

Analiza wyników pomiarów

Krzysztof Markowicz

Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Czas trwania: 30-45 minut

Poziom szkoły: podstawowa, gimnazjum, liceum

Materiały i przyrządy: wyniki pomiarów, dane ze strony internetowej

www.polandaod.pl

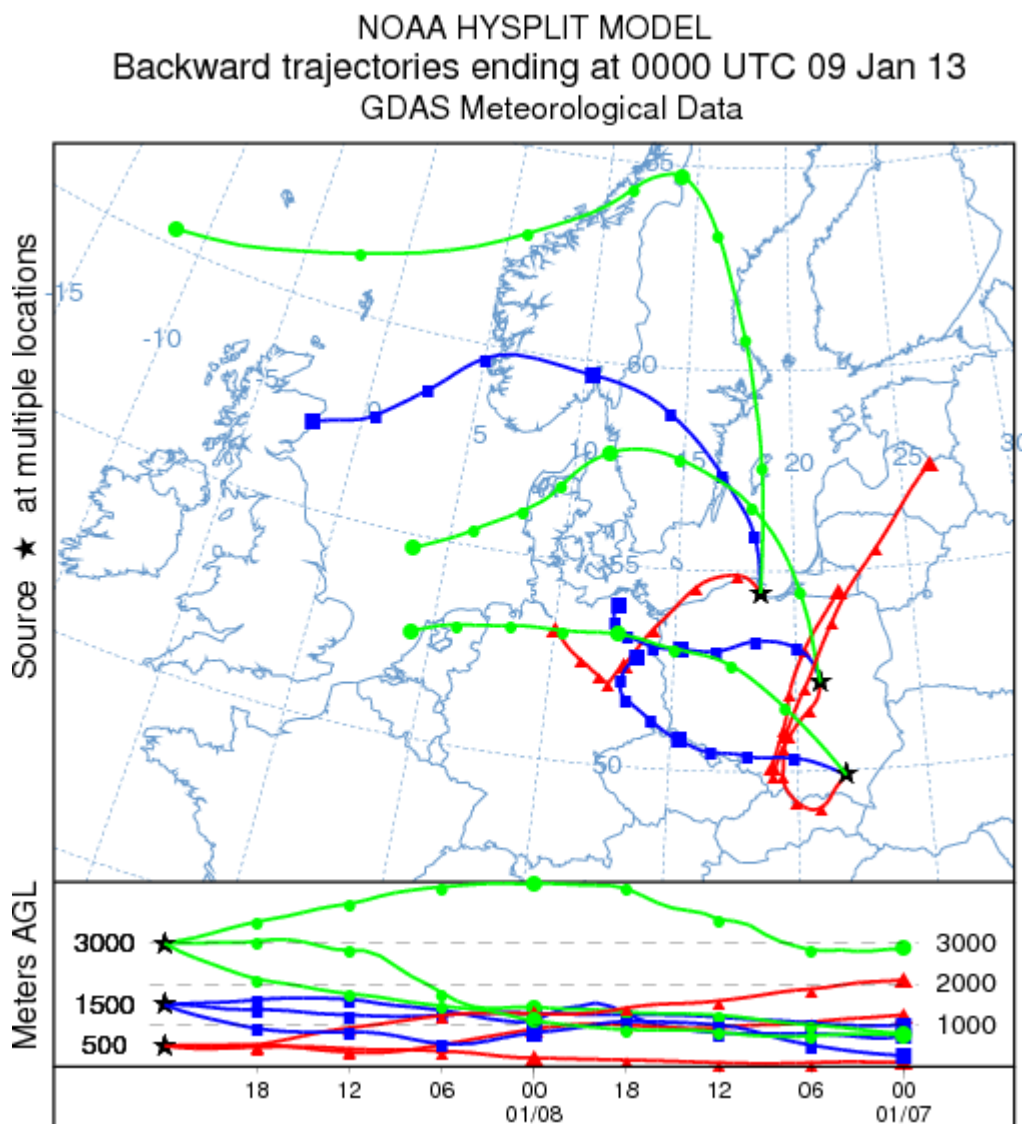
1. Wstęp

Jednym z najważniejszych etapów podczas prowadzenia doświadczeń oraz badań naukowych jest analiza uzyskanych wyników. Ma to szczególne znaczenie w naukach środowiskowych, gdy prowadzone obserwacje niemal zawsze wykonywane są podczas innych warunków meteorologicznych. W typowych doświadczeniach fizycznych sytuacja jest na ogół dużo prostsza, bo prowadzone pomiary wykonuje się w zamkniętych laboratoriach gdzie warunki panujące podczas pomiarów są na ogół powtarzalne. W meteorologii nigdy nie mamy dwóch tych samych sytuacji i nigdy nie możemy zmierzyć dwa razy identycznego zjawiska atmosferycznego. Z tego powodu kluczowe jest dokładnie określenie warunków panujących podczas prowadzonych obserwacji i interpretacja uzyskanych wyników pod kątem aktualnej sytuacji meteorologicznej.

