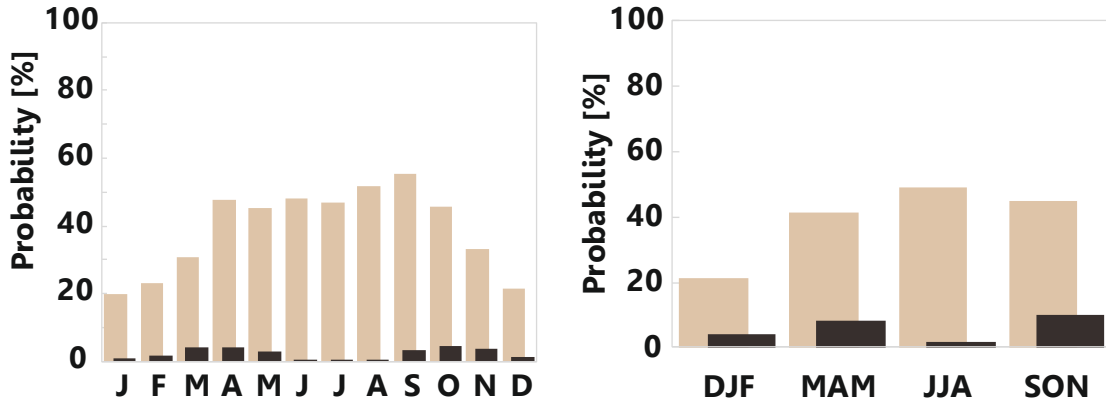
Projekt NCN: nr 2017/25/B/ST10/01838

Wpływ inwersji temperatury w warstwie granicznej atmosfery na zanieczyszczenie powietrza

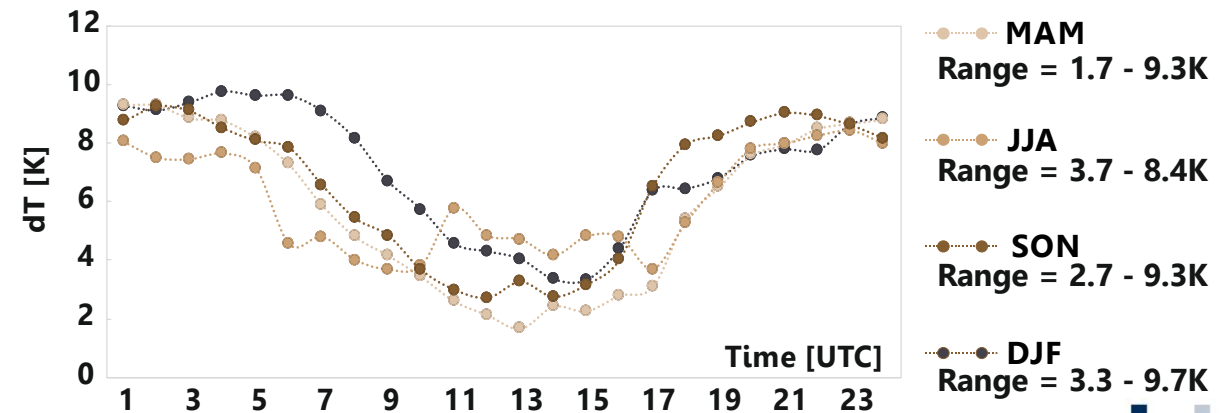
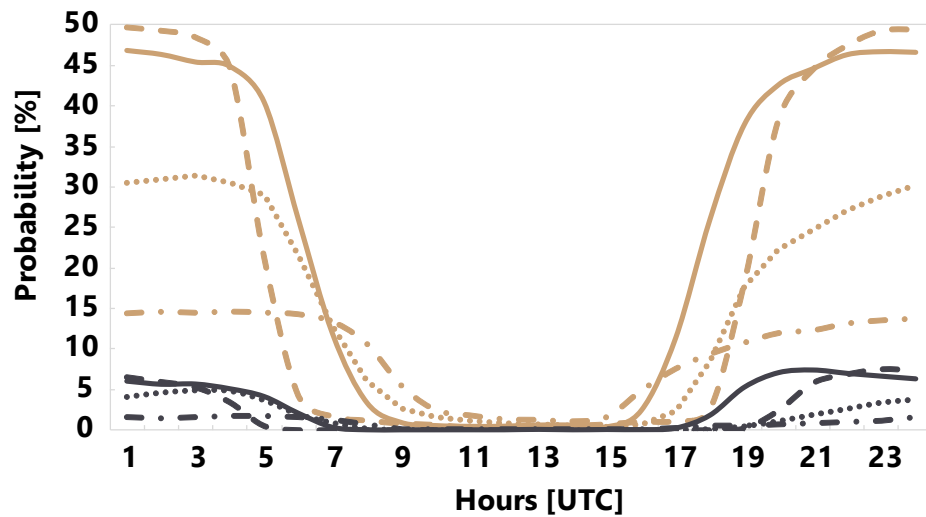
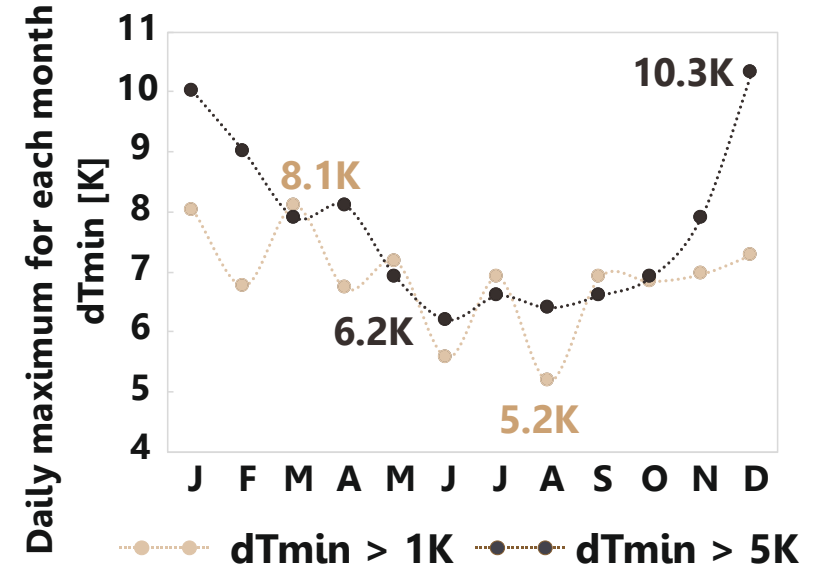
Określenie znaczenia przyziemnych inwersji temperatury powietrza i ich intensywności dla rozkładu zanieczyszczenia atmosfery w regionie Górnego Śląska i Zagłębia w powiązaniu z warunkami pogodowymi uwzględniając zanieczyszczenia organiczne.



