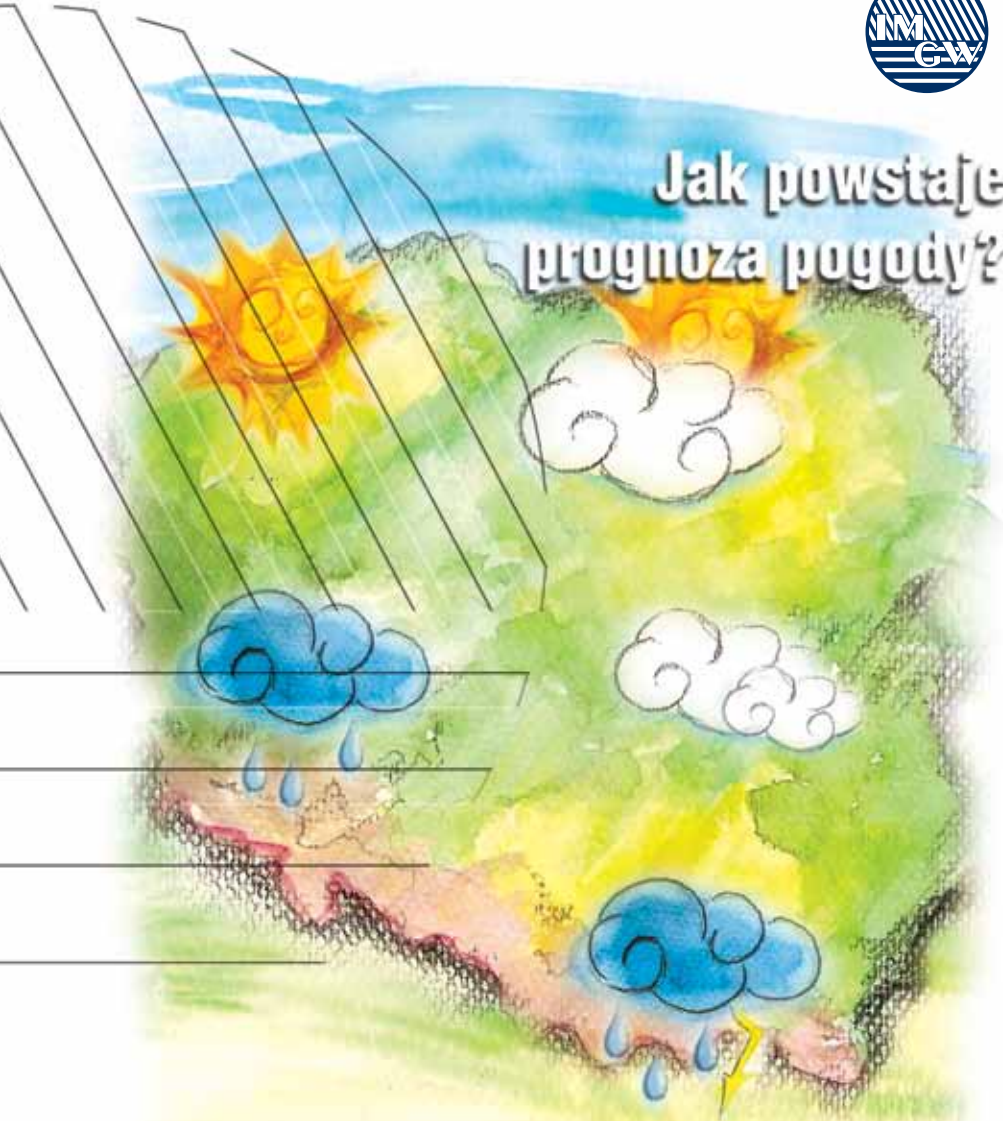


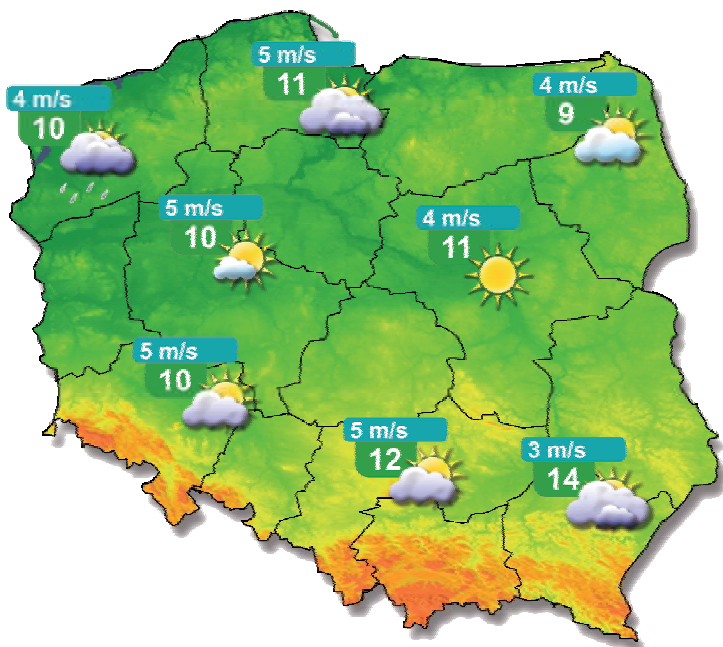


Jak powstaje prognoza pogody?



*Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa, 2011*

Jak powstaje prognoza pogody?



Prognoza pogody - pogoda na godzinę, na dzień następny, na tydzień. Niby sprawa prosta, ale jak skomplikowana. Aby przybliżyć to zagadnienie proponuję:

Przepis na prognozę pogody:

Składniki:

- wyniki pomiarów parametrów meteorologicznych z co najmniej 10 tys. naziemnych stacji meteorologicznych na świecie, przynajmniej z półkuli północnej (jeśli mieszkasz na antypodach – z południowej);
- wyniki z ok. 300 stacji aerologicznych dokonujących pomiarów parametrów atmosfery do wysokości 30 km;
- dane transmitowane z pokładów setek samolotów komunikacyjnych latających na trasach transkontynentalnych oraz wielu statków handlowych;
- dane z kilkunastu satelitów meteorologicznych geostacjonarnych i okołobiegunowych obserwujących nieprzerwanie Ziemię w kilkunastu kanałach spektralnych;
- dane z kilkuset radarów meteorologicznych i systemów wykrywania burz i wyładowań atmosferycznych;
- dane o stanie oceanów, do głębokości kilkudziesięciu metrów;
- wszystkie inne dane zbierane w ramach Globalnego Systemu Obserwacyjnego Światowej Organizacji Meteorologicznej oraz narodowych systemów pomiarowych krajów członkowskich.



Widzialnościomierz.

Autor zdjęć: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska

Niezbędne narzędzia:

- profesjonalne urządzenia i systemy pomiarowe, w tym automatyczne stacje pomiarowe, radary, satelity meteorologiczne, sodary i lidary;