2. Analiza sytuacji meteorologicznej

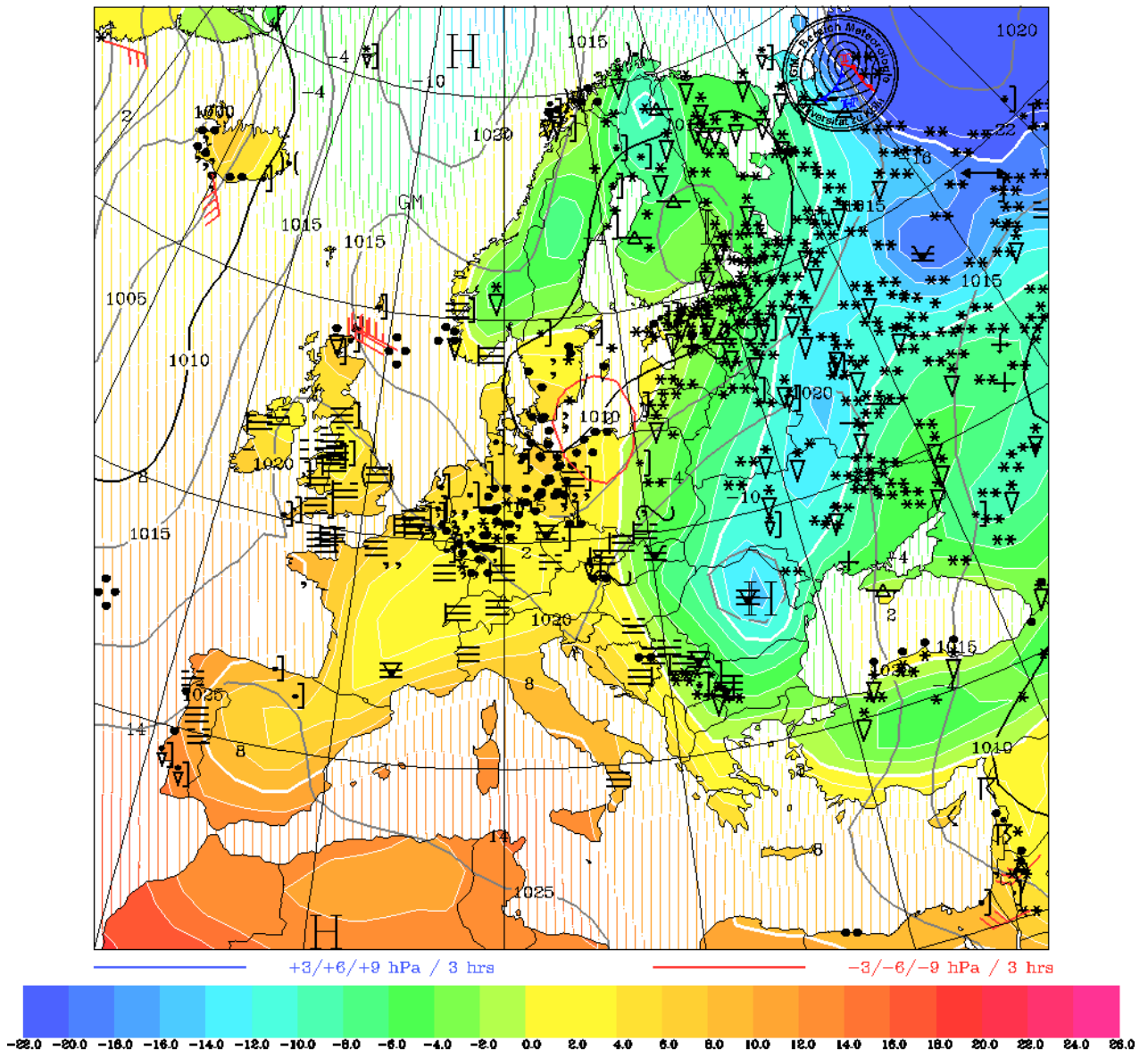
W przypadku analizy wyników pomiarów aerozoli atmosferycznych podstawową rzeczą jest określenie masy powietrza, która napływa nad analizowany rejon oraz wyznaczenie drogi, jaką ów powietrze pokonało. Pozwala to oszacować jak potencjalne źródła emisyjne występujące po drodze stopień mogły zanieczyścić masę powietrza. Wygodnym narzędzie do tego typu analiz są tzw. trajektorie wsteczne. Wykreśla się je na mapie geograficznej w postaci linii obrazującej drogę, jaką pokonuje powietrze zanim dotrze do punktu naszych obserwacji. Tego typu mapy powstają na podstawie modeli prognoz pogody po wzięciu pod uwagę rozkładu parametrów meteorologicznych w szczególności wiatru w całej dolnej atmosferze. Ryc. 1 obrazuje trajektorie wsteczne dla 3 lokalizacji w Polsce (Sopot, Warszawa, Strzyżów). Kolory czerwony, niebieski i