Prawdopodobieństwo wystąpienia inwersji



Wielkość inwersji





INSPIRACJA DO PODJĘCIA BADAŃ

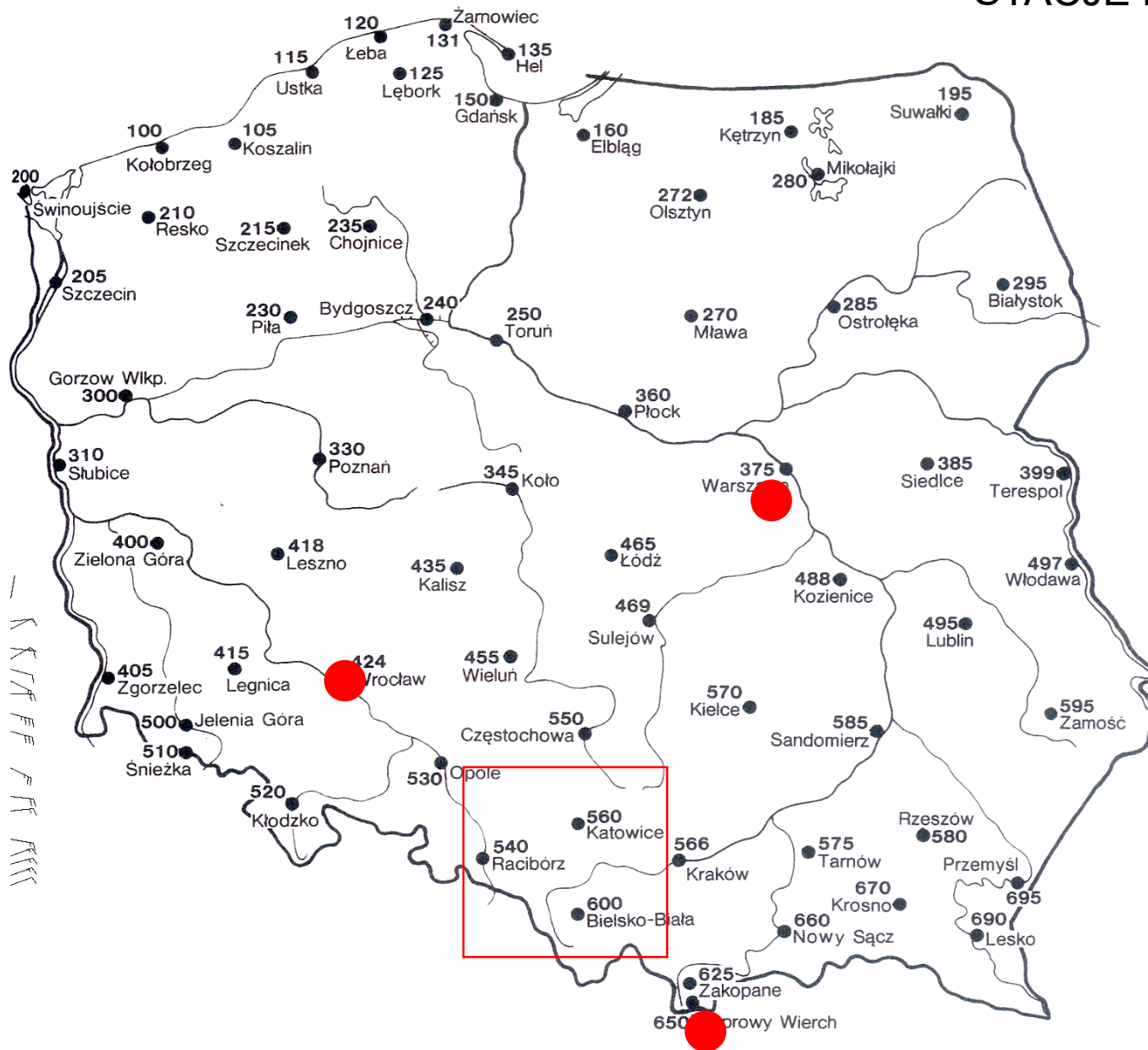
Jaka jest maksymalna wysokość strefy inwersyjnej?
Jaki jest w niej rozkład stężeń zanieczyszczeń?
Jakie warunki cyrkulacyjne temu sprzyjają?



