



Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016

Etap I

Epizody z lat 2013-2014



Praca wykonana na podstawie umowy nr 51/2015/F z dnia 18.11.2015 r. zawartej pomiędzy Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska a Instytutem Ochrony Środowiska – Państwowym Instytutem Badawczym, finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr 726/2014/Wn-50/MN-PO-CR/d z dnia 20.10.2014 r.

Warszawa 2016

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016

Etap I. Epizody z lat 2013-2014

Zamawiający:



Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa
Telefon: (22) 825-41-29, Faks: (22) 825-41-29

Wykonawca:



Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Krucza 5/11d, 00-548 Warszawa
Telefon: (22) 833 59 37

Podwykonawca:



Fundacja EkoProgniza
ul. Służewska 2/22, 00-569 Warszawa

Autorzy:

Jacek Iwanek
Joanna Strużewska
Dominik Kobus
Jacek Kamiński
Paweł Durka
Jakub Kostrzewa
Tomasz Pecka

SPIS TREŚCI

1. Cel i zakres pracy	7
2. Przyjęta metodyka analiz	8
2.1. Dane i informacje wykorzystane w pracy	8
2.2. Metodyka pracy	11
2.3. Założenia wyboru i zestawienie epizodów.....	15
3. Charakterystyka lat uwzględnionych w analizie	19
3.1. Opis warunków meteorologicznych.....	19
3.2. Cyrkulacja atmosferyczna	20
3.3. Stężenie pyłu PM10 w latach 2013-2014.....	24
4. Analiza epizodów	44
4.1. Epizod 1. Od 8 do 9 stycznia 2013	44
4.2. Epizod 2. Od 13 do 17 stycznia 2013. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy)	51
4.3. Epizod 3. Od 20 do 30 stycznia 2013. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Słowacja, Niemcy)	62
4.4. Epizod 4. Od 6 do 10 lutego 2013.....	79
4.5. Epizod 5. Od 12 do 18 lutego 2013. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy)	87
4.6. Epizod 6. Od 23 do 28 lutego 2013.....	99
4.7. Epizod 7. Od 5 do 10 marca 2013.....	108
4.8. Epizod 8. Od 12 do 14 marca 2013.....	117
4.9. Epizod 9. Od 20 do 21 marca 2013.....	124
4.10. Epizod 10. Od 28 do 31 marca 2013	131
4.11. Epizod 11. Od 5 do 9 kwietnia 2013	140
4.12. Epizod 12. Od 5 do 10 października 2013	149
4.13. Epizod 13. Od 15 do 20 listopada 2013. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Słowacja).....	159
4.14. Epizod 14. Od 2 do 4 grudnia 2013	170
4.15. Epizod 15. Od 10 do 14 grudnia 2013	179
4.16. Epizod 16. Od 16 do 22 grudnia 2013	188
4.17. Epizod 17. Od 30 grudnia 2013 do 4 stycznia 2014. Epizod w krajach ościennych (Czechy)	199
4.18. Epizod 18. Od 7 do 9 stycznia 2014	211
4.19. Epizod 19. Od 14 do 18 stycznia 2014.....	219
4.20. Epizod 20. Od 26 do 31 stycznia 2014. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy, Słowacja) ..	229
4.21. Epizod 21. Od 3 do 6 lutego 2014.....	241
4.22. Epizod 22. Od 12 do 13 lutego 2014.....	252
4.23. Epizod 23. Od 18 do 24 lutego 2014.....	258
4.24. Epizod 24. Od 25 lutego do 1 marca 2014	267
4.25. Epizod 25. Od 8 do 14 marca 2014. Epizod w krajach ościennych (Czechy)	277
4.26. Epizod 26. Od 29 do 31 marca 2014.....	289
4.27. Epizod 27. Od 27 października do 1 listopada 2014	297
4.28. Epizod 28. Od 3 do 11 grudnia 2014. Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy, Słowacja)	306
5. Analiza jakości modelowania	322
5.1. Ewaluacja modelowania – pył PM10.....	322
5.2. Ewaluacja modelowania – temperatura i wiatr	327
6. Podsumowanie	331

1. CEL I ZAKRES PRACY

Niniejsza praca została zrealizowana przez Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy oraz Fundację EkoPrognoza na podstawie umowy zawartej z Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska. Jej podstawowym celem jest pogłębienie wiedzy o przebiegu i przyczynach występowania epizodów wysokich stężeń pyłu zawieszonego PM10 w powietrzu, które wystąpiły w latach 2013-2016 na terenie Polski oraz krajów sąsiadujących z Polską z uwzględnieniem aspektu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń.

Epizod w rozumieniu niniejszej pracy jest to sytuacja jedno- lub kilkudniowych podwyższonych stężeń pyłu PM10, w której ma miejsce znaczące (ponad 50%) przekroczenie dobowego poziomu dopuszczalnego dla pyłu PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na potrzeby analiz wprowadzono również pojęcie "poziomu granicznego epizodu" wynoszącego $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W ramach pierwszego etapu prac poddano analizie dwadzieścia osiem epizodów z lat 2013-2014, spełniających założone kryteria, przedstawione w rozdziale 2.3.

We wstępnych rozdziałach opracowania przedstawiono przyjętą metodykę analiz, w tym opis wykorzystanych danych i informacji, poszczególnych etapów badania epizodów, a także kryteria ich wyboru. Następnie scharakteryzowano lata uwzględnione w analizie (2013 i 2014) pod kątem panujących w Polsce warunków meteorologicznych oraz zanieczyszczenia pyłem PM10, ze szczególnym uwzględnieniem krótkoterminowych sytuacji wysokich stężeń.

Zasadniczą część dokumentu stanowią szczegółowe analizy wybranych dwudziestu ośmiu epizodów. Obejmują one analizę meteorologiczną, analizę zmian stężeń pyłu zawieszonego w trakcie epizodu oraz informację na temat zasięgu, czasu trwania i przyczyn powstania sytuacji epizodu, jak również informację o ewentualnym udziale transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń. Określenie przyczyn wystąpienia epizodów obejmuje analizę udziału podstawowych kategorii źródeł (punktowe, liniowe i powierzchniowe) na powstawanie sytuacji smogowych. Na potrzeby analizy rozkładu przestrzennego oraz przyczyn powstania wysokich stężeń pyłu PM10 wykonano serię symulacji trajektorii wstecznych dla wybranych lokalizacji w kraju oraz za granicą, a także modelowanie matematyczne wraz z analizą jego błędów.

2. PRZYJĘTA METODYKA ANALIZ

2.1. Dane i informacje wykorzystane w pracy

Podstawę analiz epizodów, obok wyników modelowania, stanowiły wyniki pomiarów stężenia pyłu PM10 pochodzące ze stacji włączonych do Programu Państwowego Monitoringu Środowiska, nadzorowanego na poziomie krajowym przez Główny Inspektorat ochrony Środowiska. Wykorzystano dane ze stanowisk, na których wykonywane były pomiary zarówno metodą manualną grawimetryczną, jak i metodami automatycznymi. Dane te są gromadzone w krajowej bazie danych monitoringu jakości powietrza JPOAT2,0, nadzorowanej przez GIOŚ.

W analizach uwzględniono zasadniczo wyniki ze stacji tła miejskiego, podmiejskiego i pozamiejskiego. W niektórych przypadkach pomocne było wykorzystanie również danych ze stacji komunikacyjnych i przemysłowych. W tabeli 2.1-1 zestawiono liczbę uwzględnionych stacji pomiarowych z poszczególnych województw, z podziałem na ich typy.

Tabela 2.1-1. Zestawienie liczby polskich stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystano w analizach

Województwo	Stacje tła				Stacje komunikacyjne	Stacje przemysłowe
	miejski	podmiejski	pozamiejski	Suma		
dolnośląskie	20		3	23		11
kujawsko-pomorskie	5	4	3	12	3	1
lubelskie	4	4		8		
lubuskie	6			6		
łódzkie	21		1	22	2	1
małopolskie	20			20	1	1
mazowieckie	13	3	2	18	1	1
opolskie	8			8		
podkarpackie	9			9		
podlaskie	4			4		
pomorskie	16		1	17		1
śląskie	21	1	1	23	2	
świętokrzyskie	6	2	1	9		
warmińsko-mazurskie	7		1	8		
wielkopolskie	12	1		13		
zachodniopomorskie	5	1	1	7	2	1
Polska	177	16	14	207	11	17

Na potrzeby analizy występowania sytuacji epizodów w rejonach przygranicznych wykorzystano wyniki pochodzące ze stacji położonych w Niemczech, Czechach oraz na Słowacji i Litwie, w odległości do 150 km od granicy z Polską. Zestawienie ich liczby oraz typu, dla poszczególnych krajów, zawiera tabela 2.1-2. Wyniki te pobrano z oficjalnego Centralnego Repozytorium Danych (CDR) sieci EIONET, nadzorowanego przez Europejską Agencję Środowiska, w postaci raportów XML, przesłanych w ramach tzw. e-Raportowania.

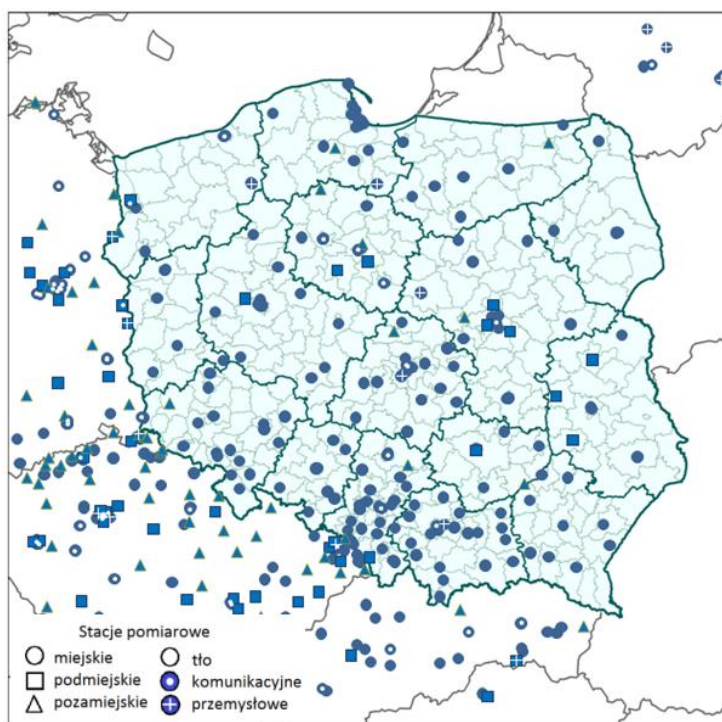
Pliki XML, zawierające wyniki pomiarów oraz odpowiednie meta informacje (np. lokalizację i typ stacji) poddano dekodowaniu pozwalającemu na ich dalsze przetwarzanie i analizę.

W tabeli podano również skróty nazw krajów ościennych, wykorzystywane w opracowaniu, np. w ilustracjach graficznych i zestawieniach tabelarycznych.

Tabela 2.1-2. Zestawienie liczby zagranicznych stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystano w analizach

Kraj	Skrót	Stacje tła				Stacje komunikacyjne	Stacje przemysłowe
		miejski	podmiejski	pozamiejski	Suma		
Czechy	CZ	37	19	35	91	19	3
Niemcy	DE	11	11	12	34	17	2
Litwa	LT	3			3	4	3
Słowacja	SK	17	2	2	21	7	1

Rysunek 2.1-1 ilustruje lokalizację stacji pomiarowych, z których wyniki wykorzystano na potrzeby analizy epizodów. Wyróżniono poszczególne typy stacji.



Rysunek 2.1-1. Lokalizacja stacji pomiarów stężenia pyłu PM₁₀

Ilustracje i opisy dotyczące pionowej zmienności temperatury powietrza oraz występowania sytuacji inwersyjnych wykonano w oparciu o wyniki sondaży aerologicznych wykonanych na stacjach:

- Legionowo (Polska, nr stacji 12374),
- Wrocław (Polska, nr stacji 12425),

- Prostějov (Czechy, nr stacji 11747),
- Poprad-Ganovce (Słowacja, nr stacji 11952).

Wyniki uzyskano z serwisu internetowego Wydziału Nauk o Atmosferze Uniwersytetu Wyoming (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>).

Wykorzystane w analizach dane meteorologiczne pochodzą z sieci stacji Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej w Polsce. Zostały one pozyskane z systemu amerykańskiego Krajowego Centrum Danych Klimatycznych, dostępnego na stronie internetowej:

<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv=&resolution=40>

Do szczegółowych analiz epizodów wykorzystano dane meteorologiczne ze stacji wymienionych w tabeli 2.1-3.

Tabela 2.1-3. Wykaz polskich stacji meteorologicznych, z których wyniki wykorzystano w analizach

Stacja	Współrzędne geograficzne		Wysokość m n.p.m.
	Szerokość N	Długość E	
Bielsko-Biała	49,9	19	399
Jelenia Góra	50,9	15,8	344
Katowice	50,233	19,033	284
Kłodzko	50,433	16,617	357
Kraków	50,083	19,783	241
Łódź	51,733	19,4	190
Nowy Sącz	49,617	20,7	295
Poznań - Ławica	52,421	16,826	94
Racibórz	50,05	18,2	206
Sulejów	51,35	19,867	189
Tarnów	50,033	20,983	209

Dodatkowo, na potrzeby analizy epizodów, które wystąpiły w krajach ościennych, wykorzystano dane meteorologiczne pochodzące ze stacji pomiarowych funkcjonujących w Ostrawie, Pilźnie, Berlinie i Popradzie. Dane te pozyskano z serwisu internetowego <https://www.wunderground.com>.

Analizy synoptyczne zostały opracowane na podstawie map synoptycznych publikowanych w pogodowym serwisie internetowym Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego "Pogodynka" (<http://www.pogodynka.pl>), a także z wykorzystaniem wyników pomiarów wykonanych na stacjach meteorologicznych.

2.2. Metodyka pracy

Każdy z epizodów został poddany analizie zgodnie z przyjętym schematem postępowania, uwzględniającym wykorzystanie różnego typu danych i informacji. Zestawione roczne serie dobowych średnich wyników pomiarów stężenia pyłu PM10 poddano obróbce statystycznej oraz wstępnemu przeglądowi, co pozwoliło na wybór epizodów i ich zakresu czasowego, zgodnie z przyjętymi kryteriami (opisanymi w rozdziale 2.3). Dla każdego z dni epizodu przygotowano ilustrację graficzną, prezentującą wielkości stężeń zmierzonych na poszczególnych stanowiskach pomiarowych. W wyniku dalszej analizy danych pomiarowych określono, dla każdego epizodu, tzw. dzień referencyjny, stanowiący przeważnie kulminację epizodu, charakteryzujący się jego największym nasileniem (najwyższymi poziomami stężeń) oraz zasięgiem.

W ramach analizy epizodu opisano panującą w trakcie jego trwania sytuację synoptyczną w Polsce. Opis ten zilustrowano mapą synoptyczną, przygotowaną dla dnia referencyjnego epizodu, lub, w kilku przypadkach, dla dnia sąsiedniego, jeśli lepiej odzwierciedlał on warunki synoptyczne sprzyjające wystąpieniu epizodu.

Szczegółowy opis przebiegu epizodu, jego zasięgu oraz poziomów stężeń, został oparty na wynikach pomiarów, zarejestrowanych na stacjach monitoringu jakości powietrza funkcjonujących w Polsce oraz zlokalizowanych w krajach ościennych. Analiza została zilustrowana mapami prezentującymi średnie dobowe wartości zmierzonych stężeń, a także wykresami wyników pomiarów z kilku wybranych stacji zlokalizowanych na obszarze wystąpienia epizodu, na których zanotowano największe stężenia pyłu. Część stacji uwzględnionych na wykresach została wybrana ze względu na ich położenie na terenie miast o dużej liczbie mieszkańców narażonych na oddziaływanie epizodu. Przebiegi wielkości stężeń zostały uzupełnione oznaczeniem poziomu granicznego epizodu, przyjętego jako $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wykresy obejmują także przebiegi wielkości wybranych parametrów meteorologicznych, zmierzonych na stacji synoptycznej zlokalizowanej na obszarze największego nasilenia epizodu: średnich dobowych prędkości wiatru, temperatury (średniej, minimalnej i maksymalnej w dobie), ciśnienia atmosferycznego oraz wilgotności względnej. Rozmieszczenie poszczególnych parametrów na wspólnych osiach czasu z wartościami stężeń pyłu ułatwia analizę zależności pomiędzy zanieczyszczeniem a warunkami meteorologicznymi. Zakres czasowy każdego z epizodów obejmuje okres od jednego dnia sprzed jego wystąpienia do jednego dnia po zakończeniu.

Opis epizodu uzupełniono o tabelaryczne podsumowanie podstawowych informacji o stężeniach pyłu PM10 zarejestrowanych w każdym dniu objętym epizodem. Zestawienia przygotowano odrębnie dla następujących zbiorów stanowisk pomiarowych:

- wszystkie stanowiska w Polsce,
- stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce,
- stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce.

Obejmuje ono następujące parametry:

- uśrednione stężenia 24-godzinne PM10 dla wszystkich stanowisk należących do określonego zbioru,
- procent stanowisk z 24-godzinną średnią wartością stężenia PM10 powyżej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- procent stanowisk z 24-godzinną średnią wartością stężenia PM10 powyżej $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- procent stanowisk z 24-godzinną średnią wartością stężenia PM10 powyżej wartości 95. percentyla z serii stężeń średnich dobowych,
- maksymalne stężenie 24-godzinne pyłu.

Zestawienia uzupełniono o informacje o liczbie stanowisk ze stężeniami przekraczającymi poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) poza granicami Polski (na Słowacji, w Czechach i Niemczech), zlokalizowanych na obszarze objętym analizą.

Na potrzeby analizy epizodów przygotowano również ilustracje pionowych profili temperatury potencjalnej, uzyskanych za pomocą sondaży aerologicznych wykonanych na stacjach zlokalizowanych na obszarze objętym epizodem lub w jego pobliżu. Obejmują one dane z godzin 0 oraz 12 UTC z każdego z dni epizodu (w przypadku długotrwałych epizodów - z wybranych dni). Na podstawie tych danych przeprowadzono analizy warunków chwiejności atmosfery i występowania sytuacji inwersyjnych podczas epizodu.

Przestrzenny rozkład stężeń pyłu PM10 w trakcie trwania epizodów został również przeanalizowany na podstawie wyników wykonanego dla nich modelowania matematycznego. Obliczenia zostały wykonane dla wszystkich dni zidentyfikowanych jako okresy epizodów.

Jako podstawowe narzędzie obliczeniowe wykorzystano model GEM-AQ. Model GEM-AQ został opracowany na bazie numerycznego modelu prognoz pogody GEM (*Global Environmental Multiscale Model*), rozbudowanego przez wprowadzenie kompleksowego modułu chemii troposfery [Kamiński i inni, 2008].

Integralną częścią modelu GEM-AQ jest moduł aerozolowy, który pozwala na symulacje aerozolu atmosferycznego oraz jego interakcje ze związkami chemicznymi fazy gazowej. Moduł aerozolowy CAM (*Canadian Aerosol Model*; Gong i inni, 2003) obejmuje przemiany fizykochemiczne pięciu typów aerozoli o różnym składzie chemicznym:

- aerozolu siarczanowego,
- aerozolu organicznego,
- węgla elementarnego (sadzy),
- pyłu mineralnego,
- soli morskiej.

Procesy aerozolowe reprezentowane są poprzez parametryzacje nukleacji, koagulacji, procesów wewnątrz-chmurowych, z uwzględnieniem chemii fazy ciekłej dla związków siarki i

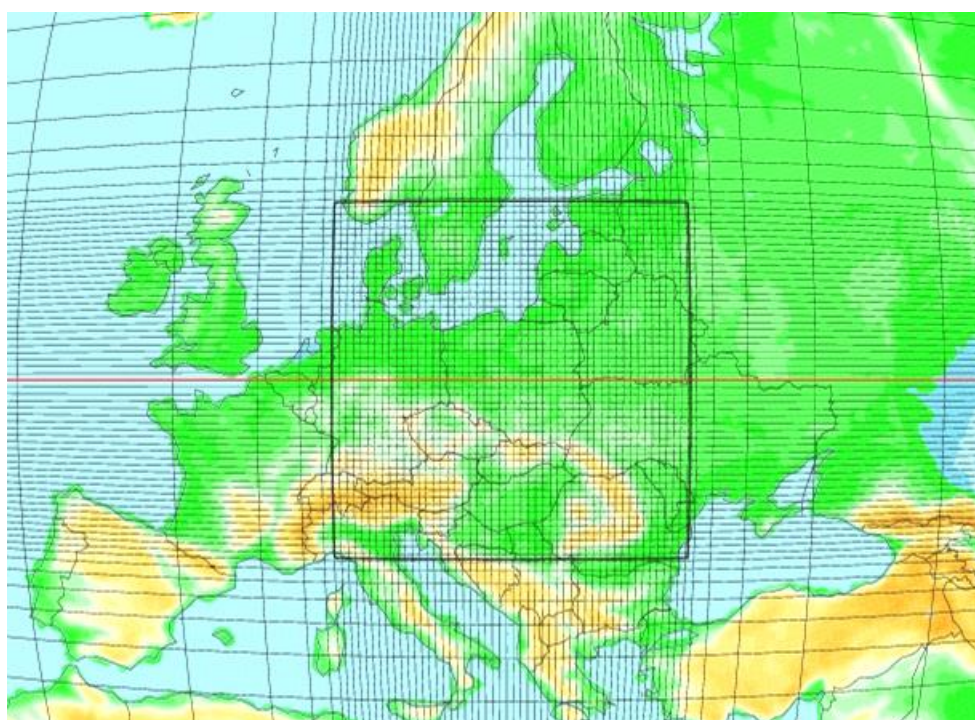
wymywania wewnątrz chmury, jak również sedymentacji oraz suchej i mokrej depozycji. Procesy transportu uwzględniają adwekcję, dyfuzję turbulencyjną oraz głęboką konwekcję.

Rozkład masy reprezentowany jest w 12 przedziałach wielkości cząstek aerozolu opisujących logarytmiczny wzrost promienia cząstek (tabela 2.2-1).

Tabela 2.2-1. Rozkład wielkości aerozolu w modelu GEM-AQ

Zakres zmienności	0.005-0.01	0.01-0.02	0.02-0.04	0.04-0.08	0.08-0.16	0.16-0.32	0.32-0.64	0.64-1.28	1.28-2.56	2.56-5.12	5.12-10.24	10.24-20.48
Średni promień aerodynamiczny	0.0075	0.015	0.03	0.06	0.12	0.24	0.48	0.96	1.92	3.84	7.68	15.36

Modelowane wartości stężeń pyłów PM₁₀ uzyskano sumując odpowiednie frakcje poszczególnych komponentów chemicznych.



Rysunek 2.2-1. Konfiguracja siatki globalnej o zmiennej rozdzielczości (fragment): czarny kwadrat obejmuje obszar o rozdzielczości 10 km, czerwona linia obrazuje równik w obróconym układzie współrzędnych

Obliczenia modelem GEM-AQ były wykonywane na siatce globalnej o zmiennej rozdzielczości, przy czym rozdzielczość nad Polską i krajami ościennymi wynosiła ok. 10 km (Rysunek 2.2-1). Taka konfiguracja siatki modelu gwarantuje automatyczne spełnienie wymagań odnośnie zapewniania bocznych warunków brzegowych dla stężeń pyłu PM₁₀. Ponieważ obliczenia wykonywane są globalnie, nad obszar rdzenia siatki, w którym zawiera

się Polska stężenia PM10 z obszarów otaczających nadpływają w każdym kroku realizacji obliczeń. Dzięki temu zachowana została pełna ciągłość pól stężeń oraz uniknięto błędów związanych z interpolacją przestrzenną pochodzących z innego źródła warunków brzegowych.

Wszystkie pola meteorologiczne i chemiczne były archiwizowane co godzinę:

- a) Pola meteorologiczne 2D (najniższa warstwa modelu)
 - temperatura (°C),
 - wilgotność właściwa (kg/kg),
 - ciśnienie (hPa);
- b) Pola meteorologiczne 3D
 - składowe prędkości wiatru (węzły)
- c) Pola chemiczne:
 - stężenie PM10 (ppb).

Wartości stężeń PM10 dla najniższej warstwy modelu, która ma reprezentować wartości „przy powierzchni ziemi”, poddawane były przeliczeniu do jednostki $\mu\text{g}/\text{m}^3$, z uwzględnieniem gęstości powietrza obliczonej na podstawie chwilowych wartości parametrów meteorologicznych (temperatury, ciśnienia i wilgotności).

Obliczone diagnostyki dla dnia referencyjnego każdego epizodu obejmowały:

1. stężenia 24-godzinne PM10,
2. udział stężeń PM10 pochodzących z emisji ze źródeł komunikacyjnych w całkowitym stężeniu PM10,
3. udział stężeń PM10 pochodzących z emisji ze źródeł punktowych w całkowitym stężeniu PM10,
4. udział stężeń PM10 pochodzących z emisji ze źródeł powierzchniowych w całkowitym stężeniu PM10,
5. udział stężeń PM10 pochodzących z źródeł emisji na terenie Polski w całkowitym stężeniu PM10,
6. udział stężeń PM10 pochodzących z źródeł emisji poza terenem Polski w całkowitym stężeniu PM10.

Wartości składowych prędkości wiatru zostały przeliczone na jednostki [m/s]. Trójwymiarowe wyniki modelu GEM-AQ dotyczące pola wiatru zostały poddane transformacji do formatu GRIB a następnie do formatu ARL celem wykreślenia trajektorii wstecznych dla minionych 48 godzin. Do wyznaczeni trajektorii wykorzystano model HYSPLIT [Stein i inni, 2015] (https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php).

Dla każdego epizodu przedstawiono napływ w postaci trajektorii wstecznych na 4 wysokościach (100m, 300m, 500m, 1000m). Trajektorie były kreślone dla dnia referencyjnego, dla dwóch do czterech lokalizacji, odpowiadających położeniu stacji pomiarowych na których

zarejestrowano najwyższe stężenia, zlokalizowanych często w różnych regionach objętych epizodem.

Na podstawie informacji zestawionych dla każdego z epizodów oraz przeprowadzonych analiz określono ich charakter oraz wskazano na główne przyczyny.

Poszczególne analizowane epizody zostały w pracy opisane w sposób chronologiczny, zgodny z terminami ich wystąpienia. Przyjęto zasadę, iż dla wszystkich epizodów analizę przeprowadzono dla obszaru Polski. Ponadto dla wybranych, zgodnie z taką samą metodyką, przeprowadzono analizę obejmującą również tereny przygraniczne poza Polską, jeśli epizod został na nich stwierdzony.

2.3. Założenia wyboru i zestawienie epizodów

Podstawą wyboru 28 epizodów była analiza serii średnich dobowych wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM10 zarejestrowanych w latach 2013-2014 na stacjach Państwowego Monitoringu Środowiska oraz stacjach zlokalizowanych na uwzględnionych obszarach krajów ościennych. W pierwszej kolejności przeanalizowano dane pod kątem znalezienia epizodów, w czasie których przekroczenie wartości 95. percentyla rozkładu stężeń średnich dobowych PM10 miało miejsce na co najmniej 75% całkowitej liczby stacji, przy jednoczesnym przekroczeniu średniego dobowego stężenia pyłu PM10 $\geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na co najmniej trzech stacjach. Dwa epizody spełniały te kryteria.

W drugiej kolejności wybrano epizody, w czasie których przekroczenie średniego dobowego stężenia pyłu PM10 $\geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło na co najmniej trzech krajowych lub zagranicznych stacjach w ciągu dwóch lub trzech kolejnych dni. Warunek ten jest spełniony przez pozostałe 26 epizodów wybranych do analizy. Poszczególne epizody różnią się terminami ich wystąpienia.

Analizowane sytuacje epizodów są zróżnicowane, co do kierunków napływu mas powietrza. Szczególnie uwzględniono epizody, które miały miejsce przy napływach mas powietrza z kierunków wschodnich, zachodnich oraz z południa.

Łącznie opisano 28 epizodów, w tym 16 z 2013 r., 11 z 2014 i jeden z przełomu 2013 i 2014 r. Objęły one 88 dni w 2013 r. i 61 dni z 2014 r.

Epizody zostały opisane w sposób chronologiczny, zgodnie z terminem ich wystąpienia. Na podstawie analizy wyników pomiarów wykonanych w krajach ościennych wybrano 8 epizodów zagranicznych, które zostały przeanalizowane zgodnie z tą samą metodyką, co krajowe. Ze względu na rozległy przestrzennie charakter tych epizodów oraz ich duże znaczenie również dla terenu Polski, analizy te obejmują również sytuację krajową. W rozdziale 3.3. przedstawiono ilustracje dotyczące poziomów stężenia pyłu PM10 w poszczególnych krajach ościennych, które wykorzystano na potrzeby wyboru epizodów do analizy.

Opis epizodów w krajach ościennych dotyczy głównie Czech, w mniejszym stopniu Niemiec oraz Słowacji. Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom graniczny epizodu, na obszarze Litwy obserwowane były sporadycznie, przede wszystkim na stacjach komunikacyjnych. Zgodnie z założeniami, dane ze stacji komunikacyjnych nie stanowiły podstawy analizy. Priorytetowo traktowane były wyniki ze stacji tła miejskiego, podmiejskiego i pozamiejskiego, nielicznych na uwzględnionym obszarze Litwy.

W opisie epizodów polskich, które obejmowały swoim zasięgiem również obszary w krajach ościennych, także zawarto informacje odnoszące się do panującej tam sytuacji.

W tabeli 2.3-1 zestawiono wszystkie epizody, z podaniem okresów, w których wystąpiły oraz dzień referencyjny, zgodnie z przyjętą metodyką analizy. Oznaczono epizody, które wystąpiły jednocześnie w krajach ościennych, poddane rozszerzonej analizie dotyczącej tych krajów. Zestawienie obejmuje także, dla każdego z epizodów:

- wykaz miast, w których zlokalizowane są stacje pomiarów parametrów meteorologicznych oraz stacje aerologiczne, z których wyniki wykorzystano w analizach,
- wykaz miast, dla których wykonano obliczenia trajektorii wstecznych,
- wykaz miast, z których pochodzą wyniki pomiarów stężeń PM10 wykorzystane do ilustracji przebiegu epizodów.

Wyróżniono dwa epizody: drugi oraz trzeci. Miały one charakter ponadregionalny i cechowały się najwyższymi notowanymi poziomami stężeń oraz największym zasięgiem.

Tabela 2.3-1 Zestawienie analizowanych epizodów z lat 2013-2014

Numer epizodu	Początek epizodu	Koniec epizodu	Liczba dni epizodu	Dzień referencyjny	Epizod w krajach ościennych	Stacje meteorologiczne	Stacje aerologiczne	Trajektorie wsteczne	Wyniki pomiarów stężenia PM10
1	2013.01.08	2013.01.09	2	2013.01.09		Kraków	Legionowo	Kraków, Łódź, Toruń	Kraków, Łódź, Toruń
2	2013.01.13	2013.01.17	5	2013.01.15	tak	Bielsko-Biała	Prostejov	Żywiec, Ostrawa (CZ), Jelenia Góra	Żywiec, Jelenia Góra, Poznań, Ostrawa (CZ), Czeski Cieszyn (CZ)
3	2013.01.20	2013.01.30	11	2013.01.24	tak	Bielsko-Biała	Prostejov	Kraków, Żywiec, Ostrawa (CZ), Mielec, Pilzno (CZ)	Kraków, Żywiec, Mielec, Ostrawa (CZ), Pilzno (CZ), Žilina (SK)
4	2013.02.06	2013.02.10	5	2013.02.09		Łódź	Legionowo	Łódź, Ostrawa (CZ), Niepołomice	Łódź, Ostrawa (CZ), Niepołomice, Żyrardów
5	2013.02.12	2013.02.18	7	2013.02.16	tak	Bielsko-Biała	Prostejov, Wrocław	Ostrawa (CZ), Zielona Góra, Poznań, Berlin, Żywiec	Głubczyce, Żywiec, Legnica, Zielona Góra, Frydek-Mistek (CZ), Berlin (DE), Żytawa (DE)
6	2013.02.23	2013.02.28	6	2013.02.28		Racibórz	Prostejov	Pszczyna, Ostrawa (CZ), Świdnica	Pszczyna, Ostrawa (CZ), Świdnica
7	2013.03.05	2013.03.10	6	2013.03.06		Racibórz	Wrocław	Ostrawa (CZ), Kladno (CZ)	Ostrawa (CZ), Nowa Ruda, Piotrków Trybunalski, Kladno (CZ), Rybnik
8	2013.03.12	2013.03.14	3	2013.03.13		Łódź	Legionowo	Ostrawa (CZ), Bydgoszcz, Opoczno	Ostrawa (CZ), Grudziądz, Opoczno
9	2013.03.20	2013.03.21	2	2013.03.21		Sulejów	Legionowo	Radom, Godów, Opoczno	Radom, Godów, Opoczno
10	2013.03.28	2013.03.31	4	2013.03.30		Kraków	Prostejov	Proszowice, Rybnik, Opoczno	Proszowice, Rybnik, Opoczno
11	2013.04.05	2013.04.09	5	2013.04.05		Bielsko-Biała	Prostejov	Żywiec, Trzyniec (CZ)	Wadowice, Żywiec, Trzyniec (CZ)
12	2013.10.05	2013.10.10	6	2013.10.07		Katowice	Wrocław	Kielce, Pszczyna	Jarosław, Kielce, Pszczyna
13	2013.11.15	2013.11.20	6	2013.11.16	tak	Nowy Sącz	Prostejov	Nowy Sącz, Hawierzów (CZ)	Nowy Sącz, Żywiec, Trzyniec (CZ), Hawierzów (CZ)
14	2013.12.02	2013.12.04	3	2013.12.03		Katowice	Wrocław	Pszczyna, Ostrawa (CZ), Jelenia Góra	Pszczyna, Jelenia Góra, Opoczno, Lutynia Dolna (CZ), Trenčyn (SK)

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap I. Epizody z lat 2013-2014

Numer epizodu	Początek epizodu	Koniec epizodu	Liczba dni epizodu	Dzień referencyjny	Epizod w krajach ościennych	Stacje meteo-rologiczne	Stacje aerologiczne	Trajektorie wsteczne	Wyniki pomiarów stężenia PM10
15	2013.12.10	2013.12.14	5	2013.12.13		Tarnów	Wrocław	Żywiec, Jelenia Góra	Żywiec, Tuchów, Jelenia Góra, Mielec
16	2013.12.16	2013.12.22	7	2013.12.18		Jelenia Góra	Wrocław	Jelenia Góra, Sucha Beskidzka	Jelenia Góra, Nakło, Sucha Beskidzka, Otwock
17	2013.12.30	2014.01.04	6	2013.12.31	tak	Kłodzko	Wrocław	Nowa Ruda, Lublin	Żywiec, Nowa Ruda, Wągrowiec, Orłowa (CZ), Praga (CZ), Lutynia Dolna (CZ)
18	2014.01.07	2014.01.09	3	2014.01.07		Kraków	Legionowo / Poprad	Kraków, Zakopane	Niepołomice, Zakopane, Kraków, Tuchów
19	2014.01.14	2014.01.18	5	2014.01.14		Racibórz	Prostejov / Wrocław	Ostrawa (CZ), Kraków	Nowa Ruda, Wodzisław Śląski, Sucha Beskidzka, Lutynia Dolna (CZ)
20	2014.01.26	2014.01.31	6	2014.01.27	tak	Racibórz	Wrocław	Berlin, Ostrawa (CZ), Wrocław	Żywiec, Nowa Ruda, Hawierzów (CZ), Kladno (CZ), Berlin (DE), Ružomberk (SK)
21	2014.02.03	2014.02.06	4	2014.02.04		Katowice	Legionowo / Poprad	Katowice, Gdańsk	Pszczyna, Sajószentpéter (HU), Koszyce (SK), Gdańsk
22	2014.02.12	2014.02.13	2	2014.02.12		Łódź	Legionowo	Łódź, Gliwice	Łódź, Gliwice, Pszczyna
23	2014.02.18	2014.02.24	7	2014.02.23		Katowice	Legionowo	Piotrków, Otwock	Piotrków, Biała Podlaska, Rybnik, Otwock
24	2014.02.25	2014.03.01	5	2014.02.27		Poznań	Legionowo	Poznań, Berlin	Poznań, Myślibórz, Opoczno, Wągrowiec, Berlin (DE), Starogard Gdańsk
25	2014.03.08	2014.03.14	7	2014.03.14	tak	Sulejów	Legionowo	Pszczyna, Nowy Tomysł	Pszczyna, Otwock, Opoczno, Nowy Tomysł, Frytek-Mistek (CZ), Lutynia Dolna (CZ), Hawierzów (CZ)
26	2014.03.29	2014.03.31	3	2014.03.29		Racibórz	Prostejov	Otwock, Ostrawa	Pszczyna, Otwock, Ostrawa (CZ)
27	2014.10.27	2014.11.01	6	2014.10.30		Sulejów	Legionowo	Pszczyna, Otwock	Pszczyna, Tuchów, Otwock, Nakło
28	2014.12.03	2014.12.11	9	2014.12.06	tak	Sulejów	Wrocław	Żywiec, Frydek-Mistek, Otwock	Żywiec, Otwock, Ząbkowice Śląskie, Frydek-Mistek (CZ), Czeski Cieszyn (CZ), Frankfurt n. Odrą (DE), Berlin (DE), Žilina (SK)

3. CHARAKTERYSTYKA LAT UWZGLĘDNIONYCH W ANALIZIE

3.1. Opis warunków meteorologicznych

Opisując warunki meteorologiczne panujące na obszarze Polski, które mogły mieć wpływ na kształtowanie się w analizowanych latach sytuacji wysokich stężeń pyłu PM10 (epizodów), należy odnieść się do sytuacji termicznej w danym roku i jej relacji względem warunków wieloletnich.

Zgodnie z danymi Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - PIB (IMGW-PIB, 2013), w roku 2013 średnia roczna temperatura powietrza w kraju (poza szczytowymi partiami gór) była wyższa o 0,57°C od normy wieloletniej (1971-2000). Roczne wartości temperatury przekroczyły średnie z wielolecia na wszystkich stacjach meteorologicznych posiadających jednorodną wieloletnią serię pomiarową. Rok ten został sklasyfikowany jako lekko ciepły w przeważającej części kraju (wg klasyfikacji termicznej H. Lorenc), za wyjątkiem Niziny Szczecińskiej (normalny) oraz obszaru południowo-wschodniej Polski (ciepły).

Zima w opisywanym roku (grudzień 2012 - luty 2013) była, w odniesieniu do temperatury powietrza, normalna na przeważającym obszarze kraju i lekko mroźna na Pojezierzu Mazurskim. Wiosnę scharakteryzowano, jako lekko chłodną na większości terytorium Polski, oprócz południowo-wschodniej części kraju (Włodawa, Rzeszów, Bielsko-Biała), gdzie miała ona charakter normalny pod względem termicznym. W marcu w Wielkopolsce oraz w województwie lubuskim odnotowano największe ujemne odchylenia średniej miesięcznej temperatury od normy wieloletniej (od -5,8°C do -5,5°C). Najmroźniejszy epizod w roku 2013, z temperaturami minimalnymi poniżej -20°C miał miejsce w trzeciej dekadzie marca. Lato ocenia się jako przeważnie ciepłe, lokalnie lekko ciepłe na północnym wschodzie i północnym zachodzie, natomiast ekstremalnie ciepłe na Podkarpaciu (Rzeszów). Jesienią 2013 roku (wrzesień - listopad) na terenie całego kraju odnotowano wartości średniej temperatury powyżej normy wieloletniej. Cały ten sezon na przeważającym obszarze Polski sklasyfikowano jako bardzo ciepły lub ciepły.

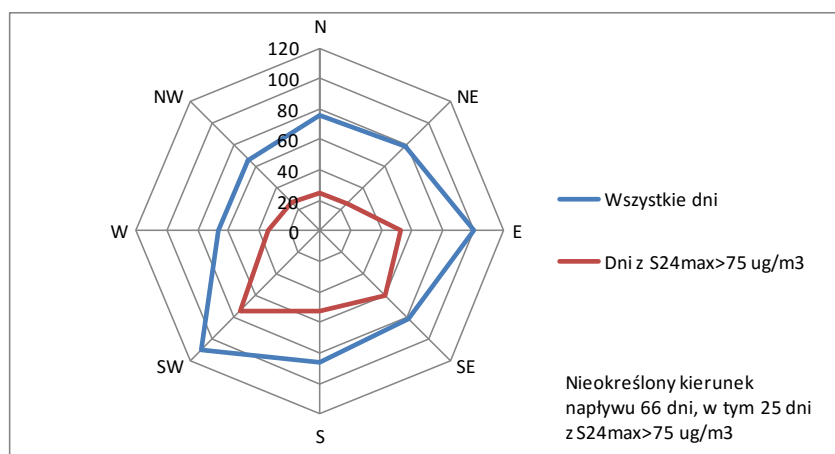
Średnia temperatura w roku 2014 była na obszarze Polski (poza szczytowymi partiami gór) wyższa od normy wieloletniej (1971-2000), przeciętnie o 1,7°C. (IMGW-PIB, 2014). Podobnie, jak w roku 2013, roczne wartości temperatury powietrza przekroczyły średnie z wielolecia na wszystkich stacjach meteorologicznych posiadających jednorodną wieloletnią serię pomiarową. Dla Niziny Śląskiej i Pogórza Śląskiego rok ten został sklasyfikowany jako ekstremalnie ciepły, według klasyfikacji termicznej H. Lorenc. Jako anomalnie ciepły rok 2014 oceniono dla Niziny Szczecińskiej i Pojezierza Wielkopolskiego. W Polsce północno-wschodniej był on, zgodnie z przytoczoną klasyfikacją, ciepły.

Sezon zimowy (grudzień 2013 - luty 2014) można scharakteryzować, jako lekko ciepły i ciepły na przeważającym obszarze kraju i bardzo ciepły na Pogórzu Śląskim. Wiosna była bardzo ciepła na większości obszaru Polski oraz anomalnie ciepła w części zachodniej (Wrocław Poznań), centralnej (Warszawa), północno-wschodniej oraz na Podkarpaciu. Lato - przeważnie ciepłe i bardzo ciepłe. Jesienią wartości średniej temperatury znacząco przewyższały normę wieloletnią w całym kraju. Okres ten sklasyfikowano, jako ekstremalnie ciepły lub anomalnie ciepły dla przeważającego obszaru kraju, lokalnie na wschodzie - lekko ciepły lub ciepły.

3.2. Cyrkulacja atmosferyczna

W opisie sytuacji meteorologicznej wykorzystywana jest klasyfikacja typów cyrkulacji wg Lityńskiego (Lityński, 1969). W klasyfikacji tej charakter cyrkulacji (antycyklonalny, cyklonalny i tzw. nieokreślony-zeroowy) wyznaczany jest przez porównanie wielkości ciśnienia atmosferycznego w Polsce w danym dniu w stosunku do wieloletniego średniego ciśnienia w odpowiednim miesiącu. Z kolei kierunek cyrkulacji wyznaczony jest na podstawie wskaźnika cyrkulacji strefowej i południkowej dla obszaru ograniczonego przez równoleżniki 40° N i 65° N oraz południki 0° i 35° E (pośrodku tego obszaru znajduje się Polska). Wskaźnik cyrkulacji Lityńskiego ma ostatecznie postać określonego kierunku napływu masy powietrza z indeksem oznaczającym charakter cyrkulacji (sytuację baryczną) np. NEa oznacza cyrkulację z północnego-wschodu antycyklonalną. Klasyfikacja Lityńskiego wyróżnia w sumie 27 typów. Obejmują one po 8 cyklonalnych, antycyklonalnych i zerowych dla danego napływu mas powietrza (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) oraz 3 typy bez zidentyfikowanego napływu mas powietrza - zerowy cyklonalny 0c (centrum niżu), zerowy siodłowy 0o oraz zerowy antycyklonalny 0a (centrum wyżu).

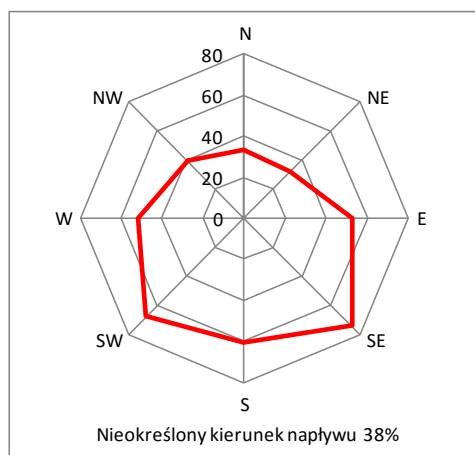
Kierunki napływu mas powietrza dla 730 dni z lat 2013-2014 (bez podziału na cyklonalne, antycyklonalne i zerowe), przedstawiono na rys. 3.2-1 –linia niebieska.



Rysunek 3.2-1. Kierunki napływu mas powietrza nad Polskę w latach 2013 i 2014.

Wśród kierunków napływu dominuje kierunek SW (110 dni) i E (100 dni). Częstość napływu mas powietrza z określonego kierunku w dniach, w których przynajmniej na jednym stanowisku w Polsce wystąpiło stężenie pyłu PM₁₀ wyższe od 75 µg/m³, obrazuje linia czerwona na wykresie. Wysokie stężenia PM₁₀ występowały najczęściej przy napływie z południowego zachodu (74 dni), najrzadziej przy napływie z kierunków N, NE (25 dni) i NW (26 dni). W latach 2013-2014 w ciągu 374 spośród 730 dni, stężenie PM₁₀ przynajmniej na jednej stacji pomiarowej w Polsce przekraczało poziom graniczny epizodu – 75 µg/m³. Średnio w roku liczba dni, w których na żadnej stacji w Polsce stężenie nie było wyższe od 75 µg/m³ jest zatem mniejsza od liczby dni z przekroczeniami tej wartości.

Wysokie stężenia PM₁₀, przewyższające 75 µg/m³, występują przy napływie mas powietrza z każdego kierunku (Rys. 3.2-2). Analiza częstości występowania wysokich stężeń przy napływie mas powietrza z poszczególnych kierunków (Rys. 3.2-2) wskazuje, że największy odsetek dni z wysokimi stężeniami występuje podczas napływu powietrza z kierunku południowo-wschodniego. Aż w 74% dni z napływem z kierunku SE w Polsce notowane są stężenia przewyższające poziom graniczny epizodu – 75 µg/m³. Niewiele mniejszy odsetek dni z wysokimi stężeniami (67%) ma miejsce przy napływie z kierunku SW. Najmniejszy odsetek (32%) dni z wysokimi stężeniami występuje przy napływie z kierunku NE.

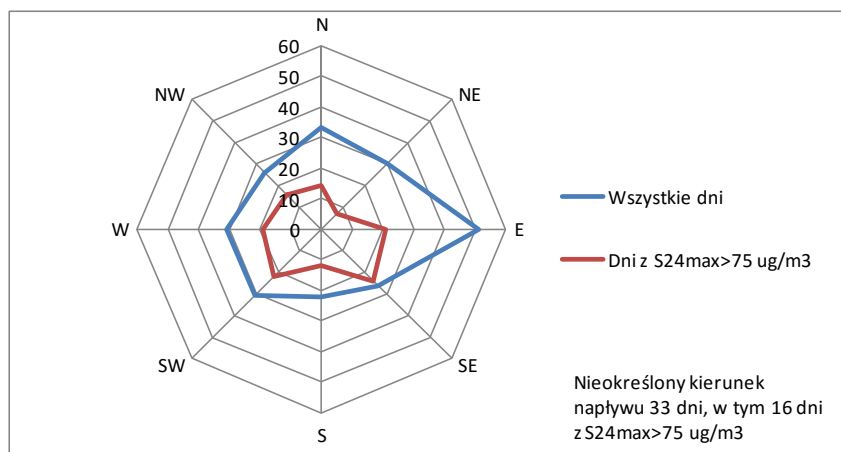


Rysunek 3.2-2. Udział procentowy dni, w których przynajmniej na jednym stanowisku w Polsce stężenia 24-godzinne PM₁₀ przekroczyły poziom 75 µg/m³, oddzielnie dla każdego z 8 kierunków napływu mas powietrza nad Polskę w latach 2013 i 2014.

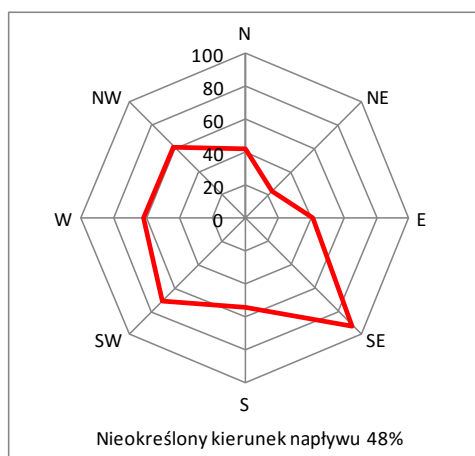
Tabela 3.2-1. Zestawienie częstości występowania poszczególnych typów cyrkulacji (dla wszystkich kierunków napływu) w Polsce w latach 2013 i 2014.

Cyrkulacja	Wszystkie dni		Dni z S _{24max} >75	
	Liczba dni	%	Liczba dni	%
Cyklonalna	232	32	108	29
Antycyklonalna	283	39	151	40
Zerowa	215	29	115	31

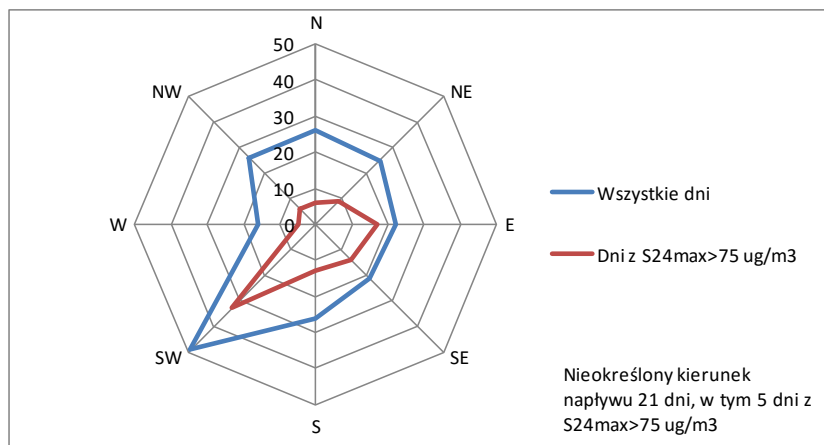
Zgodnie z klasyfikacją Lityńskiego, w latach 2013 i 2014 w Polsce najczęściej występowała cyrkulacja antycyklonalna (39%) dni (tab. 3.2-1). Wysokie stężenia PM₁₀ występowały w kraju przy wszystkich typach cyrkulacji, najczęściej przy cyrkulacji antycyklonalnej (40% dni z S_{24max}>75 µg/m³).



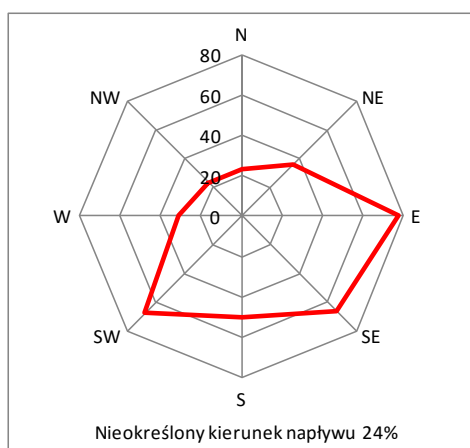
Rysunek 3.2-3. Róża typów cyrkulacji antycyklonalnych według Lityńskiego dla wszystkich dni (niebieska linia) oraz dla dni, w których maksimum ze stężeń dobowych PM₁₀ w kraju przekraczało poziom 75 µg/m³ (czerwona linia). Lata 2013 i 2014. Jednostka – dni.



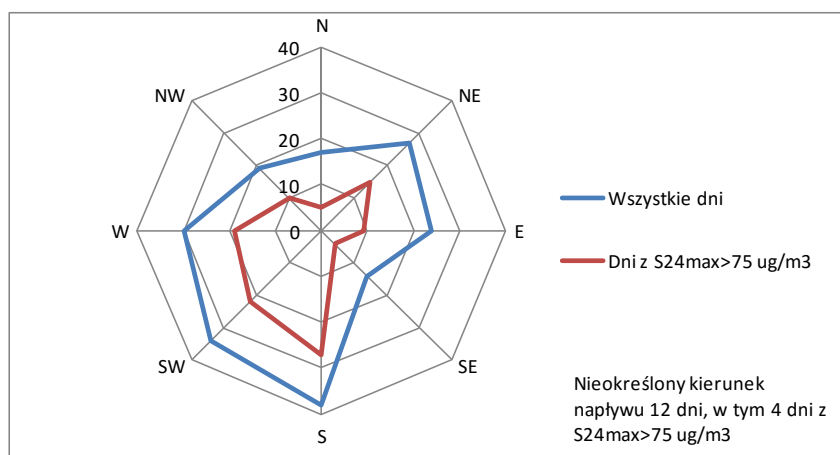
Rysunek 3.2-4. Udział procentowy dni w latach 2013 i 2014, w których przynajmniej na jednym stanowisku w Polsce stężenia 24-godz. PM₁₀ przekroczyły poziom 75 µg/m³, oddzielnie dla każdego z 8 kierunków napływu mas powietrza nad Polskę przy cyrkulacji antycyklonalnej.



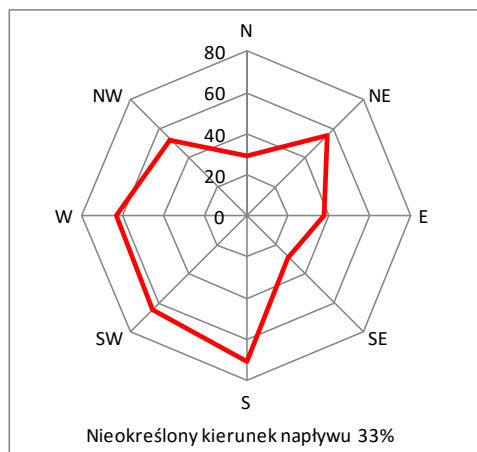
Rysunek 3.2-5. Róża typów cyrkulacji cyklonalnych według Lityńskiego dla wszystkich dni (niebieska linia) oraz dla dni, w których maksimum ze stężeń dobowych PM₁₀ w kraju przekraczało poziom 75 µg/m³ (czerwona linia). Lata 2013 i 2014. Jednostka – dni.



Rysunek 3.2-6. Udział procentowy dni w latach 2013 i 2014, w których przynajmniej na jednym stanowisku w Polsce stężenia 24-godz. PM₁₀ przekroczyły poziom 75 µg/m³, oddzielnie dla każdego z 8 kierunków napływu mas powietrza nad Polskę przy cyrkulacji cyklonalnej.



Rysunek 3.2-7. Róża typów cyrkulacji zerowych według Lityńskiego dla wszystkich dni (niebieska linia) oraz dla dni, w których maksimum ze stężeń dobowych PM₁₀ w kraju przekraczało poziom 75 µg/m³ (czerwona linia). Lata 2013 i 2014. Jednostka – dni.



Rysunek 3.2-8. Udział procentowy dni w latach 2013 i 2014, w których przynajmniej na jednym stanowisku w Polsce stężenia 24-godz. PM10 przekroczyły poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, oddzielnie dla każdego z 8 kierunków napływu mas powietrza nad Polskę przy cyrkulacji zerowej.

Wysokie stężenia PM10, przewyższające $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, występują przy każdym typie cyrkulacji (Rys. 3.2-3- rys. 3.2-8). Analiza częstości występowania wysokich stężeń dla każdego z 27 typów cyrkulacji wskazuje, że największy odsetek dni z wysokimi stężeniami występuje podczas cyrkulacji antycyklonalnej i napływie powietrza z kierunku południowo-wschodniego (SEa). Aż w 92% dni z taką sytuacją w Polsce notowane są stężenia przewyższające poziom graniczny epizodu – $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Oznacza to, że wystąpienie typu cyrkulacji SEa wiąże się z dużym prawdopodobieństwem wystąpienia wysokich stężeń PM10 w kraju. Niewiele mniejszy odsetek dni z wysokimi stężeniami (77%) ma miejsce przy cyrkulacji cyklonalnej i napływie ze wschodu (Ec). Najmniejszy odsetek (23%) dni z wysokimi stężeniami występuje przy typach cyrkulacji: NEa, Nc, NWc.

Przedstawione informacje zostały przygotowane na podstawie zestawienia dobowych typów cyrkulacji dla Polski wg klasyfikacji Lityńskiego, obliczonych programem przygotowanym przez Krystynę Pianko-Kluczyńską (Centrum Monitoringu Klimatu Polski, IMGW-PIB) (Pianko-Kluczyńska, 2007).

3.3. Stężenie pyłu PM10 w latach 2013-2014

Na poziom stężenia pyłu PM10 w powietrzu wpływ mają przede wszystkim wielkość emisji pyłu i jego prekursorów, warunki wprowadzania zanieczyszczeń do powietrza (wysokość punktu emisji nad poziomem terenu), położenie źródeł emisji w stosunku do położenia stacji pomiarowej, warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń związane przede wszystkim z warunkami meteorologicznymi, ale także z ukształtowaniem i zagospodarowaniem terenu. Od warunków meteorologicznych zależy też wielkość emisji (np. z ogrzewania budynków), a także intensywność procesów powstawania w atmosferze i usuwania z niej (np. przez wymywanie) zanieczyszczeń. Warunki meteorologiczne warunkują transport i rozpraszanie się zanieczyszczeń w kierunku poziomym, jak i rozpraszanie zanieczyszczeń w kierunku pionowym.

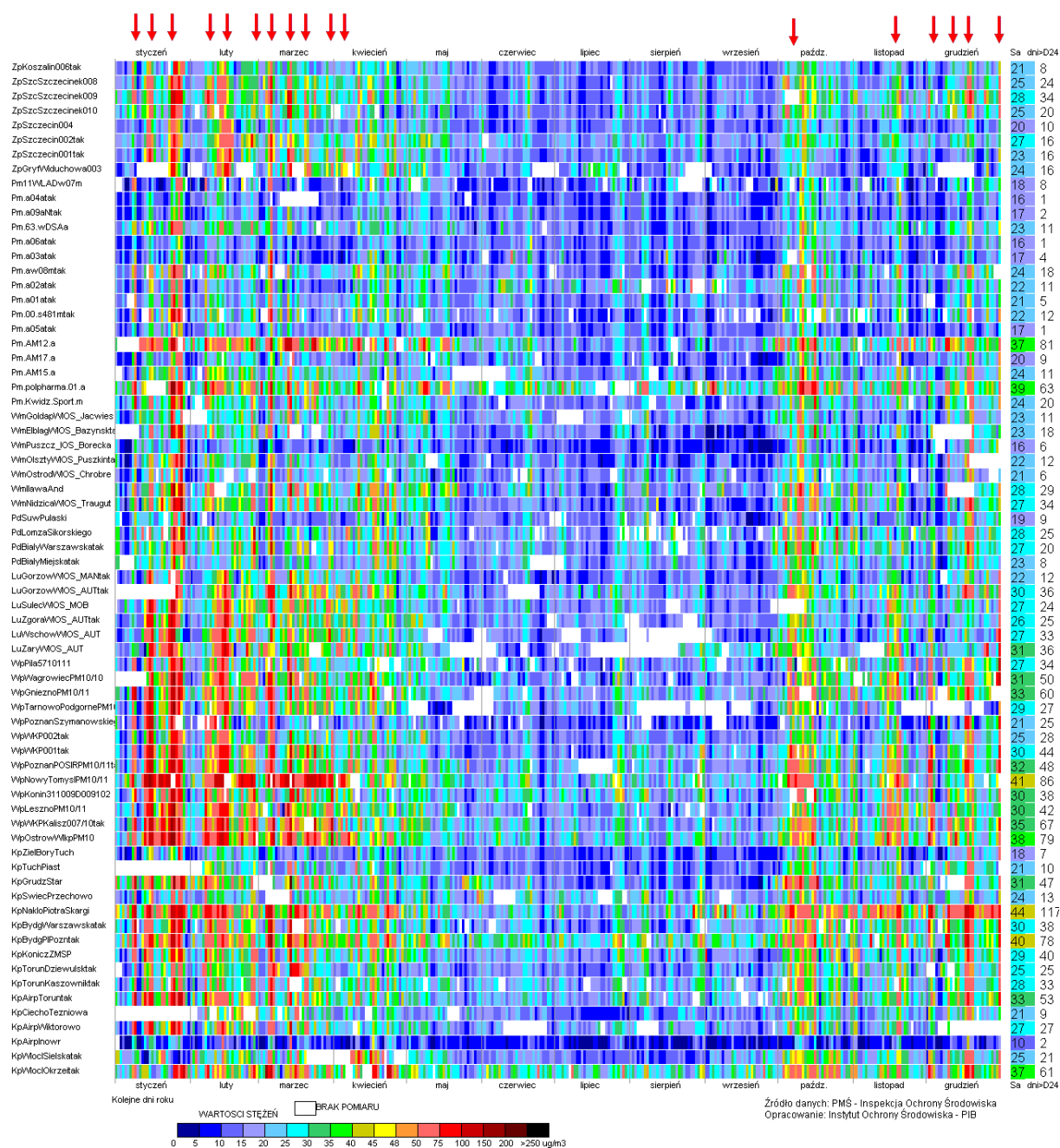
W efekcie nakładania się zmian warunków meteorologicznych i wywołanych przez nie zmian w emisji pyłu, na zmiany emisji zanieczyszczeń wynikające z innych przyczyn (np. dobowy i tygodniowy cykl zmienności emisji zanieczyszczeń z komunikacji, dobowy i tygodniowy, roczny cykl zmienności emisji zanieczyszczeń z procesów technologicznych, sezonowy i zależny od temperatury powietrza cykl zmienności emisji zanieczyszczeń z ogrzewania budynków, itd.), stężenia pyłu PM10 na każdej stacji zmieniają się w dużym zakresie. Bardzo często charakter zmian stężeń w czasie jest bardzo podobny dla dużych obszarów kraju i wielu stacji. Jest to związane, między innymi, ze skalą przestrzenną zjawisk pogodowych kształtujących warunki dyspersji zanieczyszczeń i w konsekwencji poziom zanieczyszczenia powietrza.

Rok 2013

Na rysunkach 3.3-1a - 3.3-1c przedstawiono przebiegi 24-godzinnych stężeń pyłu PM10, zmierzonych w roku 2013 na stacjach PMS w Polsce. Na rysunkach, dla każdego stanowiska każdy wynik pomiaru stężenia dobowego oznaczony jest kolorową kreską, której kolor zależy od wysokości stężenia (zgodnie ze skalą kolorów pokazaną na dole rysunków). Różnymi odcieniami koloru czerwonego zaznaczono wartości stężeń przekraczające $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Miejsce puste, bez kolorowego paska, oznacza, że dla tego dnia nie ma wyniku pomiaru. Po prawej stronie rysunku podane jest dla każdego stanowiska stężenie średnie roczne i liczba dni z przekroczeniami poziomu dopuszczalnego $\text{D}_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

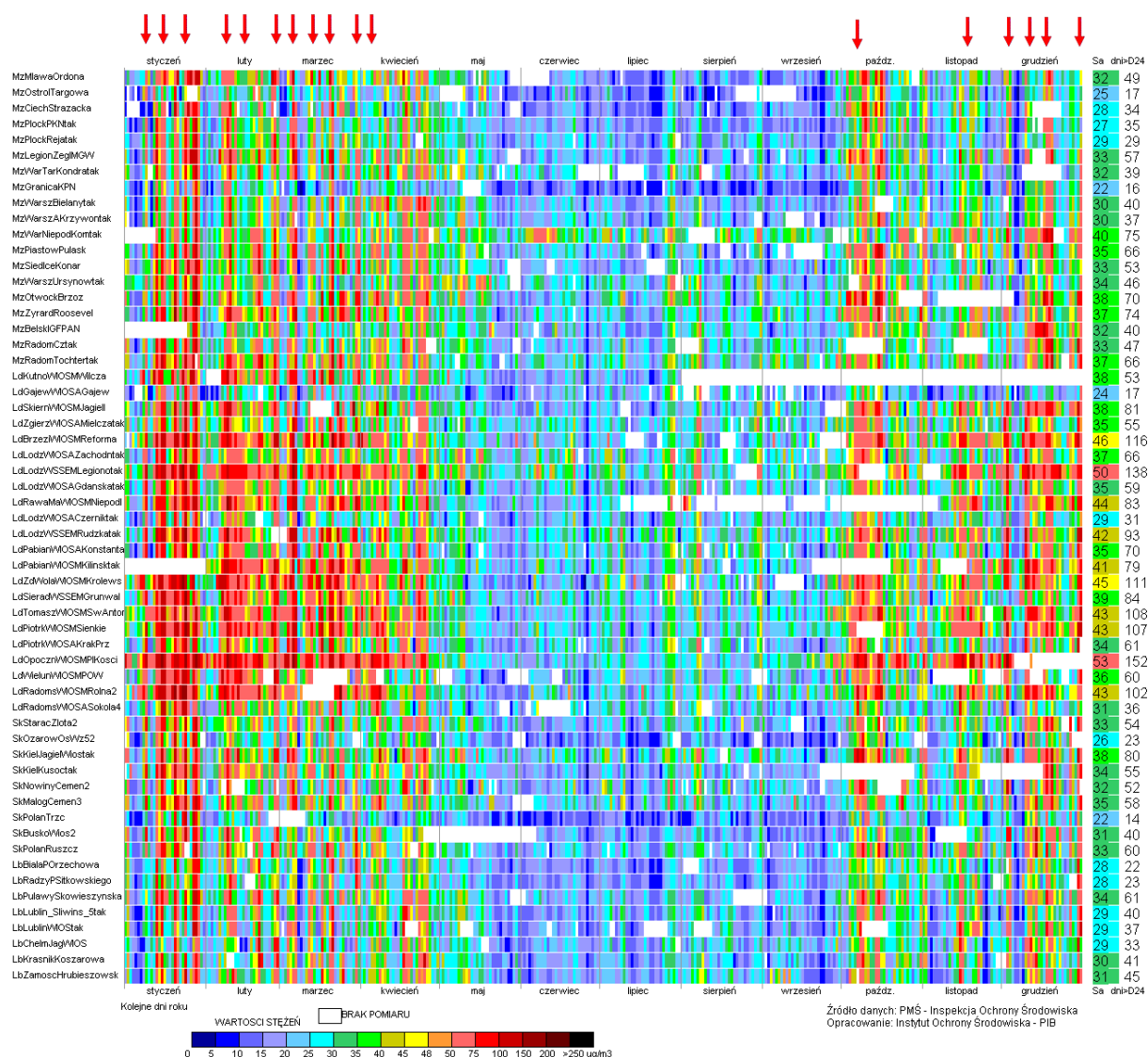
Na rysunkach, na górnej osi czasu, strzałkami zaznaczono dni referencyjne każdego z omawianych w pracy epizodów. Dla 2013 wydzielono 16 epizodów i dodatkowo jeden epizod na przełomie 2013 i 2014 r. Czas trwania epizodów wynosił od 2 do 11 dni, w niektórych przypadkach epizody następowały bezpośrednio po sobie.

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap I. Epizody z lat 2013-2014



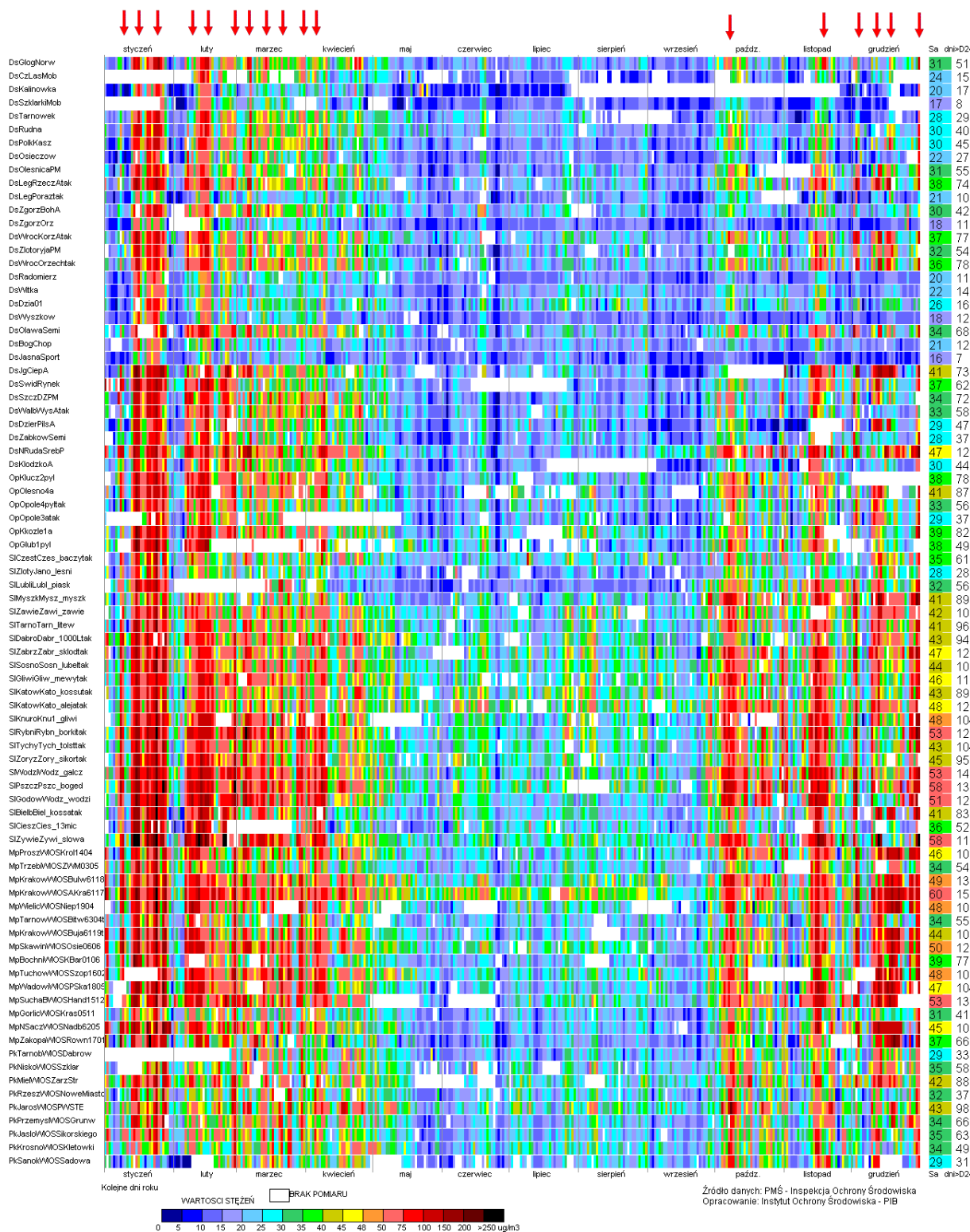
Rysunek 3.3-1a. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2013 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w stacji - stanowisk to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap I. Epizody z lat 2013-2014



Rysunek 3.3-1b. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2013 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

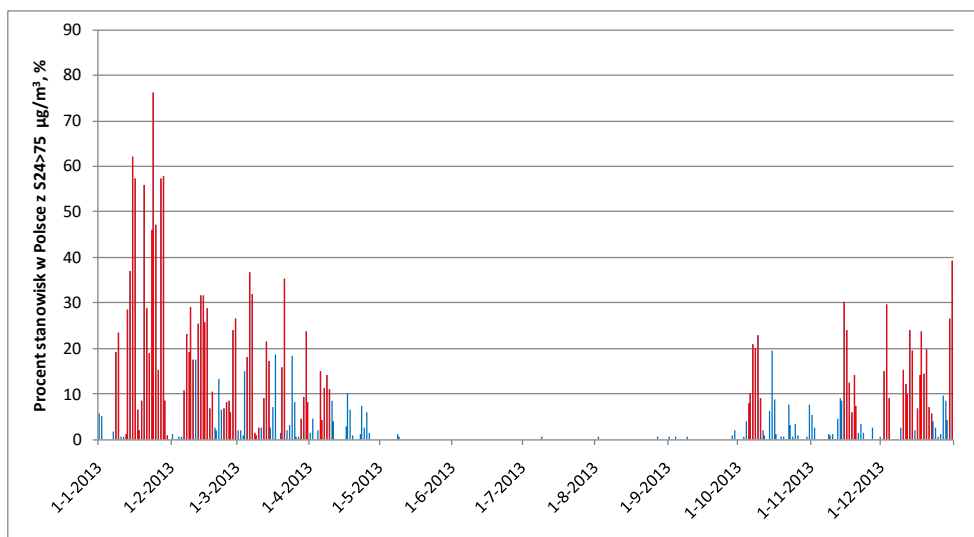
Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap I. Epizody z lat 2013-2014



Rysunek 3.3-1c. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2013 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skróty nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

W 2013 r., podobnie jak w latach poprzednich, wysokie stężenia pyłu PM₁₀ na większości stanowisk notowane były w sezonie chłodnym (pokrywającym się z sezonem grzewczym). W 2013 roku, w sezonie chłodnym, niekorzystne warunki meteorologiczne nad Polską utrzymywały się przez wiele dni, szczególnie często w drugiej połowie stycznia. Zimowym, znaczącym spadkiem temperatur powietrza (stymulującym zwiększenie emisji pyłu związanej z ogrzewaniem budynków) związanym często z pogodą wyżową, towarzyszą zwykle długotrwałe sytuacje inwersyjne sprzyjające kumulowaniu się zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery, co przy zwiększonej emisji z niskich źródeł prowadzi do utrzymywania się wysokich stężeń PM₁₀ w przyziemnej warstwie atmosfery.

W sezonie grzewczym, w niektóre dni, a w szczególności w drugiej i trzeciej dekadzie stycznia, poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekraczany był na przeszło 50% stanowisk pomiarowych w kraju. W sezonie letnim, jeżeli nawet wystąpiły przekroczenia $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, to zwykle na niewielkiej liczbie stanowisk (Rys. 3.3-2). W IV kwartale epizodami wysokich stężeń PM₁₀ objętych było mniej dni niż I kwartale 2013 r.

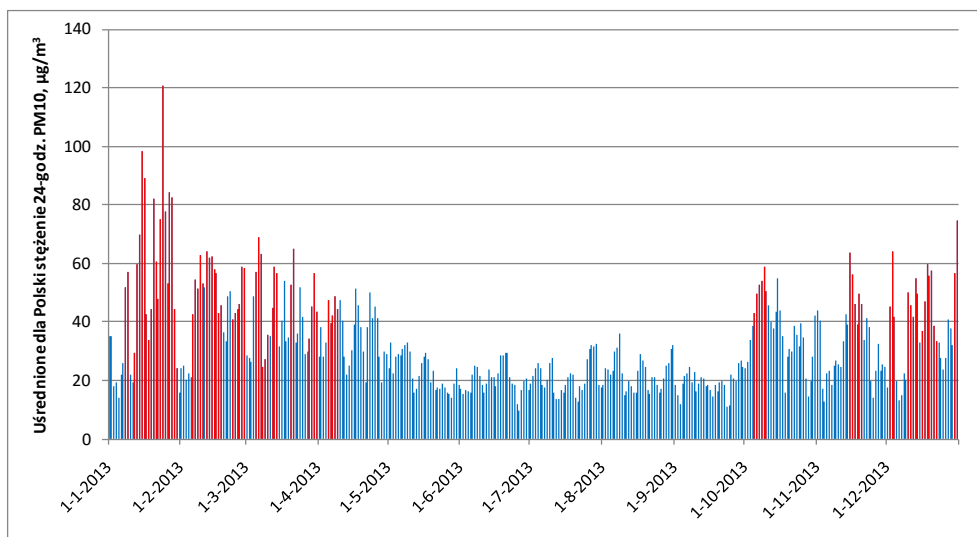


Rysunek 3.3-2. Procent stanowisk w Polsce ze stężeniem 24-godz. PM₁₀ wyższym od poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w 2013 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.

W 2013 r. najwyższe stężenia uśrednione dla wszystkich stanowisk w kraju wystąpiły w dniu 24 stycznia (Rys. 3.3-3). W tym dniu stężenia dobowe przekraczały poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na ok. 76% stanowisk pomiarowych w kraju. Wysokie stężenia PM₁₀ w tym dniu występowały niemal na całym obszarze Polski, a także na terytorium Czech i na części terytorium Słowacji. Na 90% stanowisk w Polsce stężenie 24-godz. PM₁₀ było wyższe od wartości 95-tego percentyla z serii pomiarów dobowych na tych stacjach. Oznacza to, że w tym dniu spełnione były kryteria określone dla epizodu ponadregionalnego. Kryteria określone dla epizodu ponadregionalnego spełnione były również w dniu 15 stycznia 2013 r. Tego dnia na 82% stanowisk PMŚ stężenie PM₁₀ było wyższe od wartości percentyli S95 z rocznych serii pomiarowych z tych stanowisk. Tylko w tych dwóch dniach w 2013 r. spełnione było ww. kryterium.

Okresy z wysokimi stężeniami pyłu, rozdzielone były okresami z niższymi stężeniami, np. od 30 stycznia do 6 lutego 2013 r. (Rys. 3.3-1a - 3.3-1c).

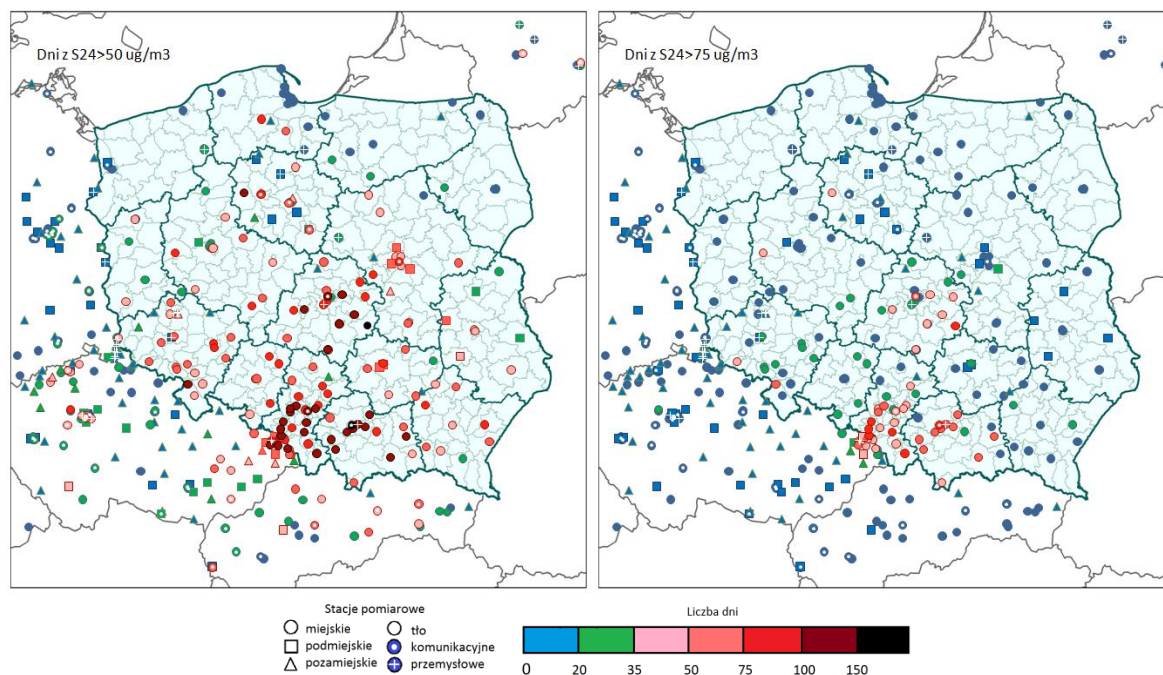
W 2013 r. stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (poziom graniczny epizodu) na więcej niż połowie polskich stacji monitoringu zanieczyszczenia powietrza w kraju wystąpiły w dniach: 15.01.2013, 16.01.2013, 20.01.2013, 24.01.2013, 27.01.2013, 28.01.2013.



Rysunek 3.3-3. Uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w Polsce stężenia 24-godz. PM10 w 2013 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.

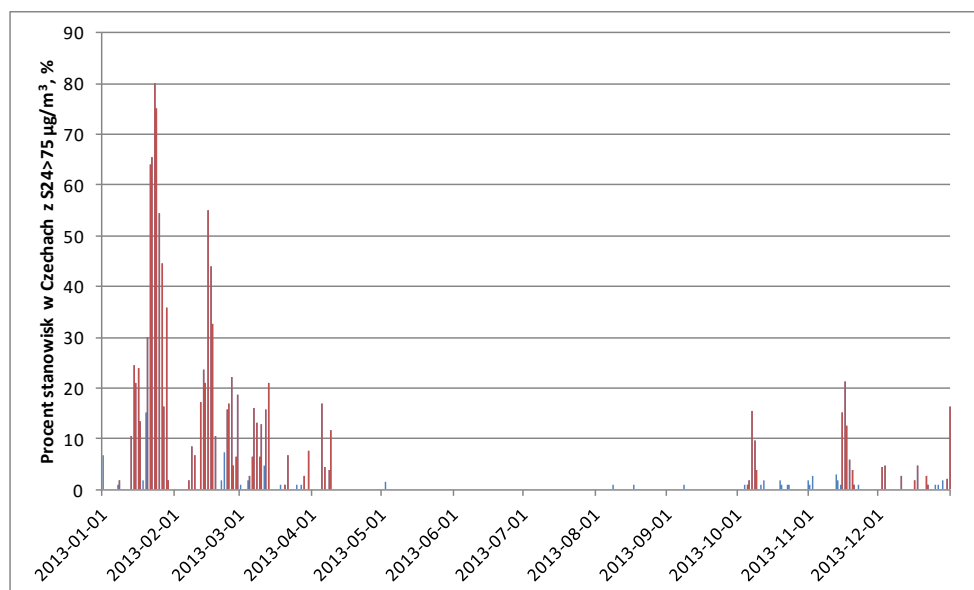
W całym 2013 roku, najwięcej przypadków przekroczeń poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) miało miejsce na stacjach tła miejskiego w: Wodzisławiu Śląskim (85), Godowie (85), w Pszczynie w woj. śląskim (82) i Opocznie w woj. łódzkim (81) oraz na stacji komunikacyjnej w Krakowie (83). Na 20 stanowiskach w 4 województwach (śląskie (7 stanowisk), małopolskie (10), łódzkie (2) i dolnośląskie (1)) wystąpiło więcej niż 50 dni ze stężeniem $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rys. 3.3-4). Epizody wysokich stężeń PM10 najczęściej i w wielu miastach wystąpiły w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim. W województwach północnych, wschodnich i północno-zachodnich stężenia charakterystyczne dla epizodów występują znacznie rzadziej.

W 2013 roku, najwięcej przypadków przekroczeń poziomu dopuszczalnego $D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło: na stacji komunikacyjnej w Krakowie (163), oraz na stacjach tła miejskiego w Opocznie (152) i Wodzisławiu Śląskim (145). Na 30 stanowiskach w 5 województwach (śląskie (11 stanowisk), małopolskie (10), łódzkie (7), dolnośląskie (1), kujawsko-pomorskie (1)) wystąpiło więcej niż 100 dni ze stężeniem $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rys. 3.3-4).

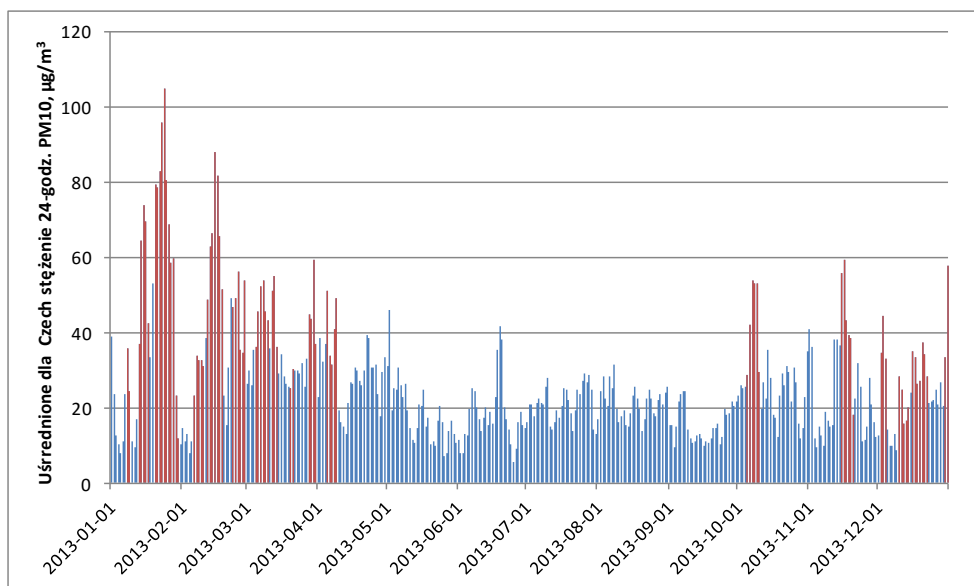


Rysunek 3.3-4. Liczba dni z zarejestrowanymi stężeniami 24-godz. PM10 wyższymi od 50 µg/m³ (rys. lewy) oraz 75 µg/m³ (rys. prawy) w 2013 r.

Częstość występowania sytuacji epizodów wysokich stężeń PM10 na analizowanych obszarach krajów ościennych była niższa, niż w Polsce. W okresach, w których wystąpiły, zaobserwowano również wysokie stężenia pyłu w Polsce. W roku 2013 we wszystkich krajach najbardziej rozległe epizody miały miejsce w pierwszym kwartale (Rys. 3.3-5 - 3.3.10). Na rysunkach oznaczono kolorem czerwonym dni epizodów uwzględnionych w analizach zawartych w niniejszym opracowaniu.

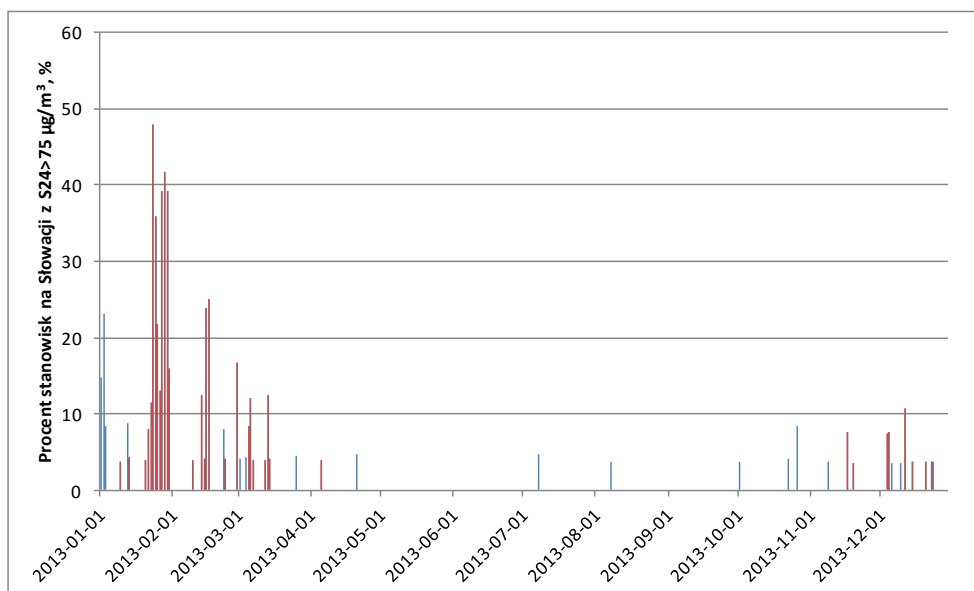


Rysunek 3.3-5. Procent stanowisk w Czechach ze stężeniem 24-godz. PM10 wyższym od poziomu granicznego epizodu (75 µg/m³) w 2013 r.

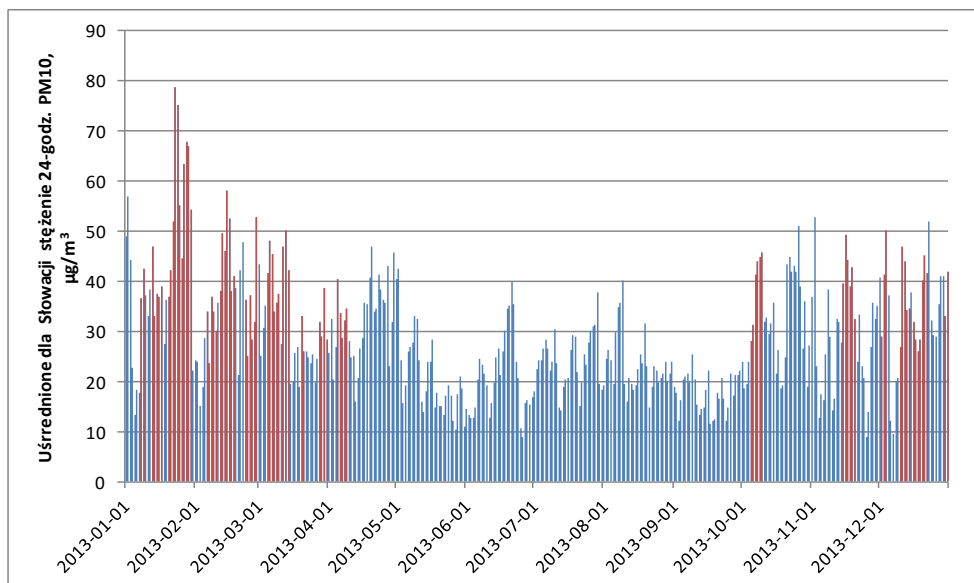


Rysunek 3.3-6. Uśrednione dla stanowisk pomiarowych w Czechach stężenia 24-godz. PM10 w 2013 r.

Spośród analizowanych krajów ościennych, największy zasięg epizodów, a także najwyższe stężenia zarejestrowane na uwzględnionych stacjach pomiarowych, wystąpiły w Czechach, następnie na Słowacji i w Niemczech.

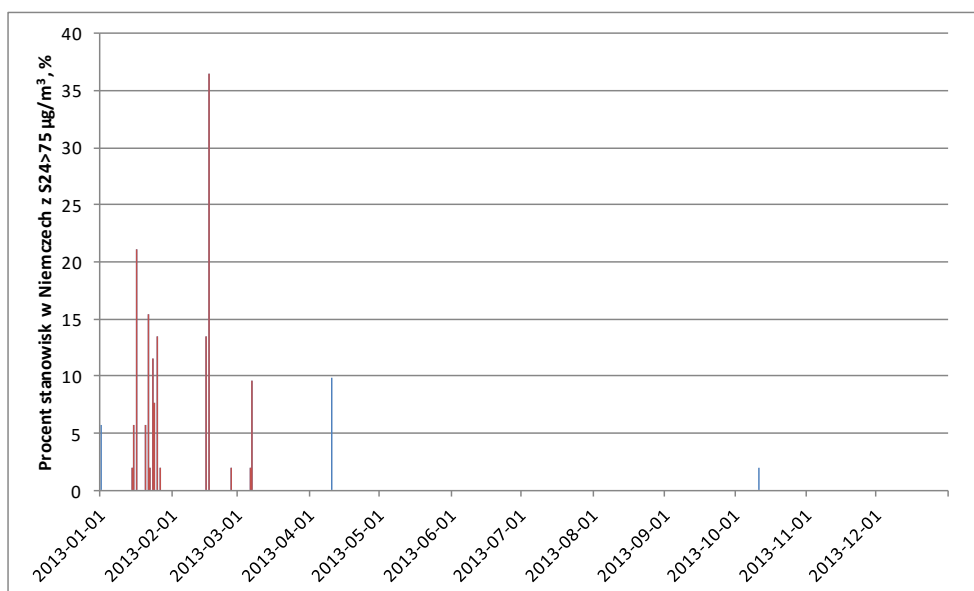


Rysunek 3.3-7. Procent stanowisk na Słowacji ze stężeniem 24-godz. PM10 wyższym od poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w 2013 r.

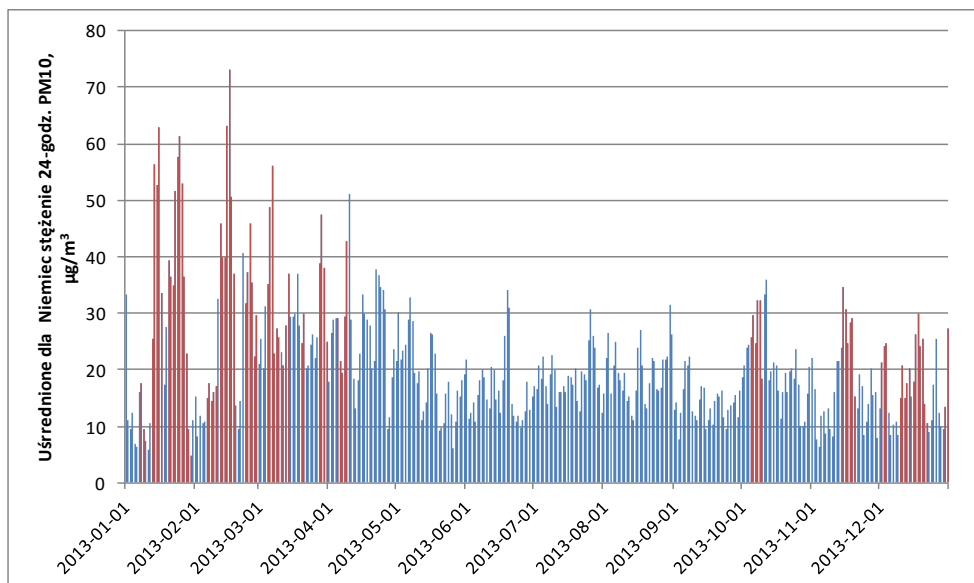


Rysunek 3.3-8. Uśrednione dla stanowisk pomiarowych na Słowacji stężenia 24-godz. PM10 w 2013 r.

Zarówno w Czechach, jak i na Słowacji najbardziej rozległy epizod, charakteryzujący się najwyższymi poziomami stężeń, zaobserwowano w trzeciej dekadzie stycznia, z kulminacją w dniu 24.01.2013 r. W przypadku Niemiec sytuacja taka miała miejsce w drugiej połowie lutego 2013 roku (rys. 3.3-9).



Rysunek 3.3-9. Procent stanowisk w Niemczech ze stężeniem 24-godz. PM10 wyższym od poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w 2013 r.

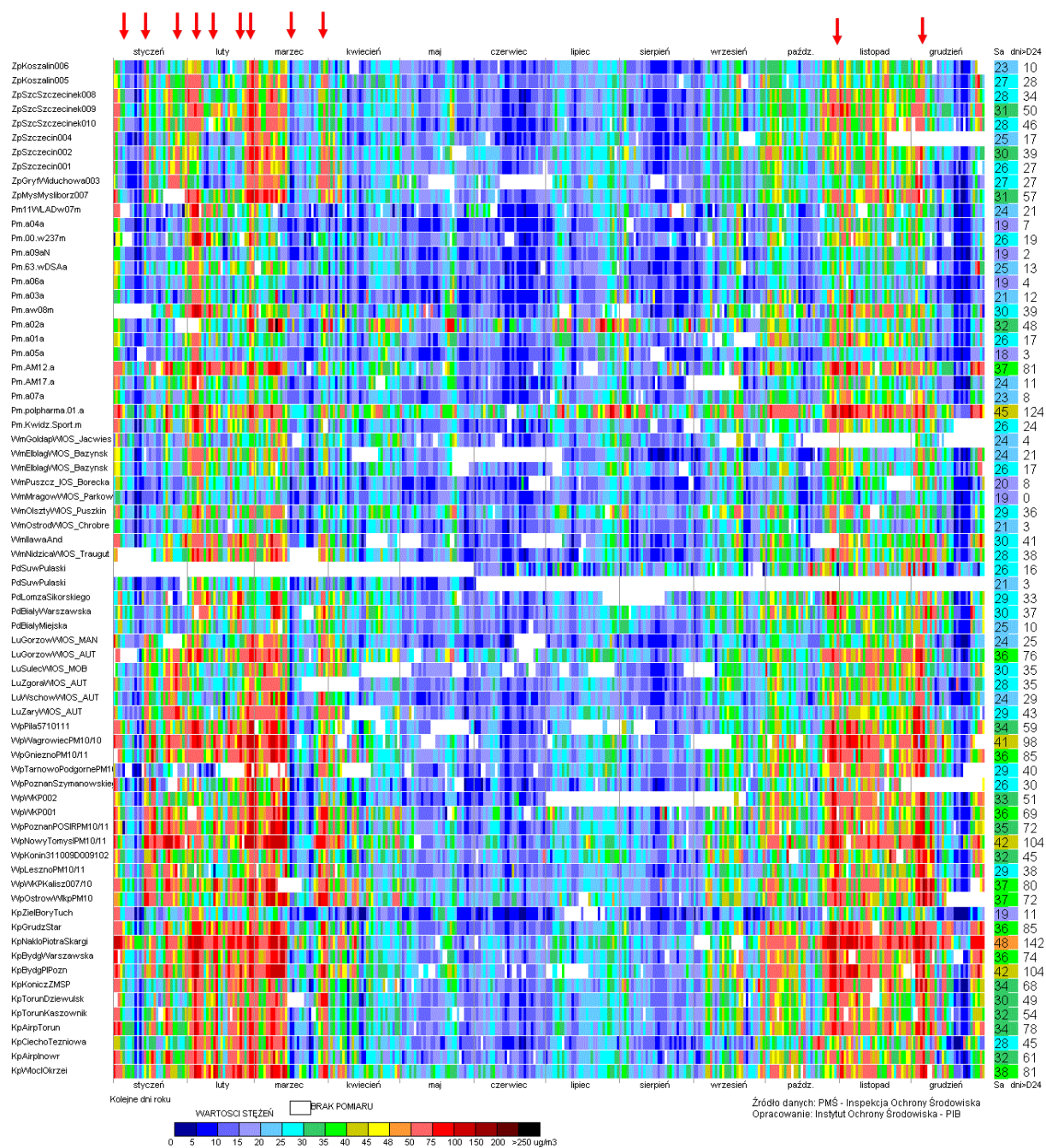


Rysunek 3.3-10. Uśrednione dla stanowisk pomiarowych w Niemczech stężenia 24-godz. PM10 w 2013 r.

Rok 2014

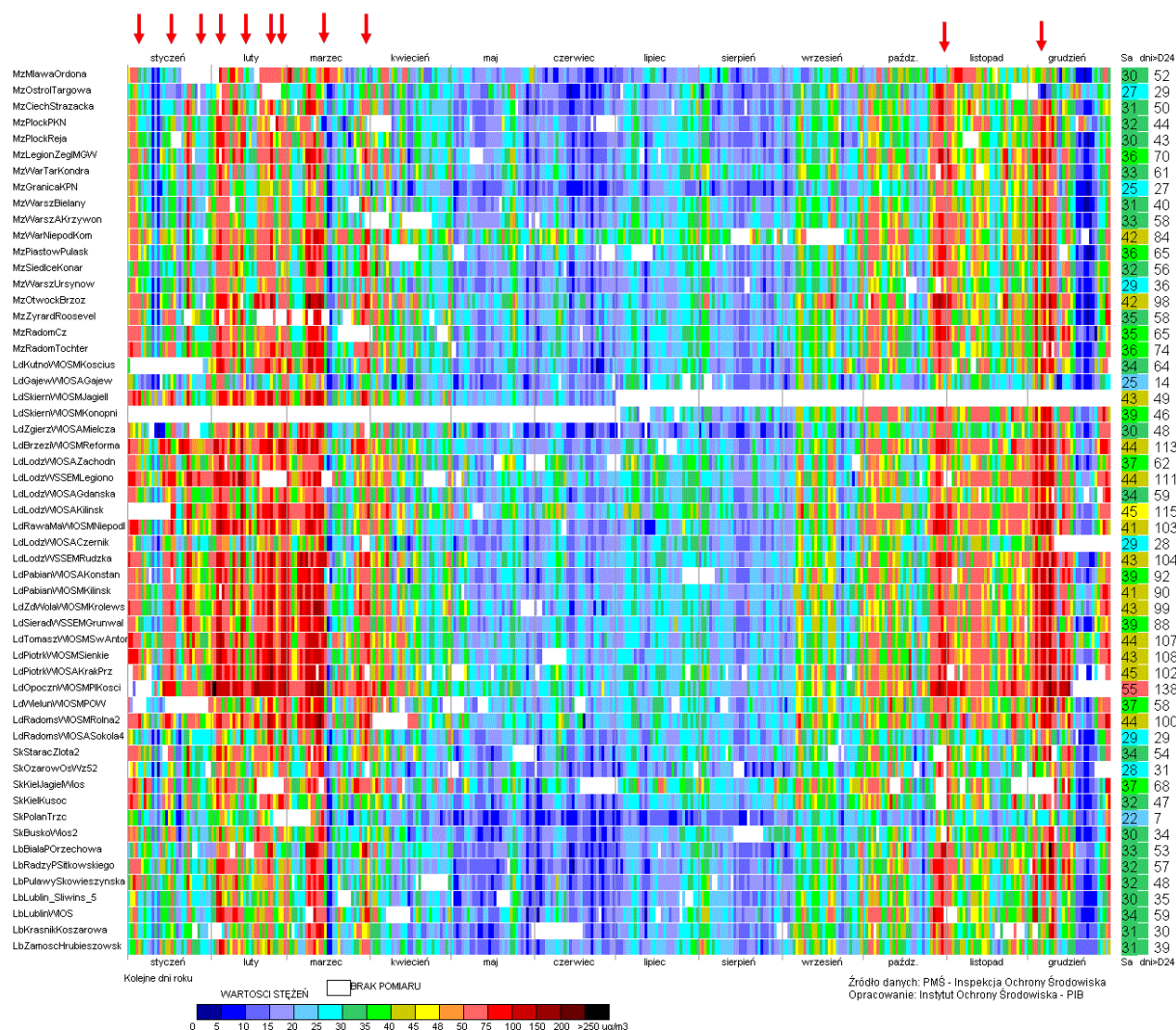
Na rysunkach 3.3-11a - 3.3-11c przedstawiono przebiegi 24-godzinnych stężeń pyłu PM10, zmierzonych w roku 2014 na stacjach pomiarowych w Polsce. Na rysunkach, dla każdego stanowiska każdy wynik pomiaru stężenia dobowego oznaczony jest kolorową kreską, której kolor zależy od wysokości stężenia (zgodnie ze skalą kolorów pokazaną na dole rysunków). Na górnej osi czasu, strzałkami zaznaczono dni referencyjne każdego z omawianych w pracy epizodów. Dla 2014 wydzielono 11 epizodów i dodatkowo jeden epizod na przełomie 2013 i 2014 r. Czas trwania epizodów wynosił od 2 do 9 dni, w niektórych przypadkach epizody następowały bezpośrednio po sobie.

*Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap I. Epizody z lat 2013-2014*

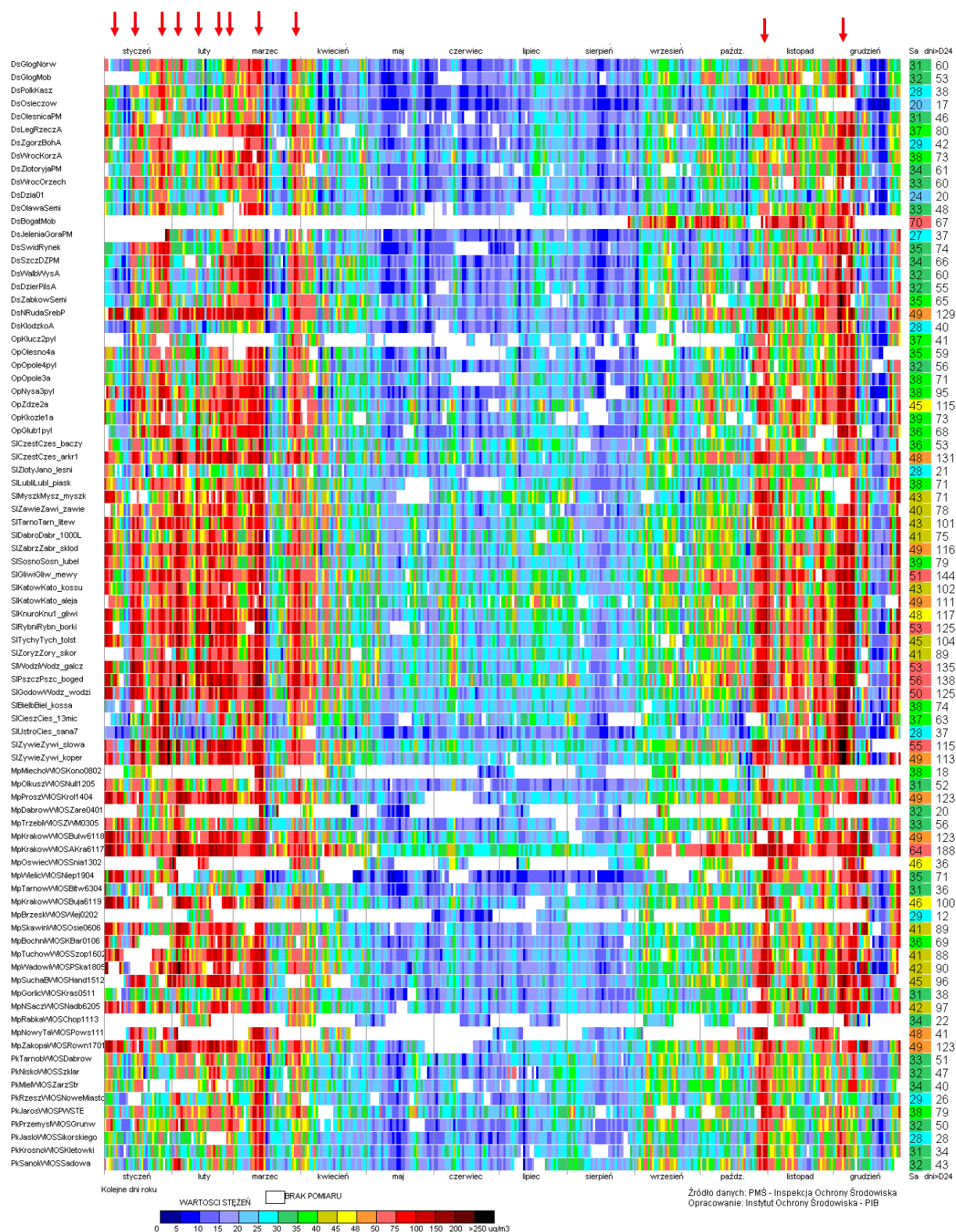


Rysunek 3.3-11a. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2014 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM₁₀ z lat 2013-2016
Etap I. Epizody z lat 2013-2014



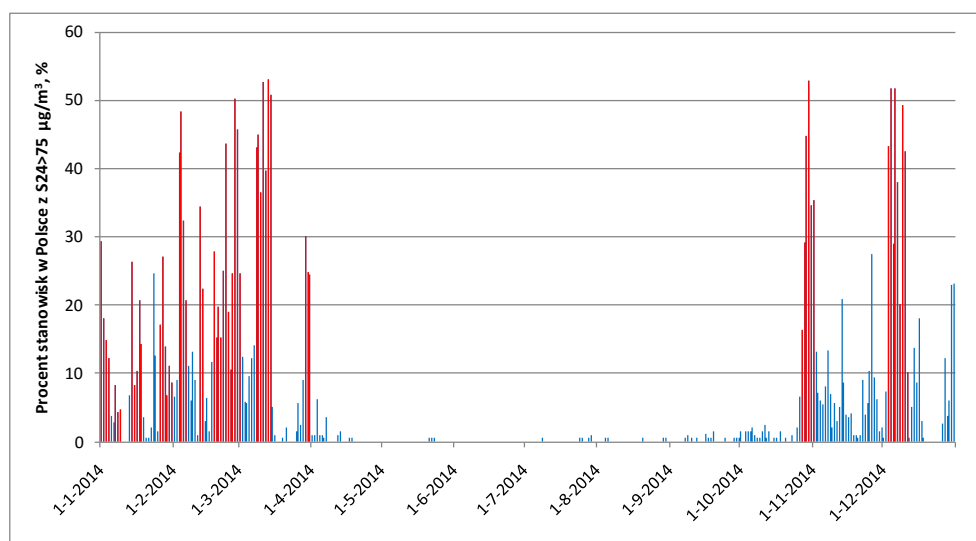
Rysunek 3.3-11b. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM₁₀ w 2014 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)



Rysunek 3.3-11c. Przebieg stężeń 24-godz. pyłu PM10 w 2014 r., z oznaczonymi dniami referencyjnymi analizowanych epizodów (dwie pierwsze litery w kodzie stacji to skrót nazwy województwa, na obszarze którego zlokalizowane jest stanowisko, np. Mz - mazowieckie, Mp - małopolskie itd.)

W 2014 r., podobnie jak w latach poprzednich, wysokie stężenia pyłu PM₁₀ notowane były w sezonie chłodnym. W 2014 roku, w sezonie chłodnym, niekorzystne warunki meteorologiczne nad Polską utrzymywały się przez wiele dni, szczególnie często w lutym, w pierwszej połowie marca, pod koniec października i w pierwszej połowie grudnia 2014.

W sezonie grzewczym, w niektóre dni, a w szczególności w I połowie marca, poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekraczany był na przeszło 50% stanowisk pomiarowych w kraju. W sezonie letnim, jeżeli nawet wystąpiły przekroczenia $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, to zwykle na niewielkiej liczbie stanowisk (Rys. 3.3-12).

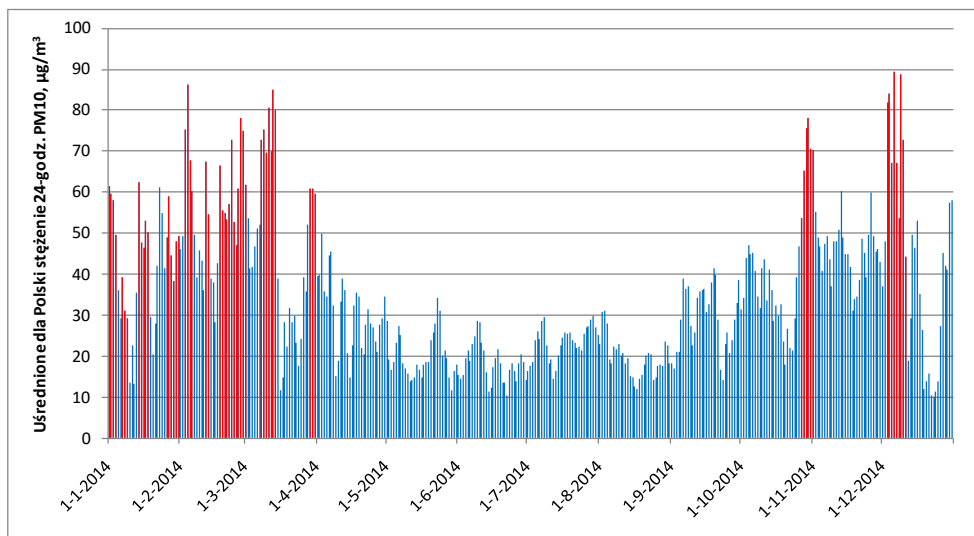


Rysunek 3.3-12. Procent stanowisk w Polsce ze stężeniem 24-godz. PM₁₀ wyższym od poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w 2014 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.

W 2014 r. najwyższe stężenia uśrednione dla wszystkich stanowisk w kraju wystąpiły w dniach 6, 9 i 4 grudnia (Rys. 3.3-13). W tych dniach stężenia dobowe przekraczały poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na ok. 50% stanowisk pomiarowych w kraju. Wysokie stężenia PM₁₀ w tym dniu występowały niemal na całym obszarze Polski, a także na części terytorium Czech (w rejonie Ostrawy). W żadnym dniu w 2014 r. nie były spełnione kryteria dla epizodu ponadregionalnego. Wartości 95-tego percentyla z serii pomiarów dobowych na poszczególnych stanowiskach były w 2014 r. przekraczane na nie więcej niż 63% stanowisk pomiarowych w kraju jednocześnie (maksimum w dniu 4.02.2014 r.).

Okresy z wysokimi stężeniami pyłu, rozdzielone były okresami z niższymi stężeniami (Rys. 3.3-11a-Rys. 3.3-11c).

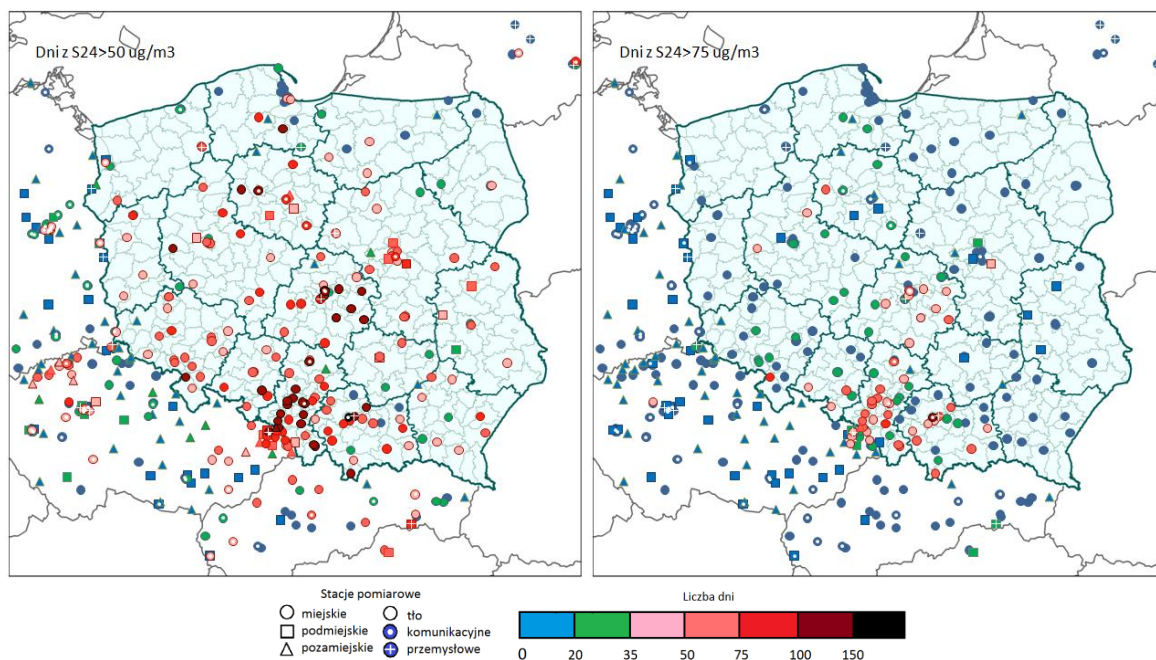
W 2014 r. stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (poziom graniczny epizodu) na więcej niż połowie stacji w kraju wystąpiły w dniach: 27.02.2014, 11.03.2014, 13.03.2014, 14.03.2014, 30.10.2014, 04.12.2014, 06.12.2014.



Rysunek 3.3-13. Uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w Polsce stężenia 24-godz. PM10 w 2014 r. Kolorem czerwonym zaznaczone wartości dla dni objętych analizą epizodów wysokich stężeń.

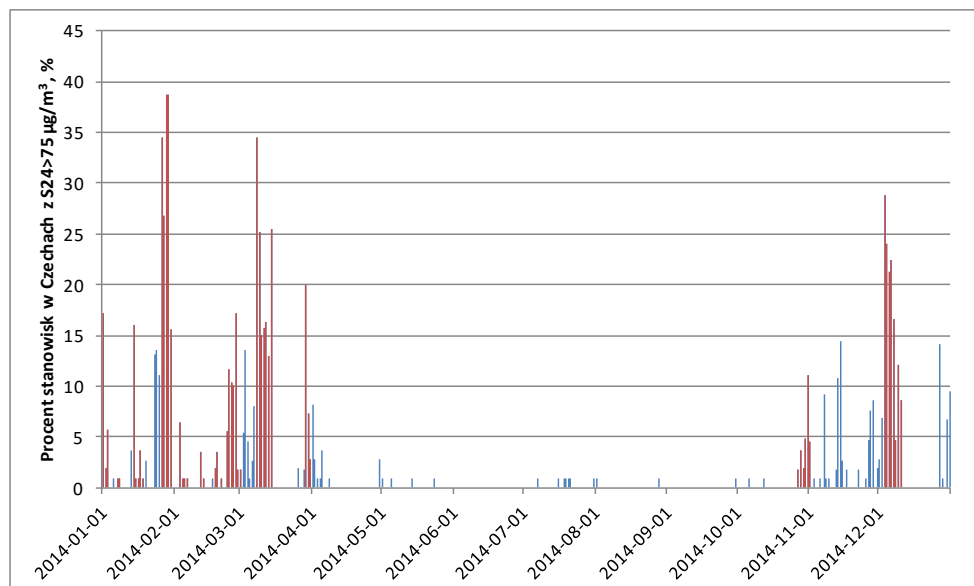
W całym 2014 roku, najwięcej przypadków przekroczeń poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) miało miejsce na stacjach tła miejskiego w: Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim (78) i Pszczynie w woj. (76) oraz na stacji komunikacyjnej w Krakowie (110). Na 22 stanowiskach w 6 województwach (śląskie (12 stanowisk), małopolskie (6), łódzkie (1), kujawsko-pomorskie (1), dolnośląskie (1) i opolskie (1)) wystąpiło więcej niż 50 dni ze stężeniem $\text{S}_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rys. 3.3-8). Epizody wysokich stężeń PM10 najczęściej i w wielu miastach notowane są w woj. śląskim, małopolskim, opolskim i łódzkim. W województwach północnych, wschodnich i północno-zachodnich stężenia charakterystyczne dla epizodów występują znacznie rzadziej.

W 2014 roku, najwięcej przypadków przekroczeń poziomu dopuszczalnego $\text{D}_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło: na stacji komunikacyjnej w Krakowie (189), oraz na stacjach tła miejskiego w Gliwicach (145), Nakle w woj. wielkopolskim (143) i w Wodzisławiu Śląskim w woj. śląskim (141). Na 33 stanowiskach w 8 województwach wystąpiło więcej niż 100 dni ze stężeniem $\text{S}_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rys. 3.3-14).

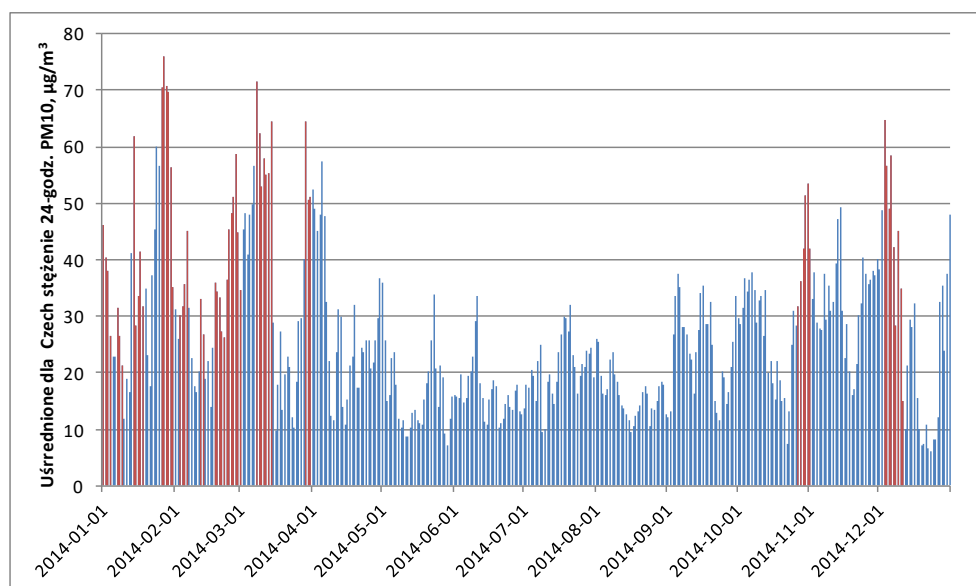


Rysunek 3.3-14. Liczba dni z zarejestrowanymi stężeniami 24-godz. PM₁₀ wyższymi od 50 µg/m³ (rys. lewy) oraz 75 µg/m³ (rys. prawy) w 2014 r.

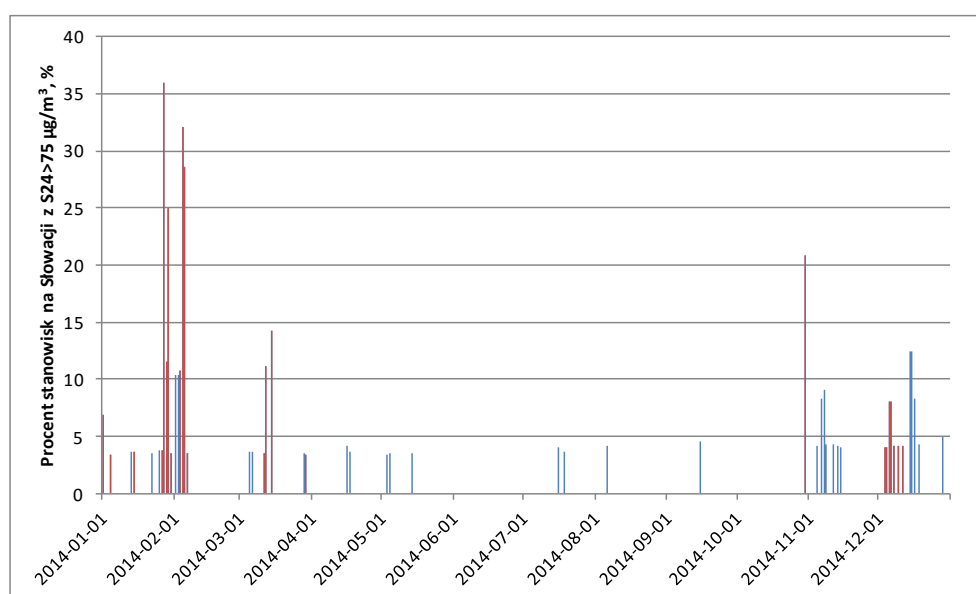
Na analizowanym obszarze krajów ościennych, podobnie jak w roku 2013, największy zasięg epizodów i najwyższe stężenia, obserwowane w trakcie ich trwania, wystąpiły w Czechach, następnie na Słowacji i w Niemczech (Rys. 3.3-15 - 3.3-20). W tych trzech krajach najbardziej intensywny epizod miał miejsce w trzeciej dekadzie stycznia.



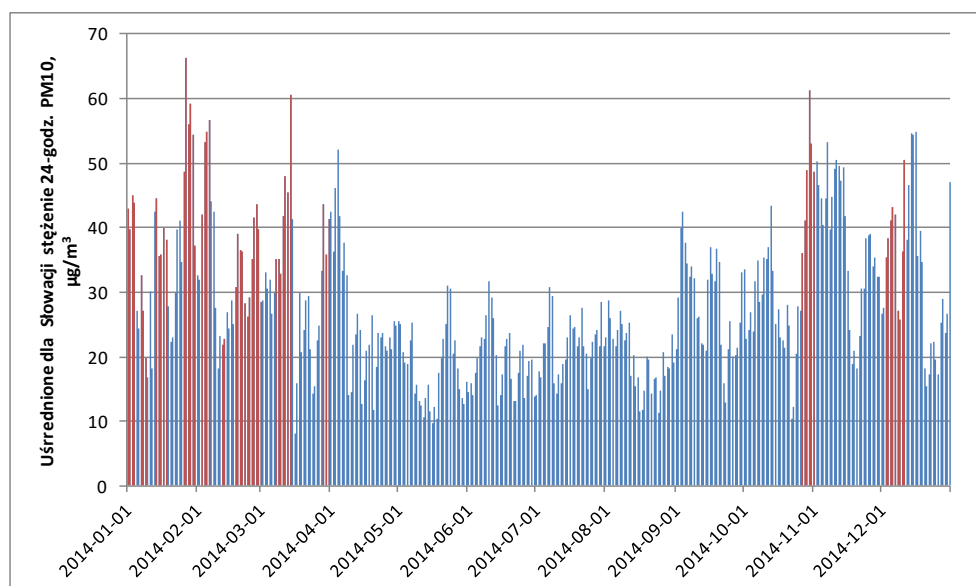
Rysunek 3.3-15. Procent stanowisk w Czechach ze stężeniem 24-godz. PM₁₀ wyższym od poziomu granicznego epizodu (75 µg/m³) w 2014 r.



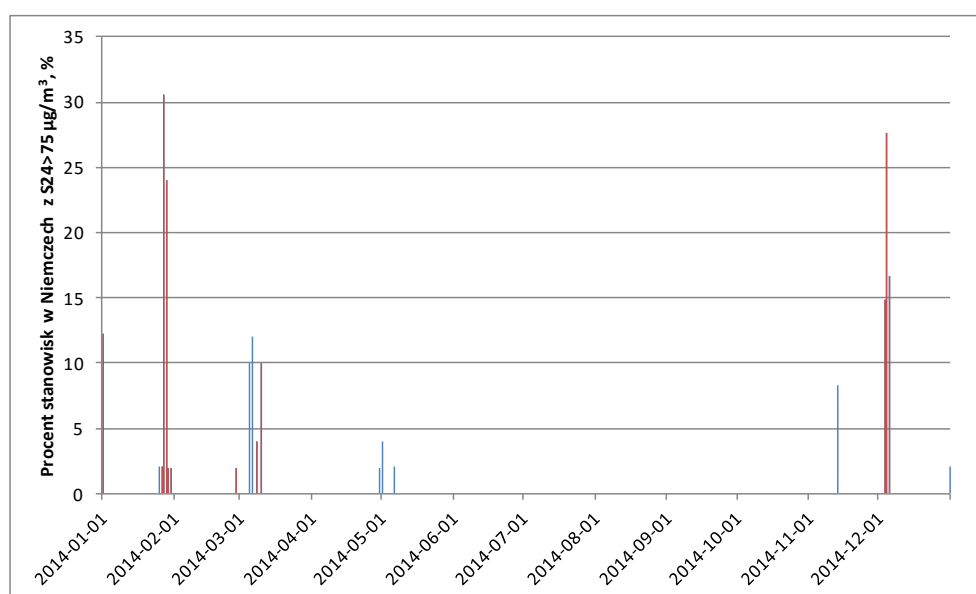
Rysunek 3.3-16. Uśrednione dla stanowisk pomiarowych w Czechach stężenia 24-godz. PM₁₀ w 2014 r.



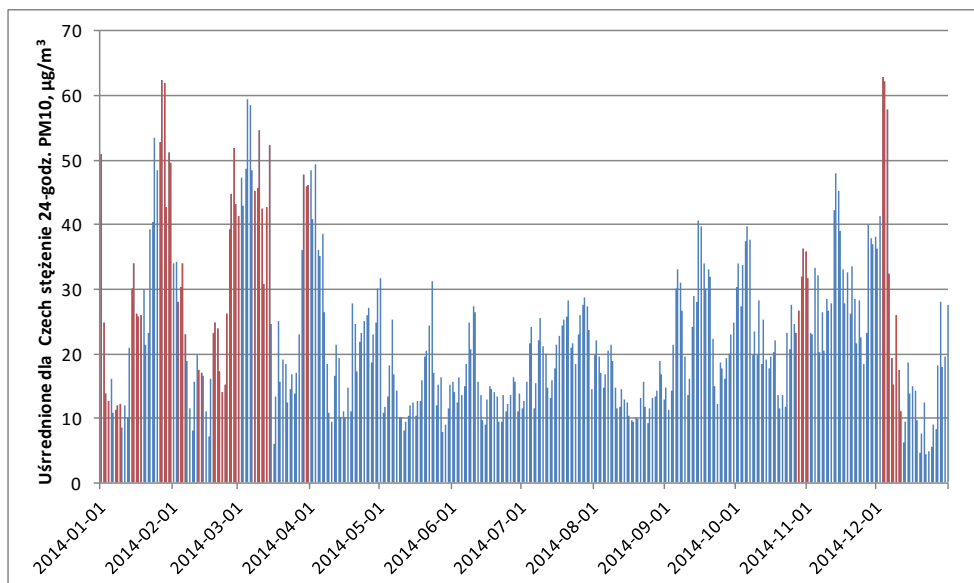
Rysunek 3.3-17. Procent stanowisk na Słowacji ze stężeniem 24-godz. PM₁₀ wyższym od poziomu granicznego epizodu (75 µg/m³) w 2014 r.



Rysunek 3.3-18. Uśrednione dla stanowisk pomiarowych na Słowacji stężenia 24-godz. PM10 w 2014 r.



Rysunek 3.3-19. Procent stanowisk w Niemczech ze stężeniem 24-godz. PM10 wyższym od poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w 2014 r.



Rysunek 3.3-20. Uśrednione dla stanowisk pomiarowych w Niemczech stężenia 24-godz. PM₁₀ w 2014 r.

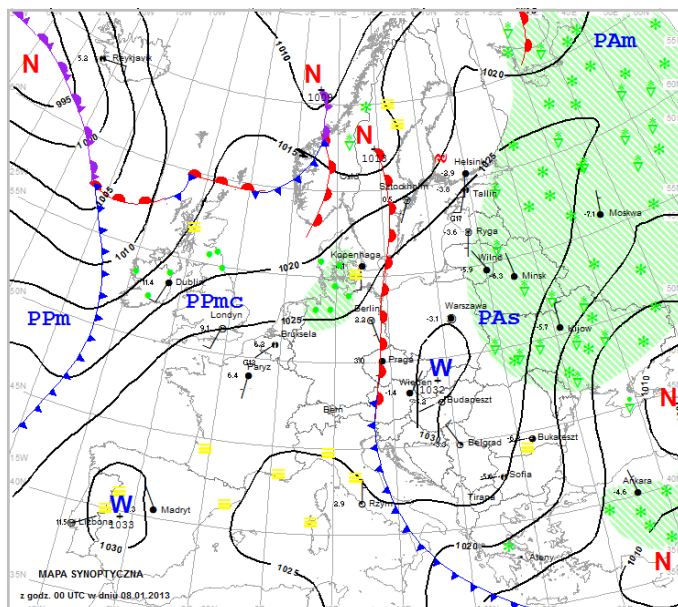
Więcej informacji na temat stężenia pyłu PM₁₀, a także innych normowanych zanieczyszczeń, w latach 2013-2014, można znaleźć w raporcie „Jakość powietrza w Polsce w latach 2013 - 2014 w świetle wyników pomiarów prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska”, opublikowanym na Portalu Jakości Powietrza Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ, 2015).

4. ANALIZA EPIZODÓW

4.1. Epizod 1. Od 8 do 9 stycznia 2013

Sytuacja synoptyczna

8 stycznia 2013 r. Polska znajdowała się pod wpływem układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Europą Środkową, w zasięgu przetransformowanej arktycznej masy powietrza. Temperatury wahały się od -2°C na zachodzie do -8°C w południowo-wschodniej części kraju. Dominowały wiatry o niskich prędkościach. W nocy z 8 na 9 marca nad Polskę wkroczył front ciepły stowarzyszony z niżem znad Skandynawii. Masa powietrza polarno-morskiego, która nadpłynęła nad Polskę, spowodowała wzrost temperatur zwłaszcza w zachodniej części kraju oraz wystąpienie przelotnych opadów deszczu i śniegu.



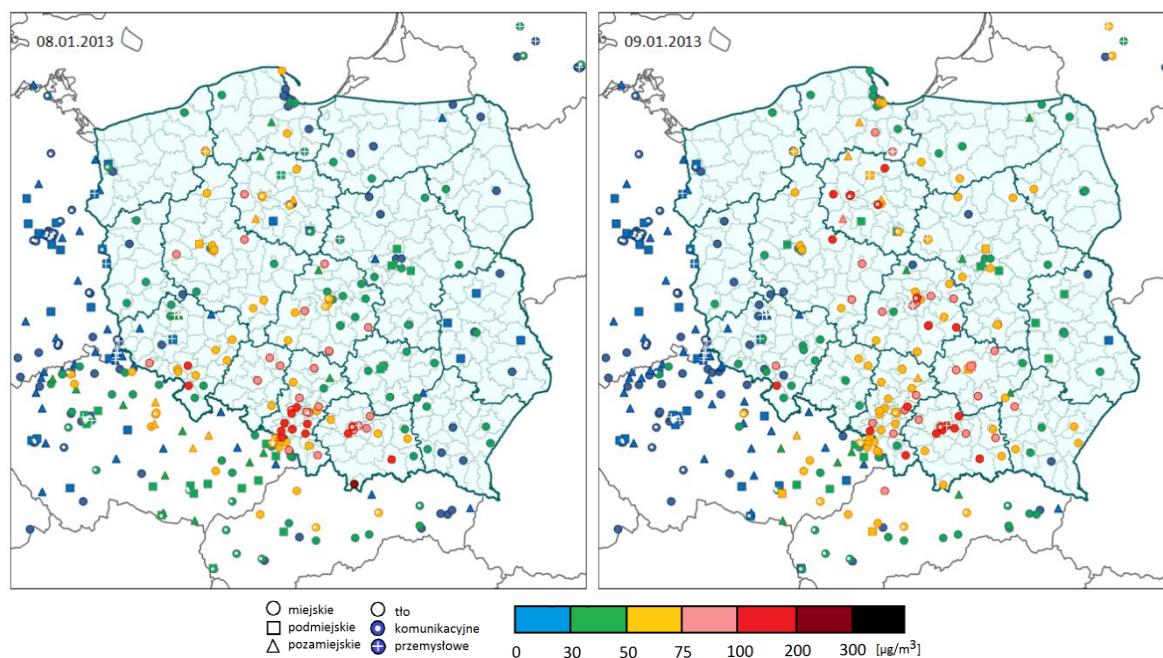
Rysunek 4.1-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 8 stycznia 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W dniach 8-9 stycznia 2013 r. na ok. połowie terytorium Polski zanotowano podwyższone stężenia pyłu PM10.

Po kilkudniowym okresie z niskimi stężeniami PM10, 8 stycznia 2013 r. stężenia PM10 znacząco wzrosły. Polska znajdowała się wówczas pod wpływem wyżu z centrum nad Tatrami. W wielu rejonach Polski wystąpiła cisza wiatrowa lub słaby wiatr, nocą temperatura w niektórych rejonach Polski spadła poniżej -10°C . Stężenia dobowe wyższe od $75\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w niektórych miastach położonych na obszarzeciągającym się od południa do północy kraju, od woj. śląskiego i małopolskiego aż po woj. pomorskie. Najwięcej przekroczeń poziomu $75\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło w woj. śląskim. Stężenia przekraczające $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na

39% stanowisk w Polsce, a stężenia przekraczające $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 19% stanowisk. Wybrane informacje o stężeniach PM10 z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.1-1.



Rysunek 4.1-2 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 8-9.01.2013 r.

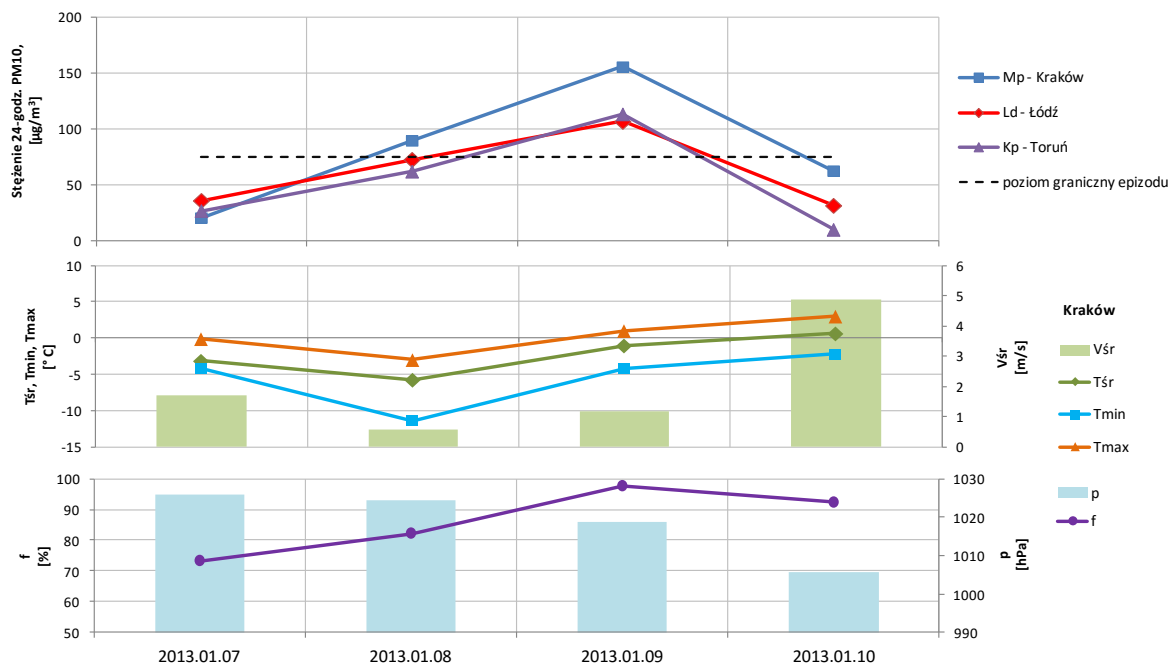
W dniu 8.01.2013 r. podwyższone stężenia PM10 notowane były również w Czechach - w rejonie Ostrawy, gdzie stężenie dobowe przekroczyło poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 2 stanowiskach pomiarowych (1 tła miejskiego i 1 tła pozamiejskiego).

W Polsce najwyższe stężenia notowane były w Zakopanem w woj. małopolskim, gdzie stężenie przekroczyło poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i wynosiło $218 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowisku w Wiktorowie w woj. kujawsko-pomorskim ($59 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W kolejnym dniu (9.01.2013) stężenia przekraczające $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 53% stanowisk w Polsce, a stężenia przekraczające $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 24% stanowisk ogółem i na 24% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Krakowie na stacji komunikacyjnej ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), w Skawinie k. Krakowa na stacji tła miejskiego ($176 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowisku w Wiktorowie w woj. kujawsko-pomorskim ($94 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $108 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 10.01.2013 Polska znalazła się w strefie frontów atmosferycznych i niżu z centrum nad Bałtykiem. Na stacji w Krakowie średnia prędkość wiatru wzrosła z ok. 1 m/s w dniu 9.01.2013 do ok. 5 m/s. W rezultacie poprawy warunków rozpraszania zanieczyszczeń stężenia PM10 w kraju znacząco spadły.

Na rys. 4.1-3 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Krakowie, Łodzi i Toruniu a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Krakowie. Na wszystkich stanowiskach pomiarowych uwzględnionych na wykresie najwyższe stężenia PM10 notowane były w dniu 9 stycznia 2013 r.

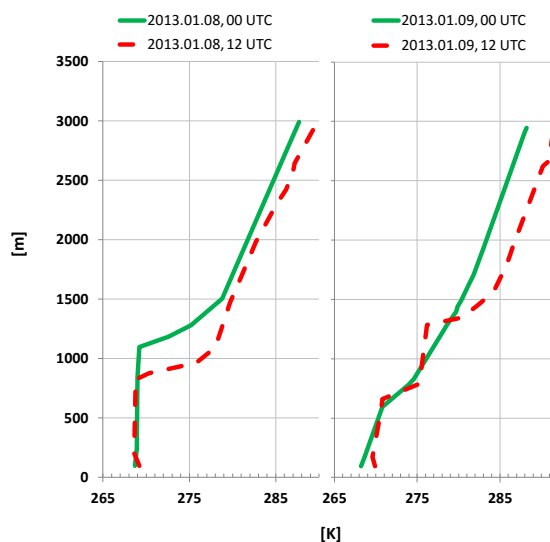


Rysunek 4.1-3 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie w dniach 7-10.01.2013 r.: średnia dobowa prędkość wiatru (Vsr), temperatura: średnia dobowa (Tsr), minimum dobowe (Tmin) i maksimum dobowe (Tmax), średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne (p) oraz średnia dobowa wilgotność względna (f)

Tabela 4.1-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 8-9.01.2013 r.

	Jednostka	2013-01-08	2013-01-09
Wszystkie stanowiska w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	51.8	57.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	39	53
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	19	24
% stanowisk z S24>S95	%	15	32
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	218	180
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	54.4	59.1
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	42.2	56.3
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	21.4	24.4
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	218	176
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	33.3	48.1
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	18.2	45.5
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0.0	9.1

	Jednostka	2013-01-08	2013-01-09
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	59	94
Stanowiska tła poza granicami Polski			
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	1
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	2	0
Liczba stanowisk tła z $\text{S24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0



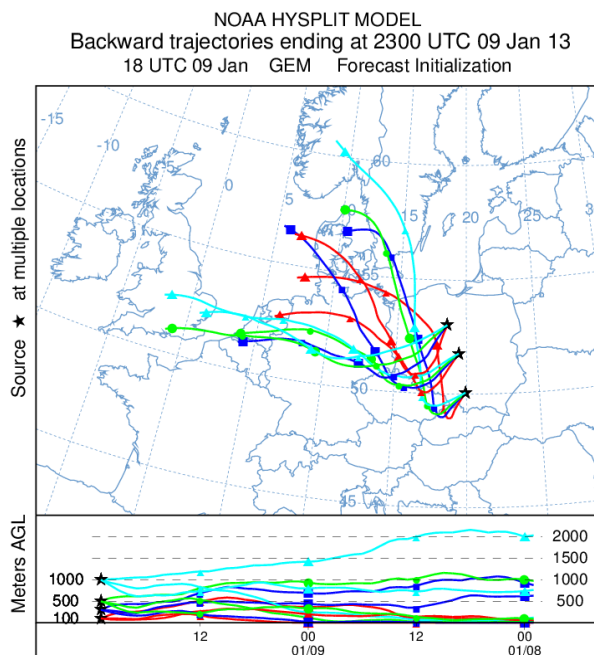
Rysunek 4.1-4 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Legionowie w dniach 8-9.01.2013 r.

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 8-9.01.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondazy na stacji Legionowo (Polska, nr stacji. 12374, Rys. 4.1-4).

W dniu 8.01.2013 roku rozkład pionowy temperatury potencjalnej wskazuje na izotermię do wysokości 1000 m w ciągu nocy i 900 m w ciągu dnia, charakterystyczną dla równowagi obojętnej. Powyżej 1000 m występuje równowaga stabilna, wskazująca na występowanie silnej inwersji wyżowej. Średnia temperatura warstwy wynosiła -4°C .

W nocy z 08.01 na 09.01.2013 przy powierzchni ziemi wytworzyła się inwersja przyziemna do wysokości 500m, związana z wychłodzeniem się podłoża.

Trajektorie wsteczne

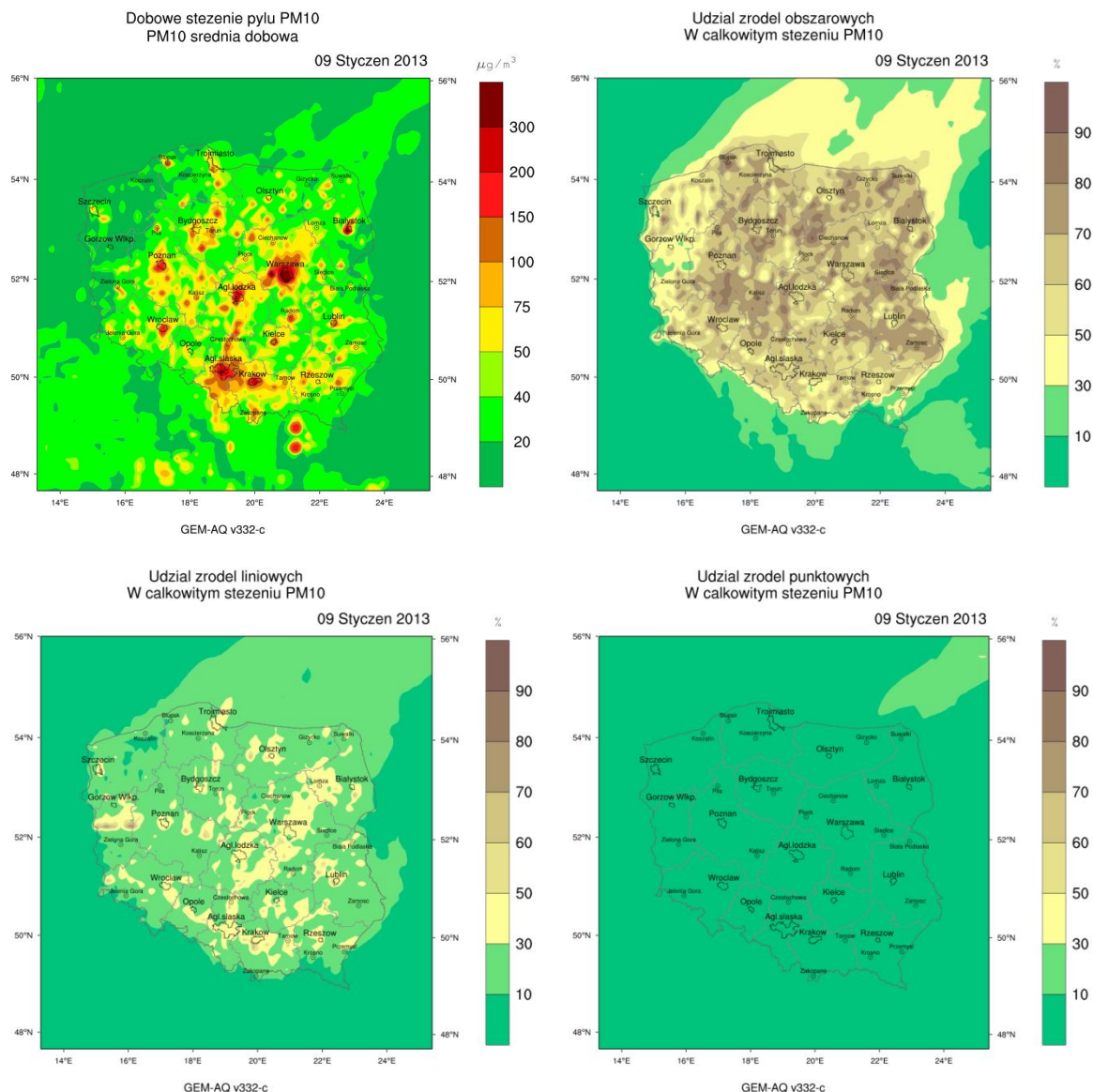


Rysunek 4.1-5 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 9 stycznia 2013 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia referencyjnego epizodu (9.01.2013) dla trzech miast objętych jego zasięgiem, w których zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀ na stacjach tła miejskiego: Krakowa (156 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Łodzi (107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Torunia (114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Wskazują one na złożoną cyrkulację związaną z przemieszczaniem się z zachodu frontu atmosferycznego w nocy z 8 na 9 stycznia 2013. Na wszystkich wysokościach powietrze nadpłynęło znad Europy północno-zachodniej nad Czechy, skąd na skutek gwałtownej zmiany kierunku wiatru na południowo-zachodni trajektorie skierowało się do centralnej części Polski. Ze względu na niskie prędkości wiatru notowane w Polsce w dniu referencyjnym można uznać, że w ciągu doby bezpośrednio poprzedzającej epizod nad Polskę napływało powietrze głównie z południowych województw oraz znad Czech.

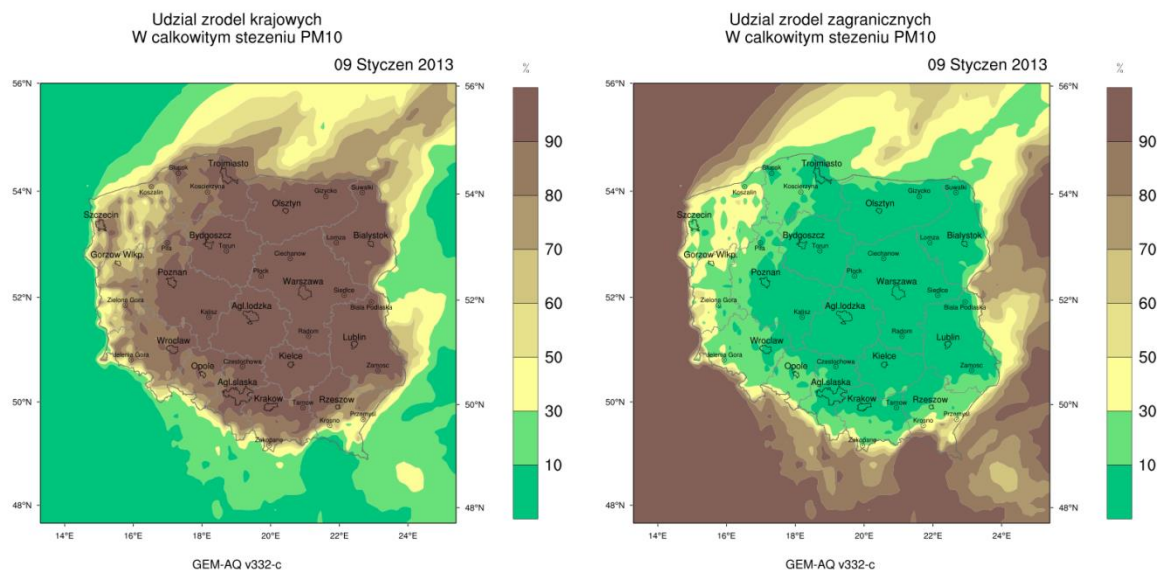
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężenia PM₁₀ w dniu 9.01.2013 wskazuje, podobnie, jak wyniki pomiarów, na wystąpienie wysokich poziomów koncentracji tego zanieczyszczenia w środkowym pasie kraju, od południa do północy. Szczególne nasilenie epizodu nastąpiło na obszarze województw: śląskiego, małopolskiego, mazowieckiego, łódzkiego i kujawsko-pomorskiego. Najwyższe stężenia wystąpiły w aglomeracjach i większych miastach, poziom graniczny epizodu został jednak przekroczony na wielu obszarach pozamiejskich. Wynikający z modelowania obraz wysokich stężeń w aglomeracji warszawskiej i jej okolicach należy uznać za przeszacowany.



Rysunek 4.1-6 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 9 stycznia 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (określanych także na ilustracjach obszarowymi), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (50-80%). Na obszarach wystąpienia epizodu znaczący jest również udział źródeł liniowych (komunikacyjnych) - 30-50%. Udział źródeł punktowych w tworzeniu się stężenia pyłu na terenie całego kraju był niewielki (poniżej 10%).



Rysunek 4.1-7 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 9 stycznia 2013 r.

Krajowe źródła emisji oddziaływały w proces tworzenia się całkowitego stężenia pyłu PM₁₀ w dniu referencyjnym epizodu na obszarach przygranicznych Ukrainy, Białorusi, Litwy i obwodu Kaliningradzkiego. Wyniki modelowania oraz pomiarów wskazują jednak, iż rejony te nie były w tym okresie objęte wysokimi poziomami stężeń, przekraczającymi poziom graniczny epizodu. Na przeważającym obszarze kraju – zwłaszcza w regionach gdzie notowano wysokie stężenia pyłu model wskazuje że udział emisji krajowych jest na poziomie 90%. W województwach południowych i wzdłuż zachodniej granicy udział źródeł zagranicznych (ze Słowacji, Czech i Niemiec) jest wyższy – do 30%.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

W dniach 8-9 stycznia 2013 r. na ok. połowie terytorium Polski zanotowano podwyższone stężenia pyłu PM₁₀. Ze względu na oddziaływanie układu wysokiego ciśnienia przeważały wiatry słabe, zaś nocą temperatura w niektórych rejonach Polski spadła poniżej -10 °C.

Kierunek trajektorii w dniu referencyjnym wskazuje, że we wszystkich lokalizacjach w ciągu doby bezpośrednio poprzedzającej epizod nad Polskę napływało powietrze głównie z południowych województw oraz znad Czech.

Wyniki modelowania dobrze odzwierciedlają rozkład przestrzenny podwyższonych stężeń (za wyjątkiem Warszawy gdzie wystąpiło przeszacowanie). Na podstawie wyników modelowania stwierdzono, że na przeważającym obszarze kraju – zwłaszcza w regionach gdzie notowano wysokie stężenia PM₁₀ udział emisji krajowych jest na poziomie 90%. Wzdłuż granicy południowej i zachodniej udział źródeł zagranicznych jest wyższy – do 30%. Największy udział w kształtowaniu podwyższonych stężeń PM₁₀ miały źródła powierzchniowe

– w zależności od regionu 50-70%. Udział źródeł liniowych na obszarze na którym wystąpił epizod kształtuje się na poziomie 30-50%.

Przyczyn epizodu upatrywać można w zintensyfikowanej emisji ze źródeł powierzchniowych, związanej z ogrzewaniem wskutek znacznego spadku temperatury w godzinach nocnych. Ze względu na niewielkie prędkości wiatru transport zanieczyszczonych mas powietrza dotyczył międzywojewódzkiego przenoszenia zanieczyszczeń z południowych województw do centrum kraju.

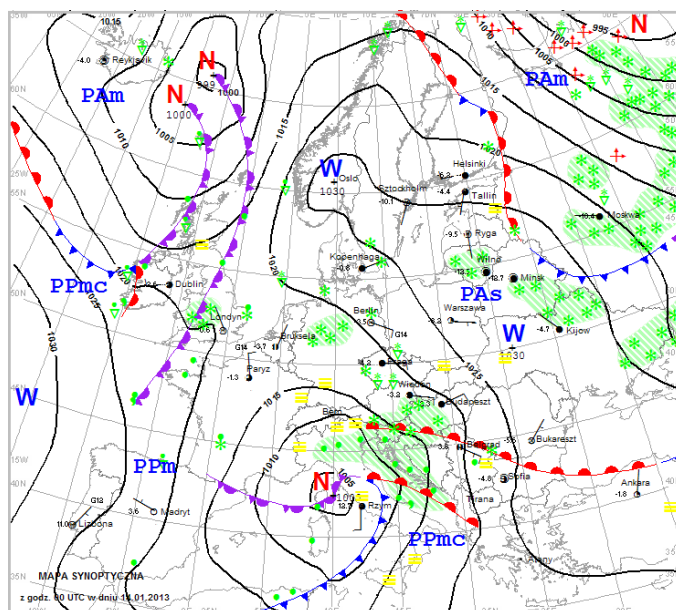
4.2. Epizod 2. Od 13 do 17 stycznia 2013.

Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy)

Sytuacja synoptyczna

W dniach 13-17 stycznia nad Polską utrzymywały się ujemne temperatury, połączone z opadami śniegu. Sytuacja baryczna była zmienna, a Polska naprzemiennie znajdowała się na skraju ośrodków wysokiego i niskiego ciśnienia.

Od 13 stycznia 2013 r. nad Polską zanikał lokalny ośrodek niżowy, ustępując klinowi wysokiego ciśnienia, który rozbudował się 14 stycznia 2013 r. Masa powietrza zalegająca w obszarze wyżu była mroźna i sucha, a notowane nad Polską spadki temperatur sięgały -4°C . 15 stycznia 2013 r. nad obszarem Polski przeszedł front powodując nieznaczny wzrost temperatury, zwłaszcza w południowo-zachodniej części Polski. W pozostałej części kraju temperatury utrzymywały się poniżej zera, ale ze względu na niskie zachmurzenia bez znacznych spadków w godzinach nocnych. Od 16 stycznia 2013 r. aktywność ośrodków niżowych uległa osłabieniu, a w północnej części Polski zaznaczało się oddziaływanie wyżu z nad Skandynawii. Polska nadal znajdowała się pod wpływem przetransformowanej arktycznej masy powietrza charakteryzującej się ujemnymi temperaturami. Od 17 stycznia 2013 r. południowa część Polski znalazła się w zasięgu obszaru niskiego ciśnienia z nad południowej Europy.

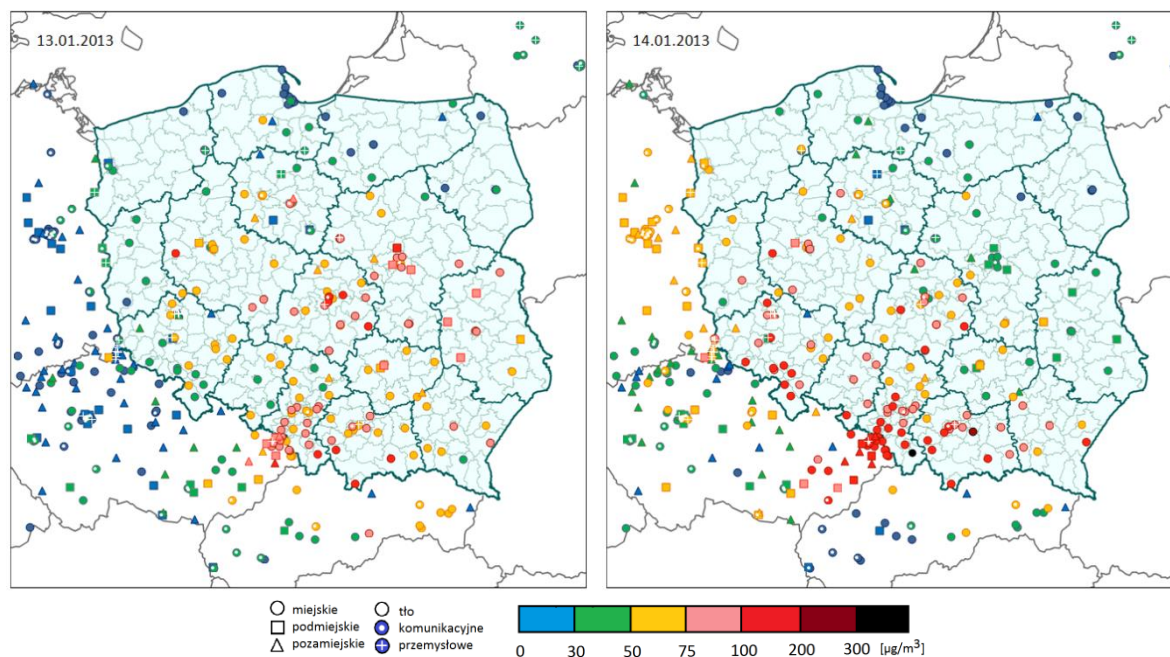


Rysunek 4.2-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 14 stycznia 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Początkowo obszar występowania podwyższonych ($S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i wysokich ($S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stężeń PM₁₀ obejmował centrum i południowo-wschodnią część kraju. W drugim dniu spadły stężenia we wschodniej połowie Polski, wzrosły w południowej i południowo-zachodniej części kraju (a także w Niemczech). W kulminacyjnym dniu epizodu, 15.01.2013 r., wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły na niemal całym obszarze Polski (z wyjątkiem północnych krańców terytorium kraju) oraz we wschodniej części Czech. W tym dniu na 82% stanowisk w Polsce stężenie 24-godz. PM₁₀ było wyższe od wartości 95-tego percentyla z serii pomiarów dobowych na tych stacjach. Oznacza to, że w tym dniu spełnione były kryteria określone dla epizodu ponadregionalnego. W kolejnych dwóch dniach stężenia PM₁₀ obniżały się, a obszar z przekroczeniami poziomu progowego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zmniejszył się w dniu 17.01.2013 r. do części woj. śląskiego i małopolskiego. Podczas epizodu wystąpiło 7 przypadków przekroczenia poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz 3 przypadki przekroczenia poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dla stężeń 24-godz. PM₁₀. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.2-1.

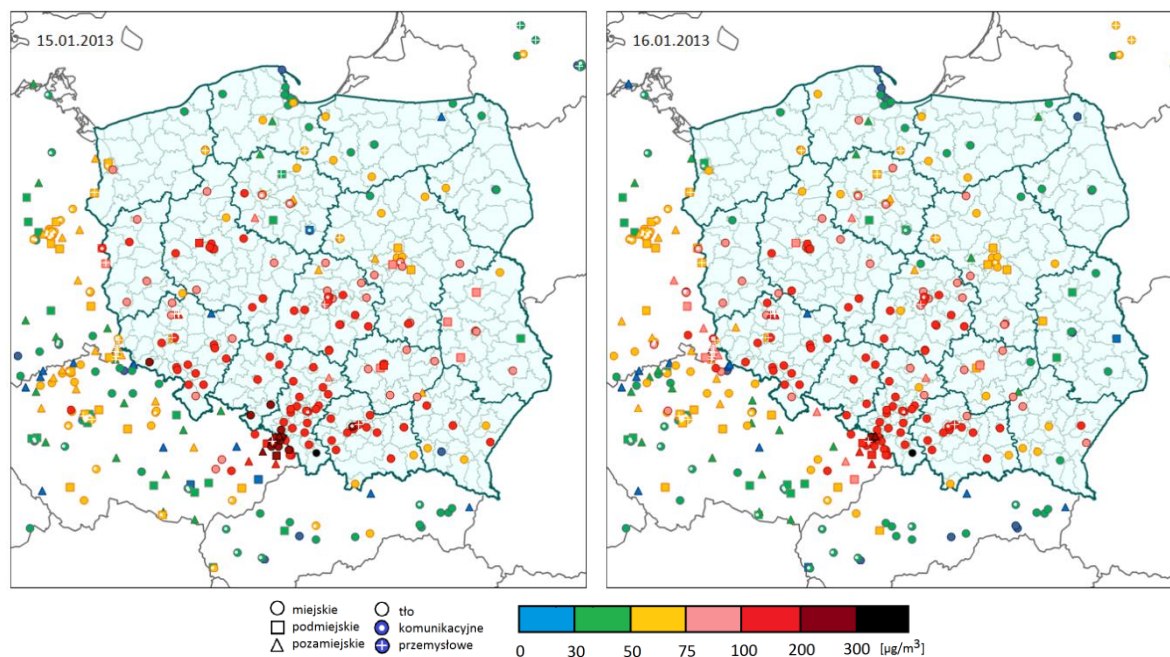
Po kilkudniowym okresie z niskimi stężeniami PM₁₀, 13 stycznia 2013 r. stężenia PM₁₀ znacząco wzrosły. Polska znajdowała się wówczas w obszarze o niskim gradiencie ciśnienia atmosferycznego w centrum zanikającego niżu. Stężenia dobowe wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na terenie większości województw poza województwami północnej i zachodniej Polski. Stężenia przekraczające $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 63% stanowisk w Polsce, a stężenia przekraczające $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 28% stanowisk.



Rysunek 4.2-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 13-14.01.2013 r.

W Polsce najwyższe stężenia notowane były w Żywcu w woj. śląskim ($189 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowisku w Koniczynie k. Torunia $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim - $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W kolejnym dniu (14.01.2013) obszar z podwyższonymi stężeniami PM₁₀ przesunął się w kierunku zachodnim, obejmując dodatkowo woj. dolnośląskie i lubuskie. Stężenia w woj. mazowieckim i lubelskim w tym dniu były niższe niż dzień wcześniej i na większości stacji nie przekraczały poziomu $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W pasie województw południowych, od woj. dolnośląskiego do podkarpackiego, stężenia PM₁₀ były wysokie. Polska znajdowała się wówczas pod wpływem klina wysokiego ciśnienia. Masa powietrza zalegająca w obszarze wyżu była mroźna i sucha a notowane nad Polską spadki temperatur sięgały -4°C . Stężenia przekraczające $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 63% stanowisk w Polsce, a stężenia przekraczające $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 37% stanowisk, w tym na 42% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Żywcu ($349 \mu\text{g}/\text{m}^3$), gdzie przekroczony został poziom alarmowy oraz w Bochni w woj. małopolskim ($232 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gdzie przekroczony został poziom informowania. Spośród stanowisk tła pozamiejskiego najwyższe stężenie dobowe wystąpiło na stanowisku w Osieczowie w woj. dolnośląskim ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. dolnośląskim, opolskim, śląskim, małopolskim i podkarpackim - $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.2-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 15-16.01.2013 r.

W dniu 15.01.2013 stężenia 24-godz. PM₁₀ wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły we wszystkich województwach w kraju, przy czym na północy kraju stężenia były niższe niż w części południowej. W tym dniu gradient ciśnienia atmosferycznego w centralnej i zachodniej części Polski był niski i w rezultacie prędkość wiatru w tych rejonach kraju do godzin popołudniowych była mała, w nocy i nad ranem okresowo występowała cisza wiatrowa. Temperatura wynosiła od -7°C do -3°C (Poznań). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 84% stanowisk w kraju, w tym na 85% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 67% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na stacjach położonych we wszystkich województwach w kraju za wyjątkiem woj. podlaskiego i warmińsko-mazurskiego. Przekroczenia te wystąpiły na 62% stanowisk, w tym na 69 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 22% stanowisk tła pozamiejskiego. W tym dniu (15.01.2013) na 82% stanowisk PMS stężenie PM₁₀ było wyższe od wartości percentyli S95 z rocznych serii pomiarowych z tych stanowisk, a więc tego dnia spełnione były kryteria wystąpienia epizodu ponadregionalnego (typu pierwszego) o zasięgu ogólnokrajowym.

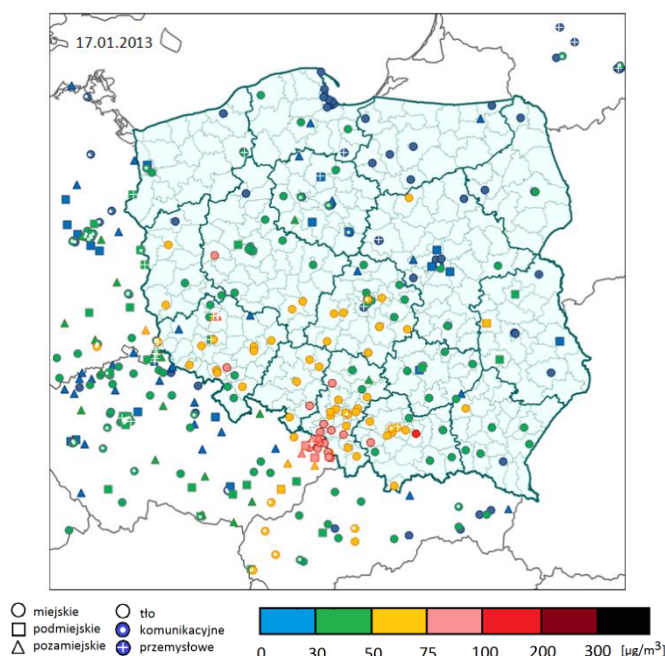
Wysokie stężenia, przekraczające poziom informowania $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na kilku stacjach zlokalizowanych w południowej części Polski, w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom alarmowy, zanotowano w Żywcu ($317 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowisku w Wiktorowie w woj. kujawsko-pomorskim ($98 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Złotym Potoku w woj. śląskim ($96 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. dolnośląskim, opolskim, śląskim i małopolskim - $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 16.01.2013 strefa z podwyższonymi stężeniami PM₁₀ przesunęła się na zachód, obejmując swym zasięgiem tereny przygraniczne Niemiec. Jednocześnie stężenia PM₁₀ w

województwach lubelskim i podlaskim obniżyły się w stosunku do stężeń z dnia poprzedniego. Stężenia 24-godz. PM₁₀ wyższe od 50 µg/m³ wystąpiły w Polsce we wszystkich województwach za wyjątkiem woj. podlaskiego. Na północy kraju stężenia były niższe niż w części południowej. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 79% stanowisk w kraju, w tym na 79% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 57% stanowisk ogółem, na 59 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 20% stanowisk tła pozamiejskiego. W tym dniu na 69% stanowisk PMŚ stężenie PM₁₀ było wyższe od wartości percentyli S95 z rocznych serii pomiarowych z tych stanowisk.

Wysokie stężenia, przekraczające 170 µg/m³ wystąpiły na kilku stacjach zlokalizowanych w południowej części Polski, w woj. śląskim, opolskim i małopolskim. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom alarmowy, zanotowano w Żywcu (325 µg/m³), a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowisku w Złotym Potoku w woj. śląskim (95 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 89 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. dolnośląskim, opolskim, śląskim i małopolskim - 128 µg/m³.

W dniu 17.01.2013 nastąpił znaczący spadek stężeń PM₁₀ w porównaniu z dniem poprzednim. W Polsce stężenia 24-godz. PM₁₀ wyższe od 75 µg/m³ wystąpiły tylko w 4 województwach, przy czym stężenia przewyższające te wartości na wielu stacjach w województwie wystąpiły tylko w woj. śląskim.



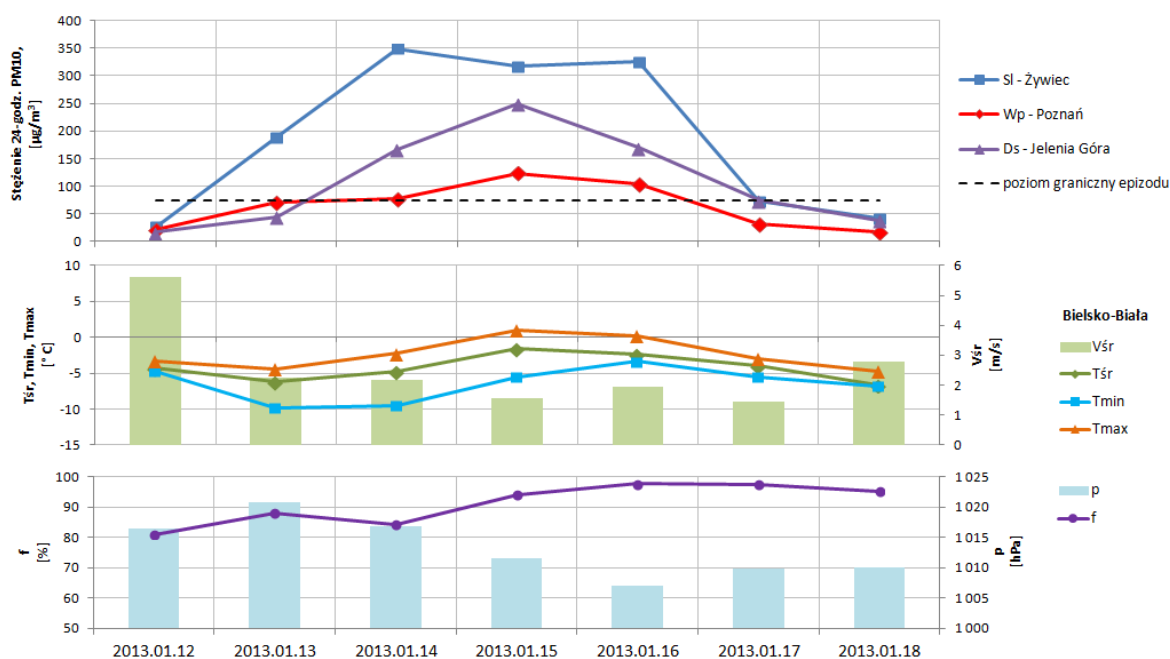
Rysunek 4.2-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniu 17.01.2013 r.

Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 32% stanowisk w kraju, w tym na 35% stanowisk tła miejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 7% stanowisk, w tym na 7 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. W tym dniu stężenie PM₁₀ było wyższe od wartości

percentyli S95 z rocznych serii pomiarowych tylko na 4% stanowisk PMS. Tylko na jednej stacji w Polsce wystąpiło stężenie przewyższające 100 µg/m³ – była to stacja w Bochni (123 µg/m³) w woj. małopolskim. Najwyższe stężenie dobowe spośród stanowisk tła pozamiejskiego zanotowano na stanowisku w Złotym Potoku w woj. śląskim (47 µg/m³).

Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 42 µg/m³, było więc przeszło dwukrotnie niższe niż dzień wcześniej. Stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim wynosiło 66 µg/m³.

Na rys. 4.2-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM₁₀ na stanowiskach pomiarowych w Żywcu w woj. śląskim, Poznaniu, oraz w Jeleniej Górze, a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Bielsku-Białej. Na stanowisku w Żywcu stężenie PM₁₀ w ciągu 3 dni przekraczało poziom alarmowy (300 µg/m³).



Rysunek 4.2-5 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Bielsku-Białej

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

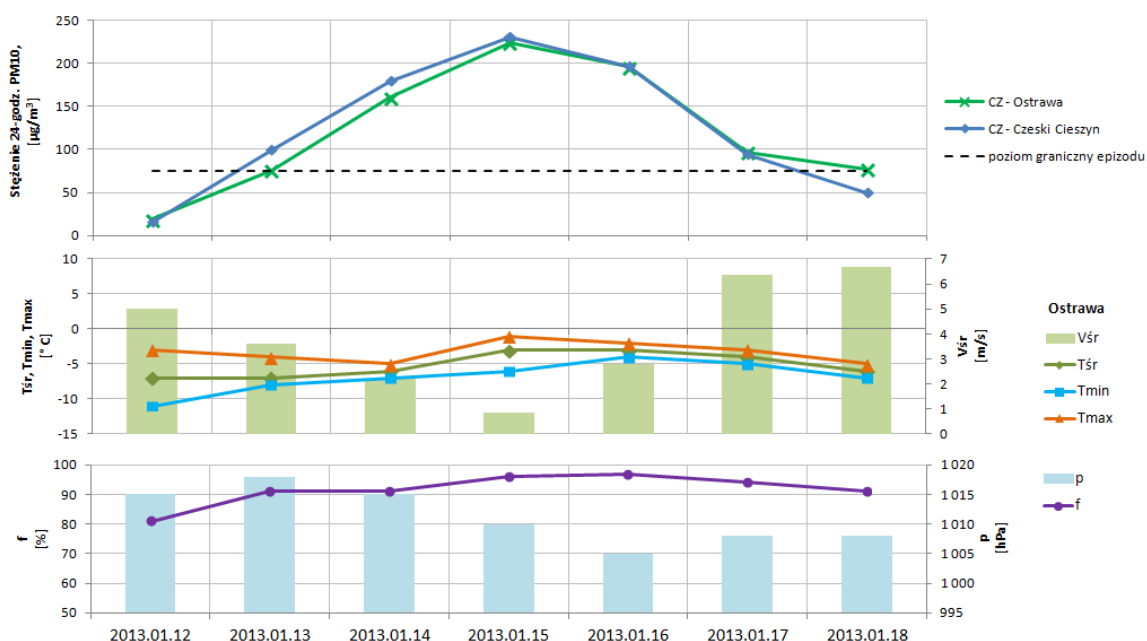
Na początku epizodu (13.01.2013 r.) wysokie stężenia PM₁₀ notowane były na 9 stanowiskach tła w Czechach w rejonie Ostrawy i innych rejonach wschodniej części Czech, a także na jednym stanowisku na Słowacji. W Czechach najwyższe stężenie PM₁₀ na stacji tła wystąpiło w Pstruży (102 µg/m³ – stacja pozamiejska) i w Czeskim Cieszynie (100 µg/m³). Na Słowacji przekroczenie wystąpiło na stacji w Jelsawie. Również w kolejnym dniu wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w Czechach, gdzie stężenie dobowe przekroczyło poziom 75 µg/m³ na 20 stanowiskach pomiarowych. Najwyższe stężenie PM₁₀ na stacji tła wystąpiło w Czeskim Cieszynie (180 µg/m³). Przekroczenie poziomu granicznego epizodu wystąpiło też na

jednej stacji tła w Niemczech – w Żytawie w pobliżu zbiegu granic Niemiec, Polski i Czech. Stężenie tam notowane to $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 15.01.2013 r. w dalszym ciągu we wschodniej części Czech notowano wysokie stężenia pyłu. Stężenie dobowe przekroczyło poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 18 uwzględnionych w analizie czeskich stanowiskach tła miejskiego, podmiejskiego i pozamiejskiego. Najwyższe stężenie PM10 na stacji tła wystąpiło w Lutyni Dolnej k. Ostrawy ($235 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – stacja pozamiejska). Był to, podobnie, jak w przypadku Polski, dzień kulminacyjny epizodu w Czechach. Wysokie stężenia wystąpiły co prawda na mniejszej liczbie stanowiska, lecz miały one wyższy poziom. Przekroczenie poziomu granicznego epizodu wystąpiło też na jednej stacji tła w Niemczech – w Briesen w pobliżu granicy z Polską ($89 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W następnym dniu najwyższe stężenie wystąpiło w Lutyni Dolnej k. Ostrawy ($202 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – stacja pozamiejska). Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły też na 6 stanowiskach tła zlokalizowanych na terenie Niemiec, w pobliżu granic z Polską i Czechami. 16 stycznia nastąpiła kulminacja epizodu w Niemczech.

17 stycznia, na obszarze krajów ościennych podwyższone stężenia PM10, wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ale niższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były w Czechach, w rejonie Ostrawy. Stężenie dobowe przekroczyło poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 12 stanowiskach tła miejskiego, podmiejskiego i pozamiejskiego. Najwyższe stężenie zanotowano na stacji w Ostrawie ($97 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Na rys. 4.2-6 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Ostrawie oraz Czeskim Cieszynie, a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Ostrawie. W dniach występowania najwyższych poziomów stężeń pyłu obserwowano znaczący spadek prędkości wiatru (do poniżej 1 m/s prędkości średniej dobowej w dniu 15.01.2013 r.).



Rysunek 4.2-6 Stężenie 24-godzinne PM10 na stanowisku pomiarowym w Ostrawie oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie

Tabela 4.2-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 13-17.01.2013 r.

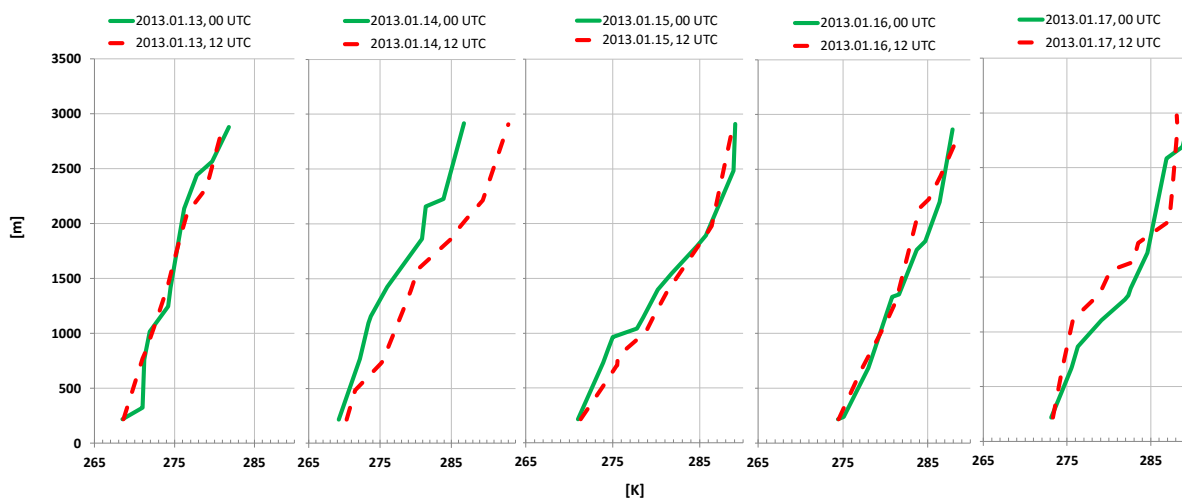
	Jednostka	2013-01-13	2013-01-14	2013-01-15	2013-01-16	2013-01-17
Wszystkie stanowiska w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	59.8	69.7	98.5	89.1	42.4
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	63	63	84	79	32
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	28	37	62	57	7
% stanowisk z S24>S95	%	24	35	82	69	4
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	189	349	317	325	123
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	62.6	73.4	104.0	91.9	44.1
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	67.9	66.7	85.2	78.9	35.4
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	31.5	41.5	68.5	59.0	6.8
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	189	349	317	325	123
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	48.6	45.2	60.5	57.0	24.1
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	60.0	30.0	66.7	50.0	0.0
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	10.0	0.0	22.2	20.0	0.0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	76	70	98	95	47
Stanowiska tła poza granicami Polski						
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	1	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	9	20	18	22	12
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	1	1	6	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 13 – 17.01.2013 została przeprowadzona na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostějov (Czechy, nr stacji: 11747).

W dniach 13 do 17.01.2013 r. rozkłady pionowe temperatury potencjalnej wskazywały na występowanie równowagi stabilnej do wysokości 3000 m. Warunki chwiejności atmosfery w ciągu całego analizowanego okresu nie ulegały znaczącej zmianie. Różnice występowały jednakże w odniesieniu do temperatury powietrza, która w kolejnych dniach nieznacznie wzrastała, średnio o 10°C – od -4°C do około 10°C pod koniec analizowanego okresu.

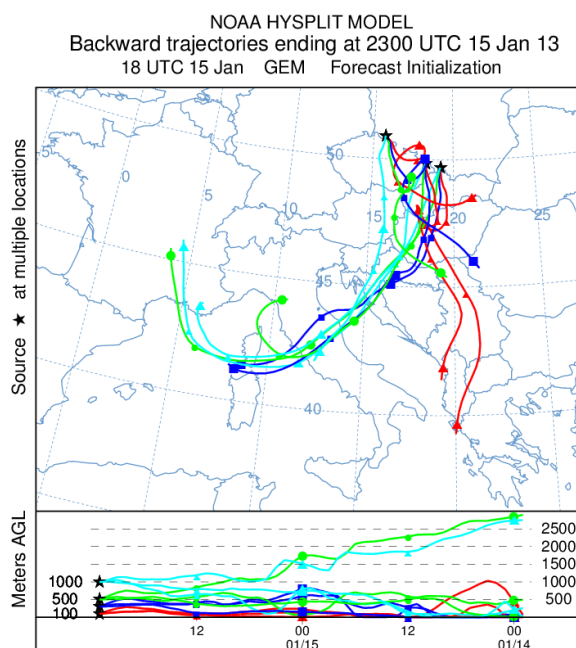
Przebieg wykresów temperatury potencjalnej może wskazywać na rozwój inwersji wyżowej w kolejnych dniach na wysokości około 1000m oraz obecność inwersji radiacyjnych w ciągu nocy do wysokości 250 m w pierwszym dniu analizy i epizodów inwersji

podniesionych w ciągu drugiego i trzeciego dnia analizy. Inwersje podniesione zaczynały się na wysokości około 500 m i sięgały do około 750 m.



Rysunek 4.2-7 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sonduży aerologicznych w Prostějovie w dniach 13-17.01.2013 r.

Trajektorie wsteczne

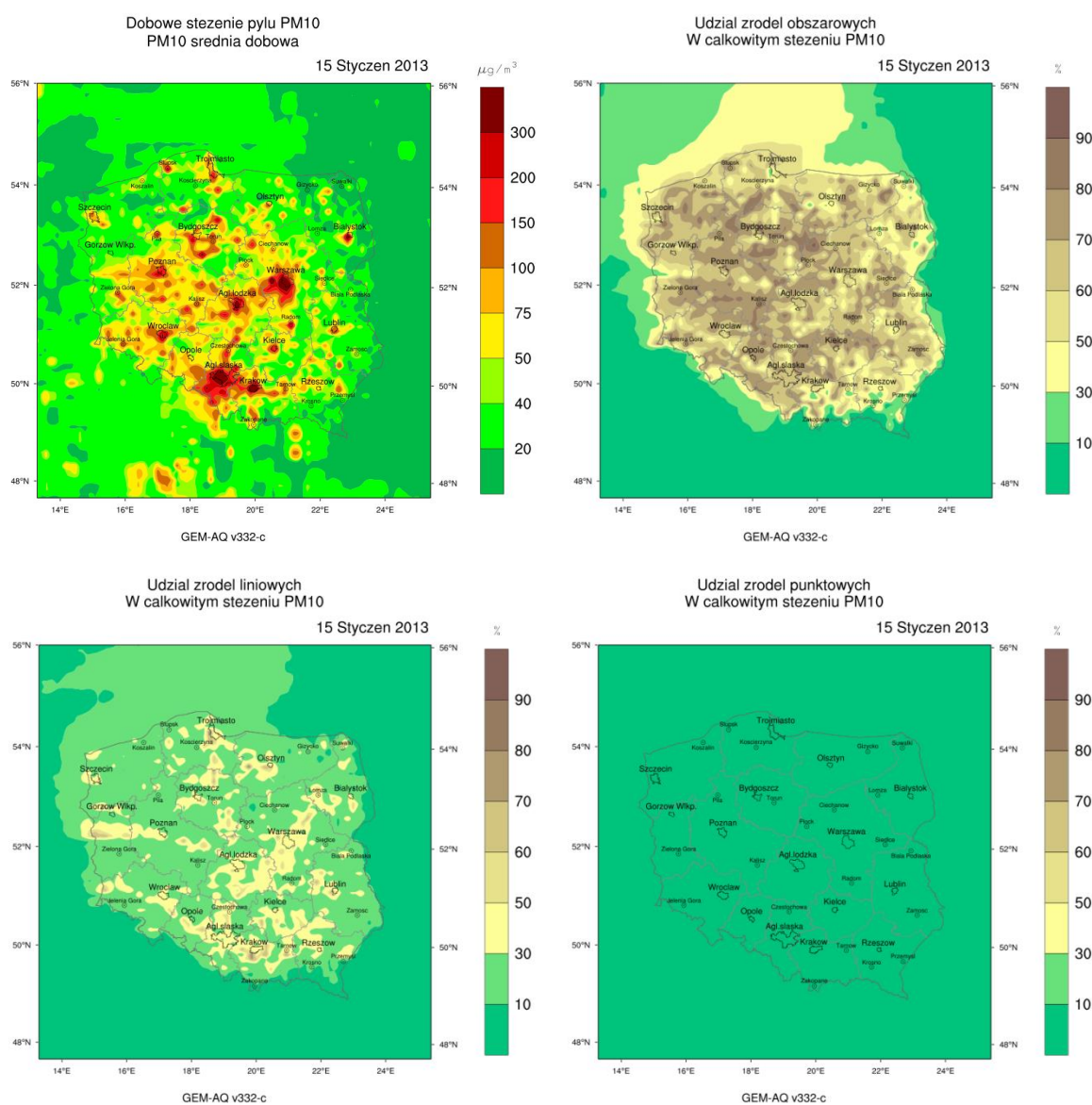


Rysunek 4.2-8 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 15 stycznia 2013 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla dnia referencyjnego epizodu (15.01.2013 r.) dla dwóch południowych miast polskich, w których wystąpiły wtedy bardzo wysokie stężenia PM₁₀: Żywca (317 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Jeleniej Góry (249 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz dla jednego miasta czeskiego: Ostrawy (224 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Przebiegi trajektorii z Żywca i Ostrawy mają podobny charakter, nieco odmienny, niż w przypadku Jeleniej Góry. Przepływ mas powietrza na wyższych wysokościach zmieniał kierunek nad Półwyspem Apenińskim z północnego (z południa Francji) na południowo-zachodni, natomiast w przypadku najniższej trajektorii napływ następował z kierunku południowego w całym analizowanym okresie. W dniu poprzedzającym dzień referencyjny nastąpiła duża zmienność kierunku i spadek prędkości wiatru, widoczna dla najniższych trajektorii, zwłaszcza obliczonej dla Jeleniej Góry. Bezpośredni napływ powietrza na Żywiec i Ostrawę nastąpił znad obszaru Słowacji i Węgier, natomiast na Jelenią Górę - znad Górnego Śląska i Czech.

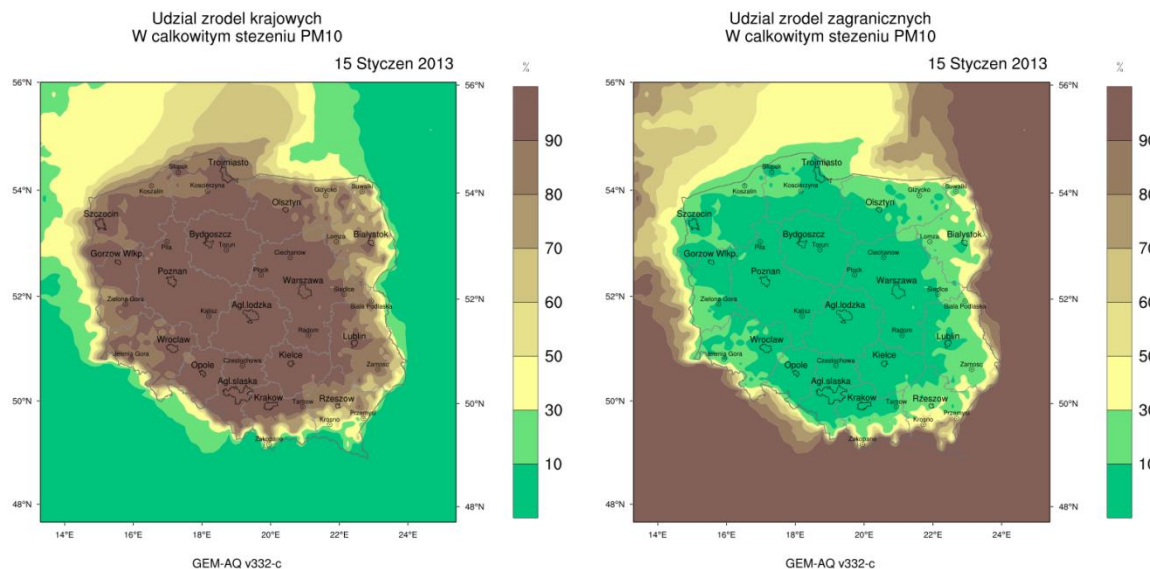
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu



Rysunek 4.2-9 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 15 stycznia 2013 r.

Wyniki modelowania wskazują na objęcie epizodem znaczącego obszaru Polski, co potwierdzają również wyniki pomiarów prowadzonych na stacjach monitoringu. Stężenia niższe, nie przekraczające poziomu granicznego epizodu, miały miejsce w północnych i wschodnich województwach, poza rejonami większych miast i aglomeracji. Najwyższe stężenia oraz największy zasięg przestrzenny epizodu miał miejsce w województwach: śląskim, małopolskim, dolnośląskim, łódzkim i mazowieckim. Należy jednak wziąć pod uwagę pewne przeszacowanie modelowanych poziomów stężeń w rejonie aglomeracji warszawskiej.

Udział punktowych źródeł emisji w powstawaniu stężenia pyłu na obszarze epizodu był najmniejszy (poniżej 10%). Kolejną grupą źródeł emisji odpowiedzialnych za powstanie epizodu były źródła liniowe, mające od 30 do 50% udziału na obszarach występowania najwyższych poziomów stężeń i do 30 % poza nimi. Kategoria z najwyższym udziałem (50-90%), to źródła powierzchniowe (obszarowe).



Rysunek 4.2-10 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 15 stycznia 2013 r.

Wystąpienie epizodu na prawie całym obszarze nim objętym wiązało się z oddziaływaniem źródeł krajowych. Wyjątek stanowi południowy pas województw: małopolskiego i podkarpackiego, a także zachodnia część Dolnego Śląska, gdzie udział źródeł zagranicznych wynosił od 10 do 30%. Oddziaływanie źródeł polskich na rejony wystąpienia epizodu zaznacza się na poziomie do 30% na przygranicznym obszarze północnych Czech.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Analizowany epizod obejmował kilka dni, a także, z różnym nasileniem, prawie cały obszar Polski (zwłaszcza na terenach miejskich). Zmierzone w kraju stężenia pyłu PM₁₀ w kilku lokalizacjach przekraczały poziom informowania oraz poziom alarmowy. W kulminacyjnym dniu odnotowane stężenia przekraczały poziom graniczny epizodu (75 µg/m³)

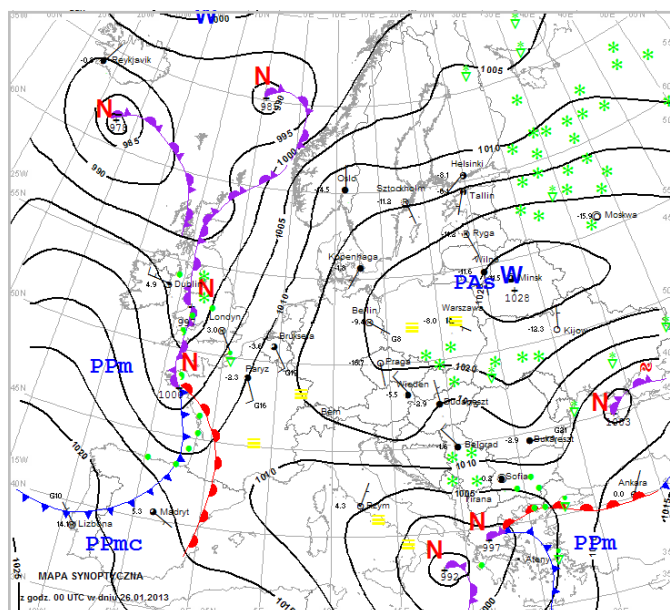
na blisko 70% stanowisk tła miejskiego i ok. 20% tła pozamiejskiego w Polsce. Kulminacja epizodu nastąpiła tego dnia również w Czechach (przede wszystkim w rejonie Ostrawy), natomiast w kolejnym dniu w Niemczech, przy granicy z Czechami. Za główną przyczynę epizodu w Polsce należy uznać aktywność krajowych źródeł powierzchniowych (ogrzewanie budynków), związaną z niskimi temperaturami powietrza, połączoną z niekorzystnymi warunkami rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń, tj. niską prędkością wiatru oraz występowaniem inwersji. Na znaczące podwyższenie poziomu stężenia pyłu w rejonie Ostrawy mogły częściowo wpłynąć źródła emisji położone w Polsce, zaś do podwyższenia stężeń nad Polską południowo-zachodnią przyczyniły się źródła emisji położone poza obszarem kraju (w Czechach).

4.3. Epizod 3. Od 20 do 30 stycznia 2013.

Epizod w krajach ościennych (Czechy, Słowacja, Niemcy)

Sytuacja synoptyczna

20 stycznia 2013 Polska znajdowała się pod wpływem rozległego niżu znad północnego Atlantyku. Zalegała przetransformowana arktyczna masa powietrza, a temperatury utrzymywały się na przeważającym obszarze kraju w ciągu całej doby poniżej -6°C , ze spadkami w godzinach nocnych. 21 stycznia od południa i zachodu kraju nadciągnął ciepły front, za którym napłynęło ciepłe i wilgotne powietrze, co spowodowało opady śniegu i deszczu na przeważającym obszarze Polski. Utrzymywały się niskie temperatury powietrza. Od 22 stycznia Polska znajdowała się na pograniczu oddziaływania dwóch ośrodków barycznych: klina wyżowego rozciągającego się znad Grenlandii nad Rosję i strefy niskiego ciśnienia na południu. W całym kraju występowały znaczące opady śniegu. Utrzymywały się temperatury ujemne, a w związku oddziaływaniem klina wyżowego postępowało ochłodzenie. 23 i 24 stycznia sytuacja baryczna nie ulegała większym zmianom. Niewielkie opady obserwowano w południowej części kraju. Temperatury utrzymywały się ok. -8°C . Od 25 stycznia pogodę nad Polską kształtował układ wysokiego ciśnienia. Występowało zachmurzenie duże z przejaśnieniami oraz przelotne opady śniegu. W związku z napływem arktycznej masy powietrza temperatura znacząco się obniżyła.



Rysunek 4.3-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 26 stycznia 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

27 stycznia postępował spadek temperatur w wyniku oddziaływania chłodnych mas powietrza znad Rosji. Od 28 stycznia przez Polskę od północnego zachodu przechodził rozległy front atmosferyczny związany z niżem znad północnego Atlantyku. W zachodniej części kraju temperatura znacząco wzrosła, wystąpiły również intensywne opady. Południowa i wschodnia część Polski charakteryzowała się nadal ujemnymi temperaturami. W kolejnych dniach nastąpił znaczący wzrost temperatur powyżej 0°C i odwilż. Występowały przelotne opady deszczu i deszczu ze śniegiem.

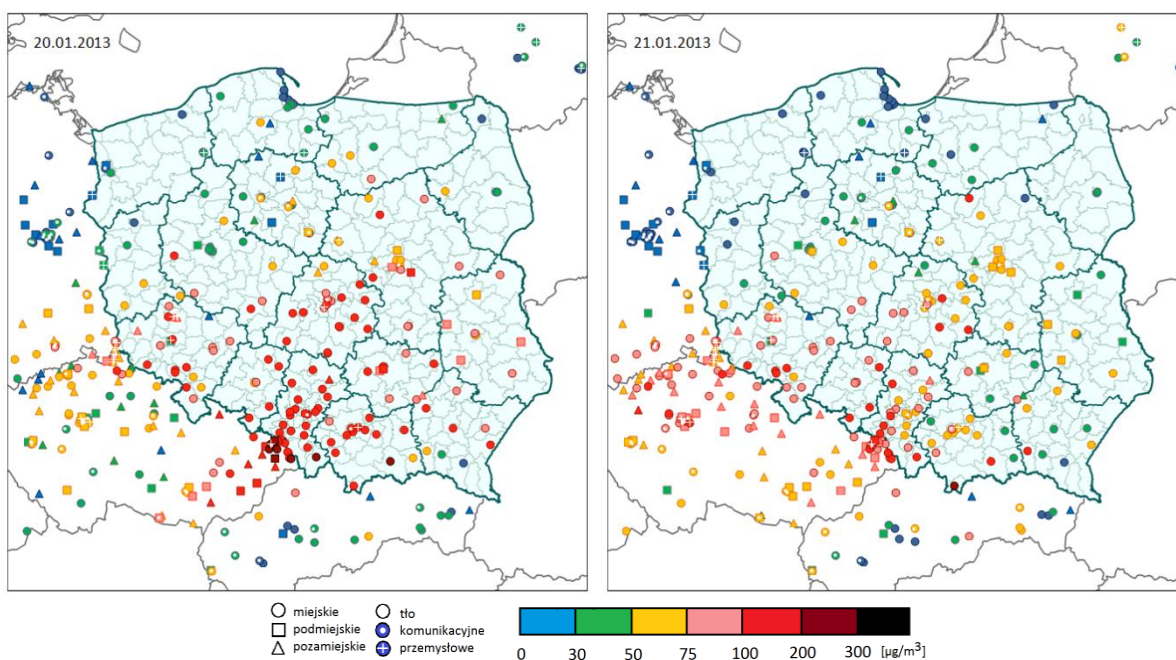
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W trakcie epizodu, którego kulminacja nastąpiła w dniu 24.01.2013 r., wysokie stężenia PM₁₀ występowały niemal na całym obszarze Polski, a także na terytorium Czech i na części terytorium Słowacji oraz pojedynczych stanowiskach w Niemczech. W dniu kulminacji na 90% stanowisk w Polsce stężenie 24-godz. PM₁₀ było wyższe od wartości 95-tego percentyla z serii pomiarów dobowych na tych stacjach. Oznacza to, że w tym dniu spełnione były kryteria określone dla epizodu ponadregionalnego. Epizod trwał, z różnym natężeniem 11 dni, z czego 9 na terenie Polski i ostatnie dwa dni na Słowacji. W Polsce w tym czasie wystąpiło 28 przypadków przekroczeń poziomu informowania i 2 przypadki przekroczenia poziomu alarmowego przez stężenia 24-godz. PM₁₀. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.3-1.

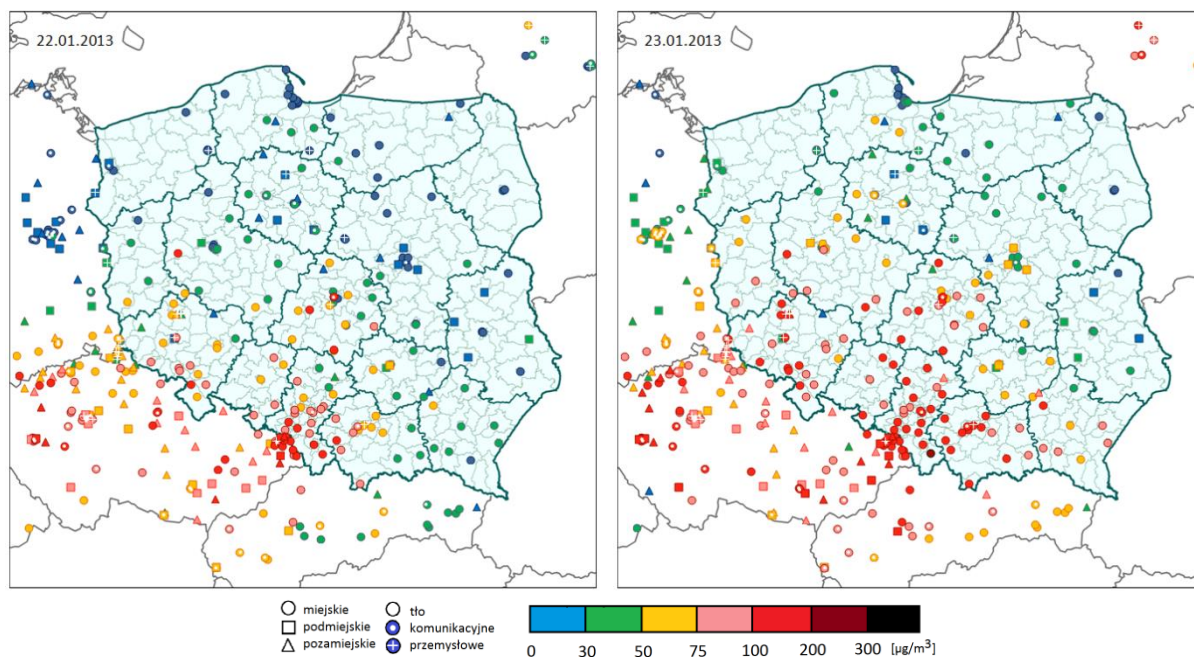
W dniach 18-19 stycznia 2013 r. podwyższone stężenia PM₁₀ wystąpiły głównie na pograniczu polsko-czeskim, w rejonie Ostrawy oraz we wschodnich Czechach. W następnych dniach zwiększał się zarówno obszar występowania wysokich stężeń PM₁₀, jak i rosły stężenia notowane na poszczególnych stacjach. W dniu 20.01.2013 r. stężenia dobowe wyższe od 75 µg/m³ wystąpiły na terenie większości województw poza województwami północno-zachodniej Polski. Stężenia przekraczające 50 µg/m³ notowano na 75% stanowisk w Polsce, a

stężenia przekraczające 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na 56% stanowisk. Stężenia wyższe od 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rejestrowane były nie tylko na stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego (61 % stanowisk), ale i na stanowiskach pozamiejskich (30% stanowisk). W kilku województwach południowej i centralnej Polski, wyniki ze wszystkich stacji przekraczały poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Najwyższe stężenie notowane były w Nowym Sączu (225 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Żywcu w woj. śląskim (224 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), gdzie przekroczony został poziom informowania (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowisku w Złotym Potoku w woj. śląskim (104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Wysokie stężenia wystąpiły też w centrum Polski, np. 195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w Żyrardowie w woj. mazowieckim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim - 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.3-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 20-21.01.2013 r.



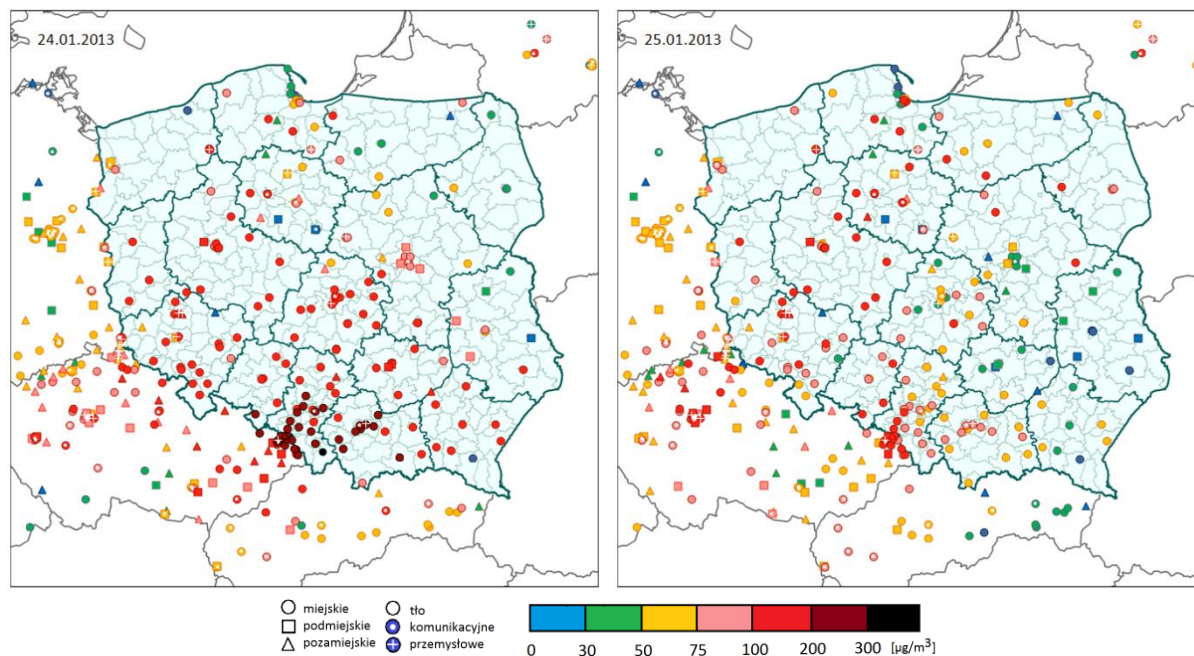
Rysunek 4.3-3 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 22-23.01.2013 r.