- systemy łączności umożliwiające przekazywanie wszystkich danych w czasie rzeczywistym, w skalach: narodowej, regionalnej i globalnej;
- komputery o bardzo dużej mocy obliczeniowej wraz z systemami numerycznych modeli prognostycznych w skali od globalnej do mezo- i mikroskali;
- bazy danych wraz z systemami zarządzania pozwalające na gromadzenie i wykorzystywanie danych uzyskanych ze wszystkich źródeł oraz wyniki modeli numerycznych.



Czujniki do pomiaru składowych widma słonecznego.
Autor zdjęć: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska

Niezbędny personel kuchni pogody:

- dziesiątki tysięcy obserwatorów na stacjach meteorologicznych wykonujących nieprzerwanie, całą dobę, we wszystkie dni tygodnia i roku obserwacje i pomiary zachmurzenia, temperatury, ciśnienia, wiatru i innych elementów pogody oraz obsługujących i serwisujących automatyczne systemy pomiarowe;
- tysiące synoptyków meteorologów, znających doskonale procesy zachodzące w atmosferze, potrafiących właściwie interpretować olbrzymie ilości danych z systemów pomiarowych w skali globalnej i lokalnej oraz wyniki modeli komputerowych, wykorzystując przy tym swoje wieloletnie doświadczenie, a w wielu przypadkach niezbędną intuicję;
- zespoły naukowców badających procesy w atmosferze, rozwijających metody prognoz numerycznych i doskonalących interpretację ich wyników;
- zespoły udostępniające wyniki prognoz, przekazujące użytkownikom indywidualnym i mediom prognozy i ostrzeżenia, a także na bieżąco definiujące nowe potrzeby, jeśli takie u odbiorców powstają.