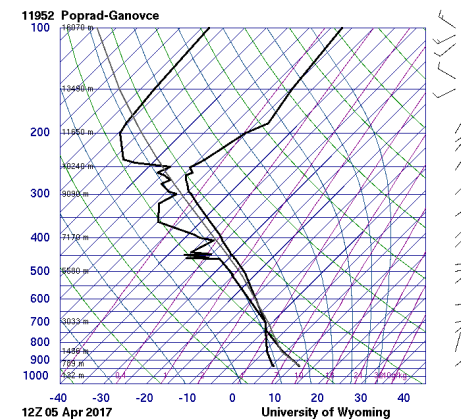
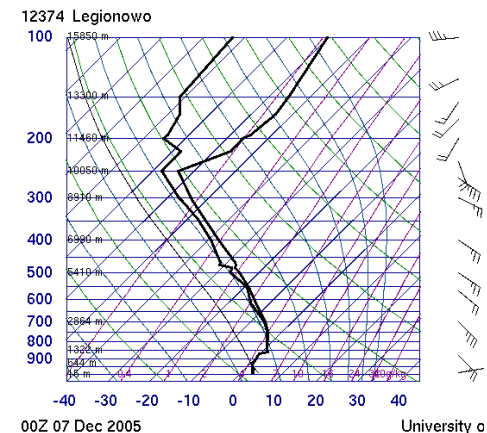
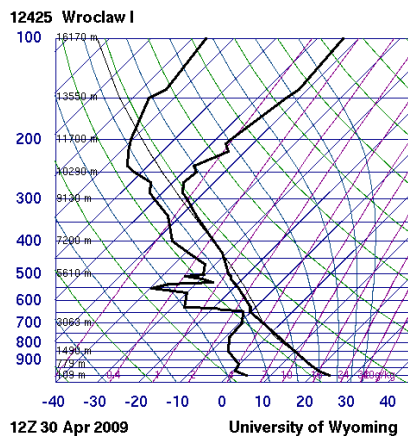
Zanieczyszczona warstwa inwersyjna nad Sosnowcem 7 stycznia 2019 roku