zielony oznaczają końcowe wysokości na których napłynęło powietrze (0,5 1,5 oraz 3 km). Z mapy tej możemy odczytać, że powietrze które znalazło się 9 stycznia 2013 o godzinie 00 UTC nad Sopotem na wysokości 0,5 km przemieszczało się wzdłuż brzegu Bałtyku, a wcześniej przez obszar wschodnich Niemiec. Powietrze na wysokości ok. 1,5 km przyplęło znaną północnej W. Brytanii przepływając nad Morzem Północnym oraz południową Skandynawią. Powietrze na wysokości 3 km napłynęło z północy pokonując znaczna część drogi nad Bałtykiem, Środkowa Skandynawia i północnym Atlantykiem. Jednym słowem powietrze, które znalazło się nad Sopotem jest morską masą powietrza pochodzącym z północnej Europy (powietrze polarno morskie), przez co prawdopodobnie zawiera niewielkie ilości zanieczyszczeń. Podobną analizę możemy przeprowadzić dla innych lokalizacji.



Przedstawiony napływ powietrza na wysokościach 0,5, 1,5 oraz 3 km odpowiada odpowiednio powietrzu blisko powierzchni ziemi, na górnej granicy warstwy granicznej oraz w tzw. swobodnej troposferze. Ze względu na ograniczenia modelu nie ma sensu analizować trajektorie bliżej powierzchni ziemi np. kilka metrów nad ziemią.