W kolejnym dniu (21.01.2013) obszar z podwyższonymi stężeniami PM10 przesunął się w kierunku południowo-zachodnim. Wzrosły stężenia w zachodniej części Czech, zmalały stężenia we wschodniej i centralnej Polsce. Stężenia przekraczające $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 62% stanowisk w Polsce, a stężenia przekraczające $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 29% stanowisk, w tym na 31% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Zakopanem ($282 \mu\text{g}/\text{m}^3$), gdzie przekroczony został poziom informowania, a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowisku w Osieczowie w woj. dolnośląskim ($82 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Złotym Potoku w woj. śląskim ($76 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. dolnośląskim, opolskim, śląskim i małopolskim - $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 22.01.2013 wysokie stężenia PM10 utrzymywały się głównie w pasie województw południowych, od woj. dolnośląskiego do zachodniej części woj. małopolskiego. Na pozostałym terenie kraju stężenia były znacznie niższe, a poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był tylko na kilku stacjach spoza wymienionych wyżej województw. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był w kraju na 19% stanowisk pomiarowych. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. dolnośląskim, opolskim, śląskim i małopolskim - $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 23.01.2013 nastąpił ponowny wzrost stężeń w Polsce. Wysokie stężenia notowane były w województwach położonych wzdłuż południowej granicy Polski, a także w woj. łódzkim, wielkopolskim i lubuskim. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 64% stanowisk w kraju, w tym na 67% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 27% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 46% stanowisk, w tym na 48% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 27% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe PM10 zanotowano na stacji w Żywcu w woj. śląskim ($213 \mu\text{g}/\text{m}^3$),

gdzie przekroczony został poziom informowania. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. dolnośląskim, opolskim, śląskim, łódzkim i małopolskim - 107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.3-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 24-25.01.2013 r.

W dniu 24.01.2013 nastąpił dalszy wzrost stężeń PM₁₀ na terenie Polski. Na większości stacji w woj. śląskim i małopolskim stężenia dobowe PM₁₀ przekroczyły 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenia PM₁₀ przewyższające 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ notowane były we wszystkich województwach za wyjątkiem woj. podlaskiego.

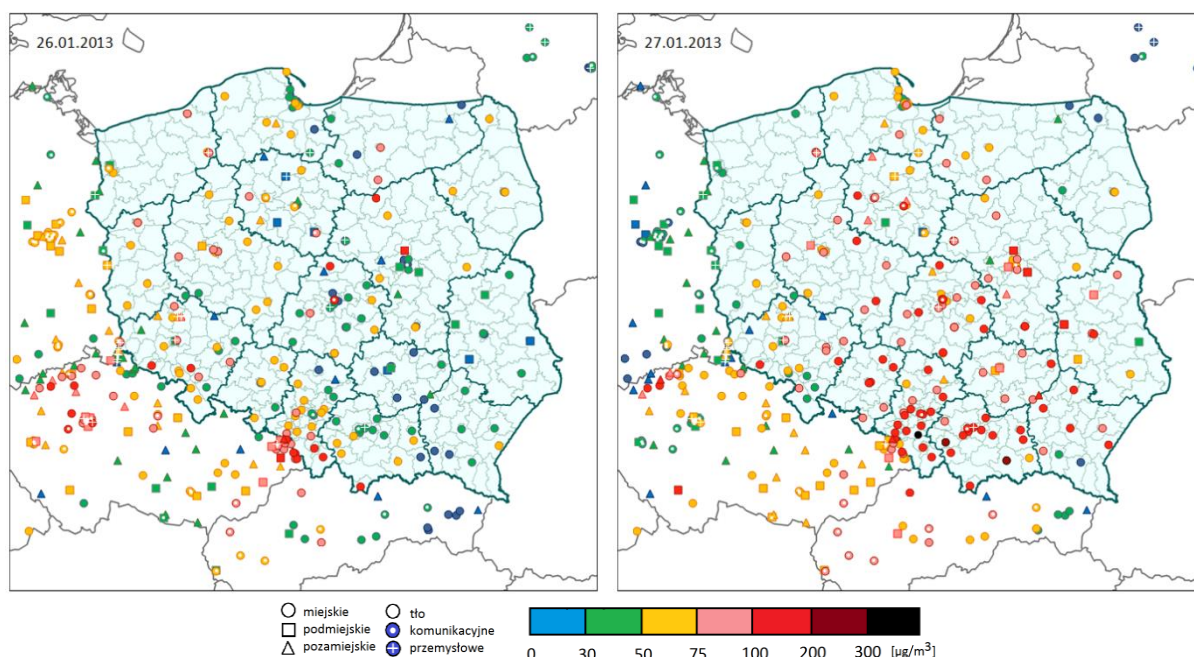
W tym dniu (24.01.2013) na 90% stanowisk PMS stężenie PM₁₀ było wyższe od wartości percentyli S95 z rocznych serii pomiarowych z tych stanowisk, a więc tego dnia spełnione były kryteria wystąpienia epizodu ponadregionalnego (typu pierwszego) o zasięgu ogólnokrajowym.

W dniach od 24 do 27 stycznia Polska była w zasięgu wyżu, który z nad Skandynawii przemieszczał się nad Europę wschodnią. W dniu 24.01.2013 r. temperatura wynosiła od -11 °C do -6 °C (Poznań). W nocy i rano okresowo występowała cisza atmosferyczna, później wiatr był słaby z kierunków zmiennych lub północno-wschodnich.

Stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 89% stanowisk w kraju, w tym na 89% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 73% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 76% stanowisk, w tym na 80 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 55% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom alarmowy, zanotowano w Żywcu (430 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowisku w Żłotym Potoku w woj. śląskim (165 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), w Trzciance w woj. świętokrzyskim (118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Widuchowej w woj. zachodniopomorskim (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom informowania (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na 22 stanowiskach, głównie w woj.

śląskim i małopolskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim - $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 25.01.2013 na większości terytorium Polski nastąpił spadek stężeń PM10, szczególnie zauważalny w województwach: podkarpackim, lubelskim, świętokrzyskim i mazowieckim. Wysokie stężenia PM10 utrzymywały się w zachodniej połowie kraju. Wzrost stężeń wystąpił w woj. podlaskim i warmińsko-mazurskim. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 77% stanowisk w kraju, w tym na 78% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 47% stanowisk, w tym na 48 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 25% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Łławie w woj. warmińsko-mazurskim ($184 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowiskach w woj. kujawsko-pomorskim: Wiktorowo ($107 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Koniczynka ($91 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.3-5 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 26-27.01.2013 r.

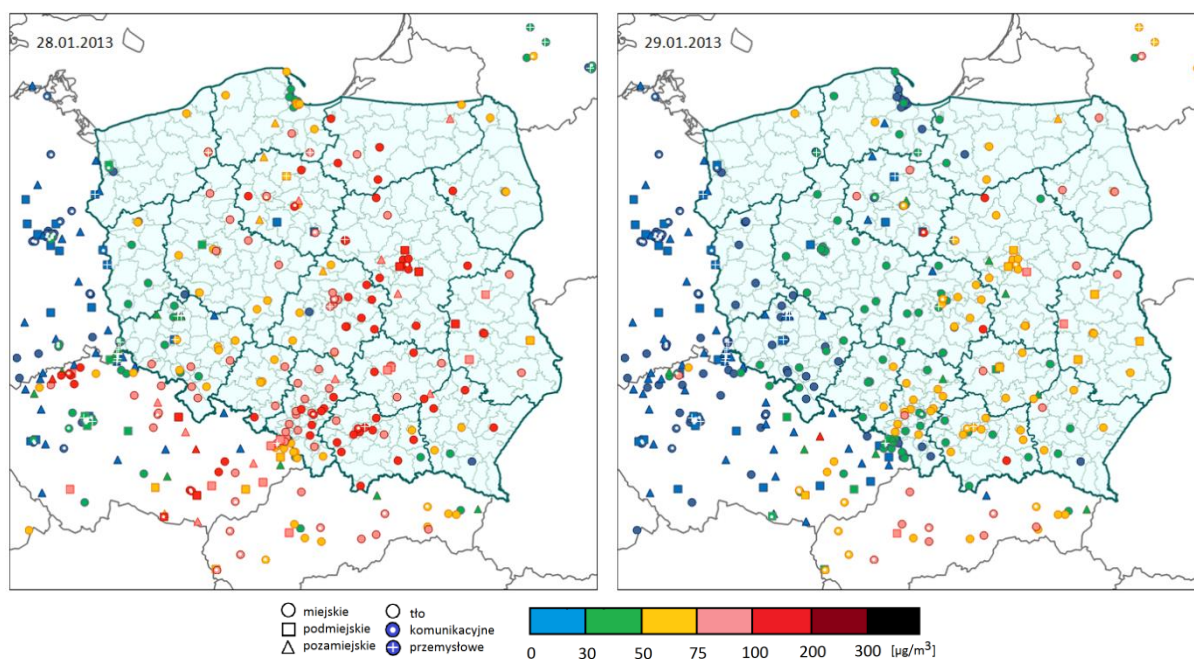
W dniu 26.01.2013 na większości terytorium Polski nastąpił dalszy spadek stężeń PM10. Stężenia przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występowały w części miast zachodniej połowy kraju. Poziom ten przekroczony był też na większości stacji zlokalizowanych w południowej części woj. śląskiego.

Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 49% stanowisk w Polsce, w tym na 53% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 23% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 15% stanowisk, w tym na 17 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na żadnym ze stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Żywcu ($199 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Jeleniej Górze ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stanowisk tła

pozamiejskiego na stanowisku Wiktorowo w woj. kujawsko-pomorskim ($59 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Szklarki w woj. dolnośląskim ($59 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 27.01.2013 nastąpił ponowny wzrost stężeń PM₁₀. Wzrost ten wystąpił na całym terytorium z wyłączeniem woj. lubuskiego i zachodniopomorskiego oraz północno-wschodniego naroża terytorium Polski. Na 2 stacjach w woj. małopolskim stężenia dobowe PM₁₀ przekroczyły poziom informowania $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na jednej stacji (Pszczyna w woj. śląskim) poziom alarmowy $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenia PM₁₀ przewyższające $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowane były we wszystkich województwach za wyjątkiem woj. podlaskiego i lubuskiego.

Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 83% stanowisk w Polsce, w tym na 87% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 69% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 57% stanowisk, w tym na 62 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 39% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom alarmowy, zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim ($306 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stanowisk tła pozamiejskiego na stanowisku w Trzciance w woj. świętokrzyskim ($104 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na 2 stacjach w woj. małopolskim: w Nowym Sączu ($221 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Wadowicach ($243 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim - $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.3-6 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 28-29.01.2013 r.

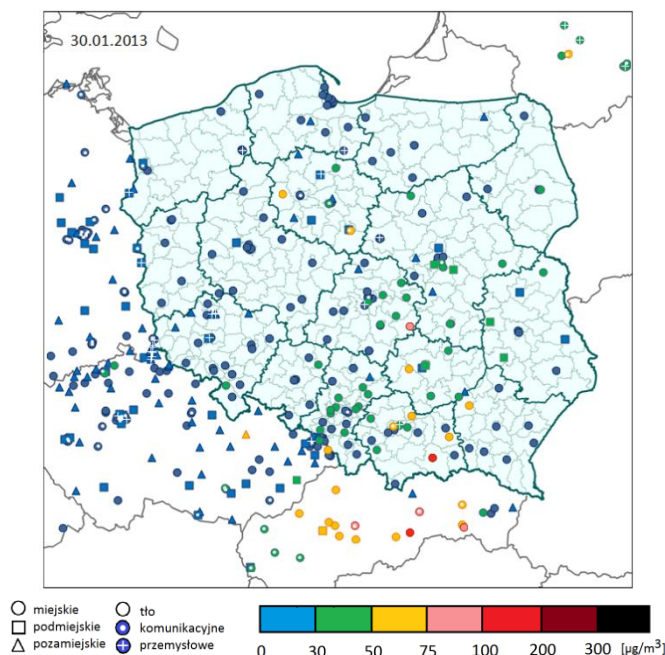
W kolejnym dniu epizodu (28.01.2013) stężenia PM₁₀ na południu Polski nieco zmalały, utrzymując się jednak w wielu miejscach na poziomach wyższych od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Obszar z podwyższonymi stężeniami PM₁₀ rozszerzył się w kierunku północno-wschodnim. Wzrosły

stężenia w woj. mazowieckim i warmińsko-mazurskim, obniżyły się w woj. śląskim. Stężenia PM10 przewyższające $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowane były we wszystkich województwach za wyjątkiem woj. lubuskiego.

Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 80% stanowisk w Polsce, w tym na 84% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 83% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 58% stanowisk, w tym na 60 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Krakowie na stacji komunikacyjnej ($197 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz na stacji tła miejskiego w Skawinie k. Krakowa ($196 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spośród stanowisk tła pozamiejskiego, najwyższe stężenie 24-godz. wystąpiło w Belsku k. Grójca w woj. mazowieckim ($96 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, małopolskim, świętokrzyskim, łódzkim i mazowieckim - $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 29.01.2013 stężenie PM10 w Polsce wyraźnie się obniżyło. W zachodniej połowie kraju stężenie było niższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, we wschodniej w wielu miastach przekraczało tę wartość. W kilkunastu miastach stężenie przekroczyło poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

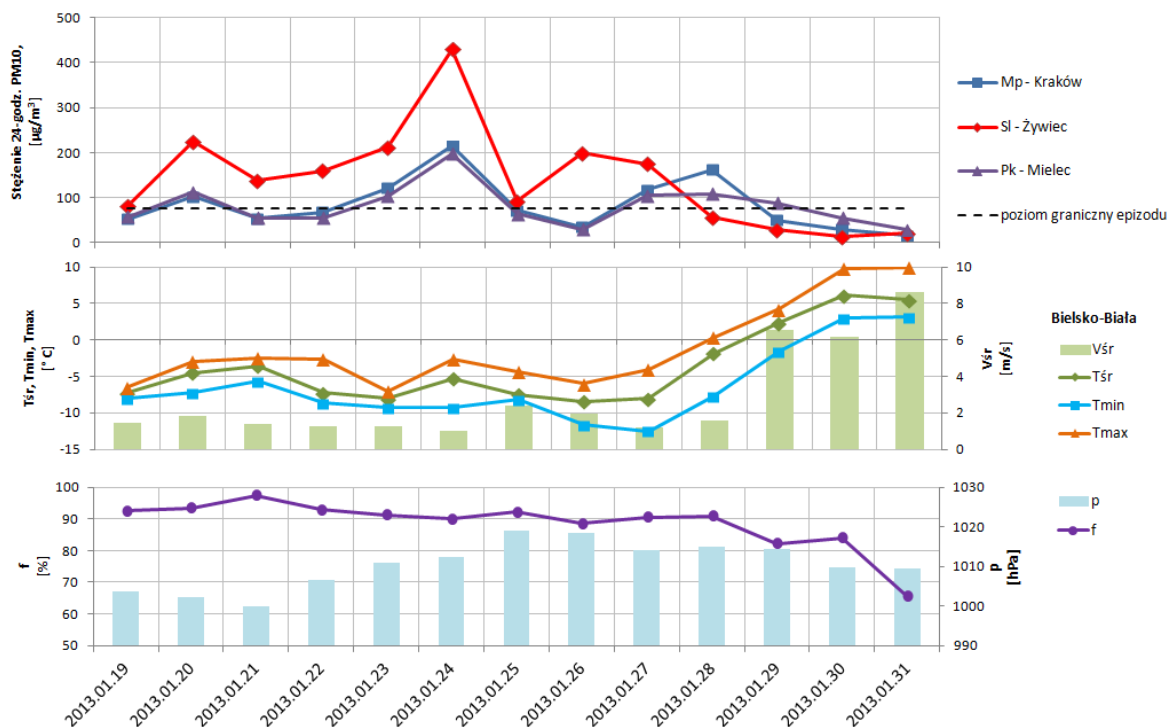
Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 38% stanowisk w Polsce, w tym na 44% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 8% stanowisk, w tym na 9 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami nie zanotowano przekroczeń tego poziomu. Najwyższe stężenie dobowe miało miejsce we Włocławku na stacji komunikacyjnej ($133 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz na stacji tła miejskiego w Nowym Sączu ($127 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spośród stanowisk tła pozamiejskiego, najwyższe stężenie 24-godz. wystąpiło w Puszczy Boreckiej w woj. warmińsko-mazurskim ($73 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. podlaskim - $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.3-7 Stężenia 24-godz. PM10 w dniu 30.01.2013 r.

W dniu 30.01.2013 nastąpił dalszy spadek stężeń PM10 na terenie Polski. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W całej Polsce z wyjątkiem dwóch miast (Opoczno i Nowy Sącz) stężenia były niższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i na 95% stanowisk niższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Podwyższone stężenia PM10 utrzymywały się natomiast na Słowacji, gdzie w wielu miastach stężenie było wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a w 2 miastach wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rys. 4.3-8 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Żywcu w woj. śląskim, Krakowie oraz w Mielcu w woj. podkarpackim, a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Bielsku-Białej. Na stanowisku w Żywcu maksymalne stężenie PM10 przekroczyło poziom alarmowy ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) w dniu 24 stycznia. W tym dniu średnia prędkość wiatru na pobliskiej stacji meteorologicznej w Bielsku-Białej nie przekraczała 1 m/s.



Rysunek 4.3-8 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Bielsku-Białej

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniach poprzedzających wystąpienie epizodu podwyższone stężenia pyłu występowały w rejonie Ostrawy. W dniu 20.01.2013 r. wysokie stężenia PM₁₀ (przekraczające poziom graniczny epizodu) notowane były na 27 stanowiskach tła w Czechach w okolicach Ostrawy i innych rejonach wschodniej części Czech. Najwyższe stężenie na stacji tła w Czechach wystąpiło w Ostrawie (219 µg/m³). Przekroczenie poziomu granicznego epizodu wystąpiło na jednym stanowisku na Słowacji, w rejonie Żliny (88 µg/m³) a także na jednej stacji tła w Niemczech – w Żytawie (82 µg/m³). 21 stycznia wzrosły stężenia w zachodnich Czechach. Stężenia PM₁₀ przekraczające poziom 75 µg/m³ notowane były na 54 stacjach tła w tym kraju, między innymi w Pradze, w części północnej i wschodniej. Najwyższe stężenie wystąpiło w na stacji tła pozamiejskiego w Strojeticach, w kraju środkowoczeskim. Przekroczenia tego poziomu zanotowano też na 5 stanowiskach w Niemczech, przy granicy z Czechami, gdzie notowano stężenia od 81 do 88 µg/m³. Na Słowacji przekroczenia wystąpiły na dwóch stacjach tła, w Jelsavie (79 µg/m³) i Żilinie (89 µg/m³).

W dniu 22.01.2013 r. w Czechach stężenia utrzymywały się na wysokim poziomie. Stężenia 24-godz. PM₁₀ wyższe od 75 µg/m³ wystąpiły na 53 stanowiskach tła w tym kraju. Wysokie stężenia notowane tam były na stanowiskach zarówno miejskich, jak i podmiejskich i pozamiejskich, w każdym rejonie kraju. Najwyższe stężenie (119 µg/m³) wystąpiło na stacji Lutyni Dolnej k. Ostrawy. Na Słowacji przekroczenia wystąpiły dwóch stacjach tła, w Prievidzy (76 µg/m³) i Żilinie (92 µg/m³). W Niemczech przy granicy z Czechami na stacji w Annaberg-Buchholz zanotowano stężenie PM₁₀ 105 µg/m³.

W dniu 23.01.2013 r. w Czechach zanotowano dalszy wzrost stężeń PM10. Stężenia 24-godz. PM10 wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 66 stanowiskach tła w tym kraju. Wysokie stężenia notowane były tam, tak jak dzień wcześniej, na stanowiskach zarówno miejskich, jak i podmiejskich i pozamiejskich, w każdym rejonie kraju. Najwyższe stężenie PM10 na stacji tła wystąpiło w Trzyńcu k. Ostrawy ($143 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły też na Słowacji – na 7 stanowiskach pomiarowych tła. Najwyższe stężenie PM10 w tym dniu na Słowacji to $122 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Prievidza). W Niemczech przekroczenie poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło na 5 stanowiskach tła, najwyższe stężenie zanotowano w miejscowości Annaberg-Buchholz przy granicy z Czechami. 23 stycznia był dniem, w którym epizod w krajach ościennych był najbardziej rozległy obszarowo, w Polsce taka sytuacja miała miejsce następnego dnia.

W dniu 24 stycznia w Czechach w dalszym ciągu notowano wysokie stężenia PM10. Stężenia 24-godz. PM10 wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 59 stanowiskach tła w tym kraju. Wysokie stężenia notowane tam były na niemal na całym terytorium Czech (z wyłączeniem części południowej). Maksimum dla stacji tła zanotowano w Lutyni Dolnej k. Ostrawy ($282 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Były to najwyższe stężenia zarejestrowane w Czechach w trakcie trwania tego epizodu, podobnie jak w Polsce, w której w tym dniu nastąpiło największe nasilenie sytuacji smogowej. Na Słowacji przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 5 tłowych stanowiskach pomiarowych, z maksimum $141 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Żilinie. W Niemczech przekroczenia wystąpiły na jednej stacji tła w – w Żytawie ($83 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W kolejnym dniu stężenia PM10 w Czechach obniżyły się. Przekroczenia poziomu granicznego epizodu wystąpiły na 39 stanowiskach tła w tym kraju. Wysokie stężenia notowane były głównie w rejonie Ostrawy oraz od Pragi do granicy z Niemcami. Maksymalne stężenie dobowe PM10 wystąpiło w Kladnie k. Pragi ($136 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W Niemczech przekroczenie poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 3 stanowiskach pomiarowych tła, a najwyższe stężenie zanotowano w Żytawie ($107 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na Słowacji przekroczenie wystąpiło na jednym stanowisku tła (Żilina $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły również na Litwie (na 4 stanowiskach komunikacyjnych i jednym będącym pod wpływem emisji z przemysłu).

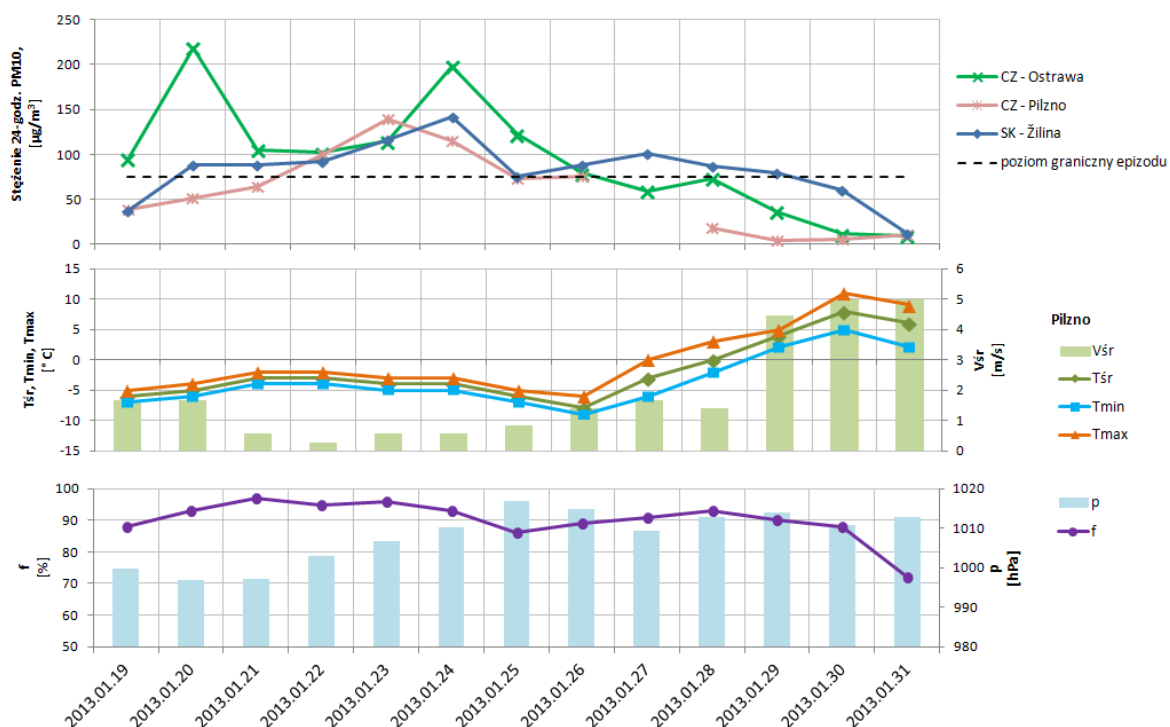
26 stycznia w Czechach stężenia 24-godz. PM10 wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 31 stanowiskach tła, z maksimum $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanowisku w Kladnie k. Pragi. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły także na dwóch stanowiskach na Słowacji (Żilina i Zvolen, odpowiednio 88 i $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$), oraz na jednym stanowisku w Niemczech – w Żytawie ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W kolejnym dniu w Czechach notowane były w dalszym ciągu podwyższone i wysokie stężenia PM10, aczkolwiek stężenia przekraczające poziom epizodu wystąpiły na mniejszej liczbie stanowisk (14) niż dzień wcześniej. Wysokie stężenia notowane były głównie w Kraju Usteckim (stacja Lom – $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w rejonie Ostrawy. Na Słowacji przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 3 tłowych stanowiskach pomiarowych, z maksimum $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stacji w Żilinie.

28 stycznia 2013 r. podwyższone i wysokie stężenia PM10 notowane były w dalszym ciągu w Czechach na 25 stacjach tłowych. Wysokie stężenia notowane były głównie w Kraju Usteckim oraz w rejonie Brna i Ołomuńca. Najwyższą wartość stężenia dobowego PM10 zanotowano na stacji w Uście nad Łabą. Na Słowacji przekroczenia poziomu 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 5 stanowiskach pomiarowych tła. Najwyższe stężenie zanotowano w Jelsavie w kraju bańskobystrzyckim (96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Kolejnego dnia w Czechach nastąpił znaczący spadek stężeń. Tylko na dwóch stanowiskach tła stężenia były wyższe od 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimum stężeń (128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano na stacji tła pozamiejskiego w miejscowości Dolní Studénky w kraju ołomunieckim. Wysokie stężenia notowane były na Słowacji, gdzie przekroczenia poziomu 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 6 stanowiskach tła. Maksimum (90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano w Prievidzy w kraju trenczyńskim. 30 stycznia poziom graniczny przekroczony był na 2 stanowiskach tła na Słowacji. Maksimum (112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano w Jelsavie w kraju bańskobystrzyckim.

Na rys. 4.3-9 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Ostrawie i Pilźnie oraz w Żilinie, a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Pilźnie.



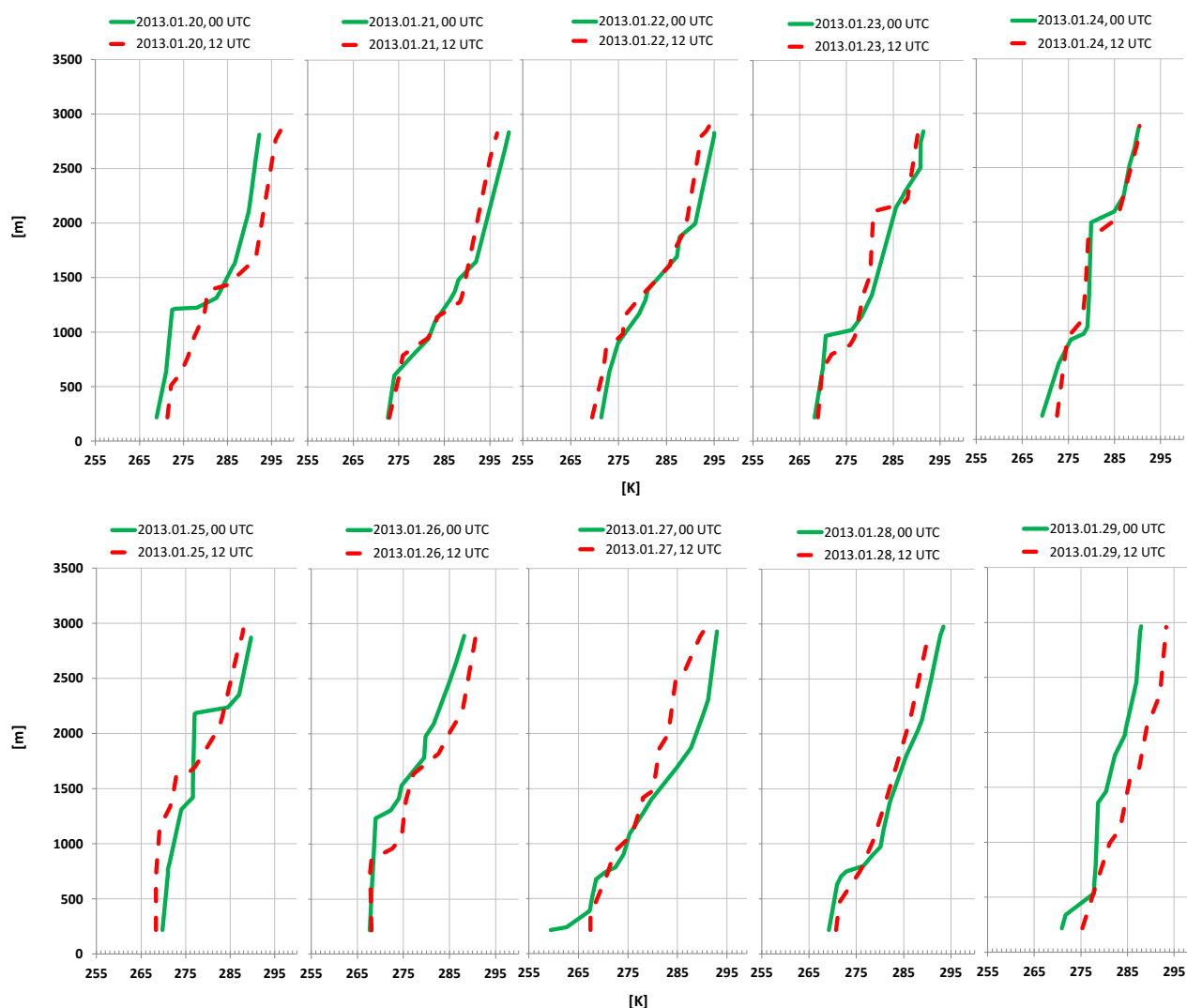
Rysunek 4.3-9 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach i na Słowacji oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Pilźnie (Czechy)

Tabela 4.3-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 20-30.01.2013 r.

	Jedno- stka	2013 -01- 20	2013 -01- 21	2013 -01- 22	2013 -01- 23	2013 -01- 24	2013 -01- 25	2013 -01- 26	2013 -01- 27	2013 -01- 28	2013 -01- 29	2013 -01- 30
Wszystkie stanowiska w Polsce												
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	82.2	60.6	47.9	75.0	121	77.6	53.3	84.5	82.4	44.6	24.1
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	75	62	36	64	89	77	49	83	80	38	5
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	56	29	19	46	76	47	15	57	58	8	1
% stanowisk z S24>S95	%	65	23	12	48	90	49	24	68	60	11	2
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	225	282	160	213	430	184	199	306	197	133	168
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce												
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	86.1	62.6	50.1	77.5	126	79.5	55.3	89.0	85.6	46.7	25.5
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	77	65	39	67	89	78	53	87	84	44	4
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	61	31	21	48	80	48	17	62	60	9	1
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	225	282	160	213	430	184	199	306	196	127	168
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce												
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	56.0	39.9	24.6	45.8	80.9	51.9	37.0	64.1	66.3	34.3	15.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	60.0	20.0	0.0	27.3	72.7	50.0	23.1	69.2	83.3	8.3	0.0
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	30.0	20.0	0.0	27.3	54.5	25.0	0.0	38.5	50.0	0.0	0.0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	104	82	49	88	165	107	59	104	96	73	29
Stanowiska tła poza granicami Polski												
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	1	2	2	7	5	1	2	3	5	6	2
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	27	54	53	66	59	39	31	14	25	2	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	1	5	1	5	1	3	1	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 20-30.01.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

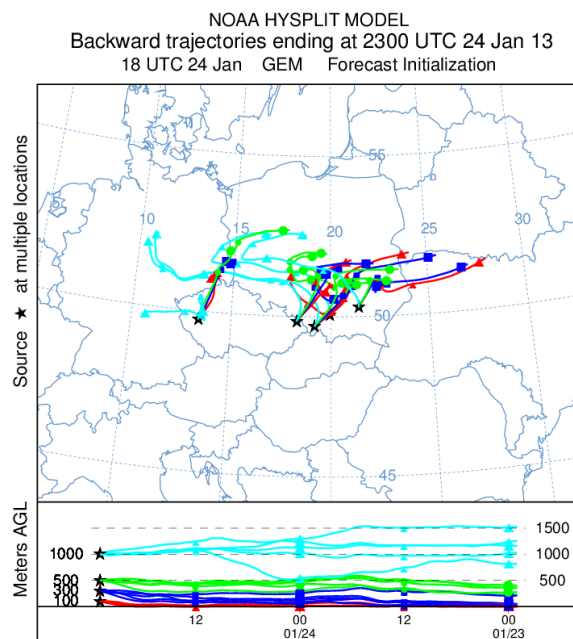
W dniach od 20 do 25.01.2013 roku wykresy temperatury potencjalnej wskazują na występowanie słabej równowagi stałej, sporadycznie przechodzącej w równowagę obojętną. Temperatura utrzymywała się na stałym poziomie -4°C . Silny wzrost temperatury potencjalnej z wysokością w obszarze ponad 1000 m n.p.m. na niektórych wykresach może wskazywać na dynamiczną sytuację synoptyczną przechodzących po sobie układów wysokiego i niskiego ciśnienia. W dniu 26.01.2013 wykresy wskazywały na występowanie równowagi obojętnej w obszarze do 1200m. Dnia 27.01.2013 wystąpiła silna inwersja przyziemna do wysokości około 400m. Reszta analizowanego okresu charakteryzowała się równowagą stabilną. Temperatura przy powierzchni zmieni utrzymywała się na podobnym poziomie -5°C w trakcie całego analizowanego okresu.



Rysunek 4.3-10 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Prostejovie w dniach 20-29.01.2013 r.

Trajektorie wsteczne

Trajektorie wsteczne dla dnia referencyjnego wykreślono dla trzech stacji polskich położonych na obszarze występowania epizodu: Krakowa (215 µg/m³), Żywca (430 µg/m³) i Mielca (197 µg/m³), a także dla dwóch stacji zlokalizowanych w Czechach: Ostrawy (207 µg/m³) oraz położonego na zachodzie tego kraju Pilzna (116 µg/m³). Długość i kształt trajektorii wskazują na małą prędkość wiatru oraz dużą zmienność kierunków napływu mas powietrza w analizowanym okresie.



Rysunek 4.3-11 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 24 stycznia 2013 r.

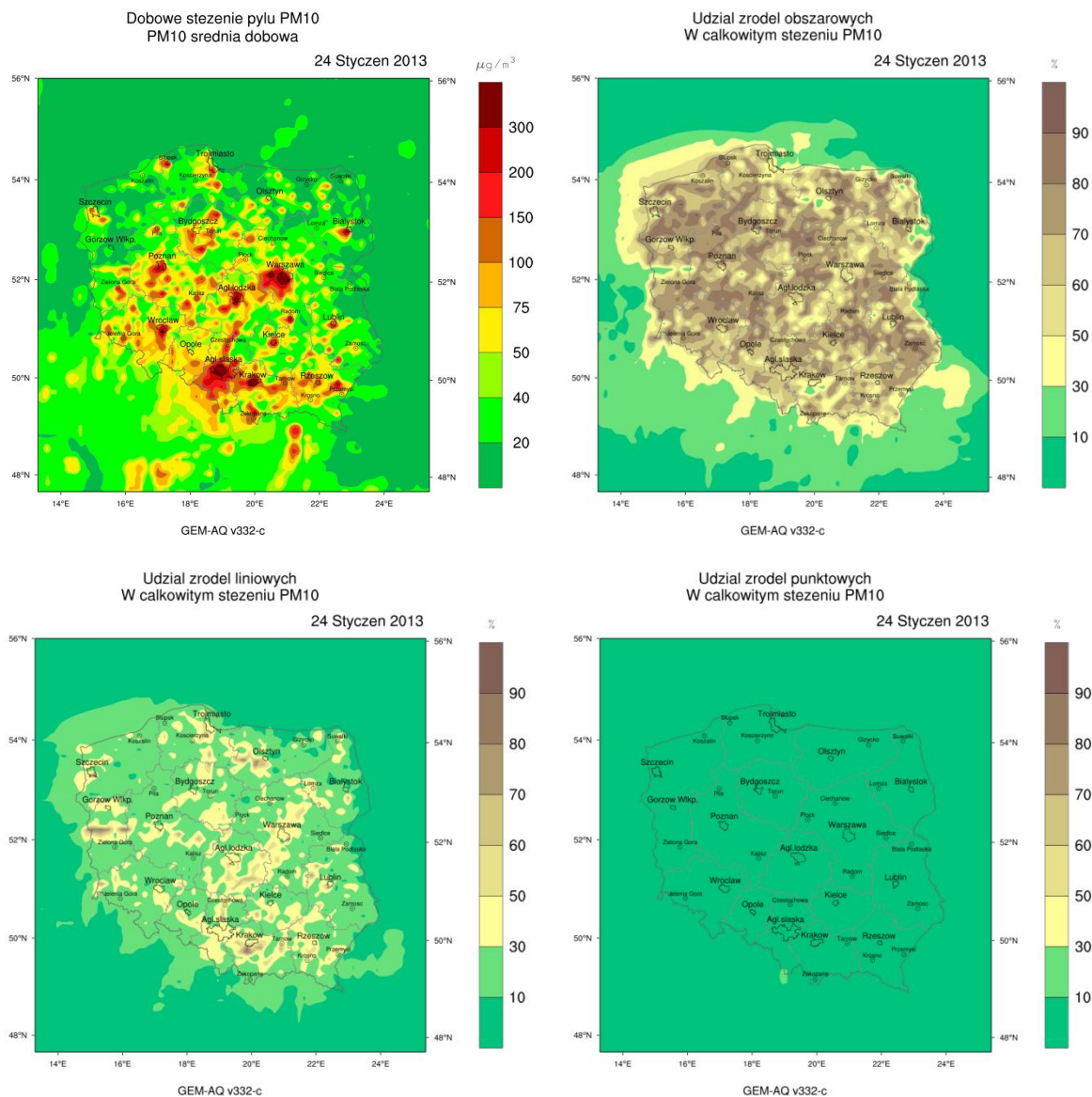
Trajektorie obliczone dla poziomów 100 m i 300 m obrazują nieznaczne zmiany wysokości napływającego powietrza, przy czym niższa z nich pozostaje przez cały okres w przyziemnej warstwie atmosfery. Napływ na tych poziomach na Ostrawę i Żywiec nastąpił z południowych i centralnych województw Polski. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku Krakowa i Mielca, przy czym w przypadku tych lokalizacji początki trajektorii sięgają północno-wschodniej Ukrainy. Masy powietrza na wyższych poziomach napłynęły na wymienione miejscowości z zachodniej części Polski oraz Niemiec.

W przypadku Pilzna napływ nastąpił z obszaru północno-zachodnich Czech i wschodnich Niemiec.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Wyniki modelowania wskazują, że w referencyjnym dniu epizodu jego zasięg objął znaczny obszar kraju, oprócz pasa wschodniego i północnego, gdzie podwyższone stężenia pyłu wystąpiły tylko w wybranych miastach. Wyniki modelowania wskazują również na obecność epizodu wysokich stężeń PM₁₀ na terenie północno-wschodnich Czech i w

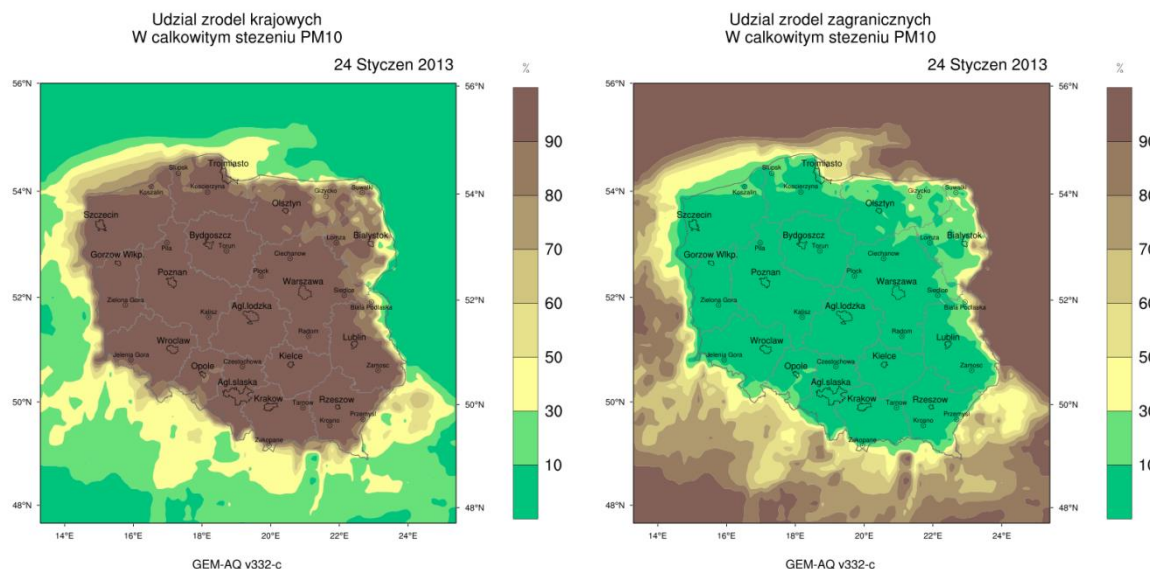
niektórych rejonach Słowacji. W Polsce województwami w największym stopniu objętymi epizodem były: śląskie oraz małopolskie.



Rysunek 4.3-12 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 24 stycznia 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (do 90% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-80%. Znaczący udział źródeł liniowych - do 60% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków (autostrady, drogi ekspresowe), szczególnie w obszarach z niższymi stężeniami (np. woj. lubuskie), gdzie udział źródeł komunikacyjnych w stężeniu PM10 może dochodzić do 80%. Na obszarach aglomeracji udział źródeł

komunikacyjnych szacowany jest na 30-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki. Wyraźniej zaznacza się on jedynie w rejonie miasta Żylina na Słowacji (10 - 30% udziału).



Rysunek 4.3-13 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 24 stycznia 2013 r.

Wyniki modelowania wskazują, że rolę decydującą w tworzeniu się wysokich stężeń PM₁₀ miała głównie emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski, szczególnie w rejonach z wysokimi stężeniami pyłu. W woj. warmińsko-mazurskim i podlaskim, gdzie stężenia PM₁₀ były niskie, udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ szacowany był miejscami na 30%. Polskie źródła emisji miały wpływ na poziom stężenia pyłu PM₁₀ na znacznych obszarach Czech i Słowacji na poziomie 30-50% oraz w przygranicznym pasie Niemiec, gdzie poziomy stężenie były jednak dużo niższe.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Opisywany epizod należał do jednego z najbardziej długotrwałych spośród analizowanych w pracy (11 dni). W trakcie jego kulminacji wysokie stężenia PM₁₀ występowały niemal na całym obszarze Polski, a także na terytorium Czech i na części terytorium Słowacji oraz w pojedynczych lokalizacjach w Niemczech. Zasięg oraz występujące poziomy stężenia pyłu decydują o scharakteryzowaniu tego epizodu, jako ponadregionalny. Wystąpiło 28 przypadków przekroczeń poziomu informowania i 2 przypadki przekroczenia poziomu alarmowego stężenia PM₁₀.

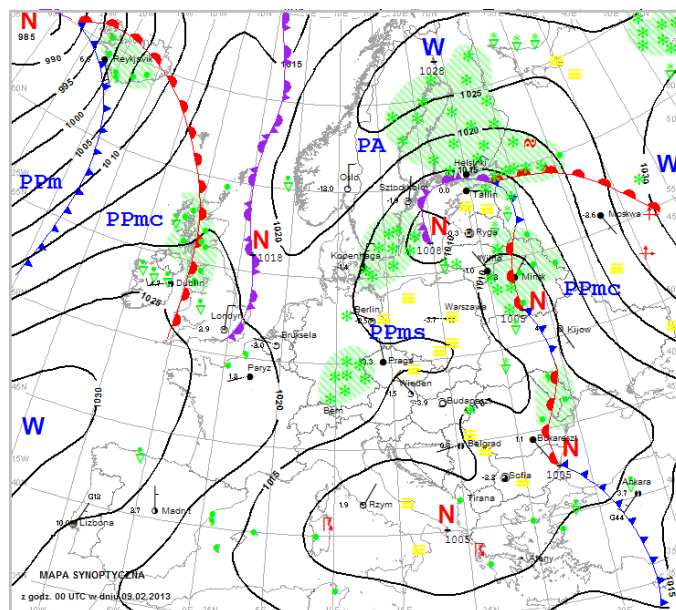
Przebieg epizodu i obliczone trajektorie wsteczne, a także wyniki modelowania, wskazują na krajowe powierzchniowe źródła emisji, jako główną jego przyczynę na obszarze

Polski oraz pewien ich wpływ na kształtowanie się epizodu w północnym rejonie Czech i Słowacji. Zwiększona emisja za źródeł powierzchniowych wywołana była długotrwałym okresem niskich temperatur. Dodatkowo, niska prędkość wiatru oraz częste wystąpienia równowagi stałej w trakcie epizodu, pogarszały warunki dyspersji.

4.4. Epizod 4. Od 6 do 10 lutego 2013

Sytuacja synoptyczna

6 lutego 2013 Polska znajdowała się pod wpływem działania niżu z centrum nad Morzem Bałtyckim. Przez obszar Polski przechodził front chłodny, za którego linią obserwowane były przelotne opady. Temperatury w ciągu dnia dodatnie w przeważającej części kraju, po przejściu frontu uległy obniżeniu poniżej 0°C. Od 7 lutego nad północną Skandynawią rozbudowywał się ośrodek wyżowy któremu towarzyszyło słabnięcie niżu obejmującego Europę Środkową. W ciągu dnia temperatury nad Polską wynosiły powyżej 0°C, natomiast w godzinach wieczornych i nocnych ulegały obniżeniu do -4 - -6°C, zwłaszcza w zachodniej części kraju. Miejscami występował przelotny opad śniegu i zamglenia. 8 lutego centrum ustępującego niżu przemieszczało się nad północno-wschodnią częścią Polski. W tym obszarze występowało zachmurzenie całkowite z opadem śniegu. W godzinach wieczornych i nocnych temperatury nad Polską ulegały obniżeniu do -5°C. 9 lutego niż ustępował, a nad Polskę powoli nadpływało chłodniejsze powietrze związane z rozbudowującym się klinem wysokiego ciśnienia nad Skandynawią. Temperatury utrzymywały się poniżej 0°C, z większymi spadkami tylko w wyniku nocnych rozpodrzeń. 10 lutego Polska znajdowała się na skraju klina wyżowego. W całym kraju występowały ujemne temperatury, najniższe w zachodniej i południowo-zachodniej części kraju.

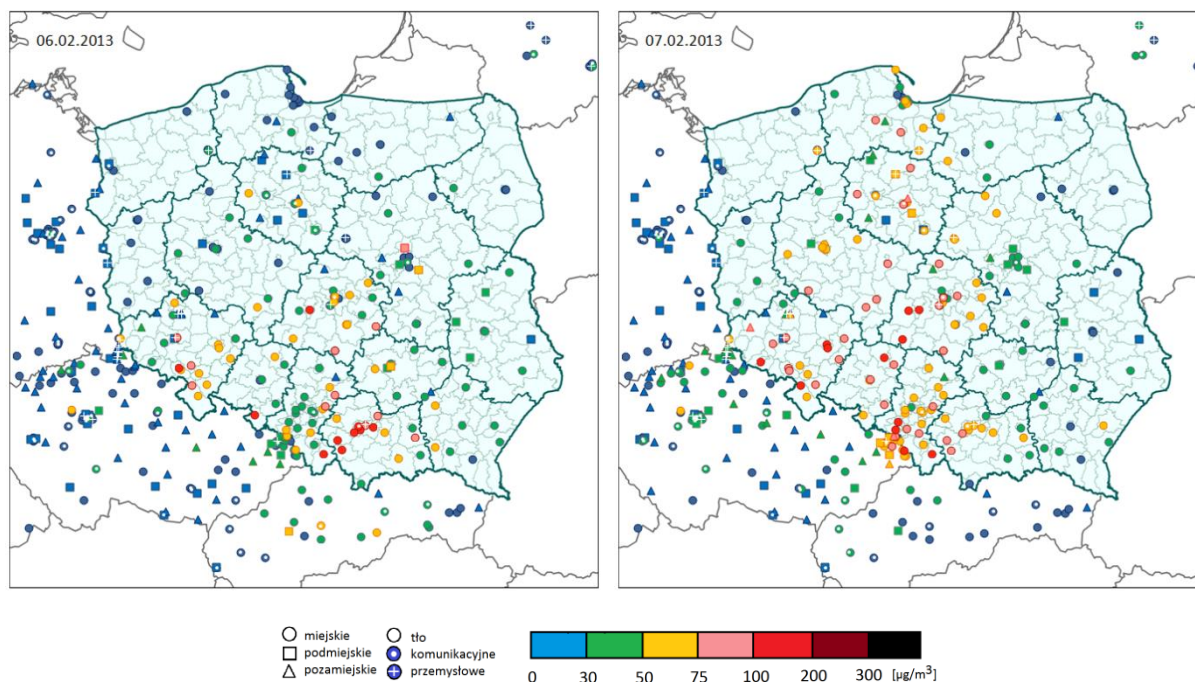


Rysunek 4.4-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 9 lutego 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W trakcie trwania epizodu podwyższone ($S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i wysokie ($S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stężenia PM₁₀ występowały początkowo głównie w południowej części kraju, a następnie w pasie terenuciągającym się w kierunku południkowym od woj. śląskiego, dolnośląskiego i małopolskiego, po woj. pomorskie. Wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w rejonie Ostrawy w Czechach. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.4-1.

W dniu 6 lutego 2013 r. wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w kilku miastach w Polsce, głównie w woj. małopolskim, ale też w woj. śląskim opolskim, dolnośląskim i łódzkim. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 27% stanowisk w Polsce, w tym na 32% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poza miastami stężenie PM₁₀ nie przekraczało tego poziomu. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 11% stanowisk, w tym na 11 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Żywcu ($173 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Głubczycach w woj. opolskim ($131 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

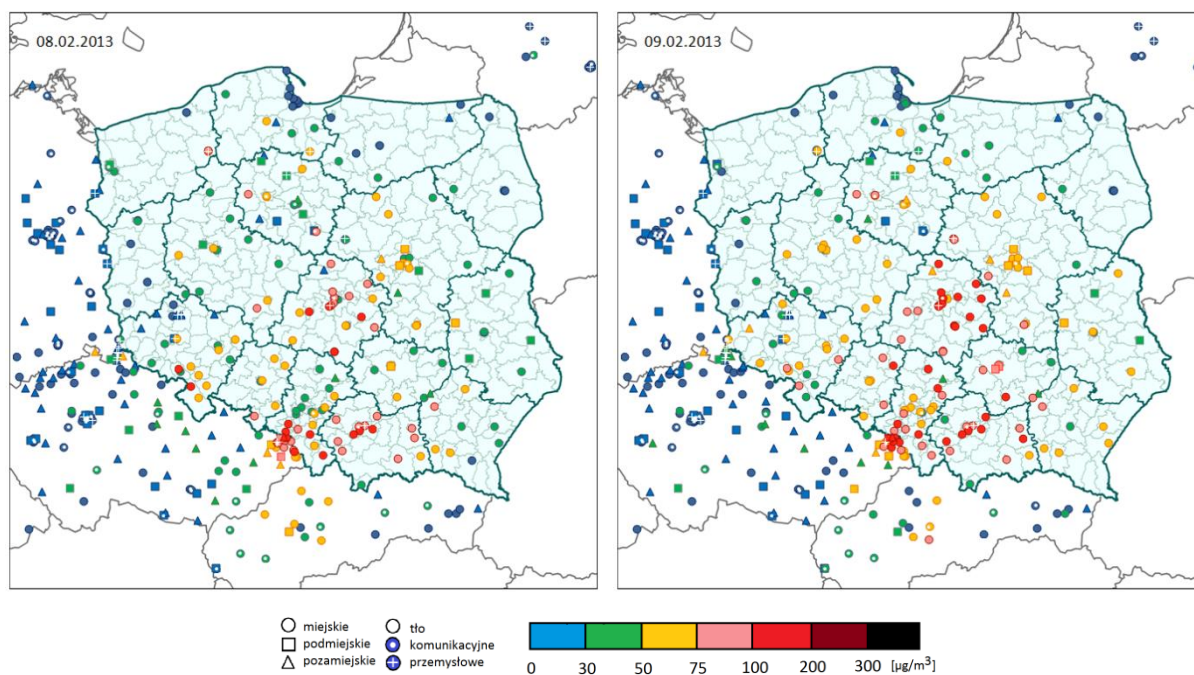


Rysunek 4.4-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 6-7.02.2013 r.

W dniu 7 lutego 2013 r. nastąpił wzrost stężeń PM₁₀. Wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w kilkudziesięciu miastach w Polsce położonych na pasie terenuciągającym się w kierunku południkowym od woj. dolnośląskiego, opolskiego, śląskiego i małopolskiego po woj. pomorskie. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 50% stanowisk w Polsce, w tym na 54% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 2 stanowiskach tła pozamiejskiego (Osieczów w woj. dolnośląskim i Konieczynka k. Torunia). Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 23% stanowisk, w tym na 26 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 2 ww.

stanowiskach tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Zduńskiej Woli w woj. łódzkim ($148 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Żywcu w woj. śląskim ($122 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim - $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

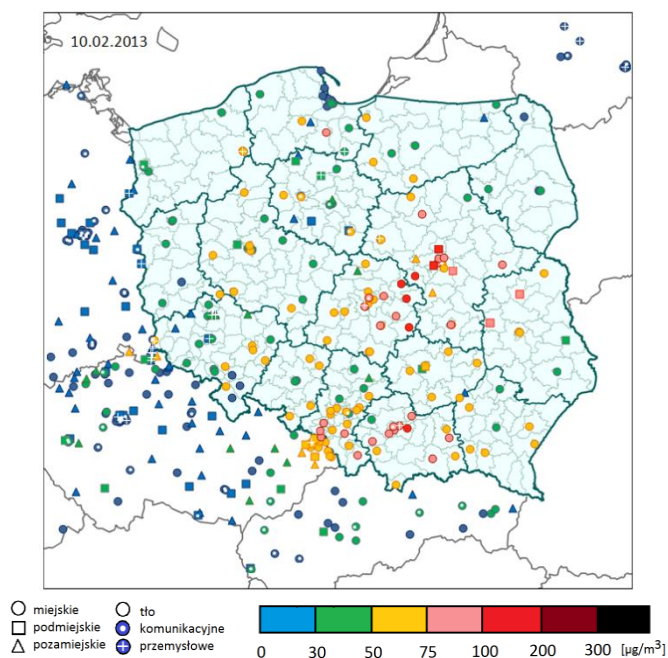
Podwyższone stężenia PM₁₀ notowane były też w Czechach, w rejonie Ostrawy. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 2 stanowiskach pomiarowych tła.



Rysunek 4.4-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 8-9.02.2013 r.

W dniu 8 lutego 2013 r. rozkład stężeń PM₁₀ był zbliżony do sytuacji z dnia poprzedniego. W dniu 9 lutego nastąpił wzrost stężeń PM₁₀. Wzrost można wiązać z napływem nad Polskę chłodniejszego powietrza związanego z rozbudowującym się klinem wysokiego ciśnienia nad Skandynawią. Temperatury utrzymywały się poniżej 0°C , występowały większe spadki temperatur w wyniku nocnych rozpogodzeń. Wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w kilkudziesięciu miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim, małopolskim, świętokrzyskim i łódzkim. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 61% stanowisk w Polsce, w tym na 68% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 36% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 29% stanowisk, w tym na 33 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na żadnym ze stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Łodzi i Opocznie w woj. łódzkim (odpowiednio $178 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia poza miastami były niższe niż w miastach i nie przekraczały $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Koniczynka k. Torunia). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, małopolskim, świętokrzyskim i łódzkim - $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM₁₀ w dniu 9.02.2013 r. notowane były też w Czechach, w rejonie Ostrawy. Przekroczenia poziomu 75 µg/m³ wystąpiły tam na 6 stanowiskach tła.

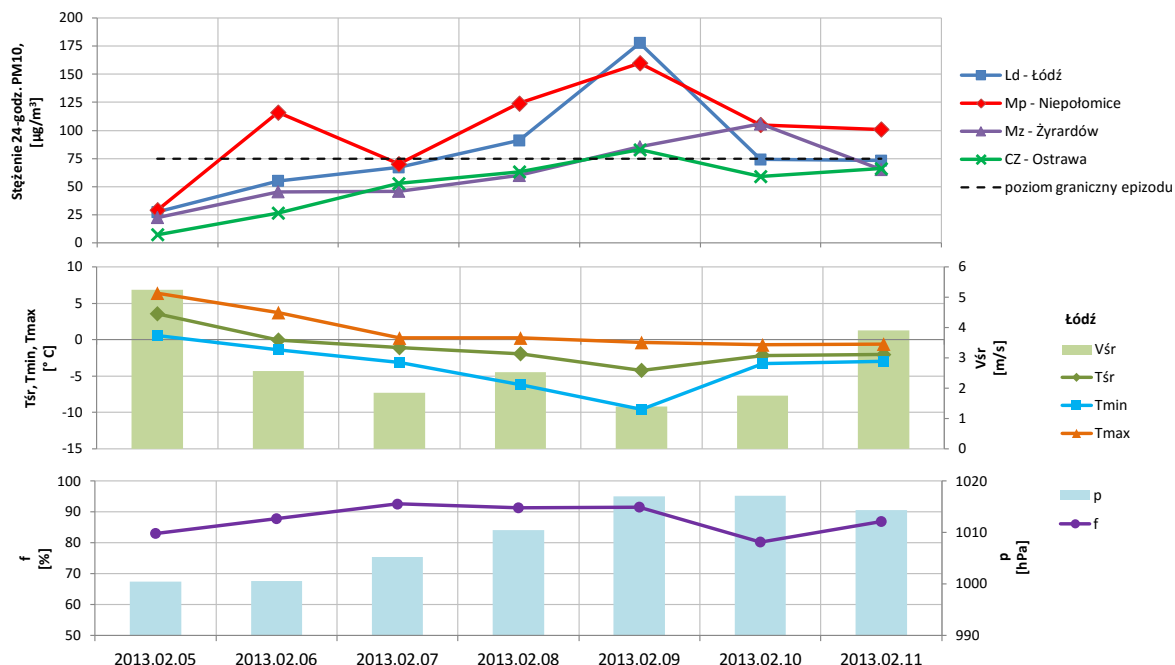


Rysunek 4.4-4. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniu 10.02.2013 r.

W dniu 10 lutego najwyższe stężenia PM₁₀ wystąpiły w woj. łódzkim i mazowieckim. Tylko tam stężenia przewyższały poziom 100 µg/m³. Podwyższone (S₂₄>50 µg/m³) i wysokie (S₂₄>75 µg/m³) stężenia PM₁₀ nadal występowały w kilkudziesięciu miastach w Polsce, ale stężenia maksymalne były niższe niż dzień wcześniej. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 52% stanowisk w Polsce, w tym na 61% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 14% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 18% stanowisk, w tym na 20 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na żadnym ze stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Opocznie w woj. łódzkim (123 µg/m³). Stężenia poza miastami były niższe niż w miastach i nie przekraczały 64 µg/m³ (Belsk k. Grójca w woj. mazowieckim). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 53 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. mazowieckim i łódzkim - 74 µg/m³.

Na rys. 4.4-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM₁₀ na stanowiskach pomiarowych w Łodzi, Niepołomicach, Żyrardowie i Ostrawie. We wszystkich tych miastach w czasie epizodu 6-10.02.2013 r. notowano podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀. Na wykresie przedstawiono również temperatury powietrza (średnią dobową, maksimum dobowe, minimum dobowe), średnią dobową prędkość wiatru, średnią dobową wilgotność względną powietrza oraz średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne na stacji w Łodzi. Najwyższe stężenia dobowe w tym okresie notowane były w dniu 9.02.2013 na stanowiskach w Łodzi, Niepołomicach i Ostrawie, na stanowisku w Żyrardowie maksimum wystąpiło w dniu 10.02.2013. W dniu 9.02.2013, to jest w dniu z najwyższymi stężeniami PM₁₀, w Łodzi wystąpił nocny spadek temperatury do -10

st.C, wiatr był słaby, ciśnienie atmosferyczne przekraczało 1015 hPa. Tego dnia nad Polskę powoli nadpływało chłodniejsze powietrze związane z rozbudowującym się klinem wysokiego ciśnienia znad Skandynawii.



Rysunek 4.4-5 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Łodzi.

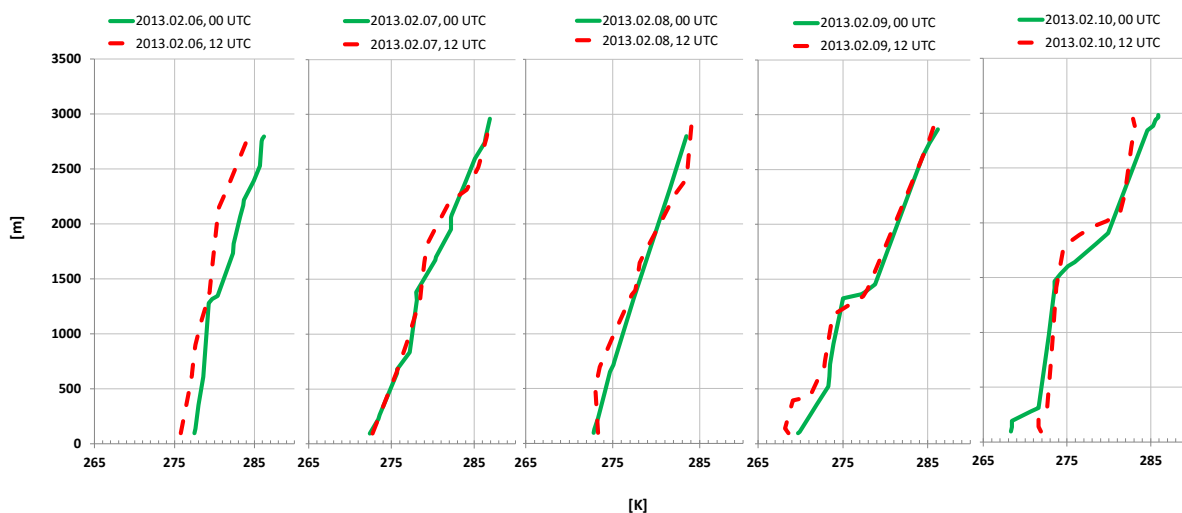
Tabela 4.4-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 6-10.02..2013 r.

	Jedno- stka	2013-02- 06	2013-02- 07	2013-02- 08	2013-02- 09	2013-02- 10
Wszystkie stanowiska w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m³	42.8	54.7	51.4	62.8	53.3
% stanowisk z S24>50µg/m³	%	27	50	43	61	52
% stanowisk z S24>75µg/m³	%	11	23	19	29	18
% stanowisk z S24>S95	%	4	24	11	26	14
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m³	173	148	147	178	123
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m³	46.1	57.5	54.6	67.5	56.4
% stanowisk z S24>50µg/m³	%	32	54	46	68	61
% stanowisk z S24>75µg/m³	%	11	26	21	33	20
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m³	173	148	147	178	123
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m³	20.0	38.4	27.4	39.1	33.7
% stanowisk z S24>50µg/m³	%	0	15	8	36	14
% stanowisk z S24>75µg/m³	%	0	15	0	0	0

	Jedno- stka	2013-02- 06	2013-02- 07	2013-02- 08	2013-02- 09	2013-02- 10
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	34	81	51	74	64
Stanowiska tła poza granicami Polski						
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	1	0
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Czechach	-	0	2	6	6	0
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0

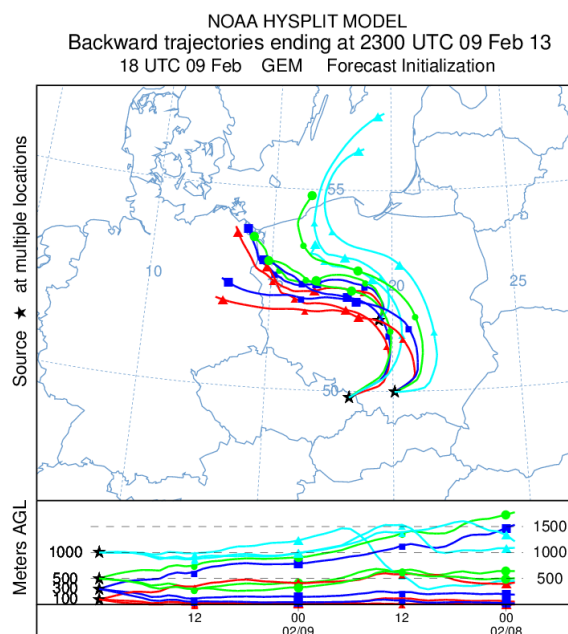
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 6-10.02.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, nr stacji. 12374)

W dniach od 6 do 10.02.2013 roku wykresy temperatury potencjalnej wskazywały na występowanie równowagi stabilnej do wysokości 3000m w ciągu pierwszych dwóch dni analizowanego okresu. W dniach 8-10.02.2013 roku wykresy w ciągu dnia wskazywały na występowanie lekkiej równowagi chwiejnej w warstwie przyziemnej. Warunki nocne charakteryzowały się równowagą stabilną i występowaniem silnych inwersji przyziemnych i podniesionych. Wykresy dla dni 6.02, 7.02, 09.02 i 10.02 wskazują na możliwość występowania inwersji wyżowej na wysokości około 1500m. Temperatura przy powierzchni spadała w kolejnych dniach analizowanego okresu od zera do -4°C.



Rysunek 4.4-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Legionowie w dniach 6-10.02.2013 r.

Trajektorie wsteczne



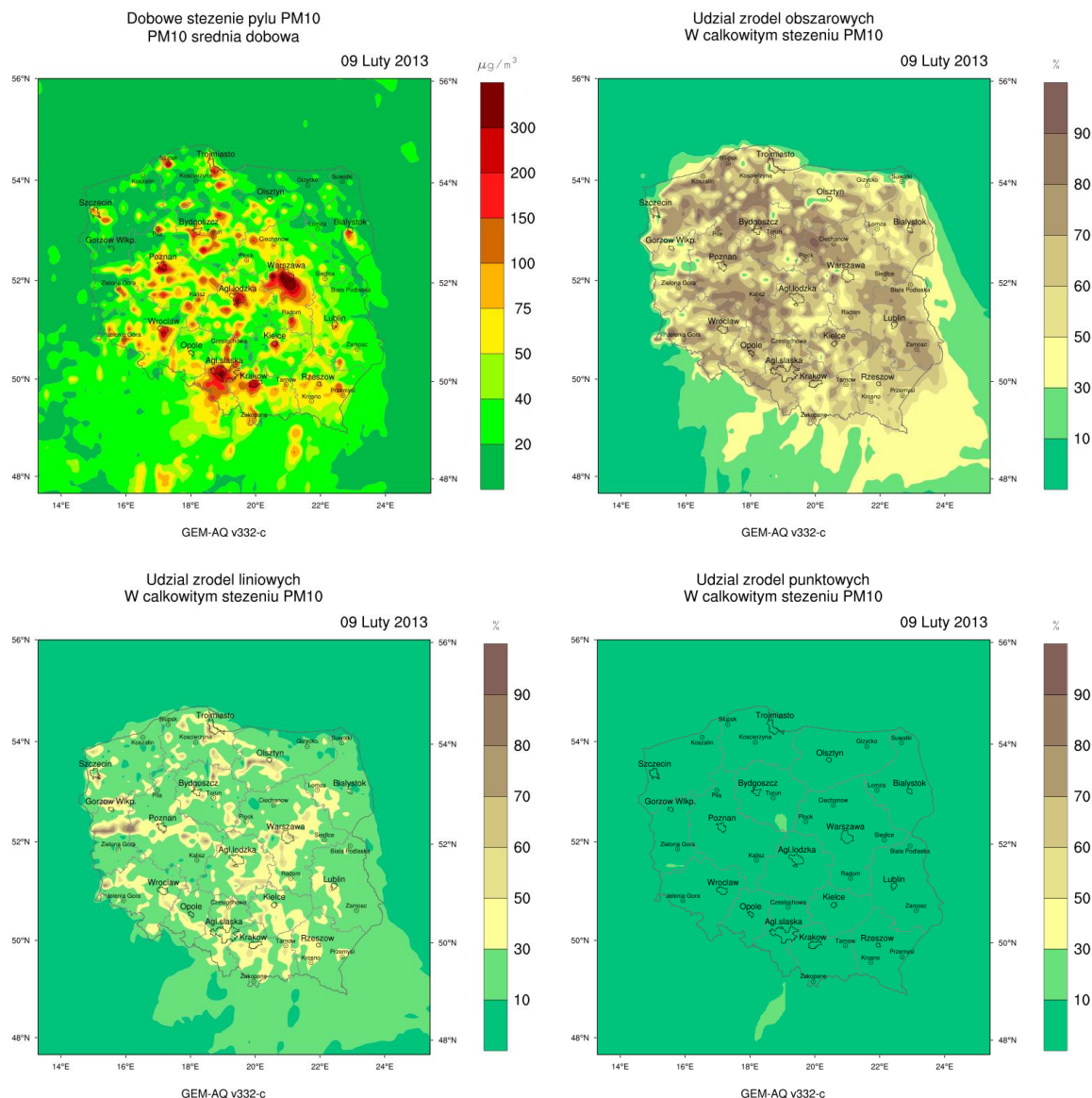
Rysunek 4.4-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 9 lutego 2013 r.

Trajektorie wsteczne dla dnia referencyjnego epizodu (9 lutego 2013 r.) wykreślono dla trzech miast z wysokimi poziomami stężeń: Łodzi (178 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Niepołomic (160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Ostrawy w Czechach (83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Dla wszystkich tych lokalizacji kształt trajektorii jest zbliżony, co świadczy o wpływie cyrkulacji dużej skali. Trajektorie obliczone dla niższych poziomów (100 m i 300 m) wskazują na napływ mas powietrza z kierunku północno-zachodniego. Początek trajektorii zlokalizowany jest nad obszarem północno-wschodnich Niemiec i w ciągu kilku godzin od startu masy powietrza przemieściły się nad obszar Polski. Po około 24 godzinach nastąpiła zmiana kierunku wiatru na północny i następnie wschodni. Bezpośredni napływ na teren Ostrawy nastąpił ze Śląska i Małopolski, natomiast w przypadku Łodzi - z Kujaw i Wielkopolski.

Dla dwóch lokalizacji trajektorie obliczone dla niższych poziomów wskazują na niewielkie fluktuacje wysokości transportu mas powietrza.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

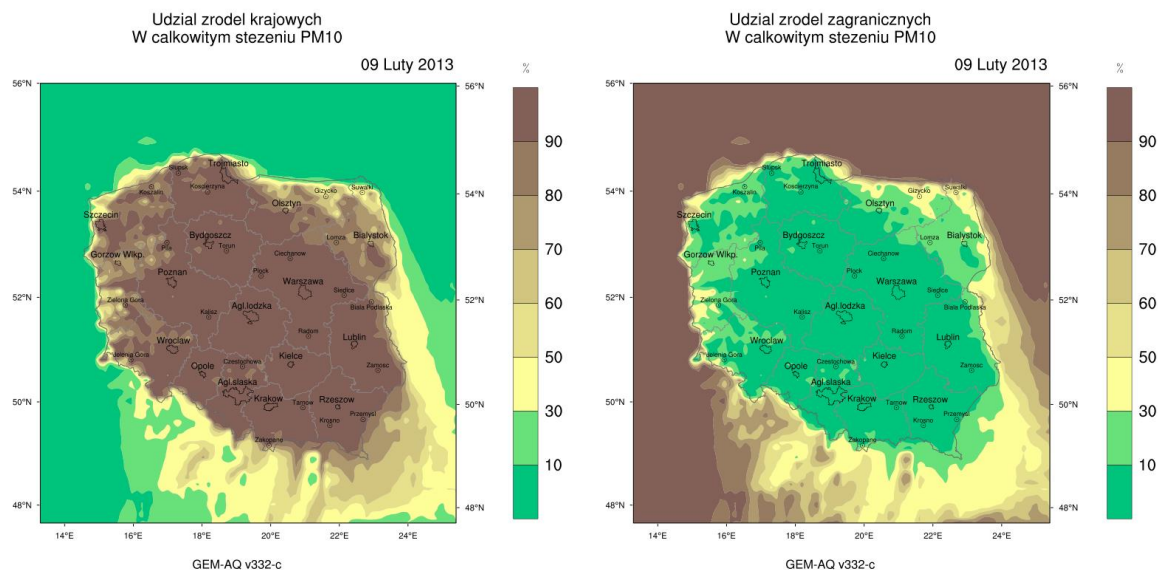
Wyniki modelowania wskazują, że epizod w dniu referencyjnym (9.02.2013 r.) objął swym zasięgiem południową i centralną część Polski, w tym głównie znaczne obszary województw: śląskiego, dolnośląskiego, małopolskiego, łódzkiego i wielkopolskiego.



Rysunek 4.4-8 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 9 lutego 2013 r.

Na terenie objętym epizodem główny udział w jego tworzeniu miały powierzchniowe źródła emisji (50 - 80%). Wzdłuż głównych tras łączących większe aglomeracje, a także na ich obszarze znaczący jest udział komunikacji (od 30 do 70 %).

Wyniki modelowania wskazują na duży wpływ polskich źródeł emisji, na poziomie 30-60%, na kształtowanie się stężenia pyłu na znacznym obszarze Słowacji, we wschodnich Czechach oraz w południowo-wschodnim rejonie Ukrainy. W przypadku krajów sąsiadujących z Polską, w okresie tym wysokie stężenia pyłu, przekraczające poziom graniczny epizodu, wystąpiły tylko w rejonie Ostrawy (Czechy), w czym mogły mieć swój udział (ok. 30-50%) źródła polskie.



Rysunek 4.4-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 9 lutego 2013 r.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

W trakcie trwania epizodu wysokie stężenia PM₁₀ występowały początkowo głównie w południowej części kraju, a następnie w pasie terenu ciągnącym się w kierunku południkowym od woj. śląskiego, dolnośląskiego i małopolskiego, po woj. pomorskie. Rejon najwyższych stężeń notowanych podczas analizowanego epizodu narażony był głównie na oddziaływanie krajowych źródeł emisji związanych z gospodarką komunalno-bytową, powiązane z niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi. Przebieg trajektorii wskazuje na dominujący udział źródeł krajowych w generowaniu wysokich poziomów stężeń PM₁₀.

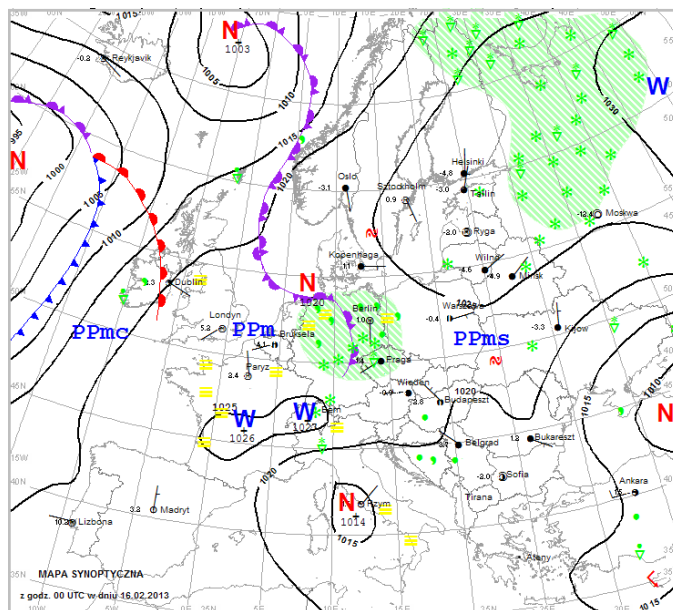
4.5. Epizod 5. Od 12 do 18 lutego 2013.

Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy)

Sytuacja synoptyczna

12 lutego 2013 Polska znajdowała się na granicy niżu znad Włoch oraz wyżu znad Skandynawii i Rosji. W całym kraju występowały temperatury ujemne, najniższe w południowo-wschodniej części Polski. Przeważało zachmurzenie całkowite z opadami śniegu głównie na południowym zachodzie kraju. 13 lutego Polska znalazła się pod wpływem ciepłego frontu nadchodzącego znad terenów Białorusi i Ukrainy. We wschodniej części Polski po przejściu frontu temperatury wzrosły powyżej 0°C. Od 14 lutego nad Polską zaznaczał się wpływ klina wysokiego ciśnienia znad Rosji. Ciśnienie na obszarze całego kraju wynosiło ok. 1000 hPa. Temperatura kształtowała się ok. 0°C w ciągu dnia, w nocy występowały spadki poniżej 0°C zachodniej części kraju. Taka sytuacja utrzymywała się przez kolejne dwa dni. 17 i 18 lutego Polska znajdowała się nadal w zasięgu układu wysokiego ciśnienia

przemieszczającego się nad Europę Środkową. Na terenie całego kraju występowała temperatura ujemna do -6°C we wschodniej części Polski.

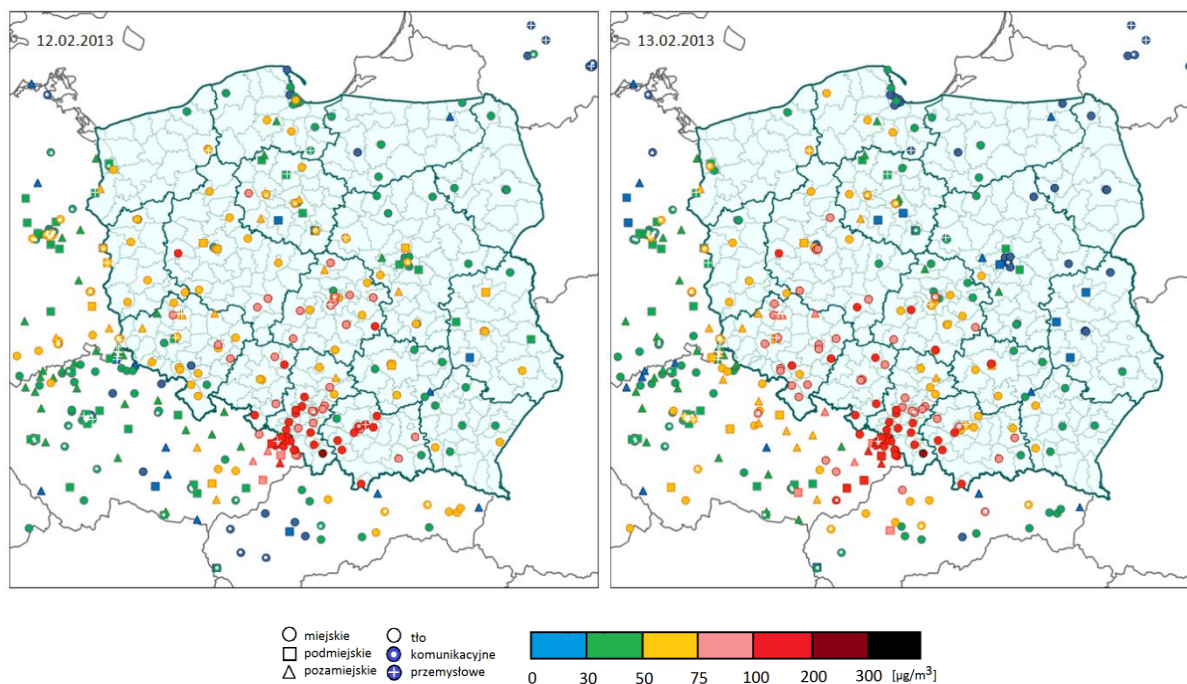


Rysunek 4.5-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 16 lutego 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

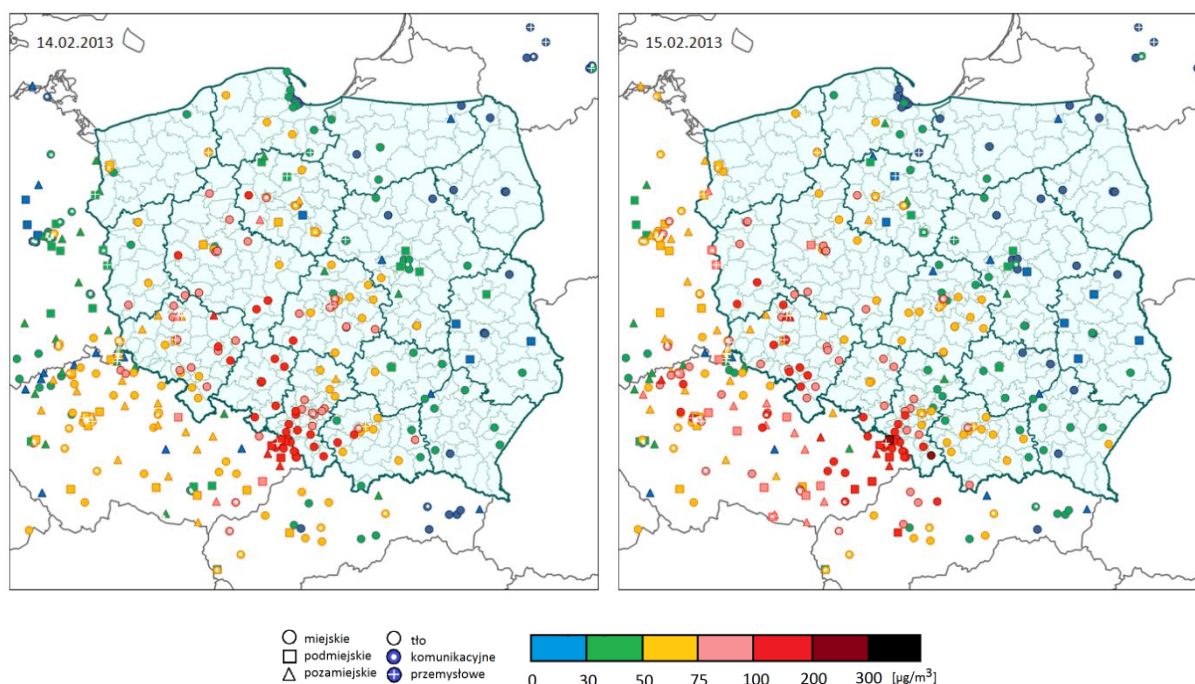
W trakcie trwania epizodu podwyższone ($S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i wysokie ($S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stężenia PM₁₀ występowały głównie w południowej części kraju i dodatkowo, szczególnie w pierwszej części epizodu, również w centrum Polski. Zanotowano 3 przypadki przekroczenia poziomu informowania. Wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w Czechach, podwyższone stężenia w Niemczech. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.5-1.

W dniu 12 lutego 2013 r. wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w kilkudziesięciu miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim i małopolskim. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w miastach 14 województw (z wyjątkiem woj. warmińsko-mazurskiego i podlaskiego) na 62% stanowisk w Polsce, w tym na 64% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 57% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 25% stanowisk, w tym na 29 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na żadnym ze stanowisk tła pozamiejskiego nie wystąpiło przekroczenie tej wartości. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania, zanotowano w Żywcu ($292 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim - $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.5-2. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 12-13.02.2013 r.

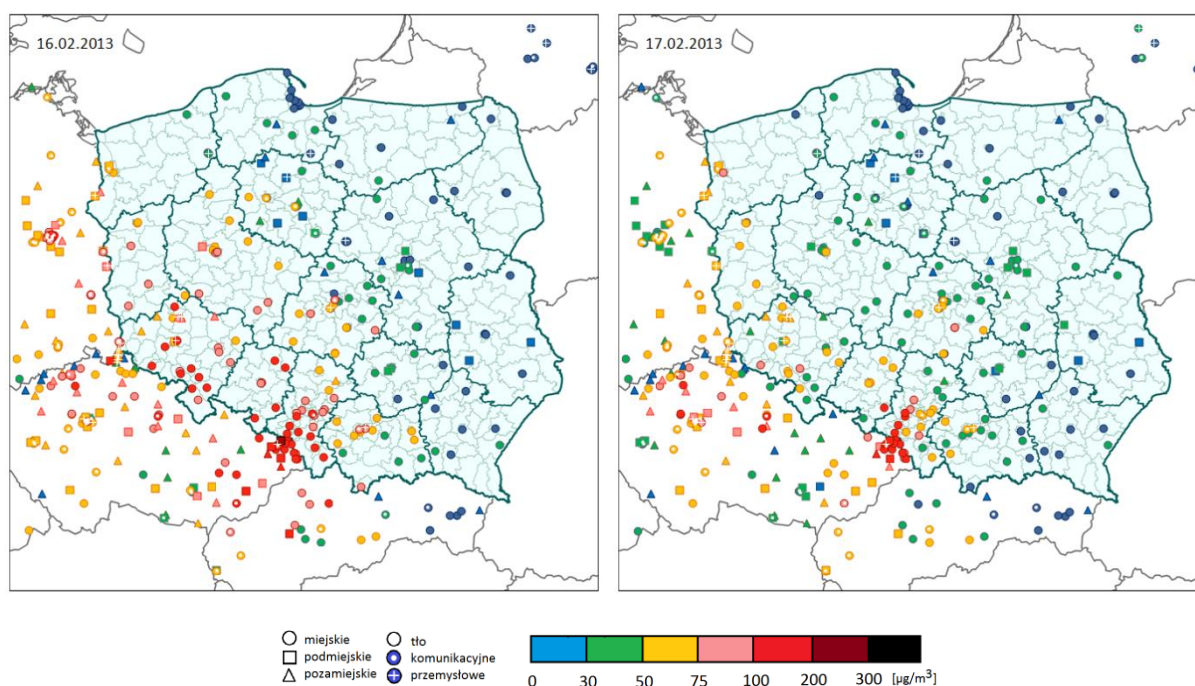
W dniach 13-14 lutego 2013 r. rozkład stężeń PM₁₀ był zbliżony do sytuacji z dnia 12.02.2013 r. W Polsce wystąpił niewielki spadek stężeń w województwach wschodnich.



Rysunek 4.5-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 14-15.02.2013 r.

W dniu 15 lutego 2013 r. w dalszym ciągu wysokie stężenia PM₁₀ występowały w kilkudziesięciu miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim, dolnośląskim i lubuskim. Polska znajdowała się wówczas pod wpływem klina wysokiego ciśnienia znad Rosji. Temperatura

kształtowała się ok. 0°C w ciągu dnia, w nocy występowały spadki poniżej 0°C w zachodniej części kraju. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w miastach w 11 (z wyjątkiem 5 województw ze wschodniej połowy Polski) na 51% stanowisk w Polsce, w tym na 54% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 36% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 26% stanowisk, w tym na 29 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na jednym stanowisku tła pozamiejskiego – w Widuchowej w woj. zachodniopomorskim. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania, zanotowano w Żywcu (203 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 58 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. dolnośląskim i lubuskim - 85 µg/m³.

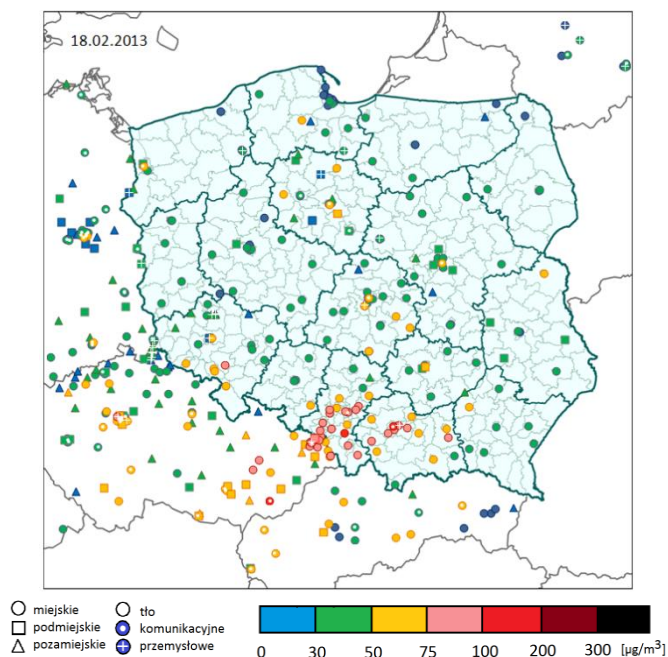


Rysunek 4.5-4. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 16-17.02.2013 r.

W dniu 16 lutego 2013 r. rozkład stężeń PM₁₀ w Polsce był zbliżony do sytuacji z dwóch poprzednich dni. W dalszym ciągu wysokie stężenia PM₁₀ występowały w kilkudziesięciu miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim, opolskim, dolnośląskim i lubuskim. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w miastach w 9 województw (z wyjątkiem 5 województw z północno-wschodniej połowy Polski) na 49% stanowisk w Polsce, w tym na 50% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 36% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 29% stanowisk, w tym na 31 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na dwóch stanowiskach tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Godowie w woj. śląskim (163 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 57 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim - 96 µg/m³.

W dniu 17 lutego 2013 r. nastąpił spadek stężeń PM₁₀ na terenie większości województw, gdzie w dniach poprzednich występowały wysokie stężenia PM₁₀. Wysokie

stężenia, aczkolwiek niższe niż dzień wcześniej, utrzymywały się nadal w części woj. śląskiego. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 30% stanowisk w Polsce, w tym na 29% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 14% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 7% stanowisk, w tym na 9 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Knurowie w woj. śląskim ($118 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim – $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

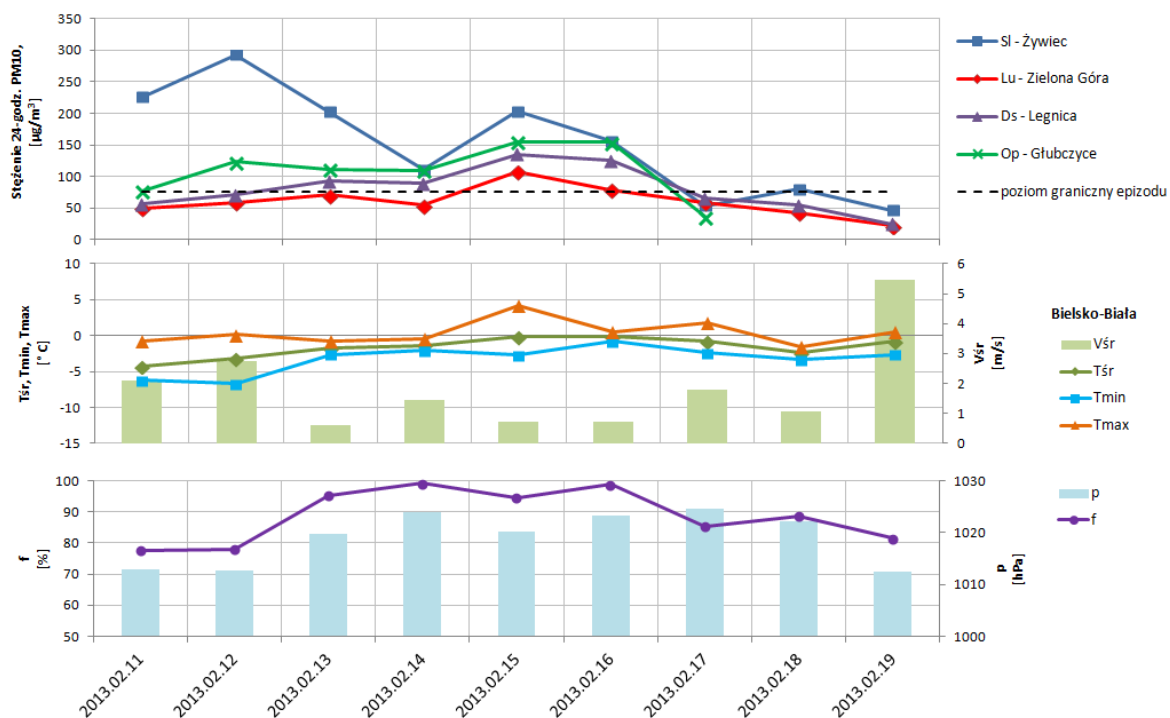


Rysunek 4.5-5 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 18.02.2013 r.

W dniu 18 lutego 2013 r. nastąpił spadek stężeń PM10 na większości stacji położonych w pasie województw od lubuskiego do opolskiego. Wzrosły stężenia w woj. małopolskim. Wysokie stężenia notowano w tym dniu w Polsce w wielu miastach woj. śląskiego i małopolskiego. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 16% stanowisk w Polsce, w tym na 29% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stanowiskach tła pozamiejskiego stężeń wyższych od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nie notowano. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 11% stanowisk, w tym na 11 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Krakowie na stacji komunikacyjnej ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stacji tła miejskiego – na stacji w Pszczynie w woj. śląskim ($104 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim – $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rys. 4.5-6 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Polsce: Żywcu, Zielonej Górze, Legnicy oraz w Głubczycach. We wszystkich tych miastach w czasie epizodu 12-18.02.2013 r. notowano podwyższone i wysokie stężenia PM10. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Bielsku-Białej. Najwyższe stężenia dobowe w tym okresie na większości stacji notowane były w dniach 15-

16.02.2013 r. W tych dniach Polska znajdowała się pod wpływem klina wysokiego ciśnienia wyżu znad Rosji. Wiatr był słaby.



Rysunek 4.5-6 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Bielsku-Białej

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniu 12 lutego 2013 r. podwyższone stężenia PM10 notowane były w Czechach, głównie w rejonie Ostrawy. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 15 stanowiskach tła. Maksimum stężenia dobowego PM10 na stacji tła wystąpiło w Pstruży k. Ostrawy ($115 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W kolejnych dwóch dniach w Czechach stężenia PM10 wzrosły, przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 18-19 stanowiskach pomiarowych, natomiast poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ został przekroczony na przeważającej większości stanowisk.

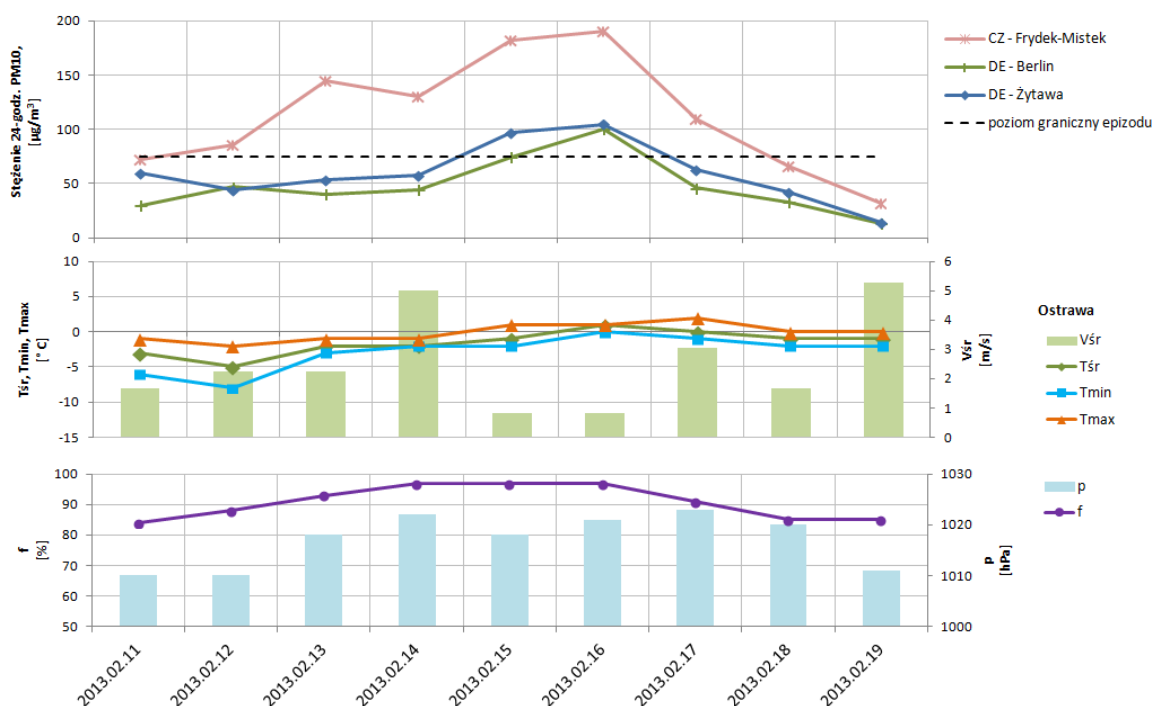
W dniu 15.02.2013 r. w Czechach nastąpiła kulminacja opisywanego epizodu, znacznie zwiększył się wówczas zasięg występowania wysokich stężeń PM10. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 45 stanowiskach pomiarowych tła zlokalizowanych w różnych rejonach kraju. Najwyższe stężenie dobowe PM10 ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano na stacji w Ostrawie i było ono wyższe od maksimum zarejestrowanego w tym dniu w Polsce, na nieodległej stacji w miejscowości Godów. Stężenia PM10 przekraczające poziom graniczny epizodu wystąpiły również na Słowacji, na 4 stanowiskach tła miejskiego i jednym tła podmiejskiego. Najwyższe stężenie ($116 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano w Ružomberku. Podwyższone stężenia, przekraczające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na wielu stanowiskach we wschodniej części Niemiec, a na dwóch stacjach tła przekroczony został poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wartość najwyższą stężenia PM10 zanotowano w Żytawie ($97 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Kolejnego dnia w Czechach utrzymywały się wysokie stężenia pyłu. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 39 stanowiskach pomiarowych tła zlokalizowanych głównie we wschodniej i północnej części kraju. Najwyższe stężenie dobowe PM10 ($198 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiło w Ostrawie. Na Słowacji stężenia PM10 przekraczające ten poziom wystąpiły na 4 stanowiskach tła miejskiego i jednym tła podmiejskiego. Najwyższe stężenie ($111 \mu\text{g}/\text{m}^3$) na stacji tła w tym dniu zanotowano w Prievidzy. Wysokie stężenia, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 8 stanowiskach tła we wschodniej części Niemiec, między innymi w Berlinie, a najwyższe dobowe stężenie PM10 ($105 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano w Żytawie.

W dniu 17.02.2013 r., podobnie jak w Polsce, w Czechach nastąpił spadek stężenia PM10. Mimo to przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 29 stanowiskach pomiarowych tła zlokalizowanych głównie w rejonie Ostrawy oraz w Kraju Usteckim na północy Czech. Najwyższe stężenie dobowe PM10 ($137 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano w Czeskim Cieszynie. Stężenia PM10 spadły też na Słowacji i Niemczech, gdzie w pasie przygranicznym z Polską na stacjach tła nie notowano stężeń wyższych od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 18.02.2013 r. zanotowano dalszy spadek stężenia PM10 w Czechach. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam tylko na 5 stanowiskach pomiarowych tła zlokalizowanych głównie w rejonie Ostrawy.

Na rys. 4.5-7 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Czechach, w miejscowości Frydek-Mistek oraz w Berlinie i Żytawie w Niemczech. Wartości prezentowanych parametrów meteorologicznych pochodzą ze stanowiska w Ostrawie. Wzrost poziomu stężeń pyłu w Czechach nie wiązał się ze spadkiem temperatur w tym okresie, lecz ze znaczącym obniżeniem się prędkości wiatru - do średnich dobowych wartości poniżej 1 m/s w dniach kulminacji epizodu.



Rysunek 4.5-7 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w państwach ościennych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie

Tabela 4.5-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 12-18.02.2013

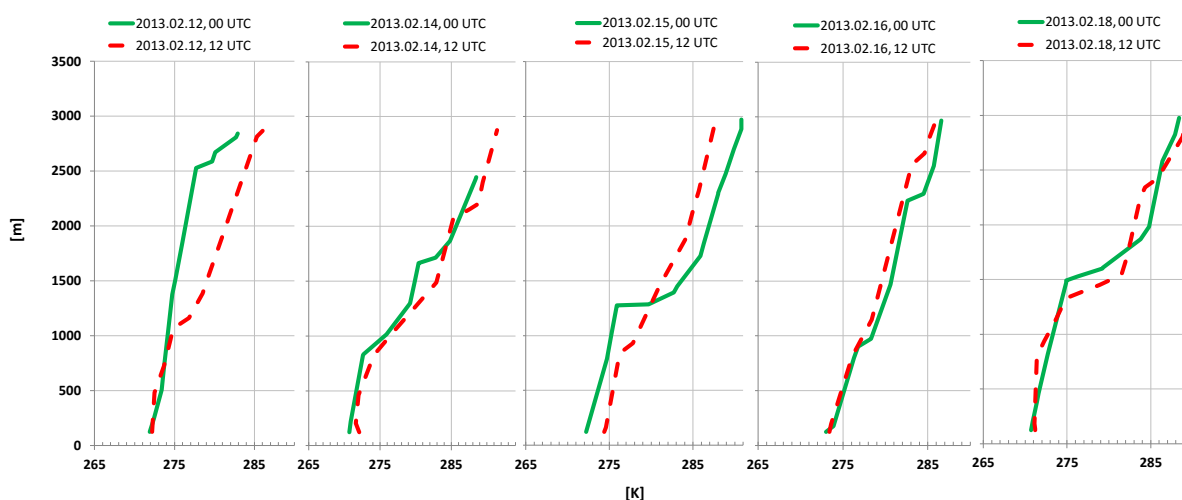
	Jedno- stka	2013- 02-12	2013- 02-13	2013- 02-14	2013- 02-15	2013- 02-16	2013- 02-17	2013- 02-18
Wszystkie stanowiska w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	63.9	62.1	62.4	58.2	56.7	43.3	45.9
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	62	57	59	51	49	30	26
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	25	32	32	26	29	7	11
% stanowisk z S24>S95	%	21	32	35	28	28	10	5
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	292	202	172	203	163	118	125
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	66.0	64.9	64.2	60.0	58.1	43.6	47.4
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	64	60	60	54	50	29	29
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	29	35	33	29	31	9	11
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	292	202	172	203	163	118	104
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	47.7	43.9	48.9	43.9	42.0	33.3	32.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	57	43	46	36	36	14	0
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	7	15	7	14	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	67	89	107	80	98	72	43
Stanowiska tła poza granicami Polski								

	Jedno- -stka	2013- 02-12	2013- 02-13	2013- 02-14	2013- 02-15	2013- 02-16	2013- 02-17	2013- 02-18
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	2	0	5	5	0	0
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Czechach	-	15	19	18	45	39	29	5
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	2	8	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 12-18.02.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji. 12425) i na stacji Prostějov (Czechy, nr stacji: 11747).