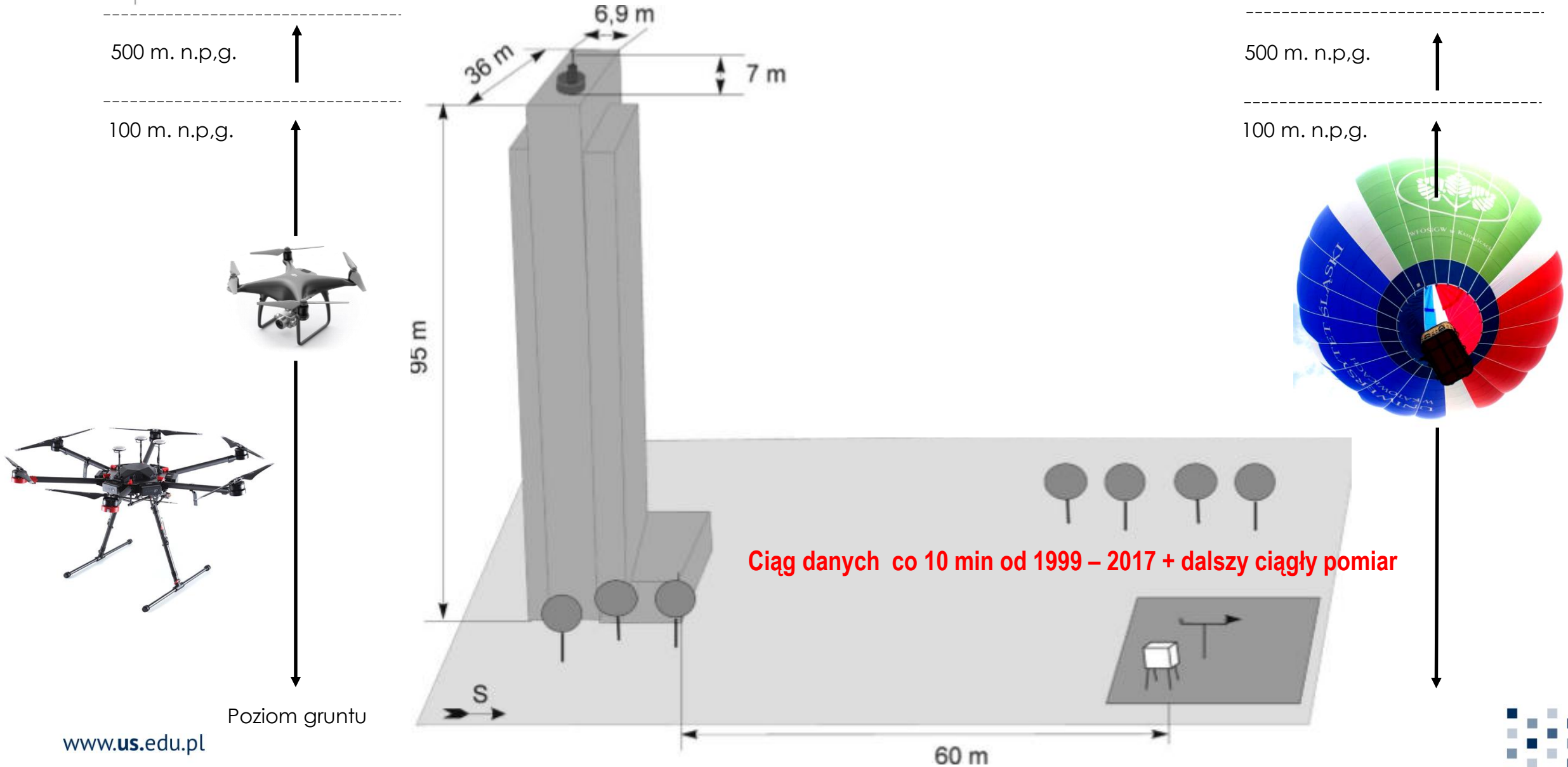
ŹRÓDŁA DANYCH DLA PROFILI WYSOKOŚCIOWYCH STACJE RADIOSONDAŻOWE



Legionowo 12374
Wrocław 12425
Poprad Ganowce 11952



ŹRÓDŁA DANYCH.
STACJE METEOROLOGICZNE OGRÓDEK I DACH WNOZ.



POMIARY GRADIENTOWE TEMPERATURY ZA POMOCĄ DRONÓW

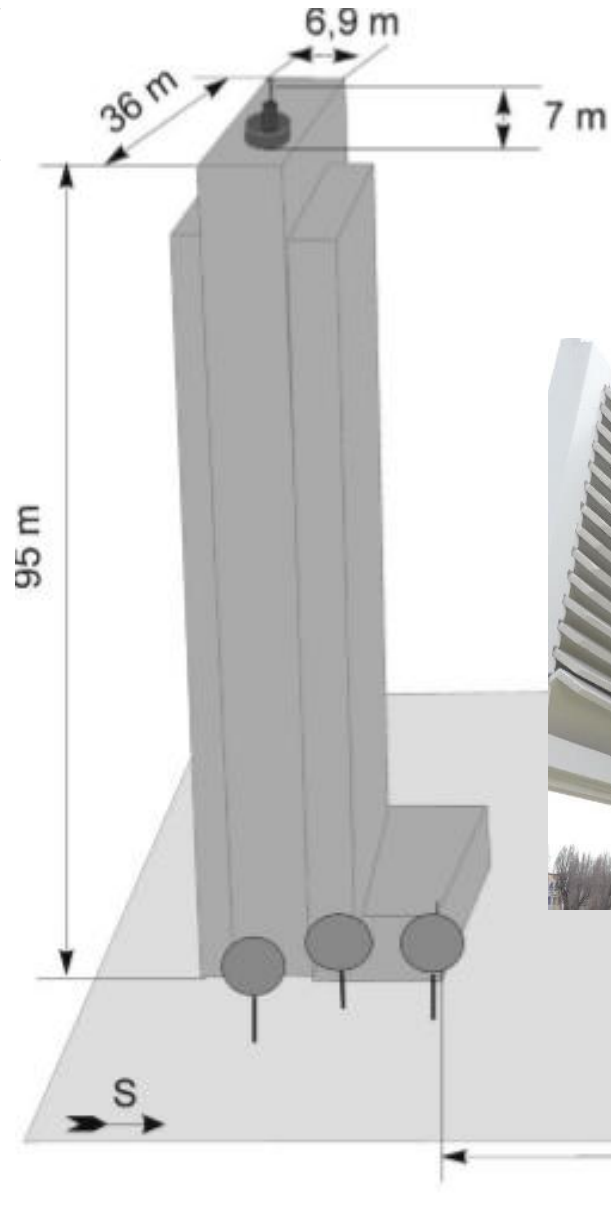
500 m. n.p.g.



100 m. n.p.g.



Poziom gruntu



500 m. n.p.g.



100 m. n.p.g.