2M TEMP.(COLORED) + SLP(CONTOURS) + SIGN. WEATHER 9.01.13 18 GMT



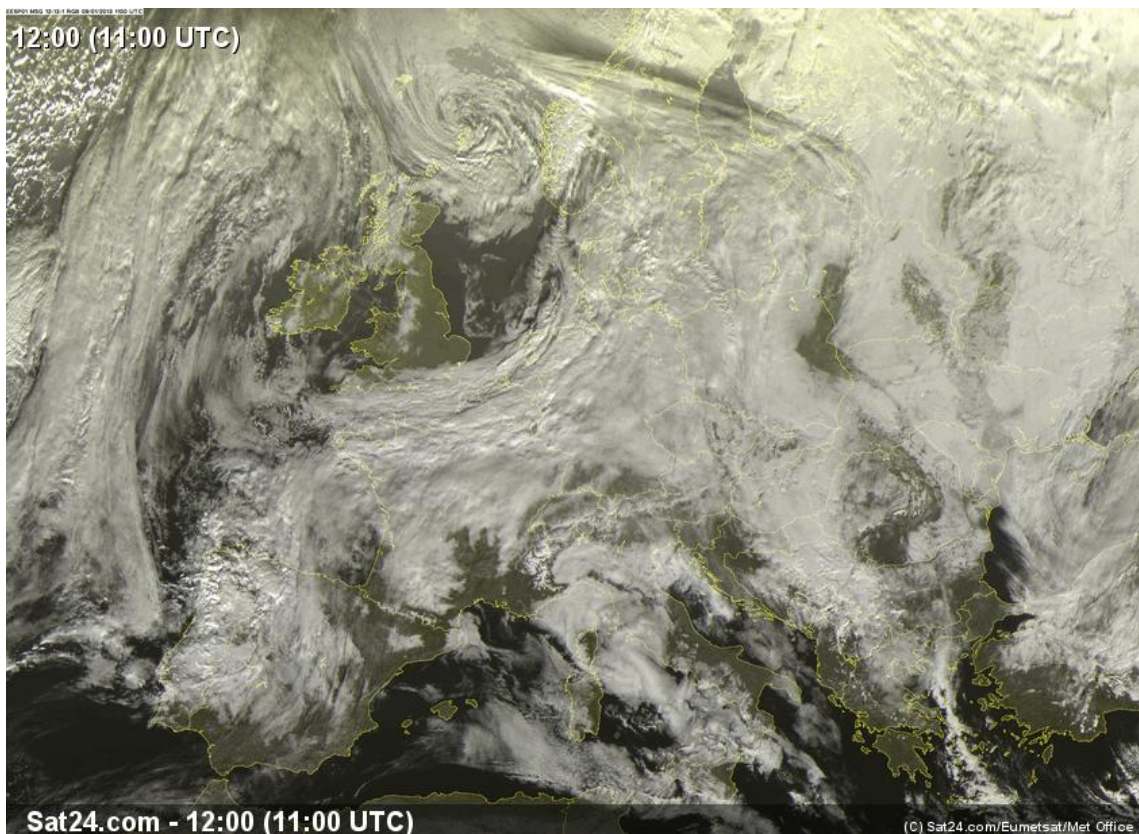
Ryc. 2 Mapa synoptyczna dla dnia 9 stycznia 2013 r.

Link do aktualnej mapy synoptycznej <http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/geomet/meteo/winfos/euisoTPPWG.gif>

Nieco inny rodzaj informacji dostarczają nam mapy synoptyczne obrazujący rozkład ciśnienia atmosferycznego, opadów, temperatury powietrza oraz zjawisk

atmosferycznych. Przykładowa mapa synoptyczna na ryc. 2 ukazuje nam, że na wschód od Polski mamy bardzo chłodną masę powietrza z temperaturą poniżej -10°C , która jest związana z układem wysokiego ciśnienia nad Rumunią. Polska znajduje się na skraju tego wyżu oraz w zasięgu niżu (dokładnie zatoki niżowej) znad Skandynawii. W zachodniej części Polski występują opady deszczu (czarne kropki), zaś na wschodnie opady śniegu (czarne gwiazdki). Oznacza to, że aerozole są usuwane (wymywane) z atmosfery. W południowo wschodniej części kraju występują mgły i zamglenia (3 poziome kreski), które mogą świadczyć o warunkach sprzyjających pojawianiu się smogu lub podwyższonej koncentracji zanieczyszczeń powietrza. Pozostałe oznaczenia stosowane na mapach synoptycznych są przedstawione tutaj [1].