Wrocław

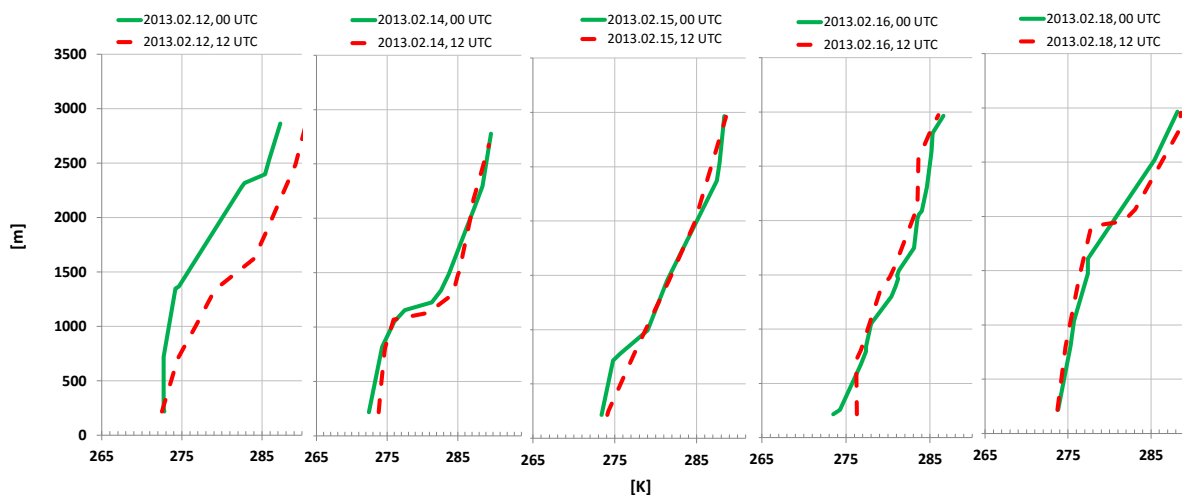
W analizowanym okresie w ciągu nocy w obszarze granicznej warstwy atmosfery panowała lekko stabilna równowaga. W godzinach dziennych w dniach 14.02 i 18.02 zanotowano równowagę chwiejną w warstwie przyziemnej. Analiza zmienności temperatury potencjalnej na wysokości ponad 1000 m może wskazywać na rozwój inwersji wyżowej.



Rysunek 4.5-8 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych we Wrocławiu w dniach 12-18.02.2013 r.

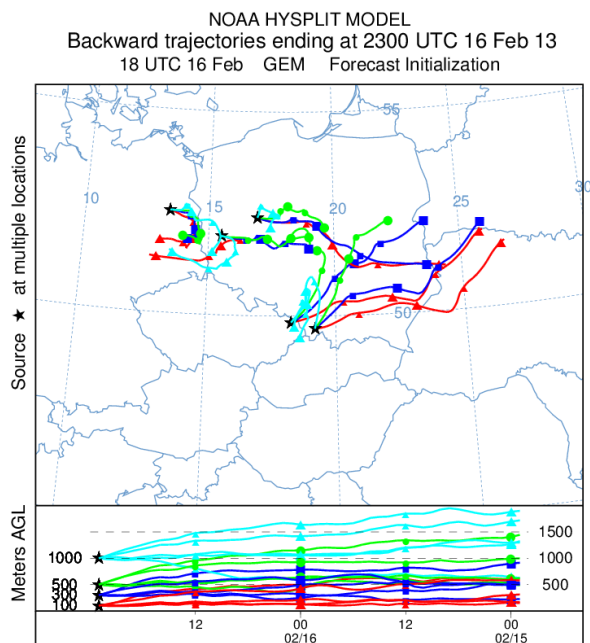
Prostějov

Na czeskiej stacji aerologicznej panowały warunki równowagi stabilnej, która umacniała się i słabła naprzemiennie. Wyjątek stanowił 16.02.2013, w którym w ciągu dnia w warstwie przyziemnej wytworzyły się warunki chwiejne. Temperatura oscylowała w okolicach 0°C. Warunki panujące ponad graniczną warstwą atmosfery nie wskazują na rozwijanie się inwersji wyżowej, a raczej na epizodyczne pojawianie się inwersji frontowej i wyżowej naprzemiennie.



Rysunek 4.5-9 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejovie w dniach 12-18.02.2013 r.

Trajektorie wsteczne



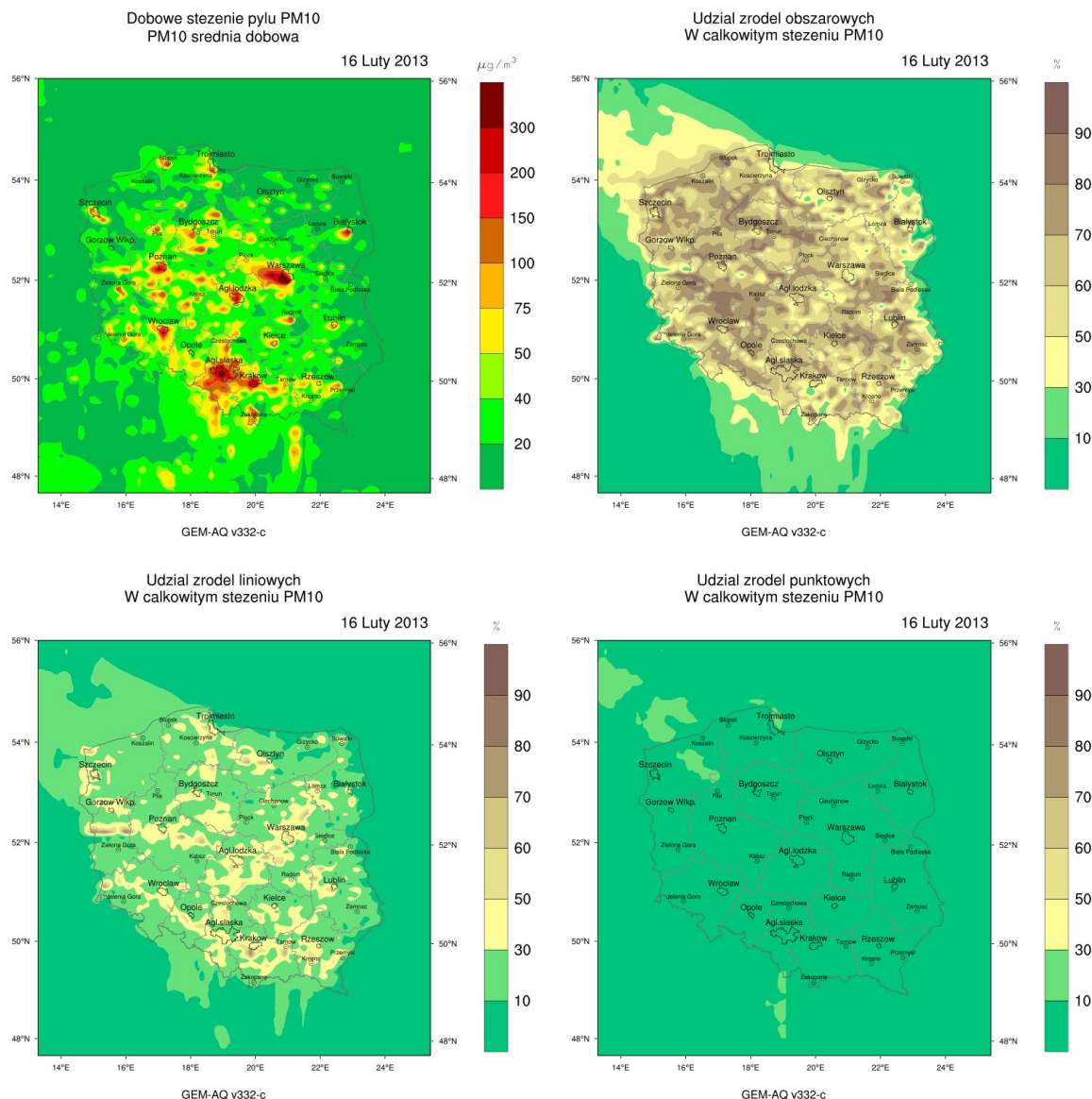
Rysunek 4.5-10 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 16 lutego 2013 r.

Trajektorie wsteczne obliczono dla dnia referencyjnego (16 lutego 2013 r.) epizodu dla: Żywca ($156 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Poznania ($94 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Zielonej Góry ($78 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród lokalizacji poza granicami Polski, dla Ostrawy ($198 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Berlina ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wskazują one na niską prędkość wiatru i częste zmiany jego kierunku, zwłaszcza na wyższych poziomach, dla których przeprowadzono obliczenia.

W przypadku lokalizacji południowych (Żywiec i Ostrawa) oraz Poznania, najniższej położone masy powietrza napłynęły z kierunków wschodnich. Punkty początkowe trajektorii

znajdują się na terenie północno-zachodniej Ukrainy. Napływ na Zieloną Górę oraz Berlin następował ze stosunkowo niewielkich odległości, z kierunku zachodniego, zmieniającego się następnie na południowy. Najniżej położone trajektorie obliczone dla Berlina nie wykaczały w ciągu 48 godzin poza granice Niemiec.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

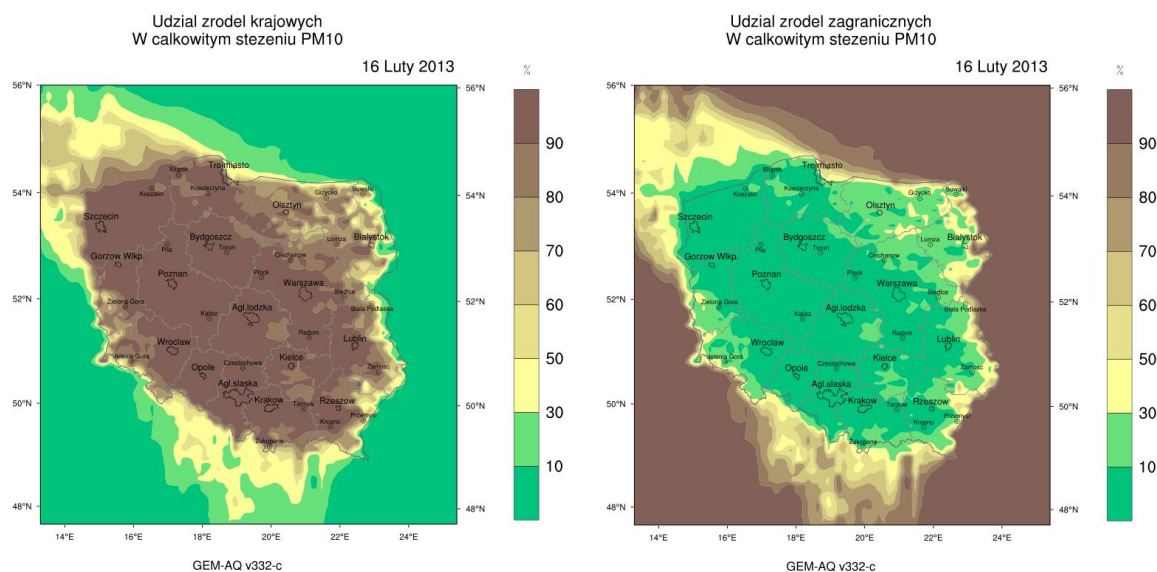


Rysunek 4.5-11 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 16 lutego 2013 r.

Wyniki modelowania wskazują na wystąpienie epizodu w południowej i zachodniej części kraju, co potwierdzają wyniki pomiarów prowadzonych na tym obszarze. Obraz wysokich stężeń w aglomeracji warszawskiej i jej okolicach należy uznać za przeszacowany. Szczególnym nasileniem epizod objął województwo śląskie. Model nie odtworzył wysokich

stężeń nad obszarem Niemiec i Czech, wskutek niespójności danych emisyjnych ze źródeł krajowych i zagranicznych.

W trakcie epizodu w dniu referencyjnym największe znaczenie w tworzeniu się wysokich stężeń miała emisja powierzchniowa, z dość znacznym udziałem komunikacji (źródeł linowych), zwłaszcza w rejonie aglomeracji i głównych szlaków komunikacyjnych. Udział źródeł punktowych mieścił się poniżej 10%, a w rejonach, gdzie ten udział był wyższy (10-30%), stężenia pyłu były stosunkowo niewielkie.



Rysunek 4.5-12 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 16 lutego 2013 r.

Emisje z nad obszaru Polski oddziaływały w dniu referencyjnym epizodu na północne obszary przygraniczne w Niemczech, a także na Słowacji i w Czechach (30-50%), gdzie wystąpiły wysokie stężenia pyłu.

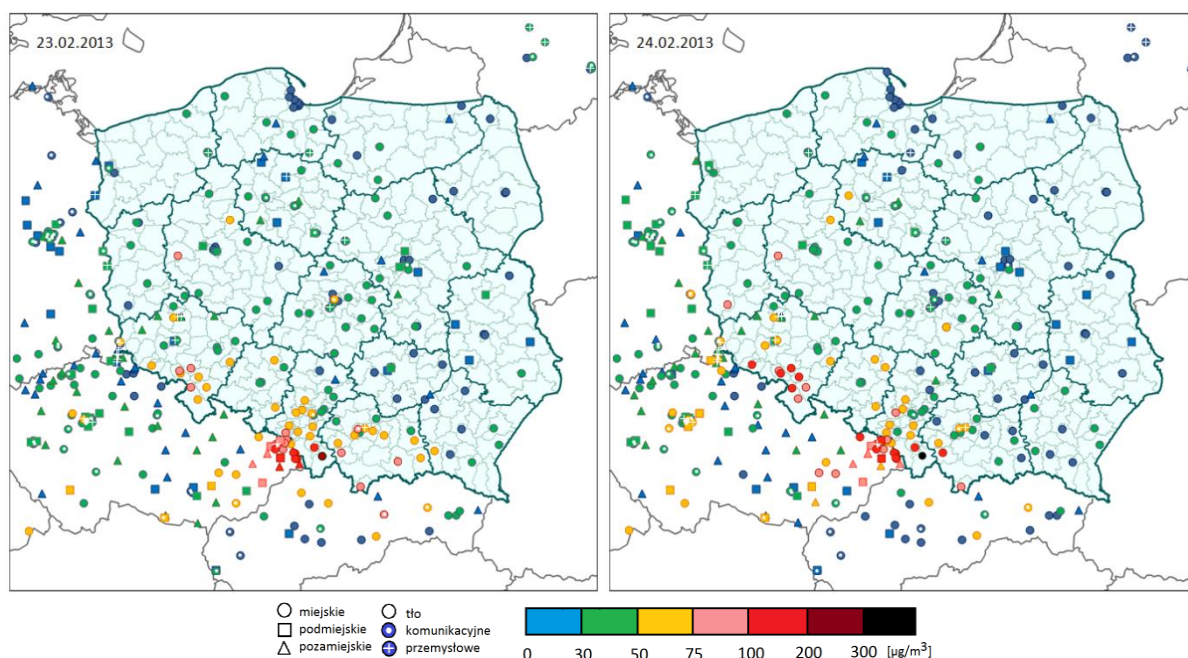
Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

W trakcie trwania epizodu podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały głównie w południowej części kraju i dodatkowo, szczególnie w pierwszej części epizodu, również w centrum Polski. Były one również notowane w Czechach.

Analiza trajektorii wstecznych oraz wyników modelowania wskazuje na krajowe powierzchniowe źródła emisji, jako główną przyczynę wystąpienia epizodu. Na wysokie stężenia w rejonie Ostrawy mogły mieć wpływ źródła z Polski, natomiast w przypadku Berlina były to głównie źródła z rejonu wschodnich Niemiec.

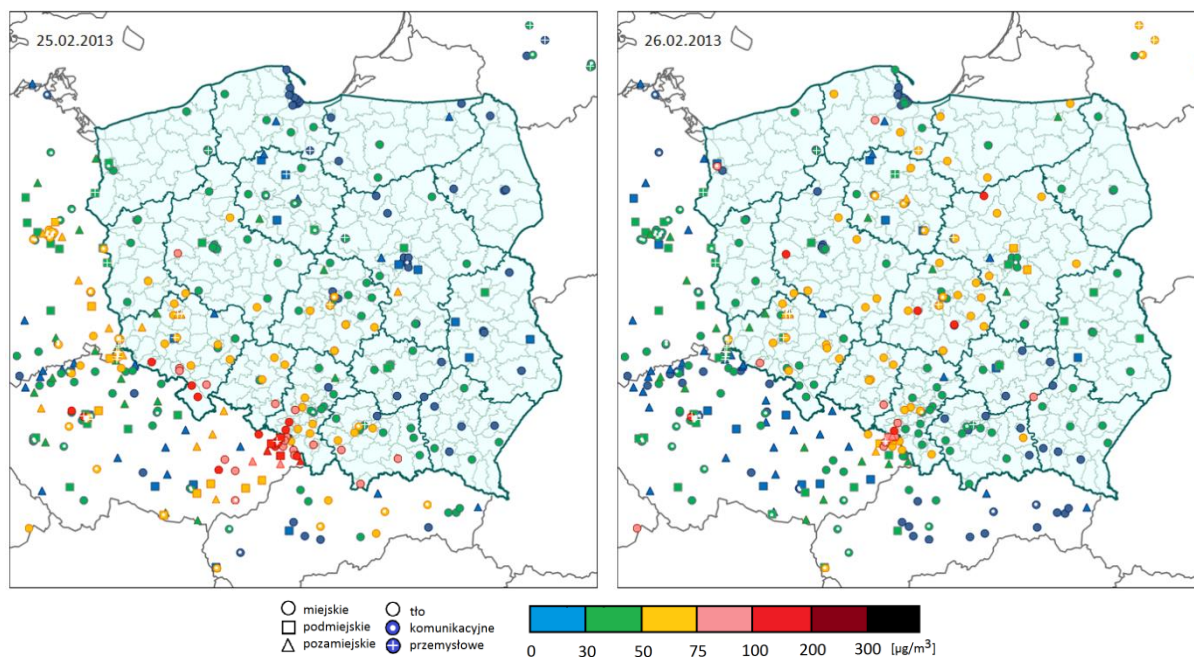
W dniu 23 lutego 2013 r. wysokie stężenia PM10 ($S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły w kilkunastu miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim i dolnośląskim. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 20% stanowisk w Polsce, w tym na 24% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na żadnym ze stanowisk tła pozamiejskiego nie wystąpiło przekroczenie tej wartości. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 7% stanowisk, w tym na 7% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania, zanotowano w Żywcu ($275 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM10 notowane były też w Czechach, głównie w rejonie Ostrawy. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 14 stanowiskach tła.



Rysunek 4.6-2 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 23-24.02.2013 r.

W dniu 24 lutego 2013 r. rozkład stężeń PM10 był zbliżony do sytuacji z dnia 23.02.2013 r. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Żywcu, tak jak w dniu poprzednim, przy czym było to stężenie jeszcze wyższe ($337 \mu\text{g}/\text{m}^3$) niż dzień wcześniej. Było to stężenie wyższe od poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W Czechach stężenia PM10 lekko wzrosły, przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 15 stanowiskach pomiarowych tła.



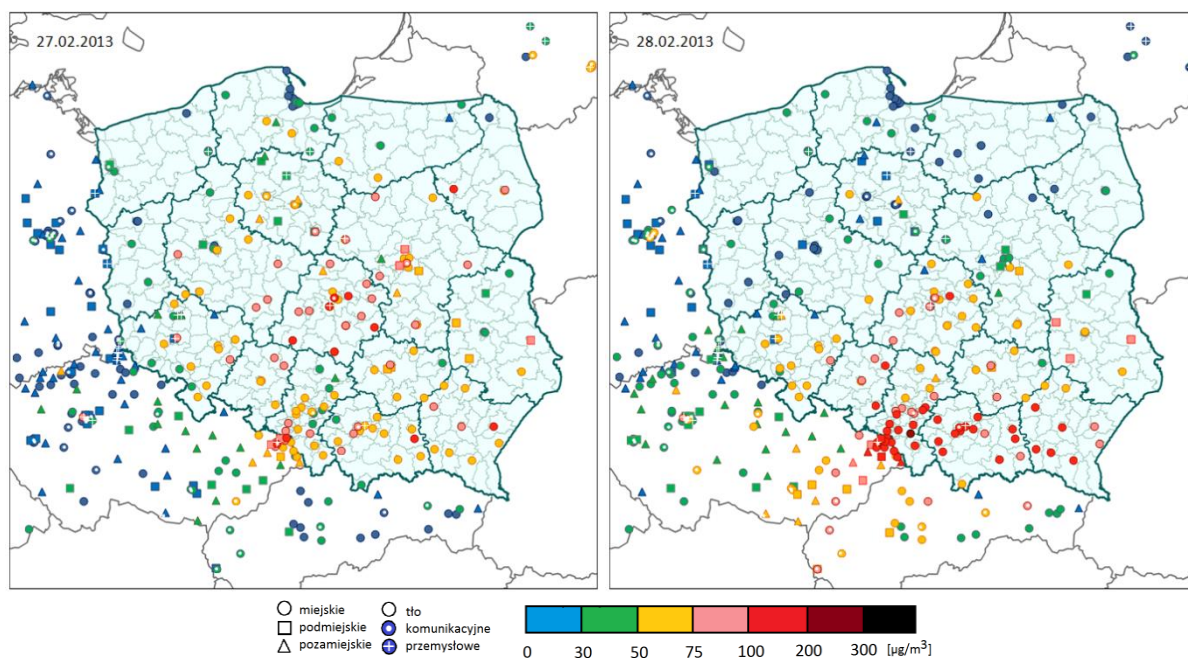
Rysunek 4.6-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 25-26.02.2013 r.

W dniu 25 lutego 2013 r. w dalszym ciągu wysokie stężenia PM₁₀ występowały w kilkunastu miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim, dolnośląskim i małopolskim. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w miastach 7 województw centralnej i południowo-zachodniej Polski na 27% stanowisk w kraju, w tym na 28% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 18% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 9% stanowisk, w tym na 10 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stanowiskach tła pozamiejskiego stężenia wyższych od 75 µg/m³ nie notowano. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Polsce w woj. dolnośląskim: w Jeleniej Górze (161 µg/m³) i Nowej Rudzie (146 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 44 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim - 64 µg/m³.

W Czechach przekroczenia poziomu 75 µg/m³ wystąpiły na 17 stanowiskach pomiarowych tła zlokalizowanych głównie w rejonie Ostrawy i we wschodniej części kraju.

W dniu 26 lutego 2013 r. obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń PM₁₀ rozszerzył się, obejmując część miast centralnej i północnej Polski. Maksymalne stężenie dobowe było niższe niż dzień wcześniej. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w Polsce na 33% stanowisk w kraju, w tym na 37% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 9% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 6% stanowisk, w tym na 7 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Polsce w Nowym Tomyslu w woj. wielkopolskim (117 µg/m³) i Zduńskiej Woli w woj. łódzkim (110 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 46 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. łódzkim - 57 µg/m³.

W Czechach stężenia PM10 obniżyły się - przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 2 stanowiskach pomiarowych.



Rysunek 4.6-4 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 27-28.02.2013 r.

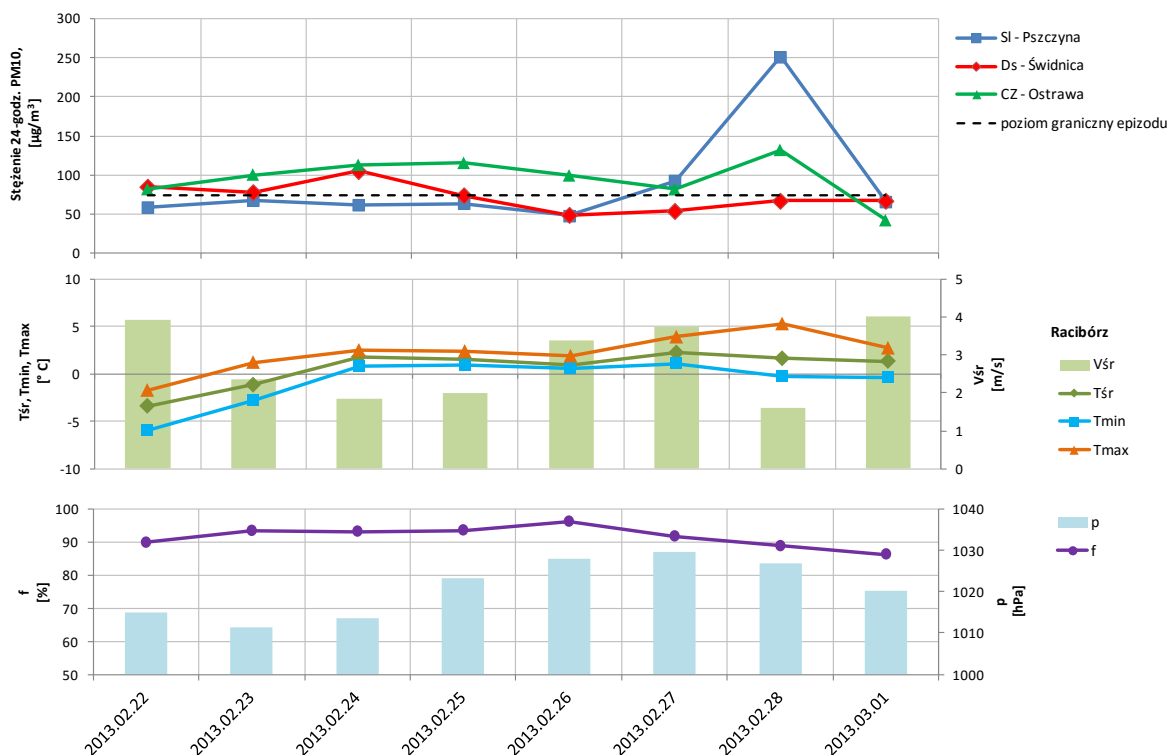
W dniu 27 lutego 2013 r. nastąpił wzrost stężeń PM10 na większości terytorium kraju. W tym dniu Polska znalazła się w zasięgu oddziaływania klina wysokiego ciśnienia wyżu znad Wysp Brytyjskich. Występowało zachmurzenie całkowite, na zachodzie kraju powiązane ze słabym opadem. W ciągu dnia utrzymywały się temperatury dodatnie natomiast w godzinach wieczornych w związku z napływem powietrza arktycznego morskiego temperatura obniżyła się. Wysokie stężenia PM10 występowały w kilkudziesięciu miastach w Polsce, przede wszystkim w centralnej i południowej oraz miejscami wschodniej części kraju. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w miastach w 14 województwach (z wyjątkiem woj. lubuskiego i zachodniopomorskiego) na 61% stanowisk w Polsce, w tym na 68% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 33% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 24% stanowisk, w tym na 27 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stanowiskach tła pozamiejskiego stężeń wyższych od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nie notowano. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Radomsku w woj. łódzkim ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Tuchowie w woj. małopolskim ($122 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. łódzkim - $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 28 lutego 2013 r. nastąpił wzrost stężeń PM10 w pasie województw południowych – od opolskiego do podkarpackiego. W centralnej części kraju stężenia obniżyły się. Polska znajdowała się pod wpływem wyżu znad północnego Atlantyku. Zachmurzenie było

małe. Na obszarze całego kraju notowano dodatnie temperatury powietrza. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 48% stanowisk w Polsce, w tym na 57% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 17% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 27% stanowisk, w tym na 30 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim ($251 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na stanowiskach tła pozamiejskiego stężen wyższych od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nie notowano. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, małopolskim i podkarpackim - $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 28.02.2013 r. nastąpił wzrost stężeń PM10 w Czechach. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 15 stanowiskach pomiarowych tła zlokalizowanych głównie w rejonie Ostrawy i we wschodniej części Czech.

Na rys. 4.6-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Pszczynie i Świdnicy w Polsce oraz w Ostrawie w Czechach. We wszystkich tych miastach w czasie epizodu 23-28.02.2013 r. notowano podwyższone i wysokie stężenia PM10. W Ostrawie stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utrzymywały się w całym tym okresie. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Raciborzu. Najwyższe stężenia dobowe w tym okresie na stacjach w Pszczynie i Ostrawie notowane były w dniu 28.02.2013 r. W tych dniach Polska znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad Wielką Brytanią. Wiatr był słaby, utrzymywała się dodatnia temperatura.



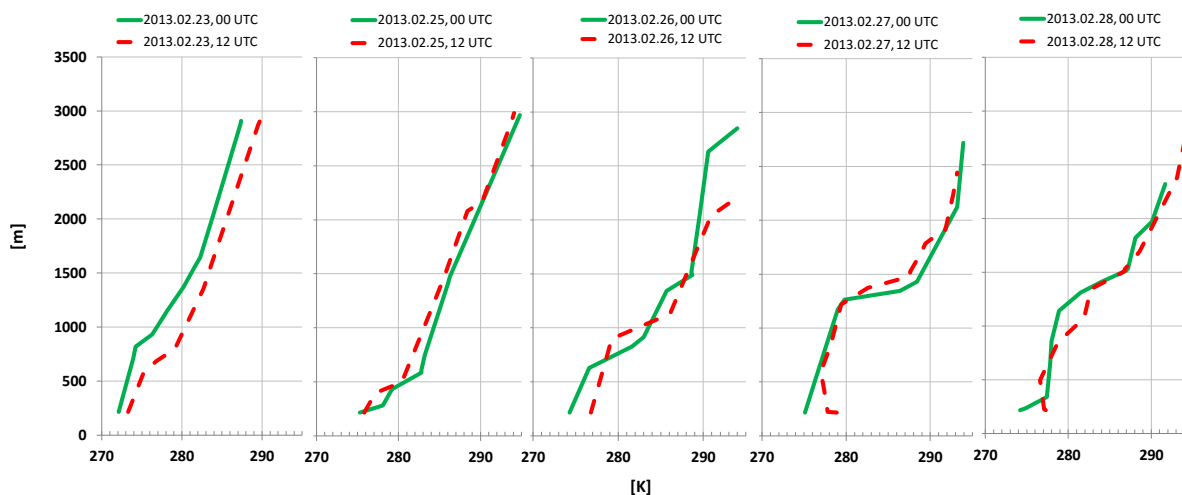
Rysunek 4.6-5 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Raciborzu.

Tabela 4.6-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 23-28.02.2013

	Jednostka	2013-02-23	2013-02-24	2013-02-25	2013-02-26	2013-02-27	2013-02-28
Wszystkie stanowiska w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	40.9	43.0	44.4	46.0	59.1	58.2
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	20	19	27	33	61	48
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	7	8	9	6	24	27
% stanowisk z S24>S95	%	1	8	8	10	25	22
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	275	337	161	117	140	251
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	42.7	44.7	45.5	46.9	62.5	62.2
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	24	21	28	37	68	57
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	7	10	10	7	27	30
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	275	337	161	117	140	251
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	29.9	31.0	33.3	36.1	42.0	32.6
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	0	0	18	9	33	17
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	39	41	51	53	68	65
Stanowiska tła poza granicami Polski							
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	0	0	1
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	14	15	17	2	3	15
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	1	0	0

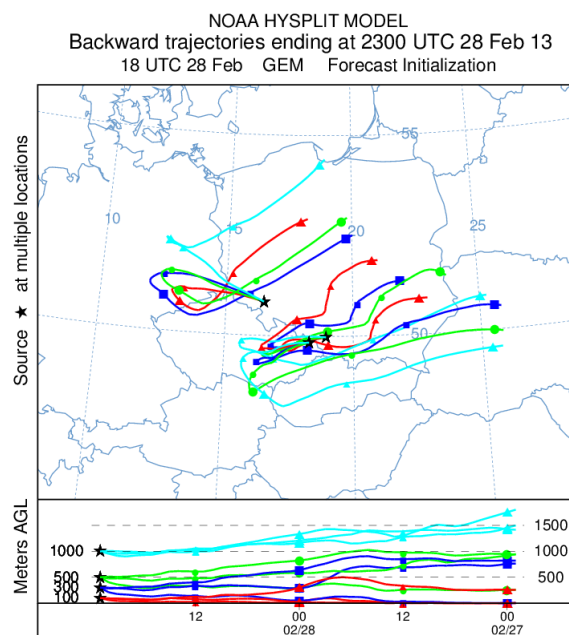
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 23-28.02.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

W analizowanym okresie temperatura przy powierzchni ziemi oscylowała w granicach od ok. 0°C w ciągu dnia do ok. -2°C w ciągu nocy. Przeważała równowaga stabilna. Inwersje przyziemne do wysokości 250 metrów były szczególnie widoczne w dniach 25.02 oraz 28.02. Od dnia 26.02 widać formowanie się inwersji wyżowej na wysokości powyżej 1000 m.



Rysunek 4.6-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondży aerologicznych w Prostejowie w dniach 23-28.02.2013 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.6-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 28 lutego 2013 r.

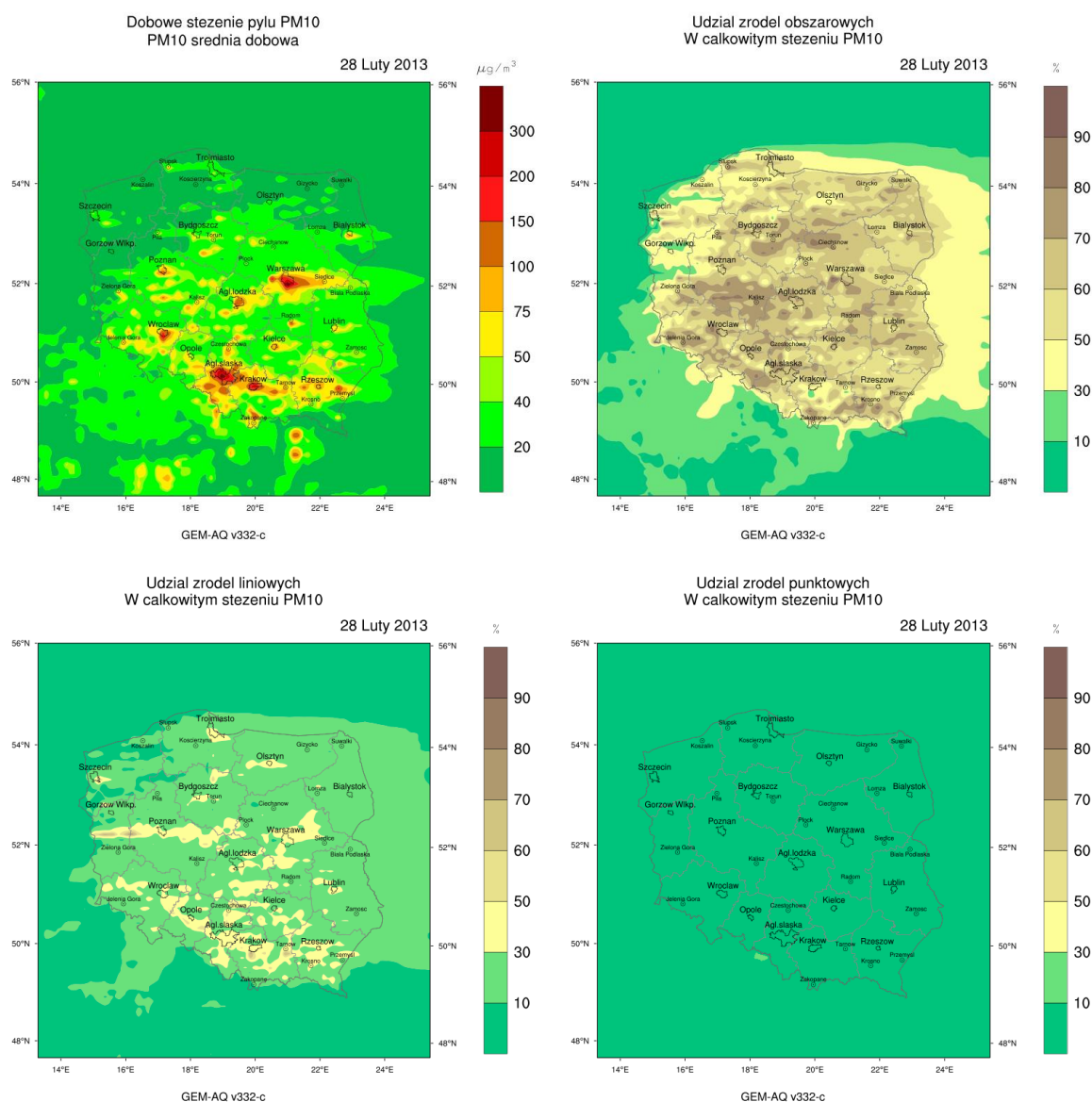
Trajektorie wsteczne dla 28 lutego 2013 r. wyznaczono dla Pszczyny ($251 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Świdnicy ($67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Ostrawy ($132 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie pyłu PM₁₀ zarejestrowane w dniu referencyjnym epizodu mieściło się poniżej poziomu granicznego, lecz przekraczało go kilka dni wcześniej (Rys. 4.6-5).

W trakcie epizodu wystąpiła recyrkulacja mas powietrza – powietrze znad Polski środkowej, północnej, wschodniej oraz znad zachodniej części Ukrainy było przenoszone w

kierunku południowo-zachodnim, a następnie zawróciło znad Niemiec i Czech nadpływając z kierunku zachodniego nad obszar Polski południowej. Punkty startu wszystkich trajektorii obliczonych dla najniższego poziomu (100 m) znajdują się na terytorium Polski.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

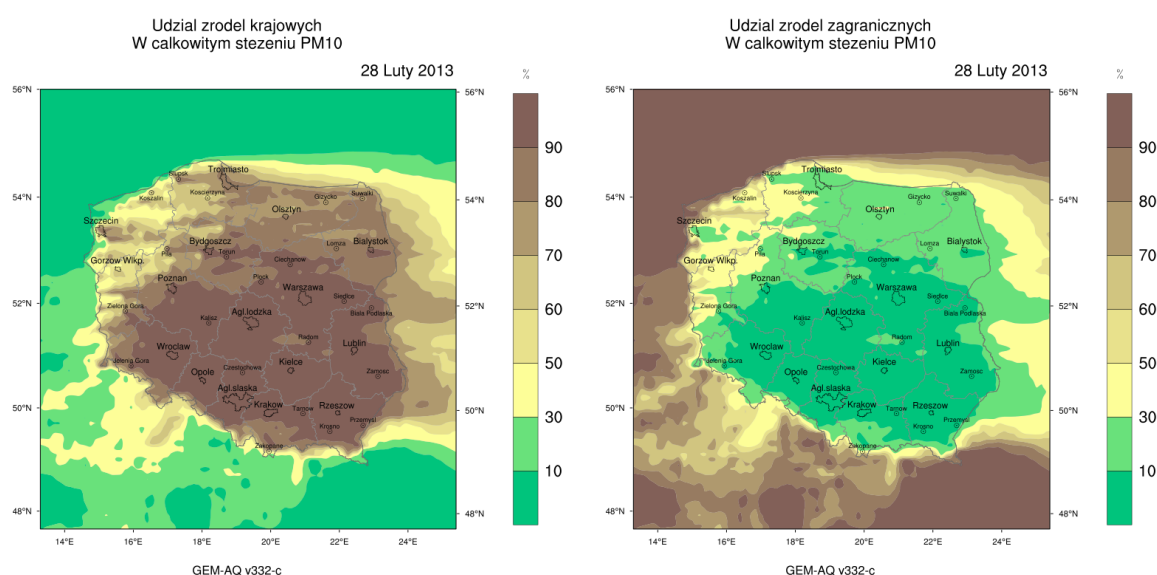
Zgodnie z wynikami modelowania wysokie stężenia pyłu wystąpiły w dniu referencyjnym epizodu (28.02.2013 r.) głównie w południowej części kraju, co jest zbieżne z wynikami pomiarów. Modelowane wysokie stężenia pyłu PM10 w okolicach aglomeracji warszawskiej nie zostały potwierdzone w pomiarach, choć przekroczenia były rejestrowane w dniu poprzednim.



Rysunek 4.6-8 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 28 lutego 2013 r.

Główną rolę w wytworzeniu się epizodu odegrały źródła powierzchniowe (30-80%), z dość znacznym udziałem źródeł liniowych (10-60%), zwłaszcza w obszarach występowania najwyższych poziomów stężeń.

Krajowe źródła emisji wpływały na stężenia występujące na obszarze Ukrainy oraz Białorusi, a także Czech, zwłaszcza w kraju ołomunieckim oraz południowomorawskim, gdzie nie rejestrowano jednak wysokich poziomów PM10. Oddziaływanie źródeł z Polski na obszar okolic Ostrawy, gdzie zostały przekroczone poziomy graniczne epizodu, było mniejsze (do 30% udziału). Zmiany kierunku wiatru w dniu referencyjnym epizodu wpłynęły również na wystąpienie udziału źródeł emisji z Czech i Słowacji na kształtowanie się stężeń w przygranicznym pasie terenu po stronie polskiej w woj. śląskim i małopolskim (10-30%).



Rysunek 4.6-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 28 lutego 2013 r.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

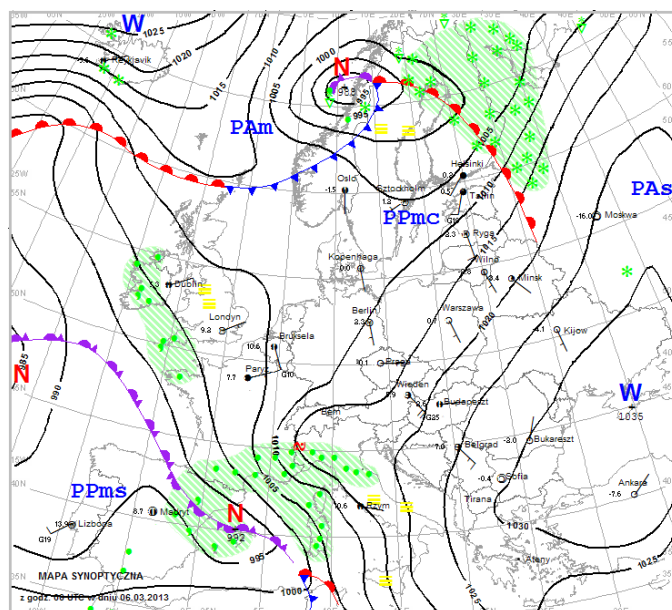
W trakcie trwania tego 6-dniowego epizodu podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały w Polsce głównie w pasie województw graniczących z Czechami, a pod koniec również w centralnej i południowo-wschodniej części kraju.

Za główną przyczynę jego wystąpienia należy uznać emisję powierzchniową z obszaru Polski, przy dość znacznym w wybranych rejonach udziale komunikacji oraz występowaniu niekorzystnych dla dyspersji zanieczyszczeń inwersji temperatury.

4.7. Epizod 7. Od 5 do 10 marca 2013

Sytuacja synoptyczna

5 marca 2013 Polska znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad Karpatami. TemperatURY nocą były ujemne, czemu sprzyjał brak zachmurzenia, zaś w ciągu dnia znacząco wzrastały zwłaszcza w zachodniej części kraju. 6 marca Polska znajdowała się na skraju wyżu znad Morza Czarnego. Wystąpiły znaczne wahania temperatury – od 0°C w ciągu nocy do ok. 10°C w ciągu dnia. 7 marca północ kraju była pod wpływem rozbudowującego się klina układu wysokiego ciśnienia znad Grenlandii, zaś południowa i południowo zachodnia część Polski pozostawała pod wpływem niżu znad Atlantyku. W całym kraju utrzymywała się dodatnia temperatura. 8 i 9 marca nad Polskę wkroczył front ciepły z południa, powodując znaczący wzrost zachmurzenia nad całym obszarem kraju a w jego południowej części utworzenie się szerokiej strefy opadów deszczu. Rozbudowujący się na północy wyż powodował stopniowe ochłodzenie postępujące od północnego wschodu Polski. 10 marca Polska znalazła się pod wpływem klina wysokiego ciśnienia znad Grenlandii. Na przeważającym obszarze kraju utrzymywały się ujemne temperatury, w południowej części ok. 0°C. Południowo zachodnia część kraju pozostawała pod wpływem frontu ciepłego stowarzyszonego z niżem znad Niemiec. W tym rejonie występowały opady ze śniegiem i marznącym deszczem, które w ciągu dnia przesuwały się na wschód.



Rysunek 4.7-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 6 marca 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

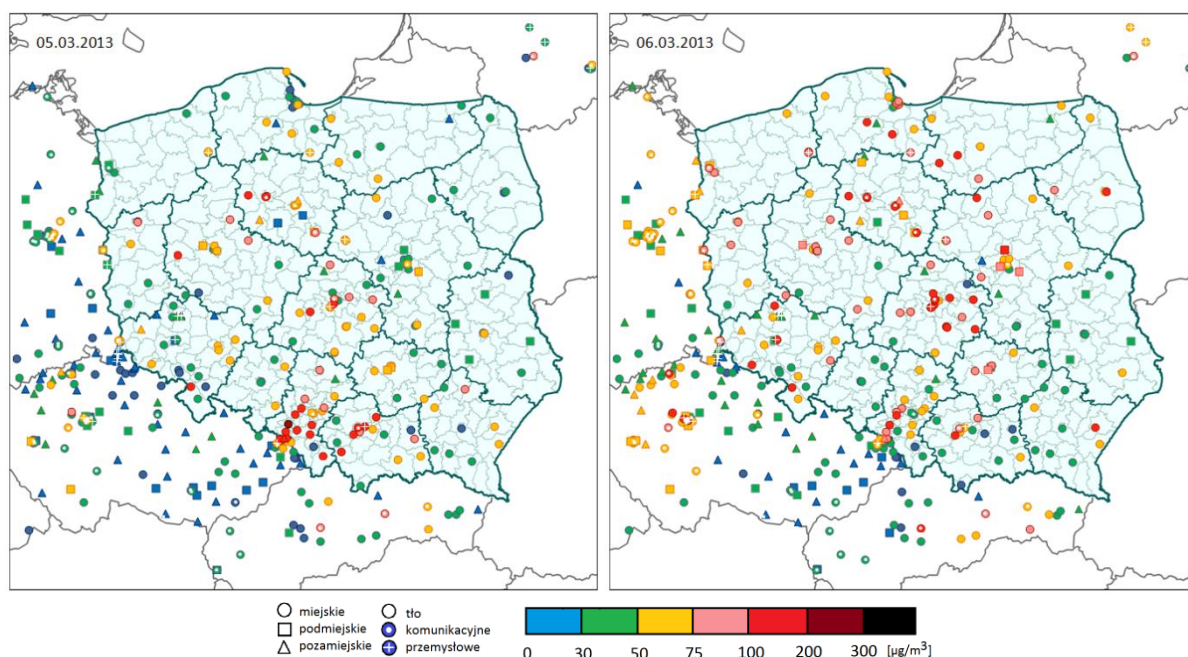
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W trakcie trwania epizodu podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały w zależności od dnia w różnych regionach Polski, początkowo głównie na Śląsku i w Małopolsce, następnie na większości terytorium kraju, łącznie z jego częścią północną. W późniejszych dniach obszar wysokich stężeń stopniowo ograniczył się do części centralnej i południowej

kraju, a następnie do niewielkiego obszaru w południowej części woj. śląskiego i miasta Zakopane. Podczas trwania epizodu w Polsce wystąpiło przekroczenie poziomu informowania na jednym stanowisku. W niektóre dni, podwyższone i wysokie stężenia PM10 notowane były również w Czechach, w Niemczech, na Słowacji i na Litwie. Wybrane informacje o stężeniach PM10 z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.7-1.

W dniu 5 marca 2013 r. wysokie stężenia PM10 wystąpiły w kilkudziesięciu miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim, małopolskim, łódzkim i wielkopolskim. Polska znajdowała się wówczas w zasięgu wyżu z centrum nad Karpatami. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 49% stanowisk w Polsce, w tym na 51% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 25% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 18% stanowisk, w tym na 19 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania, zanotowano w Rybniku w woj. śląskim ($270 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim- $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM10 notowane były też w Czechach, w rejonie Ostrawy i w Kladnie położonym na zachód od Pragi.

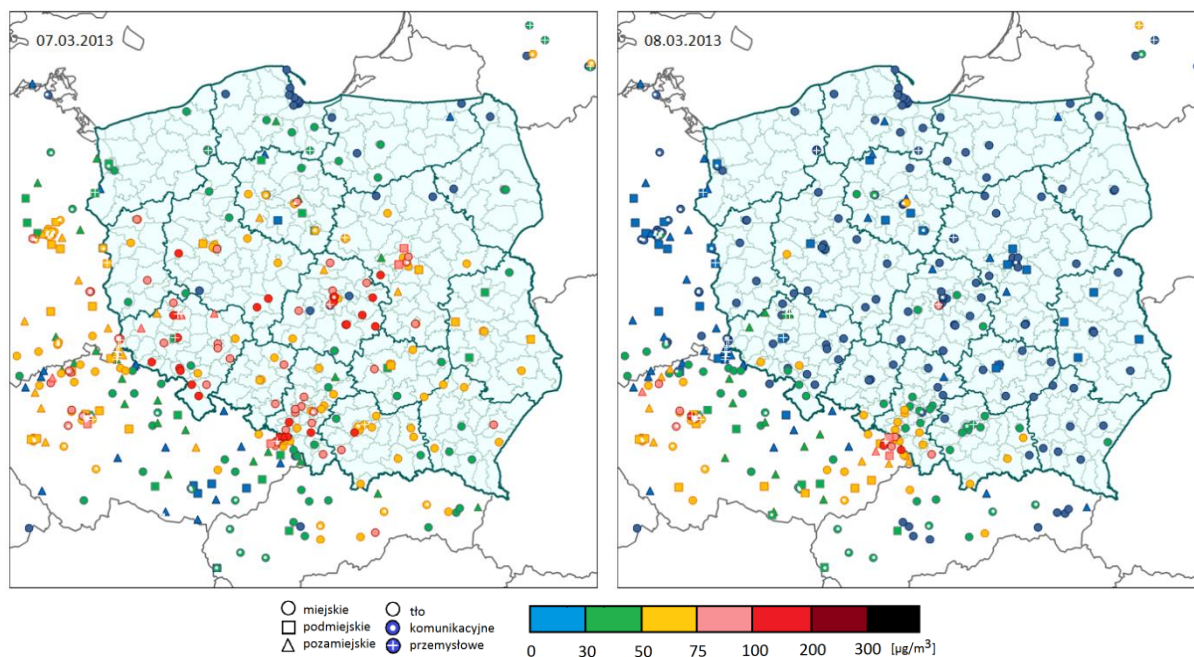


Rysunek 4.7-2 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 5-6.03.2013 r.

W dniu 6 marca 2013 r. wysokie stężenia PM10 wystąpiły na większości terytorium Polski, łącznie z jej częścią centralną i północną. Niskie stężenia notowano w woj. opolskim oraz na większości stacji w woj. lubelskim i podkarpackim. Polska znajdowała się wówczas na skraju wyżu z centrum nad Morzem Czarnym. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 64% stanowisk w Polsce, w tym na 69% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 31% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 37% stanowisk, w tym

na 39 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Rybniku w woj. śląskim ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Bydgoszczy ($186 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. łódzkim - $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM₁₀, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były też na 2 stacjach tła miejskiego w Czechach i na 1 stacji na Słowacji. Poziom ten przekroczyły również stężenia na 3 stacjach komunikacyjnych na Litwie i 1 w Niemczech.



Rysunek 4.7-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 7-8.03.2013 r.

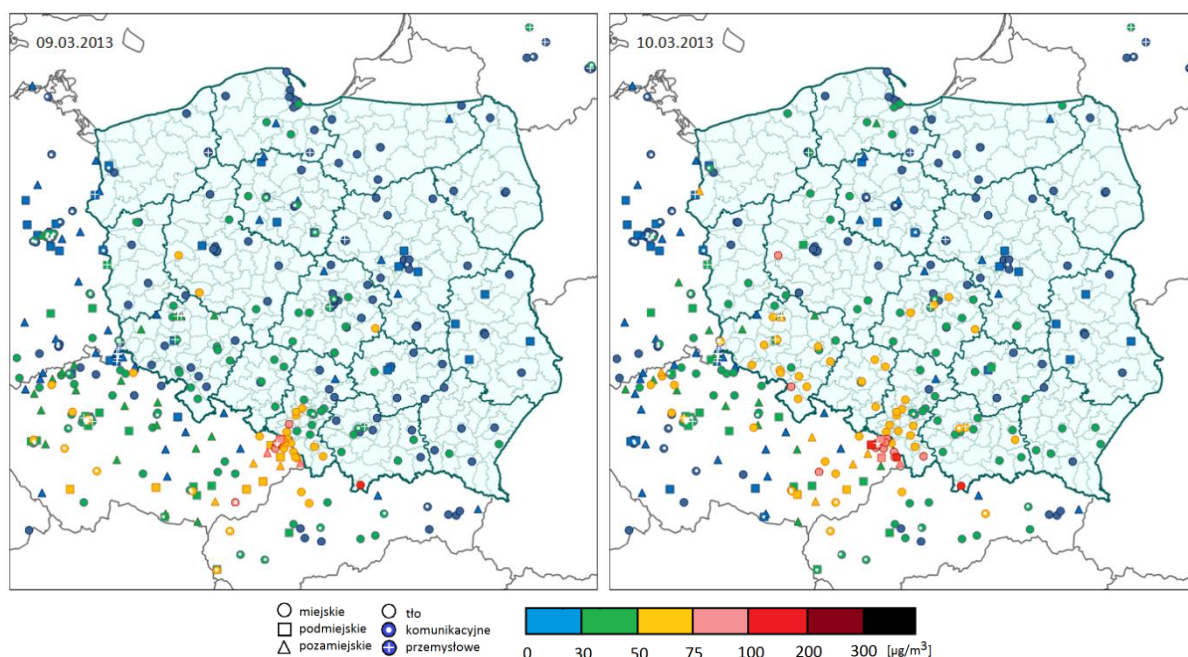
W dniu 7 marca stężenia w części północnej Polski obniżyły się. Wysokie stężenia notowane były w części centralnej i południowo-zachodniej Polski. Ta część kraju znajdowała się w strefie powietrza o niskim gradiencie ciśnienia atmosferycznego – w rezultacie w wielu miejscach okresowo występowała cisza wiatrowa lub słaby wiatr. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowało 63% stanowisk w kraju, w tym na 63% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 46% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 32% stanowisk, w tym na 33 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 15% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe w Polsce zanotowano w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim ($166 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Rybniku w woj. śląskim ($149 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. dolnośląskim, opolskim i śląskim - $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W Czechach przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 9 stanowiskach tła (miejskiego, podmiejskiego i pozamiejskiego) oraz dodatkowo na stanowiskach komunikacyjnych i przemysłowych. Przekroczenia wystąpiły w rejonie Ostrawy, w rejonie

Pragi oraz w kraju usteckim na północy Czech, a także na stacjach tła miejskiego w Cottbus w Niemczech i Jelsava na Słowacji.

W dniu 8 marca nad Polskę wkroczył ciepły front atmosferyczny z południa. W rezultacie na większości terytorium Polski stężenia PM₁₀ znacząco obniży się. Obszar z wysokimi stężeniami pyłu ograniczony był do miast południowej części woj. śląskiego. Podwyższone stężenia PM₁₀ (wyższe od 50 µg/m³) notowane były też w części miast woj. małopolskiego i w kilku miastach innych województw. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w Polsce na 8% stanowisk w kraju, a spośród stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego – na 10 % stanowisk. Na stanowiskach tła pozamiejskiego stężeń wyższych od 50 µg/m³ nie notowano. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 1% stanowisk wszystkich stanowisk i na 2 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Polsce w Pabianicach w woj. łódzkim (109 µg/m³) i w Żywcu (78 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 25 µg/m³, czyli blisko 3 razy mniej niż w dniu poprzednim.

W Czechach przekroczenia poziomu 75 µg/m³ wystąpiły na 9 stanowiskach pomiarowych tła we wschodniej i zachodniej części kraju.



Rysunek 4.7-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 9-10.03.2013 r.

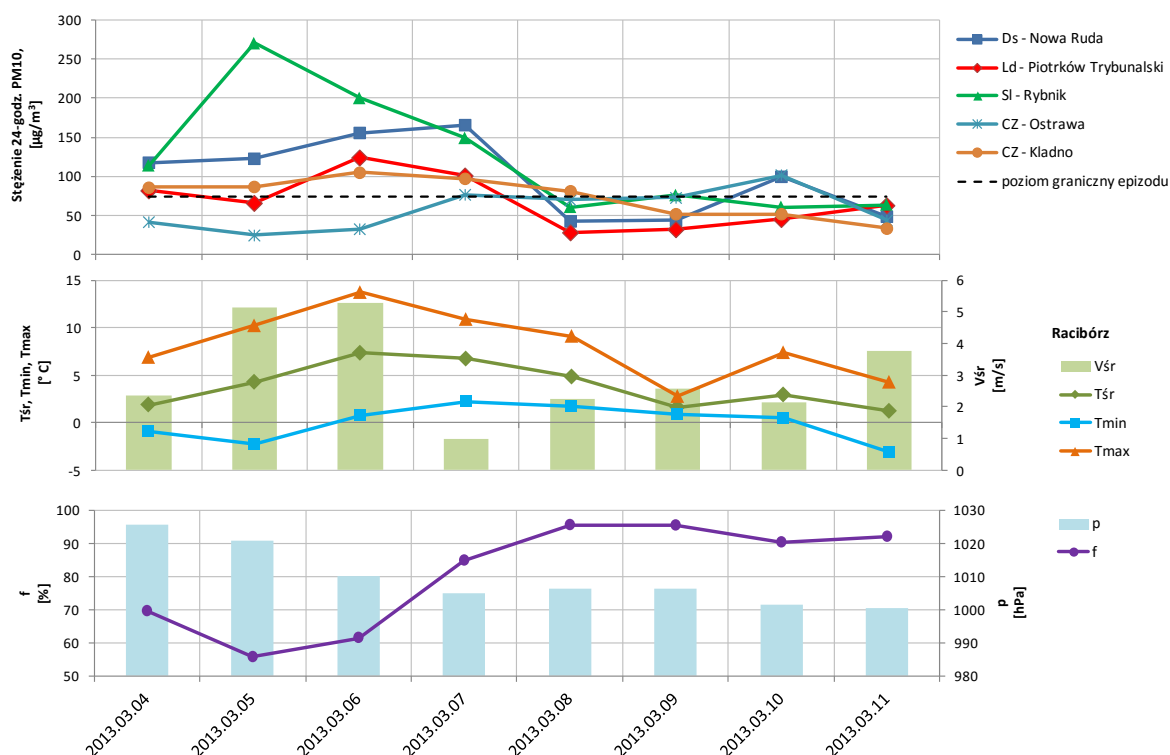
W dniu 9 marca 2013 r. poziom stężeń w kraju, jak i miejsca występowania podwyższonych stężeń, były zbliżone do sytuacji z dnia poprzedniego. W dalszym ciągu podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w południowej części woj. śląskiego oraz dodatkowo w Zakopanem (109 µg/m³).

W dniu 10 marca w dalszym ciągu podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w południowej części woj. śląskiego, w Zakopanem, a także w miastach woj. dolnośląskiego.

Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na terenie 7 województw, na 20% stanowisk w Polsce, w tym na 22% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 3% stanowisk, w tym na 3% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Na stanowiskach tła pozamiejskiego stężenia wyższych od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nie zarejestrowano. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Zakopanem ($126 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 10.03.2013 r. nastąpił wzrost stężeń PM10 w Czechach, szczególnie w rejonie Ostrawy. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły tam na 11 tłowych stanowiskach pomiarowych.

Na rys. 4.7-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Nowej Rudzie, Piotrkowie Tryb., Rybniku oraz w Czechach w Ostrawie i Kladnie. We wszystkich tych miastach w czasie epizodu 5-10.03.2013 r. notowano podwyższone i wysokie stężenia PM10. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Raciborzu. Najwyższe stężenie dobowe w tym okresie notowane było na stacji w Rybniku w warunkach stosunkowo wysokiej prędkości wiatru i przy spadającym ciśnieniu atmosferycznym.



Rysunek 4.7-5 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Raciborzu.

Tabela 4.7-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 5-10.02.2013

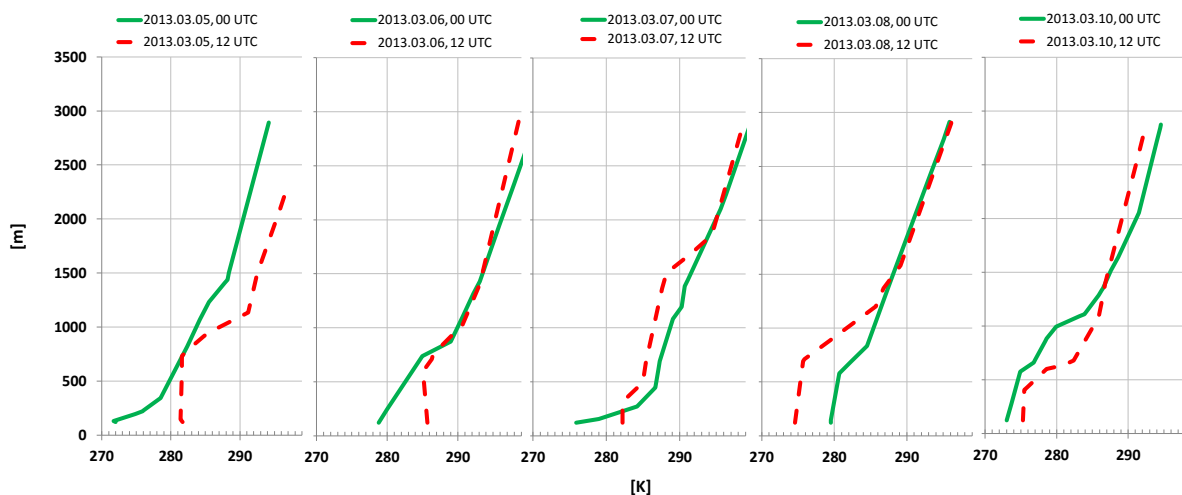
	Jednostka	2013-03-05	2013-03-06	2013-03-07	2013-03-08	2013-03-09	2013-03-10
Wszystkie stanowiska w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	57.1	68.8	63.0	24.6	27.3	35.6
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	49	64	63	8	6	20
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	18	37	32	1	1	3
% stanowisk z S24>S95	%	22	48	34	1	1	3
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	270	200	166	97	109	126
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	59.5	71.2	64.2	25.7	28.5	36.9
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	51	69	63	10	7	22
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	19	39	33	2	1	3
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	270	200	166	97	109	126
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	40.5	44.2	48.3	15.5	18.1	26.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	25	31	46	0	0	8
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	8	15	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	72	76	86	38	33	54
Stanowiska tła poza granicami Polski							
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	1	1	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	2	2	9	9	4	11
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	1	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 5-10.03.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji. 12425).

W dniach od 5 do 10 marca 2013 roku panowały warunki równowagi obojętnej lub względnie chwiejnej w ciągu dnia i silnie stabilnej w ciągu nocy. Wykresy temperatury potencjalnej wskazują na występowanie w dniach 5 i 7 marca 2013 roku silnej inwersji przyziemnej sięgającą do 250 m w godzinach nocnych.

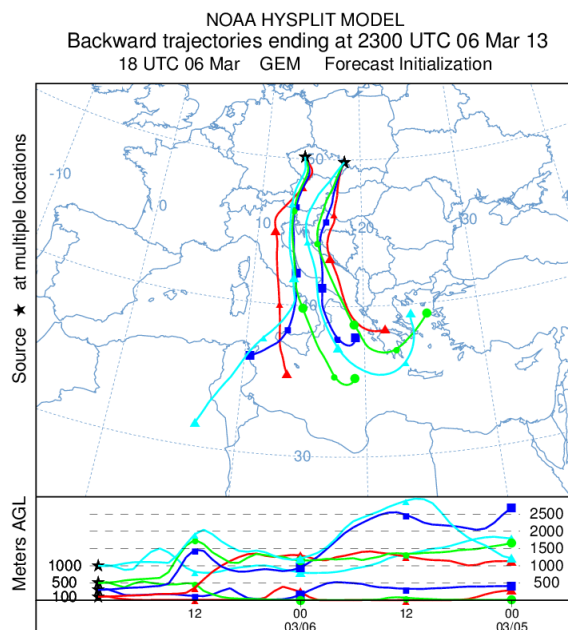
Temperatura przy powierzchni ziemi wykazywała dużą dobową zmienność od +7°C w ciągu dnia z rekordowo ciepłym 6 marca (15°C), do temperatury -2°C w ciągu nocy. Najniższe temperatury nocą zanotowano w dniach 5, 7 i 10 marca 2013 roku.

Na wyższych wysokościach wykresy temperatury potencjalnej wskazują na obecność rozbudowanej inwersji wyżowej.



Rysunek 4.7-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostějovie w dniach 5-10.03.2013 r.

Trajektorie wsteczne



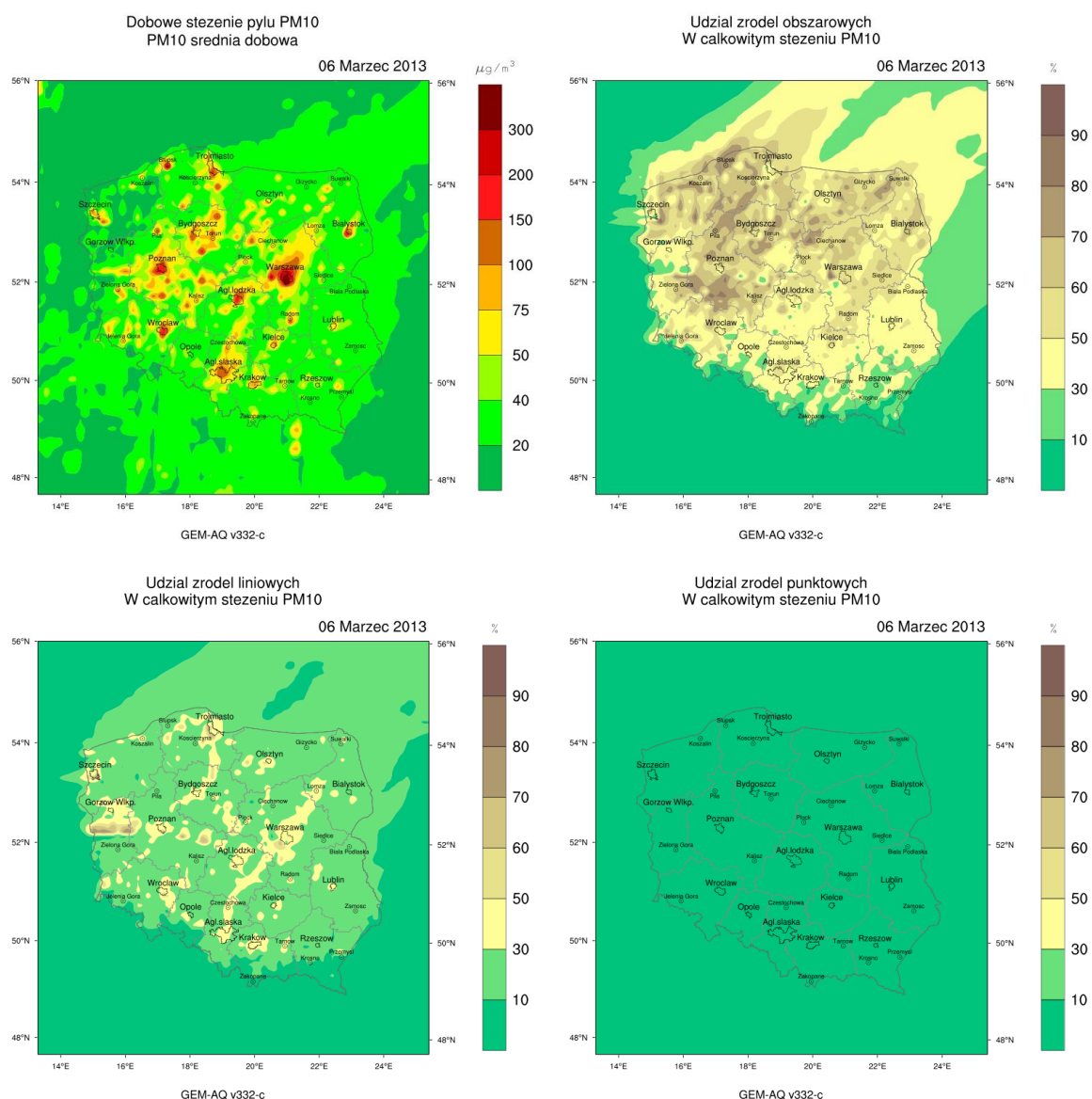
Rysunek 4.7-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 6 marca 2013 r.

W przypadku tego epizodu trajektorie wsteczne obliczono dla dwóch czeskich miast: Kladna ($105 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Ostrawy ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dla 6 marca 2013 r. W przypadku tej drugiej lokalizacji stosunkowo niskie stężenie w dniu referencyjnym epizodu znacząco wzrosło w dniach kolejnych.

Dla obu miast trajektorie na wszystkich wysokościach wykazują zbliżony kształt, wskazujący na napływ mas powietrza, ze stosunkowo dużą prędkością, z kierunku południowego. Początki trajektorii dla obu lokalizacji umiejscowione są nad Morzem

Śródziemnym. W przypadku Kładna trajektorie przecinają Półwysep Apeniński, wykazują też dość dużą fluktuację wysokości. Dla jednej z lokalizacji masy powietrza znajdujące się wysokości 100m i 300m osiadały z atmosfery swobodnej. Najniższa trajektoria (100 m) obliczona dla Ostrawy bierze swój początek na obszarze Grecji, przechodząc nad Morzem Adriatyckim i kolejnymi krajami w kierunku północnym ze stosunkowo małymi zmianami wysokości.

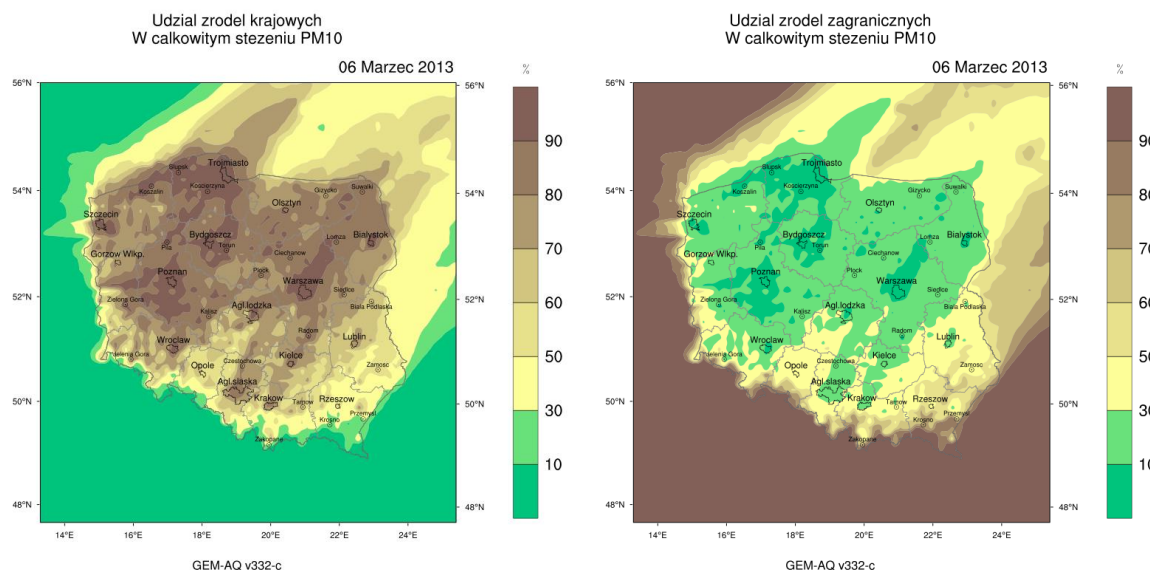
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu



Rysunek 4.7-8 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 6 marca 2013 r.

Zgodnie z wynikami obliczeń podwyższone i wysokie stężenia pyłu PM₁₀ wystąpiły w dniu referencyjnym epizodu na znacznym obszarze kraju, co potwierdzają pomiary prowadzone na stacjach PMS. Niższe poziomy zaobserwowano w województwach południowo-wschodnich, a także w woj. zachodniopomorskim, na co również wskazują rezultaty modelowania.

Udział krajowych powierzchniowych źródeł emisji w tworzeniu się epizodu wynosił od 30 do 80%. Wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych oraz w obszarze aglomeracji zaznacza się również znaczący (do 60%) udział źródeł liniowych. Oddziaływanie źródeł punktowych mieściło się poniżej 10% na terenie całego kraju.



Rysunek 4.7-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 6 marca 2013 r.

Źródła emisji z Polski, w wyniku przeważającego w analizowanym dniu kierunku wiatru, oddziaływały na dość rozległe obszary na północ i wschód od granic kraju. Wyniki obliczeń, nie wskazują jednak na występowanie tam wysokich stężeń PM₁₀, kwalifikujących się jako epizod.

Znaczny zasięg oddziaływania miały źródła zagraniczne, mające do 50% udziału w tworzeniu się stężeń pyłu na terenie południowych i południowo-wschodnich województw w Polsce.

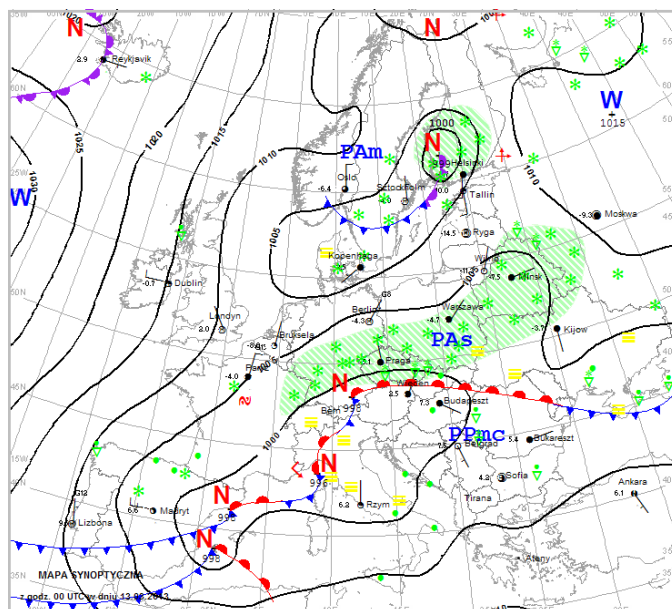
Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Epizod objął swym zasięgiem południowe, wschodnie i centralne rejony kraju. Najwyższym notowanym w tym okresie stężeniom PM₁₀, występującym na południu Polski, towarzyszył słaby wiatr oraz formowanie się inwersji przyziemnej. Za powstanie epizodu odpowiadają głównie krajowe źródła powierzchniowe, przy możliwym wpływie źródeł z Czech i Słowacji w rejonach przygranicznych na południu.

4.8. Epizod 8. Od 12 do 14 marca 2013

Sytuacja synoptyczna

12 marca 2013 Polska znajdowała się w zasięgu oddziaływania chłodnego powietrza arktycznego. Na obszarze całego kraju panowały ujemne temperatury, nieco wyższe na południowym wschodzie. Przez większą część dnia utrzymywały się opady śniegu. 13 marca przez Polskę przechodził front ciepły stowarzyszony z niżem znad Niemiec. Spowodowało to uformowanie się szerokiej strefy opadów śniegu, przechodzącej m.in. przez południową część Polski. Przeważały temperatury ujemne, na południowo wschodnich krańcach kraju bliskie 0°C. 14 marca nastąpiło duże ochłodzenie związane z napłynięciem powietrza arktycznego nad teren Polski. W nocy temperatura obniżyła się znacząco zwłaszcza w północnej i zachodniej części Polski. Niewielkie opady śniegu utrzymywały się na południu kraju.



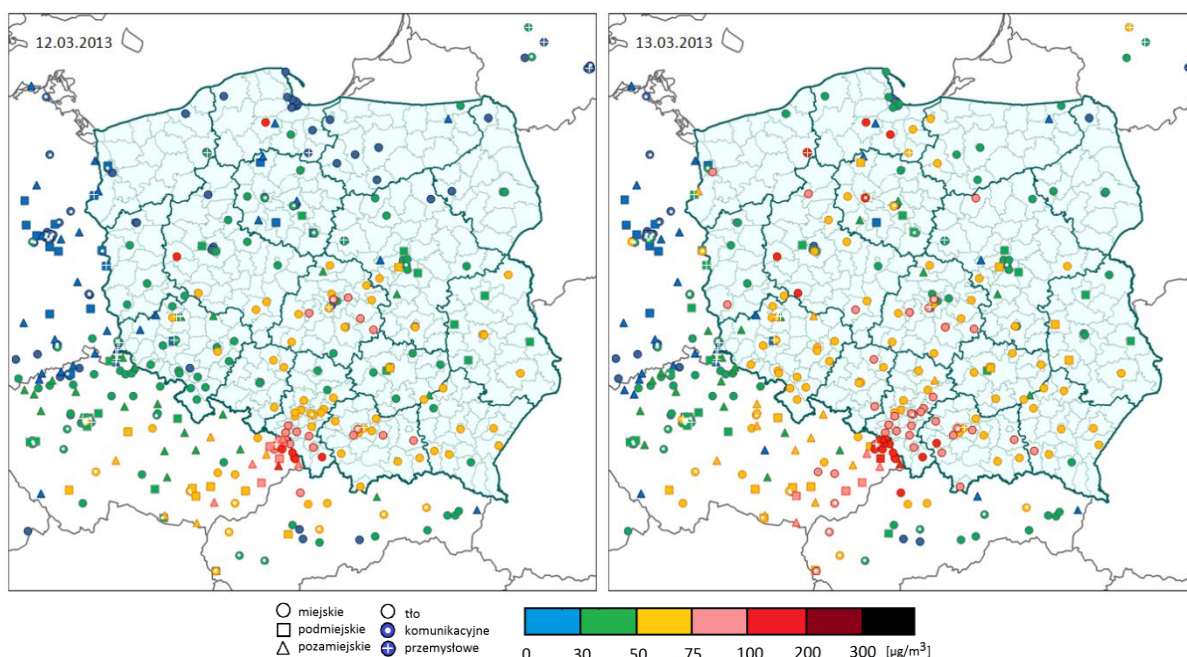
Rysunek 4.8-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 13 marca 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W trakcie trwania epizodu podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały początkowo głównie w południowo-wschodniej części terytorium Polski. W kolejnym dniu obszar z podwyższonymi stężeniami objął większość terytorium Polski (bez krańców północno-wschodnich i północnych). W następnym dniu stężenia PM10 na południu Polski zmniejszyły się, chociaż w dalszym ciągu przekraczały w niektórych miejscach poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. W tym dniu (14.03.2013 r.) najwyższe stężenia PM10 wystąpiły w miastach województw pomorsko-kujawskiego i wielkopolskiego. Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania na jednym stanowisku. W dniach 12-13.03.2013 r.,

podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były również w Czechach i na Słowacji. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.8-1.

W dniu 12 marca 2013 r. wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w kilkunastu miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim, ale też w pojedynczych miastach w woj. pomorskim i wielkopolskim. Polska znajdowała się wówczas w zasięgu oddziaływania chłodnego powietrza arktycznego. Na obszarze całego kraju panowały ujemne temperatury, nieco wyższe na południowym wschodzie. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 33% stanowisk w Polsce, w tym na 40% stanowisk tła miejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 9% stanowisk, w tym na 10 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Kościerzynie w woj. pomorskim (119 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 45 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - 69 µg/m³. Podwyższone stężenia PM₁₀ notowane były we wschodniej części Czech, głównie w rejonie Ostrawy. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 15 stanowiskach tłowych w Czechach i na jednym stanowisku na Słowacji.

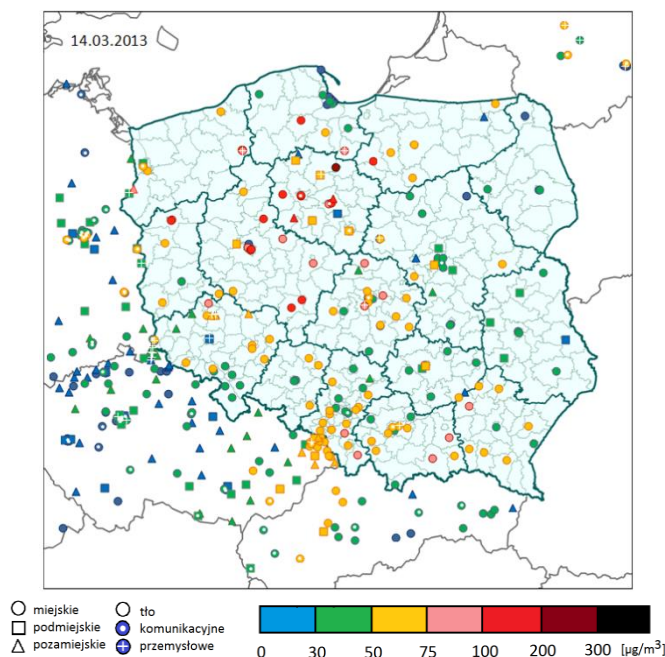


Rysunek 4.8-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 12-13.03.2013 r.

W dniu 13 marca 2013 r. wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły na większości terytorium Polski, łącznie z jej częścią centralną i północną, gdzie wystąpiły najwyższe stężenia dobowe PM₁₀. Niskie stężenia notowano w północno-wschodniej części kraju. W tym dniu przez Polskę przechodził front ciepły stowarzyszony z niżem znad Niemiec. Przeważały temperatury ujemne, na południowo wschodnich krańcach kraju bliskie 0°C. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 58% stanowisk w Polsce, w tym na 66% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 21% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 21% stanowisk, w tym na 23 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Kościerzynie w woj. pomorskim (136 µg/m³) i Szczecinku w

woj. zachodniopomorskim ($136 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim i śląskim - $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM₁₀, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były też na 19 stacjach tła miejskiego w Czechach (głównie w rejonie Ostrawy) i na 1 stacji na Słowacji.

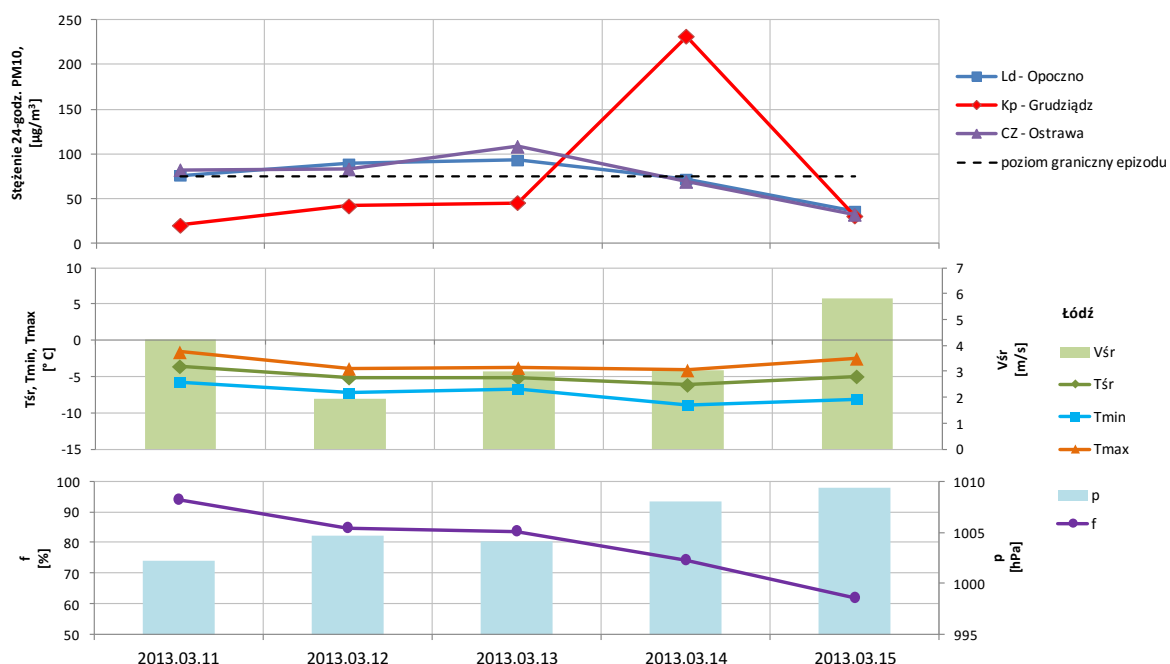


Rysunek 4.8-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniu 14.03.2013 r.

W dniu 14 marca podwyższone stężenia PM₁₀ notowane były w miastach w wielu rejonach Polski poza jej częścią wschodnią. Stężenia wysokie, przekraczające $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w woj. kujawsko-pomorskim, wielkopolskim, lubuskim, pomorskim i warmińsko-mazurskim. W tym dniu nastąpiło duże ochłodzenie związane z napłynięciem powietrza arktycznego nad teren Polski. W nocy temperatura obniżyła się znacząco zwłaszcza w północnej i zachodniej części Polski. Niewielkie opady śniegu utrzymywały się na południu kraju. Poziomy gradient ciśnienia atmosferycznego był mały, w wielu miejscach występowała cisza wiatrowa lub wiatr był słaby. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano 54% stanowisk w kraju, w tym na 58% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 31% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 17% stanowisk, w tym na 17 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 23% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe w Polsce, przekraczające poziom informowania, zanotowano w Grudziądzu w woj. kujawsko-pomorskim ($232 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. wielkopolskim i kujawsko-pomorskim - $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W następnym dniu Polska znalazła się w zasięgu niżu z centrum nad Karpatami. Zmiana warunków meteorologicznych spowodowała spadek stężeń PM₁₀.

Na rys. 4.8-4 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Opocznie, Grudziądzu oraz w Ostrawie w Czechach. We wszystkich tych miastach w czasie epizodu 12-14.03.2013 r. okresowo notowano podwyższone i wysokie stężenia PM10. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Łodzi. W pierwszej części epizodu wyższe stężenia PM10 notowane były na południu i w centrum kraju (Opoczno), później obszar występowania wysokich stężeń przesunął się kierunku północnym (Grudziądz). Wraz ze zmianą warunków meteorologicznych w dniu 15.03.2013 r. związaną z wpływem niżu z centrum nad Karpatami, stężenia PM10 na terenie kraju wyraźnie się zmniejszyły.



Rysunek 4.8-4 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Łodzi.

Tabela 4.8-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 12-14.03.2013

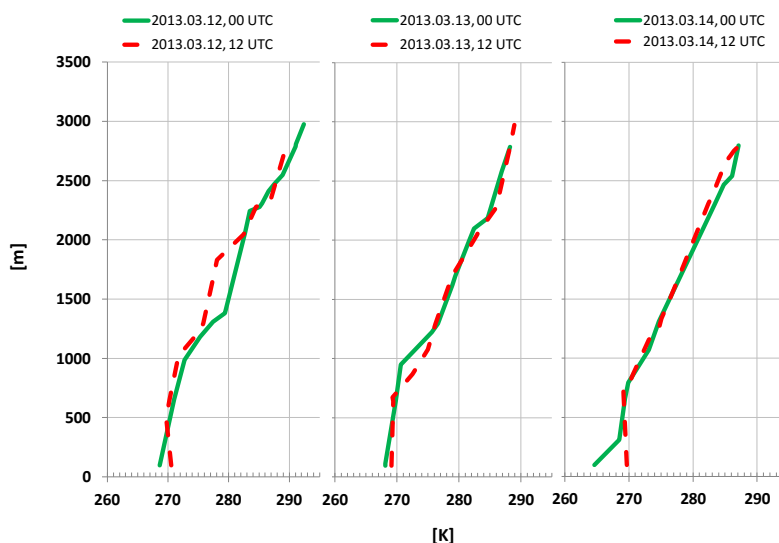
	Jednostka	2013-03-12	2013-03-13	2013-03-14
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	45.0	58.7	56.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	33	58	54
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	9	21	17
% stanowisk z S24>S95	%	4	19	24
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	119	136	232
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	47.3	61.7	57.8

	Jednostka	2013-03-12	2013-03-13	2013-03-14
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	40	66	58
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	10	23	17
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	119	136	232
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	28.5	39.8	50.9
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	0	21	31
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	23
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	49	69	113
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	1	1	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	15	19	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 12-14.03.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, nr stacji. 12374).

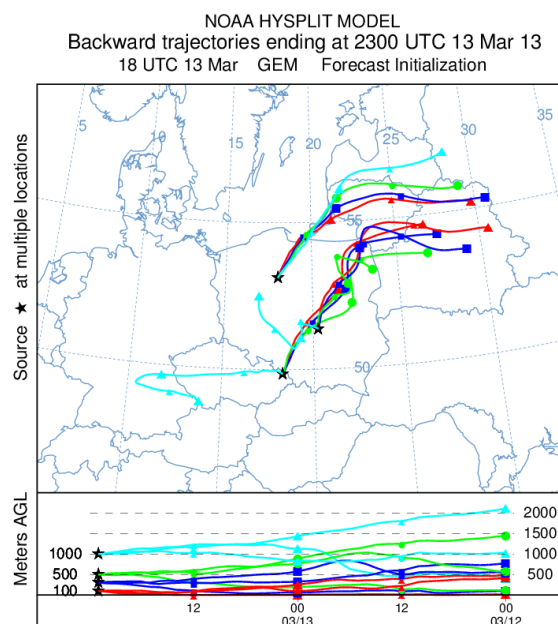
W analizowanym okresie wykresy temperatury potencjalnej wskazywały na utrzymywanie się równowagi lekko stabilnej w ciągu nocy i obojętnej lub względnie chwiejnej w ciągu dnia. W pierwszych dwóch analizowanych dniach temperatura w ciągu dnia i w ciągu nocy zbliżona, na poziomie -4°C. 14 marca w godzinach nocnych temperatura przy powierzchni ziemi spadła do około -10°C.

14.03.2013 w godzinach nocnych utworzyła się inwersja przyziemna do wysokości około 300m.



Rysunek 4.8-5 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Legionowie w dniach 12-14.03.2013 r.

Trajektorie wsteczne



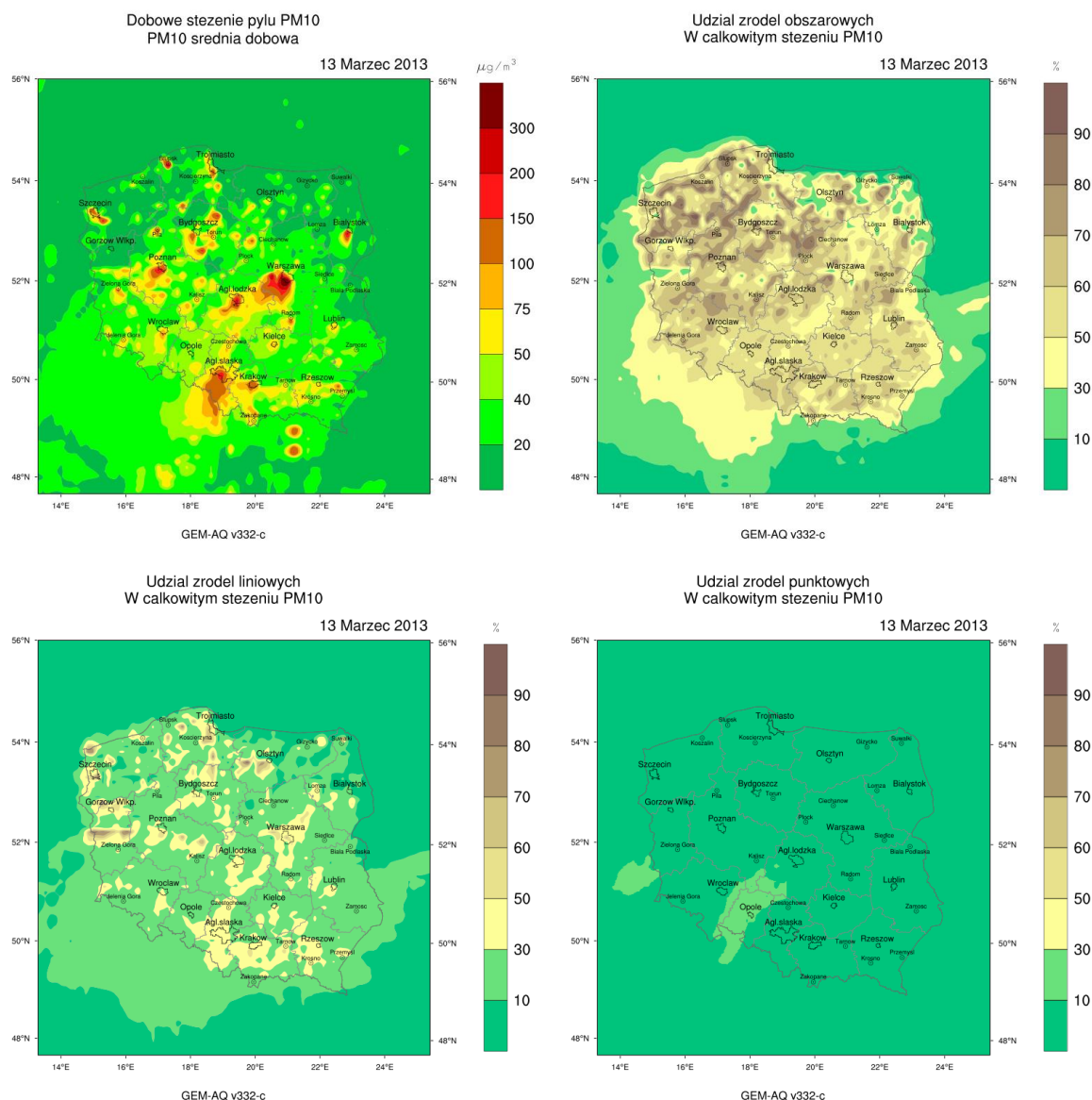
Rysunek 4.8-6 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 13 marca 2013 r.

Trajektorie wsteczne dla dnia 13 marca 2013 r. wykreślono dla Opoczna ($93 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Bydgoszczy ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Ostrawy w Czechach ($108 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie pyłu w Bydgoszczy znacząco (ok. dwukrotnie) wzrosło w następnym dniu epizodu.

Trajektorie obliczone dla najniższych poziomów (100 m i 300 m) mają dla wszystkich trzech lokalizacji zbliżony przebieg. Początek większości trajektorii 48-godzinnych leżał nad obszarem Białorusi. Kierunek trajektorii początkowo ze wschodu po ok. 24 godzinach uległ

zmianie i napływ nad analizowane miasta zachodził z kierunku północno-wschodniego. Na Opocznio oddziaływało powietrze napływające z obszaru Mazowsza, natomiast na Ostrawę - z województwa śląskiego. Zauważalne jest odmienne zachowanie przepływu mas powietrza na wyższych poziomach, zwłaszcza dla trajektorii 1000 m i Ostrawy, która wyróżnia się napływem powietrza na tej wysokości z kierunku zachodniego.

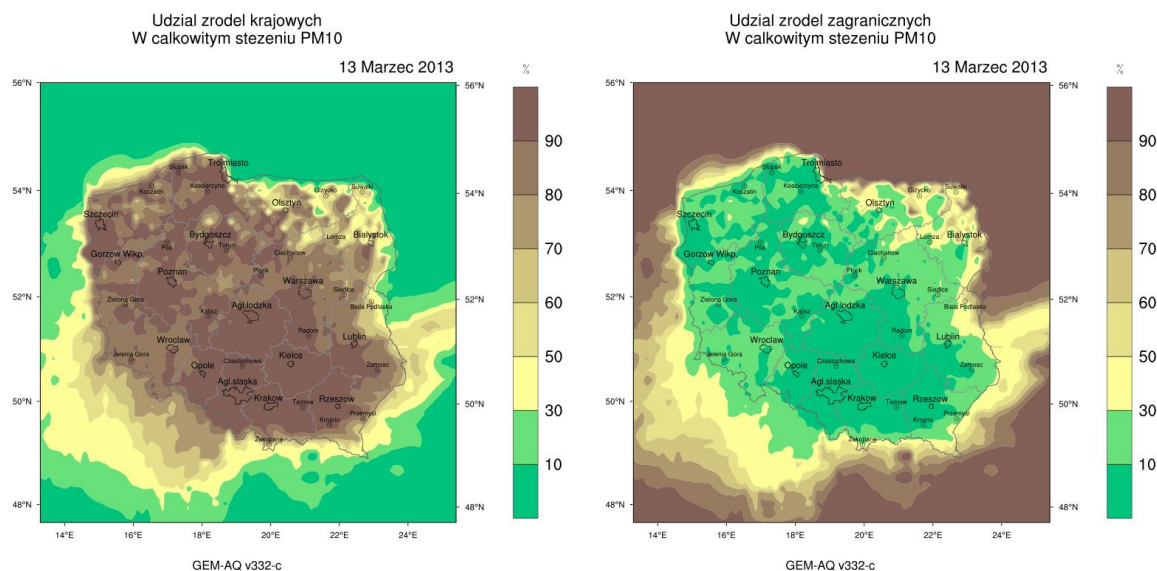
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu



Rysunek 4.8-7 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 13 marca 2013 r.

Wyniki modelowania wskazują, iż zasięg przestrzenny analizowanego epizodu to, przede wszystkim, południowy obszar województw: śląskiego i małopolskiego, a także wybrane rejony województw centralnych, co potwierdzają również wyniki pomiarów. Wynikające z obliczeń bardzo wysokie stężenia w rejonie aglomeracji warszawskiej są przeszacowane.

Wysokie stężenia PM10 są przede wszystkim skutkiem oddziaływania powierzchniowych źródeł emisji. Jest to 30-60% na przeważającym obszarze Polski, a ok. 50-70 % udziału w rejonach z najbardziej zanieczyszczonym powietrzem.



Rysunek 4.8-8 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 13 marca 2013 r.

Modelowanie matematyczne wskazuje na możliwość oddziaływania polskich źródeł emisji na przygraniczne obszary Czech, głównie wschodnich, na których zostały zarejestrowane wysokie poziomy stężeń.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Przyczyn powstania tego 3-dniowego epizodu wysokich stężeń pyłu PM10 na wskazanych obszarach w Polsce należy upatrywać głównie w krajowych źródłach powierzchniowych (tzw. niska emisja), przy udziale komunikacji samochodowej.

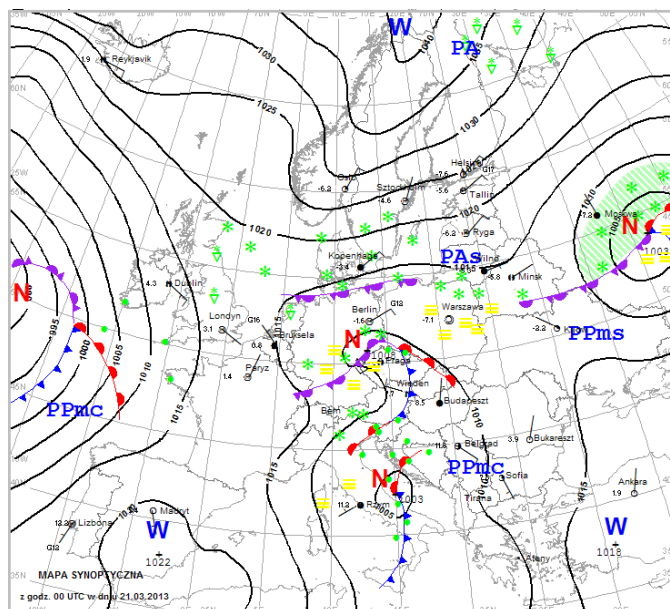
Wyniki modelowania oraz obliczeń trajektorii wstecznych wskazują na prawdopodobny udział źródeł położonych w Polsce w kształtowaniu się wysokich stężeń pyłu w północno-wschodnich Czechach, w rejonie Ostrawy.

4.9. Epizod 9. Od 20 do 21 marca 2013

Sytuacja synoptyczna

20 marca 2013 Polska znajdowała się w zasięgu oddziaływania bruzdy niskiego ciśnienia, rozciągającej się znad Ukrainy. Przechodzący przez Polskę front zokludowany spowodował zachmurzenie całkowite z opadami śniegu w całym kraju w godzinach nocnych i porannych. Na terenie całego kraju utrzymywały się ujemne temperatury. W godzinach popołudniowych

w południowej części Polski wystąpił wzrost temperatur. 21 marca od północy napływało nad Polskę powietrze arktyczne powodując spadki temperatur zwłaszcza w północnej części kraju. Ścieranie się mas powietrza na granicy frontu zokludowanego spowodowało zachmurzenie całkowite oraz opad śniegu i deszczu na przeważającej powierzchni kraju. Temperatura w ciągu dnia na południu kraju była dodatnia, zaś na północy kraju utrzymywała się poniżej 0°C.

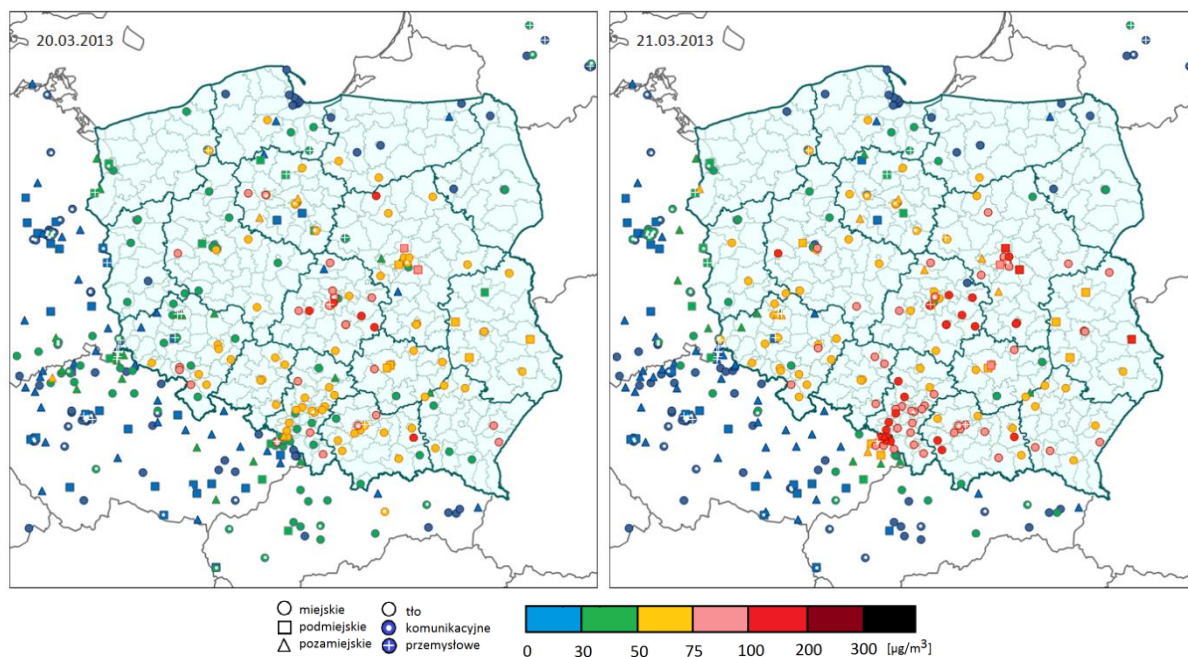


Rysunek 4.9-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 21 marca 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W trakcie trwania epizodu podwyższone stężenia PM10 ($S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) występowały na większości terytorium Polski (z wyłączeniem krańców północnych i północno-wschodnich). Stężenia wysokie PM10 pierwszego dnia epizodu notowane były w wielu miastach woj. łódzkiego i w 1-3 miastach innych województw. Drugiego dnia stężenia wzrosły i wysokie stężenia notowane były w kilkudziesięciu miastach w centralnej, południowej i południowo-wschodniej części Polski. W drugim dniu epizodu podwyższone i wysokie stężenia PM10 notowane były również w Czechach, w rejonie Ostrawy. Wybrane informacje o stężeniach PM10 z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.9-1.