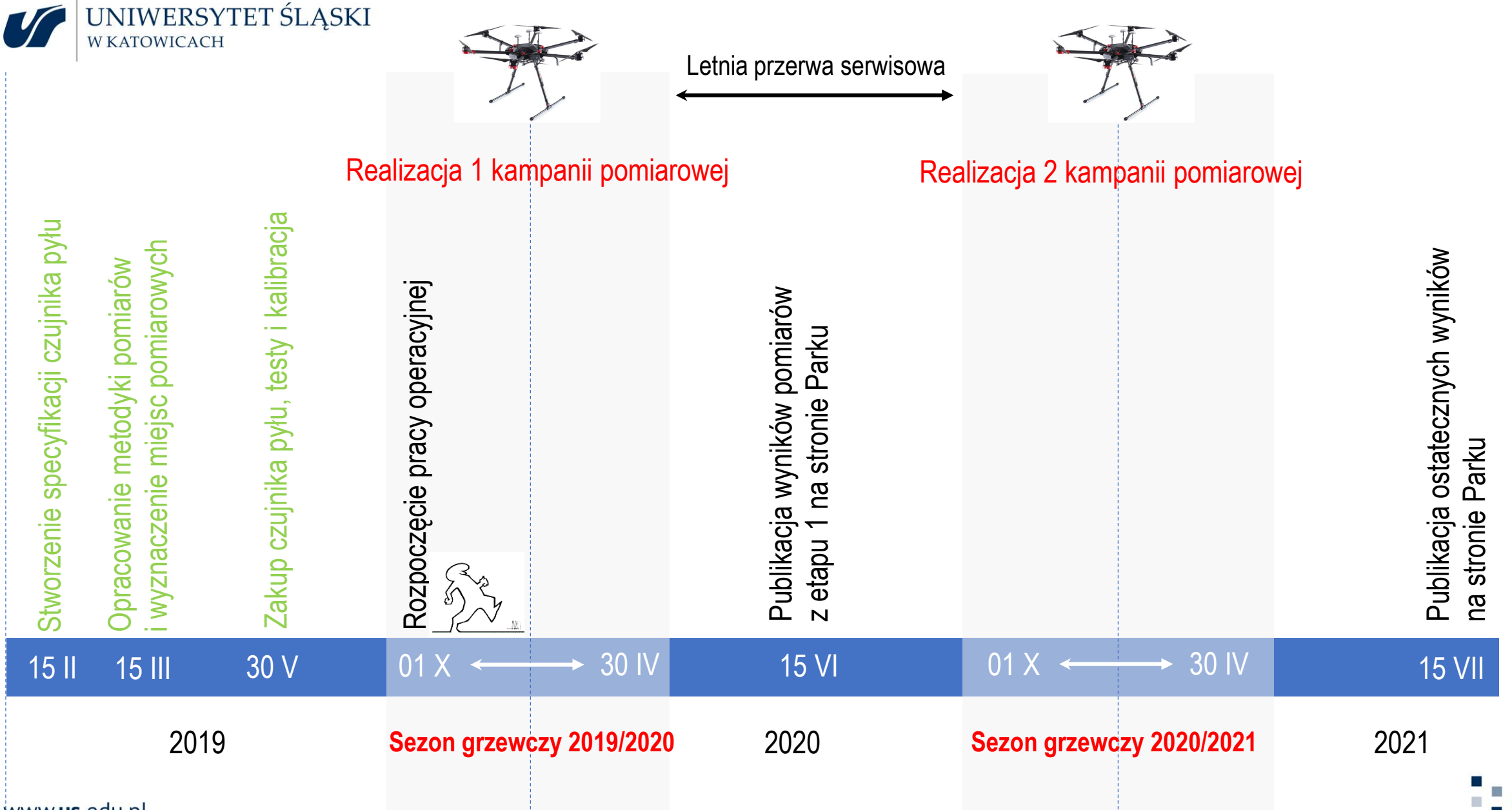
Zintegrowany System Obserwacji i Wspomagania Analizy Zanieczyszczeń Powietrza