Pomiar promieniowania bezpośredniego.
Autor zdjęć: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Pomiary geodezyjne. Autor: Krzysztof Kasprzak



Pomiar Hydrometryczny.
Autor: Krzysztof Kasprzak



Wodowskaz. Autor: Krzysztof Kasprzak

Jak to działa?

Na wszystkich stacjach meteorologicznych na świecie, dokładnie o tej samej pełnej godzinie czasu uniwersalnego (UTC), co godzinę lub co 3 godziny (na lotniskach co 30 minut) są wykonywane pomiary temperatury, ciśnienia, wilgotności, wiatru, widzialności, usłonecznienia, obserwuje się rodzaj i wielkość zachmurzenia oraz wiele innych elementów pogody. Na kilkuset stacjach aerologicznych, dwa lub cztery razy na dobę są wypuszczane balony meteorologiczne z podwieszonymi sondami, które unosząc się do wysokości ok. 30 km mierzą i przekazują na ziemię dane o temperaturze, wilgotności, ciśnieniu i wietrze, raz w tygodniu uzupełnione pomiarami zawartości ozonu. Dużą ilość danych przekazują automatyczne systemy pomiarowe zainstalowane na pokładach samolotów komunikacyjnych, tak podczas startu i lądowania, jak również w trakcie lotu. Szczególnie cenne są dane znad oceanów będących obszarami powstawania niżów i cyklonów tropikalnych, a tradycyjne obserwacje synoptyczne są dostępne z niezliczonych statków handlowych.



Wiatromierz elektryczny.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Klatka meteorologiczna z czujnikami temperatury i wilgotności.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Pomiary temperatury nad powierzchnią gruntu.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Pomiar promieniowania rozproszonego.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska

Coraz szerzej są wykorzystywane automatyczne systemy pomiarowe, które jednak nie zawsze można zastosować do wykrycia lub obserwacji niektórych zjawisk. Poza tym tak złożone systemy są drogie i często zawodne w eksploatacji. Należy brać pod uwagę również fakt, że pomiary są wykonywane zarówno w krajach o wysokim rozwoju ekonomicznym i technologicznym, jak w tych, których nie stać na zaawansowane technologie. Podstawowym warunkiem wykorzystania danych jest ich taka sama wiarygodność, dokładność i terminowość.



Heliograf.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Pomiar promieniowania całkowitego.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Pomiar promieniowania odbitego.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Deszczomierz cyfrowy. Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska

Od lat 60. XX w. obserwuje się gwałtowne zastosowanie nowej metodyki pomiarów meteorologicznych (w szerszym ujęciu parametrów środowiska naturalnego). Coraz szerzej są wykorzystywane metody pomiarów pośrednich teledetekcyjnych, wykorzystujących pomiary promieniowania elektromagnetycznego odbitego lub emitowanego przez obiekty meteorologiczne. Pierwsze radarowe obserwacje chmur i burz wykonywano radarami wojskowymi już pod koniec II wojny światowej. Dzisiaj w większości krajów na świecie działają sieci radarów meteorologicznych, które co kilkanaście minut przekazują dane o zachmurzeniu, opadach, burzach. Podobnie systemy wykrywania i lokalizacji burz pozwalają na praktycznie ciągły monitoring miejsca, czasu i intensywności wyładowań at-

mosferycznych, nie tylko tych skierowanych do ziemi, ale także wyładowań międzychmurowych, groźnych m.in. dla lotnictwa.

Pierwsze satelity meteorologiczne (lata 60. XX w.) przekazywały obrazy zachmurzenia nad ograniczonymi obszarami globu, dzisiaj kilkanaście satelitów geostacjonarnych i okołobiegunowych dostarcza olbrzymiej ilości danych w kilkunastu kanałach spektralnych, z częstotliwością od kilku godzin do 5 minut. Pozwala to na ciągłe śledzenie procesów zachodzących w atmosferze, prognozowanie ich dalszego rozwoju oraz terminowe przygotowanie ostrzeżeń, np. o tajfunach, cyklonach tropikalnych czy intensywnych opadach i burzach.

Wytworzenie tak olbrzymiej ilości jednorodnych danych jest pierwszym, ważnym etapem powstawania prognozy pogody. Musi ona być jeszcze zapisana w takiej postaci, by każdy odbiorca mógł ją jednoznacznie odczytać i mieć przy tym możliwie najprostszą i skompresowaną postać informacji.



Pomiar przejrzystości powietrza.

Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Pomiar temperatury w gruncie

Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska

Kolejny etap, z którym wiąże się wiele problemów technicznych i logistycznych, to przekazanie danych z łądów, mórz i oceanów, z przestrzeni powietrznej i z Kosmosu, tak szybko by dotarły do odbiorców: modeli komputerowych i synoptyków przed utratą swojej aktualności. Co kilkanaście minut, kilka godzin są one uaktualniane. Służą temu nowoczesne, specjalizowane systemy łączności, sprawniejsze i bardziej niezawodne niż Internet.

W ciągu kilkunastu minut dane pomiarowe z dowolnego miejsca globu powinny być dostępne wszędzie tam, gdzie są niezbędne w procesie dalszego przetwarzania. Są to narodowe centra meteorologiczne krajów członkowskich Światowej Organizacji Meteorologicznej uczestniczące w utrzymaniu, eksploatacji i rozwoju globalnych systemów: obserwacyjnego, telekomunikacyjnego i przetwarzania danych oraz regionalne specjalizowane centra przetwarzania i prognoz.



Menzura do pomiaru opadu.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Urządzenie do rozpoznawania rodzaju opadu.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska

Centra te mają za zadanie zebranie, sprawdzenie poprawności, zapisanie i wstępne przetworzenie danych ze wszystkich źródeł. Niektóre dane są natychmiast zobrazowywane dla analizy pogody bieżącej, inne z kolei stanowią „wkład” do złożonych numerycznych modeli meteorologicznych. Przetworzenie tak olbrzymiej ilości danych wymaga zastosowania komputerów o dużych mocach obliczeniowych. Dysponują nimi służby największych krajów oraz centra międzynarodowe, które przejmują na siebie zadania przetwarzania danych w skali globalnej i regionalnej. Obliczenia w skali globalnej zajmują nawet największym superkomputerom kilka godzin. Następnie wyniki są przekazywane do centrów narodowych, w których następuje dalsze przetworzenie danych dla potrzeb prognoz w mniejszej skali. Ponieważ obliczenia te są prowadzone z dużo większą rozdzielczością czasową i przestrzenną, zajmuje to również sporo czasu obliczeniowego.



Serwery teleinformatyczne. Autor: Waldemar Sudak

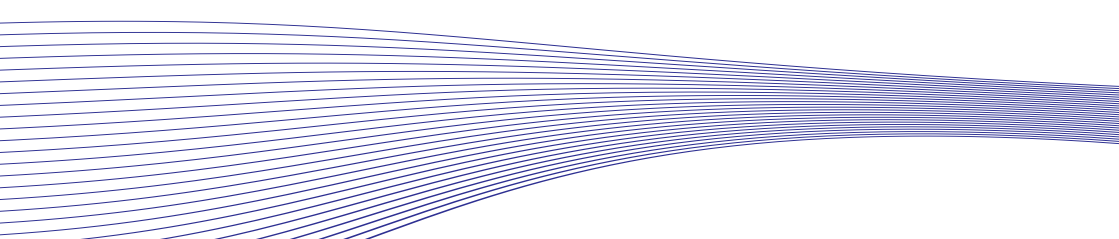
Synoptyk meteorolog musi nieprzerwanie śledzić rozwój sytuacji synoptycznej na obszarze od wschodnich wybrzeży Ameryki Płn. do Uralu, od Grenlandii do Afryki Płn. Nawet najmniejsza zmiana, np. zachmurzenia czy ciśnienia, w odległych o tysiące km regionach może zwiastować radykalną zmianę pogody w Europie Środkowej za kilka dni lub kilkanaście godzin. Ma w tym celu do dyspozycji mapy synoptyczne przedstawiające pogodę obserwowaną na stacjach meteorologicznych, na których może zlokalizować układy ciśnienia wyżej i niżej, fronty atmosferyczne, strefy opadów i innych zjawisk, obrazy z satelitów meteorologicznych, radarów i zobrazowania obszarów burzowych. Ponieważ procesy pogodowe nie zachodzą tylko przy powierzchni, lecz rozwijają się w całej warstwie atmosfery, do wysokości kilkunastu kilometrów, niezmiernie ważne są mapy synoptyczne wyższych poziomów, głównie na wysokości 5, 3 i 1,5 km, opracowane na podstawie wyników obserwacji aerologicznych. Analiza tych i innych dostępnych materiałów oraz porównanie stanu aktualnego z sytuacją sprzed kilku, kilkunastu godzin jest podstawą procesu prognozowania diagnozą.