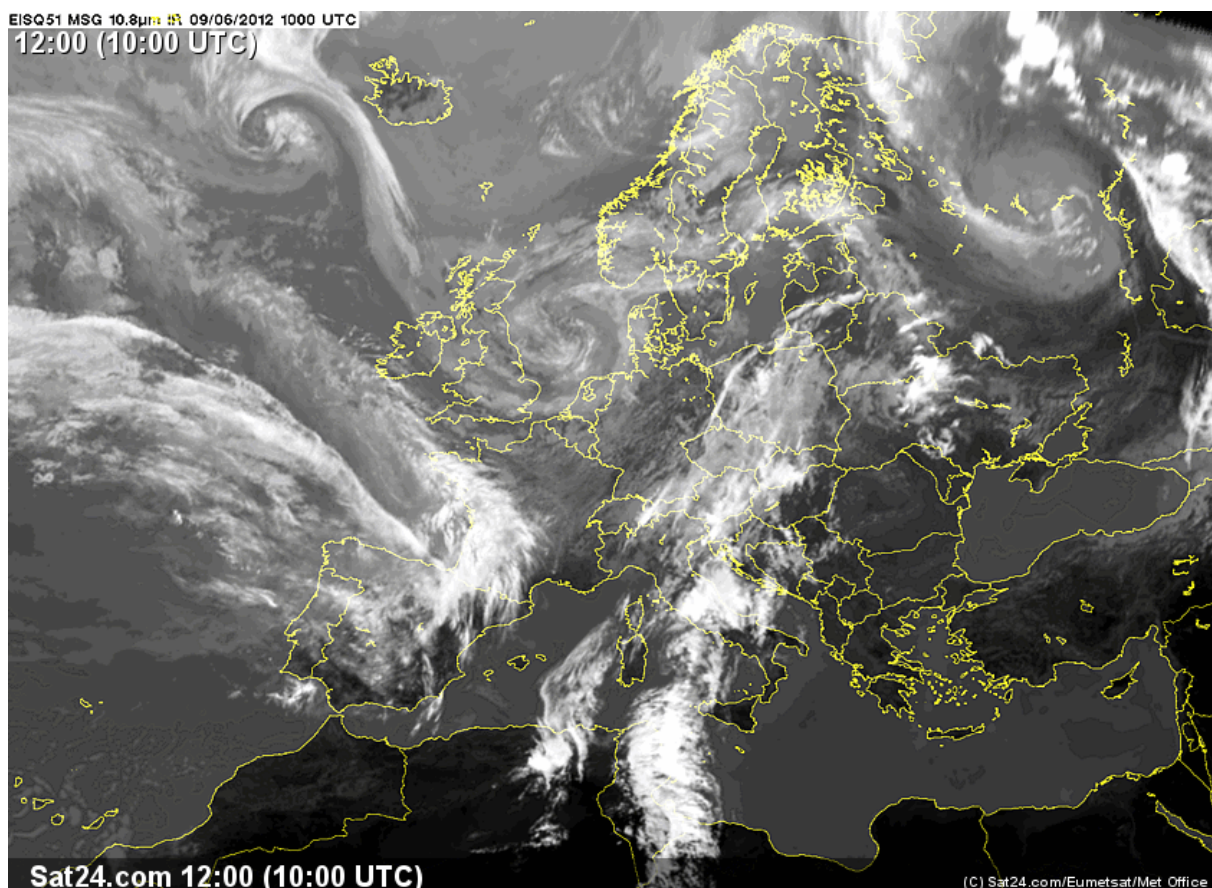
Dodatkowych informacji dostarczają nam zdjęcia satelitarne. Na podstawie takich informacji możemy określić, w jakich rejonach geograficznych występuje zachmurzenie oraz jaka jest jego charakterystyka. Na ryc. 3 widoczne jest obraz zachmurzenia nad Europą. Jedynie wschodnie rejony Polski pozbawione są chmur i panują tam warunki do prowadzenia pomiarów fotometrem słoneczny. W pozostałych rejonach występują warstwowe chmury, które szczelnie przykrywają powierzchnię ziemi. Informacje o wysokości chmur uzyskujemy na podstawie



Ryc. 3 Zdjęcie satelitarne w zakresie widzialnym z satelity MSG, www.sat24.com

zdjęcia wykonanego w podczerwieni (rys. 4). W tym przypadku im jaśniejsze chmury tym ich temperatura niższa, a tym samym wyższa wysokość. Należy jednak podkreślić, że o ile pomiary pirometrem (patrz pomiar wysokości podstawy chmur) dostarczały nam informacje o podstawie chmur to zdjęcia satelitarne w zakresie podczerwonym o temperaturze w okolicach wierzchołków chmur. Na przedstawionym zdjęciu dostrzegamy, że nad Polską występują lodowe wysokie chmury. W rejonie Bałtyku chmury są one zdecydowanie cieplejsze oraz niższe podobnie jak w Niemczech.

W serwisie internetowym www.sat24.com/pl przedstawione są aktualne animacje zdjęć satelitarnych, które ukazują nam kierunek poruszania się mas powietrza.