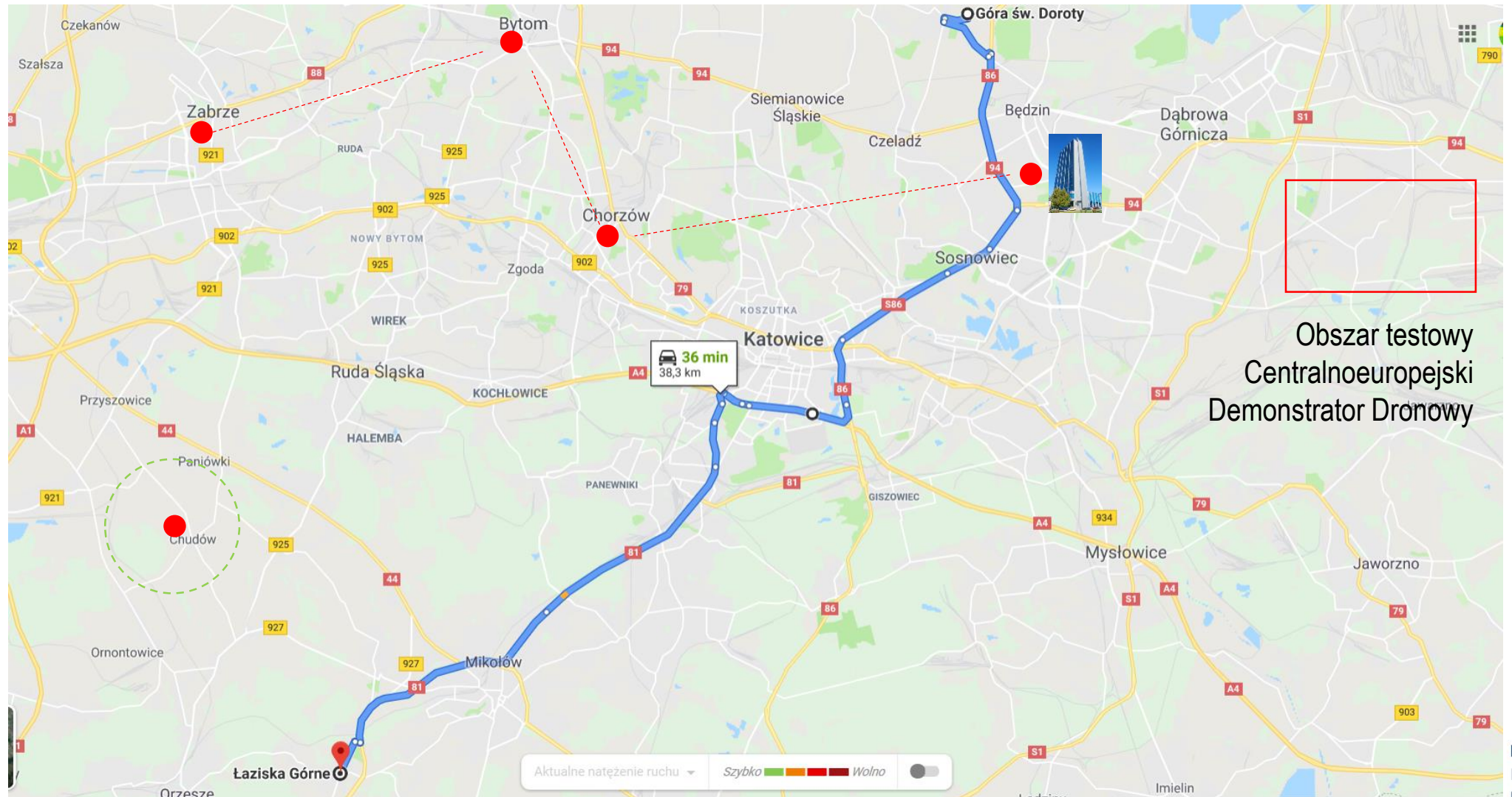
SOWA

Czujniki - podstawowe dane techniczne:

- pyły PM10 i PM2.5 zakres: od 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do 1999,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, czułość: 0,3 μm metoda laserowa,
- związki organiczne VOCs zakres wykrywania: od 0 ppb do 1 200 ppb przy 20 °C,
- dwutlenek węgla CO2 zakres wykrywania: od 400 ppm do 8 200 ppm,
- formaldehyd HCHO zakres wykrywania: od 0 do 5 ppm, rozdzielczość 0,01 ppm,
- temperatura -40 °C do 85 °C,
- wilgotność od 0 do 100 %Rh, dokładność: 3 % dla zakresu od 20 %Rh do 80 %Rh,
- ciśnienie od 300 hPa do 1100 hPa, dokładność: 100 Pa,
- wysokość zakres: od 0 m do 9,2 km,
- pozycja GPS (GNSS) dokładność do 1,5m
- kamera HD obiektyw 160°,
- moduł GSM/GPRS Quad Band 850/900/1800/1900 MHz
- WiFi 2,4 GHz 802.11n,







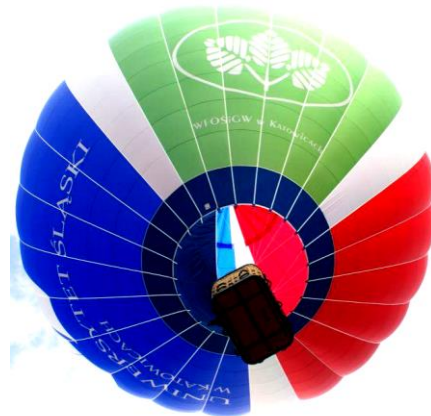
Obszar testowy
Centralnoeuropejski
Demonstrator Dronowy

UNIWERSYTECKIE LABORATORIA KONTROLI ATMOSFERY (ULKA)

Zespół laboratoriów, służących kształceniu studentów w ramach **Uniwersyteckich Laboratoriów Kontroli Atmosfery (ULKA)** składającego się z:

- **Napowietrznego Mobilnego Laboratorium (NML)** wyposażonego w aparaturę pomiarową umieszczoną w koszu balonu na ogrzane powietrze;
- stacjonarnych laboratoriów wyposażonych w **Aparaturę do Badań Zanieczyszczeń Atmosfery (ABZA)** będących częścią ULKA.

dr hab. Mariola Jabłońska
Wydział Nauk o Ziemi, UŚ
kierownik ULKA
e-mail: mariola.jablonska@us.edu.pl