W dniu 20 marca 2013 r. wysokie stężenia PM10 wystąpiły w kilkudziesięciu miastach w Polsce, głównie w woj. łódzkim i mazowieckim. Polska znajdowała się wówczas w zasięgu oddziaływania bruzdy niskiego ciśnienia, rozciągającej się od Francji do Ukrainy. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 51% stanowisk w Polsce, w tym na 58% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 14% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 16% stanowisk, w tym na 17% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Opocznie w woj. łódzkim ($131 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Mławie w woj. mazowieckim ($124 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. łódzkim - $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

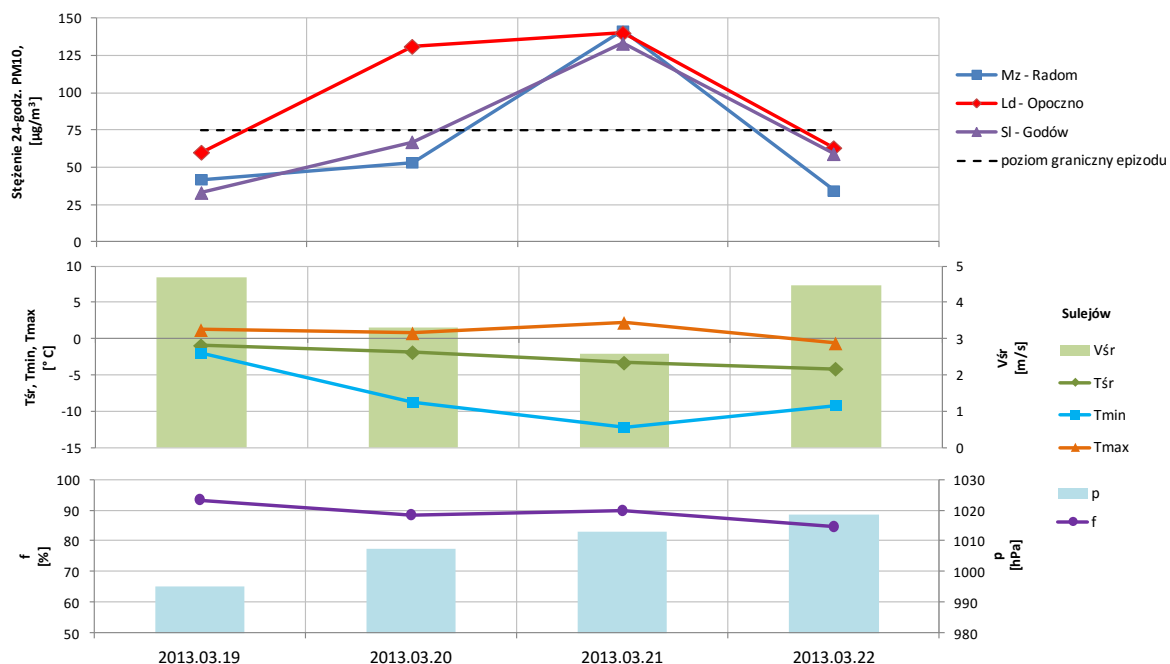


Rysunek 4.9-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 20-21.03.2013 r.

W dniu 21 marca 2013 r. wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w kilkudziesięciu miastach centralnej, południowej i południowo-wschodniej części Polski. Wysokie stężenia wystąpiły w większości miast woj. śląskiego, małopolskiego, łódzkiego i mazowieckiego. Polska znajdowała się wówczas pomiędzy ośrodkami niżowymi znad Rosji i Czech, w strefie z małym gradientem ciśnienia atmosferycznego. Od północy napływało nad Polskę powietrze arktyczne powodując spadki temperatur. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 68% stanowisk w Polsce, w tym na 72% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 35% stanowisk, w tym na 39 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Brzezinach w woj. łódzkim (178 µg/m³) i w Radomiu (142 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 65 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, małopolskim, łódzkim i mazowieckim - 87 µg/m³.

Podwyższone stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były też na 6 stacjach tła w Czechach w rejonie Ostrawy.

Na rys. 4.9-3 przedstawiono stężenia 24-godz. PM₁₀ na stanowiskach pomiarowych w Opocznie, Radomiu i Godowie. We wszystkich tych miastach w czasie epizodu 20-21.03.2013 r. notowano podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Sulejowie. W dniach, w których w Opocznie notowane były wysokie stężenia pyłu PM₁₀ przekraczające poziom 125 µg/m³, na stacji meteorologicznej w Sulejowie notowano dużą dobową amplitudę temperatury powietrza przekraczającą 10°C.



Rysunek 4.9-3 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Sulejowie.

Tabela 4.9-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 20-21.03.2013

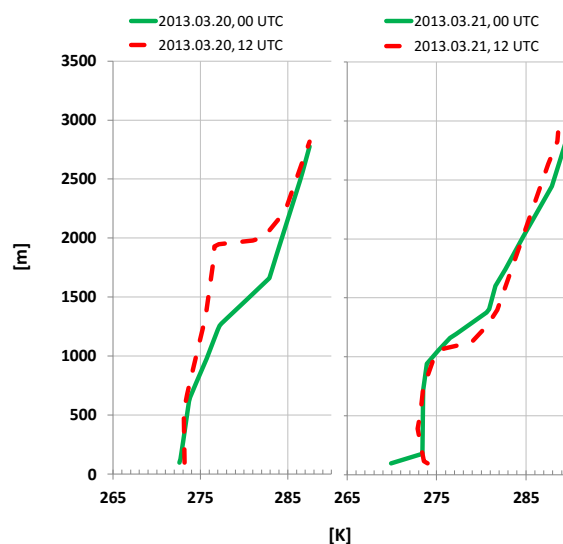
	Jednostka	2013-03-20	2013-03-21
Wszystkie stanowiska w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	52.8	65.2
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	51	68
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	16	35
% stanowisk z S24>S95	%	12	31
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	131	178
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	55.3	68.5
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	58	72
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	17	39
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	131	178
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	35.3	47.7
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	14	50
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	64	75
Stanowiska tła poza granicami Polski			
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	0	6

	Jednostka	2013-03-20	2013-03-21
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 20-21.03.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, nr stacji. 12374).

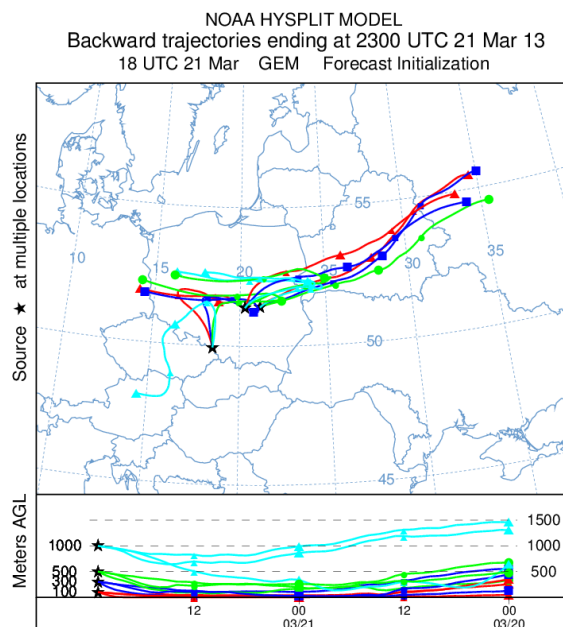
W analizowanych dniach na stacji aerologicznej w Legionowie panowały w ciągu dnia warunki równowagi obojętnej, w ciągu nocy równowaga stabilna. W ciągu dnia temperatura przy powierzchni ziemi oscylowała wokoło 0°C.

Nocą 21.03.2013 temperatura spadła do -5°C, wytworzyła się inwersja przyziemna do wysokości 100 metrów.



Rysunek 4.9-4 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Legionowie w dniach 20-21.03.2013 r.

Trajektorie wsteczne



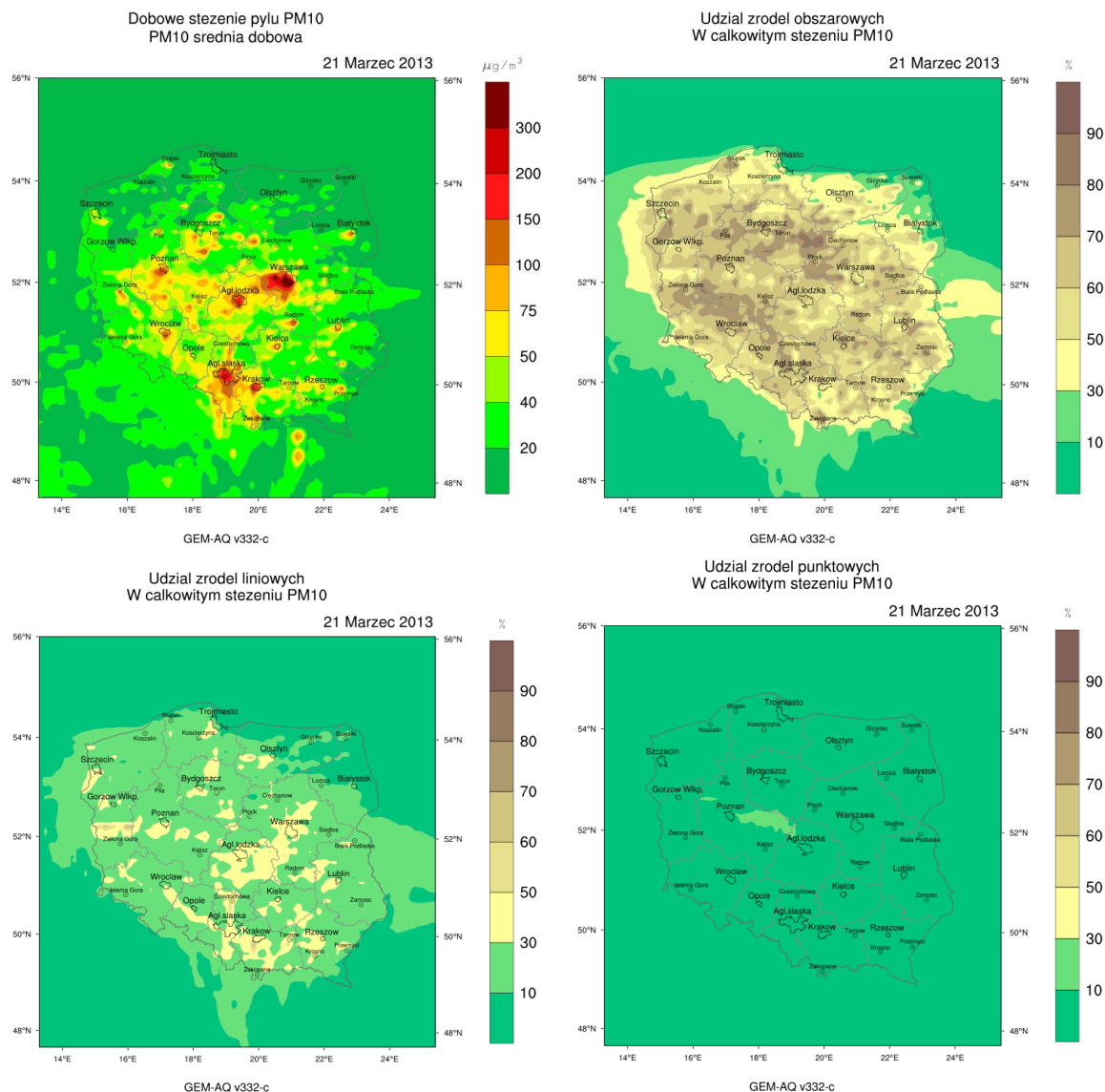
Rysunek 4.9-5 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 21 marca 2013 r.

Trajektorie wsteczne obliczono dla 21 marca 2013 r. dla Radomia ($142 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Godowa ($133 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Opoczna ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W przypadku Radomia i Opoczna kształt trajektorii jest zbliżony, zwłaszcza w przypadku wykreślonych dla najniższych poziomów (100 m, 300 m). Wskazuje on na napływ powietrza z kierunku północno-wschodniego, głównie nad obszarem Białorusi, z początkami trajektorii nad terenem zachodniej Rosji, bez znacznych zmian kierunku wiatru. W przypadku Godowa powietrza napływało z kierunku zachodniego, by po kilkukrotnej zmianie kierunku napłynąć na miasto z północy. Początki trzech dolnych trajektorii zlokalizowane są we wschodnich Niemczech, natomiast najwyższej - na terenie Austrii.

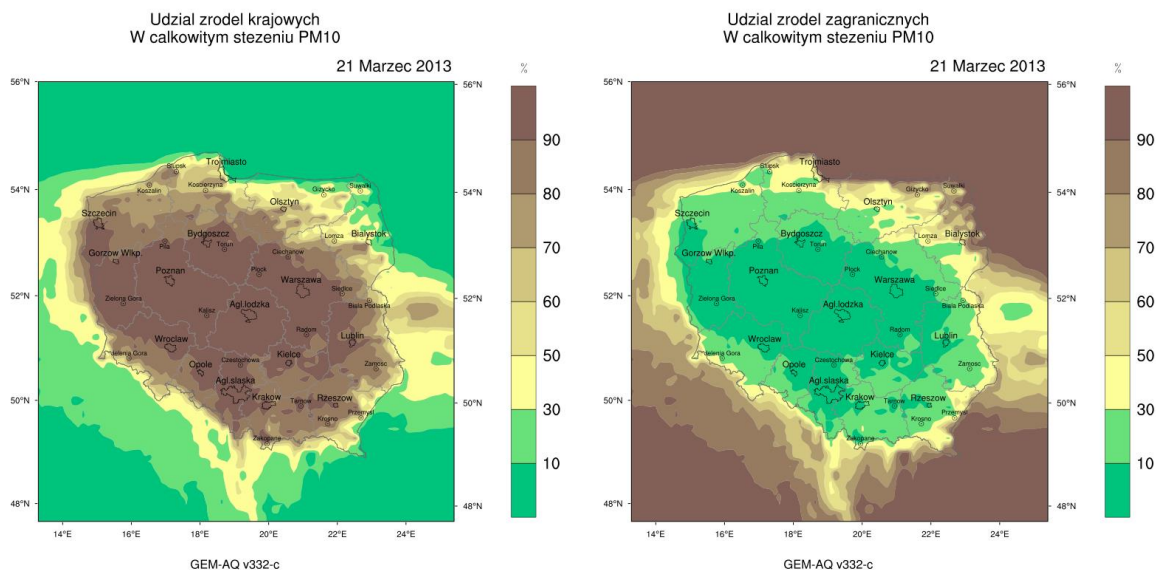
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowane rozkłady PM10 w dniu 21.03.2013 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w całej Polsce z wyłączeniem województw północnych.



Rysunek 4.9-6 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 21 marca 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.9-6), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (od 60% do 90% wartości stężenia dobowego). Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 50% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2, A4). Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie prawie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki i na ogół nie przekraczał 10%. Zauważalny jest wzrost tego udziału w północno-wschodniej części województwa wielkopolskiego, gdzie zarówno pomiary, jak i modelowanie pokazują podwyższone stężenia PM10, nie przekraczające jednak poziomu granicznego epizodu.



Rysunek 4.9-7 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 21 marca 2013 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (przeważnie powyżej 80%). Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na terenach leżących w północo-wschodnim i wschodnim rejonie kraju, gdzie rejestrowano niskie poziomy stężenie. Polskie źródła emisji miały wpływ na poziom stężenia pyłu w przygranicznym obszarze Niemiec, Czech i Słowacji i Ukrainy. Wysokie stężenia w dniu referencyjnym epizodu w rejonie Ostrawy mogły być kształtowane przy udziale źródeł emisji z województwa śląskiego.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

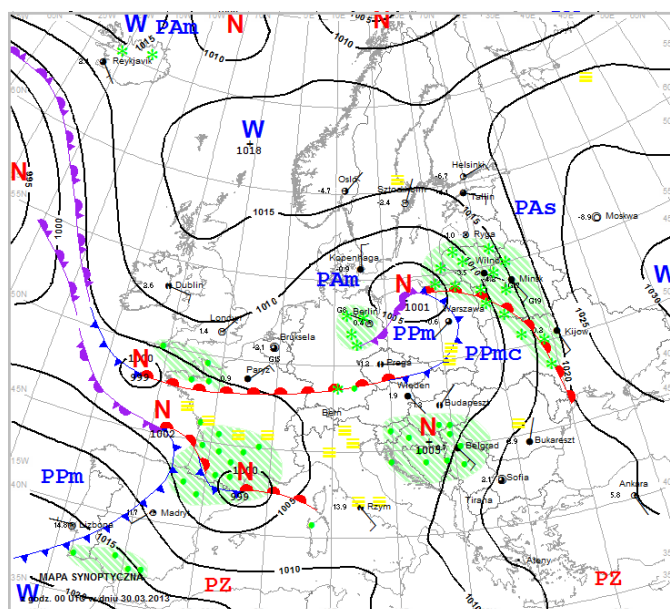
W trakcie trwania epizodu w dniach 20-21.03.2014 r. podwyższone stężenia PM₁₀ występowały na większości terytorium Polski (z wyłączeniem krańców północnych i północno-wschodnich). Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W warunkach utrzymującej się głównie w godzinach nocnych stabilnej równowagi atmosfery oraz inwersji w nocy 21 marca, niska emisja doprowadziła do kumulacji PM₁₀ w przyziemnej warstwie atmosfery i występowania wysokich stężeń pyłu. Do podwyższonych stężeń pyłu w Czechach przyczyniać się mógł transport zanieczyszczonych mas powietrza z woj. śląskiego.

4.10. Epizod 10. Od 28 do 31 marca 2013

Sytuacja synoptyczna

28 marca 2013 Polska znajdowała się w zasięgu układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Łotwą, w obrębie którego zalegała masa przetransformowanego powietrza arktycznego.

Przeważały wiatry z kierunków wschodnich. Na terenie całego kraju nocą utrzymywały się ujemne temperatury. W ciągu dnia wystąpiły przelotne opady śniegu na południu Polski. Od 29 marca układ wysokiego ciśnienia przesunął się na wschód, a Polska znalazła się na pograniczu dwóch ośrodków barycznych, wyżu znad Rosji oraz niżu z centrum nad Niemcami. Przez obszar Polski od południowego zachodu przechodził front ciepły. Napływ ciepłej i wilgotnej masy powietrza znad morza Śródziemnego spowodował wzrost temperatur do ok. 0°C oraz zachmurzenie całkowite i opady śniegu w strefie frontowej. 30 marca na północy Polski znalazło się centrum wypełniające się niżu. W nocy przeważały temperatury ujemne, w ciągu dnia temperatura wahała się ok. 0°C. Utrzymywało się zachmurzenie duże oraz opady śniegu i deszczu ze śniegiem głównie na północy kraju. 31 marca Polska znalazła się pod wpływem układu niskiego ciśnienia z centrum nad Włochami. Nadchodzący z południowego wschodu front ciepły spowodował w całym kraju opady śniegu przed frontem zaś opady deszczu po przejściu frontu. Temperatura wahała się ok. 0°C.



Rysunek 4.10-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 30 marca 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

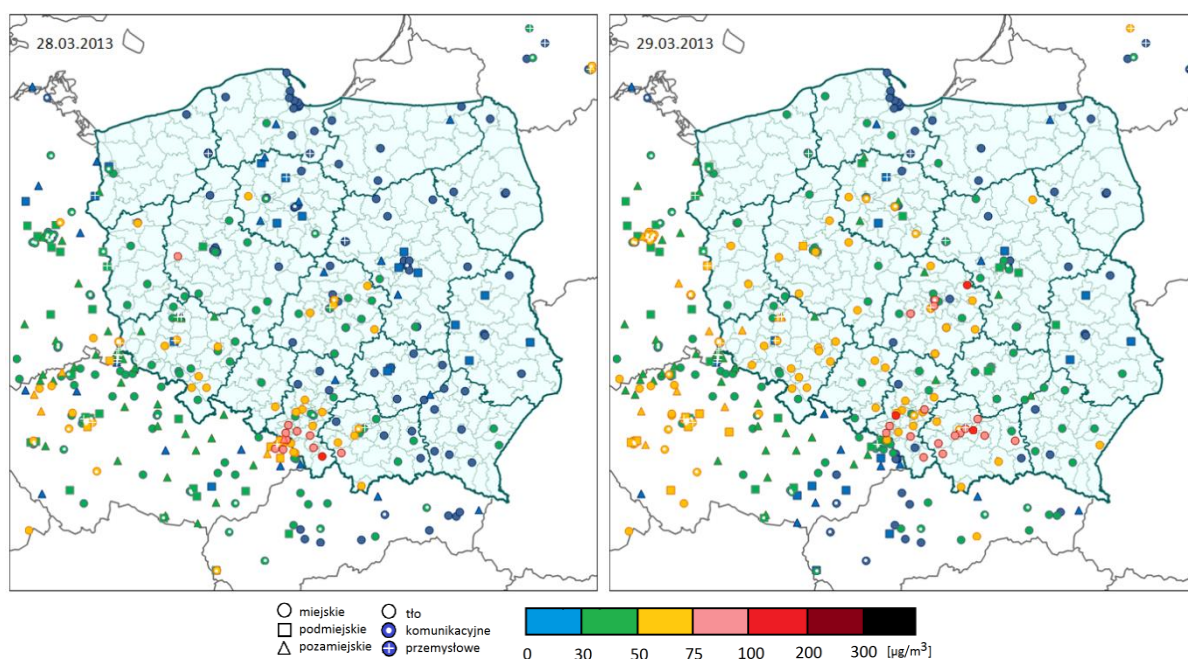
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W trakcie trwania epizodu wysokie stężenia PM₁₀ występowały początkowo głównie w woj. śląskim. Następnie wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły dodatkowo w miastach woj. małopolskiego i łódzkiego. W trzecim dniu epizodu nastąpiła jego kulminacja - podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ występowały w większości miast południowej połowy Polski. W kolejnym – ostatnim dniu epizodu, wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły głównie w woj. łódzkim i wielkopolskim, a podwyższone stężenia notowano dodatkowo na stacjach w miastach woj. śląskiego, mazowieckiego i małopolskiego. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.10-1.

W dniu 28 marca 2013 r. wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w kilku miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim, ale też w pojedynczych miastach w woj. wielkopolskim i małopolskim.

Polska znajdowała się wówczas w zasięgu układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Łotwą, w obrębie którego zalegała masa przetransformowanego powietrza arktycznego. Przeważały wiatry z kierunków wschodnich. Na terenie całego kraju nocą utrzymywały się ujemne temperatury. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 16% stanowisk w Polsce, w tym na 20% stanowisk tła miejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 4% stanowisk, w tym na 5 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Żywcu w woj. śląskim ($131 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM10 notowane były w zachodniej i we wschodniej części Czech (głównie w rejonie Ostrawy). Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był tam na 3 stanowiskach tłowych.

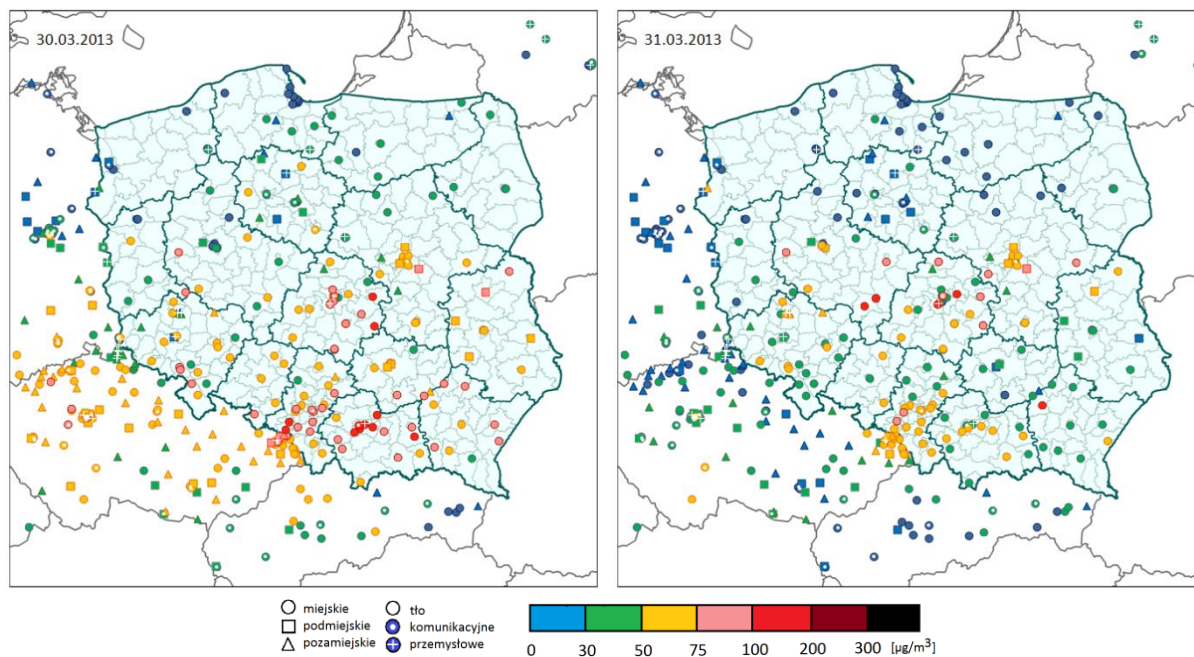


Rysunek 4.10-2 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 28-29.03.2013 r.

W dniu 29 marca 2013 r. podwyższone stężenia PM10 wystąpiły w miastach na większości terytorium południowo-zachodniej części terytorium Polski oraz w miastach Małopolski. Wysokie stężenia rejestrowano w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim. W tym dniu Polska znalazła się na pograniczu dwóch ośrodków barycznych, wyżu znad Rosji oraz niżu z centrum nad Niemcami. Przez obszar Polski od południowego zachodu przechodził front ciepły. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 34% stanowisk w Polsce, w tym na 38% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 9% stanowisk, w tym na 11 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Skierniewicach w woj. łódzkim ($166 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Niepołomicach w woj. małopolskim ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe

uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim - 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM₁₀ notowane były na większości terytorium Czech. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 8 stanowiskach, w tym na 3 stanowiskach tłowych.



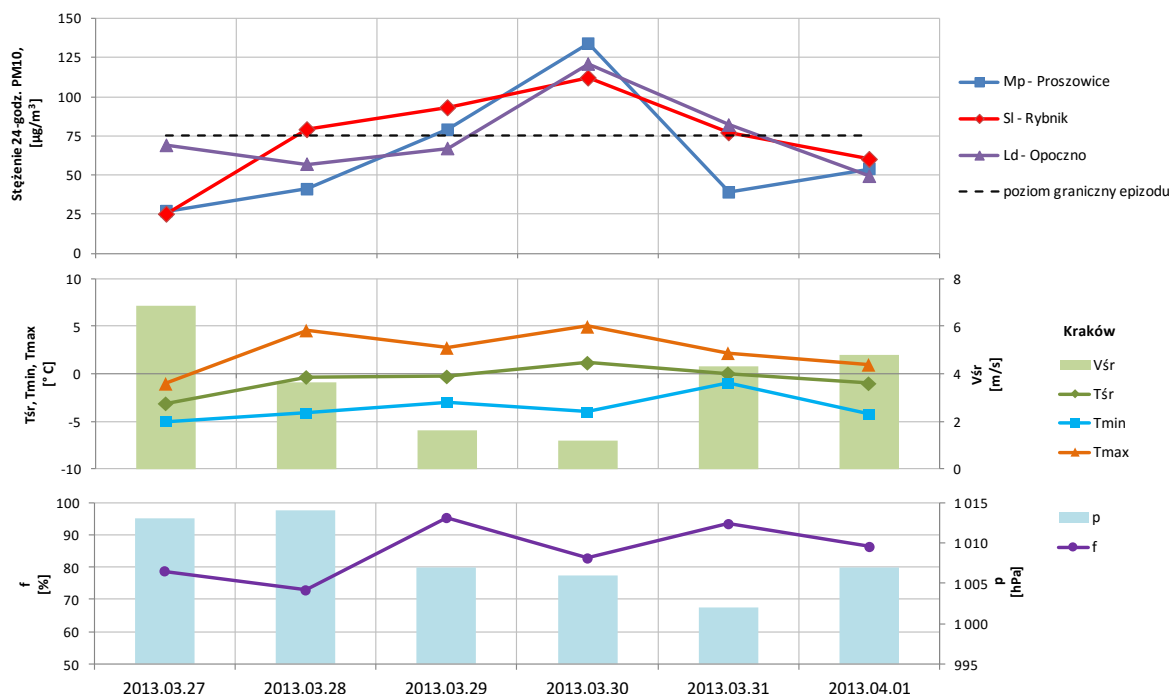
Rysunek 4.10-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 30-31.03.2013 r.

W dniu 30 marca nastąpiła kulminacja epizodu. Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w większości miast południowej połowy terytorium Polski (Rys.4.10-3). Stężenia przekraczające 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w woj. małopolskim, śląskim i łódzkim. W tym dniu na północy Polski znalazło się centrum wypełniającego się niżu. Południowa część Polski znalazła się w strefie z niewielkim gradientem ciśnienia atmosferycznego. Stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 57% stanowisk w kraju, w tym na 64% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 23% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 24% stanowisk, w tym na 27 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Proszowicach, Niepołomicach i Tuchowie w woj. małopolskim (132-134 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. wielkopolskim i łódzkim - 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 31 marca podwyższone stężenia PM₁₀ notowane były w wielu miastach woj. śląskiego i małopolskiego oraz woj. wielkopolskiego, łódzkiego i mazowieckiego. Stężenia przekraczające 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w kilku miastach w woj. łódzkim i wielkopolskim oraz na jednej stacji w woj. podkarpackim. W tym dniu Polska znalazła się pod wpływem układu niskiego ciśnienia z centrum nad Włochami. Nadchodzący z południowego wschodu front ciepły spowodował w całym kraju opady śniegu przed frontem zaś opady deszczu po przejściu

frontu. Temperatura wahała się ok. 0 °C. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 33% stanowisk w kraju, w tym na 37% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 15% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 8% stanowisk, w tym na 10 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Brzezinach w woj. łódzkim (131 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 44 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. wielkopolskim i łódzkim - 61 µg/m³.

Na rys. 4.10-4 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Proszowicach, Rybniku i Opocznie. We wszystkich tych miastach najwyższe stężenie 24-godz. zanotowano w dniu 30.03.2013 r. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Krakowie W dniu 30.03.2013 r. średnia prędkość wiatru była najniższa, a dobowa amplituda temperatury powietrza najwyższa.



Rysunek 4.10-4 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie.

Tabela 4.10-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 28-31.03.2013

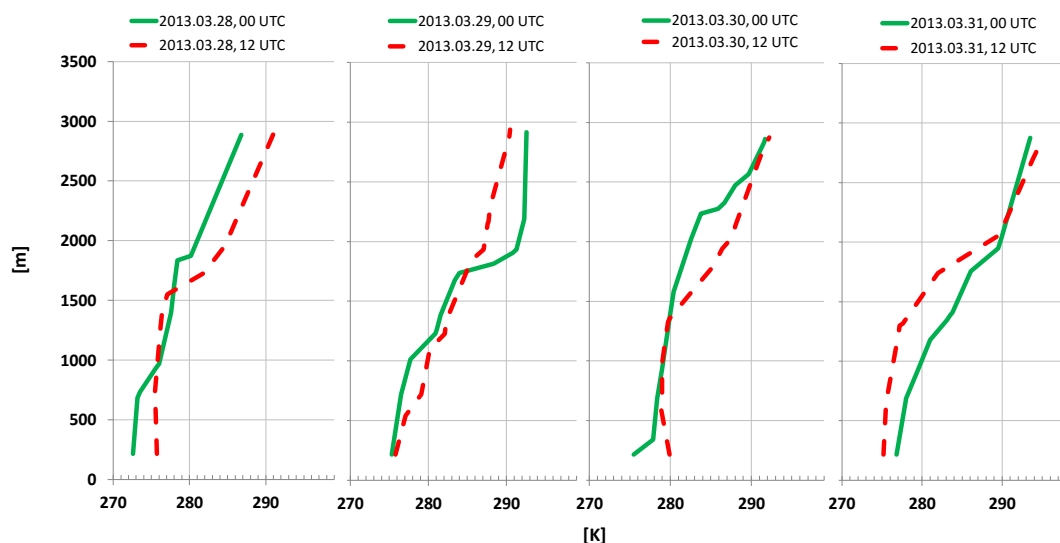
	Jednostka	2013-03-28	2013-03-29	2013-03-30	2013-03-31
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	34.5	45.2	56.7	43.6
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	16	34	57	33
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	4	9	24	8
% stanowisk z S24>S95	%	2	3	14	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	131	166	134	131

	Jednostka	2013-03-28	2013-03-29	2013-03-30	2013-03-31
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	35.7	46.5	59.4	45.0
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	20	38	64	37
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	5	11	27	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	131	166	134	131
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	22.3	36.1	38.5	35.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	0	8	23	15
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	48	54	56	73
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	3	0	4	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 28-31.03.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

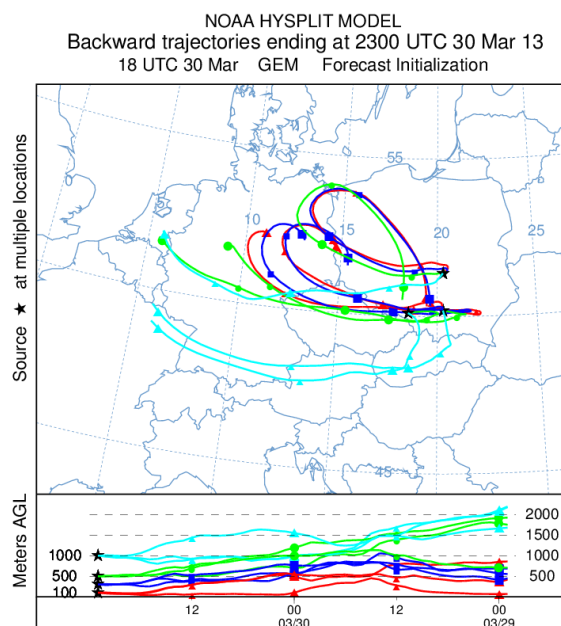
W analizowanym okresie w ciągu nocy panowały warunki równowagi stabilnej. Chwiejność atmosfery w ciągu kolejnych dni była zróżnicowana, przeważały stany równowagi obojętnej. Temperatura przy gruncie w okolicach + 2°C.

W dniu referencyjnym w ciągu dnia panował stan równowagi chwiejnej. Nocą temperatura spadała do 0°C, stwarzając warunki do wytworzenia się inwersji przyziemnej, która rozbudowała się do wysokości 250 m.



Rysunek 4.10-5 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondażu aerologicznych w Prostejowie w dniach 28-31.03.2013 r.

Trajektorie wsteczne



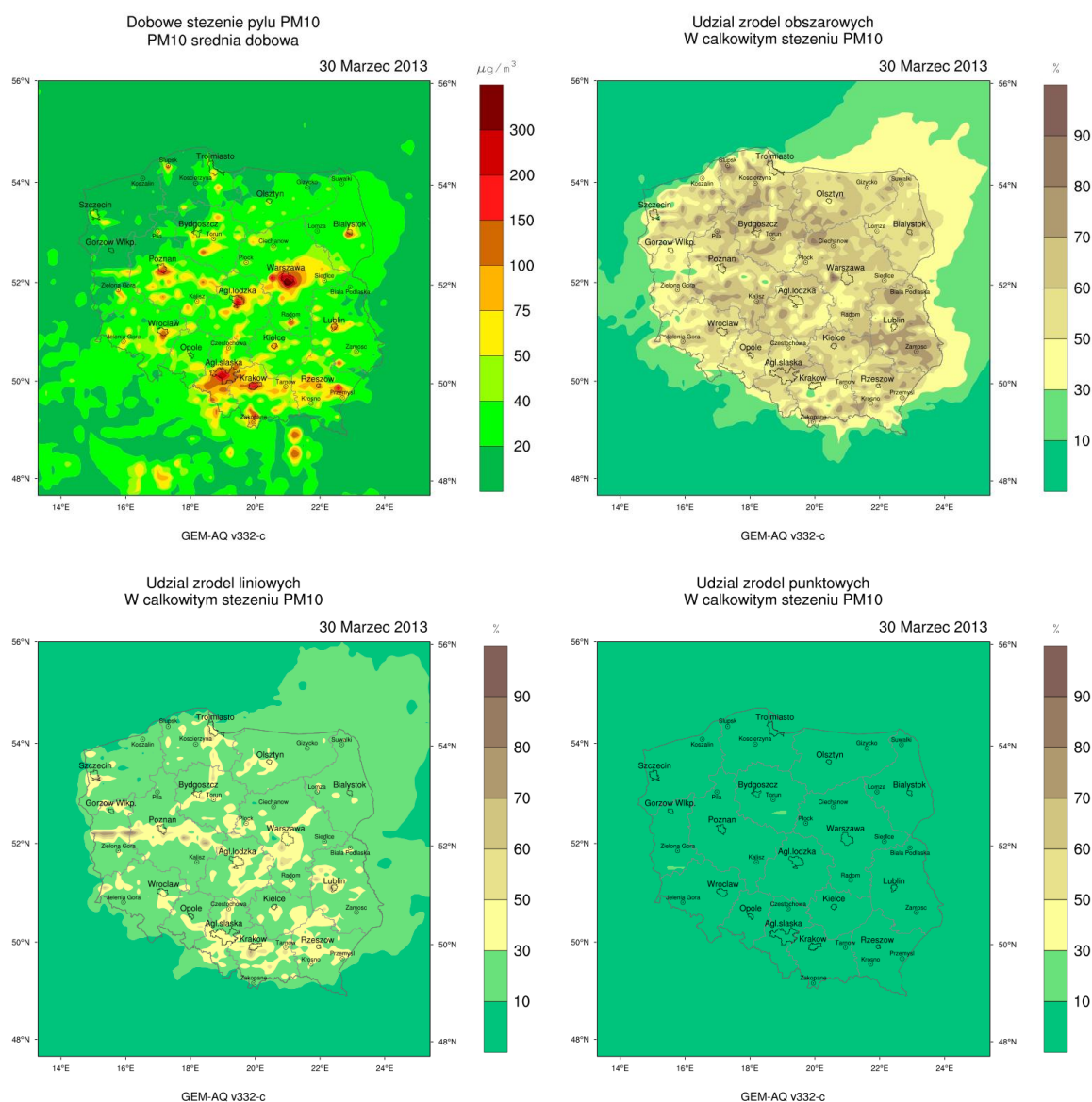
Rysunek 4.10-6 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 30 marca 2013 r.

Trajektorie wykreślono dla dnia referencyjnego epizodu (30.03.2013 r.) dla trzech miast - Rybnika ($112 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Proszowic ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Opoczna ($121 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Kształt trajektorii wskazuje na dość dużą zmienność kierunku wiatru w granicznej warstwie atmosfery nad obszarem Polski. Nad Opoczno masy powietrza napłynęły bezpośrednio z zachodnich województw Polski, natomiast w przypadku Rybnika i Proszowic wystąpił napływ z Czech i południowych województw Polski, a w trakcie ostatnich godzin recyrkulacja z nad

województwa podkarpackiego. Początki trajektorii są zlokalizowane w zachodniej Polsce (dla Opoczna) oraz na obszarze Niemiec (dla miast południowych). Masy powietrza w wyższych warstwach (1000 m) napływały z Holandii oraz Francji.

Trajektorie obliczone dla dolnego poziomu analizy (100 m) wykazują dość znaczne fluktuacje pionowego transportu mas powietrza w okresie 48 godzin, sięgające od ok. 50 m do 500 m, a w przypadku jednej z nich - ok. 800 m.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

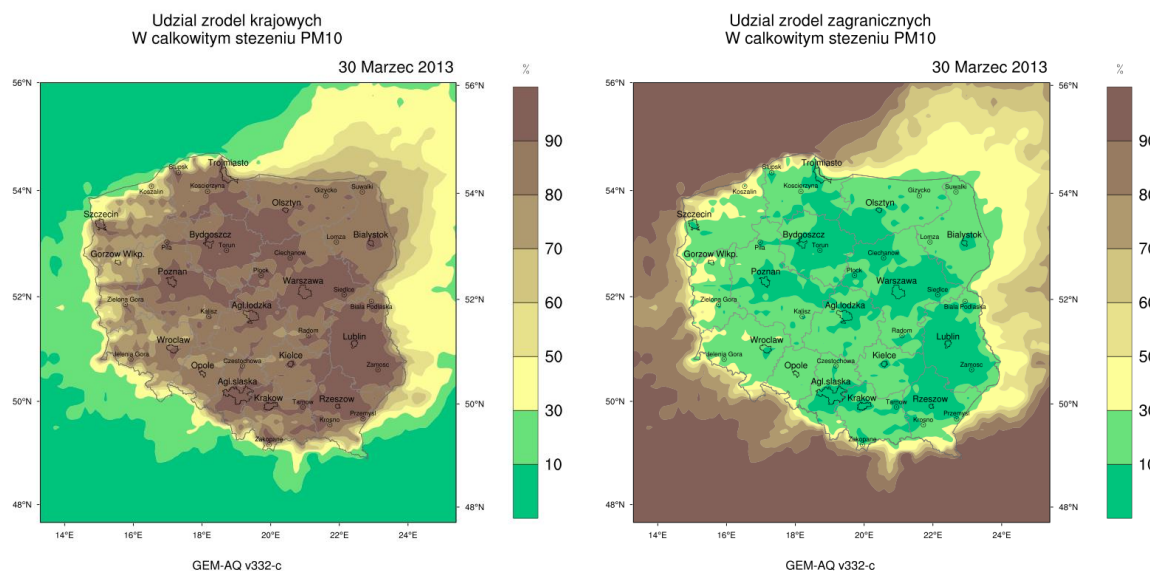


Rysunek 4.10-7 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 30 marca 2013 r.

Wyniki modelowania, podobnie, jak pomiarów, wskazują na wystąpienie epizodu w południowej połowie kraju. Zaznaczające się wysokie stężenia PM10 w rejonie aglomeracji warszawskiej należy uznać za przeszacowane.

Modelowanie matematyczne wykonane dla referencyjnego dnia epizodu (30.03.2013 r.) wskazuje na przeważający udział (30-70%) emisji powierzchniowej w kształtowaniu się wysokich poziomów stężenia PM10, które wystąpiły głównie w południowych i centralnych rejonach kraju.

Transgraniczne emisje z obszaru Polski oddziaływały głównie poza granicą wschodnią i północną, jednak nie powodowały tam poziomów stężenia przekraczającego granicę epizodu. Mogły mieć one również swój udział w tworzeniu się podwyższonych stężeń w przygranicznym pasie Czech i Słowacji (30-50%). Źródła zagraniczne miały również udział (do 30%) w kształtowaniu się stężeń pyłu w południowych rejonach Polski.



Rysunek 4.10-8 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 30 marca 2013 r.

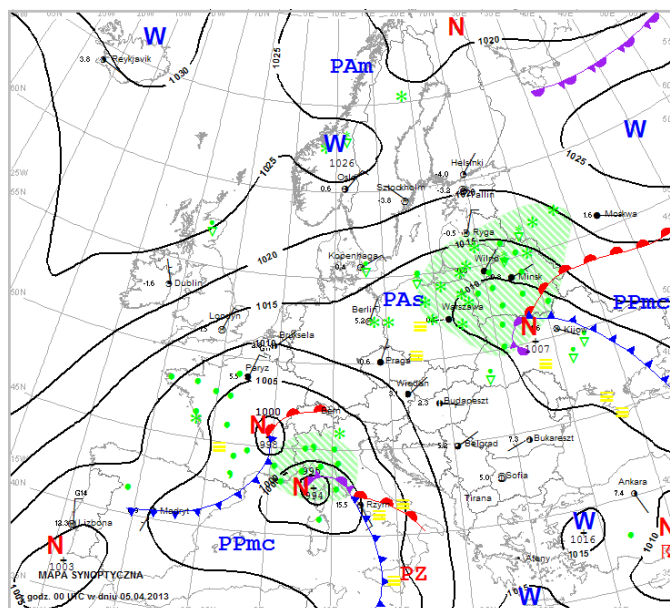
Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

W kulminacyjnym dniu tego 3-dniowego epizodu podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały w większości miast południowej połowy Polski, a także w woj. łódzkim i Wielkopolsce. Analiza udziałów źródeł emisji oraz cyrkulacji mas powietrza pozwala na przypisanie głównej roli w wytworzeniu epizodu krajowym źródłom powierzchniowym (spalanie paliw w indywidualnych systemach grzewczych), których aktywności towarzyszyły warunki równowagi stabilnej atmosfery. Ponadto, w obszarze objętym epizodem występowała recyrkulacja zanieczyszczonych mas powietrza.

4.11. Epizod 11. Od 5 do 9 kwietnia 2013

Sytuacja synoptyczna

5 kwietnia Polska znajdowała się w zasięgu układu niskiego ciśnienia. W nocy występowały temperatury ujemne, w ciągu dnia wzrastające nieznacznie powyżej 0°C. Przeważało zachmurzenie całkowite wraz z przelotnymi opadami deszczu i śniegu, głównie na północy i północnym wschodzie kraju. 6 kwietnia nad Polską oddziaływał niż znad Skandynawii. Temperatury wahały się ok 0°C. W nocy wystąpiły opady i przelotne opady śniegu i deszczu, stopniowo zanikające w ciągu dnia. 7 kwietnia w godzinach nocnych wystąpiły ujemne temperatury związane z napływem chłodnej masy powietrza. W ciągu dnia temperatura wzrastała. 8 kwietnia nad obszarem Polski rozbudowywał się wyż. W nocy występowały ujemne temperatury wzrastające w ciągu dnia do około 4-6°C. 9 kwietnia Polska znajdowała się pod wpływem rozległego wyżu rozciągającego się znad Grenlandii przez środkową Europę na południowy wschód. Temperatura w ciągu dnia była dodatnia, w nocy zaś występowały spadki poniżej 0°C, zwłaszcza w północnej części kraju. Wzdłuż południowo-zachodniej granicy zaznaczał się wpływ układu niskiego ciśnienia znad Atlantyku.



Rysunek 4.11-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 5 kwietnia 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

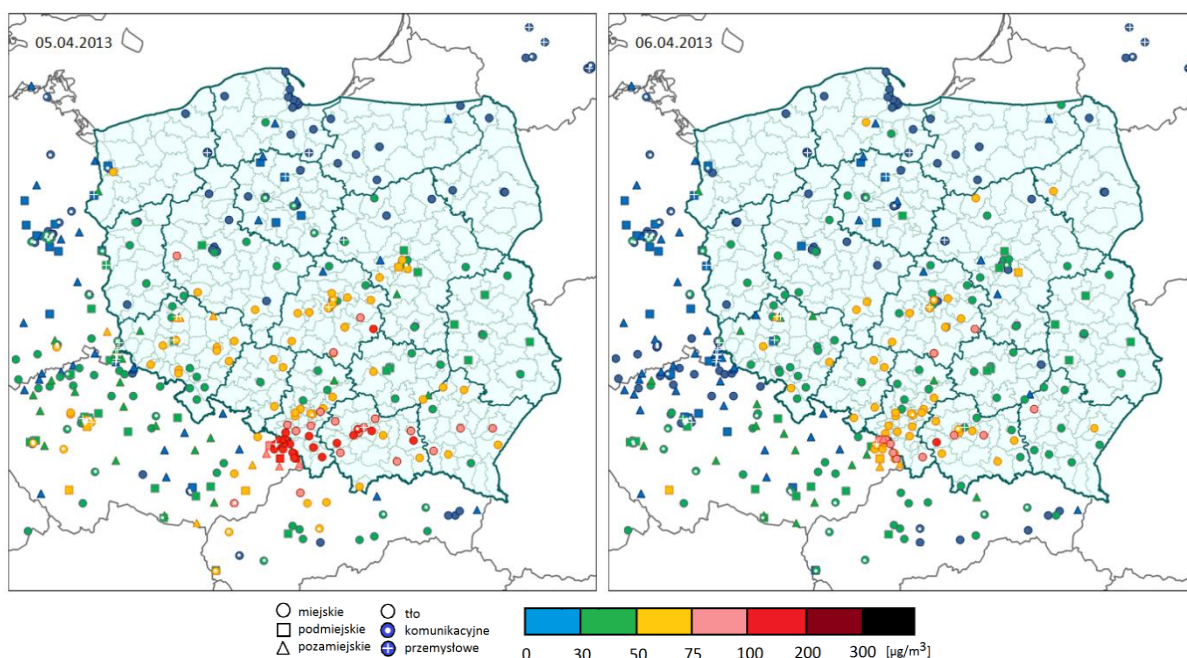
W trakcie trwania epizodu wysokie stężenia PM10 występowały w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim oraz okresowo dodatkowo w woj. podkarpackim, świętokrzyskim i dolnośląskim. Wybrane informacje o stężeniach PM10 z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.11-1.

W dniu 5 kwietnia 2013 r. wysokie stężenia PM10 wystąpiły w ok. 30 miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim i małopolskim, ale też w niektórych miastach w woj. łódzkim, podkarpackim i wielkopolskim. Polska znajdowała się wówczas w zasięgu wpływu układu

niskiego ciśnienia. W nocy występowały temperatury ujemne, w ciągu dnia wzrastające nieznacznie powyżej 0°C. Południowa i zachodnia część Polski znajdowała się w obszarze o małym gradiencie ciśnienia i w związku z tym w tych rejonach kraju wiatr był słaby.

Stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 38% stanowisk w Polsce, w tym na 43% stanowisk tła miejskiego. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 15% stanowisk, w tym na 16% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Żywcu w woj. śląskim (152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Wadowicach w woj. małopolskim (139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim i śląskim - 86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM10 notowane były w Czechach w rejonie Ostrawy. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 14 stanowiskach tła miejskiego i podmiejskiego.

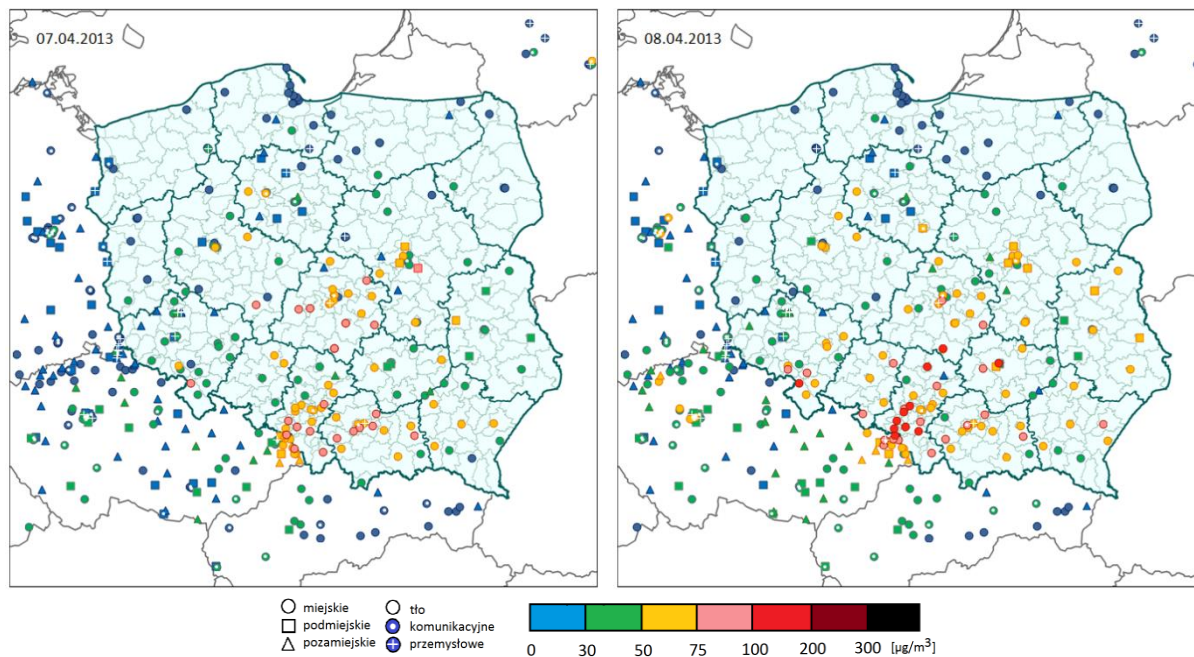


Rysunek 4.11-2. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 5-6.04.2013 r.

W dniu 6 kwietnia 2013 r. stężenia PM10 były niższe niż dzień wcześniej. Podwyższone i wysokie stężenia wystąpiły w ok. 50 miastach, głównie w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim. Stężenia przekraczające poziom epizodu (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano na 8 stanowiskach, w woj. małopolskim, śląskim, łódzkim i podkarpackim. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu oddziaływania niżu znad Skandynawii. Temperatury wahały się ok 0°C. W nocy wystąpiły opady i przelotne opady śniegu i deszczu, stopniowo zanikające w ciągu dnia. Stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 25% stanowisk w Polsce, w tym na 28% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 4% stanowisk, w tym na 5 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Wadowicach w woj. małopolskim (111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Żywcu (95

µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 39 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim, śląskim i łódzkim - 57 µg/m³.

Podwyższone stężenia PM₁₀ notowane były na terytorium Czech w rejonie Ostrawy. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był tam na 5 stanowiskach, w tym na 4 stanowiskach tła.



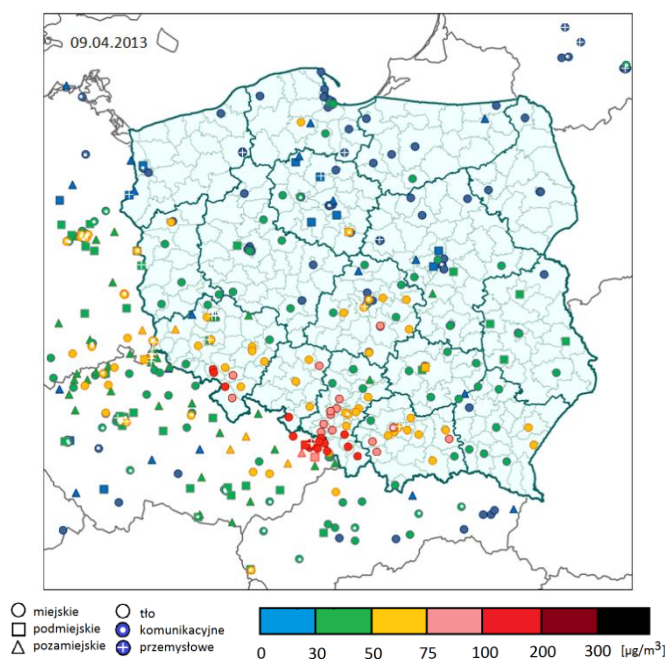
Rysunek 4.11-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 7-8.04.2013 r.

W dniu 7 kwietnia nastąpił niewielki wzrost stężeń, zauważalny szczególnie w woj. łódzkim i mazowieckim. Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w większości miast w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim, w sumie na ok. 70 stanowiskach w Polsce. Stężenia przekraczające poziom epizodu (75 µg/m³) zanotowano na 23 stanowiskach. Te wysokie stężenia wystąpiły przede wszystkim na stanowiskach zlokalizowanych w miastach w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim. W tym dniu Polska znalazła się w zasięgu oddziaływania klina wyżowego połączonego z wyżem z centrum nad Anglią. W godzinach nocnych wystąpiły ujemne temperatury związane z napływem chłodnej masy powietrza. W ciągu dnia temperatura wzrastała. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 34% stanowisk w kraju, w tym na 38% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 11% stanowisk, w tym na 14 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Radomsku w woj. łódzkim (97 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 42 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim, śląskim i łódzkim - 64 µg/m³.

W dniu 8 kwietnia nastąpił wzrost stężeń, zauważalny szczególnie w woj. śląskim i świętokrzyskim. Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w większości miast w woj. śląskim, małopolskim, łódzkim, świętokrzyskim, lubelskim i podkarpackim, w sumie na

ok. 90 stanowiskach w Polsce. Stężenia przekraczające poziom epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano na 27 stanowiskach. Prawie połowa stacji (12) z tymi przekroczeniami zlokalizowana była w miastach woj. śląskiego. Przekroczenia wystąpiły też w niektórych miastach 6 dodatkowych województw południowej połowy Polski. W tym dniu (8.04.2013) nad obszarem Polski rozbudowywał się wyż. W nocy występowały ujemne temperatury wzrastające w ciągu dnia do około $4-6^\circ\text{C}$. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 43% stanowisk w kraju, w tym na 51% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 14% stanowisk, w tym na 16 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Pszczynie ($154 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Żywcu ($148 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM10 notowane były na terytorium Czech w rejonie Ostrawy. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był tam na 4 stanowiskach, w tym na 3 stanowiskach tła.



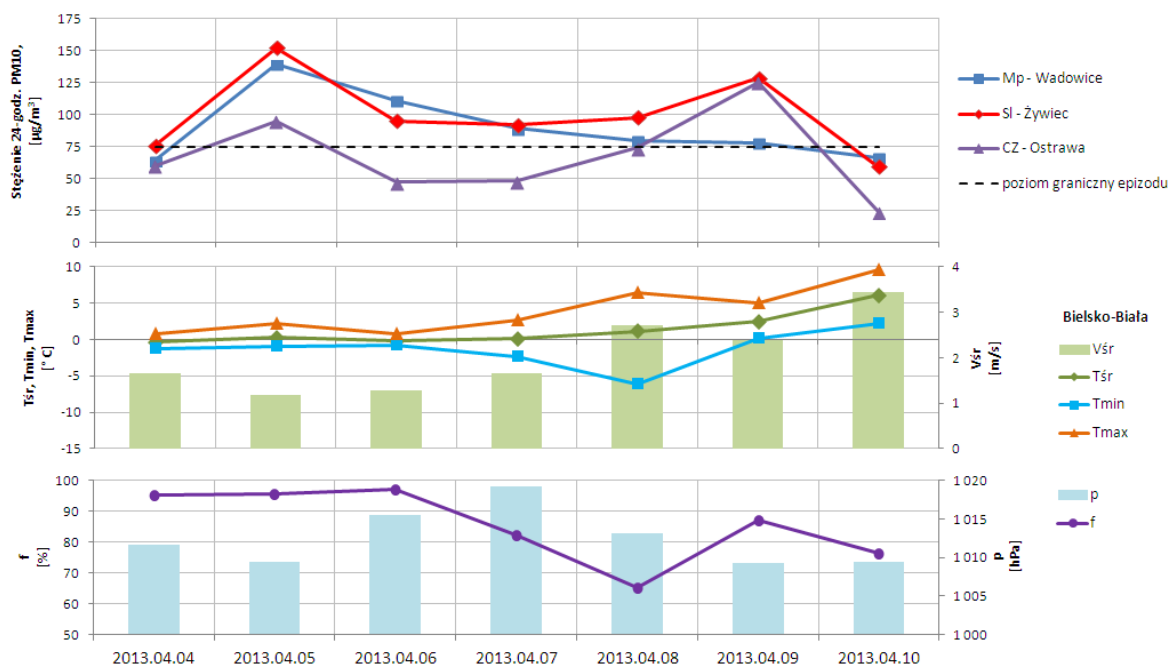
Rysunek 4.11-4 Stężenia 24-godz. PM10 w dniu 9.04.2013 r.

W dniu 9 kwietnia nastąpił spadek stężeń PM10 w centrum kraju. W woj. śląskim i małopolskim stężenia utrzymywały się na podobnym poziomie. Nastąpił wzrost stężeń w woj. opolskim i dolnośląskim. Podwyższone i wysokie stężenia PM10 notowane były w większości miast w pasie województw od dolnośląskiego do małopolskiego, w sumie na ok. 60 stanowiskach w Polsce. Stężenia przekraczające poziom epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano na 23 stanowiskach. Prawie połowa stacji (11) z tymi przekroczeniami zlokalizowana była w miastach woj. śląskiego. W tym dniu (9.04.2013) Polska znajdowała się pod wpływem rozległego wyżu rozciągającego się znan Grenlandii przez środkową Europę na południowy wschód. Temperatura w ciągu dnia była dodatnia, w nocy zaś występowały spadki poniżej 0°C , zwłaszcza w północnej części kraju. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 31%

stanowisk w kraju, w tym na 36% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 11% stanowisk, w tym na 13 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Godowie ($141 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Żywcu ($129 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. śląskim oraz w Głubczycach w woj. opolskim ($128 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Szczawnie Zdrój w woj. dolnośląskim ($128 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim - $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Wysokie stężenia PM10 notowane były na terytorium Czech w rejonie Ostrawy. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był tam na 12 stanowiskach, w tym na 10 stanowiskach tła.

Na rys. 4.11-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Wadowicach, Żywcu oraz w Ostrawie w Czechach. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Bielsku-Białej.



Rysunek 4.11-5 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Bielsku-Białej.

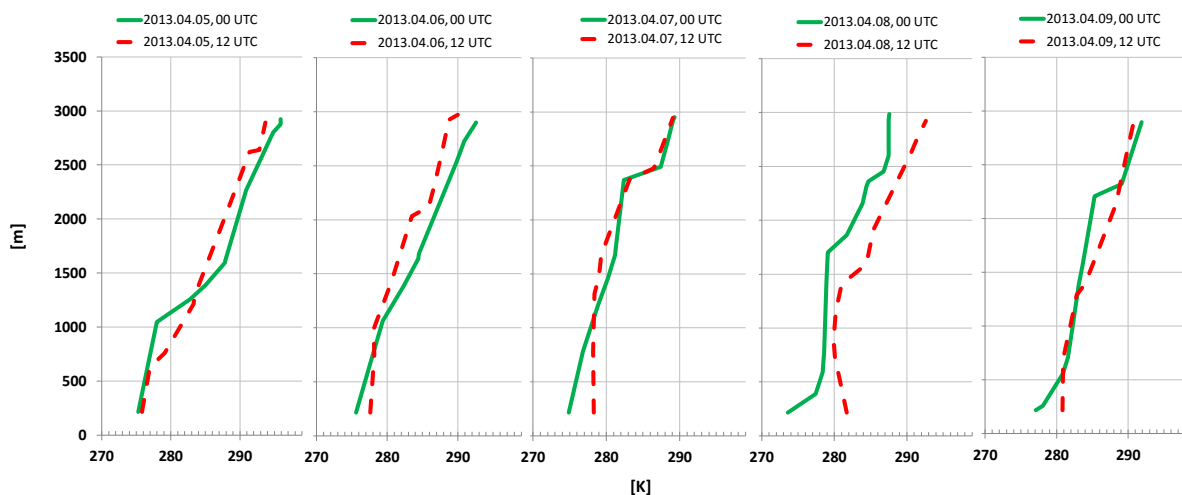
Tabela 4.11-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 5-9.04.03.2013

	Jednostka	2013-04-05	2013-04-06	2013-04-07	2013-04-08	2013-04-09
Wszystkie stanowiska w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	47.4	39.4	42.3	48.8	44.3
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	38	25	34	43	31
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	15	4	11	14	11
% stanowisk z $S_{24} > S_{95}$	%	6	1	1	6	8

	Jednostka	2013-04-05	2013-04-06	2013-04-07	2013-04-08	2013-04-09
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	152	111	97	154	141
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	49.9	42.0	45.3	52.4	46.5
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	43	28	38	51	36
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	16	5	14	16	13
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	152	111	97	154	141
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	29.9	24.5	22.7	25.5	26.1
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	8	0	0	0	8
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	60	48	39	45	62
Stanowiska tła poza granicami Polski						
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	1	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	14	4	0	3	10
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0

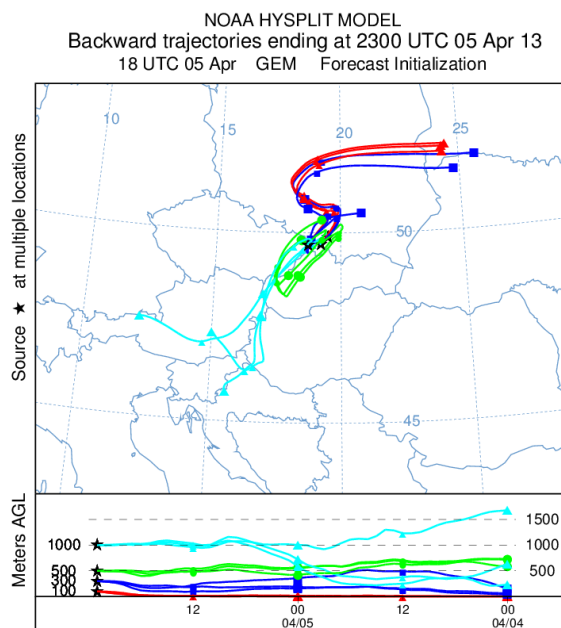
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 5-9.04.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostějov (Czechy, nr stacji: 11747).

W ciągu pierwszych trzech dni analizowanego okresu w ciągu nocy panowały warunki zbliżone do równowagi stabilnej bez wytworzenia inwersji przyziemnej. W kolejnych dwóch dniach nocą wytworzyły się warunki inwersji przyziemnej, które sięgające do wysokości odpowiednio 300 m i 250 m. Temperatura przy powierzchni ziemi wynosiła ok. 0°C. W godzinach dziennych panowała równowaga obojętna lub stabilna, wyjątek stanowił dzień 8.04.2013 r. w którym w ciągu dnia wykształciły się warunki równowagi chwiejnej.



Rysunek 4.11-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejowie w dniach 5-9.04.2013 r.

Trajektorie wsteczne



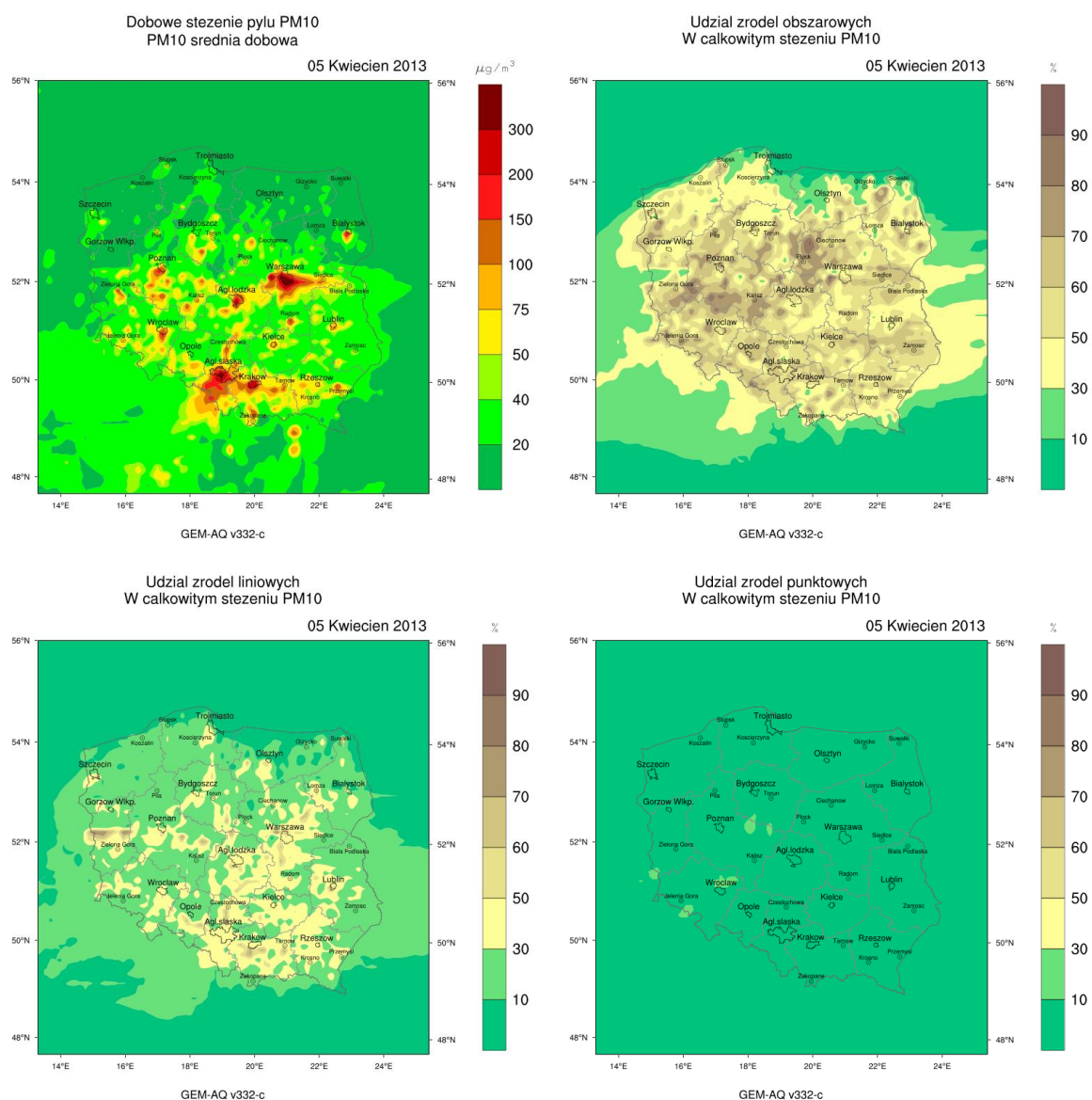
Rysunek 4.11-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 5 kwietnia 2013 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia referencyjnego epizodu (5.04.2013 r.) dla trzech miast, w których zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀ na stacjach tła miejskiego: Wadowice w woj. małopolskim (139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Żywiec w woj. śląskim (152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Trzyniec w Czechach w rejonie Ostrawy (142 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Trajektorie dla ustalonej wysokości, obliczone dla ww. stosunkowo nieodległych lokalizacji, wskazują na zbliżony charakter napływu mas powietrza nad stacje docelowe. Znacząco różnią się trajektorie dla wysokości 100 i 300 m od trajektorii obliczanych dla

wyższych poziomów. Trajektorie wsteczne obliczone dla poziomów 100 i 300 m wskazują na napływ powietrza do punktów końcowych trajektorii znad Śląska i woj. łódzkiego oraz wcześniej znad woj. mazowieckiego. Trajektorie wsteczne dla 100 m, podobnie jak trajektorie obliczane dla 300 m wskazują na nieznaczne fluktuacje wysokości na której zachodził transport mas powietrza. Trajektorie dla poziomu 100 m zlokalizowane były w przyziemnej warstwie atmosfery. Kierunek napływu powietrza oraz wysokości trajektorii mogą wskazywać na wpływ emisji z terenu Polski na wysokie stężenia występujące w Czechach w rejonie Ostrawy.

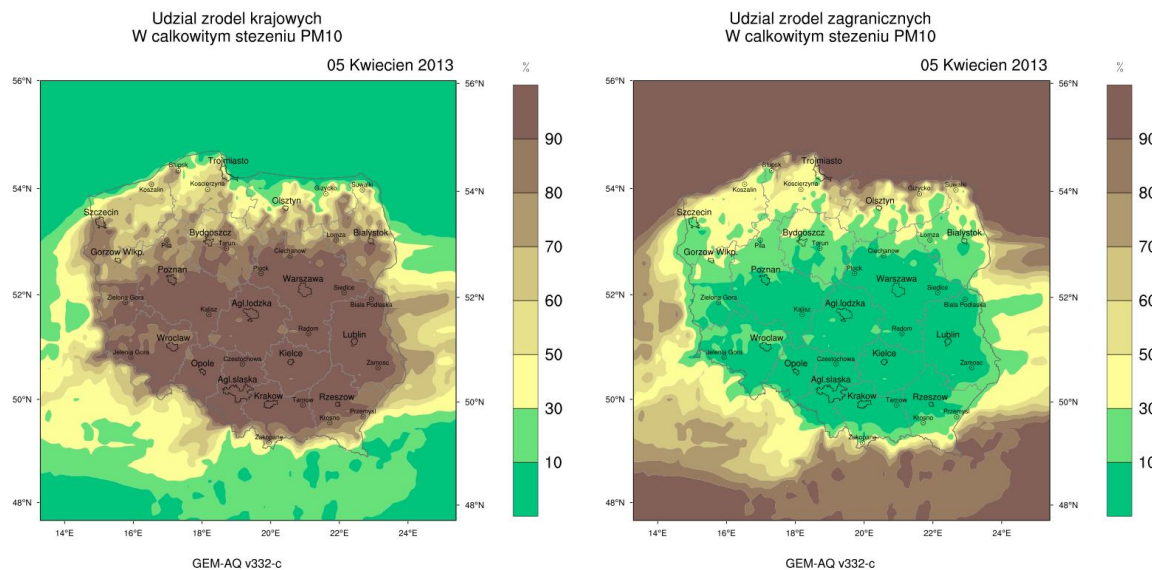
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu



Rysunek 4.11-8 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 5 kwietnia 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami

grzewczymi (do 80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji przekracza zwykle 60%. Na obszarach aglomeracji znaczący jest również udział źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu nie przekraczał z reguły 30-50%. W otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych, szczególnie w obszarach z niższymi stężeniami (np. woj. lubuskie) udział źródeł komunikacyjnych w stężeniu PM₁₀ może być wyższy i dochodzić lokalnie do 80%. Udział źródeł punktowych w tworzeniu się stężenia pyłu na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki.



Rysunek 4.11-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 5 kwietnia 2013 r.

Krajowe źródła emisji miały wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ w dniu referencyjnym epizodu na obszarach przygranicznych Ukrainy, Czech i wąskim pasie przygranicznym w Niemczech i na Słowacji na poziomie ok. 50%. Emisja z Polski mogła mieć wpływ na wysokie stężenia notowane w Czechach w rejonie Ostrawy na poziomie do 70%, a także w otoczeniu tzw. worka żytawskiego (turowszowskiego) – w Czechach i w Niemczech. Emisje spoza obszaru Polski oddziaływały na poziom stężeń północnej części kraju, ale były to stężenia stosunkowo niskie. W południowo-wschodnim pasie przygranicznym miały one udział do 30% w kształtowaniu się stężenia pyłu.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

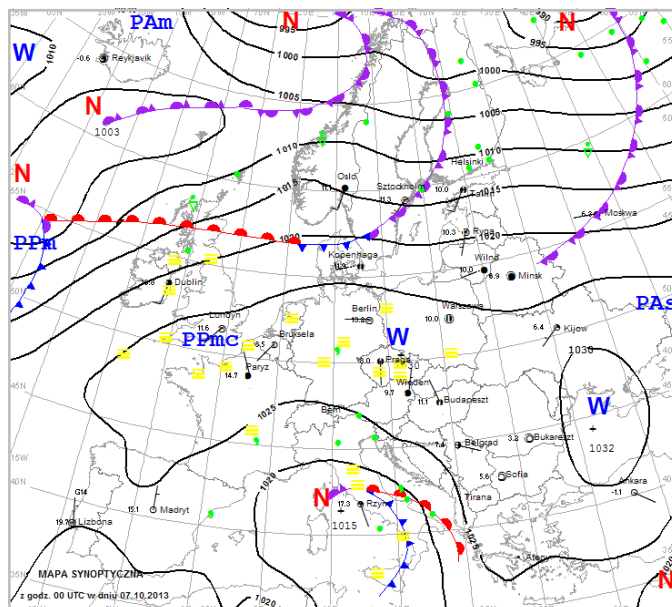
Analizowany epizod objął swym zasięgiem woj. śląskie, małopolskie i łódzkie oraz okresowo dodatkowo w woj. podkarpackie, świętokrzyskie i dolnośląskie. Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ w tych regionach należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. Charakter napływu w pobliżu powierzchni ziemi

wskazuje na wysokie prawdopodobieństwo wpływu emisji krajowych na podwyższone stężenia PM₁₀ w obszarach przygranicznych Czech, Niemiec i Słowacji.

4.12. Epizod 12. Od 5 do 10 października 2013

Sytuacja synoptyczna

5 października 2013 nad Polską rozciągał się układ wysokiego ciśnienia. Temperatura w ciągu dnia osiągała 10°C, w nocy zaś ze względu na wychładzanie spowodowane brakiem zachmurzenia notowano spadki do ok. 0°C. 6 października centrum wyżu przesunęło się na Ukrainę, a Polska od północnego zachodu znalazła się pod wpływem wypełniającej się zatoki niżowej z frontem zokludowanym i szeroką strefą zachmurzenia. Temperatury w ciągu dnia przekraczały 15°C, w nocy również utrzymywały się dodatnie. 7 i 8 października Polska znalazła się w zasięgu rozległego wyżu rozciągającego się od środkowego Atlantyku aż po morze Czarne. Zarówno w ciągu dnia jak i w ciągu nocy utrzymywały się wysokie temperatury (powyżej 10°C). 9 października ośrodek niskiego ciśnienia nad Skandynawią rozwinął się i pogłębił, wyż zaś odsunął się na południowy wschód. Utrzymywały się temperatury dodatnie, w ciągu dnia poniżej 20°C, w nocy w większości kraju między 5 a 10°C. Zachmurzenie było niewielkie na południu i zachodzie kraju, gdzie wystąpiły niewielkie opady deszczu. W pozostałej części kraju bezchmurnie. 10 października nad obszar Polki wkraczała zatoka niżowa z centrum nad Skandynawią. Od północnego zachodu zaznaczało się oddziaływanie chłodnego frontu atmosferycznego, powodującego wzrost zachmurzenia i opady deszczu.



Rysunek 4.12-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 7 października 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

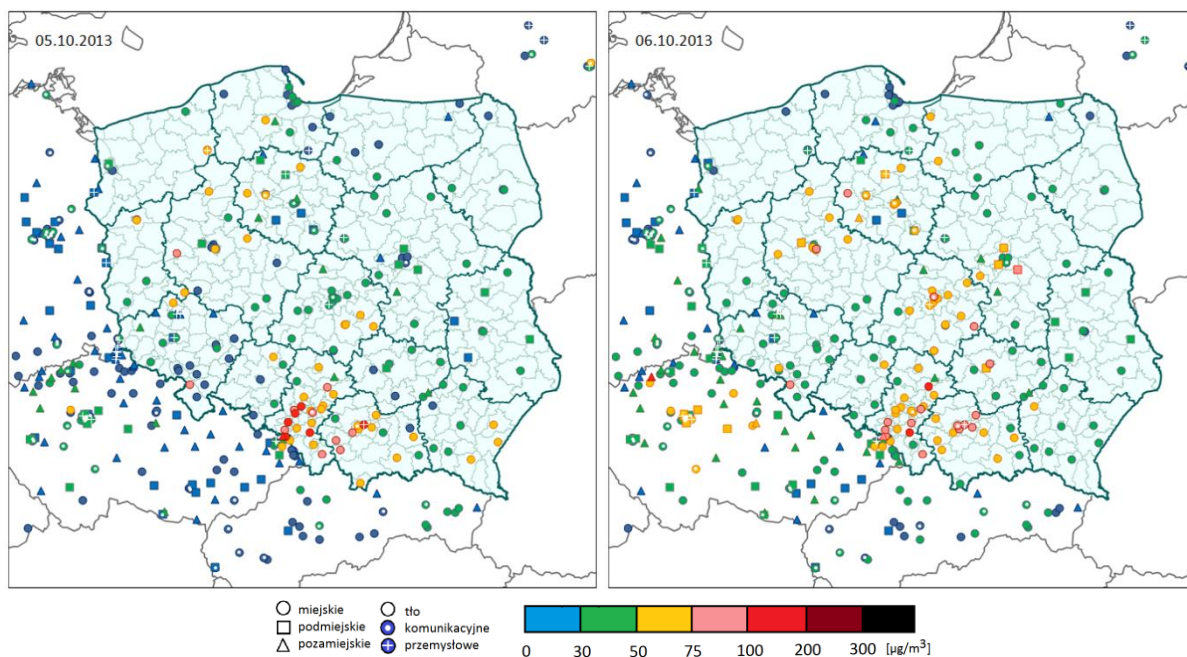
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W trakcie trwania epizodu wysokie stężenia PM10 występowały początkowo głównie w woj. śląskim i małopolskim. W kolejnych dniach obszar występowania wysokich stężeń PM10, przekraczających próg epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$), poszerzył się stopniowo o miasta centralnej części Polski i w następnych dniach również o miasta południowo-wschodniej części kraju. W ostatnim dniu epizodu podwyższone i wysokie stężenia PM10 rejestrowane były na obszarze rozciągającym się od woj. śląskiego i małopolskiego na południu do woj. pomorskiego, warmińsko-mazurskiego i podlaskiego na północy. W części miast położonych na tym terenie stężenia przekraczały poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania na jednym stanowisku. Wybrane informacje o stężeniach PM10 z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.12-1.

W dniu 5 października 2013 r. wysokie stężenia PM10 wystąpiły w ok. 15 miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim i małopolskim, ale też w niektórych miastach w woj. dolnośląskim i wielkopolskim. Nad Polską utrzymywał się układ wyżowy z centrum nad Mazowszem. Dobowa amplituda temperatury powietrza przekraczała 15°C . Nocą występowały spadki temperatury poniżej 0°C , co mogło się łączyć z występowaniem przyziemnych inwersji temperatury powietrza ograniczających intensywność dyspersji zanieczyszczeń w atmosferze. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 26% stanowisk w Polsce, w tym na 29% stanowisk tła miejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 8% stanowisk, w tym na 9% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Pszczynie woj. śląskim ($166 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

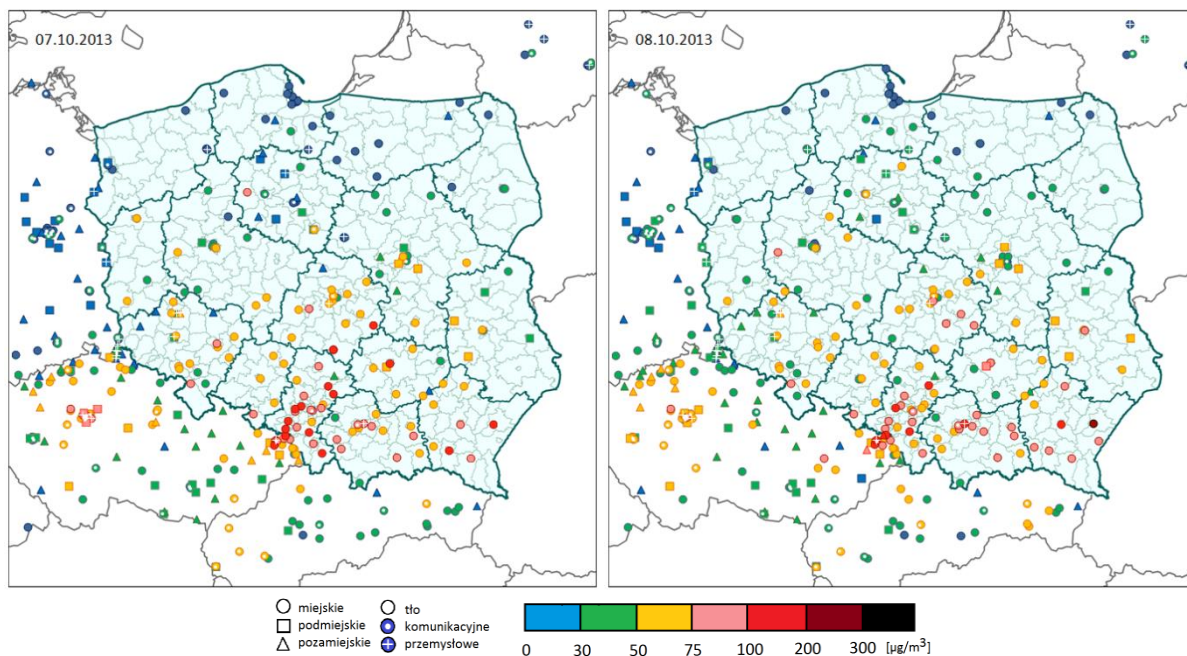
Wysokie stężenia PM10 notowane były w Czechach na jednej stacji pozamiejskiej w rejonie Ostrawy.

W dniu 6 października 2013 r. wzrosły stężenia w środkowej części Polski. W dalszym ciągu utrzymywały się podwyższone ($S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i wysokie ($S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stężenia PM10 w woj. śląskim i małopolskim. Podwyższone i wysokie stężenia wystąpiły w ok. 80 miastach, stężenia przekraczające poziom epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano na 20 stanowiskach. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu wyżu z centrum nad Ukrainą. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 38% stanowisk w Polsce, w tym na 42% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 10% stanowisk, w tym na 11% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim ($137 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim, śląskim i łódzkim - $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.12-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 5-6.10.2013 r.

Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były na terytorium Czech na dwóch stacjach pozamiejskich – w rejonie Ostrawy i w kraju usteckim w północnych Czechach.



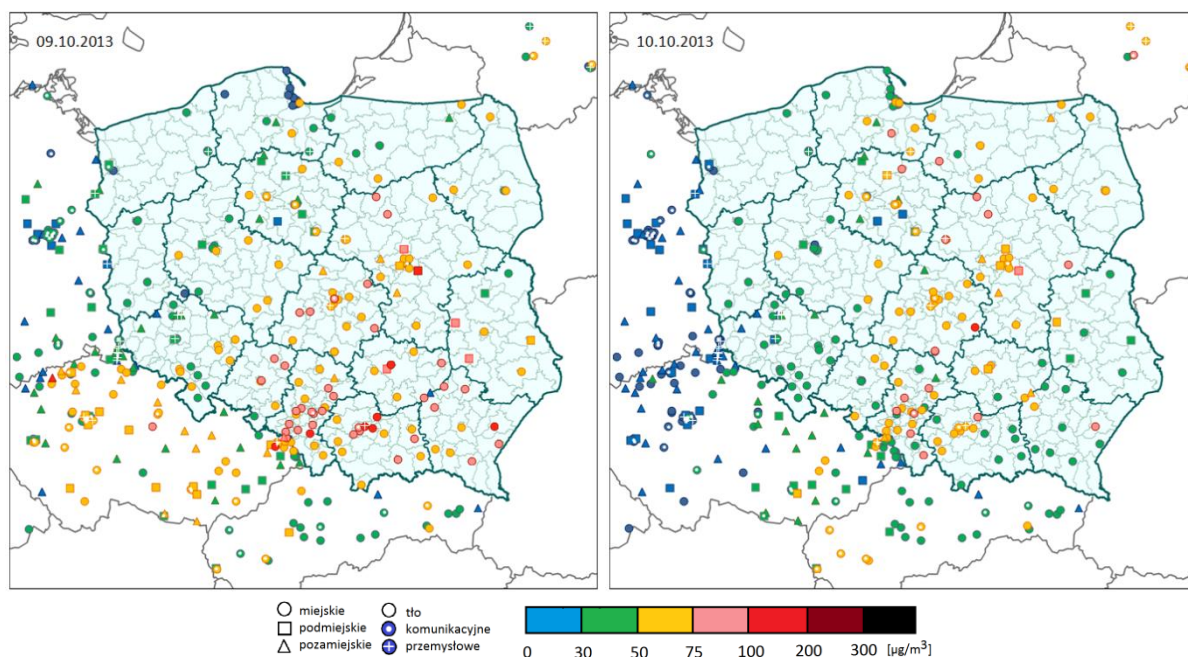
Rysunek 4.12-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 7-8.10.2013 r.

W dniu 7 października podwyższone i wysokie stężenia pyłu występowało w większości miast południowej połowy Polski, ogółem w ok. 100 miastach. Zmalało zanieczyszczenie w części północnej, wzrosło w części południowej. Stężenia przekraczające poziom epizodu (75

µg/m³) zanotowano na 37 stanowiskach. Wysokie stężenia, przekraczające 100 µg/m³, wystąpiły przede wszystkim na stanowiskach zlokalizowanych w miastach w woj. śląskim, ale także w woj. podkarpackim, łódzkim i świętokrzyskim, małopolskim i łódzkim. W tym dniu Polska znalazła się w zasięgu oddziaływania układu wyżowego z centrum nad Morzem Czarnym. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 51% stanowisk w kraju, w tym na 60% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 21% stanowisk, w tym na 22 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Myszkowie w woj. śląskim (143 µg/m³) i Jarosławiu w woj. podkarpackim (140 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 53 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim, śląskim i podkarpackim - 84 µg/m³.

Wysokie stężenia PM₁₀ notowane były na terytorium Czech w rejonie Pragi i Ostrawy. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był tam na 16 stanowiskach, w tym na 9 stanowiskach tła.

W dniu 8 października zanieczyszczenie powietrza pyłem PM₁₀ było zbliżone do sytuacji z dnia poprzedniego. W dalszym ciągu podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w południowej połowie Polski. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania, zanotowano w Jarosławiu w woj. podkarpackim (206 µg/m³).



Rysunek 4.12-4. Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 9-10.10.2013 r.

W dniu 9 października nastąpił wzrost stężeń w centrum i północnym wschodzie kraju. Na zachodzie Polski stężenia PM₁₀ obniżyły się. Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w większości miast w woj. śląskim, małopolskim, podkarpackim, opolskim, łódzkim, świętokrzyskim, lubelskim, mazowieckim i podlaskim, w sumie na ok. 120 stanowiskach w Polsce. Stężenia przekraczające poziom epizodu (75 µg/m³) zanotowano na 45

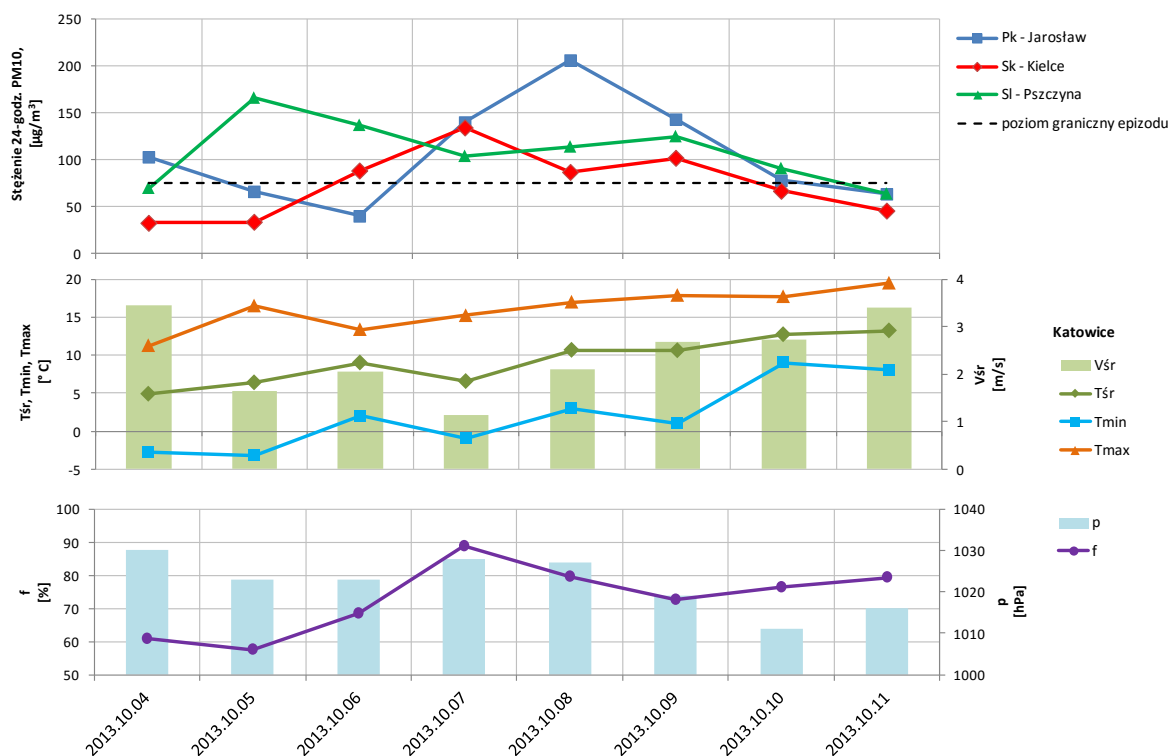
stanowiskach w 8 województwach położonych w centralnej, południowej i południowo-wschodniej części kraju. W tym dniu (9.10.2013) południowo-wschodnia połowa kraju znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad Krymem. Okresowo występowała cisza wiatrowa lub słaby wiatr. Północno zachodnia część Polski znajdowała się na skraju niżu z centrum nad Skandynawią. W tej części kraju stężenia PM10 były wyraźnie niższe niż w części centralnej i południowo-wschodniej.

W Polsce stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 62% stanowisk w kraju, w tym na 69% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 29% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 23% stanowisk, w tym na 26 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Jarosławiu w woj. podkarpackim ($143 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w 5 województwach południowych i centralnych - $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM10 ($S24 > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) notowane były na ok. 60 stanowiskach na terytorium Czech. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był tam na 4 stanowiskach tła.

W dniu 10 października nastąpił spadek stężeń PM10 w południowej i południowo-wschodniej części kraju. Wzrosły stężenia w woj. kujawsko-pomorskim, pomorskim i warmińsko-mazurskim. Podwyższone i wysokie stężenia PM10 notowane były w większości miast w pasie województw od śląskiego i małopolskiego do pomorskiego i warmińsko-mazurskiego. W tym dniu (10.10.2013) Polska znajdowała się pod wpływem niżu z centrum nad Skandynawią. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 48% stanowisk w kraju, w tym na 50% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 29% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 9% stanowisk, w tym na 10 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Opocznie w woj. łódzkim ($104 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia powyżej $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowano też w Pszczynie i Żywcu w woj. śląskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rys. 4.12-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Jarosławiu w woj. podkarpackim, Kielcach i Pszczynie w woj. śląskim. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Katowicach. Stężenie PM10 w Pszczynie przez cały okres epizodu (5-10.10.2013 r.) przekraczało poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (poziom graniczny epizodu).



Rysunek 4.12-5 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach.

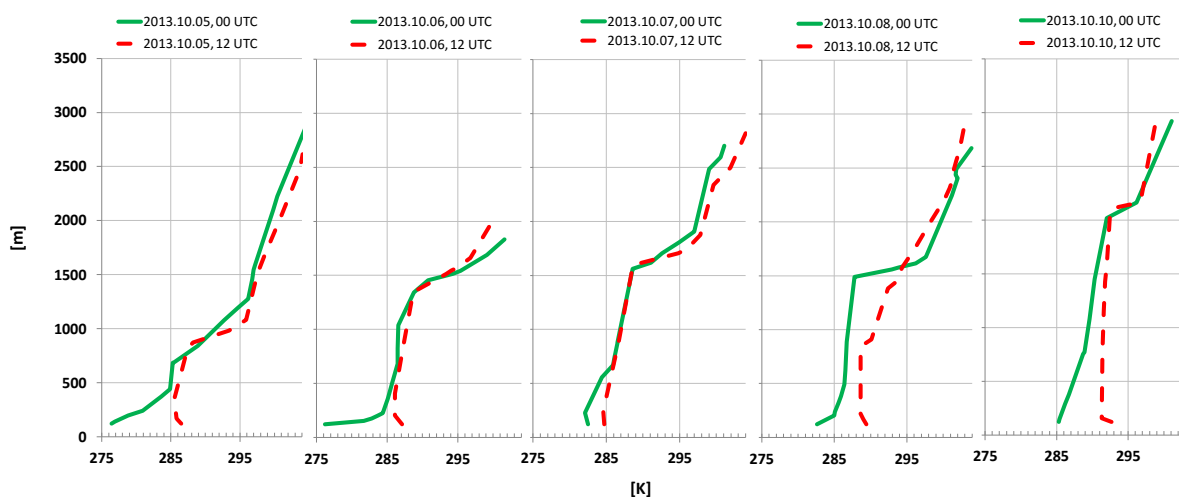
Tabela 4.12-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 5-10.10.2013

	Jedno- stka	2013- 10-05	2013- 10-06	2013- 10-07	2013- 10-08	2013- 10-09	2013- 10-10
Wszystkie stanowiska w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	43.1	49.5	52.7	54.1	59.0	50.5
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	26	38	51	48	62	48
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	8	10	21	20	23	9
% stanowisk z $S_{24} > S_{95}$	%	5	10	12	13	26	21
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	166	137	143	206	143	104
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	44.7	51.1	56.9	57.2	61.9	52.4
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	29	42	60	56	69	50
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	9	11	22	22	26	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	166	137	143	206	143	104
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	31.3	36.6	24.9	31.5	39.9	43.1
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	8	0	0	29	29
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0	0	0	0

	Jedno- stka	2013- 10-05	2013- 10-06	2013- 10-07	2013- 10-08	2013- 10-09	2013- 10-10
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	41	61	43	47	66	67
Stanowiska tła poza granicami Polski							
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Czechach	-	1	2	9	7	4	0
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0	0

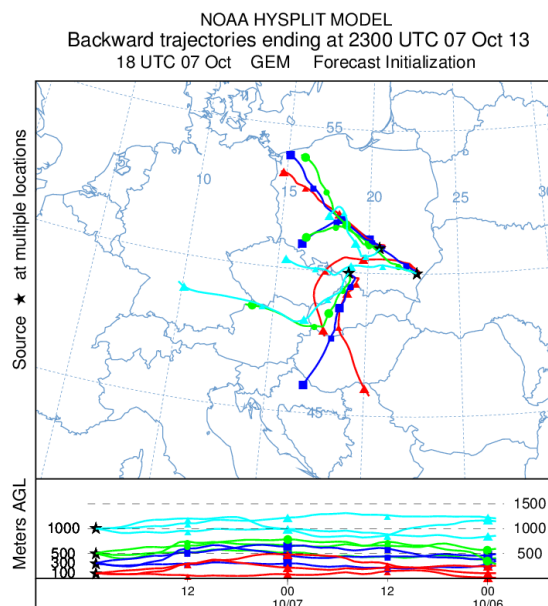
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 5-10.10.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji. 12425).

W dniach 5 i 6 października 2013 roku w godzinach nocnych wytworzyły się inwersje przyziemne sięgające do wysokości odpowiednio 500 m i 200 m. W ciągu dnia panowały warunki równowagi obojętnej, z warunkami równowagi stałej w warstwie przyziemnej. Temperatura przy ziemi wynosiła ok. 2°C. Dnia 7.10.2013 roku temperatura znacząco wzrosła zarówno w ciągu dnia jak i w ciągu nocy do ok. 10°C. W ciągu doby występowały warunki równowagi obojętnej. Od 8.10 temperatura przy powierzchni ziemi wzrosła do 12°C w ciągu nocy i 20°C w ciągu dnia. Nocą panowały warunki równowagi stabilnej z wytworzeniem się 8.10 inwersji przyziemnej, sięgającej do wysokości 100 m. W ciągu dni przeważała równowaga obojętna z warunkami równowagi chwiejnej w warstwie przyziemnej.



Rysunek 4.12-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych we Wrocławiu w dniach 5-10.10.2013 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.12-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 7 października 2013 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 7.10.2013 r., dla trzech miast, w których zanotowano wysokie stężenia pyłu PM10 na stacjach tła miejskiego: Jarosław w woj. podkarpackim ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Pszczyna w woj. śląskim ($104 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Kielce ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Trajektorie wsteczne dla Kielc wskazują na napływ na każdym poziomie z kierunku północno-zachodniego. Początki 48-godzinnych trajektorii docierających do Kielc na poziomie 100, 300 i 500 m znajdują się na północnym zachodzie Polski (woj. zachodniopomorskie). Trajektorie prowadzą nad woj. zachodniopomorskim, wielkopolskim, łódzkim i świętokrzyskim.