Automatyczna stacja meteorologiczna.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska



Wiatromierz umieszczony na 10 metrowym maszcie.
Autor: Katarzyna Dopieralska-Skowrońska

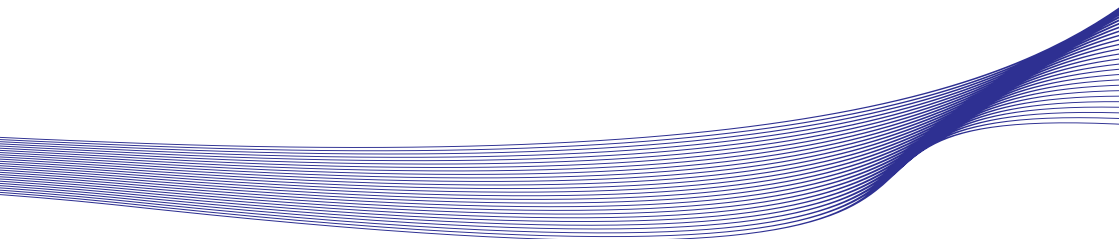


Najważniejszym etapem prognozy pogody dokonywanym przez synoptyka meteorologa jest konfrontacja wyników numerycznych prognoz rozwoju procesów atmosferycznych położenia układów ciśnienia, frontów, wartości ciśnienia, temperatury i wielu innych parametrów, które mogą być generowane przez model komputerowy z dokonaną wcześniej diagnozą. Istotną trudność stanowi fakt, że na świecie oblicza się wiele modeli meteorologicznych, z których każdy, na podstawie tych samych danych wejściowych obliczy na ogół nieco inną, a czasami diametralnie różną prognozę. Atmosfera, szczególnie w skali lokalnej, nie daje się jeszcze opisać równaniami matematycznymi w takim stopniu, by zostały uwzględnione wszystkie czynniki mające wpływ na efekt końcowy, jakim jest prognoza lub ostrzeżenie.

Tak więc synoptyk, mając do dyspozycji wyniki kilku modeli komputerowych, dokonaną wcześniej diagnozę rozwoju procesów w skalach od globalnej do lokalnej, wiedzę i wieloletnie doświadczenie, musi podjąć ostateczną decyzję o kształcie prognozy lub ostrzeżenia, które będą niosły za sobą określone skutki. Jest to szczególnie ważne w tych dziedzinach, w których pogoda ma decydujący wpływ na bezpieczeństwo ludzi i mienia - w lotnictwie, żegludze, oślonie przeciwpowodziowej.

Warto to mieć na uwadze, gdy korzystamy z dostępnych w Internecie prognoz z ośrodków, które chwalą się wiarygodnymi prognozami na kilkanaście dni dla kilkudziesięciu tysięcy miejscowości na świecie. Są to jedynie wyniki lepszego lub gorszego modelu, bez jakiegokolwiek weryfikacji synoptycznej, a wyniki prognozy, np. temperatury, mogą szczególnie zimą i w sytuacjach dużej zmienności pogody różnić się od rzeczywistości o kilkanaście stopni. Warto natomiast korzystać z oficjalnych stron narodowych służb meteorologicznych (www.imgw.pl) i Światowej Organizacji Meteorologicznej (www.wmo.int).

Jednak nawet najbardziej doświadczony synoptyk, lub zespół, dysponujący wszelkimi możliwymi danymi i metodami nie są w stanie zapewnić 100% sprawdzalności prognoz, szczególnie na dłuższy okres. Pogoda i jej zmiany jeszcze długo pozostaną żywiołem, który nie da się opanować, nawet w zakresie prognozowania jej stanu. Jednak społeczne i gospodarcze znaczenie wpływu pogody na wszelkie dziedziny życia i działalności człowieka wymuszają konieczność dalszych badań, rozwoju metod lepszego poznania procesów w atmosferze i doskonalenia warsztatu służb meteorologicznych, tak w skali krajowej, regionalnej jak i globalnej.





Institut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy
Pion Komunikacji Społecznej, Marketingu i Współpracy z Zagranicą
ul. Podleśna 61, 01-673 Warszawa
tel. 022 56 94 329, fax 022 56 94 324

e-mail: imgw@imgw.pl
www.imgw.pl
www.pogodynka.pl