APARATURA NAPOWIETRZNEGO MOBILNEGO LABORATORIUM ULKA



Przenośna stacja meteorologiczna

Aspirator wolumetryczny
do badań aerobiologicznych



Aethalomet

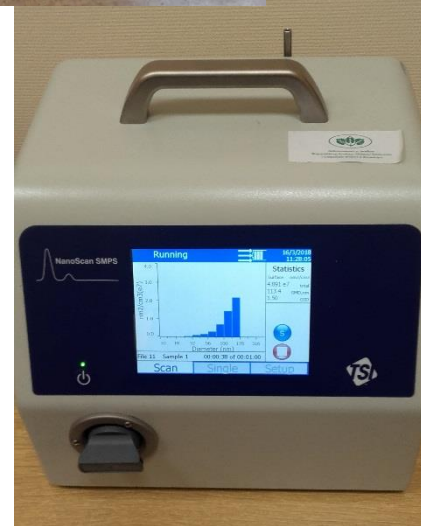


Mobilny aspirator entomologiczny



Analizator
stężenia
cząstek
w zakresie
0,3 - 10 μm

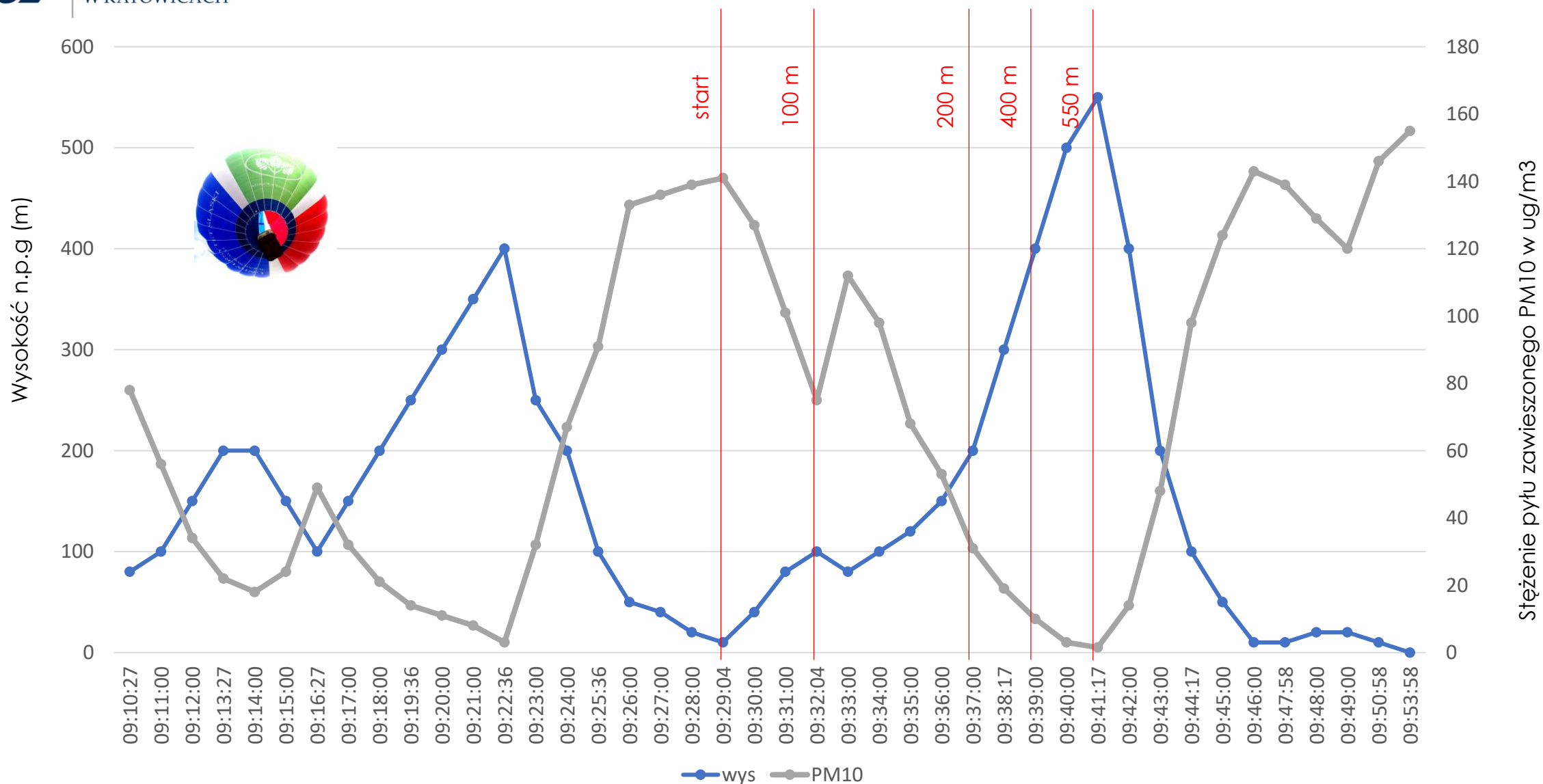
Aspirator
wysokoprzepływowy



Analizator nanocząstek
w zakresie 10 - 300 nm



Stężenie pyłu PM10 w zależności od wysokości lotu balonu ULKA w dniu 16.11.2017 r.



Stężenia pyłów PM1, PM2.5, PM10 oraz sadzy w zależności od wysokości lotu balonu ULKA w dniach 16.11 (inwersja) oraz 19.12.2017 r. (brak inwersji).

Wysokość [m n.p.g.]	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		PM2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		PM1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		Sadza [ng/m^3]	
	Lis.*	Gru.**	Lis.*	Gru.**	Lis.*	Gru.**	Lis.*	Gru.**
2	155	114	97	81	74	68	12709	13277
250	75	62	55	44	42	35	7797	6867
550	1.5	33	0.89	30	0.46	35	94	1192
750	-	2	-	2	-	1.2	-	50

*16.11.2017 r. (inwersja temperatury)

Temperatura i wilgotność od 2 m nad poziomem gruntu (n.p.g.) **8.3°C** i 58%; do 550 m n.p.g. **12.4°C** i 40%, odpowiednio.

** 19.12.2017 r. (brak inwersji)

Temperatura i wilgotność od 2 m nad poziomem gruntu (n.p.g.) **-0.1°C** i 85%; do 750 m n.p.g. **-4.3°C** i 78%, odpowiednio.