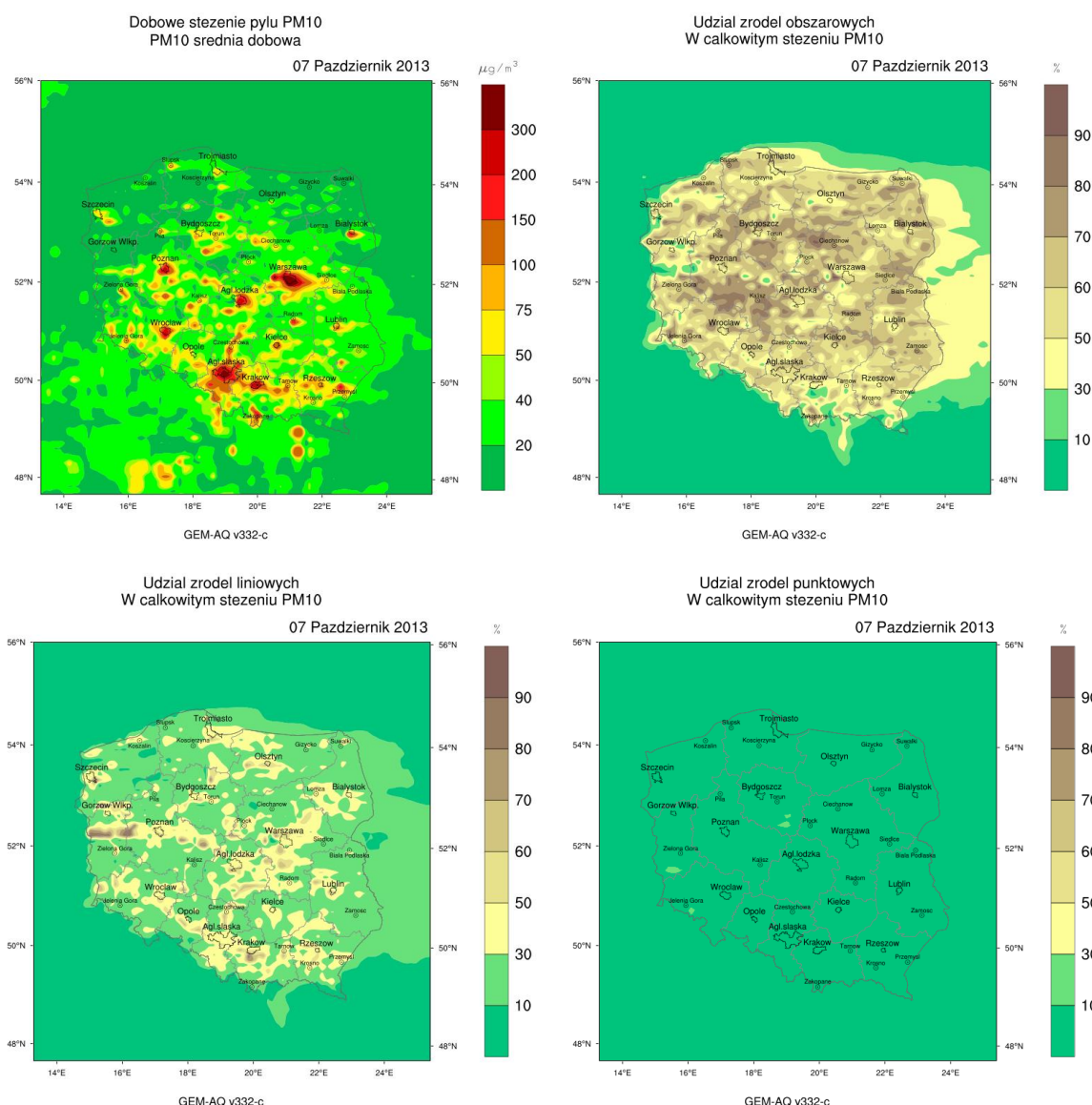
Trajektorie wsteczne dla Jarosławia dla różnych poziomów różnią się istotnie co do kierunku. Trajektorja dla 100 m rozpoczyna się na południowo-zachodnich krańcach Słowacji, przechodzi nad wschodnią częścią Czech, a następnie nad woj. opolskim, śląskim, świętokrzyskim i podkarpackim. Trajektorja dla 300 m rozpoczyna się w woj. dolnośląskim, i początkowo kieruje się w kierunku północno-wschodnim, nad woj. wielkopolskim zmienia kierunek na południowo-wschodni i przechodząc nad woj. łódzkim, świętokrzyskim i podkarpackim dociera do Jarosławia. Punkty początkowe trajektorii wstecznych dla poziomów 100 i 300 m dla Pszczyny zlokalizowane są na południu Węgier. Trajektorie prowadzą poprzez Węgry i zachodnią część Słowacji do woj. śląskiego i do Pszczyny. W ostatnich 36 godz. prędkość przemieszczania powietrza wzdłuż trajektorii była niewielka.

Kierunek napływu powietrza może wskazywać, że na stężenia PM10 notowane w południowej części Polski pewien wpływ mogą mieć emisje zanieczyszczeń z terenu Czech i Słowacji. Niewielka szybkość przemieszczania się powietrza w końcowych 24 godzinach może

świadczą, że na stężenia w końcowych punktach trajektorii znaczący wpływ miały źródła położone w niewielkiej odległości od stacji pomiarowej.

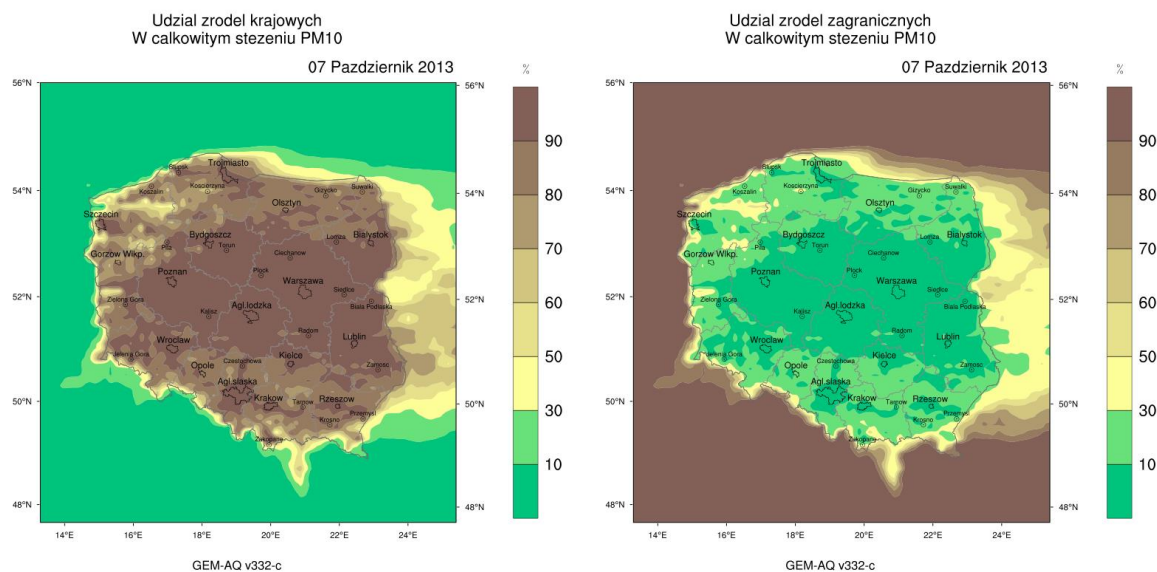
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowany rozkład pola stężeń PM₁₀ w dniu 7.10.2013 wskazuje, podobnie, jak wyniki pomiarów, na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w południowej połowie Polski, a w szczególności w woj. śląskim, małopolskim, dolnośląskim, łódzkim, mazowieckim, podkarpackim i wielkopolskim. Najwyższe stężenia wystąpiły w aglomeracjach i większych miastach, poziom graniczny epizodu został też przekroczony na wielu obszarach pozamiejskich. Model przeszacował wartości stężeń w rejonie aglomeracji warszawskiej.



Rysunek 4.12-8 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 7 października 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji przekracza zwykle 60%. Na obszarach aglomeracji znaczący jest również udział źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 60%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu nie przekraczał z reguły 30-50%. W otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych, szczególnie w obszarach z niższymi stężeniami (np. woj. lubuskie) udział źródeł komunikacyjnych w stężeniu PM10 może być wyższy i dochodzić do 80%. Udział źródeł punktowych w tworzeniu się stężenia pyłu na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki.



Rysunek 4.12-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 7 października 2013 r.

O wysokości stężeń PM10 w kraju decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (powyżej 70% nad przewarżającą częścią kraju). W dniu 7.10.2013 r. zagraniczne źródła emisji były odpowiedzialne za 10-30% wartości stężeń PM10 na ok. stukilometrowym pasie terenu rozciągającym się wzdłuż południowej, zachodniej i północnej granicy Polski. Miejscami w woj. lubuskim i zachodniopomorskim oraz w woj. małopolskim i podkarpackim udział zagranicznych źródeł emisji w stężeniu PM10 szacowany był na 30-60%, przy czym stężenia w woj. zachodniopomorskim były generalnie niskie. Polskie źródła emisji miały wpływ na poziom stężeń pyłu PM10 na obszarach przygranicznych Ukrainy i Białorusi (30-50%) oraz na mniejszym obszarze na Słowacji.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Wysokie stężenia PM10 występowały początkowo głównie w woj. śląskim i małopolskim. W kolejnych dniach obszar występowania wysokich stężeń PM10 poszerzył się stopniowo o miasta centralnej części Polski i w następnych dniach również o miasta

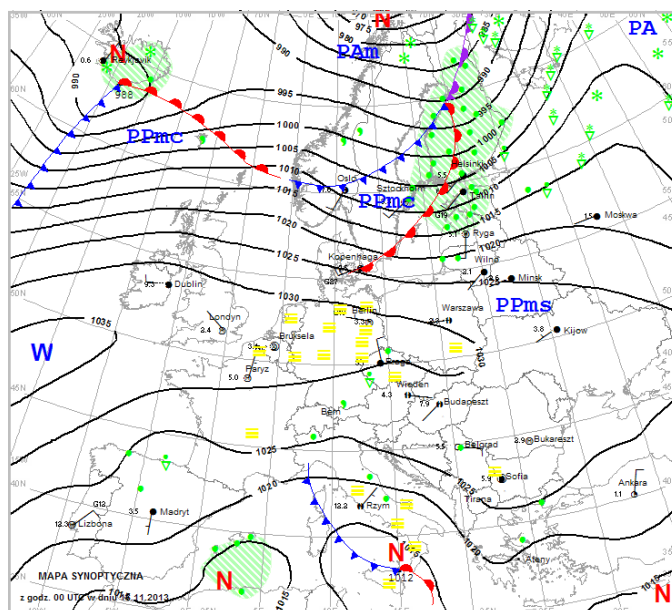
południowo-wschodniej i północno-wschodniej części kraju. Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM10 w tych regionach należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. Akumulacji zanieczyszczeń w warstwie przyziemnej sprzyjały silne inwersje przypowierzchniowe.

4.13. Epizod 13. Od 15 do 20 listopada 2013.

Epizod w krajach ościennych (Czechy, Słowacja)

Sytuacja synoptyczna

15 listopada 2013 Polska znalazła się w obszarze wału wysokiego ciśnienia. W ciągu dnia od zachodu zaznaczało się oddziaływanie zokludowanego frontu atmosferycznego, powodującego zachmurzenie duże. Temperatura na obszarze całego kraju była dodatnia - około 5 °C. 16 listopada dwa układy wysokiego ciśnienia połączyły się i Polska znalazła się na osi klina wyżowego centrum znad Atlantykiem. Utrzymywały się temperatury dodatnie w ciągu dnia, w nocy malejące do ok. 0°C. 17 listopada Polska znalazła się w ciepłym wycinku rozbudowanego niżu znad Skandynawii. Od północy zaznaczało się działanie frontu chłodnego. Wyż oddziaływujący na Polskę intensywnie w dniach poprzednich przesunął się na południowy zachód kraju. 18 listopada Polska ponownie znalazła się w centrum układu wysokiego ciśnienia. Przemieszczający się front powodował lokalnie przelotne opady i zamglenia. Temperatura nieznacznie wzrastała. 19 listopada wyż odsunął się na wschód a północny zachód Polski znalazł się na skraju zatoki niskiego ciśnienia znad Skandynawii. W tym dniu występowało niewielkie zachmurzenie głównie w północnej części kraju, zwiększające się w ciągu dnia do dużego. Napływ ciepłego i wilgotnego powietrza polarnego powodował utrzymywanie się dodatnich temperatur w całym kraju. 20 Listopada wschodnie krańce Polski znajdowały się jeszcze na skraju wyżu znad Rosji a jej zachodnia część i południowa część pod wpływem niżu z centrum rozciągającym się od południowych Niemiec po Morze Śródziemne. Napływ ciepłego powietrza polarno-morskiego sprzyjał utrzymywaniu się dodatnich temperatur. Przeważało zachmurzenie całkowite z niewielkim opadami deszczu w większej części kraju.



Rysunek 4.13-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 16 listopada 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

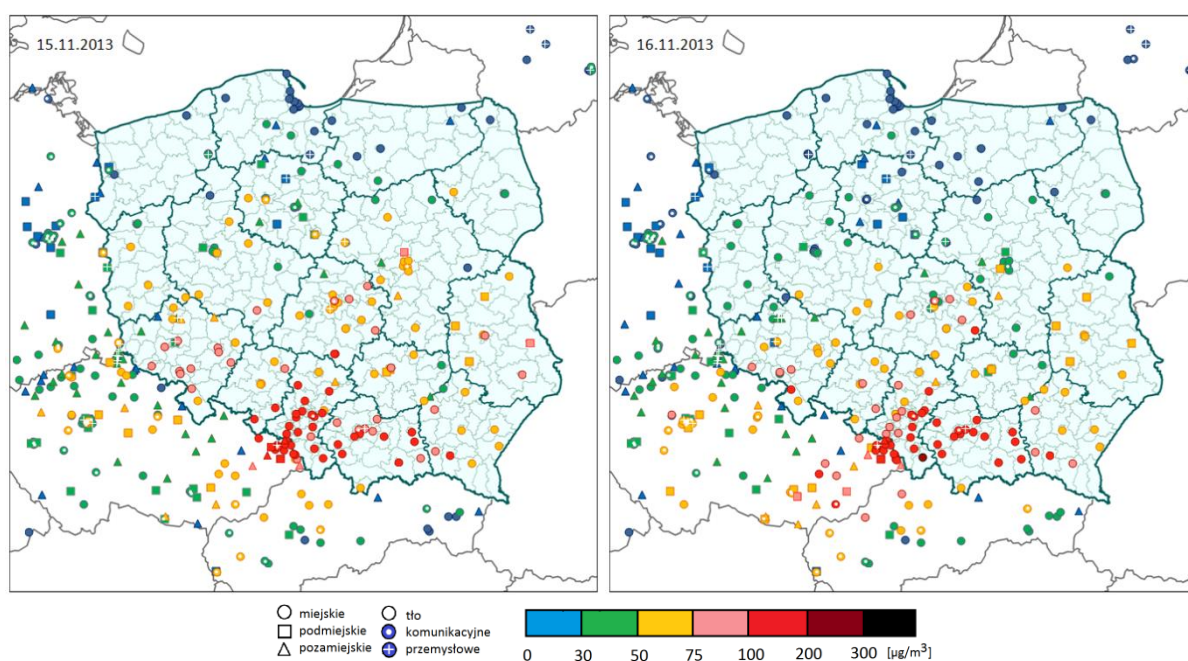
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W trakcie trwania epizodu podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały początkowo w całej południowej połowie Polski. Wysokie stężenia przekraczające $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowane były na Śląsku i w Małopolsce i w woj. łódzkim. Wysokie stężenia przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) utrzymywały się w całym okresie 15-20.11.2013 na wielu stanowiskach w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim. Na innych obszarach, próg $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekraczany był w krótszym okresie. W dniach 19-20.11.2013 wysokie stężenia PM10 notowane były dodatkowo w miastach na terenie woj. kujawsko-pomorskiego. Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania na jednym stanowisku. Wybrane informacje o stężeniach PM10 z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.13-1.

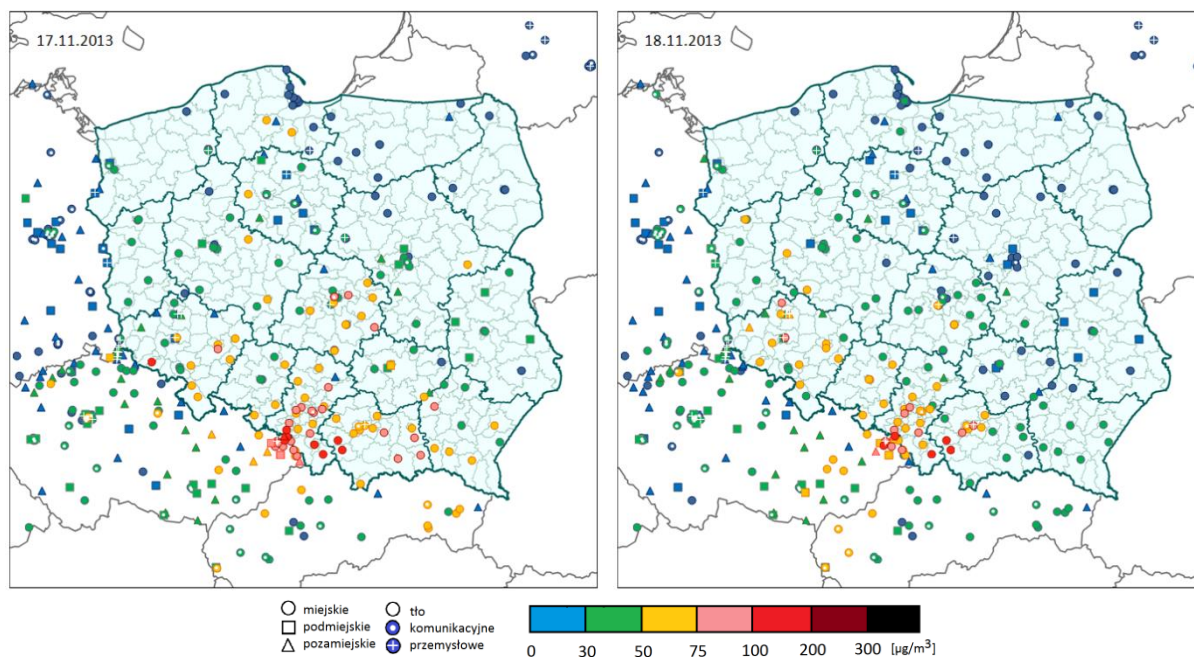
W dniu 15 listopada 2013 r. wysokie stężenia PM10 wystąpiły w ok. 60 miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim i małopolskim, ale też w niektórych miastach w innych województwach południowej połowy kraju. Stężenia przewyższające $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 30 stacjach, z których 17 zlokalizowane jest na terenie woj. śląskiego. Nad Polską utrzymywał się układ wyżowy z centrum nad Ukrainą. Wiatr był słaby, miejscami występowała mgła. Nocą występowały spadki temperatury poniżej 0°C , co mogło się łączyć z występowaniem przyziemnych inwersji temperatury powietrza ograniczających intensywność dyspersji zanieczyszczeń w atmosferze.

Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 61% stanowisk w Polsce, w tym na 68% stanowisk tła miejskiego oraz na 21% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 30% stanowisk, w tym na 36% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w miastach Godów, Rybnik i Zabrze w woj. śląskim ($158\text{--}160 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim i śląskim - $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 16 listopada 2013 r. stężenia w centrum kraju obniżyły się, w części południowej utrzymywały się na wysokim poziomie. Stężenia przewyższające $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 29 stacjach, z których 14 zlokalizowane jest na terenie woj. małopolskiego. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu klina wysokiego ciśnienia rozciągającego się Atlantyku po Ukrainę. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 45% stanowisk w Polsce, w tym na 53% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 14% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 24% stanowisk, w tym na 26% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zanotowano w Żywcu w woj. śląskim ($213 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim i śląskim - $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

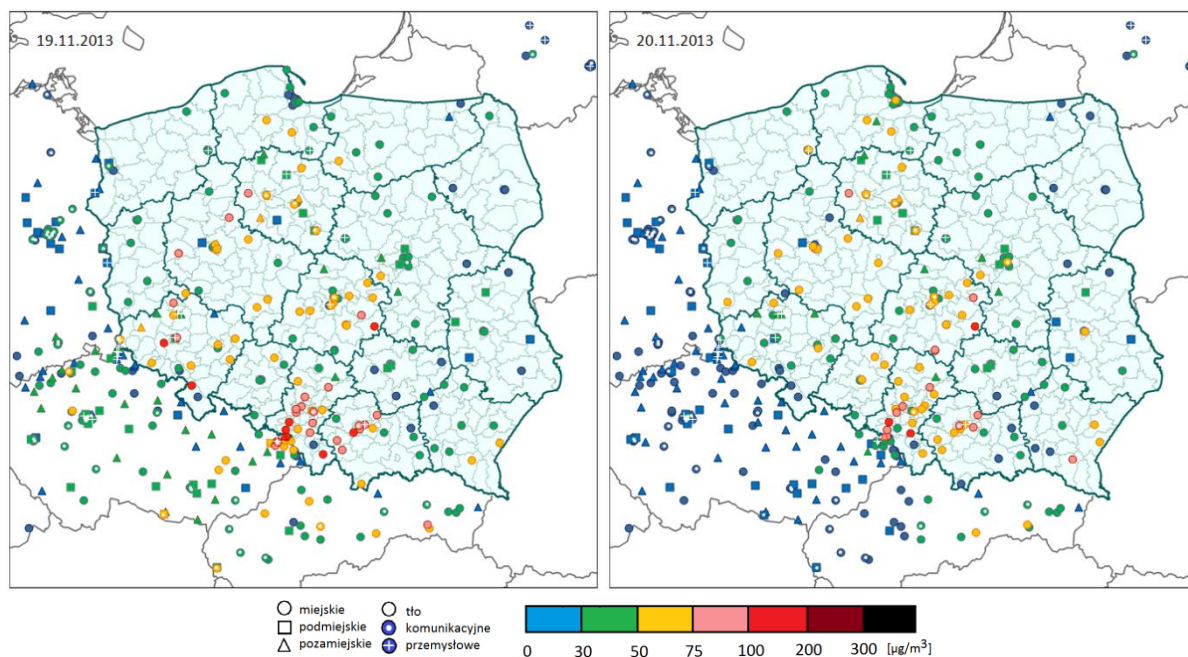


Rysunek 4.13-2. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 15-16.11.2013 r.



Rysunek 4.13-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 17-18.11.2013 r.

W dniach 17-18 listopada stężenia PM₁₀ stopniowo się obniżały, zmniejszał się też zasięg występowania stężeń PM₁₀ wyższych od poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W dniu 18 listopada poziom ten przekroczony był tylko w 12 miastach 3 województw (śląskiego, małopolskiego, dolnośląskiego). Zmalało zanieczyszczenie powietrza w części centralnej i wschodniej kraju. W tym dniu (18.11.2013) Polska znalazła się w zasięgu oddziaływania układu wyżowego. Nad Polską przechodził ciepły front atmosferyczny. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 23% stanowisk w kraju, w tym na 25% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 6% stanowisk, w tym na 7 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Żywcu w woj. śląskim ($153 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Suchej Beskidzkiej w woj. małopolskim ($141 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim i śląskim - $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



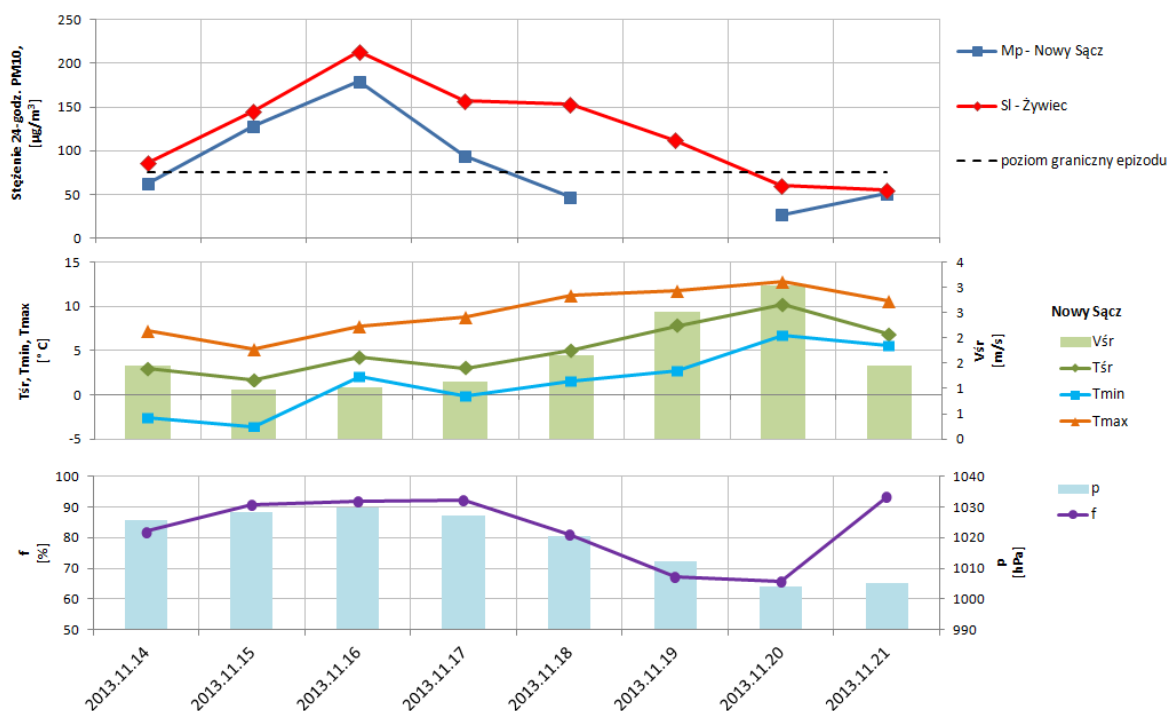
Rysunek 4.13-4. Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 19-20.11.2013 r.

W dniu 19 listopada zwiększył się zasięg występowania podwyższonych i wysokich stężeń PM10. Stężenia takie zarejestrowano dodatkowo w wielu miastach woj. łódzkiego, wielkopolskiego i kujawsko-pomorskiego. Stężenia przewyższające poziom graniczny epizodu zarejestrowano na 28 stacjach (dzień wcześniej na 12 stacjach). W tym dniu (19.11.2013) Polska znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad Rosją. W Polsce stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 37% stanowisk w kraju, w tym na 39% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 23% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 14% stanowisk, w tym na 15 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Rybniku w woj. śląskim ($137 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a stężenia przewyższające $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w sumie na 8 stanowiskach w woj. śląskim, dolnośląskim, małopolskim i łódzkim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 20 listopada stężenia w woj. dolnośląskim i wielkopolskim obniżyły się. Wysokie stężenia notowano nadal w niektórych miastach woj. śląskiego, małopolskiego i łódzkiego. Stężenia przewyższające poziom graniczny epizodu zarejestrowano na 15 stacjach w 5 województwach. W tym dniu (20.11.2013) większa część Polski znajdowała się na skraju wyżu z centrum nad Rosją. Południowo zachodnia część Polski znajdowała w zasięgu niżu, który w następnym dniu objął swym zasięgiem cały kraj. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 35% stanowisk w kraju, w tym na 37% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 14% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 7% stanowisk, w tym na 8 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim ($149 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia powyżej $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowano

też w Rybniku. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rys. 4.13-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Żywcu w woj. śląskim i w Nowym Sączu w woj. małopolskim. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Nowym Sączu. Najwyższe stężenia PM10 wystąpiły w dniu 16.11.2013 r., w warunkach słabego wiatru, gdy Polska i Czechy znajdowały się w zasięgu klina wysokiego ciśnienia. Ciśnienie atmosferyczne w Nowym Sączu wynosiło wówczas 1030 hPa.



Rysunek 4.13-5 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Nowym Sączu.

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

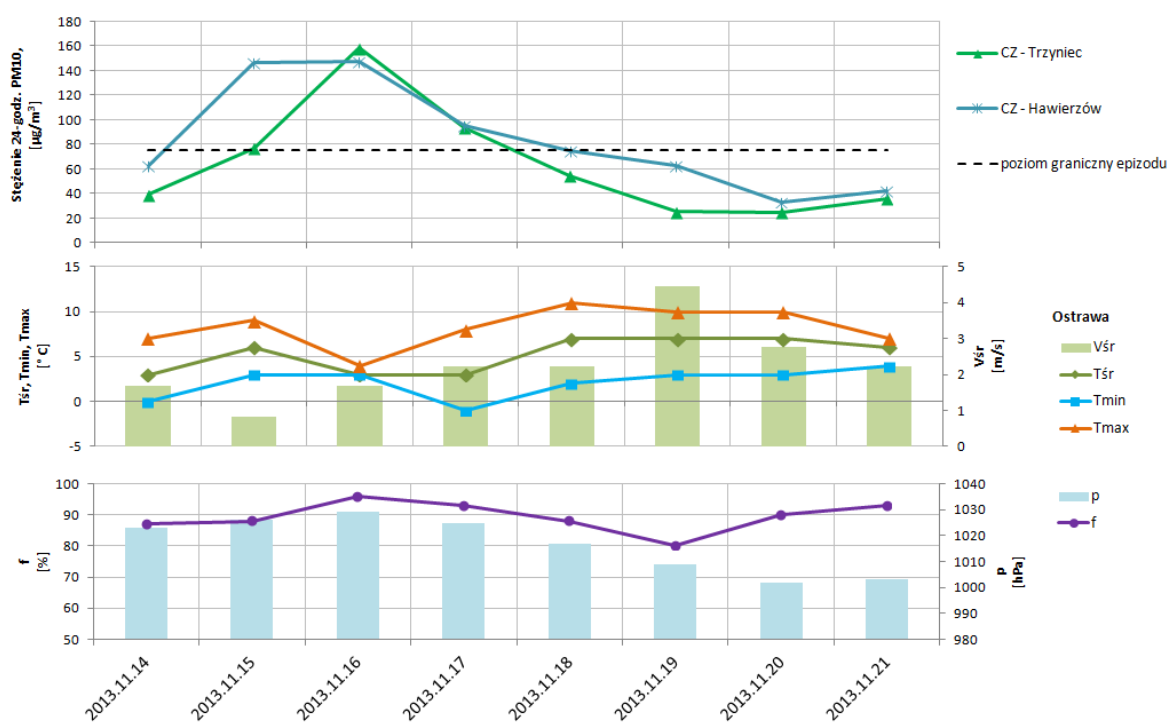
W dniu 15 listopada 2013 r. wysokie stężenia PM10 notowane były w Czechach w rejonie Ostrawy. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 16 stanowiskach, w tym na 14 stanowiskach tła. Najwyższe stężenie ($154 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiło w Ostrawie.

Kolejnego dnia wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na terytorium Czech na 22 stacjach, w tym na 18 stacjach tła. Przekroczenia te wystąpiły głównie na wschodzie kraju, w tym w rejonie Ostrawy. Najwyższe stężenie ($158 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiło w Trzyńcu przy granicy z Polską. Dzień ten można uznać za kulminacyjny dla tego epizodu na obszarze Czech. Na Słowacji poziom graniczny epizodu przekroczony był na dwóch stacjach tła, a maksimum stężenia dobowego PM10 ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano w Żilinie.

W następnych dniach również rejon Ostrawy narażony był na wysokie stężenia PM10. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był tam na 6 stanowiskach, w tym na 5 stanowiskach tła. Najwyższe stężenie spośród stanowisk tłowych ($108 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiło w Ostrawie. Zasięg epizodu na obszarze Czech, podobnie jak w Polsce, zmniejszył się.

19.01.2013 r. podwyższone i wysokie stężenia PM10 notowane były na ok. 15 stanowiskach na terytorium Czech. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był tam na 4 stanowiskach, w tym na 2 stanowiskach tła. Najwyższe stężenie spośród stanowisk tłowych ($111 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiło na stacji w Lutyni Dolnej. W dniu 20 listopada w Czechach poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 1 stanowisku tła (Lutynia Dolna k. Ostrawy – $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Na rys. 4.13-6 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na dwóch stanowiskach w Czechach – w Trzyńcu i Hawierzów k. Ostrawy. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Ostrawie.



Rysunek 4.13-6 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie

Tabela 4.13-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 15-20.11.2013

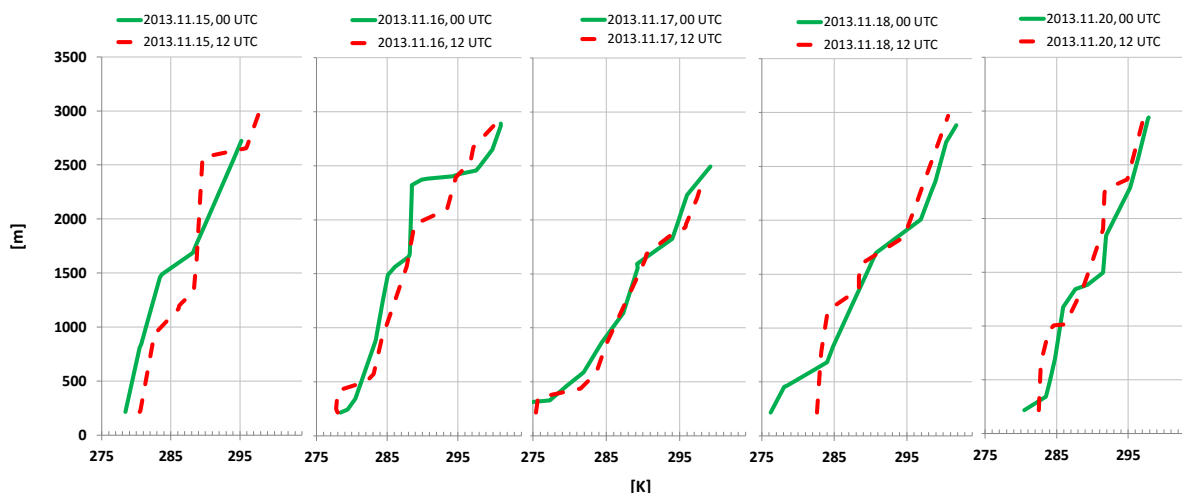
	Jednostka	2013-11-15	2013-11-16	2013-11-17	2013-11-18	2013-11-19	2013-11-20
Wszystkie stanowiska w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	63.8	56.1	46.2	39.1	49.5	46.2
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	61	45	35	23	37	35

	Jedno- stka	2013- 11-15	2013- 11-16	2013- 11-17	2013- 11-18	2013- 11-19	2013- 11-20
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	30	24	12	6	14	7
% stanowisk z S24>S95	%	24	19	2	3	8	9
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	160	213	158	153	137	149
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	67.9	60.1	49.5	40.6	50.9	47.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	68	53	42	25	39	37
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	36	26	14	7	15	8
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	160	213	158	153	137	149
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	37.1	33.2	27.1	28.0	38.8	37.7
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	21	14	0	7	23	14
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	57	56	48	60	58	65
Stanowiska tła poza granicami Polski							
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	2	0	0	1	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	14	18	11	5	2	1
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 15-20.11.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostejov (Czechy, nr stacji: 11747).

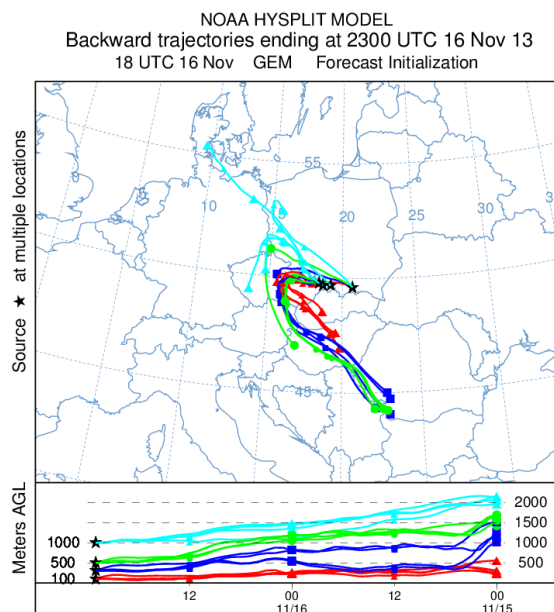
W trakcie analizowanego okresu temperatura przy powierzchni ziemi nocą oscylowała wokoło 2°C. Pod koniec analizowanego okresu temperatura wzrosła do 5°C. W ciągu kolejnych dni warunki równowagi były mocno zmienne, przeważały warunki równowagi stabilnej i obojętnej. Temperatura przy ziemi w ciągu dnia była zbliżona do temperatury w ciągu nocy, za wyjątkiem dnia 18.11.2013 roku, kiedy temperatura w ciągu dnia wzrosła o 8°C.

Zaobserwowano inwersje przyziemne w godzinach nocnych w dniach 16, 17, 18 i 20 listopada sięgające od 100 m 16.11 do 500 m 18.11. W godzinach dziennych 16 i 17 listopada można było także wyróżnić inwersje podniesione, rozbudowujące się od wysokości około 400 m do wysokości około 500 m.



Rysunek 4.13-7 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondażu aerologicznych w Prostejowie w dniach 15-20.11.2013 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.13-8 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 16 listopada 2013 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 16.11.2013 r., dla czterech miast, w których zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀ na stacjach tła miejskiego: Nowy Sącz w woj. małopolskim (179 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Żywiec w woj. śląskim (213 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Trzynieć (159 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Hawierzów (147 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w Czechach.

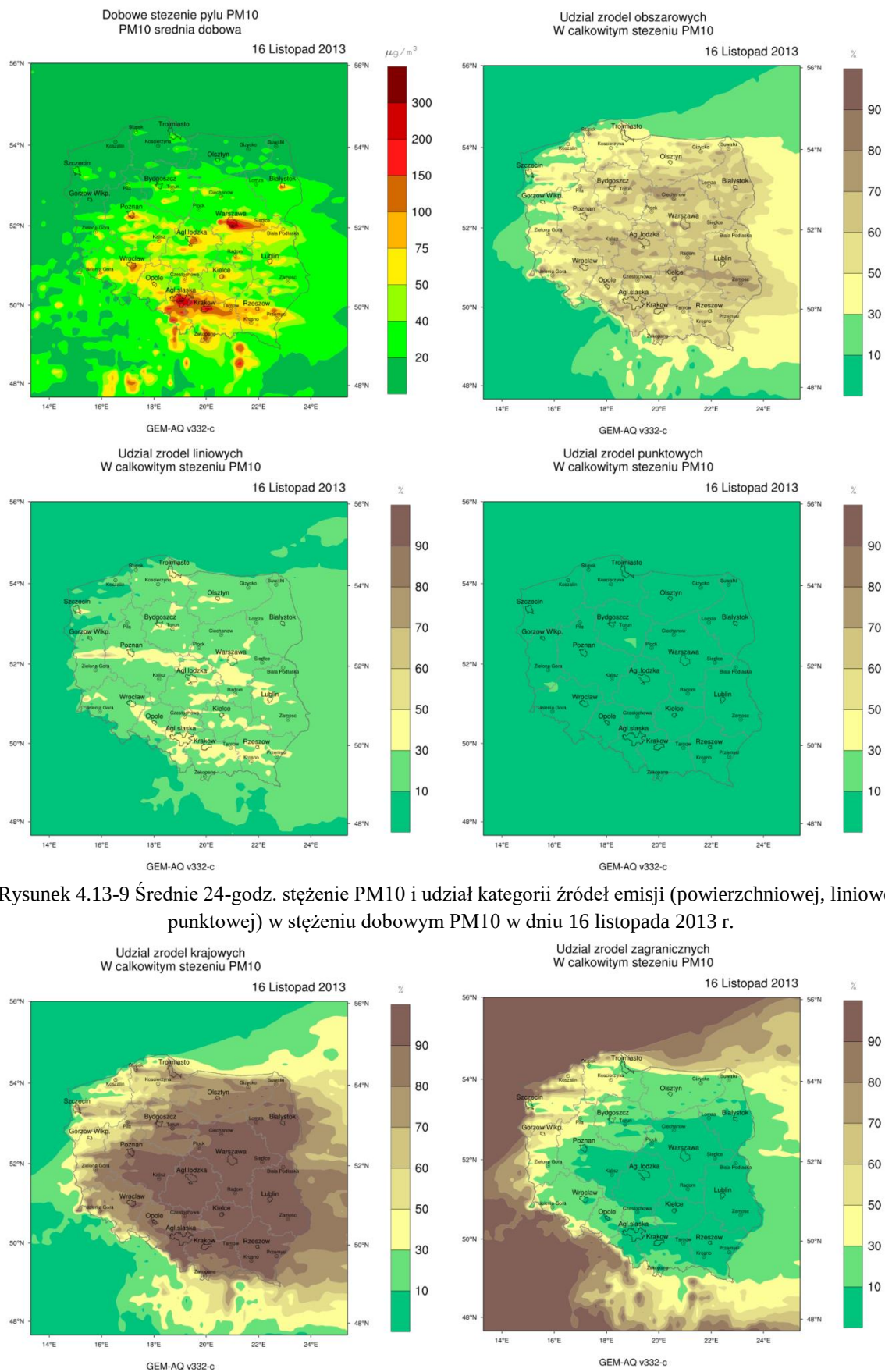
Trajektorie dla poziomów 100, 300 i 500 m, obliczone dla ww. stosunkowo nieodległych lokalizacji, wskazują na zbliżony charakter napływu mas powietrza nad stacje docelowe. Trajektorie wsteczne obliczone dla poziomów 100 m wskazują na napływ powietrza znad

Węgier, poprzez Słowację i Czechy do stacji w rejonie Ostrawy i do Żywca. Trajektoria do Nowego Sącza prowadzi dodatkowo nad woj. śląskim i małopolskim. Trajektorie wsteczne dla 100 m stopniowo obniżały się, z początkowych 300-500 m do 100 m w punkcie końcowym. Kierunek napływu powietrza oraz wysokości trajektorii mogą wskazywać, że oprócz polskich źródeł emisji, na wysokie stężenia występujące w Polsce przy granicy z Czechami i Słowacją wpływały emisje z terenu Czech. Niewielka szybkość przemieszczania się powietrza w końcowych 24 godzinach może świadczyć, że na stężenia w woj. śląskim i małopolskim znaczący wpływ miały źródła położone w niewielkiej odległości od stacji pomiarowej.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowane rozkłady stężenia PM10 w dniu 16.11.2013 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w południowej połowie Polski, a w szczególności w woj. śląskim, małopolskim, podkarpackim oraz, czego wyniki pomiarów nie potwierdzają, w woj. mazowieckim. Najwyższe stężenia według obliczeń miały wystąpić w aglomeracjach w woj. śląskim, małopolskim i mazowieckim, poziom graniczny epizodu został też przekroczony na wielu obszarach pozamiejskich.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 70% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-70%. Znaczący udział źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 60% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (autostrady, drogi ekspresowe). Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 30-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki.



Rysunek 4.13-9 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 16 listopada 2013 r.

Rysunek 4.13-10 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 16 listopada 2013 r.

Na podstawie wyników modelowania można stwierdzić, że o wysokości stężeń PM10 decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski, zwłaszcza w centralnej w wschodniej części kraju. W woj. zachodniopomorskim i pomorskim, gdzie stężenia PM10 były niskie, udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 szacowany był miejscami na 50-90%, ale były to stężenia znacznie niższe niż na południu kraju. Polskie źródła emisji miały wpływ na poziom stężenia pyłu PM10 nad Ukrainą i Białorusią na poziomie do 80% oraz, w mniejszym stopniu nad Słowacją. Udział źródeł zagranicznych na poziom stężenia w południowej części kraju sięgał 30%.

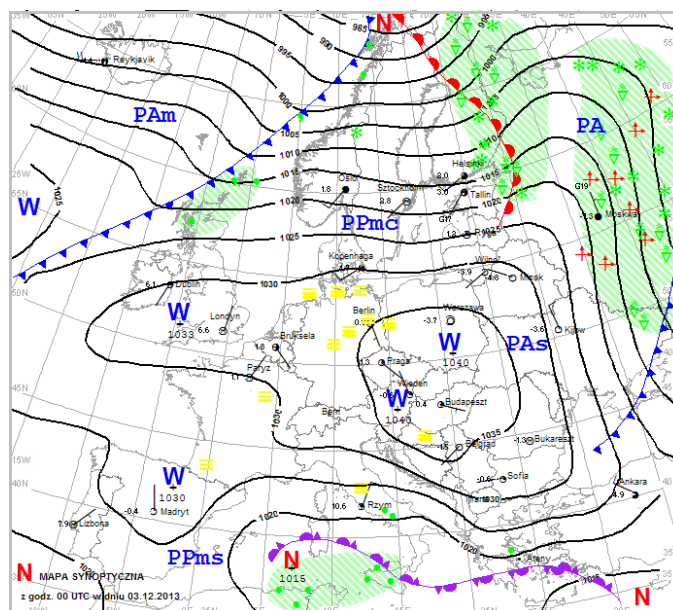
Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Wysokie stężenia PM10 występowały początkowo w całej południowej połowie Polski, w szczególności na Śląsku i w Małopolsce oraz w woj. łódzkim i utrzymywały się w tych trzech województwach na wysokim poziomie przez cały okres 15-20.11.2013 r. Na innych obszarach, próg $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekraczany był w krótszym okresie. W dniach 19-20.11.2013 wysokie stężenia PM10 notowane były dodatkowo w miastach na terenie woj. kujawsko-pomorskiego i pomorskiego. Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania na jednym stanowisku. Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM10 należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. Oprócz polskich źródeł emisji, na podwyższenie poziomu stężeń w Polsce przy granicy z Czechami i Słowacją wpływały emisje z terenu Czech i Słowacji.

4.14. Epizod 14. Od 2 do 4 grudnia 2013

Sytuacja synoptyczna

2 grudnia 2013 Polska znajdowała się w chłodnej masie powietrza polarno-morskiego znad Morza Norweskiego. Zachodnia część kraju była w zasięgu oddziaływania wyżu z centrum nad Wyspami Brytyjskimi, a część wschodnia pod wpływem rozbudowanego niżu znad Rosji. Temperatury w ciągu dnia wynosiły ok. 5°C , w nocy miejscami wystąpiły spadki poniżej zera. 3 grudnia nad Polską rozbudował się układ wysokiego ciśnienia. Temperatura była niższa niż w dniu poprzednim. Zachmurzenie było niewielkie, bez opadów. 4 grudnia wyż przemieścił się na południowy wschód. Południowa część kraju pozostawała pod wpływem układu wysokiego ciśnienia. Północ Polski znalazła się na skraju niżu znad Arktyki oraz ciepłego morskiego powietrza polarnego. Przemieszczający się szybko z północnego zachodu front chłodny powodował stopniowy wzrost zachmurzenia. Temperatura w ciągu dnia wahała się wokół 0°C , w dzień przyjmując wartości dodatnie, w nocy ujemne.

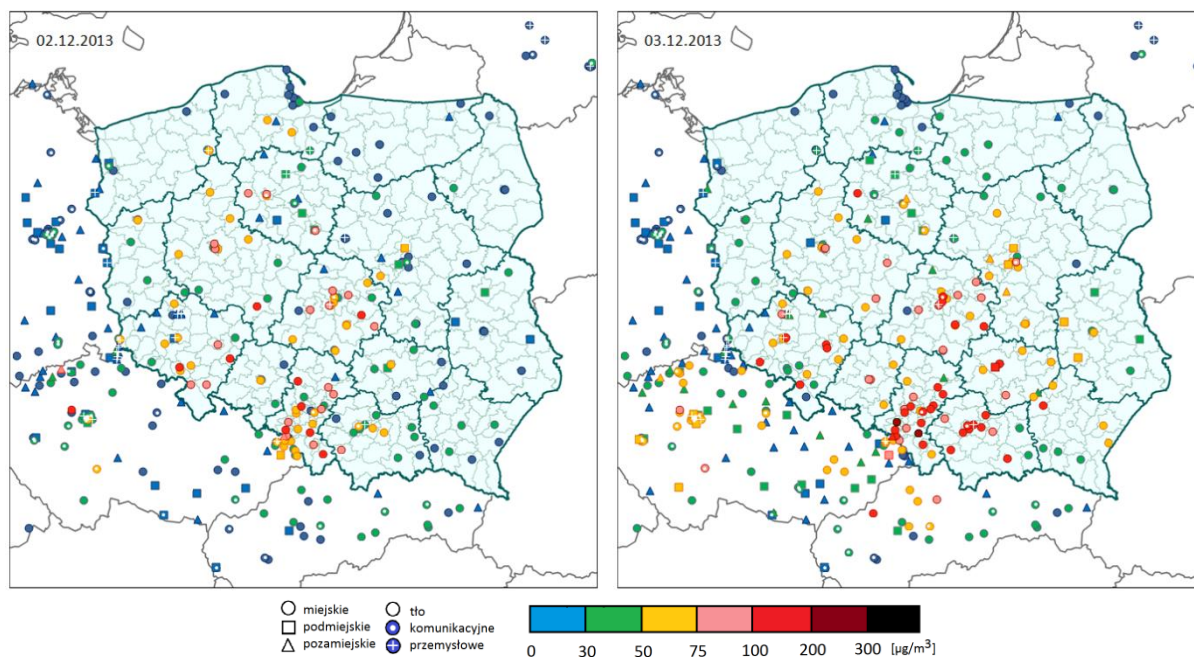


Rysunek 4.14-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 3 grudnia 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W trakcie trwania epizodu podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały początkowo w niektórych miastach 5 województw: śląskiego, dolnośląskiego, łódzkiego, wielkopolskiego i kujawsko-pomorskiego. W drugim, kulminacyjnym dniu epizodu (3.12.2013), wzrosły zarówno wysokości notowanych stężeń, jak i zwiększył się zasięg występowania wysokich stężeń, obejmując dodatkowo woj. małopolskie i świętokrzyskie. Na 34 stanowiskach stężenie przekroczyło poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na dwóch poziom $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W dniu 4.12.2013 stężenia na większości terytorium kraju spadły poniżej poziomu granicy epizodu. Wysokie stężenia utrzymywały się nadal w woj. małopolskim i w kilku miastach 3 dalszych województw (dolnośląskie, łódzkie, świętokrzyskie). Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania na 2 stanowiskach. Wybrane informacje o stężeniach PM10 z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.14-1.

W dniu 2 grudnia 2013 r., po dłuższym okresie z niskimi stężeniami, podwyższone ($S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i wysokie ($S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stężenia PM10 wystąpiły w ok. 70 miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim, dolnośląskim, łódzkim, wielkopolskim i kujawsko-pomorskim. Stężenia przewyższające $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 9 stacjach, z których 5 zlokalizowane jest na terenie woj. śląskiego. Polska znajdowała się pod wpływem rozbudowującego się w kierunku wschodnim układu wyżowego z centrum nad Wielką Brytanią. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 35% stanowisk w Polsce, w tym na 40% stanowisk tła miejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 15% stanowisk, w tym na 18% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Oławie w woj. dolnośląskim ($166 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia powyżej $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowano też w Szczawnie-Zdrój w woj. dolnośląskim, Tomaszowie Mazowieckim i Ostrowie Wielkopolskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim, śląskim i łódzkim - $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

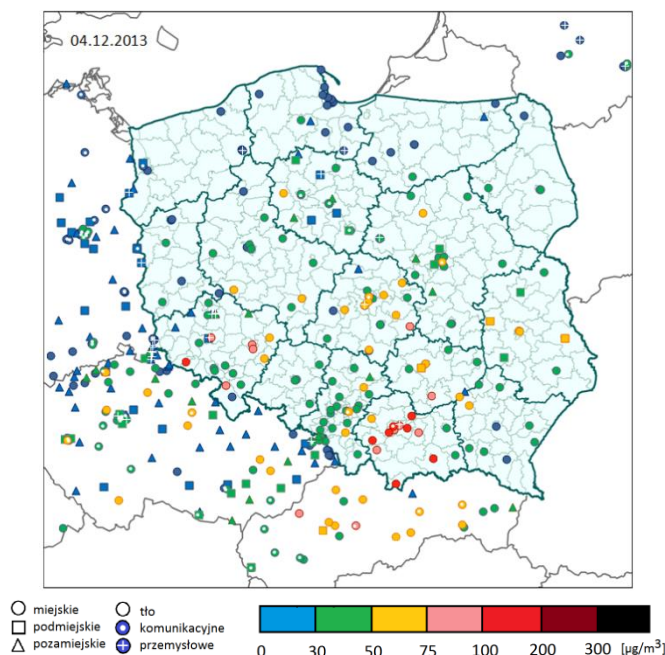


Rysunek 4.14-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 2-3.12.2013 r.

W dniu 3 grudnia miała miejsce kulminacja epizodu. Podwyższone (powyżej 50 µg/m³) i wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły wówczas w południowej i centralnej Polsce, ogółem na 103 stanowiskach pomiarowych. Na 57 stanowiskach stężenie 24-godz. PM₁₀ przekroczyło poziom 75 µg/m³, na 34 poziom 100 µg/m³, na dwóch poziom 200 µg/m³.

W tym dniu Polska znajdowała się centrum rozległego wyżu. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 52% stanowisk w Polsce, w tym na 59% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 21% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 30% stanowisk, w tym na 32% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe, przekraczające poziom informowania (200 µg/m³), zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim (246 µg/m³) i w Rybniku (201 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 64 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i łódzkim - 101 µg/m³.

Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były na terytorium Czech na 4 stacjach tła oraz na 2 stacjach tła na Słowacji.



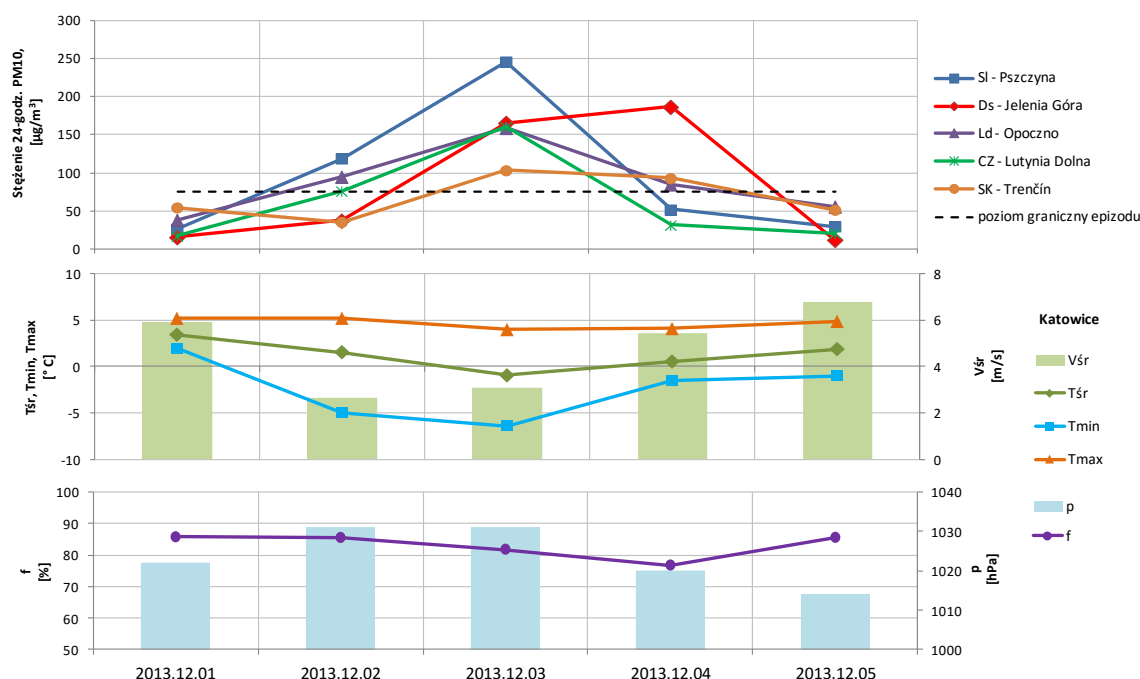
Rysunek 4.14-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniu 4.12.2013 r.

W dniu 4 grudnia 2013 r., wraz z rozbudowywaniem się niżu znad Skandynawii, na większości terytorium kraju obniżały się stężenia PM₁₀. Wysokie stężenia utrzymywały się jeszcze przede wszystkim w Małopolsce oraz w kilku miastach na Dolnym Śląsku, a także w Opocznie w woj. łódzkim i Busku w woj. świętokrzyskim (Rys.4.14-3). Stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 22% stanowisk w kraju, w tym na 25% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 9% stanowisk, w tym na 10 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Jeleniej Górze w woj. dolnośląskim (187 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w sumie w 9 miastach, w tym w 7 z woj. małopolskiego. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - 93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 1 stanowisku na Słowacji (Trencin), w pobliżu granicy z Czechami.

W następnym dniu (5.12.2013) Polska znajdowała się pod wpływem głębokiego niżu z centrum nad Skandynawią, wiał silny wiatr, przechodził chłodny front atmosferyczny. Czynniki te doprowadziły do dalszego spadku stężeń PM₁₀.

Na rys. 4.14-4 przedstawiono stężenia 24-godz. PM₁₀ na stanowiskach pomiarowych w Polsce: w Pszczynie, Jeleniej Górze i Opocznie oraz na stanowiskach w Czechach – Lutynia Dolna k. Ostrawy i na Słowacji Trencin. Przekroczenia poziomu granicznego epizodu wystąpiły nie tylko w Polsce, ale i na kilku stacjach w Czechach np. Lutynia Dolna) i na Słowacji (Trencin). Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Katowicach. Najwyższe stężenia PM₁₀ na większości stacji wystąpiły w dniu 3.12.2013 r.



Rysunek 4.14-4 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach.

Tabela 4.14-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 2-4.12.2013

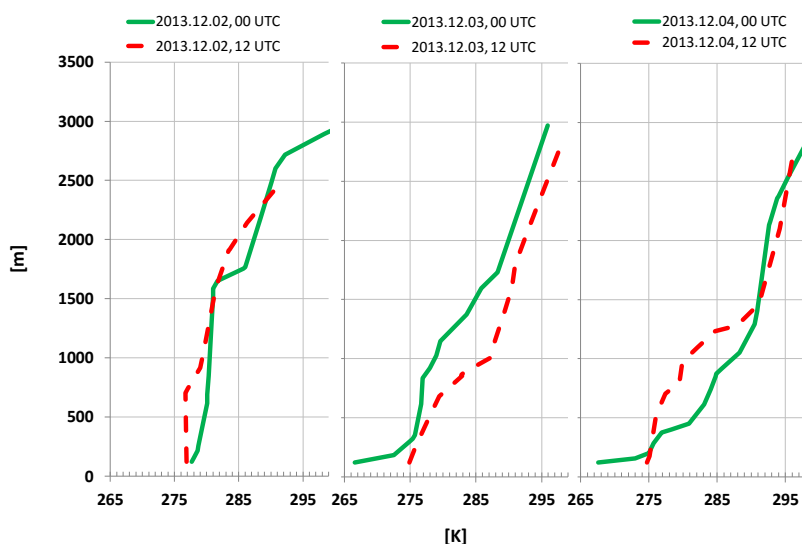
	Jednostka	2013-12-02	2013-12-03	2013-12-04
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	45.1	64.3	41.6
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	35	52	22
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	15	30	9
% stanowisk z $S_{24} > S_{95}$	%	11	28	3
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	166	246	187
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	48.7	68.8	43.9
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	40	59	25
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	18	32	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	166	246	187
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	19.9	35.3	27.3
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	21	0
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30	61	44
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	2	1
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	3	4	0

	Jednostka	2013-12-02	2013-12-03	2013-12-04
Liczba stanowisk tła z S24>75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 2-4.12.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji. 12425).

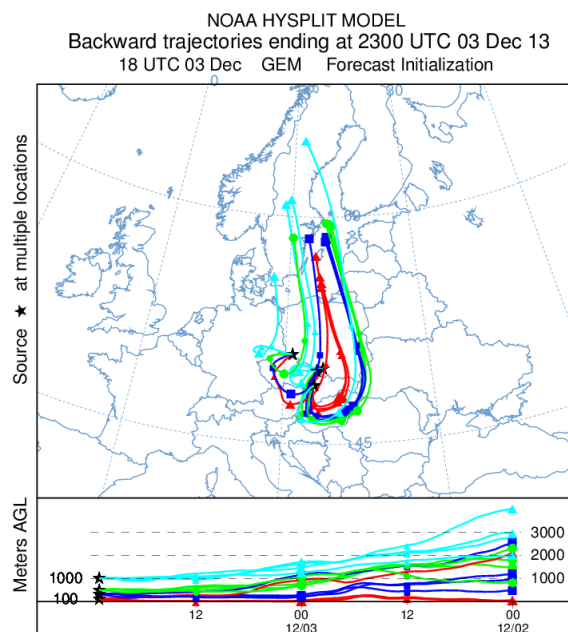
Warunki stabilności na stacji aerologicznej we Wrocławiu wskazywały pogłębianie się równowagi stabilnej w ciągu nocy. W ciągu dnia występowała równowaga stabilna. Temperatura przy ziemi w ciągu kolejnych nocy spadła od 2°C do -8°C.

W porze nocnej w dniach 3 i 4 grudnia zaobserwowano wytworzenie się silnej inwersji przyziemnej sięgającej co około 200 m. Przebieg wykresu temperatury potencjalnej wskazuje na wytworzenie się inwersji wyżowej na wysokości ponad 1000 m.



Rysunek 4.14-5 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych we Wrocławiu w dniach 2-4.12.2013 r.

Trajektorie wsteczne



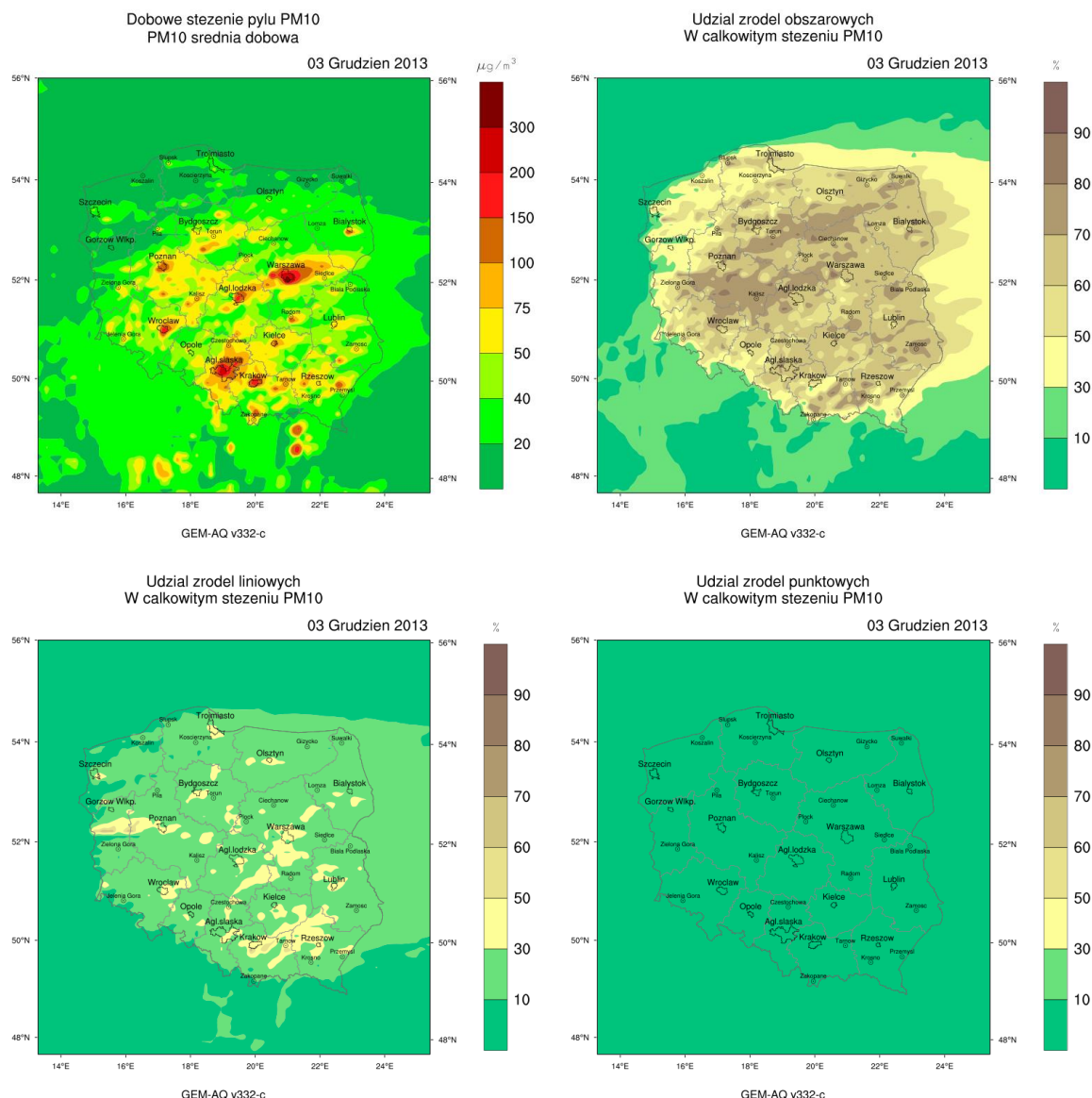
Rysunek 4.14-6 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 3 grudnia 2013 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 3.12.2013 r., dla czterech miast, w których zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀ na stacjach tła miejskiego: Pszczyna w woj. śląskim (246 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Jelenia Góra w woj. dolnośląskim (166 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Ostrawa (65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w Czechach i Trenčin (104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) na Słowacji.

Kształt i długość trajektorii dla poziomów 100, 300 i 500 m, obliczonych dla ww. stosunkowo nieodległych lokalizacji, wskazują na zbliżony charakter napływu mas powietrza nad stacje docelowe. Trajektorie wsteczne obliczone dla poziomów 100 m zaczynają się nad środkową częścią Morza Bałtyckiego, trajektorie dla wyższych poziomów zaczynają się nad Szwecją. Trajektorie dla poziomu 100 m prowadzą przez ok. 18 godzin nad Polską z północy na południe, od woj. pomorskiego do woj. małopolskiego i śląskiego, po czym antycykloniczny skręt wiatru nad Słowacją, Węgrami i Austrią oraz recyrkulacja w kierunku południowych granic Polski. Nad stacje w Polsce, w Czechach i na Słowacji w dniu 3.12.2013 r. powietrze napływa z kierunku południowo-zachodniego przepływając wcześniej nad terenem Czech i Słowacji. W przypadku trzech z czterech trajektorii wstecznych dla 100 m wystąpiły nieznaczne fluktuacje wysokości na której zachodził transport mas powietrza. Transport zachodził najczęściej w przyziemnej warstwie atmosfery. Pozostałe trajektorie zaczynały się na dużych wysokościach i stopniowo obniżały się do wartości końcowej co wskazuje na wielkoskalowe ruchy osiadające. Kierunek oraz wysokości trajektorii mogą wskazywać, że oprócz polskich źródeł emisji, na wysokie stężenia występujące w Polsce przy granicy z Czechami i Słowacją wpływały emisje z terenu Czech i Słowacji.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

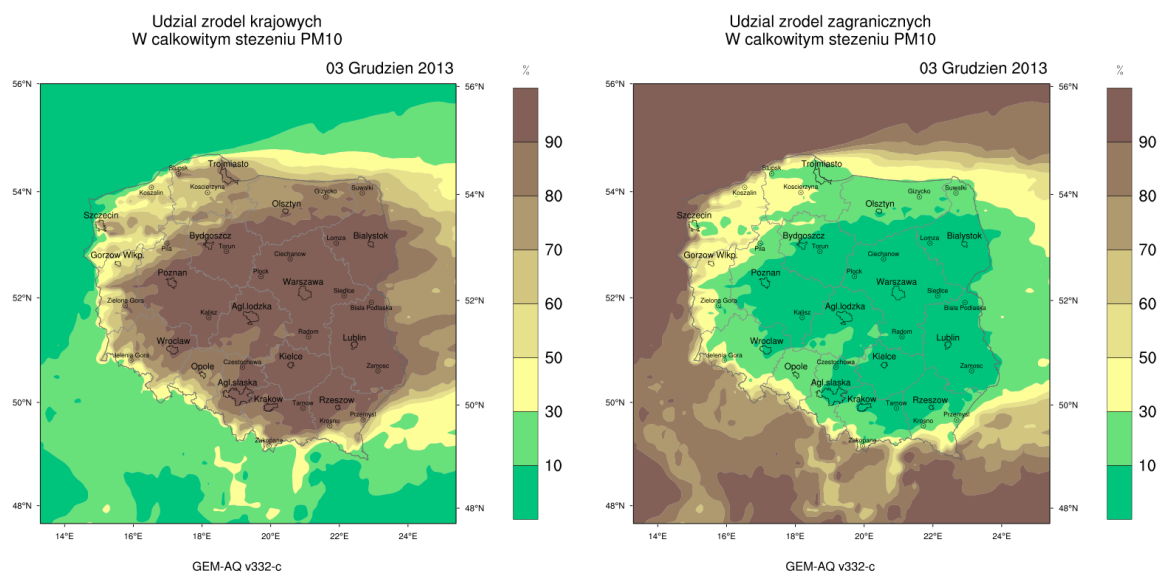
Modelowane rozkłady PM10 w dniu 3.12.2013 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w otoczeniu aglomeracji i dużych miast w centrum i na południu Polski. Najwyższe obliczone stężenia miały wystąpić w aglomeracji warszawskiej, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów stężeń PM10 na stacjach PMŚ.



Rysunek 4.14-7 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 3 grudnia 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych, związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-70%. Znaczący udział źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 60% ma

miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (autostrady, drogi ekspresowe), szczególnie w obszarach z niższymi stężeniami (np. woj. lubuskie), gdzie udział źródeł komunikacyjnych w stężeniu PM₁₀ może dochodzić do 70%. Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki i nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.14-8 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 3 grudnia 2013 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. W woj. zachodniopomorskim i pomorskim, gdzie stężenia PM₁₀ były niskie, udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ szacowany był miejscami na 50-80%, ale były to stężenia wielokrotnie niższe niż na południu kraju. W wąskim pasie przygranicznym z Czechami oraz na ok. 1/5 obszaru woj. podkarpackiego zaznaczał się większy wpływ emisji zagranicznych na stężenia PM₁₀ notowane w kraju – ok. 30%. Wskutek transportu wpływ ten sięgał w głąb kraju – do woj. łódzkiego. Polskie źródła emisji miały znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ na znacznych obszarach Ukrainy i Białorusi (do 70%) oraz, w mniejszym stopniu, na Słowacji.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

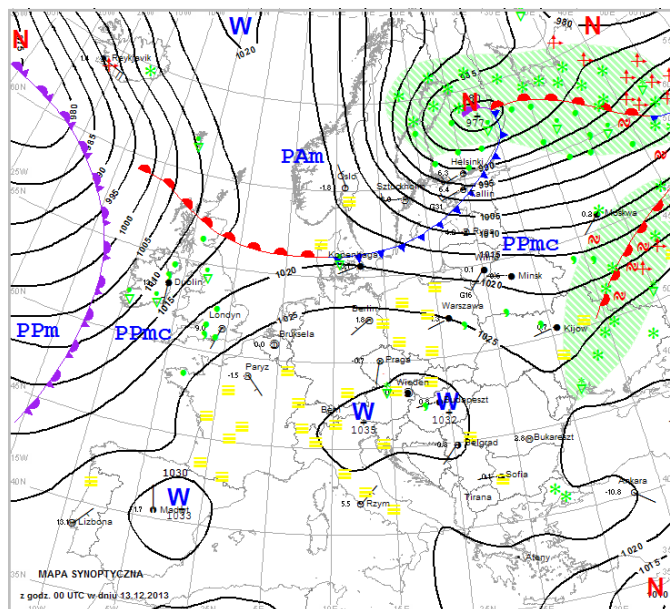
Wysokie stężenia PM₁₀ występowały początkowo w niektórych miastach 5 województw: śląskiego, dolnośląskiego, łódzkiego, wielkopolskiego i kujawsko-pomorskiego, a w drugim, kulminacyjnym dniu epizodu (3.12.2013) zasięg występowania wysokich stężeń objął dodatkowo woj. małopolskie i świętokrzyskie. Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. Oprócz

polskich źródeł emisji, na podwyższenie poziomu stężeń w Polsce przy granicy z Czechami i Słowacją wpływały emisje z terenu Czech i Słowacji (ok. 30-50%).

4.15. Epizod 15. Od 10 do 14 grudnia 2013

Sytuacja synoptyczna

12 grudnia 2013 pogodę nad Polską kształtował wyż z centrum nad południową Europą. Nad Polskę napływało ciepłe powietrze polarno- morskie. Temperatury w ciągu dnia dodatnie, w nocy spadały miejscami poniżej 0°C. 13 grudnia sytuacja baryczna nie uległa znaczącym zmianom. Wystąpiły niewielkie opady deszczu oraz mgły. 14 grudnia nad Polskę wkroczył ciepły front atmosferyczny ciągnący się od północy kraju przez centrum aż po południowy wschód. W strefie frontowej wystąpiły opady deszczu. W południowo zachodniej części kraju wystąpiły mgły.



Rysunek 4.15-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 13 grudnia 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

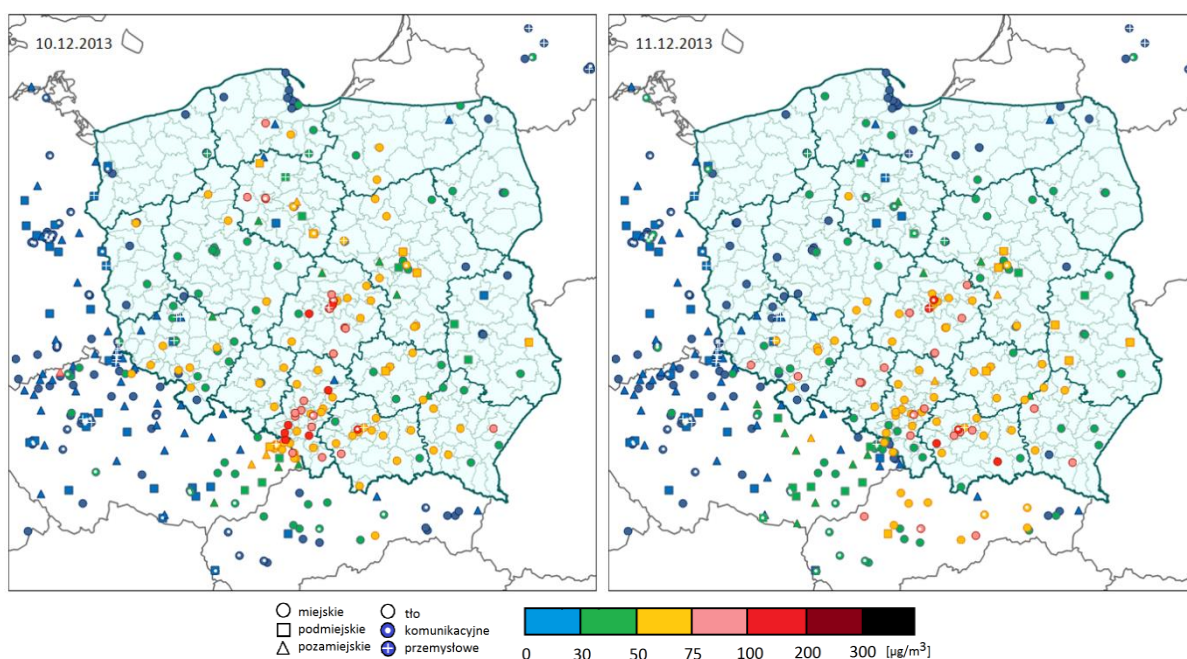
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

W dniach 10-12.12.2013 r. w 20-30 miastach południowej części kraju i w woj. łódzkim notowane były stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu (75 µg/m³). W dniu 13.12.2013 nastąpiła kulminacja epizodu. Przekroczenia poziomu 75 µg/m³ wystąpiły na 46 stanowiskach, a maksymalne stężenie notowane w kraju przekroczyło poziom alarmowy 300 µg/m³. W dniu następnym, kończącym epizod, stężenia były już niższe. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.15-1.

W dniu 10 grudnia 2013 r., po kilkudniowym okresie z niskimi stężeniami PM₁₀, podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w ok. 90 miastach w Polsce, głównie w woj. śląskim, małopolskim, łódzkim i kujawsko-pomorskim. Stężenia przewyższające 100 µg/m³

zanotowano na 7 stacjach tła miejskiego, z których 5 zlokalizowane jest na terenie woj. śląskiego. Polska znajdowała się wówczas pod wpływem klina wyżowego łączącego ośrodki znad Francji i Finlandii. Wiatr był słaby, występowały nocne spadki temperatury poniżej 0°C, co mogło prowadzić do powstawania przyziemnej inwersji temperatury powietrza. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ wystąpiły na 47% stanowisk w Polsce, w tym na 53% stanowisk tła miejskiego i 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 15% stanowisk, w tym na 16% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Myszkowie w woj. śląskim (127 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 50 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - 79 µg/m³.

Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były na 3 stanowiskach w Czechach, w tym na 2 stanowiskach w rejonie Ostrawy.

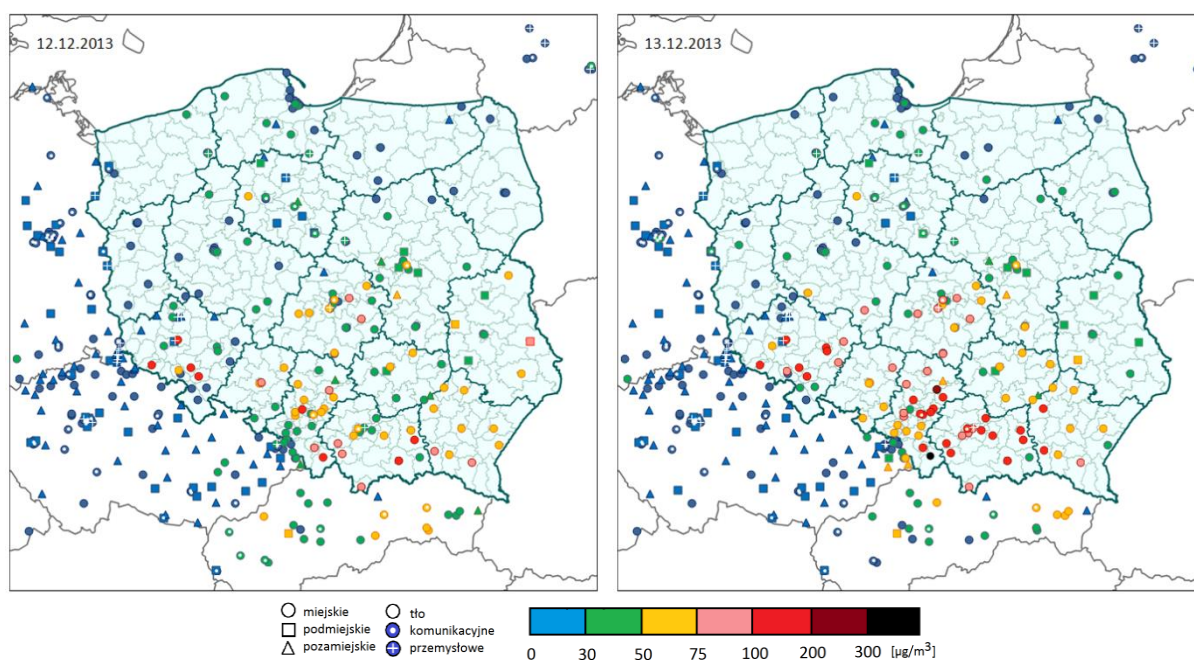


Rysunek 4.15-2 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 10-11.12.2013 r.

W dniach 11-12 grudnia zmniejszył się obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń PM10 (o woj. kujawsko-pomorskie, mazowieckie). Północna część Polski znalazła się wówczas na skraju niżu znad Skandynawii, w strefie oddziaływania frontu atmosferycznego. Z tego względu obniżyły się stężenia PM10 w tej części kraju.

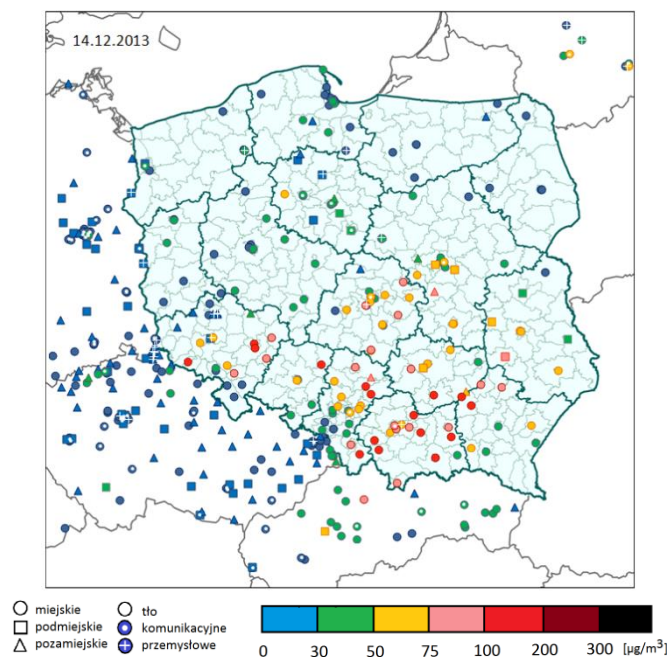
W dniu 13 grudnia miała miejsce kulminacja epizodu. Podwyższone ($S_{24} > 50$ µg/m³) i wysokie ($S_{24} > 75$ µg/m³) stężenia PM10 wystąpiły wówczas w południowej i centralnej Polsce, ogółem na 77 stanowiskach pomiarowych. Na 46 stanowiskach stężenie 24-godz. PM10 przekroczyło poziom 75 µg/m³, na 26 poziom 100 µg/m³, na dwóch poziom informowania 200 µg/m³.

W tym dniu południowa część Polski znajdowała w zasięgu wyżu z centrum nad Austrią. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 40% stanowisk w Polsce, w tym na 45% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 17% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 24% stanowisk, w tym na 27% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zanotowano w Żywcu w woj. śląskim ($323 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim - $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



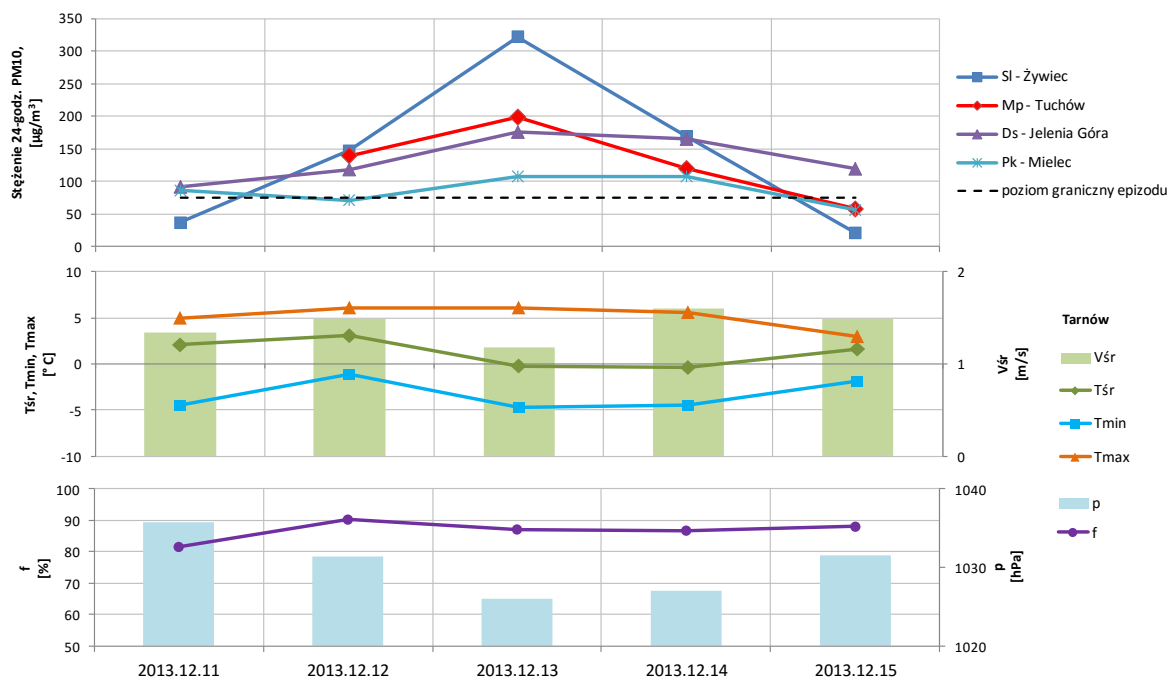
Rysunek 4.15-3 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 12-13.12.2013 r.

W dniu 14 grudnia 2013 r., w dalszym ciągu podwyższone i wysokie stężenia PM10 utrzymywały się w 5 województwach południowych i woj. łódzkim. Obszar ten rozszerzył się dodatkowo o woj. mazowieckie, świętokrzyskie i lubelskie. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Wiedniem. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 37% stanowisk w kraju, w tym na 41% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 25% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 20% stanowisk, w tym na 21 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 17% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Myszkowie w woj. śląskim ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w sumie w 16 miastach pasa 5 południowych województw. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.15-4 Stężenia 24-godz. PM10 w dniu 14.12.2013 r.

Na rys. 4.15-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Żywcu, Tuchowie w woj. małopolskim, Jeleniej Górze i Mielcu w woj. podkarpackim. Kulminacja epizodu miała miejsce w dniu 13.12.2013 r. W tym dniu notowano najwyższe stężenie PM10 (Żywiec $323 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Tarnowie.



Rysunek 4.15-5 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Tarnowie.

Tabela 4.15-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 10-14.12.2013

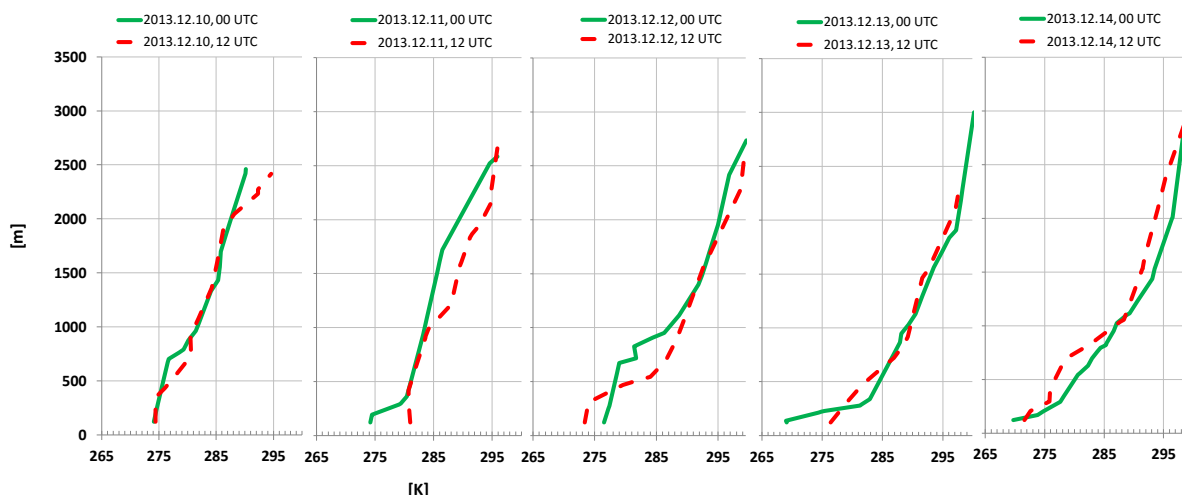
	Jednostka	2013-12-10	2013-12-11	2013-12-12	2013-12-13	2013-12-14
Wszystkie stanowiska w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	50.3	45.6	41.9	55.0	49.6
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	47	39	27	40	37
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	15	12	10	24	20
% stanowisk z S24>S95	%	9	8	7	19	15
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	127	142	147	323	200
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	53.4	48.2	45.1	59.6	53.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	53	44	32	45	41
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	16	13	12	27	21
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	127	142	147	323	200
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	30.0	32.4	27.3	31.1	37.5
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	8	17	8	17	25
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	0	17
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	64	72	60	71	94
Stanowiska tła poza granicami Polski						
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	2	0	0	1
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	3	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 10-14.12.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji. 12425).

W analizowanym okresie zarówno w ciągu nocy jak i w ciągu dnia warunki równowagi były silnie stabilne. Początkowo temperatura przy powierzchni ziemi utrzymywała się na poziomie lekko powyżej 0°C zarówno w ciągu dnia, jak i w ciągu nocy, jednak w kolejnych dniach warunki termiczne uległy zmianie, a temperatura spadła w nocy 14.12 do -4°C przy powierzchni ziemi.

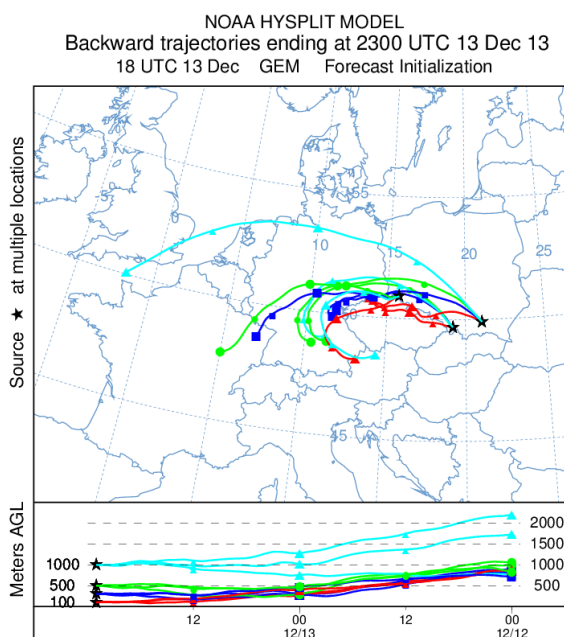
Warunki silnej inwersji przyziemnej rozbudowanej do wysokości około 400 m widoczne były na radiosondażu z dnia 13.12. Nieco słabsza inwersja przyziemna sięgająca do około 250 m ukształtowała się także w godzinach nocnych dnia następnego.

Inwersję podniesioną o niewielkiej miąższości około 50 m na wysokości 200 m zanotowano także w ciągu ostatniego dnia analizowanego okresu.



Rysunek 4.15-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych we Wrocławiu w dniach 10-14.12.2013 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.15-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 13 grudnia 2013 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 13.12.2013 r. (Rys. 4.15-7), dla trzech miast, w których na stacjach tła miejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀: Żywiec w woj. śląskim (323 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Tuchów w woj. małopolskim (199 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Jelenia Góra w woj. dolnośląskim (176 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Trajektorie dla poziomów 100, 300 i 500 m, obliczone dla Żywca i Tuchowa wskazują na zbliżony charakter napływu mas powietrza nad stacje docelowe. Trajektorie wsteczne obliczone dla poziomów 100 m dla 48 godzin przez większość czasu biegną nad północnymi

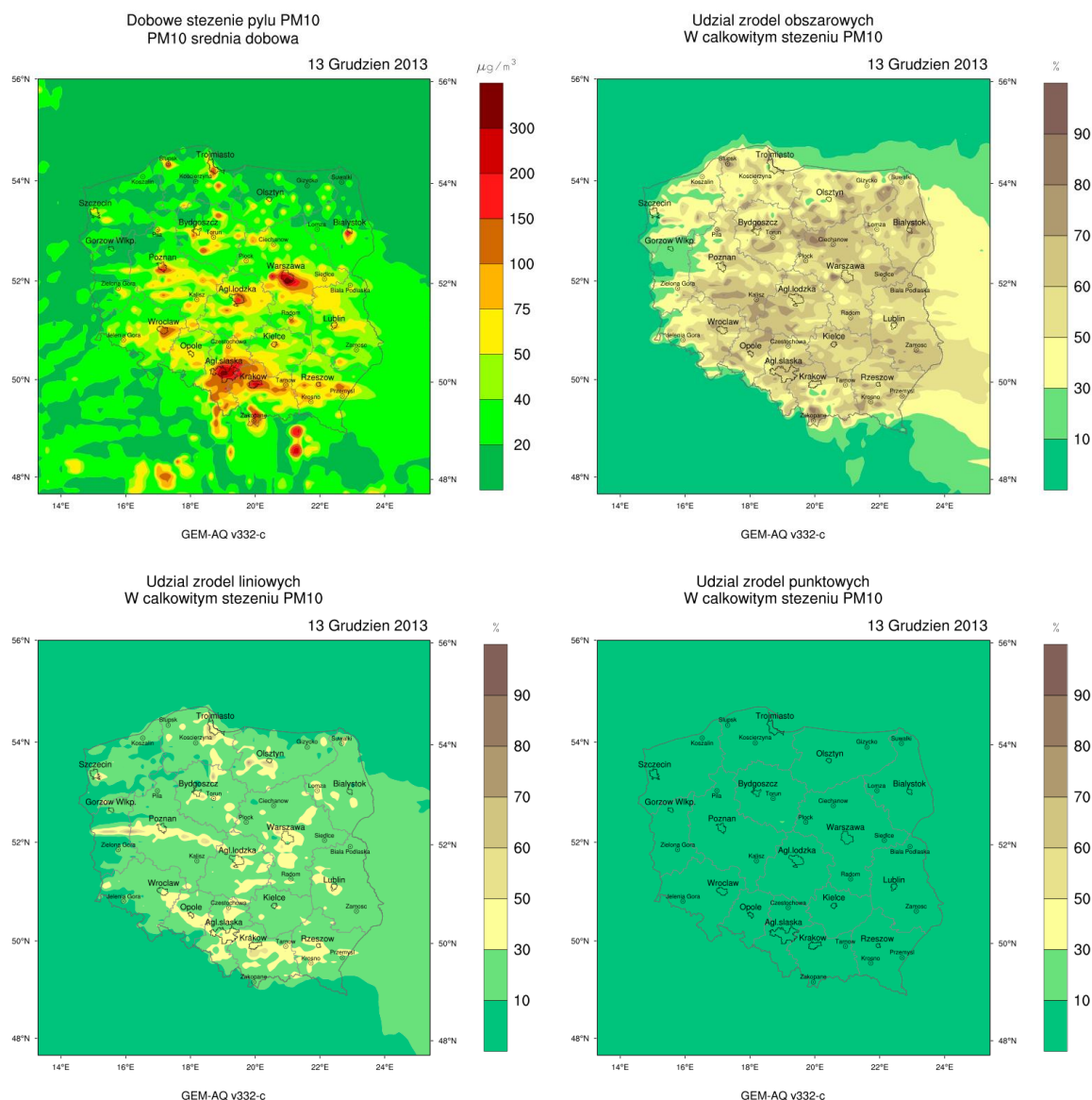
Czechami. Długość trajektorii wskazuje na niewielką prędkość wiatru. Znad Czech trajektorie prowadzą w kierunku wschodnim po południowej stronie granicy polsko-czeskiej. Trajektorie dociera do Żywca od zachodu znad rejonu Ostrawy. Do Tuchowa trajektoria dociera z kierunku NWW po przejściu nad woj. śląskim i małopolskim.

Trajektorie dla poziomu 100 m dla Jeleniej Góry rozpoczynają się w okolicach Salzburga w Austrii. Następnie podążają w kierunku północno-zachodniego do Niemiec, gdzie zakręcają w kierunku północno-wschodnim docierają przez północne Czechy do Jeleniej Góry.

W przypadku trajektorii dla poziomu 100 m wyraźnie zaznacza się wielkoskalowe osiadanie mas powietrza. Wysokość trajektorii obniżyła się od ok. 800 m w chwili startu do 100 m w punktach końcowych. Przez ostatnie 12 godzin wysokość trajektorii wynosiła między 100 a 200 m. Również w przypadku trajektorii dla wyższych poziomów obliczenia wykazują obniżenie ich wysokości wraz z ich zbliżaniem się do punktu końcowego. Kierunek oraz wysokości trajektorii mogą wskazywać, że oprócz polskich źródeł emisji, na poziom stężeń występujących w południowej części Polski mogły mieć wpływ emisje z terenu Czech, aczkolwiek w dniu 13.12.2013 r. i w 2 dniach poprzedzających, w Czechach nie notowano wysokich stężeń PM10, więc wpływ ten nie powinien być duży.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

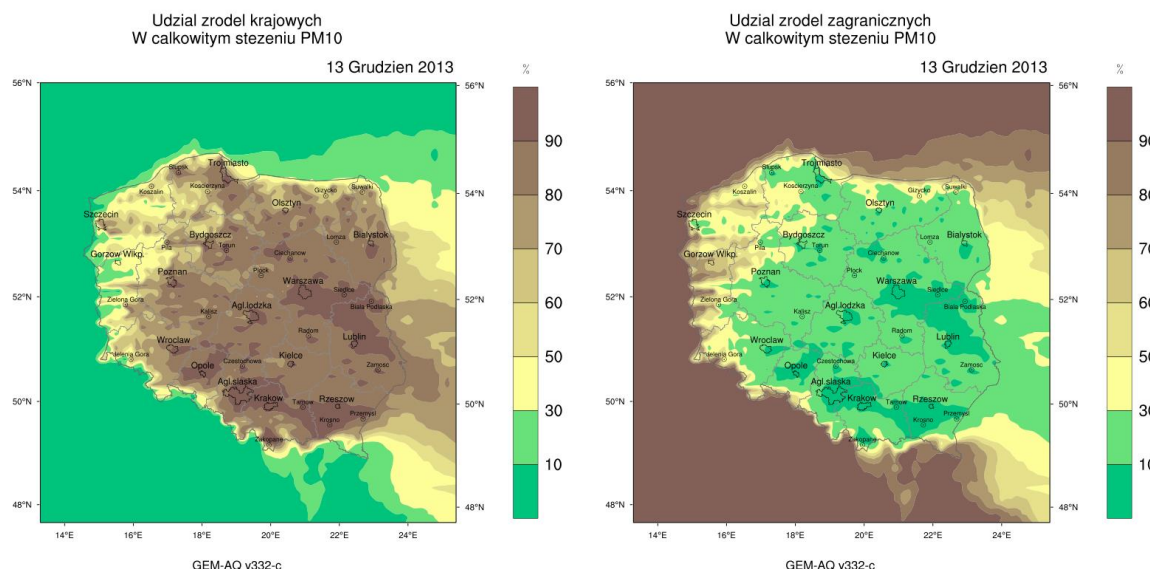
Modelowane rozkłady PM10 w dniu 13.12.2013 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w otoczeniu aglomeracji i dużych miast przede wszystkim w centrum i na południu Polski. Najwyższe stężenia model wskazał nad aglomeracją warszawską, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów stężeń PM10 na stacjach PMŚ. Dobrą zgodność uzyskano dla obszaru aglomeracji górnośląskiej, gdzie i wyniki modelowania i wyniki pomiarów wskazują na duże zanieczyszczenie powietrza.



Rysunek 4.15-8 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 13 grudnia 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.15-8), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi. Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-70%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 60% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (autostrada A2, A4, drogi ekspresowe), szczególnie w obszarach z niższymi stężeniami (np. woj. lubuskie i wielkopolskie), gdzie udział źródeł komunikacyjnych w stężeniu PM₁₀ może dochodzić do 70%. Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-50%. Wpływ

dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.15-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 13 grudnia 2013 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (na przeważającym obszarze ponad 70% udziału). W woj. zachodniopomorskim i lubuskim, gdzie stężenia PM₁₀ były niskie, udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ szacowany był miejscami na 50-90%, ale były to stężenia znacznie niższe od poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i z reguły niższe od poziomu dopuszczalnego $\text{D}_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na przeważającym obszarze kraju wpływ emisji spoza kraju sięgał do 30%. W pasie przygranicznym z Czechami w woj. dolnośląskim i opolskim oraz na części obszaru woj. podkarpackiego zaznaczał się większy wpływ emisji zagranicznych na stężenia PM₁₀ notowane w kraju (10-30%). Polskie źródła emisji miały wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ na znacznych obszarach Ukrainy i Białorusi oraz, na mniejszym obszarze, na Słowacji.

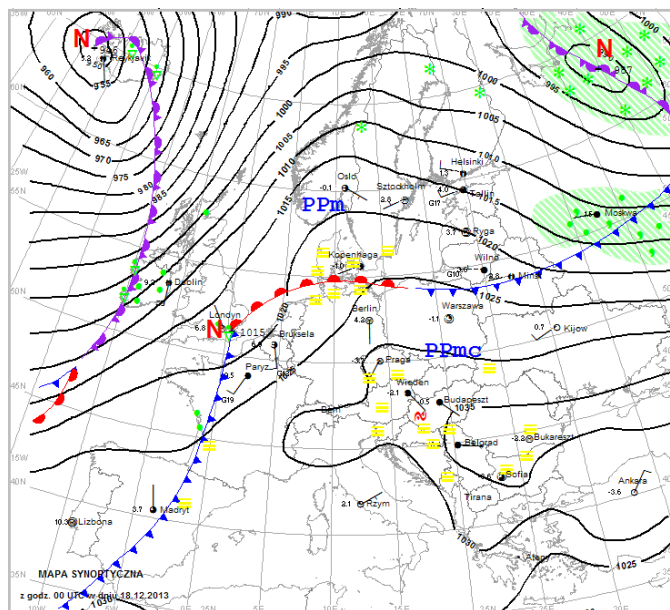
Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

W czasie epizodu wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w miastach południowej części kraju i w woj. łódzkim. W dniu 13.12.2013 nastąpiła kulminacja epizodu, maksymalne stężenie notowane w kraju przekroczyło poziom alarmowy $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. Oprócz polskich źródeł emisji, na podwyższenie poziomu stężeń na południu Polski miały pewien wpływ emisje zanieczyszczeń z terenu Czech. Do powstawania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ przyczyniały się niekorzystne warunki meteorologiczne, zwłaszcza rozbudowujące się w godzinach nocnych inwersje przyziemne.

4.16. Epizod 16. Od 16 do 22 grudnia 2013

Sytuacja synoptyczna

16 grudnia 2013 nad Polską zaznaczało się oddziaływanie układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Węgrami. Pogoda była bezchmurna, temperatury w ciągu dnia do około 5°C w nocy zaś ok. 0°C. Sytuacja ta utrzymywała się 17 i 18 grudnia, przy czym temperatury w ciągu dnia były nieco niższe, a w nocy występowały przymrozki. Pod koniec drugiej doby północ kraju znalazła się pod działaniem chłodnego frontu atmosferycznego. 19 grudnia wyżu osłabł a nad Polską zaznaczało się oddziaływanie ośrodka niskiego ciśnienia znad Atlantyku. Postępował spadek temperatur, nadal jednak w ciągu dnia utrzymywały się temperatury dodatnie. 20 grudnia w północnej i północno-zachodniej części Polski pogodę kształtował mało aktywny front chłodny. W ciągu dnia wystąpiły nieznaczne opady śniegu, które w nocy się nasiliły. Od 21 grudnia Polska znalazła się w zasięgu rozległej zatoki niskiego ciśnienia. Napłynęła masa powietrza polarno-morskiego, a w rejonie strefy frontu chłodnego utworzyła się szeroka strefa opadów śniegu oraz deszczu. Temperatura wzrosła. 22 grudnia Polska znalazła się ponownie pod wpływem wyżu Europy południowej. Napływał powietrza z południowego zachodu spowodował niewielkie opady deszczu.