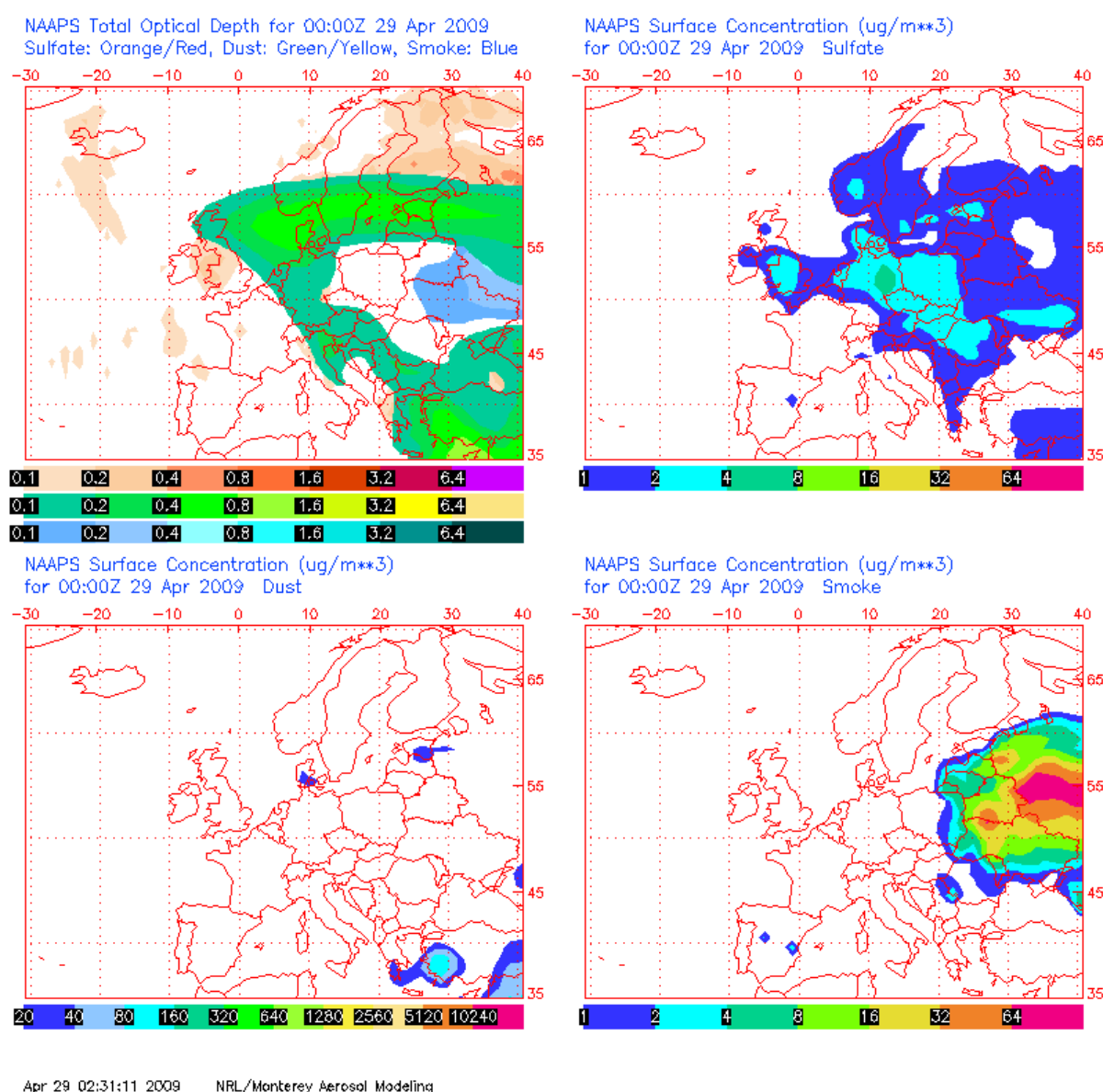


Ryc. 4 Zdjęcie satelitarne w podczerwieni z satelity MSG, www.sat24.com

3. Analiza wyników z modelu transportu zanieczyszczeń

Modele transportu zanieczyszczeń służą do prognozowania koncentracji gazów oraz aerozoli [2]. Opierają się na modelach prognoz pogody, które dostarczają informacji o cyrkulacji w atmosferze oraz na modelach emisji naturalnych oraz antropogenicznych. Np. emisja zanieczyszczeń z pożarów jest