1. Prognozowane ocieplenie klimatu jest szybsze i większe niż zmiany temperatury obserwowane w okresie przedindustrialnym oraz w XX wieku. Jest już i będzie ono wyjątkowe w porównaniu z jakimkolwiek okresem zmian klimatu w ciągu ostatnich 10 000 lat. Scenariusze zmian klimatycznych wskazują na wzrost globalnej temperatury powietrza od 1.4°C do 5.8°C
2. Wskazuje się na brak wiarygodnych wyników dotyczących częstości występowania zjawisk ekstremalnych. Lokalne zjawiska atmosferyczne (burze, opad gradu, trąby powietrzne - tornada czy szadź) nie są symulowane w modelach klimatycznych i są bardzo trudne do przewidzenia w modelach prognostycznych. W wielu przypadkach można je wyjaśnić oddziaływaniem czynników cyrkulacyjnych w skali regionalnej a niekiedy, zwłaszcza w zimie, także cyrkulacją makroskalową reprezentowaną przez NAO (oscylację północnoatlantycką).
3. Co roku w Polsce występuje 20-30 dni z groźnymi zjawiskami pogodowymi występującymi na znacznym obszarze. Duża część tych zjawisk związana jest z głęboką konwekcją (burze) oraz ekstremalnie wysokimi prędkościami wiatrów. W okresie 2010-2018 z tych powodów śmierć poniosło 76 osób, a 311 osób zostało rannych (Pilorz, Surowiecki 2018)





4. Do największych wyzwań stojących przed miastami w zakresie adaptacji do zmian klimatycznych należą kwestie związane z wodą (nadmiar vs. niedobory), temperaturą (wzrastająca liczba dni gorących i upalnych), gwałtownie zmieniająca się pogodą (burze, trąby powietrzne) oraz zanieczyszczeniami atmosfery w okresach jesienno – zimowych.
5. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na regionalnie zmienne spadki i wzrosty opadów nad obszarami lądowymi w umiarkowanych szerokościach geograficznych. Prognozuje się dużą zmienność opadów atmosferycznych z roku na rok w obszarach w których przewiduje się wzrost średnich sum opadów (Łupikasa, 2013).
6. Postępuje systematyczny wzrost wartości średniej rocznej temperatury powietrza i towarzyszący im wzrost liczby dni gorących i upalnych. Wymaga to podjęcia przez władze samorządowe szeregu konkretnych działań w zakresie organizacji w mieście błękitno – zielonej infrastruktury, minimalizującej negatywne skutki tego trendu.



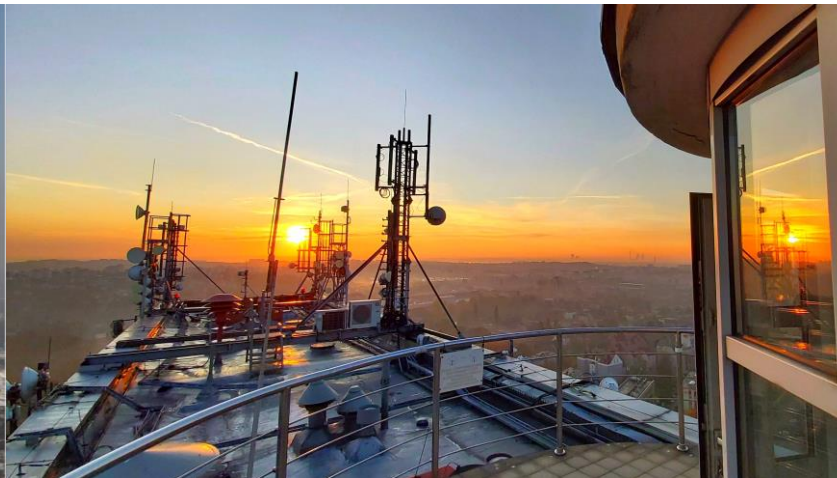


7. Prognozowany jest spadek występowania ekstremalnie niskich temperatur powietrza w sezonie zimowym oraz liczby dni mroźnych z temperaturą minimalną poniżej 0°C. Zmniejsza się także liczba dni z przejściem temperatury przez 0°C powodujących występowanie zjawiska gołoledzi i szadzi.
8. Realizacja miejskich planów adaptacji do zmian klimatycznych jest ciągle w fazie początkowej. Ich dalsza i konsekwentna realizacja to poważne wyzwanie dla władz samorządowych. Do największych problemów, które wymagają rozwiązania przez te władze w najbliższej przyszłości, należą:
 - zapewnienie mieszkańcom miast komfortu życia przy dominującym kierunku migracji wieś – miasto,
 - zmniejszająca się dostępność wody w miastach i obszarach zurbanizowanych spowodowana coraz częstszym występowaniem susz meteorologicznych i hydrologicznych,
 - brak regulacji prawnych w projektowaniu budynków dopasowanych do wymogów ich adaptacji do zmieniających się warunków klimatycznych (odpowiednie materiały budowlane, zielone dachy i elewacje, kwestie parowania i odbijania promieniowania),
 - rewitalizacja i konserwacja istniejącej zabudowy mieszkalnej zamiast nowej zabudowy deweloperskiej,
 - zmniejszenie wielkości zanieczyszczenia powietrza w regionie.





Dziękuję za uwagę



Artur Widawski

Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk Przyrodniczych,
Instytut Nauk o Ziemi
Zespół badawczy – Klimat i Zmiany Klimatu
e-mail: artur.widawski@us.edu.pl