Rysunek 4.16-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 18 grudnia 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

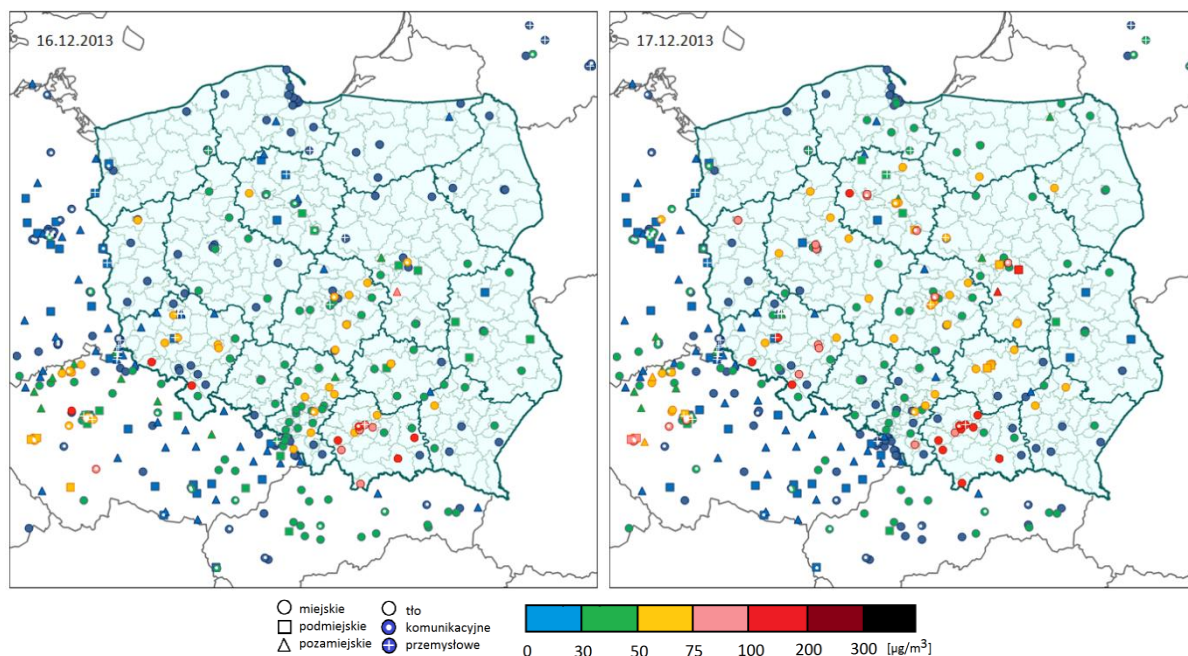
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 16-22.12.2013 r. pyłu rozpoczął się w kilku miastach woj. małopolskim i 2 miastach w woj. dolnośląskim. W kolejnych dniach obszar podwyższonych i wysokich stężeń objął większą część Polski, najczęściej z wyjątkiem woj. śląskiego. Jest to nietypowa sytuacja, gdyż zwykle na terenie tego województwa czas trwania i nasilenie epizodów były większe niż w innych rejonach kraju. W dniu kulminacyjnym (18.12.2013 r.) poziom 50 µg/m³ przekroczony był na ok. 120 stanowiskach w kraju, a poziom 75 µg/m³ na 47

stanowiskach w większości województw w kraju. W następnych dniach obszar występowania stężeń wyższych od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zmniejszał się stopniowo, by w ostatnim dniu epizodu ograniczyć się tylko do miast woj. małopolskiego. Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) na jednym stanowisku. Wybrane informacje o stężeniach PM10 z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.16-1.

W dniu 16 grudnia 2013 r. wysokie stężenia PM10 wystąpiły w kilku miastach w woj. małopolskim oraz w 2 miastach w woj. dolnośląskim. Stężenia przewyższające $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 5 stacjach tła miejskiego, z których 3 zlokalizowane jest na terenie woj. małopolskiego. W tym dniu nad Polską zaznaczało się oddziaływanie układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Węgrami. Pogoda była bezchmurna, temperatury w ciągu dnia do około 5°C w nocy zaś ok. 0°C . Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 17% stanowisk w Polsce, w tym na 19% stanowisk tła miejskiego i 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 7% stanowisk, w tym na 6% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim ($163 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Nowym Sączu ($126 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były w Kladnie k. Pragi w Czechach.

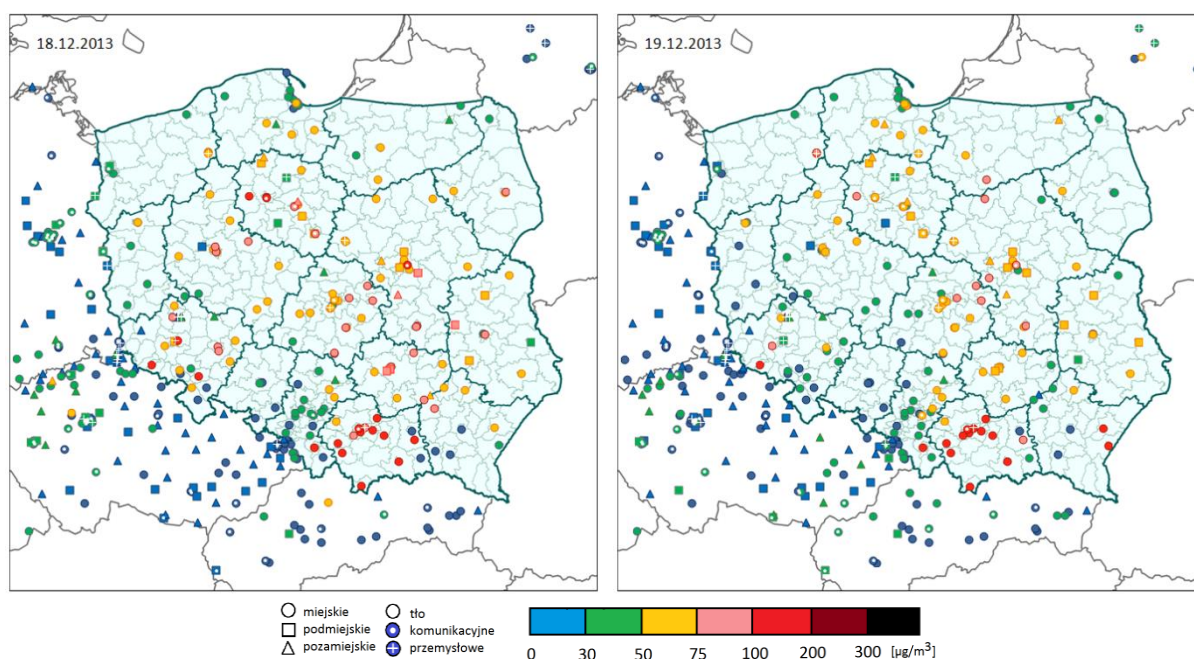


Rysunek 4.16-2 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 16-17.12.2013 r.

W dniu 17 grudnia zwiększył się obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń PM10. Oprócz woj. małopolskiego i dolnośląskiego, obszar z podwyższonymi i wysokimi stężeniami PM10 objął miejscami woj. świętokrzyskie, mazowieckie, kujawsko-pomorskie,

wielkopolskie i lubuskie. Polska w dalszym ciągu znajdowała się w zasięgu oddziaływania układu wyżowego z centrum nad Węgrami. Temperatura nocą spadała poniżej 0°C. Wiatr był słaby. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 33% stanowisk w Polsce, w tym na 34% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 14% stanowisk, w tym na 14% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 8% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Wadowicach w woj. małopolskim (172 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 15 stanowiskach w 4 województwach (małopolskie, dolnośląskie, mazowieckie, kujawsko-pomorskie). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 47 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - 96 µg/m³.

Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były na 5 stanowiskach w zachodniej części Czech, w tym na 3 stanowiskach tła.



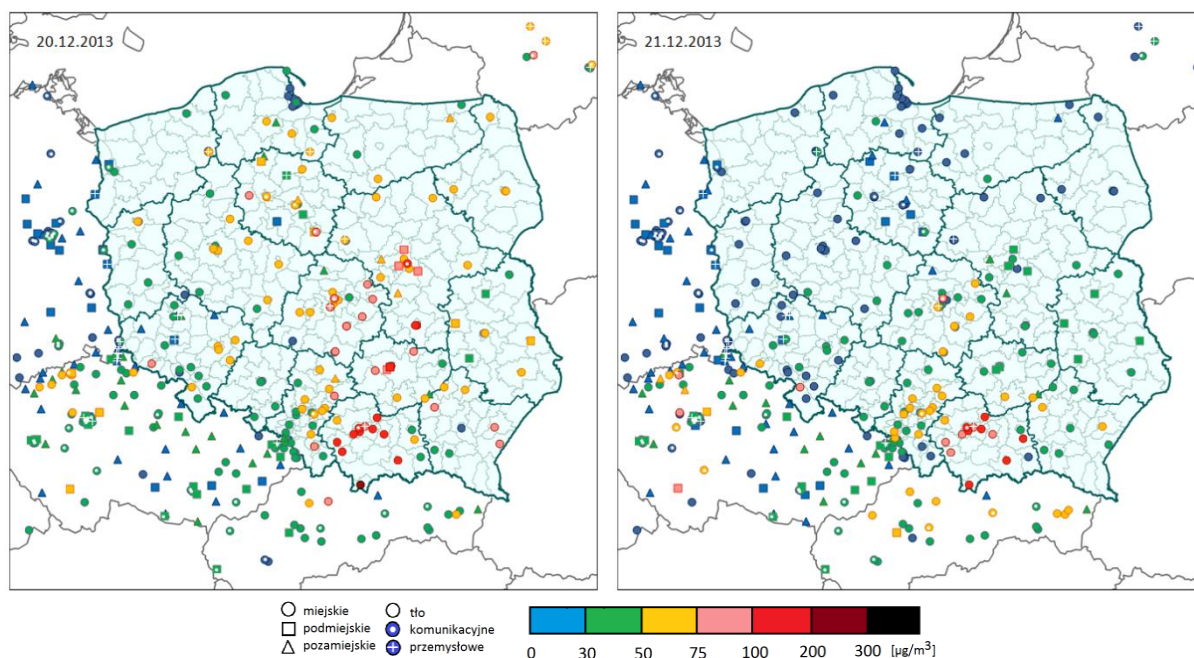
Rysunek 4.16-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 18-19.12.2013 r.

W dniu 18 grudnia 2013 r., nastąpiła kulminacja epizodu. Podwyższone stężenia PM₁₀ wystąpiły we wszystkich województwach za wyjątkiem opolskiego. Na terenie woj. śląskiego na większości stacji notowano stężenia niskie - niższe od 50 µg/m³. Podwyższone stężenia PM₁₀ (S₂₄>50 µg/m³) wystąpiły na ok. 120 stanowiskach w kraju, a stężenia przekraczające poziom graniczny epizodu (75 µg/m³) na ok. 50 stanowiskach. Mimo znacznego obszaru z podwyższonymi stężeniami, sytuacji tej nie można zaliczyć do epizodu ponadregionalnego – poziom 95 percentyla przekroczony był na 38% stacji, czyli znacznie poniżej kryterialnych 75%. W tym dniu (18.12.2013 r.) Polska znajdowała się w zasięgu układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Rumunią. Miejscami okresowo występowała cisza wiatrowa. Północ kraju znalazła się pod działaniem frontu atmosferycznego. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 59% stanowisk w kraju, w tym na 63% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 45%

stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 24% stanowisk, w tym na 25% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 18% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Jeleniej Górze ($194 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w sumie w 17 miastach 5 województw. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 19 grudnia 2013 r. stężenia na większości terytorium Polski obniżyły się. Poziom graniczny epizodu przekroczony był na niespełna 30 stanowiskach, a wartość $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekraczana była na 15 stanowiskach w 4 południowych województwach (bez opolskiego), z czego na 11 stanowiskach w woj. małopolskim.

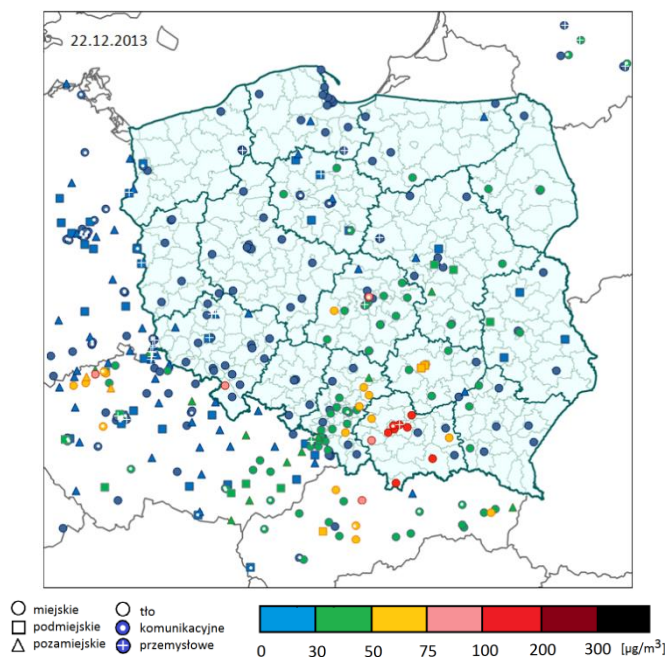
W tym dniu (19.12.2013 r.) wyż osłabł a nad Polską, od północnego zachodu, zaznaczało się oddziaływanie ośrodka niskiego ciśnienia znad Atlantyku. Postępował spadek temperatur, nadal jednak w ciągu dnia utrzymywały się temperatury dodatnie. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 50% stanowisk w kraju, w tym na 51% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 55% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 15% stanowisk, w tym na 15% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w miastach woj. małopolskiego: Wadowicach, Niepołomicach i Zakopanem ($189\text{-}193 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 9 stanowiskach, w tym 8 w woj. małopolskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.16-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 20-21.12.2013 r.

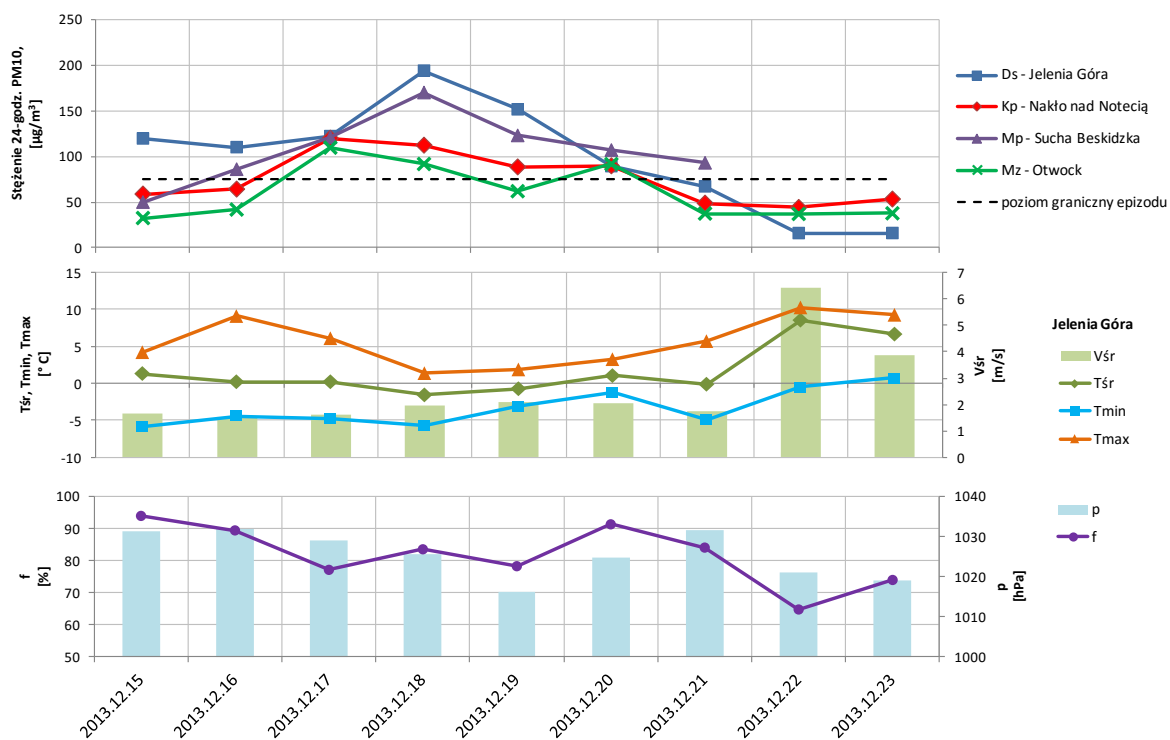
W dniu 20 grudnia 2013 r. nastąpił ponowny wzrost stężeń pyłu PM10. Poziom graniczny epizodu przekroczony był na ok. 40 stanowiskach, a poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekraczana była na ok. 110 stanowiskach. Przekroczenia poziomu dopuszczalnego ($D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły w każdym województwie z wyjątkiem opolskiego. Najwyższe stężenia PM10, przekraczające poziom $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w miastach woj. małopolskiego. W tym dniu (20.12.2013 r.) w północnej i północno-zachodniej części Polski pogodę kształtował mało aktywny front chłodny. W ciągu dnia wystąpiły nieznaczne opady śniegu, które w nocy się nasiliły. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 55% stanowisk w kraju, w tym na 57% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 20% stanowisk, w tym na 21% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w miastach woj. małopolskiego: Zakopanem ($224 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – przekroczenie poziomu informowania), Wadowicach ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniach 21-22 grudnia 2013 r. stężenia na praktycznie całym obszarze Polski z wyjątkiem woj. małopolskiego były niższe od poziomu granicznego epizodu. W dniu 22 grudnia poziom graniczny epizodu przekroczony był na 11 stanowiskach, w tym na 9 w woj. małopolskim, a poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekraczana była na ok. 20 stanowiskach w 4 województwach. Od 21 grudnia Polska znalazła się w zasięgu rozległej zatoki niskiego ciśnienia. Napłynęła masa powietrza polarno-morskiego, a w rejonie strefy frontu chłodnego utworzyła się szeroka strefa opadów śniegu oraz deszczu. Temperatura wzrosła. W następnym dniu południowa część Polski znalazła się ponownie pod wpływem wyżu Europy południowej. Napływał powietrza z południowego zachodu spowodował niewielkie opady deszczu. W dniu 22.12.2013 r. stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 11% stanowisk w kraju, w tym na 12% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 6% stanowisk, w tym na 6 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w miastach woj. małopolskiego: Krakowie, Proszowicach i Niepołomicach ($181\text{-}187 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.16-5 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniu 22.12.2013 r.

Na rys. 4.16-6 przedstawiono stężenia 24-godz. PM₁₀ na stanowiskach pomiarowych w Jeleniej Górze, Nakle nad Notecią, Suchoj Beskidzkiej i Otwocku k. Warszawy w woj. podkarpackim. Kulminacja epizodu miała miejsce w dniu 18.12.2013 r. W tym dniu stężenia PM₁₀ przekraczały na kilku stacjach w kraju 150 µg/m³. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Jeleniej Górze.



Rysunek 4.16-6 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Jeleniej Górze.

Tabela 4.16-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 16-22.12.2013

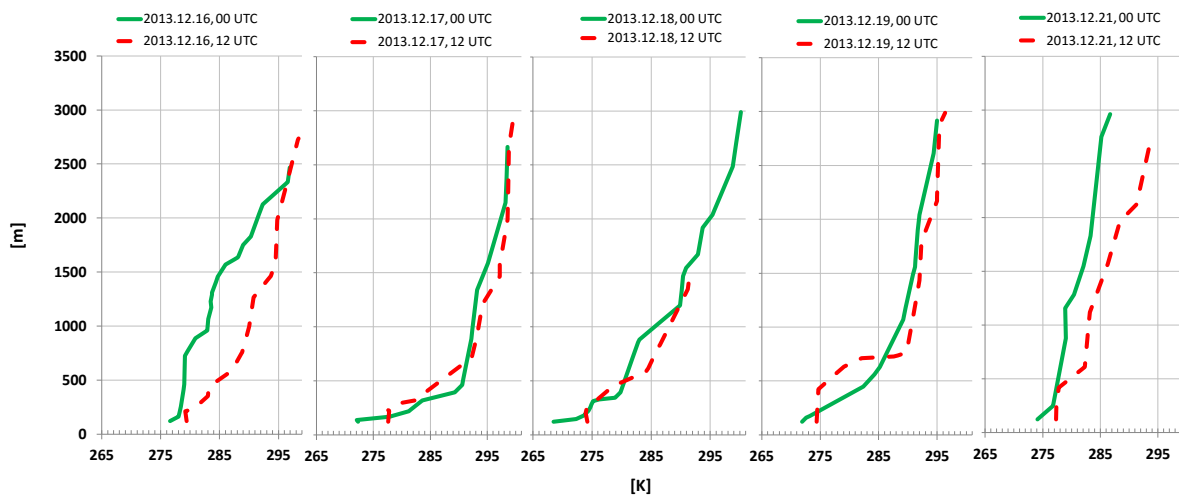
	Jedno- stka	2013- 12-16	2013- 12-17	2013- 12-18	2013- 12-19	2013- 12-20	2013- 12-21	2013- 12-22
Wszystkie stanowiska w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	37.0	47.2	59.7	55.9	57.5	38.5	33.6
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	17	33	59	50	55	18	11
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	7	14	24	15	20	7	6
% stanowisk z S ₂₄ >S ₉₅	%	5	14	38	26	22	6	7
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	163	172	194	193	224	178	187
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	38.3	48.0	61.5	56.8	59.2	40.3	34.1
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	19	34	63	51	57	20	12
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	6	14	25	15	21	7	6
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	163	172	194	193	224	178	185
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	26.9	33.8	48.2	46.1	46.7	24.3	23.2
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	8	8	45	55	50	0	0
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	8	8	18	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	80	105	82	69	68	41	36
Stanowiska tła poza granicami Polski								
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	0	1	0	1
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Czechach	-	1	3	0	0	0	3	1
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 16-22.12.2013 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji. 12425).

W trakcie analizowanego okresu w kolejnych dniach w godzinach nocnych na stacji aerologicznej we Wrocławiu zaobserwowano kształtowanie się silnie stabilnych równowagi do dnia 21.12. Temperatura w godzinach dziennych przy powierzchni ziemi osiągała wartości dodatnie na poziomie około 3°C, nocą temperatura spadała poniżej zera do –4°C.

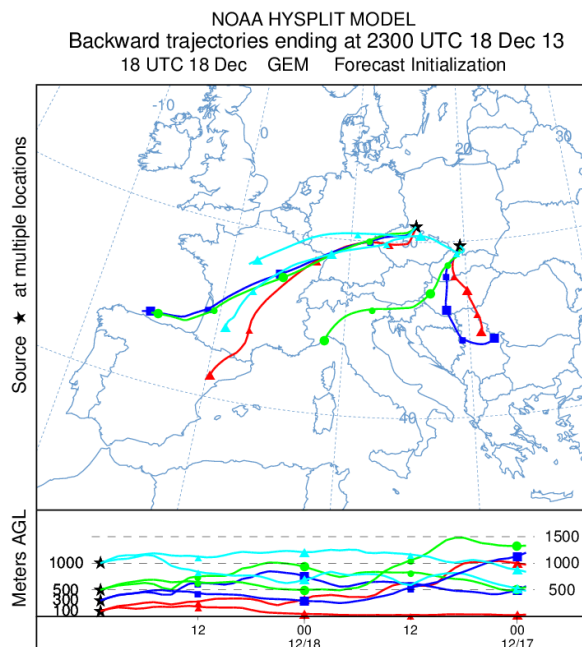
19.12 w godzinach dziennych zanotowano silną inwersję na wysokości 600 m o niewielkiej grubości kilkudziesięciu metrów, która mogła być spowodowana przesuwaniem się układów frontowych przez Polskę. W dniach 17, 18 i 21 grudnia zaobserwowano na radiosondażach z godzin dziennych inwersje podniesione sięgające od wysokości 400 m do wysokości około 600 m.

W godzinach nocnych zaobserwowano silne inwersje przyziemne w dniach od 17 do 19 grudnia o grubości około 400 m oraz słabsze epizody inwersji przyziemnych 16 i 21 grudnia, o grubości kilkudziesięciu metrów.



Rysunek 4.16-7 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondażu aerologicznych w Wrocławiu w dniach 16-21.12.2013 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.16-8 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 18 grudnia 2013 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 18.12.2013 r. (Rys. 4.16-8), dla dwóch miast, w których na stacjach tła miejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu

PM10: Sucha Beskidzka w woj. małopolskim ($170 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Jelenia Góra w woj. dolnośląskim ($194 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Porównanie kształtu trajektorii dla poziomów 100, 300 i 500 m, obliczonych dla Suchej Beskidzkiej i Jeleniej Góry wskazuje na odmienny charakter napływu mas powietrza nad stacje docelowe.

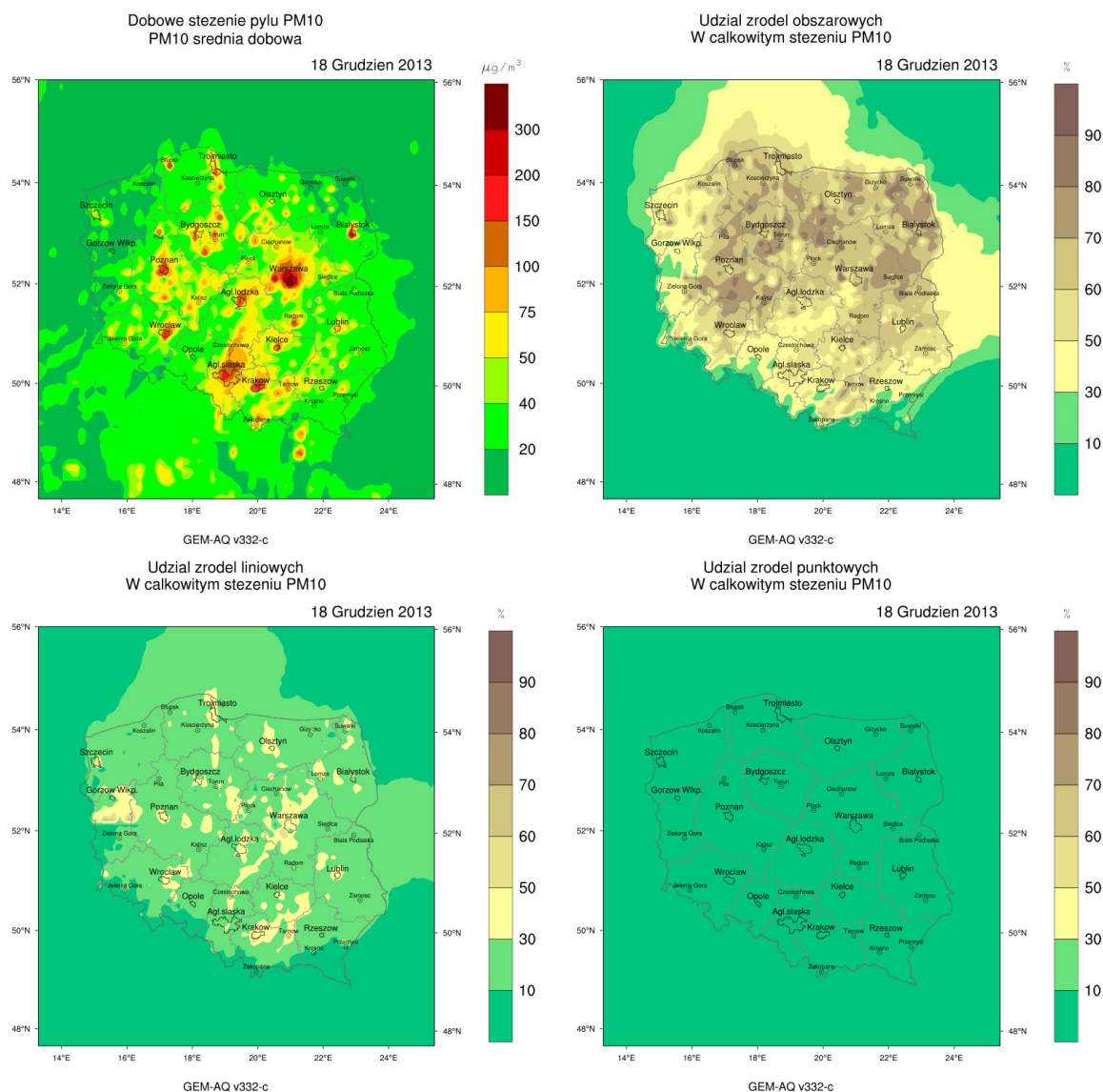
Trajektorie kończące się w Jeleniej Górze zaczynają się we Francji i Hiszpanii, w miejscach oddległych o blisko 2 tys. km od Polski. Trajektorie przebiegają nad Francją, Niemcami i Czechami i docierają z kierunku południowo-zachodniego do Jeleniej Góry.

Trajektorie wsteczne obliczone dla poziomów 100 i 300 m dla Suchej Beskidzkiej zaczynają się nad Serbią i poprzez Węgry oraz Słowację docierają z kierunku SSW do Suchej Beskidzkiej. W tym przypadku trajektorie są znacznie krótsze, nie przekraczają tysiąca kilometrów.

Dodatkowo trajektorie przekraczały pasma górskie Sudetów i Karpat. Wysokie stężenia PM10 mierzone na tych stacjach to prawdopodobnie wynik oddziaływania niskiej emisji powierzchniowej i w mniejszym stopniu liniowej z terenów otaczających stacje w warunkach występowania inwersji temperatury powietrza.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

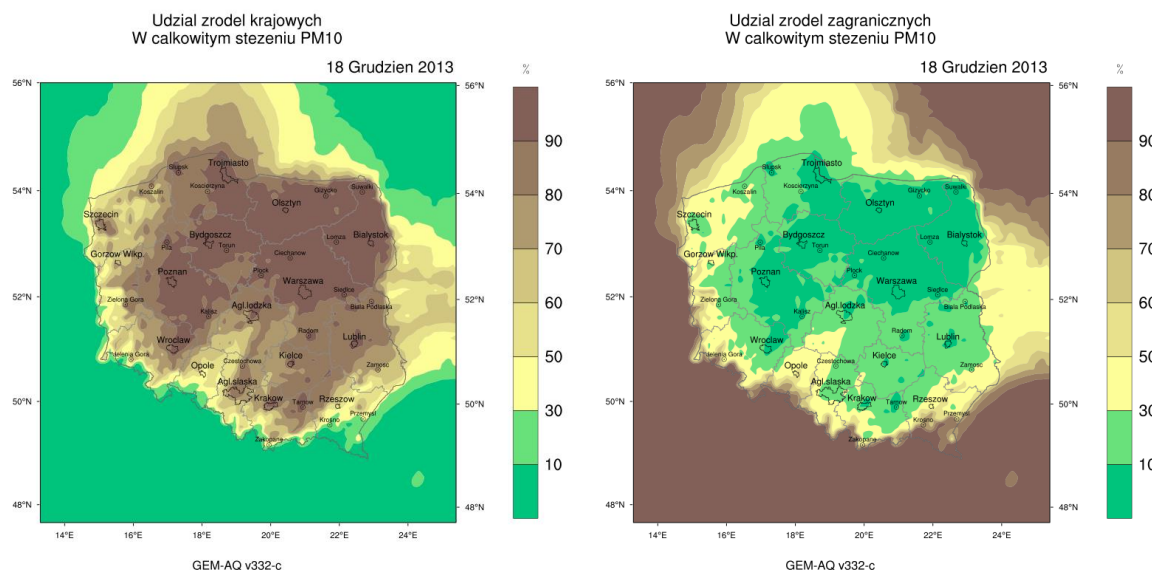
Modelowane rozkłady PM10 w dniu 18.12.2013 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w całej Polsce z wyłączeniem krańców zachodnich i południowo-wschodnich, co jest w zasadzie zgodne z wynikami pomiarów stężeń. Obliczone najwyższe stężenia PM10 miały wystąpić w aglomeracji warszawskiej, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów stężeń PM10 na stacjach PMŚ. W aglomeracji górnośląskiej pomiary również wskazują na niższe stężenia niż to wynika z obliczeń.



Rysunek 4.16-9 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 18 grudnia 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.16-9), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 30-60%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 50% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2), szczególnie w obszarach z niższymi stężeniami (np. woj. lubuskie i wielkopolskie), gdzie udział źródeł komunikacyjnych w stężeniu PM10 może dochodzić do 70%. Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na

terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.16-10 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 18 grudnia 2013 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (przeciętnie powyżej 70%). W województwach graniczących z Niemcami i Czechami, a także w woj. podkarpackim i lubelskim obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ do 50%. Polskie źródła emisji miały wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ na Ukrainie i Białorusi na poziomie 30-50%.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

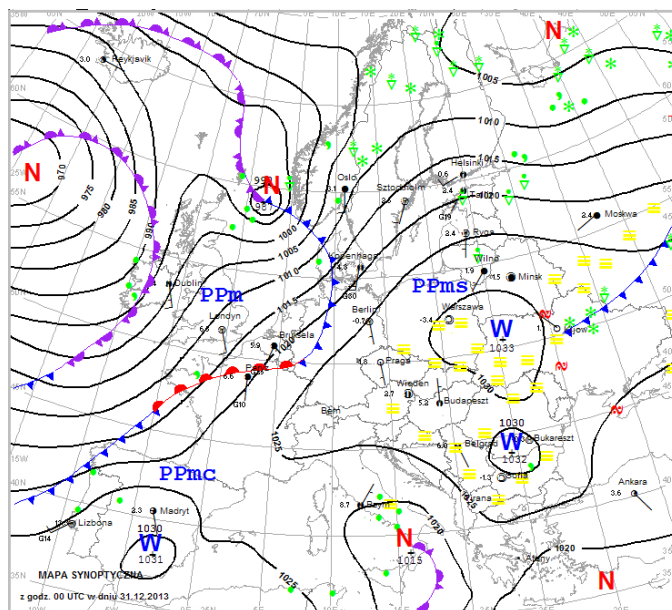
W czasie epizodu wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w miastach na większości terytorium Polski, najczęściej z wyjątkiem woj. śląskiego. Jest to nietypowa sytuacja, gdyż zwykle na terenie tego województwa czas trwania i nasilenie epizodów były większe niż w innych rejonach kraju. Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania (200 µg/m³) na jednym stanowisku (Zakopane). Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W warunkach utrzymujących się inwersji temperatury niska emisja prowadziła do kumulacji PM₁₀ w przyziemnej warstwie atmosfery i występowania wysokich stężeń PM₁₀.

4.17. Epizod 17. Od 30 grudnia 2013 do 4 stycznia 2014.

Epizod w krajach ościennych (Czechy)

Sytuacja synoptyczna

30 grudnia 2013 Polska znajdowała się w obszarze niskiego ciśnienia. Zalegające powietrze polarno-morskie powodowało zachmurzenie duże bez znaczących opadów. Temperatury w ciągu dnia były dodatnie, około 5°C, w nocy nieco chłodniej ok. 0°C. 31 grudnia nad Polska rozbudował się wyż. Temperatura w ciągu dnia spadła o 1-3°C stopnie w stosunku do dnia poprzedniego. W nocy temperatury były ujemne lub bliskie 0°C. 1 stycznia 2014 układ wysokiego ciśnienia przesunął się na wschód, a w zachodniej części Polski zaznaczało się działanie zatoki niskiego ciśnienia znad Atlantyku. Temperatury nie uległy znaczącej zmianie. 2 stycznia przez obszar Polski przeszedł front zokludowany. W stosunku do dnia poprzedniego temperatura na północy kraju była niższa o około 1°C, zaś w centrum i na południu kraju nieco wyższa. 3 stycznia utrzymywało się oddziaływanie zatoki niskiego ciśnienia. Temperatury nieznacznie wzrastały. 4 stycznia nad obszarem Polski okludowały dwa fronty co spowodowało wystąpienie silnych wiatrów i zachmurzenia za linią frontów zokludowanego i chłodnego. Na linii frontu wystąpiły niewielkie opady deszczu, zaś przed ciepłym frontem – mgły.

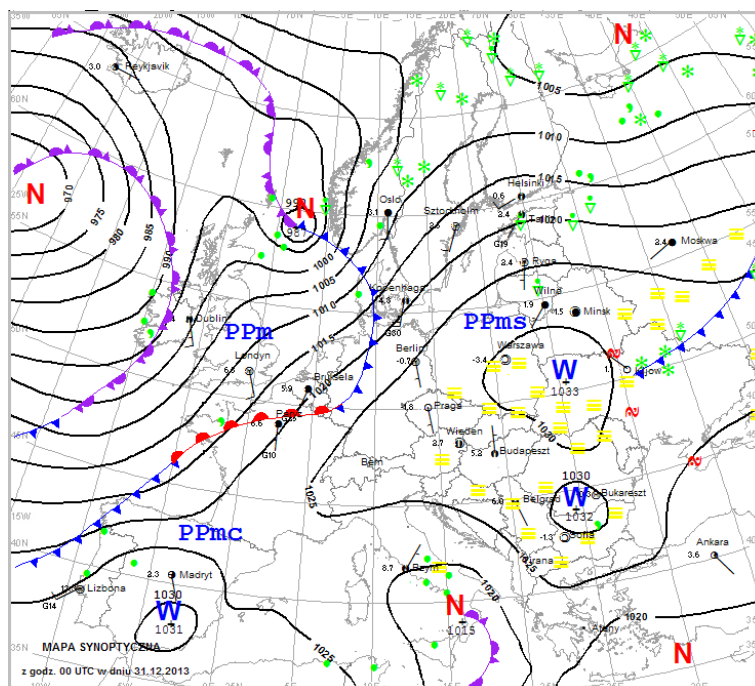


Rysunek 4.17-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 31 grudnia 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

30 grudnia 2013 Polska znajdowała się w obszarze niskiego ciśnienia. Zalegające powietrze polarno-morskie powodowało zachmurzenie duże bez znaczących opadów. Temperatury w ciągu dnia były dodatnie, około 5°C, w nocy nieco chłodniej ok. 0°C. 31 grudnia nad Polska rozbudował się wyż. Temperatura w ciągu dnia spadła o 1-3°C stopnie w stosunku do dnia poprzedniego. W nocy temperatury były ujemne lub bliskie 0°C. 1 stycznia 2014 układ wysokiego ciśnienia przesunął się na wschód, a w zachodniej części Polski zaznaczało się

działanie zatoki niskiego ciśnienia znad Atlantyku. Temperatury nie uległy znaczącej zmianie. 2 stycznia przez obszar Polski przeszedł front zokludowany. W stosunku do dnia poprzedniego temperatura na północy kraju była niższa o około 1°C, zaś w centrum i na południu kraju nieco wyższa. 3 stycznia utrzymywało się oddziaływanie zatoki niskiego ciśnienia. Temperatury nieznacznie wzrastały. 4 stycznia nad obszarem Polski okludowały dwa fronty co spowodowało wystąpienie silnych wiatrów i zachmurzenia za linią frontów zokludowanego i chłodnego. Na linii frontu wystąpiły niewielkie opady deszczu, zaś przed ciepłym frontem – mgły.



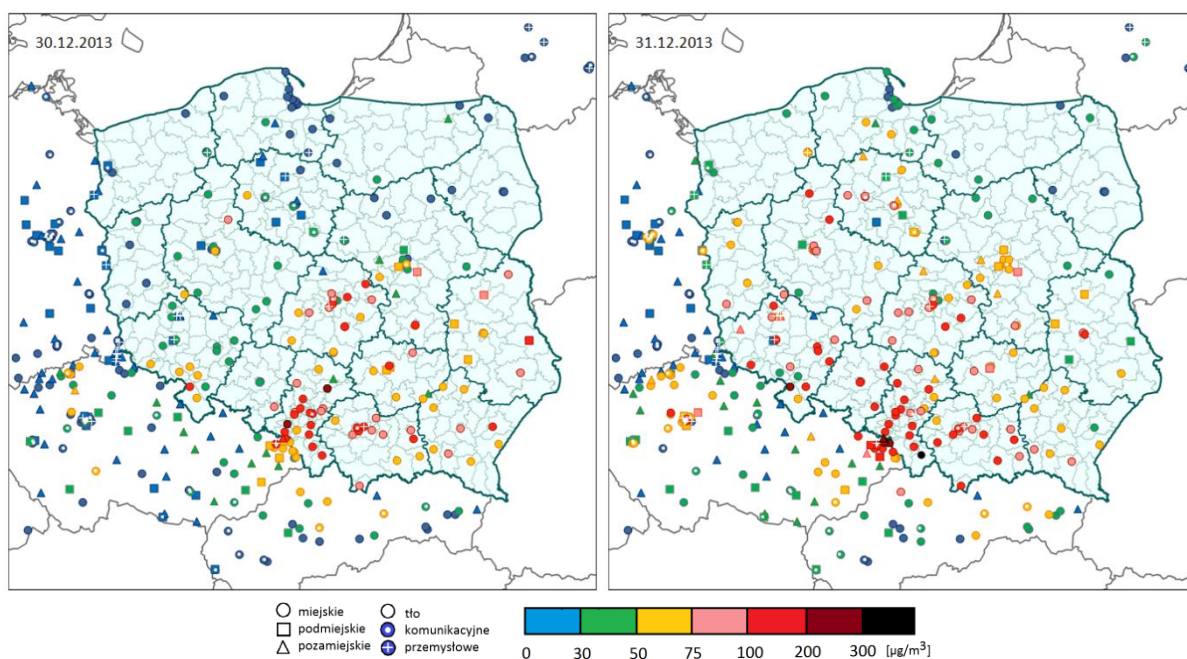
Rysunek 4.17-2 Sytuacja synoptyczna w dniu 31 grudnia 2013 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 30.12.2013 r. - 4.01.2014 r. pyłu rozpoczął się w miastach południowo-wschodniej ćwiartki terytorium Polski, by następnego dnia rozszerzyć się na centrum i południowo zachodnią część kraju. W trzecim dniu (1.01.2014 r.) najwyższe stężenia notowane były w wielu miastach w woj. śląskim i małopolskim, jak również w niektórych miastach innych województw położonych w centralnej i na zachodniej części kraju. W dniach następnych największe nasilenie epizodu notowano w dalszym ciągu na terenie woj. śląskiego i małopolskiego. Niższe stężenia, ale przekraczające niejednokrotnie poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) notowano też w niektórych miastach w centralnej części Polski. Podczas trwania epizodu wystąpiły 4 przypadki przekroczenia poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz jedno przekroczenie poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ notowanych podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.17-1.

W dniu 30 grudnia 2013 r. wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły w ok. 50 miastach południowo-wschodniej ćwiartki terytorium Polski oraz w kilku miastach spoza tego obszaru (np. Nowa Ruda w woj. dolnośląskim). Stężenia przewyższające $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 27

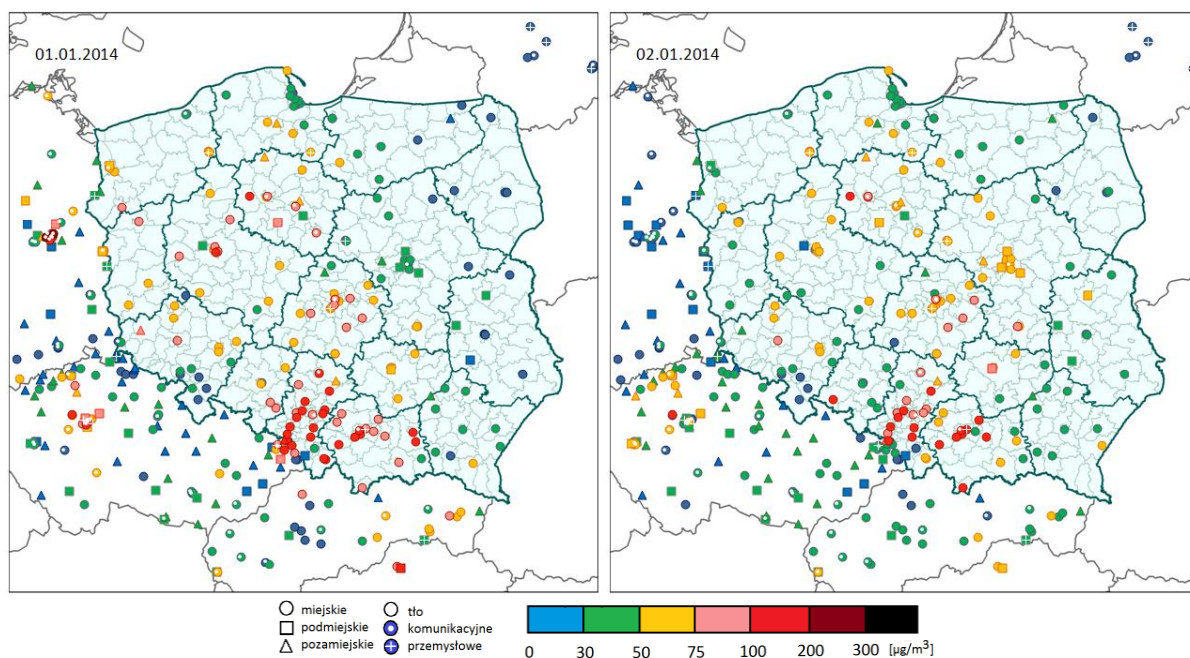
stacjach w kraju, z których 13 zlokalizowane jest na terenie woj. śląskiego. W tym dniu nad Polską rozbudowywał się układ wysokiego ciśnienia, obejmujący początkowo swym zasięgiem część południową Polski. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ wystąpiły na 47% stanowisk w Polsce, w tym na 54% stanowisk tła miejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 26% stanowisk, w tym na 30% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania (200 µg/m³), zanotowano w Myszkowie i Rybniku w woj. śląskim (204-205 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 57 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, łódzkim, świętokrzyskim i małopolskim - 94 µg/m³.



Rysunek 4.17-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 30-31.12.2013 r.

W dniu 31 grudnia nastąpiła kulminacja epizodu. Zwiększył się obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń PM₁₀, wzrosły też wartości stężeń PM₁₀. Obszar z podwyższonymi i wysokimi stężeniami PM₁₀ objął większość terytorium kraju – bez województw północnych. Najwyższe stężenia notowano w woj. śląskim i pozostałych województwach na południu kraju. Polska w dalszym ciągu znajdowała się w zasięgu oddziaływania układu wyżowego, centrum wyżu zlokalizowane było nad Ukrainą. Temperatura nocą spadała poniżej 0°C. Wiatr był słaby, okresami występowała cisza wiatrowa. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 69% stanowisk w Polsce, w tym na 73% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 70% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 39% stanowisk, w tym na 45% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom alarmowy (300 µg/m³), zanotowano w Żywcu w woj. śląskim (308 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 37 stanowiskach w miastach w 7 województwach, a stężenie wyższe od poziomu informowania (200 µg/m³) – na jednym stanowisku – w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim. Stężenie dobowe uśrednione dla

wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 75 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, małopolskim, świętokrzyskim i łódzkim - 102 µg/m³.



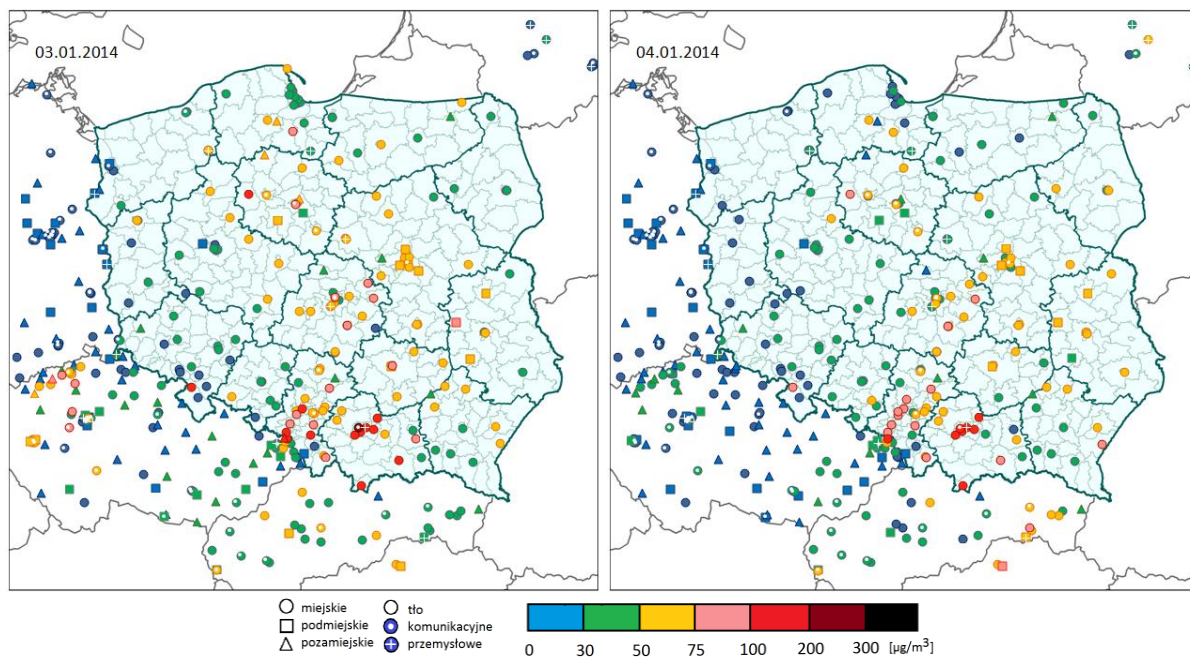
Rysunek 4.17-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 1-2.01.2014 r.

W dniu 1 stycznia 2014 r., stężenia we wschodniej połowie kraju i w woj. dolnośląskim obniżyły się. Najwyższe stężenia notowano w woj. śląskim i małopolskim, gdzie stężenia przekraczające 100 µg/m³ wystąpiły na 20 stanowiskach w tych województwach. Polska znajdowała się na skraju wyżu z centrum nad Ukrainą. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 57% stanowisk w kraju, w tym na 56% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 29% stanowisk, w tym na 31% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w Godowie w woj. śląskim (177 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły w sumie w 22 miastach 4 województw. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 62 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim i śląskim - 103 µg/m³.

W dniu 2 stycznia 2014 r. stężenia w zachodniej części Polski obniżyły się, we wschodniej lekko wzrosły. Najwyższe stężenia notowano w woj. śląskim i małopolskim. Stężenia przekraczające 100 µg/m³ wystąpiły na 15 stanowiskach w tych województwach (i dodatkowo na 2 stanowiskach w pozostałej części kraju).

W tym dniu od zachodu Polska dostawa się pod wpływ układu niżowego z centrum nad Szkocją. Temperatura powietrza przekroczyła 0°C. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 54% stanowisk w kraju, w tym na 52% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 40% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 18% stanowisk, w tym

na 18 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w miastach woj. małopolskiego: w Krakowie na stacji komunikacyjnej ($171 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i na stacji tła ($154 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Wadowicach ($157 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim i śląskim - $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

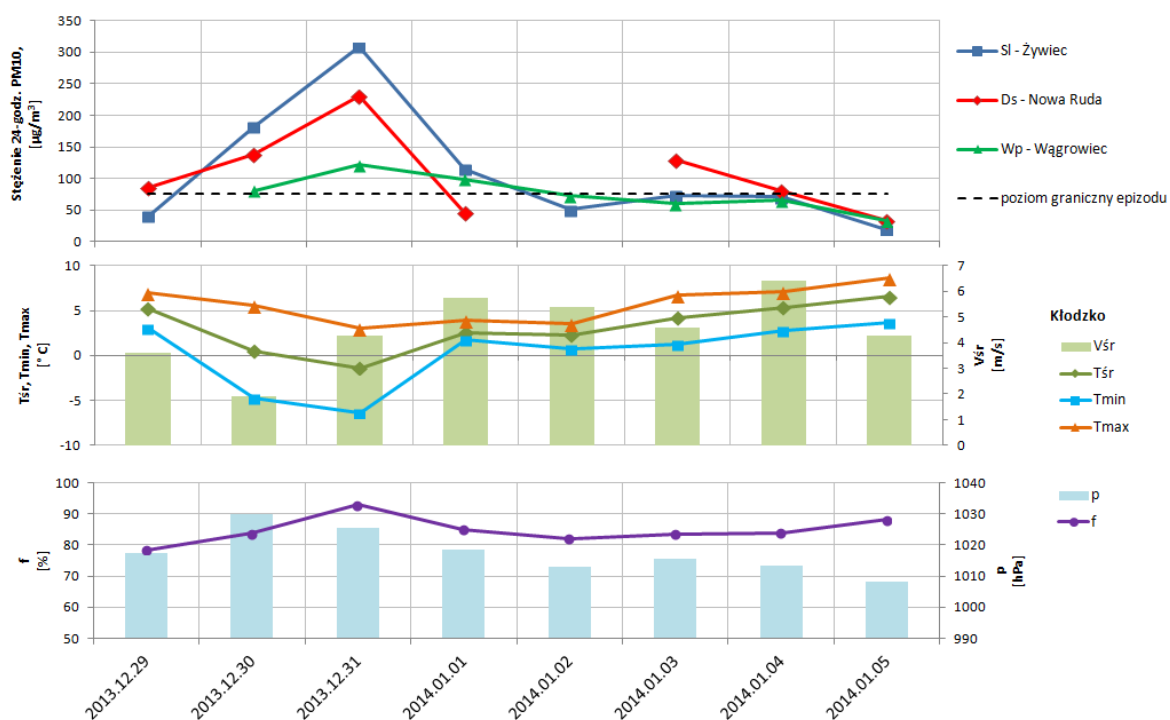


Rysunek 4.17-5 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 3-4.01.2014 r.

W dniach 3 i 4 stycznia 2014 utrzymywały się wysokie stężenia PM₁₀ w miastach woj. śląskiego i małopolskiego. Na pozostałym obszarze kraju stężenia stopniowo obniżały się. Obszar z podwyższonymi stężeniami przesunął się w kierunku wschodnim, obejmując dnia 4.01.2014 r. również woj. lubelskie i podlaskie. W dniu 4.01.2014 r. stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 39% stanowisk w kraju, w tym na 41% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 12% stanowisk, w tym na 13 % stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe w Polsce zanotowano w miastach woj. małopolskiego: : w Krakowie na stacji komunikacyjnej ($209 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i na stacji tła ($155 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Proszowicach i Zakopanem ($147 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rys. 4.16-6 przedstawiono stężenia 24-godz. PM₁₀ na stanowiskach pomiarowych w Żywcu w woj. śląskim, Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim i w Wągrowcu w woj. wielkopolskim. Kulminacja epizodu miała miejsce w dniu 31.12.2013 r. W tym dniu stężenia PM₁₀ przekraczały poziom graniczny epizodu w różnych rejonach Polski, w tym na wszystkich stacjach, z których wyniki pomiarów prezentowane są na wykresie. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Kłodzku niedaleko Nowej Rudy w

woj. dolnośląskim, gdzie notowano stężenia przewyższające poziom $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W dniach kulminacyjnych epizodu nastąpiło obniżenie minimalnych dobowych wartości temperatury.



Rysunek 4.17-6 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Kłodzku.

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

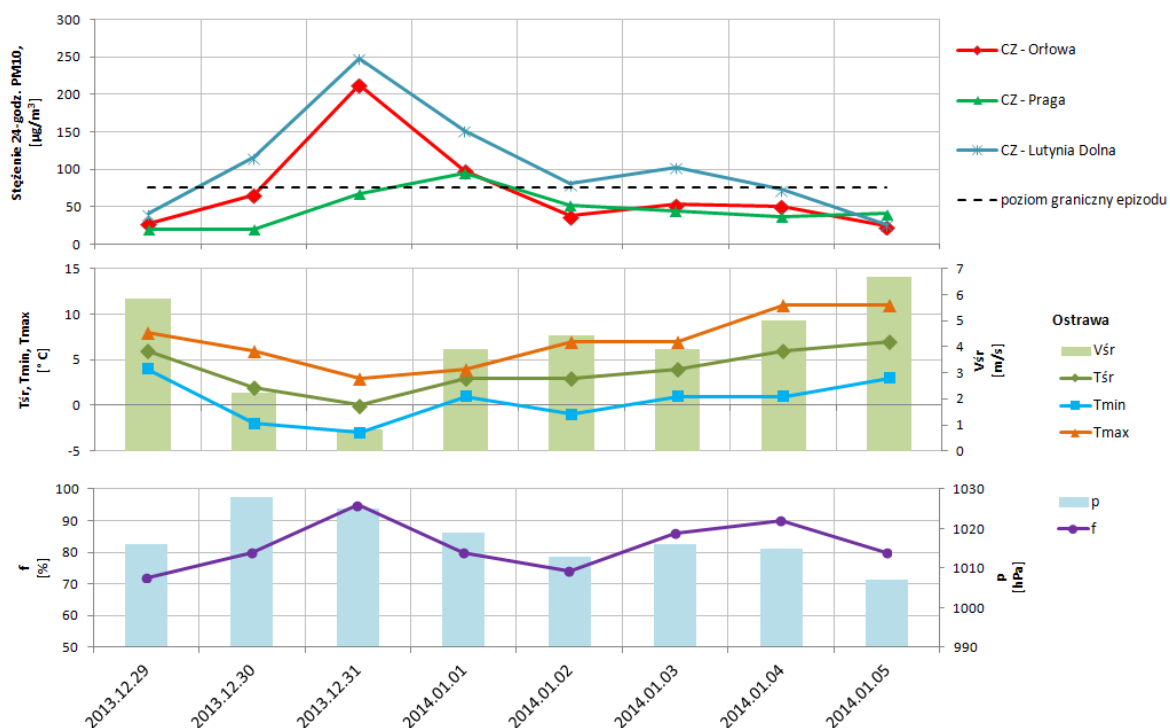
W dniu 30 grudnia 2013 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 2 stacjach w rejonie Ostrawy w Czechach, w tym na jednej stacji tła (Lutynia Dolna k. Ostrawy – $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W kolejnym dniu, w którym wystąpiła kulminacja epizodu zarówno w Czechach, jak i w Polsce, najwyższe stężenie dobowe, wynoszące $248 \mu\text{g}/\text{m}^3$, również zarejestrowano w Lutyni Dolnej. Ponadto przekroczenie poziomu granicznego epizodu notowane było na 12 stanowiskach tła w Czechach, głównie w rejonie Ostrawy, gdzie stężenia na 3 stacjach tła przekraczały poziom $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 1.01.2014 r. stężenia przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 6 stacjach w Berlinie, w tym na 3 stacjach tła. Maksymalne stężenie dobowe na stacji tła w Berlinie wynosiło $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Był to jedyny dzień epizodu obserwowanego na analizowanym obszarze Niemiec. W Czechach przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 12 stanowiskach tła, głównie rejonie Ostrawy oraz w Pradze i w jej otoczeniu. Najwyższe stężenie ($151 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano na stacji w Lutyni Dolnej. Stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowano również na 2 stacjach na Słowacji (78 i $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W dniu 2 stycznia 2014 r. stężenia pyłu w Czechach spadły, poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 2 stacjach tła w Czechach – w Kladnie k. Pragi ($135 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Lutyni

Dolnej ($81 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Kolejnego dnia w Czechach stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 5 stanowiskach tła, a najwyższe stężenie zanotowano w Lutyni Dolnej ($102 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W dniu 4 stycznia w Czechach nie notowano stężeń wyższych od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Spośród analizowanych krajów sąsiadujących z Polską, takie stężenia wystąpiły na jednym stanowisku tła na Słowacji (Koszyce - $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Na rys. 4.16-7 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na trzech wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach oraz wartości parametrów meteorologicznych zarejestrowane w Ostrawie. Zauważalna jest wyraźna korelacja wystąpienia kulminacji epizodu w Czechach ze spadkiem temperatury powietrza oraz prędkości wiatru.



Rysunek 4.17-7 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie.

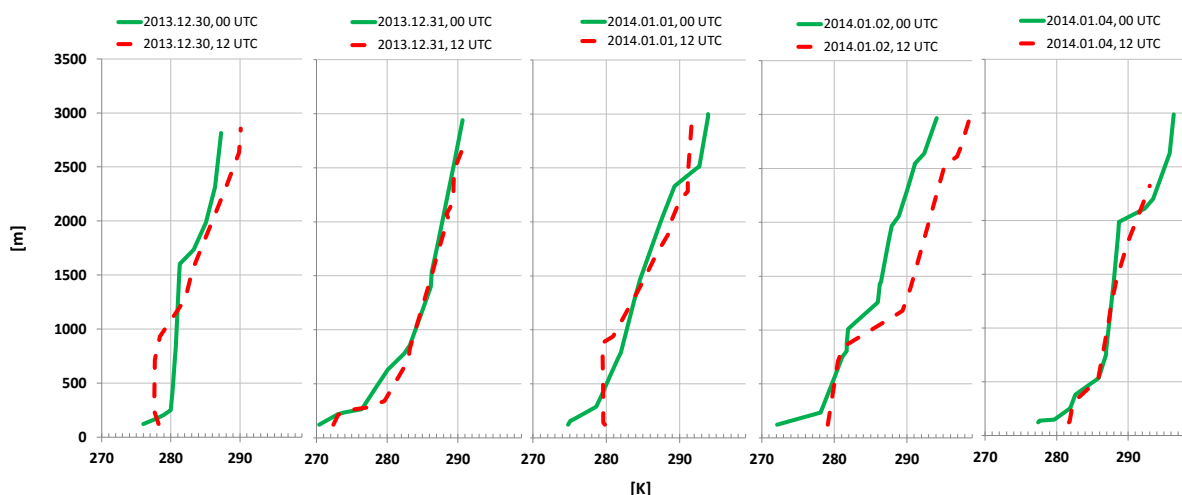
Tabela 4.17-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 30.12.2013 r. – 4.01.01.2014 r.

	Jedno- stka	2013- 12-30	2013- 12-31	2014- 01-01	2014- 01-02	2014- 01-03	2014- 01-04
Wszystkie stanowiska w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	56.6	74.5	61.6	59.5	58.1	49.6
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	47	69	57	54	54	39
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	26	39	29	18	15	12

	Jedno- stka	2013- 12-30	2013- 12-31	2014- 01-01	2014- 01-02	2014- 01-03	2014- 01-04
% stanowisk z S24>S95	%	24	46	24	14	15	7
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	205	308	177	171	209	181
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	61.3	79.9	61.6	59.1	57.6	49.7
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	54	73	56	52	54	41
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	30	45	31	18	16	13
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	205	308	177	157	194	155
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	29.9	55.0	52.2	47.8	44.3	34.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	0	70	50	40	30	0
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	10	10	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	49	93	78	65	67	44
Stanowiska tła poza granicami Polski							
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	1	2	0	0	1
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	1	13	12	2	5	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	3	0	0	0

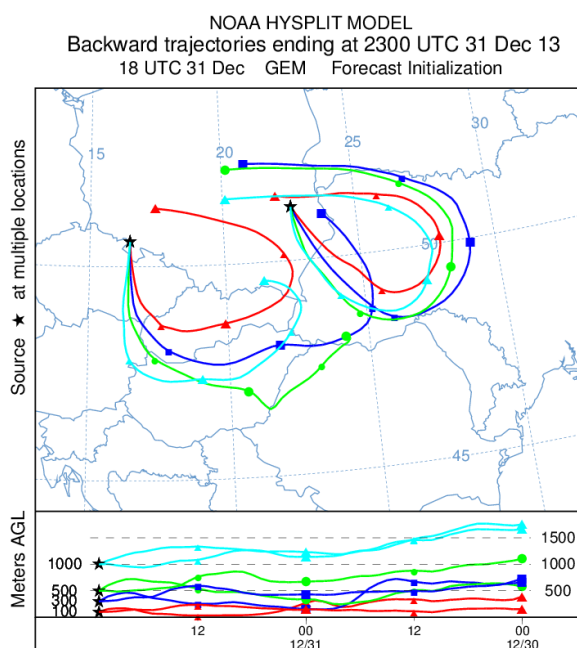
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 30.12.2013-4.01.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji. 12425).

W analizowanych dniach temperatura w ciągu dnia osiągała wysokość około 7°C, a w ciągu nocy spadała do około 2°C. Wyjątkiem był dzień 31 grudnia, kiedy temperatura w ciągu dnia i nocy oscylowała wokoło 0°C. Warunki równowagi atmosferycznej stabilne w godzinach nocnych, w ciągu dnia stabilne lub obojętne. W ciągu całego analizowanego okresu na radiosondażach z godzin nocnych można zauważyć inwersje przyciemne sięgające do wysokości około 250 – 300m. Inwersje podniesione widoczne są na radiosondażach z godzin dziennych jedynie w dniach 31.12.2013 i 4.01.2014 roku. Inwersja podniesiona z dnia 31 grudnia sięgała od wysokości 250 metrów do wysokości około 300 metrów. Inwersja z dnia 4 stycznia widoczna na wysokości od 400 do 500 metrów.



Rysunek 4.17-8 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondażu aerologicznych we Wrocławiu w dniach 30.12.2013 - 4.01.2014 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.17-9 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 31 grudnia 2013 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 31.12.2013 r. (Rys. 4.17-7), dla dwóch miast, w których na stacjach tła miejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀: dla Nowej Rudy w woj. dolnośląskim ($230 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i dla Lublina ($104 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Kształt trajektorii wskazuje na dość dużą zmienność kierunku wiatru w granicznej warstwie atmosfery.

Trajektorie dla poziomów 100, 300 i 500 m, obliczone dla Nowej Rudy i Lublina mają podobny kształt. Początki trajektorii dla Lublina położone są w centrum Polski. Początkowo trajektorie biegną w kierunku wschodnim nad Ukrainę, po czym zwracają nad centralną

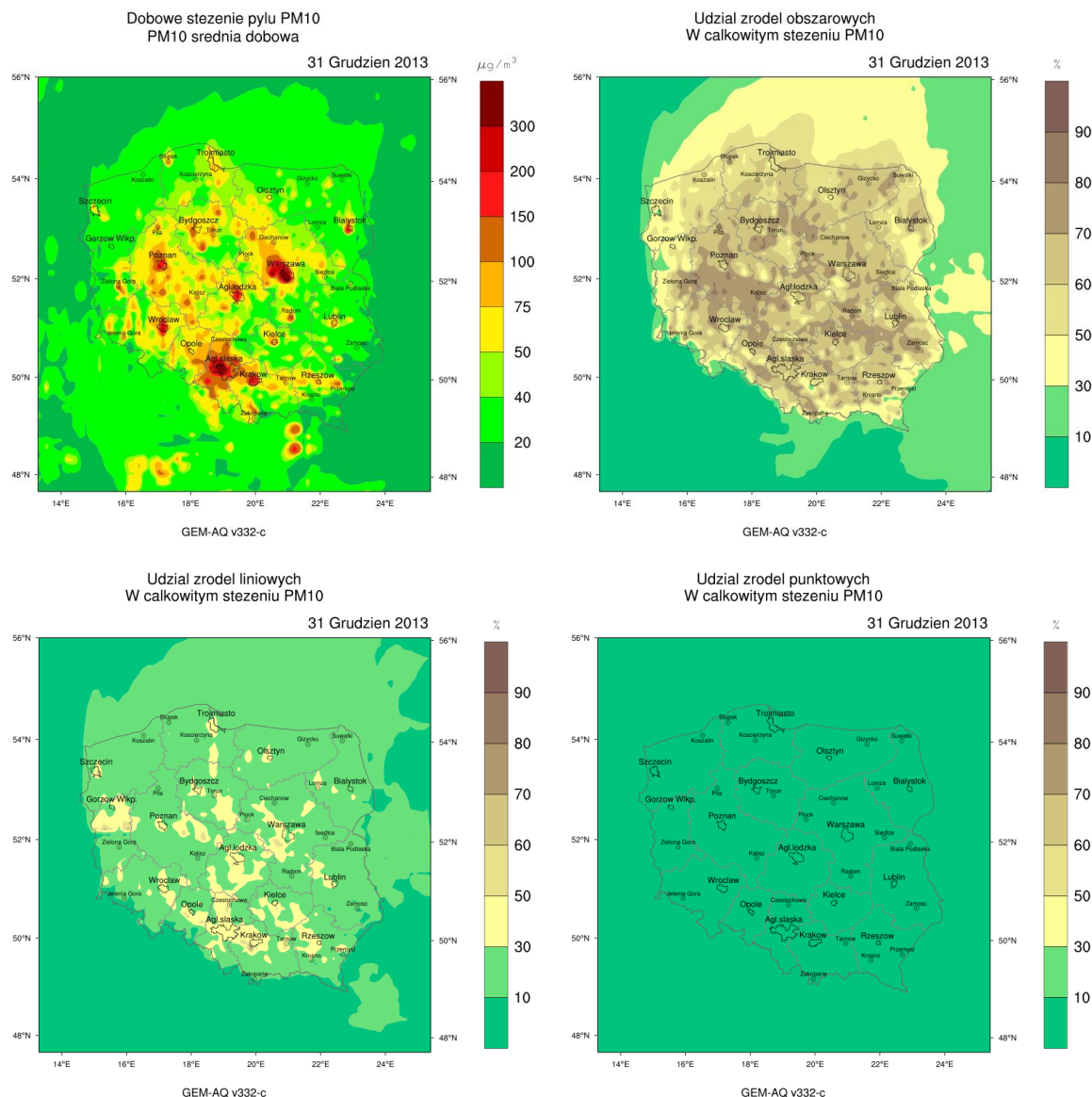
częścią Ukrainy w kierunku południowym, potem zachodnim w stronę Polski. Trajektorie docierają nad Lublin z południowego wschodu.

Początki 3 z 4 trajektorii dla Nowej Rudy położone są w Polsce. Trajektorja dla poziomu 100 m początkowo prowadziła na wschód nad południową część Polski, po czym skręcała na południe nad Słowację, przemieszczała się w kierunku zachodnim nad Czechy i skręcała na północ w stronę Nowej Rudy. Trajektorie dla innych poziomów również mają kształt charakterystyczny dla cyrkulacji antycyklonicznej i docierają do Nowej Rudy od południa z terytorium Czech. Obliczenia przebiegu trajektorii wskazują, że występowały fluktuacje wysokości na której zachodził transport mas powietrza.

Kierunek trajektorii mogą wskazywać, że oprócz polskich źródeł emisji, na poziom stężeń w Polsce przy granicy z Czechami mogły mieć wpływ emisje z terenu Czech i Słowacji.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

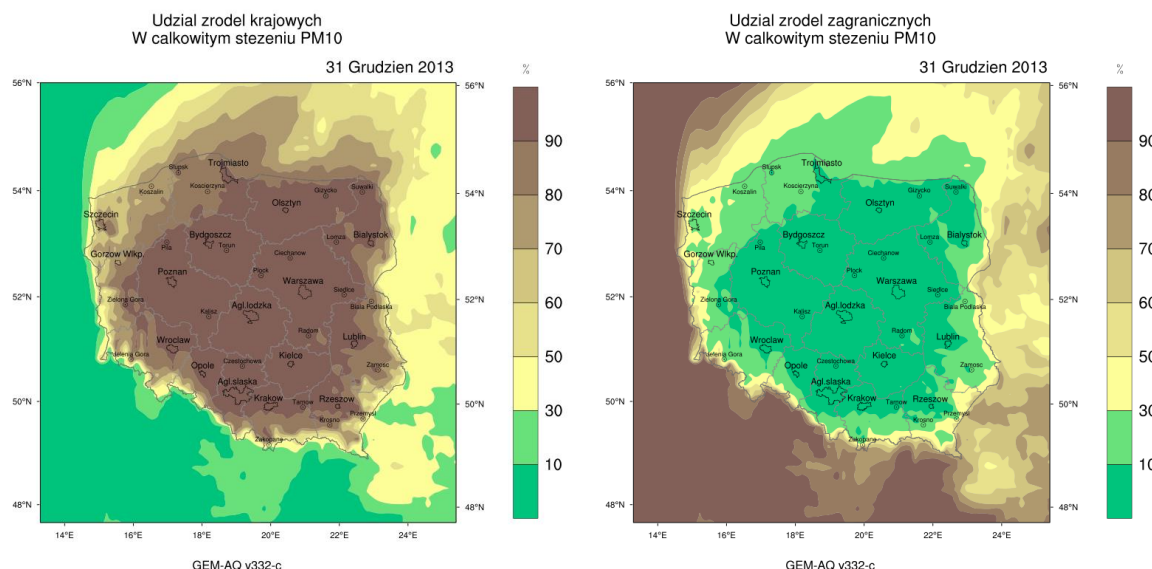
Modelowane rozkłady PM10 w dniu 31.12.2013 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w całej Polsce z wyłączeniem krańców północnych i północno-zachodnich, co jest w zasadzie zgodne z wynikami pomiarów stężeń. Według obliczeń bardzo wysokie stężenia PM10 miały wystąpić w aglomeracji warszawskiej, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów stężeń PM10 na stacjach PMŚ. W aglomeracji górnośląskiej i białostockiej pomiary również wskazują na niższe stężenia niż to wynika z obliczeń modelowych.



Rysunek 4.17-10 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 31 grudnia 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.17-10), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 90% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-70%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 60% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2), szczególnie w obszarach oddalonych od aglomeracji i dużych miast (np. woj. lubuskie i wielkopolskie), gdzie udział źródeł komunikacyjnych w stężeniu PM₁₀ może dochodzić do 70%. Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-50%. Wpływ dużych źródeł

punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.17-11 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 31 grudnia 2013 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (powyżej 90%). Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych (do 30-50%) w stężeniu PM₁₀ na terenach leżących w pobliżu granicy z Niemcami, Czechami, Słowacją i Ukrainą. Polskie źródła emisji miały wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ na Ukrainie, Białorusi, Litwie oraz w Obwodzie Kaliningradzkim.

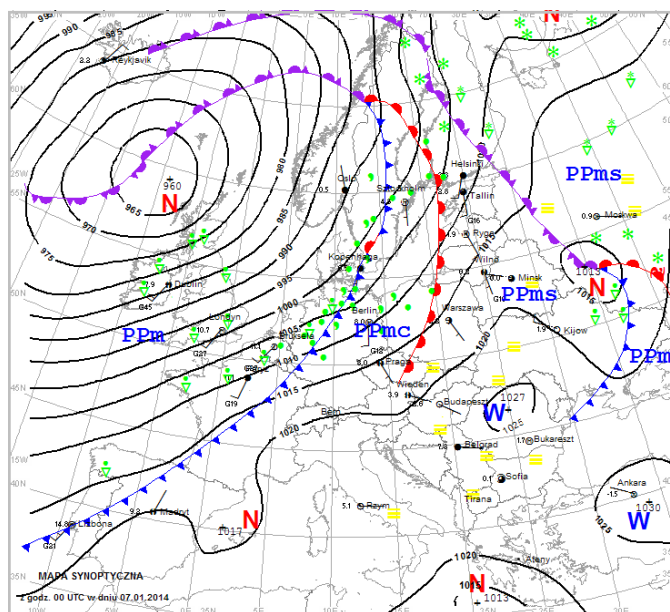
Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

W czasie epizodu wysokie stężenia PM₁₀ utrzymywały się najdłużej w woj. śląskim i małopolskim. Tam też stężenia PM₁₀ były najwyższe. Epizod obejmował okresowo też inne obszary południowej i centralnej części Polski. Podczas trwania epizodu wystąpiły 4 przypadki przekroczenia poziomu informowania (200 µg/m³) oraz jedno przekroczenie poziomu alarmowego (300 µg/m³) – w Żywcu. Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W południowym pasie przygranicznym wpływ miała również emisja z obszaru Czech i Słowacji). W warunkach utrzymującej niekiedy całą dobę się stabilnej równowagi atmosfery niska emisja prowadziła do kumulacji PM₁₀ w przyziemnej warstwie atmosfery i występowania wysokich stężeń PM₁₀.

4.18. Epizod 18. Od 7 do 9 stycznia 2014

Sytuacja synoptyczna

7 stycznia 2014 Polska znajdowała się w obszarze oddziaływania rozbudowanego niżu znad północnego Atlantyku. Przez obszar Polski przechodził ciepły front atmosferyczny rozciągający się z północnego-wschodu na południowy zachód. W ślad za nim postępował front chłodny. Za frontem ciepłym wystąpiły w tym dniu niewielkie opady deszczu. W całym kraju temperatury wynosiły około 4°C w ciągu dnia, w nocy poniżej 0°C. Nieco cieplej było za zachodzie kraju. 8 stycznia przeważająca część Polski była w zasięgu układu niżowego. Front ciepły rozciągał się środkiem kraju od zachodu na wschód. Wystąpiło duże zachmurzenie z mgłami na południu Polski. Temperatura wzrosła o ok. 1°C w stosunku dnia poprzedniego. 9 stycznia przez Polskę przeszły dwa układy frontowe – w ciągu dnia front ciepły od południa kraju, wieczorem zaś front zimny, który oddziaływał za wschodnich krańców Polski. Wystąpiło zachmurzenie duże z przelotnymi opadami deszczu głównie na północy kraju. Temperatura utrzymywała się na zbliżonym poziomie do dnia poprzedniego.



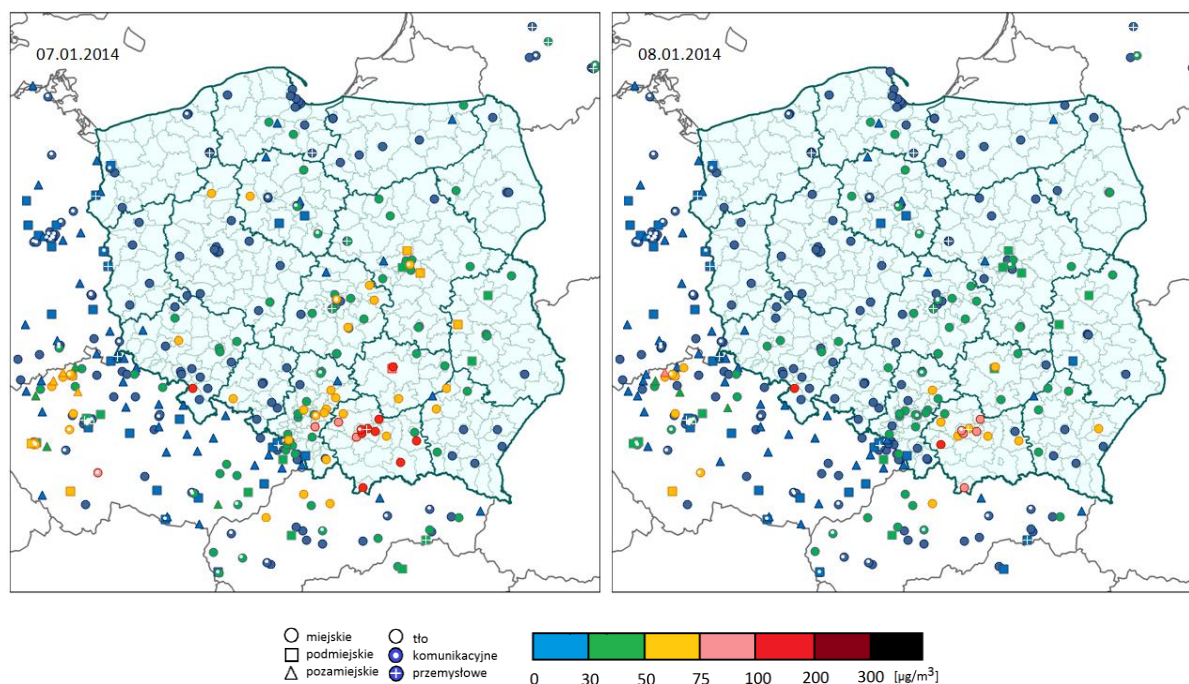
Rysunek 4.18-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 7 stycznia 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 7-9.01.2014 r. wystąpił na terenie woj. małopolskiego i dodatkowo w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim oraz przez jeden dzień w Kielcach. Wybrane informacje o stężeniach PM10 podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.18-1.

W dniu 7 stycznia 2014 r. stężenia PM10 przekraczające poziom graniczny epizodu (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na 14 stanowiskach w 4 województwach, w tym na 10 stacjach w woj. małopolskim. Północno zachodnia część Polski znajdowała się wówczas w zasięgu oddziaływania niżu z centrum nad Szkocją, południowa część kraju była pod wpływem wyżu z centrum nad Rumunią. W dzień temperatura wynosiła kilka stopni C, nocą spadała poniżej 0

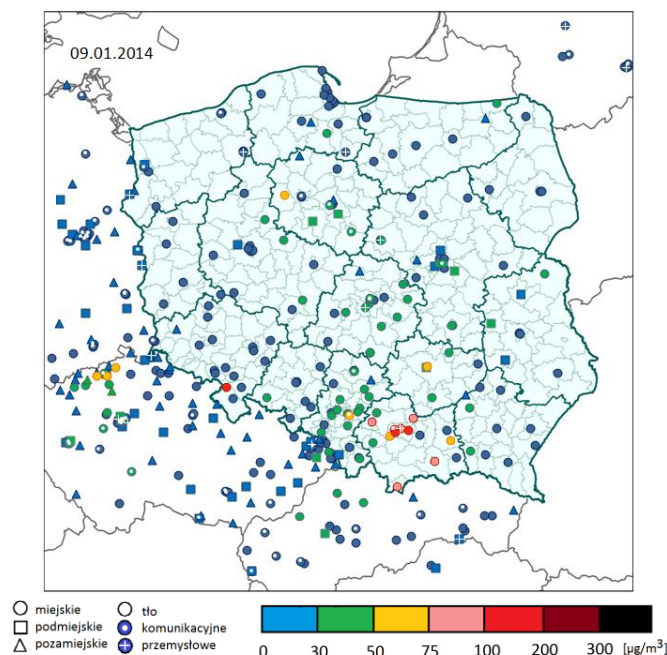
°C. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ wystąpiły na 21% stanowisk w Polsce, w tym na 22% stanowisk tła miejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 8% stanowisk, w tym na 8% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w miastach woj. małopolskiego: w Krakowie na stacji komunikacyjnej (159 µg/m³) i na stacji tła (151 µg/m³) oraz w Tuchowie (152 µg/m³). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 39 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - 114 µg/m³.



Rysunek 4.18-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 7-8.01.2014 r.

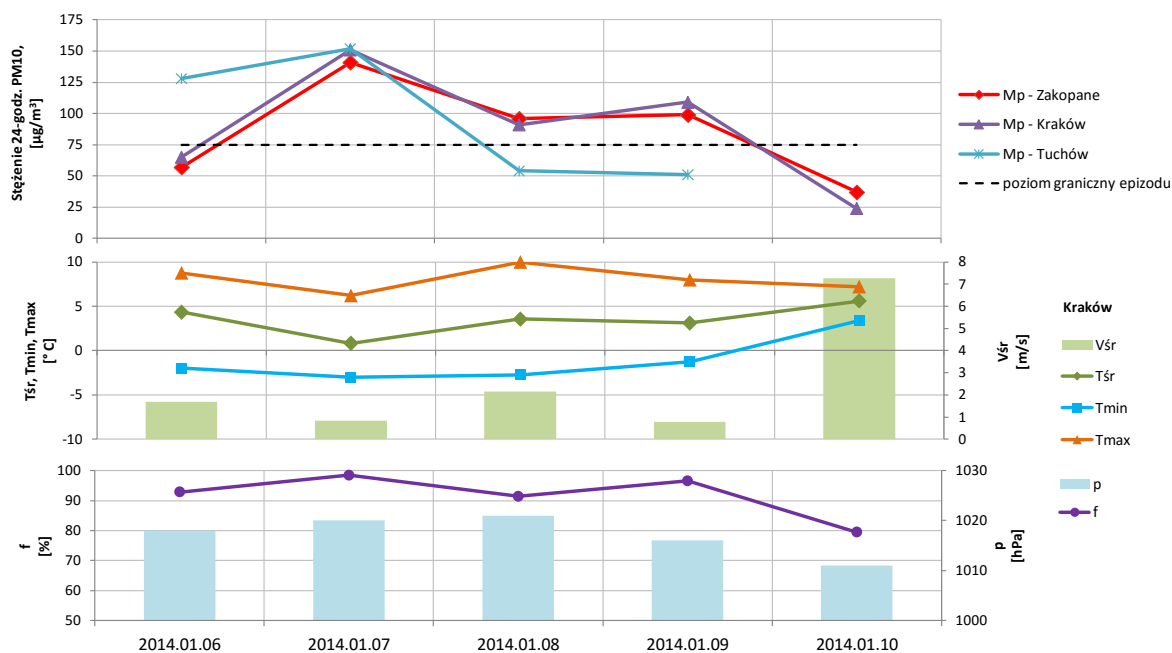
W dniach 8-9.01.2014 obszar występowania stężeń PM₁₀ przekraczających poziom graniczny epizodu (75 µg/m³) ograniczony był do kilku miast woj. małopolskiego i miasta Nowa Ruda w woj. dolnośląskim (Rys.4.18-2, Rys.4.18-3). W tych dniach północna część Polski znajdowała się pod wpływem niżu z centrum nad Morzem Północnym i Skandynawią, południowa część pod wpływem układów wyżowych. Na południu kraju w dzień temperatura wynosiła kilka stopni C, nocą spadała poniżej 0 °C, wiatr był słaby, w Krakowie okresowo występowała cisza wiatrowa. W dniu 9.01.2014 r. stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 7% stanowisk w Polsce, w tym na 7% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 5% stanowisk, w tym na 4% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim (128 µg/m³) oraz w Niepołomicach w woj. małopolskim (113 µg/m³) i Krakowie (109 µg/m³). Stężenia wyższe od 75 µg/m³ wystąpiły na 8 z 15 stanowisk w miastach woj. małopolskiego. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 29 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim 68 µg/m³.

W dniu 10.01.2014 r. stężenia PM₁₀ w całym kraju były niskie.



Rysunek 4.18-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 9-10.01.2014 r.

Na rys. 4.18-4 przedstawiono stężenia 24-godz. PM₁₀ na stanowiskach pomiarowych w woj. małopolskim: w Krakowie, Zakopanem i Tuchowie. Kulminacja epizodu miała miejsce w dniu 7.01.2014 r. W tym dniu stężenia PM₁₀ przekraczały poziom graniczny epizodu w wielu miastach woj. małopolskiego, w tym na wszystkich stacjach, z których wyniki pomiarów prezentowane są na wykresie. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Krakowie. W dniach 7 i 9 stycznia średnia prędkość wiatru w Krakowie nie przekraczała 1 m/s, okresowo występowała cisza atmosferyczna.



Rysunek 4.18-4 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Krakowie.

Tabela 4.18-1. Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 7-9.01.01.2014 r.

	Jednostka	2014-01-07	2014-01-08	2014-01-09
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	39.3	31.0	29.2
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	21	8	7
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	8	4	5
% stanowisk z S24>S95	%	8	4	5
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	159	130	128
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	39.7	31.5	29.2
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	22	8	7
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	8	4	4
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	152	130	128
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	19.9	19.2	18.7
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	0	0	0
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	28	29	27
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	0	1	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 7-9.01.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacjach Poprad - Ganovce (Słowacja, nr stacji. 11952) i Legionowo (Polska, 12374).

Analiza warunków na stacji Poprad – Ganovce wskazywała na występowanie równowagi stałej w całym analizowanym okresie, zarówno w ciągu godzin dziennych, jak i w ciągu godzin nocnych. Temperatura na stacji w dniach 7 – 8 stycznia wynosiła ok. 10°C w ciągu dnia i ok. 2-3°C w ciągu nocy. Ostatniego dnia analizy temperatura na stacji spadła w ciągu dnia o około 3°C względem dni poprzednich.

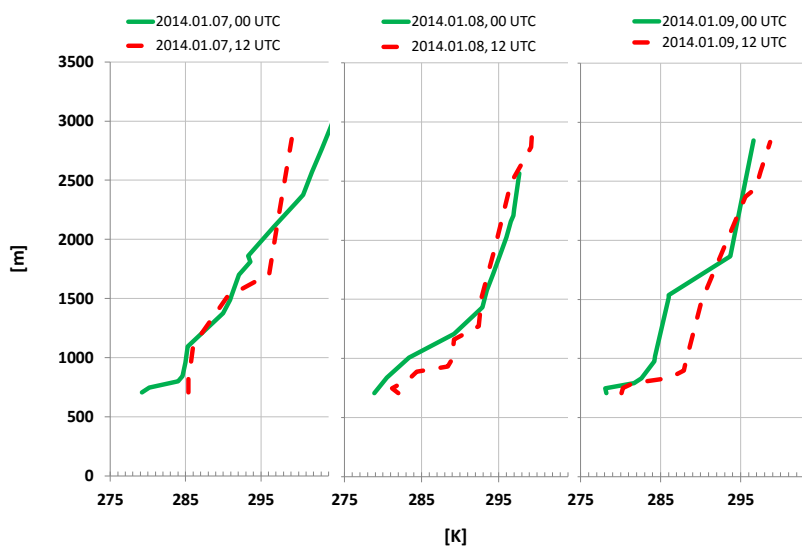
Warunki inwersyjne w godzinach nocnych:

- 7.01.2014 inwersja przyziemna o grubości około 200 m,
- 9.01.2014 inwersja przyziemna o grubości około 300 m,

Warunki inwersyjne w godzinach dziennych:

- 8.01.2014 inwersja podniesiona lub frontowa o grubości około 200 m, zaczynająca się na wysokości około 50 m nad powierzchnią ziemi,

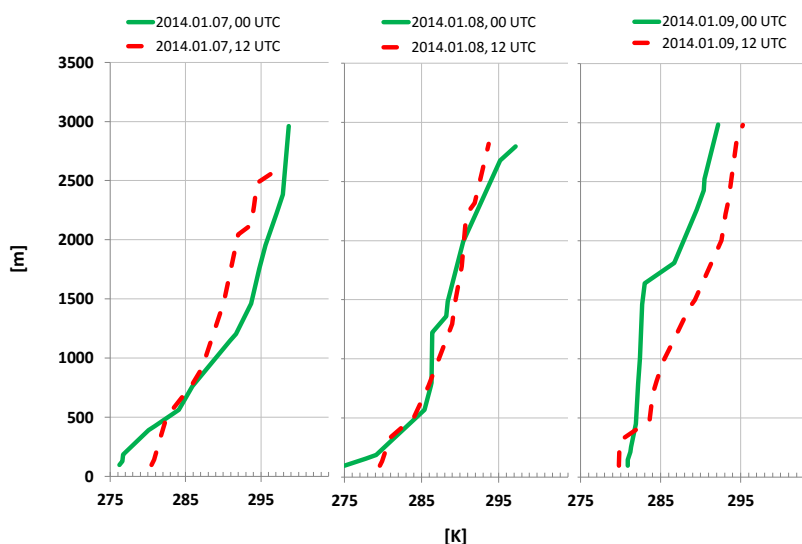
- 9.01.2014 inwersja podniesiona o grubości około 200 m, zaczynająca się na wysokości około 50 m nad powierzchnią ziemi.



Rysunek 4.18-5 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Popradzie-Ganovce w dniach 7-9.01.2014 r.

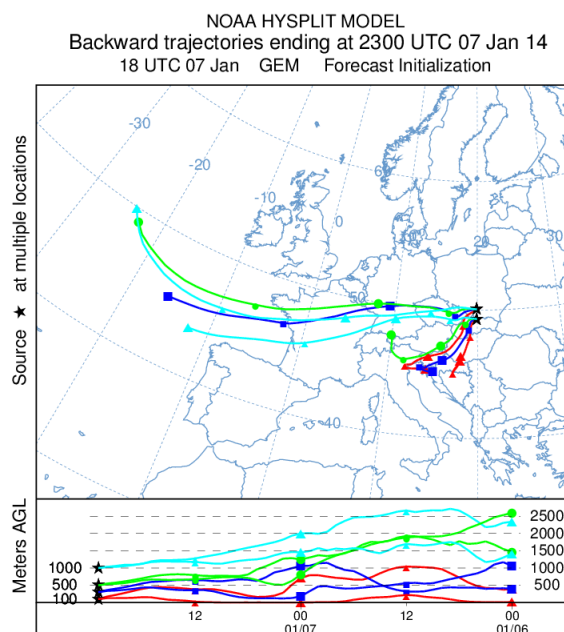
Analiza warunków na stacji Legionowo także wskazywała na warunki równowagi stałej w całym analizowanym okresie. Wyjątek stanowił dzień 9.01.2014, w którym równowaga w ciągu dnia była obojętna. Temperatura w ciągu dnia wynosiła ok. 4°C, nocą spadała do ok. 0°C.

Wyróżniono warunki inwersyjne 09.01.2014 roku, o grubości 100 m, z podstawą na 400 m. Ze względu na panujące warunki obecna inwersja może być inwersją frontową.



Rysunek 4.18-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Legionowie w dniach 7-9.01.2014 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.18-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 7 stycznia 2014 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 7.01.2014 r. (Rys. 4.18-7), dla dwóch miast, w których na stacjach tła miejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu PM10: dla Krakowa ($91 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i dla Zakopanego ($96 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Trajektorie dla poziomu 100m, obliczone dla Krakowa i Zakopanego mają zbliżony przebieg. Zaczynają się na Bałkanach i poprzez Chorwację, Węgry i Słowację docierają od południowego zachodu do Polski. Dla poziomów 300 i 500 m trajektoria do Zakopanego ma podobny przebieg. Trajektorie dla poziomów 300, 500 i 1000 m prowadzące do Krakowa rozpoczynają się nad Atlantykiem i następnie biegną nad Francją, Niemcami i Czechami, po czym przekraczają granicę polsko-czeską i nad woj. śląskim i małopolskim docierają od zachodu do Krakowa.

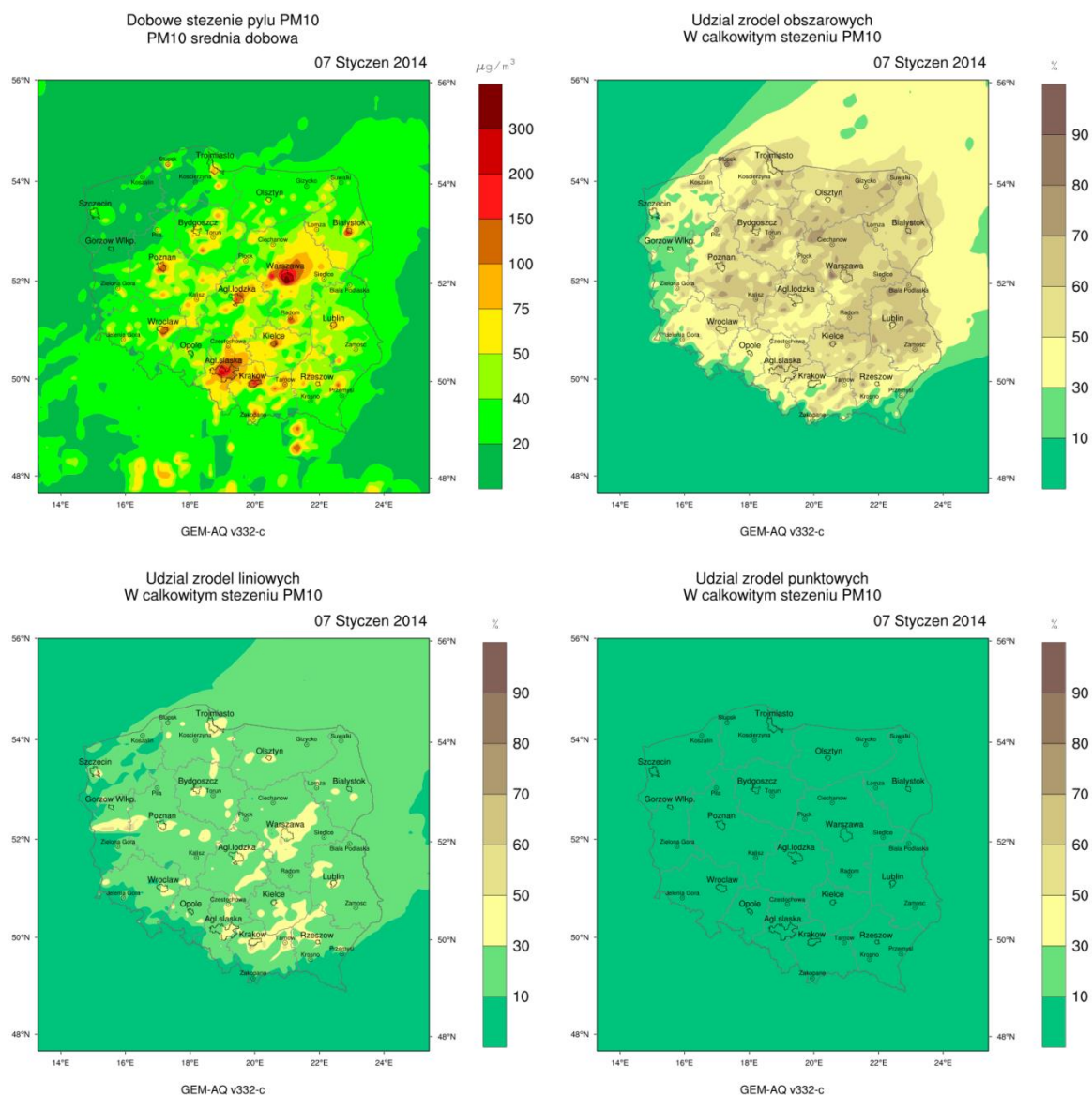
Obliczenia przebiegu trajektorii dla 100 i 300 m wskazują, że występowały fluktuacje wysokości na której zachodził transport mas powietrza. Trajektorie dla poziomów 500 i 1000 m zaczynały się na dużych wysokościach i stopniowo obniżały się do wartości końcowej.

Kierunek trajektorii mogą wskazywać, że oprócz polskich źródeł emisji, na poziom stężeń w Polsce przy granicy z Czechami wpływały emisje z terenu Czech i Słowacji.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowane rozkłady PM10 w dniu 7.01.2014 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w całej Polsce z wyłączeniem krańców północnych i północno-zachodnich. Według pomiarów stężeń na stacjach PMŚ wysokie stężenia PM10 wystąpiły tylko w woj. małopolskim, śląskim i

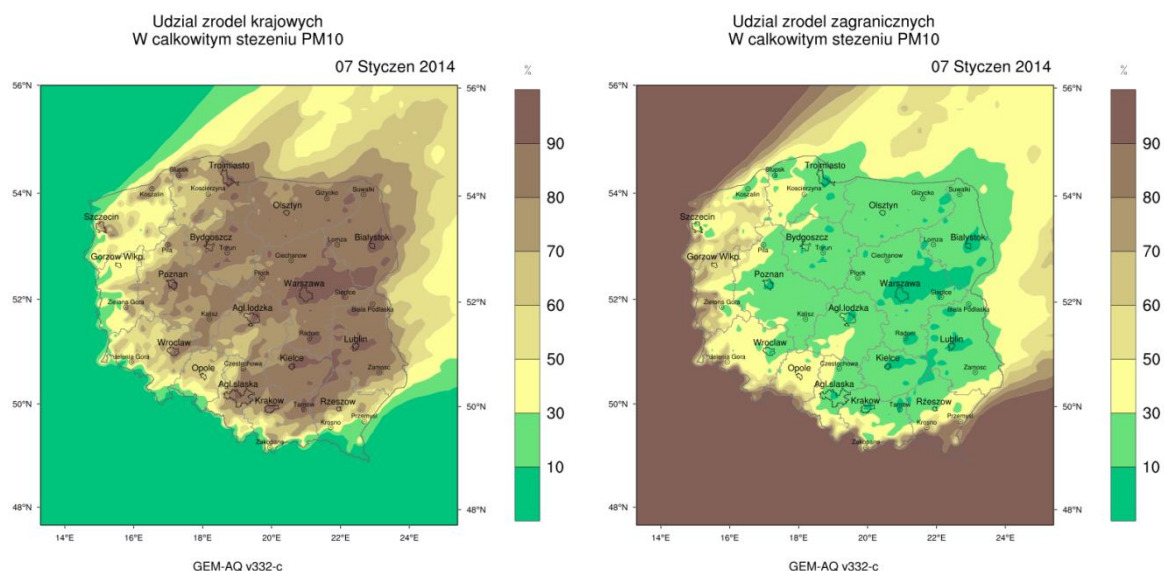
świętokrzyskim. Według obliczeń bardzo wysokie stężenia PM₁₀ miały wystąpić w aglomeracji warszawskiej, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów. W aglomeracji wrocławskiej, łódzkiej i białostockiej pomiary również wskazują na niższe stężenia niż to wynika z obliczeń.



Rysunek 4.18-8 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 7 stycznia 2014 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.18-8), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi. Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 30-70%. Znaczący jest udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) – do 30% na obszarze całej Polski, a do 60-70% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2, A4), szczególnie w obszarach oddalonych od aglomeracji i

dużych miast (np. woj. lubuskie i wielkopolskie). Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 30-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 30-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.18-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 7 stycznia 2014 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na terenach leżących wzdłuż granicy zachodniej i południowej. Szczególnie duży zasięg i udział procentowy w stężeniu mają emisje zagraniczne na terenie woj. zachodniopomorskiego i lubuskiego. Są to jednak stężenia niskie. Wpływ emisji zagranicznych na wysokie stężenia notowane podczas epizodu w woj. małopolskim i śląskim wynosi do 30%, zaś nad woj. dolnośląskim i opolskim sięga 50%. Polskie źródła emisji miały wpływ na poziomie do 60% na poziom stężeń pyłu PM₁₀ na Ukrainie, Białorusi, Litwie oraz w Obwodzie Kaliningradzkim.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

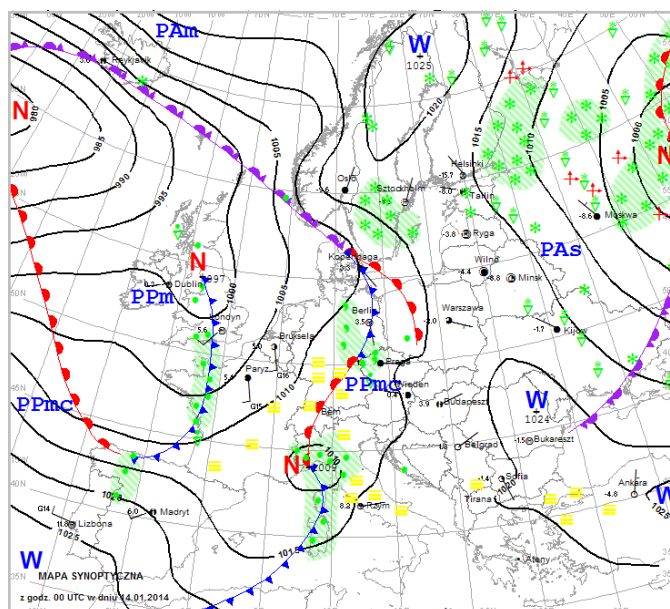
W czasie epizodu 7-9.01.2014 r. wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły na terenie woj. małopolskiego i dodatkowo w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim oraz przez jeden dzień w Kielcach. Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W warunkach utrzymującej niekiedy całą dobę się stabilnej równowagi atmosfery niska emisja prowadziła do kumulacji PM₁₀ w przyziemnej warstwie atmosfery i występowania wysokich stężeń PM₁₀. Ze względu na przeważający

kierunek transportu w województwach południowych zaznacza się wpływ emisji spoza obszaru Polski.