określana na podstawie pomiarów satelitarnych, które zasilają model transportu zanieczyszczeń. Do naszych analiz posłużymy się amerykańskim modelem NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System). Na ryc. 5 przedstawiono wyniki z modelu NAAPS dla 29 kwietnia 2009 r. Górna lewa mapa ukazuje rozkład przestrzenny aerozolowej grubości optycznej z podziałem na związki siarki, drobiny pyłu pustynnego oraz aerozol emitowany podczas pożarów. Widzimy, że nad znaczną częścią Europy pojawił się drobiny piasku znad Sahary (kolor zielony). Zad wschodnią naszą granicą widoczne są aerozole pochodzące z pożarów. Pozostałe trzy mapy określają



Rys. 5 Wyniki z modelu transportu zanieczyszczeń NAAPS
http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol_web/globaer/ops_01/europe/

koncentracje tuż przy powierzchni ziemi dla związków siarki, piasku pustynnego oraz aerozoli emitowanych podczas pożarów. Widoczne jest maksimum koncentracji aerozoli siarkowego nad Polską, Czechami Słowacją a oraz wschodnimi Niemcami. W przypadku pyłu pustynnego widoczne są jedynie śladowe ilości przy powierzchni ziemi, co oznacza, że aerozole te zawieszane są wysoko w atmosferze. Typowe wysokości, na których wstępuje pył pustynny w Europie zawierają się od 2 do 7 km. Na ostatniej mapie widoczne są intensywne pożary Na Ukrainie, Białorusi oraz Rosji. Aerozole te widoczne są wyduż naszej wschodniej granicy. Przedstawiony obraz nie jest jednak obrazem rzeczywistym, ale wynikiem symulacji komputerowych. Widoczne tutaj strefy zasięgu różnych typów aerozoli mogą przebiegać w nieco innych miejscach w rzeczywistości jednak sam fakt ich występowania jest niemal pewny.

4. Rysowanie trajektorii wstecznych

Używając interfejsu internetowego możemy na komputerach NOAA uruchomić model trajektorii wstecznych i wyznaczyć je dla dowolnej lokalizacji. Procedura uzyskania wykresów wygląda następująco:

- a) Wejdz na stronę http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php
- b) Kliknij na opcję: **Compute archive trajectories**
- c) Następnie klikamy na **Next**
- d) W okienku **First, select the meteorological data** wybieramy dane meteorologiczne **GDAS (global, 2006-present)**, w okienku **Latitudes** oraz **Longitude** wpisujemy szerokość oraz długość geograficzną naszej lokalizacji z dokładnością do jednego miejsca po przecinku i naciskamy **Continue**
- e) W okienku **GDAS1 Meteorological File** wybieramy odpowiedni okres czasu dla danych meteorologicznych. Jeśli liczymy trajektorie dla ostatnich kilku dni wybieramy domyślną opcję **current7days**
- f) Na następnej stronie wybieramy:
 - **Trajectory Direction: Backward**
 - **Start time [UTC]:** wpisujemy datę i godzinę
 - **Total run time (hours):** wpisujemy np. 72 lub 96 h (znaczą to długość trajektorii wstecznej w godzinach)

- Level 1 height: 500
- Level 2 height: 1500
- Level 3 height: 3000
- Na końcu naciskamy: **Request trajectory**

g) Po pewnym czasie program zakończy obliczenia (czas ten zależy od obciążenia serwera i zmienia się od kilku sekund do kilku minut)

h) Klikamy na link **GIF**, który otworzy nam mapę trajektorii wstecznych

i) Klikając prawym klawiszem na mapę zapisujemy ją na dysku.

5. Pytania

- jakie rozkłady ciśnienia sprzyjają kumulacji zanieczyszczeń powietrza?

- w jaki sposób krople deszczu oczyszczają powietrze?

- podaj kierunki geograficzne napływu mas powietrza nad Polskę, które charakteryzują się wysoką oraz niską zawartością aerozoli?

6. Literatura

[1] Oznaczenia na mapach synoptycznych

http://pl.wikipedia.org/wiki/Mapa_synoptyczna

[2] Archiwum map z modelu transportu zanieczyszczeń NAAPS

http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol-bin/aerosol/display_directory_all?DIR=/web/aerosol/public_html/globaer/ops_01/europe/