4.19. Epizod 19. Od 14 do 18 stycznia 2014

Sytuacja synoptyczna

14 stycznia 2014 Polska znajdowała się na skraju zatoki niskiego ciśnienia z centrum nad Atlantykiem. W zachodniej części kraju zaznaczało się oddziaływanie ciepłego frontu atmosferycznego. Zachmurzenie było duże z niewielkimi opadami deszczu na zachodzie kraju. Temperatury wynosiły ok. 5°C w godzinach dziennych, w nocy zaś ok. 0°C (+/- 2°C). 15 stycznia nad południową częścią Polski przemieszczała się z zachodu depresja niżowa. Ośrodek ten spowodował wystąpienie na północy kraju strefy opadów śniegu, a na południu - deszczu. 16 stycznia Polska znalazła się w bruzdzie niżowej oraz w masie suchego powietrza polarno-morskiego. Wystąpiło duże zachmurzenie bez istotnych opadów. Temperatura była nieznacznie wyższa niż w dniu poprzednim. 17 stycznia Polska znalazła się w zatoce niżowej nad północnego Atlantyku. Na pogodę oddziaływał front ciepły z wilgotnym morskim powietrzem, rozciągający się od północnego zachodu po południowy wschód kraju. Przed frontem utworzyła się szeroka strefa opadów śniegu. Za frontem wystąpiły niewielkie opady deszczu. 18 stycznia przez Polskę przechodził front okluzji dzielący dwie masy powietrza. Przebiegał on od północno-zachodniego krańca kraju do południowego-wschodniego. Na linii frontu oraz południowym wschodzie kraju wystąpiły słabe opady deszczu i mżawki, zaś na północy niewielkie mgły. Temperatury były nieco wyższe niż w dniach poprzednich.



Rysunek 4.19-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 14 stycznia 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

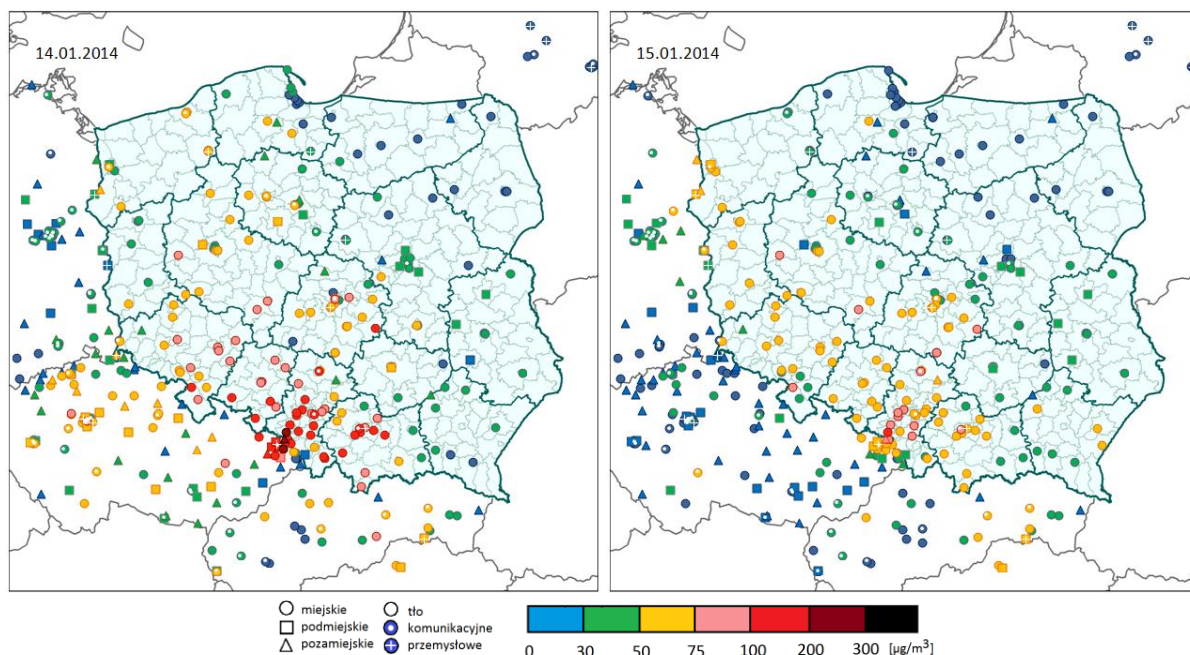
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 14-18.01.2014 r. z największym natężeniem wystąpił na terenie woj. śląskiego i małopolskiego. W pierwszym – najgorszym dniu epizodu - obejmował miasta pasa województw południowych bez woj. podkarpackiego i dodatkowo woj. łódzkie i wielkopolskie. W tym dniu nastąpiło przekroczenie poziomu informowania na jednym stanowisku (w Wodzisławiu Śląskim). W kolejnych 2 dniach stężenia PM10 obniżyły się, ale nadal występowały przekroczenia poziomu 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w miastach między innymi woj. śląskiego i łódzkiego. W kolejnych 2 dniach przekroczenia tego poziomu wystąpiły w pasie 4 województw południowych (bez woj. podkarpackiego) oraz w woj. łódzkim i wielkopolskim. Wybrane informacje o stężeniach PM10 podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.19-1.

W dniu 14 stycznia 2014 r. stężenia PM10 przekraczające poziom graniczny epizodu (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na 50 stanowiskach w 4 województwach, w tym na 28 z 40 stanowisk w woj. małopolskim i śląskim oraz na wszystkich 8 stanowiskach w woj. opolskim. Podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały na obszarze położonym na zachód od linii łączącej Tarnów z Gdańskiem. Polska znajdowała się wówczas w zasięgu oddziaływania układu wyżowego łączącego wyż znad Skandynawii z wyżem z centrum nad Rumunią. W dzień temperatura wynosiła kilka stopni C, nocą spadała poniżej 0 °C. Stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 54% stanowisk w Polsce, w tym na 56% stanowisk tła miejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 26% stanowisk, w tym na 28% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w miastach woj. śląskiego: w Wodzisławiu Śląskim (206 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – przekroczenie poziomu informowania) i Godowie (198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Na 8 stanowiskach w Polsce, w tym na 6 w woj. śląskim 24-godz. stężenie PM10 przekroczyło poziom 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. dolnośląskim, opolskim, śląskim i małopolskim - 97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

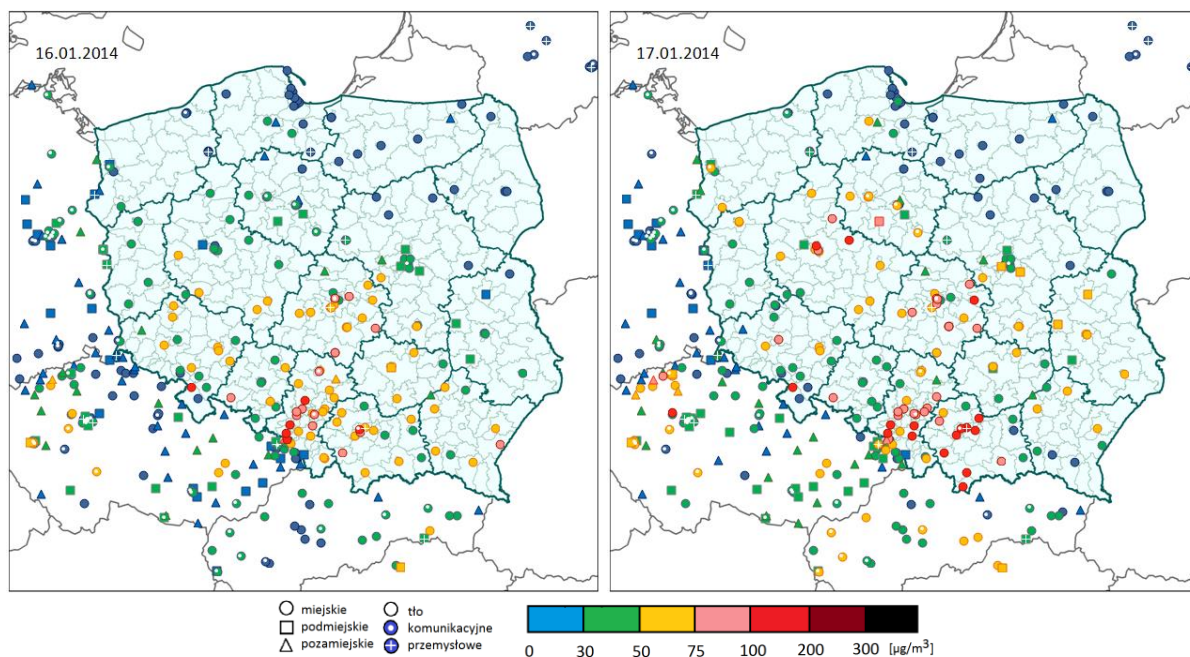
Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 11 stanowiskach tła w Czechach, głównie w rejonie Ostrawy, gdzie stężenia na niektórych stacjach przekraczały poziom 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 15.01.2014 r. stężenia były niższe niż dzień wcześniej. Podwyższone i wysokie stężenia PM10 wystąpiły na przeszło 80 stacjach w województwach położonych wzdłuż południowej i zachodniej granicy Polski i dodatkowo w woj. łódzkim i wielkopolskim. Najwyższe stężenia notowane były w woj. śląskim.



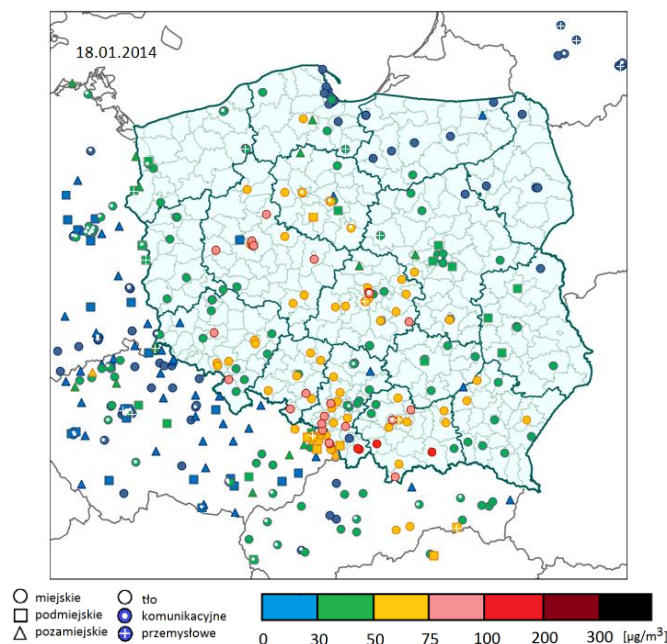
Rysunek 4.19-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 14-15.01.2014 r.

W dniu 16 stycznia 2014 r. obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń przesunął się na wschód. Objął swym zasięgiem woj. świętokrzyskie i częściowo mazowieckie, natomiast na krańcach zachodnich Polski stężenia były niższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Polska znajdowała się wówczas w zasięgu oddziaływania układu wyżowego łączącego wyż znad Skandynawii z wyżem znad Włoch, w strefie z niskim gradientem ciśnienia atmosferycznego. W dzień temperatura wynosiła kilka stopni C, nocą spadała do 0°C , wiatr był słaby, w Katowicach okresowo występowała cisza wiatrowa. W dniu 16.01.2014 r. stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 39% stanowisk w Polsce, w tym na 41% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 10% stanowisk, w tym na 10% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Wodzisławiu Śląskim w woj. śląskim ($131 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 6 stanowiskach w kraju, w tym na 4 stanowiskach w woj. śląskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



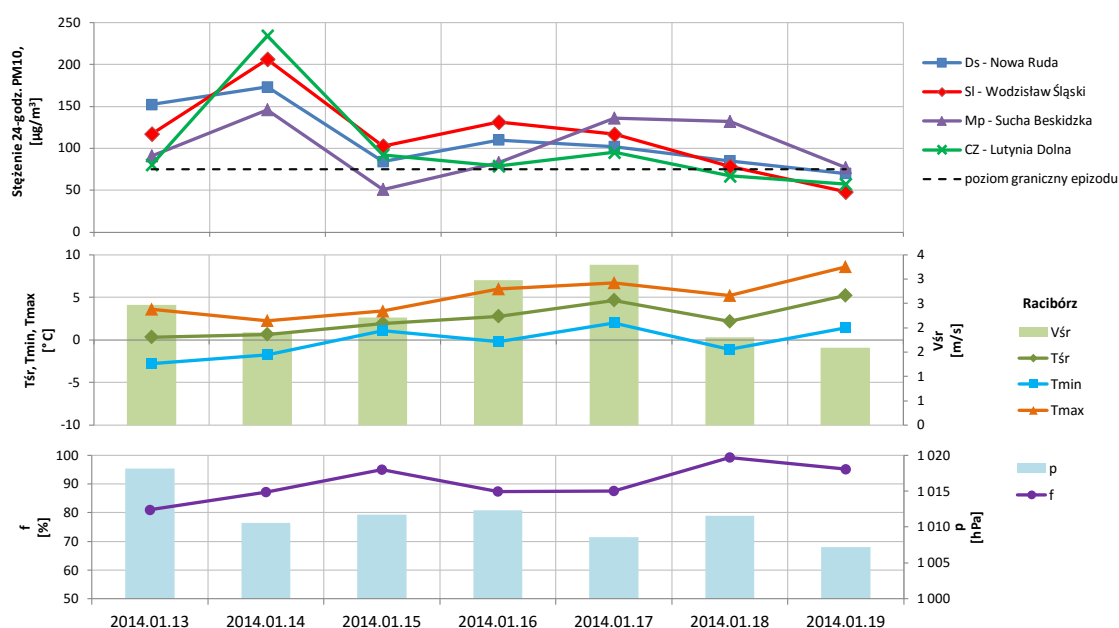
Rysunek 4.19-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 16-17.01.2014 r.

W dniach 17-18 stycznia 2014 r. obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń objął dodatkowo miasta woj. wielkopolskiego i kujawsko-pomorskiego. W tych dniach Polska znajdowała się w zasięgu oddziaływania zatoki niżowej połączonej z niżem znad Wielkiej Brytanii i Północnego Atlantyku. W dzień temperatura wynosiła kilka stopni C, nocą spadała do ok. 0 °C, wiatr był słaby, w Katowicach okresowo występowała cisza wiatrowa. W dniu 18.01.2014 r. stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 41% stanowisk w Polsce, w tym na 43% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 13% stanowisk, w tym na 14% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na dwóch stacjach w Żywcu (181 i 192 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 4 stanowiskach w kraju - w tym na 2 stanowiskach w woj. śląskim i 2 stanowiskach w woj. małopolskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 50 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim 70 µg/m³.



Rysunek 4.19-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniu 18.01.2014 r.

Na rys. 4.19-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM₁₀ na stanowiskach pomiarowych w Nowej Rudzie w woj. dolnośląskim, Wodzisławiu Śląskim woj. śląskim, Suchej Beskidzkiej w woj. małopolskim oraz w Lutyni Dolnej w Czechach w pobliżu Ostrawy. Kulminacja epizodu miała miejsce w dniu 14.01.2014 r. W tym dniu stężenia PM₁₀ przekraczały poziom graniczny epizodu w wielu miastach woj. śląskiego oraz w Czechach w rejonie graniczącym z woj. śląskim. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Raciborzu. W dniu 14.01.2014 r. notowano najwyższe stężenia PM₁₀ w rejonie Wodzisławia i Ostrawy, mimo, że średnia dobowa prędkość wiatru zmierzona na pobliskiej stacji meteorologicznej w Raciborzu przekraczała 2 m/s.



Rysunek 4.19-5 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Raciborzu.

Tabela 4.19-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 14-18.01.2014 r.

	Jednostka	2014-01-14	2014-01-15	2014-01-16	2014-01-17	2014-01-18
Wszystkie stanowiska w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	62.4	47.6	46.4	53.1	50.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	54	45	39	46	41
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	26	8	10	21	13
% stanowisk z S24>S95	%	20	7	5	9	5
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	206	103	131	155	192
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	64.0	48.7	47.0	53.2	51.2
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	56	47	41	47	43
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	28	8	10	22	14
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	206	103	131	137	192
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	36.5	29.2	31.2	35.4	30.6
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	10	20	10	0	0
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	54	72	56	49	39
Stanowiska tła poza granicami Polski						
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	1	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	11	1	1	4	1
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 14-18.01.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacjach Prostejov (Czechy, nr stacji 11747) i Wrocław (Polska, nr stacji 12425).

Warunki równowagi atmosferycznej na czeskiej stacji w analizowanym okresie wskazywały na przewagę równowagi stałej, występującej naprzemiennie z warunkami równowagi obojętnej (15.01.2014 w ciągu dnia, 17.01.2014 w ciągu dnia i nocy). Temperatura w ciągu doby nie wykazała dużej zmienności. W ciągu kolejnych dni temperatura oscylowała od około -3°C (14.01.2014 – najchłodniejsza noc) do 5°C (17.01.2014 – najcieplejszy dzień).

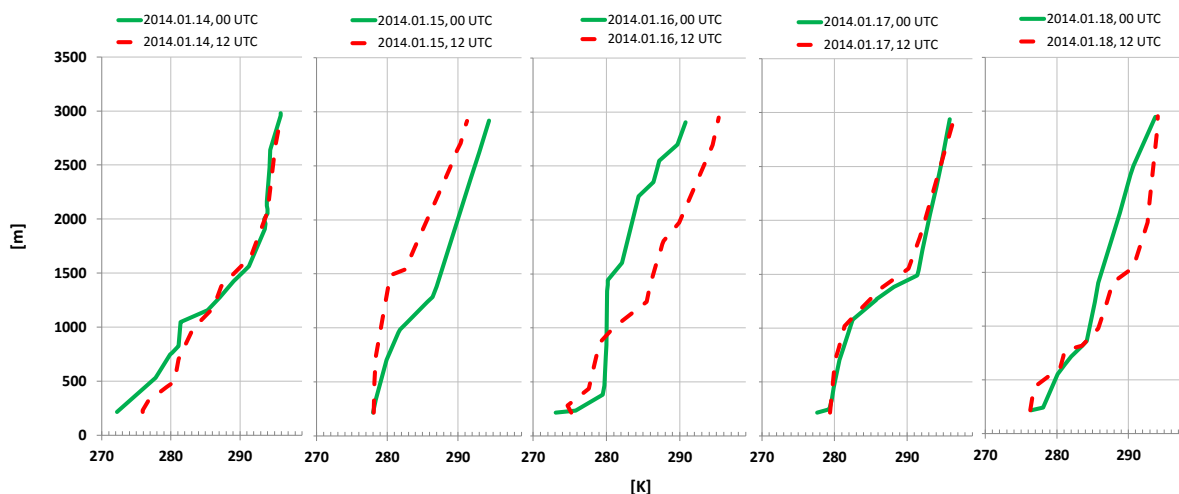
Warunki inwersyjne w godzinach nocnych:

- 16.01.2014 – inwersja przyziemna rozbudowana od powierzchni ziemi do wysokości około 300 m z silnym gradientem temperatury,
- 16.01.2014 – inwersja podniesiona, rozbudowana od wysokości około 50 m do wysokości 300 m,
- 17.01.2014 – niewielka inwersja przyziemna o grubości około 50 m,

- 18.01.2014 – niewielka inwersja przyziemna o grubości około 50 m.

Warunki inwersyjne w godzinach dziennych:

- 18.01.2014 – warunki inwersyjne o niewielkiej grubości około 50 m na wysokości 500 m i 1000 m.



Rysunek 4.19-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejowie w dniach 14-18.01.2013 r.

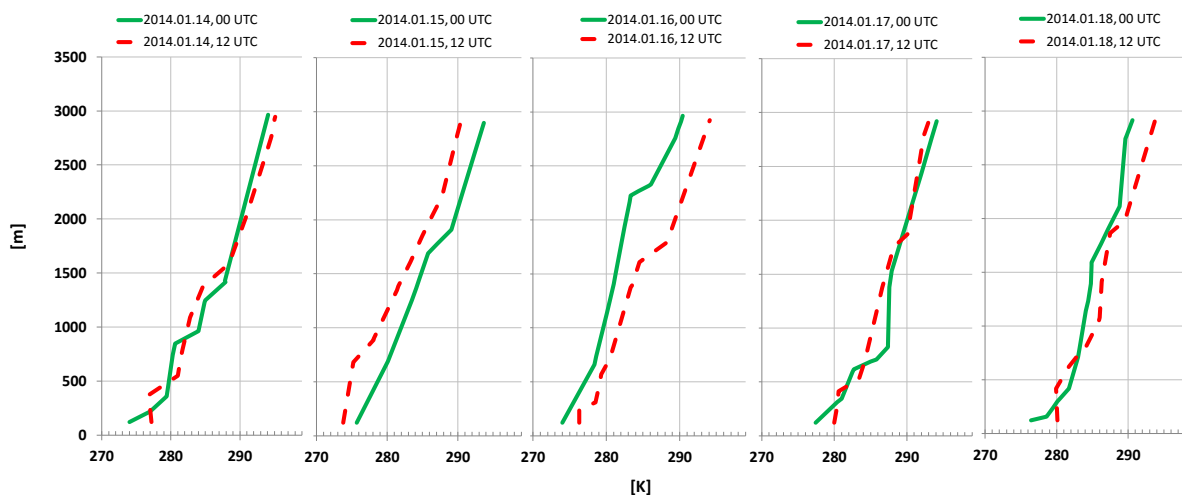
Warunki równowagi atmosferycznej na polskiej stacji w analizowanym okresie wskazywały, że przeważnie występowała równowaga stała w ciągu nocy i równowaga obojętna w ciągu dnia. Temperatura w ciągu całego analizowanego okresu oscylowała ok. 0°C z lekkim odchyleniem dodatnim w ciągu godzin dziennych (do około +3°C).

Warunki inwersyjne w godzinach nocnych:

- 14.01.2014 – inwersja przyziemna o grubości 400 m,
- 18.01.2014 – inwersja przyziemna o grubości 400 m.

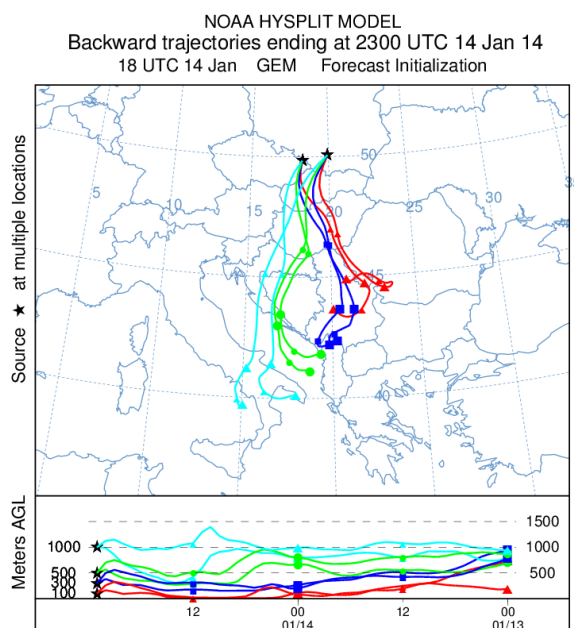
Warunki inwersyjne w godzinach dziennych:

- 14.01.2014 – inwersja podniesiona lub frontowa na wysokości około 400 m i grubości około 200 m,
- 16.01.2014 – inwersja podniesiona lub frontowa na wysokości około 300 m i grubości około 100 m,
- 17.01.2014 – inwersja podniesiona lub frontowa na wysokości około 450 m i grubości około 100 m.



Rysunek 4.19-7 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondży aerologicznych we Wrocławiu w dniach 14-18.01.2013 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.19-8 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 14 stycznia 2014 r.

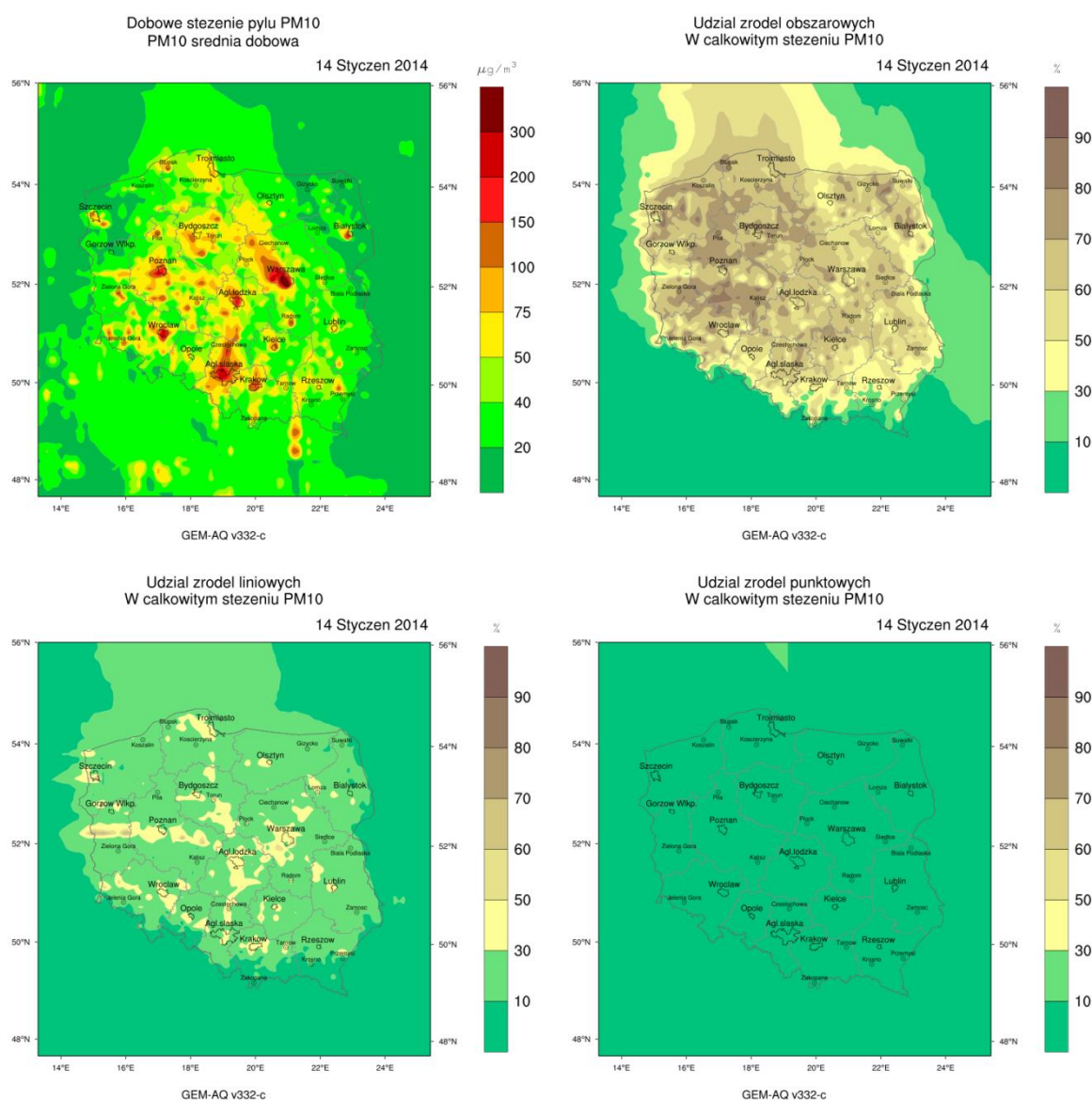
Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 14.01.2014 r. (Rys. 4.19-8), dla dwóch miast, w których na stacjach tła miejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀: dla Krakowa ($122 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i dla Ostrawy w Czechach ($193 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Trajektorie dla poziomu 100 i 300 m, obliczone dla Krakowa i Ostrawy mają zbliżony przebieg. Zaczynają się w Serbii i po początkowych częstych zmianach kierunku podążają nad Serbią, Rumunią, Węgrami, Słowacją (i Czechami dla Ostrawy) do punktów docelowych. Trajektorie dla poziomów 500 i 1000 m zaczynają się w rejonie południowych Włoch i południowego Adriatyku i podążają na północ nad krajami bałkańskimi, Węgrami, Słowacją (i

Czechami dla Ostrawy) do punktów docelowych. Obliczenia przebiegu trajektorii wskazują, że występowały fluktuacje wysokości na której zachodził transport mas powietrza. W większości z ostatnich 24 godzin trajektorie dla 100 m zawierały się w warstwie przyziemnej atmosfery.

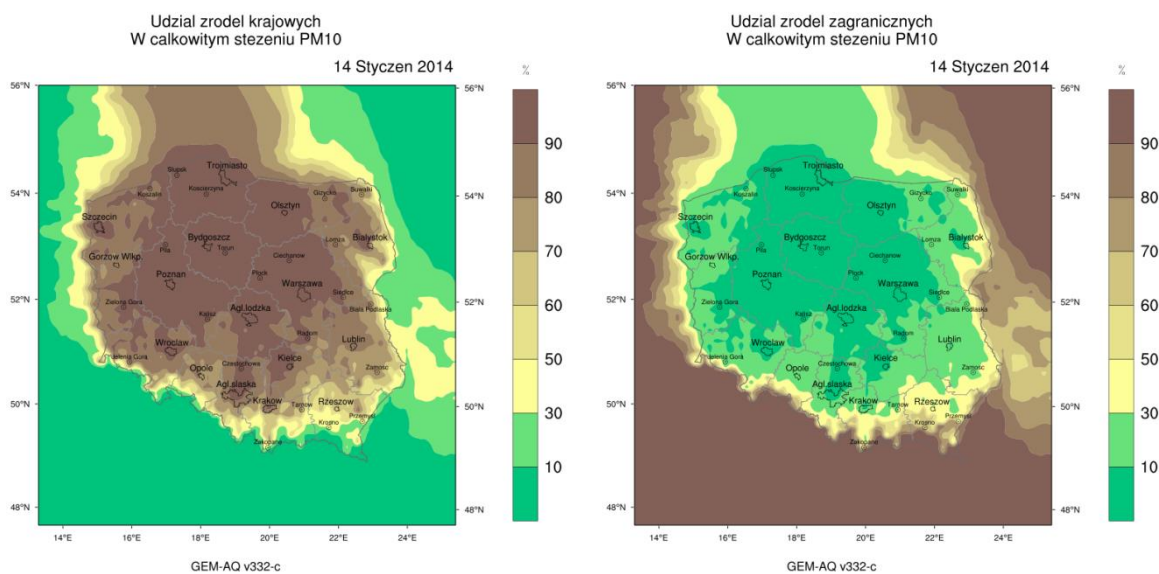
Kierunek trajektorii może wskazywać, że oprócz polskich źródeł emisji, na poziom stężeń w Polsce przy granicy z Czechami mogły mieć wpływ emisje z terenu Czech. Dotyczyć to może w szczególności południowo-zachodniej części woj. śląskiego, gdzie notowano stężenia przewyższające 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Powietrze napływało wówczas nad ten obszar z rejonu Ostrawy w Czechach, więc emisje z tego rejonu mogły przyczynić się do występowania wysokich stężeń PM₁₀.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu



Rysunek 4.19-9 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 14 stycznia 2014 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.19-9), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (powyżej 60-70% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 30-70%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 60% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2, A4), szczególnie w obszarach oddalonych od aglomeracji i dużych miast (np. woj. lubuskie i wielkopolskie), gdzie udział źródeł komunikacyjnych w stężeniu PM10 może dochodzić do 70%. Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-30%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.19-10 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 14 stycznia 2014 r.

O wysokości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 na terenach leżących wzdłuż granicy południowej i wschodniej (do 30%). Szczególnie duży zasięg i udział procentowy w stężeniu mają emisje zagraniczne na terenie woj. podkarpackiego (do 50%). Stężenia PM10 wówczas tam notowane były niskie. Zauważalny jest wpływ emisji z Czech z rejonu Ostrawy na wysokie stężenia notowane podczas epizodu w woj. śląskim. Krajowe źródła emisji miały wpływ na poziom stężeń pyłu PM10 nad południowym Bałtykiem oraz w Obwodzie Kaliningradzkim.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

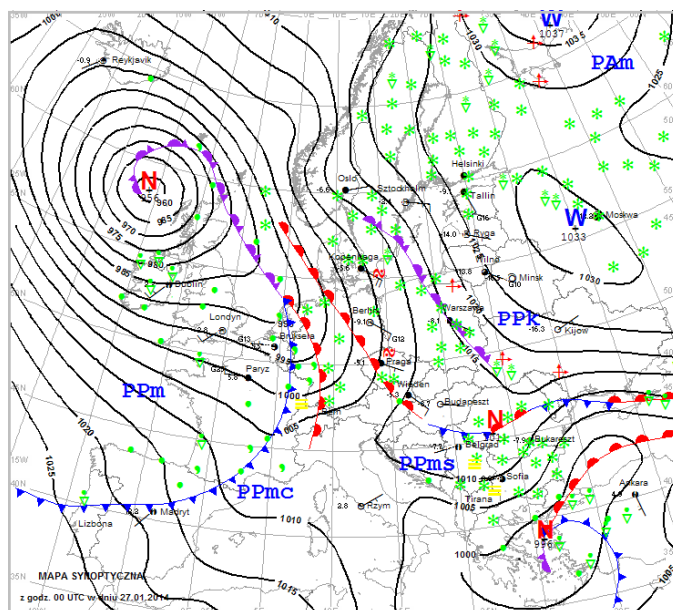
Epizod wysokich stężeń 14-18.01.2014 r. z największym natężeniem wystąpił na terenie woj. śląskiego i małopolskiego, ale również w woj. dolnośląskim, opolskim, łódzkim i wielkopolskim. Poziomu informowania został przekroczony na jednym stanowisku (w Wodzisławiu Śląskim). Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM10 należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W warunkach występujących inwersji w dolnej warstwy atmosfery niska emisja mogła doprowadzić do kumulacji PM10 w przyziemnej warstwie atmosfery i występowania wysokich stężeń PM10. Wyniki modelowania wskazują na udział emisji z Czech, głównie z rejonu Ostrawy, w tworzeniu się wysokich stężeń pyłu notowanych w woj. śląskim.

4.20. Epizod 20. Od 26 do 31 stycznia 2014.

Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy, Słowacja)

Sytuacja synoptyczna

26 stycznia 2014 Polska znajdowała się w zasięgu oddziaływaniu wyżu z centrum nad Rosją. Na przeważającym obszarze kraju występowały słabnące opady śniegu. Temperatury były ujemne. 27 stycznia utrzymywało się działanie klina wyżowego. Temperatury w Polsce wzrosły o około 2°C w stosunku do dnia poprzedniego, nadal jednak były ujemne. W ciągu dnia na pogodę nad Polską wpływała strefa opadów ciągnąca się przed środek kraju od jej północnych krańców po południowe. W nocy nad Polskę wkroczyła kolejna przynosząca opady strefa frontowa, przemieszczająca się z zachodu. 28 stycznia dominującymi układami barycznymi nad Polską były: wyż znad Rosji, głęboki niż z centrum nad Wyspami Brytyjskimi oraz drugorzędny niż znad Adriatyku. Zachmurzenie było duże z niewielkimi opadami śniegu i miejscami porywistym wiatrem. Temperatury ujemne w dzień ok. -6°C a w nocy -10°C. 29 stycznia nad Europą Środkową ścierało się umiarkowanie chłodne i wilgotne powietrze polarne oraz chłodniejsze powietrze kontynentalne. Zachmurzenie w strefie frontowej przyniosło niewielkie opady śniegu, którym towarzyszyły dość silne wiatry, wywołujące zawieje i zamiecie. Temperatury utrzymywały się poniżej 0°C. 30 stycznia Polska nadal pozostawała w strefie zachmurzenia frontowego z opadami śniegu i zamieciami. Temperatura nieznacznie wzrosła natomiast poprzez występowanie zawiei temperatura odczuwalna była o około 7 -8 stopni niższa. 31 stycznia dominujący w poprzednich dniach wyż znad Rosji ustąpił nieco niżowi znad północnego Atlantyku. Frontowa strefa zachmurzenia, a wraz z nią strefa opadów śniegu zawiei i zamieci przesuwiała się w kierunku wschodnich granic Polski. Temperatura we wschodniej części kraju była niska ok. -10°C, natomiast na przy zachodniej granicy temperatury były dodatnie.

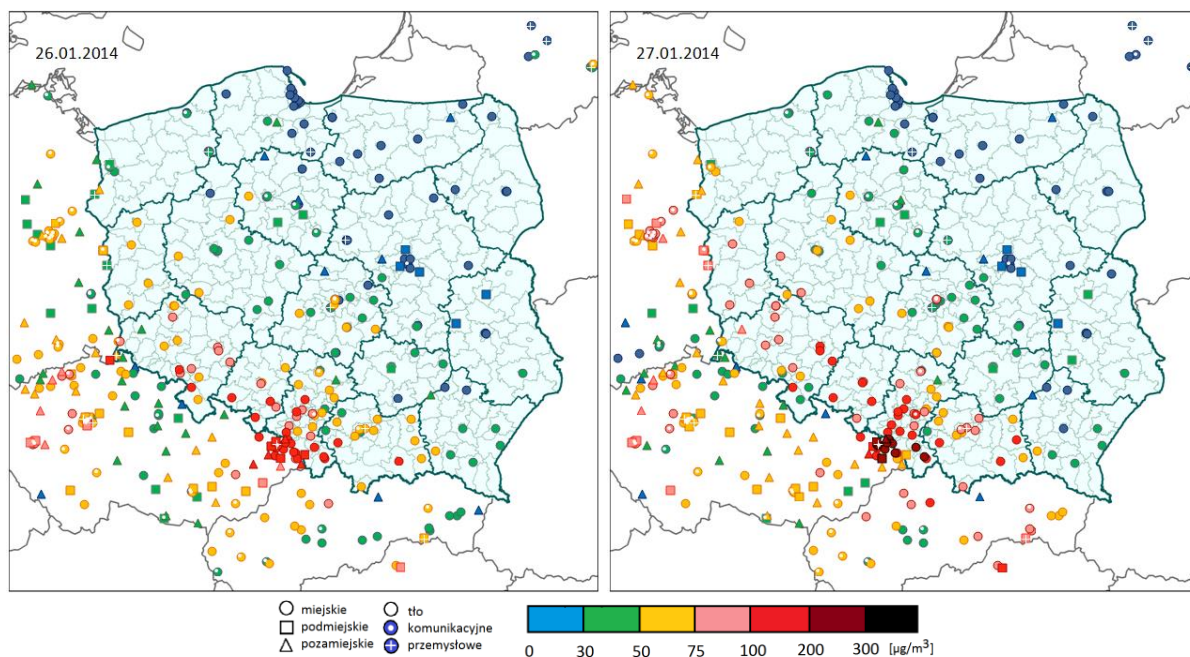


Rysunek 4.20-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 27 stycznia 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 26-31.01.2014 r. objął swym zasięgiem przede wszystkim 4 województwa położone przy granicy z Czechami i Niemcami oraz woj. małopolskie. Podwyższone i wysokie stężenia PM10 wystąpiły też w Czechach, w Niemczech i na Słowacji. Podczas trwania epizodu wystąpiło 5 przypadków przekroczenia poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz jedno przekroczenie poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wybrane informacje o stężeniach PM10 z tego okresu zamieszczono w tabeli 4.20-1.

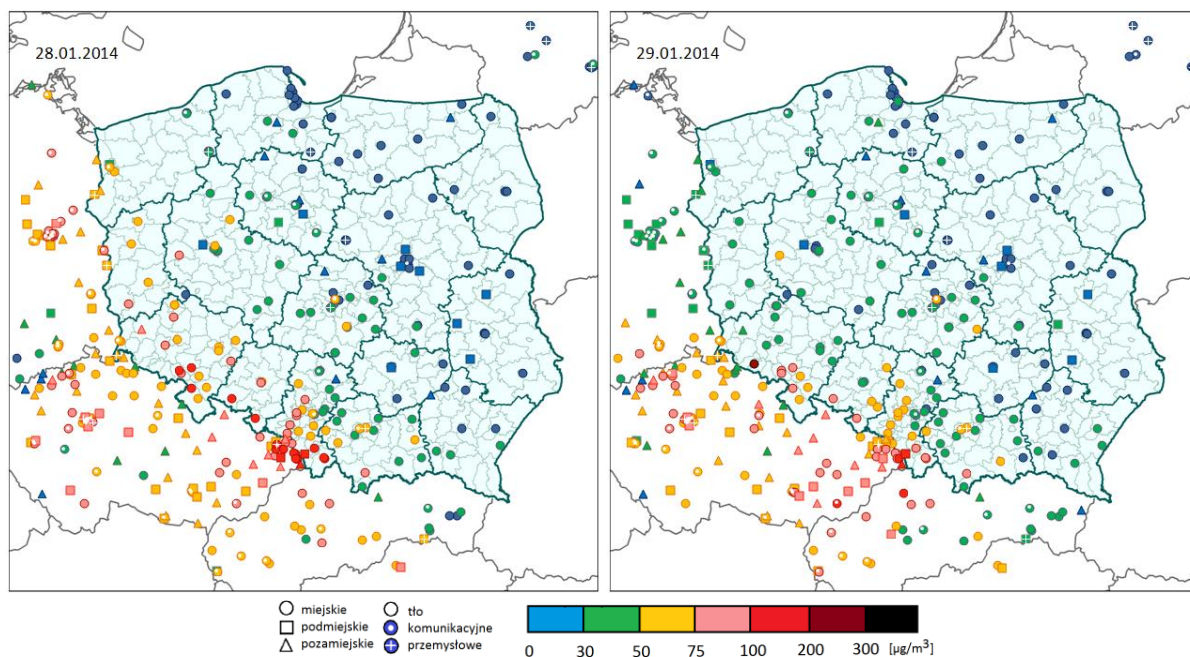
W dniu 26 stycznia 2014 r. stężenia PM10 przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na 30 stanowiskach w 4 województwach, w tym na 19 z 33 stanowisk w woj. śląskim i opolskim (Rys. 4.20-2). Podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały głównie na obszarze pasa 5 przygranicznych województw, od woj. lubuskiego do małopolskiego. Polska znajdowała się wówczas w zasięgu oddziaływania układu wyżowego z centrum nad Estonią w masie powietrza polarnego kontynentalnego. W dzień temperatura wynosiła kilka stopni poniżej zera, nocą spadała poniżej -10°C . Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 39% stanowisk w Polsce, w tym na 42% stanowisk tła miejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 16% stanowisk, w tym na 19% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Żywcu w woj. śląskim ($183 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na 16 stanowiskach w 4 województwach 24-godz. stężenie PM10 przekroczyło poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w pasie 4 województw od dolnośląskiego do małopolskiego $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.20-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 26-27.01.2014 r.

W dniu 27.01.2014 r. – kulminacyjnym dniu epizodu – wzrosła zarówno wysokość stężeń PM₁₀, jak i liczba stanowisk z wysokimi stężeniami pyłu (Rys. 4.20-2). Obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń nie zmienił się zasadniczo, obejmował pas województw przygranicznych od woj. lubuskiego do małopolskiego. Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły na ok. 50 stacjach. Najwyższe stężenia notowane były w woj. śląskim oraz w Czechach w okolicy Ostrawy. Stężenie PM₁₀ w Żywcu przekroczyło 200 µg/m³.

Polska znajdowała się wówczas w zasięgu oddziaływania układu wyżowego z centrum nad Moskwą. W dzień temperatura wynosiła kilka stopni poniżej zera, nocą spadała do kilkunastu stopni poniżej 0 °C. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 42% stanowisk w Polsce, w tym na 45% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 20% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 27% stanowisk, w tym na 28% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania (200 µg/m³), zanotowano w miastach woj. śląskiego: Bielsku-Białej (260 µg/m³), Żywcu (247 µg/m³) i Godowie (236 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 24 stanowiskach w kraju, w 4 województwach, w tym na 14 stanowiskach w woj. śląskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 59 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim 164 µg/m³.



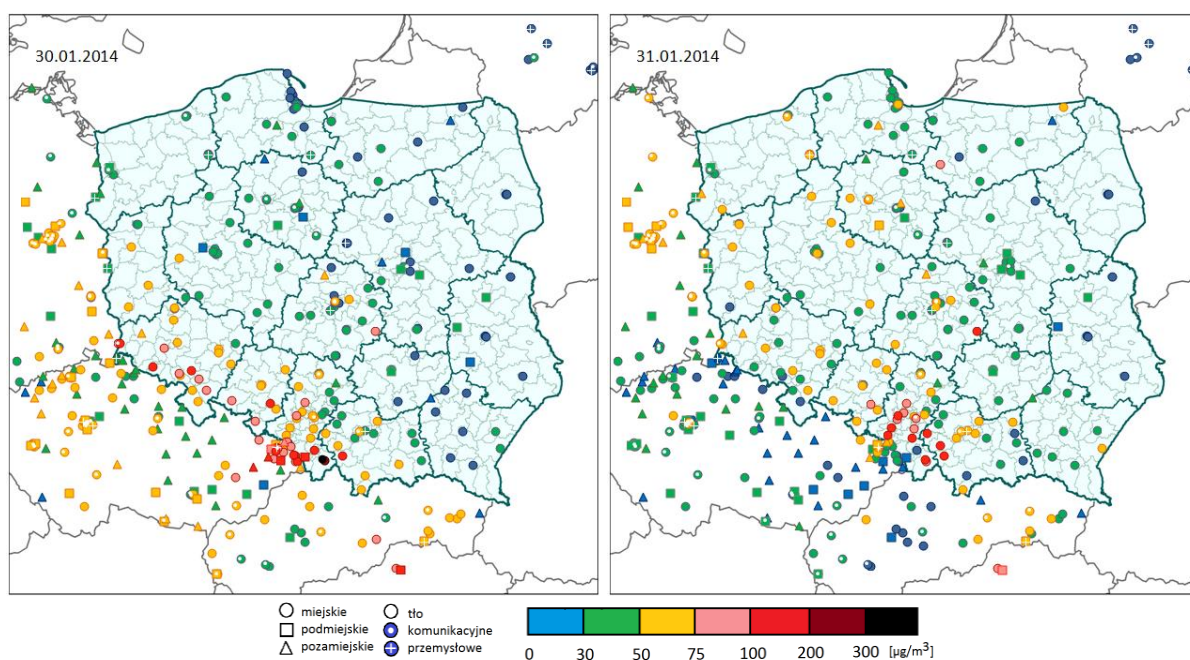
Rysunek 4.20-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 28-29.01.2014 r.

W dniu 28 stycznia 2014 r. obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń w Polsce zmniejszył się o woj. małopolskie i północną część woj. śląskiego (Rys.4.20-3). Wysokie stężenia notowano w ok. stukilometrowym pasie terenu wzdłuż granicy z Czechami i Niemcami. W Czechach stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na większej liczbie stanowisk (41) niż w Polsce (25). W tym dniu Polska znajdowała się na skraju wyżu z centrum nad Morzem Białym, nad Słowacją utworzył się mały ośrodek niżowy. Gradient poziomy ciśnienia atmosferycznego w południowo-zachodniej części Polski był mały. W Katowicach temperatura powietrza wynosiła od -9°C do -7°C . Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 31% stanowisk w Polsce, w tym na 33% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 20% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 13% stanowisk, w tym na 15% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na stacji podmiejskiej w Ustroniu w woj. śląskim ($168 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 10 stanowiskach w kraju - w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim - $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 29 stycznia 2014 r. obszar występowania wysokich stężeń w Polsce uległ dalszemu zmniejszeniu (Rys.4.20-3). Wysokie stężenia notowano w ok. pięćdziesięciokilometrowym pasie terenu wzdłuż granicy z Czechami. W Czechach stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na ok. 3 razy większej liczbie stanowisk (43) niż w Polsce (13). Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ notowane były na całym obszarze Czech, w zachodniej części Słowacji i w Polsce w wąskim terenu pasie przy granicy z Czechami.

W tym dniu Polska znajdowała się na skraju wyżu z centrum nad północną Rosją, w strefie oddziaływania frontu atmosferycznego. W Katowicach temperatura powietrza wynosiła

od -8 °C do -6 °C, wiał wschodni wiatr o prędkościach 4-7 m/s. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 19% stanowisk w Polsce, w tym na 20% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 7% stanowisk, w tym na 8% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania (200 µg/m³), zanotowano na stacji podmiejskiej w Jeleniej Górze (215 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 2 stanowiskach w kraju - w woj. śląskim i dolnośląskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 38 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - 56 µg/m³.

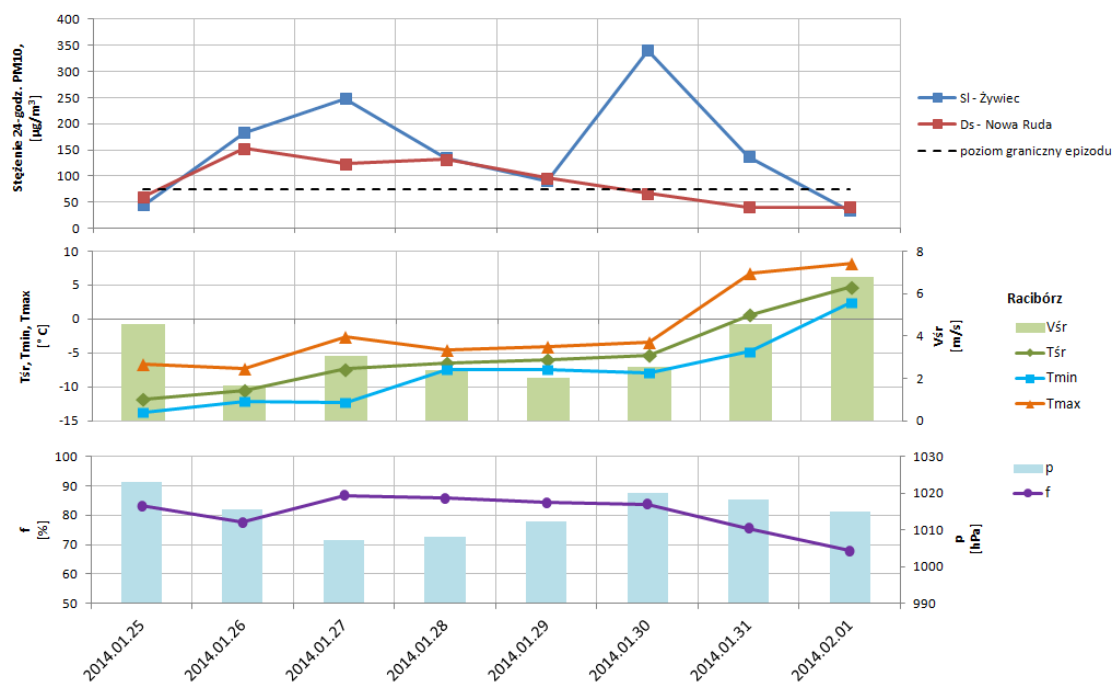


Rysunek 4.20-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 30-31.01.2014 r.

W dniu 30 stycznia 2014 r. nastąpił wzrost stężeń PM₁₀ w Polsce. Zwiększył się też obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń pyłu, obejmując miasta przeważającej części województw: lubuskiego, dolnośląskiego, opolskiego i śląskiego oraz część woj. małopolskiego i łódzkiego (Rys.4.20-4). W tym dniu Polska znajdowała się na skraju wyżu z centrum nad Rosją, w strefie oddziaływania ciepłego frontu atmosferycznego. W Katowicach temperatura powietrza wynosiła od -9 °C do -5 °C, wiał wschodni wiatr o prędkościach 4-7 m/s. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 31% stanowisk w Polsce, w tym na 32% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 20% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 11% stanowisk, w tym na 12% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na 2 stacjach w Żywcu (340 µg/m³ – przekroczenie poziomu alarmowego oraz 279 µg/m³ – przekroczenie poziomu informowania). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 10 stanowiskach, w 4 województwach: śląskim, dolnośląskim, małopolskim i opolskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 48 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - 80 µg/m³.

W dniu 31 stycznia 2014 r. nastąpił spadek stężeń na południu Polski (i w Czechach). Wzrosły stężenia w centralnej i zachodniej części kraju, w wielu miastach przekraczając poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a w kilku przekraczając też poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Poziom ten przekraczany był w wielu miastach woj. śląskiego (Rys.4.20-4). W tym dniu Polska znajdowała się na skraju wyżu z centrum nad Moskwą, w strefie oddziaływania ciepłego frontu atmosferycznego. W Katowicach temperatura powietrza wynosiła od -7°C do 3°C , wiał wschodni wiatr o prędkościach 4-8 m/s. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 36% stanowisk w Polsce, w tym na 35% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 9% stanowisk, w tym na 10% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na stacji w Suchoj Beskidzkiej w woj. małopolskim ($155 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 9 stanowiskach, w 3 województwach: śląskim, małopolskim i łódzkim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim - $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rys. 4.20-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Żywcu woj. śląskim oraz w Nowej Rudzie, w woj. dolnośląskim. Kulminacja epizodu miała miejsce w dniu 27.01.2014 r. W tym dniu stężenia PM10 przekraczały poziom graniczny epizodu w wielu miastach w południowej i zachodniej części Polski, w Czechach, Niemczech, na Słowacji i na Węgrzech. W Żywcu najwyższe stężenie PM10 podczas tego epizodu zanotowano 3 dni później, w dniu 30.01.2014 r. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Raciborzu, stacji meteorologicznej zlokalizowanej w pobliżu miast, gdzie podczas epizodu notowano najwyższe stężenia PM10.



Rysunek 4.20-5 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Raciborzu

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniu 26 stycznia 2014 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 29 stanowiskach tła w Czechach, głównie w rejonie Ostrawy i północno-zachodniej części Czech. Najwyższe stężenia notowane były w Ostrawie ($141 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i w miejscowości Frydek-Mistek ($142 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od poziomu granicznego epizodu wystąpiły także na jednym stanowisku tła w Niemczech (Żytawa – $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i na Słowacji.

Kolejnego dnia przekroczenie poziomu granicznego epizodu zanotowano na 21 stanowiskach tła w Czechach, również w rejonie Ostrawy i północno-zachodniej części Czech. Na 7 stanowiskach stężenie 24-godz. PM10 przekraczało poziom $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe stężenie ($277 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano na stacji tła w Czeskim Cieszynie. Poziom graniczny epizodu przekroczony był na 7 stanowiskach tła w Niemczech. Najwyższe stężenie PM10 ($86 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano we Frankfurcie nad Odrą. Na Słowacji przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 7 stanowiskach tła. Najwyższe stężenie ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zanotowano w Ružomberku. W dniu tym (27.01.2014 r.) wystąpiła kulminacja epizodu w Polsce, a także w krajach ościennych. Należy jednak zauważyć, iż w Czechach w następnych kilku dniach obszar pozostających pod wpływem wysokich stężeń pyłu był większy. Poziom maksymalnych rejestrowanych stężeń był jednak wówczas niższy.

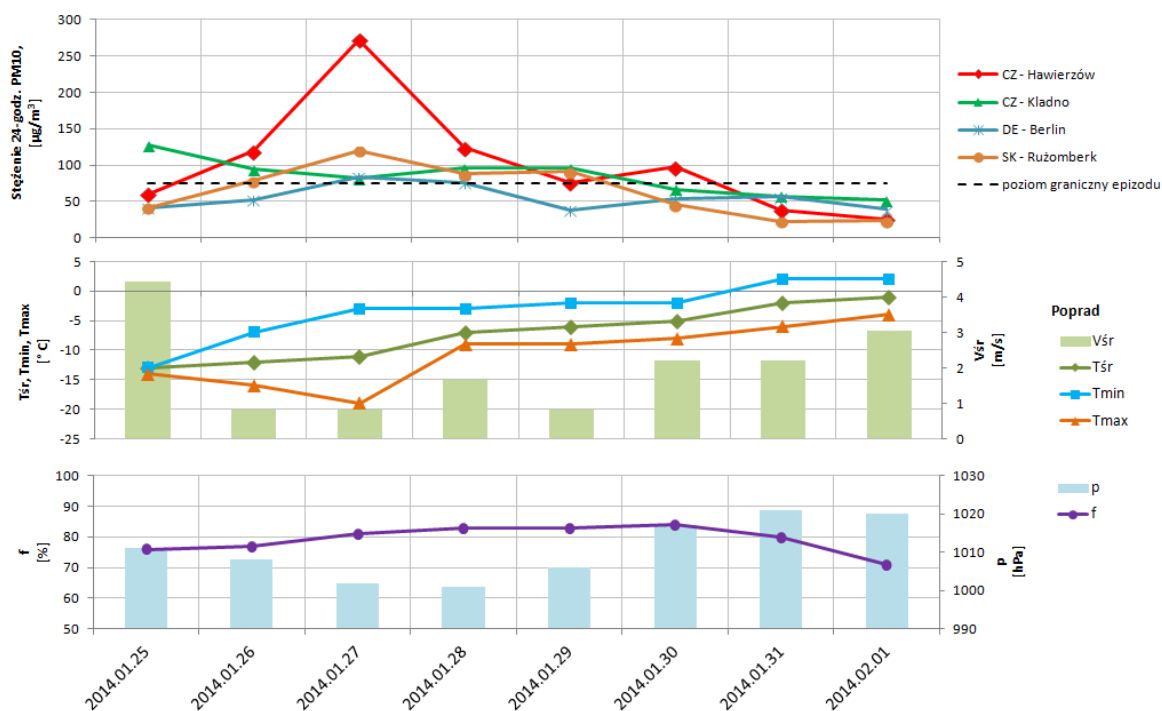
W dniu 28 stycznia 2014 r. wysokie stężenia PM10 notowane były na 32 stanowiskach tła w Czechach (ogółem na 41 stanowiskach), głównie w rejonie Ostrawy, Pragi i w kraju usteckim. Najwyższe stężenie zanotowano w Czeskim Cieszynie ($144 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Obszar objęty epizodem w Polsce wówczas ograniczył się i był mniejszy, niż w Czechach. W Niemczech przekroczenia poziomu granicznego epizodu wystąpiły na 4 stacjach tła (4 stacje w Berlinie). Maksymalne stężenie dobowe PM10 notowane w tym czasie w Niemczech wynosiło $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wysokie stężenia PM10 wystąpiły też na 3 stanowiskach na Słowacji.

Taka sama jak 28 stycznia liczba stanowisk zlokalizowanych w tych samych rejonach Czech wskazała przekroczenie poziomu granicznego epizodu również w kolejnym dniu (29.01.2014 r.). Najwyższe stężenie zanotowano w Nawsie k. Ostrawy ($115 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W Niemczech przekroczenie poziomu granicznego epizodu wystąpiło na jednej stacji – we Freibergu ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wysokie stężenia PM10 wystąpiły też na 5 stanowiskach tła na Słowacji, z maksimum $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Žilinie.

W ostatnim dniu epizodu w Czechach i na Słowacji, nastąpiło zmniejszenie liczby stanowisk z wysokimi poziomami stężenia PM10 - do 14 stanowisk tła w Czechach, głównie w rejonie Ostrawy (najwyższe stężenie w Czeskim Cieszynie – $117 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz do 1 stanowiska tła na Słowacji (Jelšava – $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W Polsce stężenia pyłu oraz obszar nimi objęty w tym dniu wzrosły. W dniu 31 stycznia w krajach ościennych nie notowano wysokich stężeń pyłu.

Na rys. 4.20-6 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Hawierzowie i Kladnie w Czechach, Berlinie w Niemczech i Ružomberku na Słowacji, a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Popradzie (Słowacja). Kulminacji

epizodu (27.01.2014 r.) towarzyszyło obniżenie minimalnej dobowej temperatury powietrza oraz średniej prędkości wiatru.



Rysunek 4.20-6 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w krajach ościennych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Popradzie (Czechy)

Tabela 4.20-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 26-31.01.2014 r.

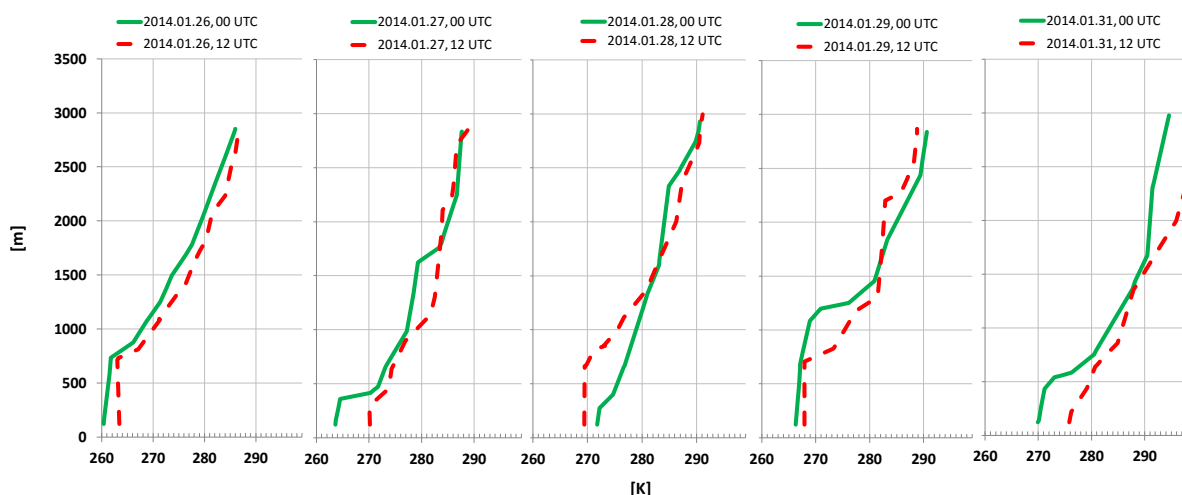
	Jedno- stka	2014-01- 26	2014-01- 27	2014-01- 28	2014-01- 29	2014-01- 30	2014-01- 31
Wszystkie stanowiska w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	49.1	59.0	44.5	38.2	47.9	49.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	39	42	31	19	31	36
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	16	27	13	7	11	9
% stanowisk z S24>S95	%	11	23	14	5	12	8
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	183	260	168	215	340	155
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	50.7	61.4	45.8	39.0	49.2	49.2
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	42	45	33	20	32	35
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	19	28	15	8	12	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	183	260	168	215	340	155
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	31.2	35.4	30.4	25.8	36.5	46.1
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	10	20	20	0	20	50
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	10	10	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	50	76	75	36	63	66

	Jedno- stka	2014-01- 26	2014-01- 27	2014-01- 28	2014-01- 29	2014-01- 30	2014-01- 31
Stanowiska tła poza granicami Polski							
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	1	7	3	5	1	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	29	21	32	32	14	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	1	7	4	1	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 26-31.01.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji 12425).

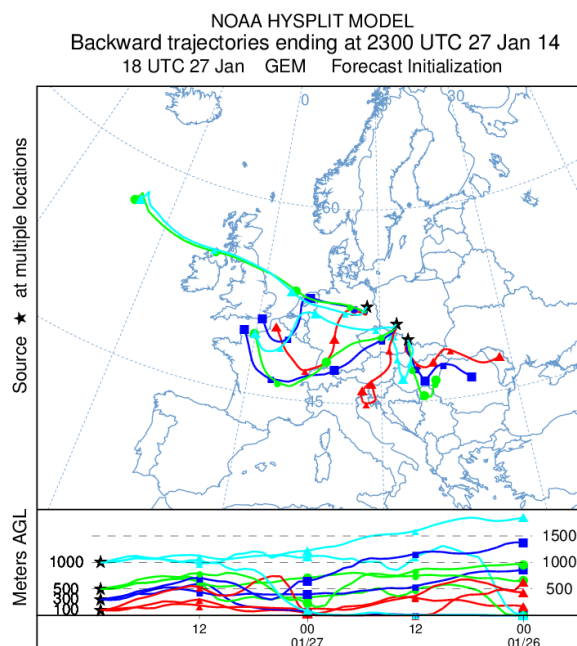
W analizowanym okresie przeważały w godzinach nocnych warunki równowagi stałej, a w ciągu dnia warunki równowagi obojętnej. Temperatura na stacji rosła w kolejnych dniach od -10°C (26.01, godziny nocne) do 2°C (31.01, godziny dzienne). Zmienność dobową temperatur była niewielka (około 2°C), za wyjątkiem dni 27.01 i 31.01, kiedy w godzinach nocnych temperatura spadła o około 5°C.

W ciągu całego analizowanego okresu na radiosondażach można zidentyfikować warstwy inwersyjne. Wysokość tych inwersji w kolejnych dniach zmienia się, początkowo kształtuje się ona na 500 m, by w środku analizowanego okresu występować na wysokości około 100 – 1200 m i ponownie, pod koniec okresu ponownie pojawić się na niższych wysokościach około 500 m.



Rysunek 4.20-7 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych we Wrocławiu w dniach 26-31.01.2014 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.20-8 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 27 stycznia 2014 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 7.01.2014 r. (Rys. 4.20-8), dla dwóch miast, w których na stacjach tła miejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀: dla Wrocławia (115 µg/m³), dla Ostrawy w Czechach (217 µg/m³) oraz dla Berlina (84 µg/m³).

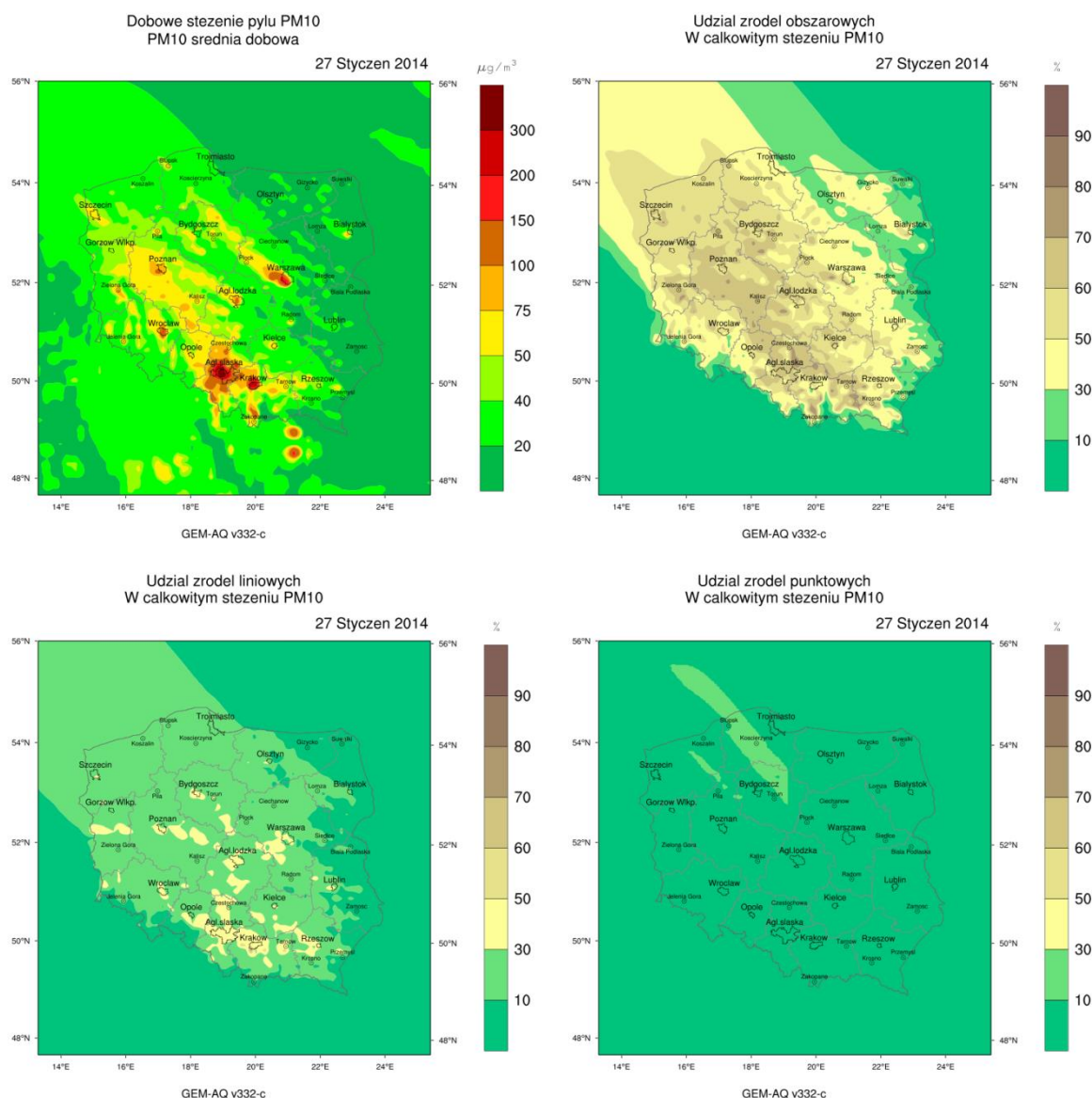
Trajektorie dla poziomu 100 i 300 m, obliczone dla Berlina prowadzą z północnej Francji początkowo na południe, a potem na północny wschód nad krajami Beneluxu (trajektoria 300 m) i Niemiec. Do Berlina trajektorie dla wszystkich poziomów docierają od zachodu. Na stężenia w Berlinie w tym dniu nie mają zatem wpływu emisje zanieczyszczeń z Polski.

Trajektorie dla Wrocławia i poziomów 300, 500 i 1000 m zaczynają się w północnej Francji i początkowo kierują się na południe, a po 12 godzinach skręcają na wschód i prowadząc nad Niemcami i Czechami docierają od zachodu do Wrocławia. Trajektoria dla 100 m rozpoczyna się nad Słowenią i po kilku zmianach kierunku w pierwszych 24 godzinach ostatecznie kieruje się na północ nad Austrią i Czechami do Wrocławia.

Do Ostrawy trajektorie docierają od południa poprzez wschodnie Czechy, Słowację, Węgry, Rumunię i Mołdowę. Na stężenia w Ostrawie w tym dniu nie mają zatem wpływu emisje zanieczyszczeń z Polski. Stężenia PM₁₀ w południowej Polsce, szczególnie w woj. śląskim, mogą być związane z napływem zanieczyszczonego powietrza z rejonu Ostrawy w Czechach.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

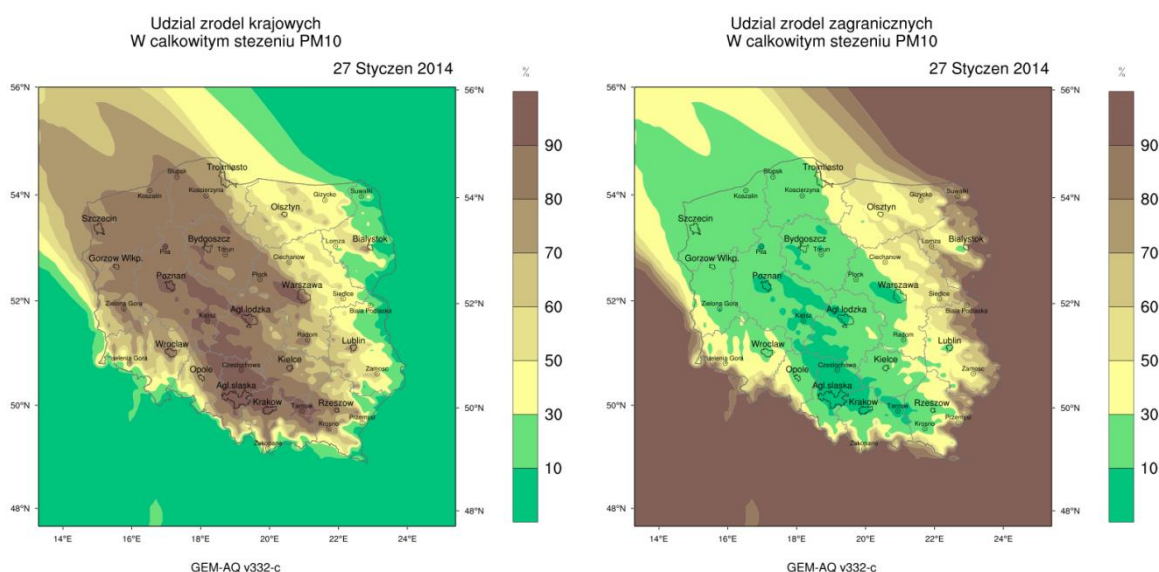
Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 27.01.2014 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w południowo-zachodniej i centralnej Polsce. Pomiary stężeń wskazują, że w tym dniu wysokie stężenia notowane były w pasie przygranicznych województw od małopolskiego do lubuskiego. Według obliczeń wysokie stężenia PM10 miały wystąpić w aglomeracji warszawskiej, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów.



Rysunek 4.20-9 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 27 stycznia 2014 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.20-9), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (maksymalnie do 80% wartości

stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 30-70%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) – 30 do 50% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych, ale nie jest silnie zaznaczony. Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki, przeważnie nie przekraczał 10%, za wyjątkiem woj. kujawsko-pomorskiego i pomorskiego.



Rysunek 4.20-10 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 27 stycznia 2014 r.

O wysokości stężeń PM10 w obszarach objętych epizodem na terenie Polski decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 na terenach leżących wzdłuż granicy południowej, wschodniej i północnej. Szczególnie duży zasięg i udział procentowy w stężeniu mają emisje zagraniczne na terenie woj. lubelskiego, mazowieckiego, podlaskiego i warmińsko-mazurskiego. Stężenia PM10 notowane wówczas w tych województwach były niskie. W wynikach modelowania zauważalny jest wpływ emisji z Czech z rejonu Ostrawy na wysokie stężenia notowane podczas epizodu w woj. śląskim, a także dość znaczny wpływ (do 50%) emisji z Czech na kształtowanie się stężeń na Dolnym Śląsku. Polskie źródła emisji wpływały na poziom stężeń pyłu PM10 nad południowym Bałtykiem oraz na północno-wschodnich krańcach Niemiec.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

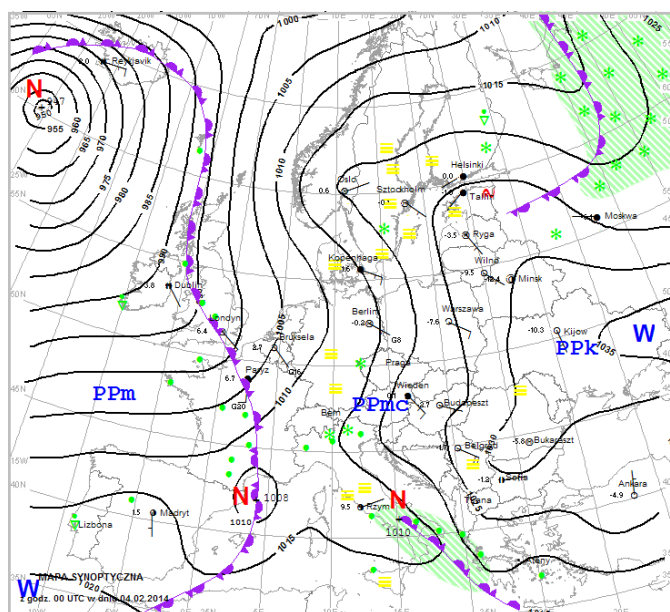
Epizod wysokich stężeń 26-31.01.2014 r. objął swym zasięgiem przede wszystkim 4 województwa położone przy granicy z Czechami i Niemcami oraz woj. małopolskie.

Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły też w Czechach, w Niemczech, na Słowacji i na Węgrzech. Podczas trwania epizodu wystąpiło w Polsce 5 przypadków przekroczenia poziomu informowania (200 µg/m³) oraz jedno przekroczenie poziomu alarmowego (300 µg/m³) – w Żywcu. Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. Przyczyny epizodu należy upatrywać w zintensyfikowanej emisji związanej z ogrzewaniem przydomowym na skutek niskich temperatur powietrza. Emisje z Czech, głównie z rejonu Ostrawy, wpływały na wysokie stężenia notowane w woj. śląskim.

4.21. Epizod 21. Od 3 do 6 lutego 2014

Sytuacja synoptyczna

3 lutego 2014 Polska znajdowała się w zasięgu klina wyżowego znad Rosji i suchych mas powietrza polarnego kontynentalnego. Linia frontu rozdzielająca masy powietrza kontynentalnego i morskiego przechodziła przez północno-zachodnią część kraju, gdzie wystąpiły niewielkie opady deszczu. W ciągu dnia w całym kraju temperatury były dodatnie około 5°C, w nocy poniżej 0°C. 4 lutego klin wyżowy rozbudował się w kierunku północnym. Niebo było przeważnie bezchmurne co skutkowało większymi spadami temperatury w ciągu nocy i większymi wzrostami w godzinach dziennych, w stosunku do dnia poprzedniego. 5 lutego niż znad północnego Atlantyku powoli wkraczał na terytorium Europy. Nad Polską utrzymywały się nadal bezchmurne warunki. Temperatura powietrza wzrastała. 6 lutego przeważający obszar Europy był pod wpływem niżu znad Wysp Brytyjskich. W tym dniu zachmurzenie nad było Polską niewielkie. Temperatury bez zmian, dodatnie w ciągu dnia dodatnie a w nocy nieznacznie poniżej 0°C.



Rysunek 4.21-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 4 lutego 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

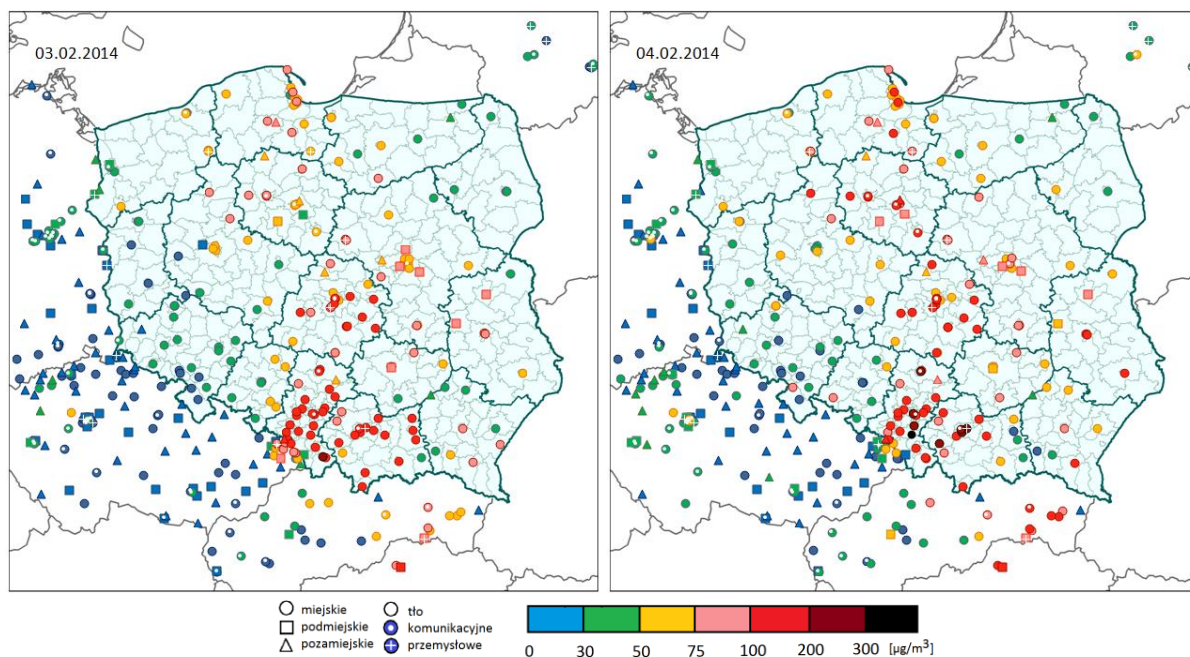
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 3-6.02.2014 r. objął swym zasięgiem większość terytorium Polski z wyłączeniem jej części zachodniej i północno-wschodniej. Podwyższone i wysokie stężenia PM10 wystąpiły od woj. śląskiego i podkarpackiego po woj. pomorskie i warmińsko-mazurskie. Najwyższe stężenia i największa liczba przypadków przekroczeń poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w woj. śląskim. Podczas trwania epizodu wystąpiło 8 przypadków przekroczenia poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz jedno przekroczenie poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wybrane informacje o stężeniach PM10 w tym okresie zamieszczono w tabeli 4.21-1.

W dniu 3 lutego 2014 r. stężenia PM10 przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na przeszło 80 stanowiskach w 11 województwach, w tym na 39 z 47 stanowisk w woj. śląskim i małopolskim (Rys. 4.21-2). Podwyższone i wysokie stężenia PM10 występowały nie tylko na południu Polski, ale i w części centralnej i północnej kraju. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu klina wyżowego znad Rosji i suchych mas powietrza polarnego kontynentalnego. Linia frontu rozdzielająca masy powietrza kontynentalnego i morskiego przechodziła przez północno-zachodnią część kraju, gdzie wystąpiły niewielkie opady deszczu.

Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 70% stanowisk w Polsce, w tym na 69% stanowisk tła miejskiego oraz na 60% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 42% stanowisk, w tym na 44% stanowisk tła miejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zanotowano w Żywcu w woj. śląskim ($203 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na 44 stanowiskach w 3 województwach (śląskie, małopolskie, łódzkie) 24-godz. stężenie PM10 przekroczyło poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk z woj. śląskiego i małopolskiego - $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 6 stanowiskach tła w Czechach (w rejonie Ostrawy), a także na jednym stanowisku tła na Słowacji.



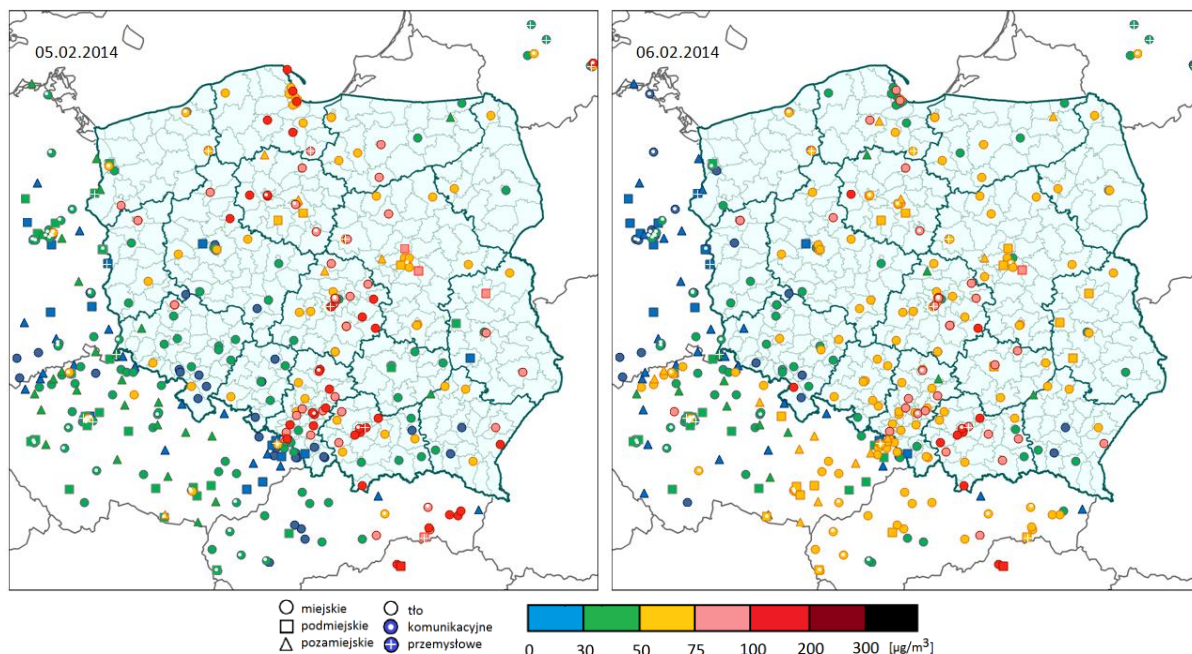
Rysunek 4.21-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 3-4.02.2014 r.

W dniu 4.02.2014 r. – kulminacyjnym dniu epizodu – wzrosła wysokość stężeń PM₁₀, przekraczając w Pszczynie w woj. śląskim poziom 300 µg/m³ (Rys. 4.21-2). Obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń nie zmienił się zasadniczo w stosunku do dnia poprzedniego. Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły na ok. 140 stacjach. Najwyższe stężenia notowane były w woj. śląskim i małopolskim.

W tym dniu klin podwyższonego ciśnienia atmosferycznego związany z wyżem z centrum nad wschodnią Ukrainą rozbudował się w kierunku północnym. Niebo było przeważnie bezchmurne co skutkowało większymi spadami temperatury w ciągu nocy i większymi wzrostami w godzinach dziennych, w stosunku do dnia poprzedniego. Dobowa amplituda temperatury powietrza na stacji w Katowicach wynosiła 17 stopni. Wiatr był słaby z kierunków zmiennych, okresowo występowała cisza wiatrowa.

Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w 74% stanowisk w Polsce, w tym na 74% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 60% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 48% stanowisk, w tym na 46% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 40% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom alarmowy (300 µg/m³), zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim (313 µg/m³). Stężenia wyższe od poziomu informowania 200 µg/m³ wystąpiły na 7 stanowiskach w woj. śląskim i małopolskim. Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 54 stanowiskach w kraju, w 8 województwach, w tym na 19 z 25 stanowisk w woj. śląskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 86 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim 150 µg/m³.

Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na jednym stanowisku tła w Czechach (w rejonie Ostrawy), a także na 6 stanowiskach tła na Słowacji oraz na 2 stanowiskach tła na Węgrzech.



Rysunek 4.21-3 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 5-6.02.2014 r.

W dniu 5 lutego 2014 r. obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń w Polsce nie zmienił się istotnie w porównaniu z dniem poprzednim (Rys.4.21-3). Stężenia lekko obniżyły się, ale w dalszym ciągu występowały liczne przypadki przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przez stężenia 24-godz. PM10. Przekroczenia takie wystąpiły na przeszło 60 stanowiskach pomiarowych. Podwyższone i wysokie stężenia PM10 notowane były we wschodniej części Słowacji i na Węgrzech.

W tym dniu niż znad północnego Atlantyku powoli wkraczał na terytorium Europy. Nad Polską utrzymywały się nadal bezchmurne warunki. Temperatura powietrza wzrastała. Wschodnia połowa kraju znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad południową Ukrainą. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 66% stanowisk w Polsce, w tym na 64% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 32% stanowisk, w tym na 32% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na stacji komunikacyjnej w Krakowie ($194 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stacji tła – na stacji w Rybniku w woj. śląskim ($177 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 29 stanowiskach w kraju, w 7 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, łódzkim, kujawsko-pomorskim i pomorskim - $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

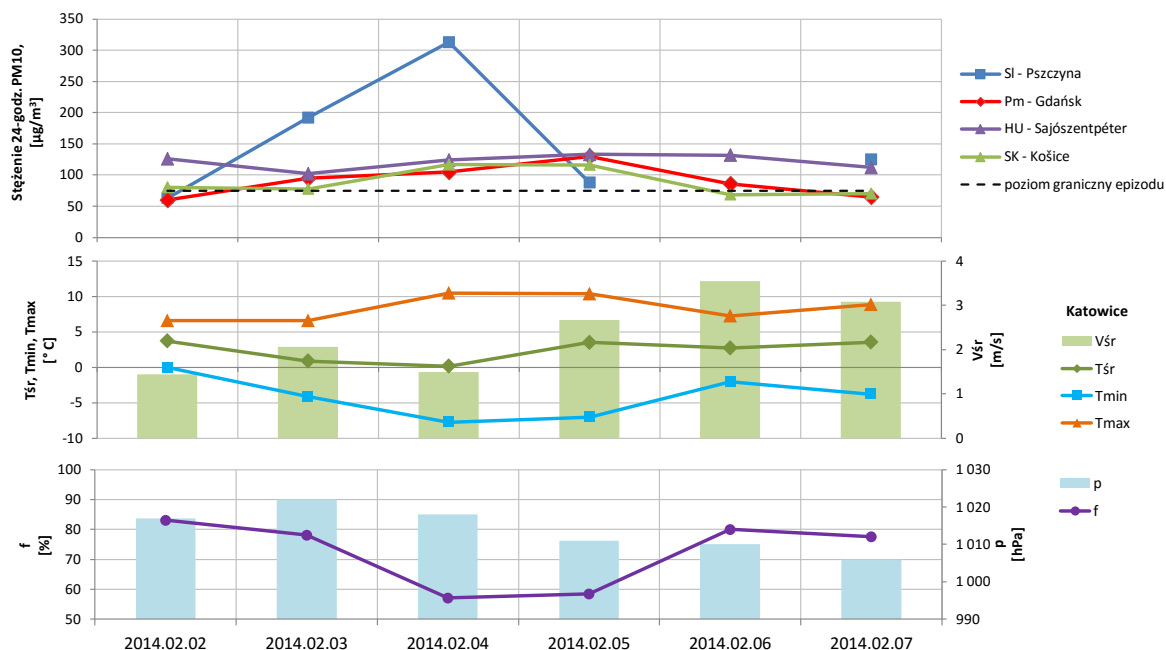
W dniu 5.01.2014 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na jednym stanowisku tła w Czechach oraz na 6 stanowiskach tła na Słowacji i na 2 stanowiskach tła na Węgrzech.

W dniu 6 lutego 2014 r. obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń w Polsce nie zmienił się istotnie w porównaniu z dniem poprzednim (Rys.4.21-3). Stężenia lekko obniżyły się, ale w dalszym ciągu poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na przeszło 130 stanowiskach, a poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na ok. 40 stanowiskach w Polsce. Podwyższone stężenia PM10 notowane były w Czechach, na Słowacji i na Węgrzech.

W tym dniu Polska znajdowała się na skraju nizu znad Wysp Brytyjskich. Zachmurzenie nad było Polską niewielkie. Temperatury dodatnie w ciągu dnia, a w nocy około 0°C . W Katowicach temperatura powietrza wynosiła od 0°C do 6°C , wiał wiatr z południowego zachodu i z kierunków zmiennych o prędkościach $0.5\text{--}5 \text{ m/s}$. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 69% stanowisk w Polsce, w tym na 69% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 40% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 20% stanowisk, w tym na 19% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na stacjach w woj. małopolskim: Zakopanem, Proszowicach i Krakowie ($136\text{--}137 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 9 stanowiskach, głównie w woj. małopolskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim - $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podwyższone stężenia PM10, przekraczające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na przeszło 40 stacjach w Czechach i przeszło 20 na Słowacji oraz na 2 uwzględnionych w analizach stacjach węgierskich.

Na rys. 4.21-4 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Pszczynie woj. śląskim, Gdańsku, a także w Koszycach na Słowacji i Sajószentpéter na Węgrzech. W Polsce kulminacja epizodu miała miejsce w dniach 4.02.2014 r. na południu kraju (w Pszczynie stężenie przekroczyło $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i 5.02.2014 r. na północy kraju, natomiast na Słowacji i na Węgrzech dzień-dwa później. Na wykresie przedstawiono również wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Katowicach.



Rysunek 4.21-4 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach.

Tabela 4.21-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 3-6.02.2014 r.

	Jednostka	2014-02-03	2014-02-04	2014-02-05	2014-02-06
Wszystkie stanowiska w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	75.3	86.3	67.8	60.3
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	70	74	66	69
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	42	48	32	20
% stanowisk z S ₂₄ >S ₉₅	%	52	63	43	19
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	203	313	194	137
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	75.7	84.2	66.1	60.4
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	69	74	64	69
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	44	46	32	19
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	203	313	177	137
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce					
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	53.4	63.5	54.3	44.4
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	60	60	50	40
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	10	40	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	79	101	72	60
Stanowiska tła poza granicami Polski					
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ na Słowacji	-	1	6	6	1
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Czechach	-	6	1	1	1

	Jednostka	2014-02-03	2014-02-04	2014-02-05	2014-02-06
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 3-6.02.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacjach Poprad - Ganovce (Słowacja, nr stacji. 11952) i Legionowo (Polska, 12374).

W trakcie całego analizowanego okresu warunki równowagi atmosferycznej na polskiej stacji wskazywały na występowanie silnie stałej równowagi w ciągu godzin nocnych, związanych z rozbudowującymi się inwersjami. W ciągu dnia w warstwie przyziemnej przeważała równowaga obojętna lub warunkowo chwiejna, powyżej – zwykle inwersje podniesione.

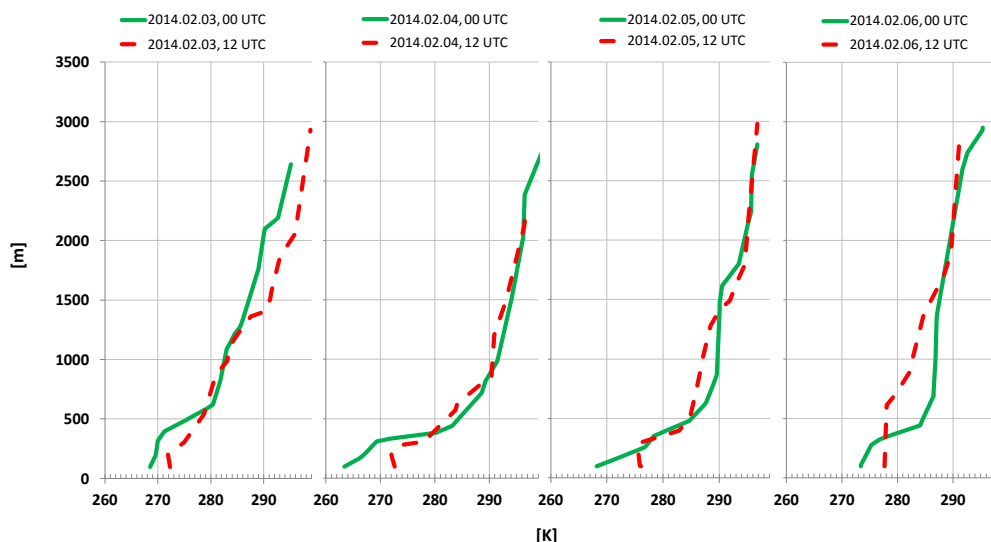
Temperatura w ciągu kolejnych dni kształtowała się na poziomie $4 \pm 2^\circ\text{C}$, nocą spadała do ok. -2°C .

Warunki inwersyjne w warstwie przyziemnej w godzinach nocnych:

- 04.02.2014 - do wysokości około 350 m,
- 05.02.2014 - do wysokości około 500 m,
- 06.02.2014 - do wysokości około 500 m.

Inwersje podniesione:

- 03.02.2014 - od wysokości odpowiednio dla godzin nocnych i dziennych 300 m i 250 m i grubości około 150 m,
- 04.02.2014 w godzinach dziennych, od wysokości 200 m do wysokości 300 m,
- 05.02.2014 w godzinach dziennych, od wysokości 300 m do wysokości 400 m.



Rysunek 4.21-5 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondazy aerologicznych w Legionowie w dniach 3-6.02.2014 r.

Analiza warunków stabilności na słowackiej stacji kształtowała się dość podobnie. W ciągu nocy występowała równowaga silnie stała z częstymi epizodami inwersji przyziemnych. W ciągu dnia w warstwie przyziemnej panowały warunki równowagi obojętnej lub chwiejnej, ponad warstwą przyziemną – warunki równowagi stałej związanej z obecnością inwersji podniesionych.

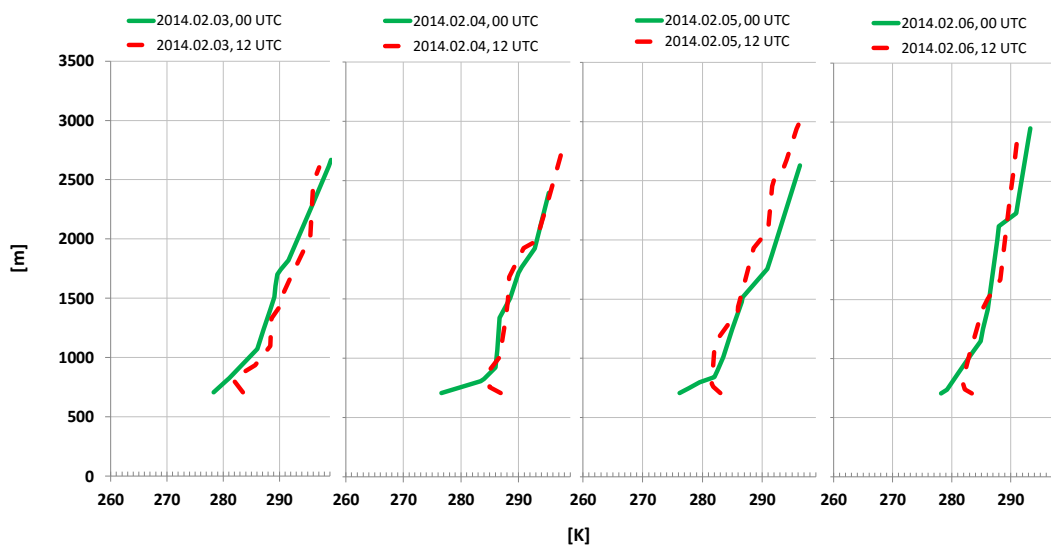
Temperatury w ciągu dnia wynosiła ok. 2-3°C, nocą temperatura spadała o około 5-6°C.

Warunki inwersyjne w warstwie przyziemnej w godzinach nocnych:

- 04.02.2014 - do wysokości około 250 m,
- 05.02.2014 - do wysokości około 300 m,
- 06.02.2014 - do wysokości około 50 m.

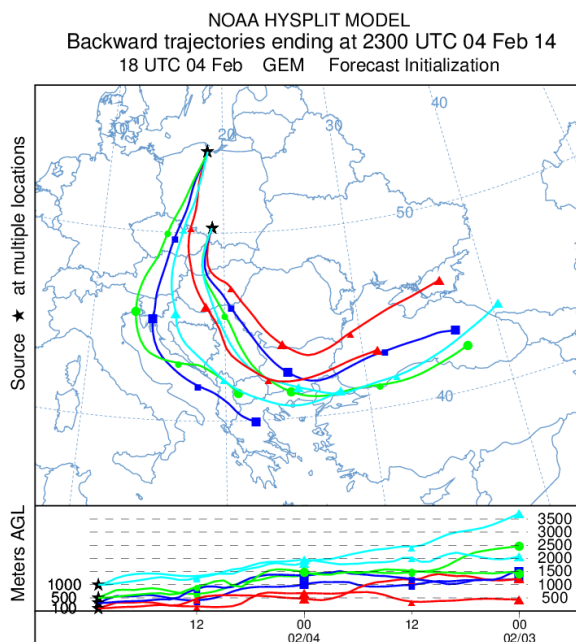
Inwersje podniesione, obserwowane w godzinach dziennych:

- 03.02.2014 - od wysokości 100 m do wysokości 200 m,
- 04.02.2014 - od wysokości 100 m do wysokości 200 m,
- 05.02.2014 - od wysokości 100 m do wysokości 200 m.



Rysunek 4.21-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Popradzie-Ganovce w dniach 3-6.02.2014 r.

Trajektorie wsteczne

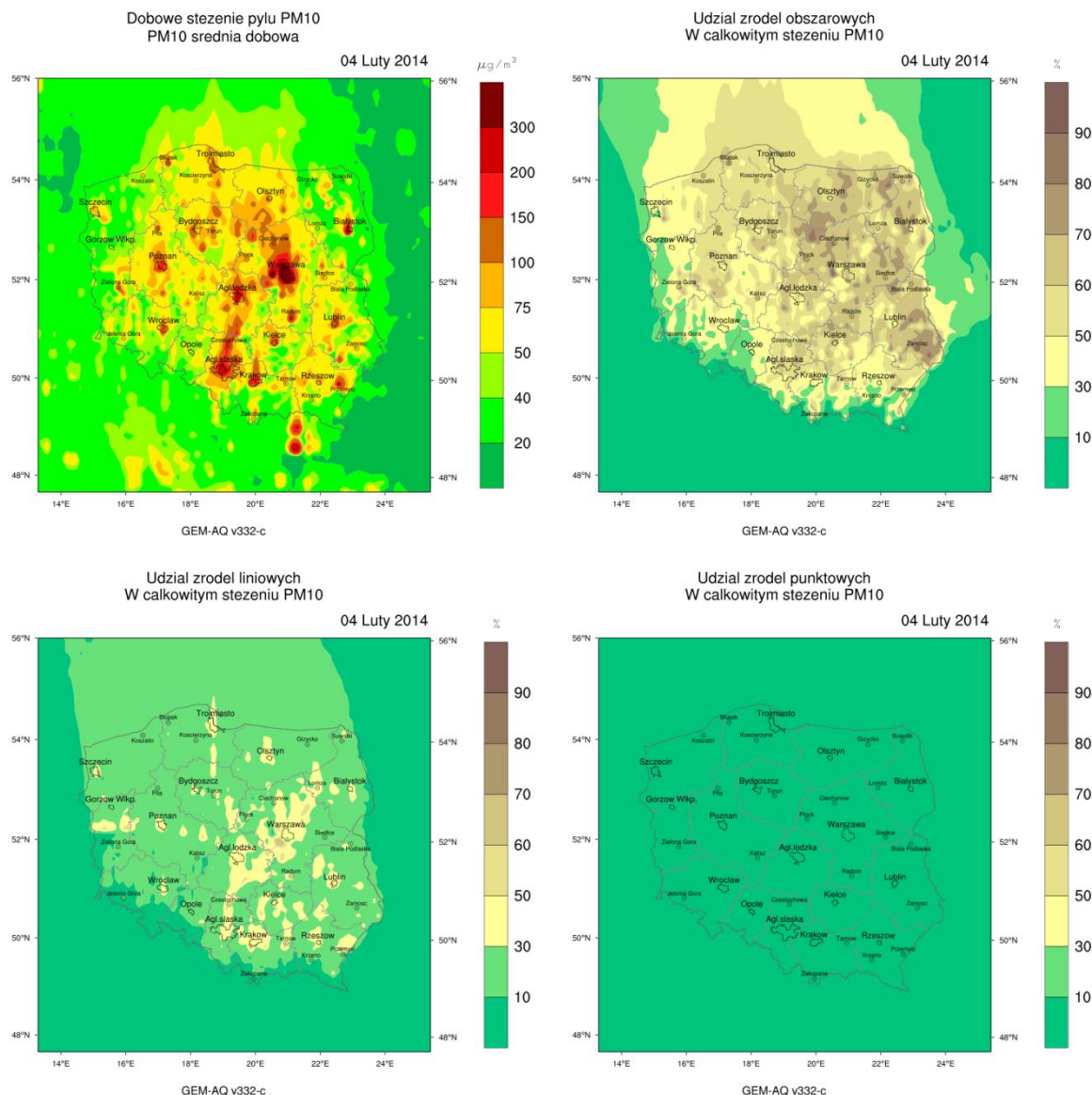


Rysunek 4.21-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 4 lutego 2014 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla dnia 4.02.2014 r. dla Gdańska ($105 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Katowic ($203 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Zbliżony kształt trajektorii dla różnych wysokości w obu dość odległych lokalizacjach świadczy o wpływie cyrkulacji dużej skali. Początki trajektorii znajdują się w rejonie Morza Czarnego (za wyjątkiem trajektorii na poziomie 300 m, która rozpoczyna się na obszarze Grecji). Kierunek wiatru ma charakter antycykloniczny. Nad Katowice masy powietrza napłynęły z obszaru Czech i Słowacji, natomiast nad Gdańsk - z południowo-zachodnich i centralnych województw polskich. Trajektorie najniższego poziomu wskazują na ruchy osiadające w dużej skali od kilkuset metrów do poziomu 100 m.

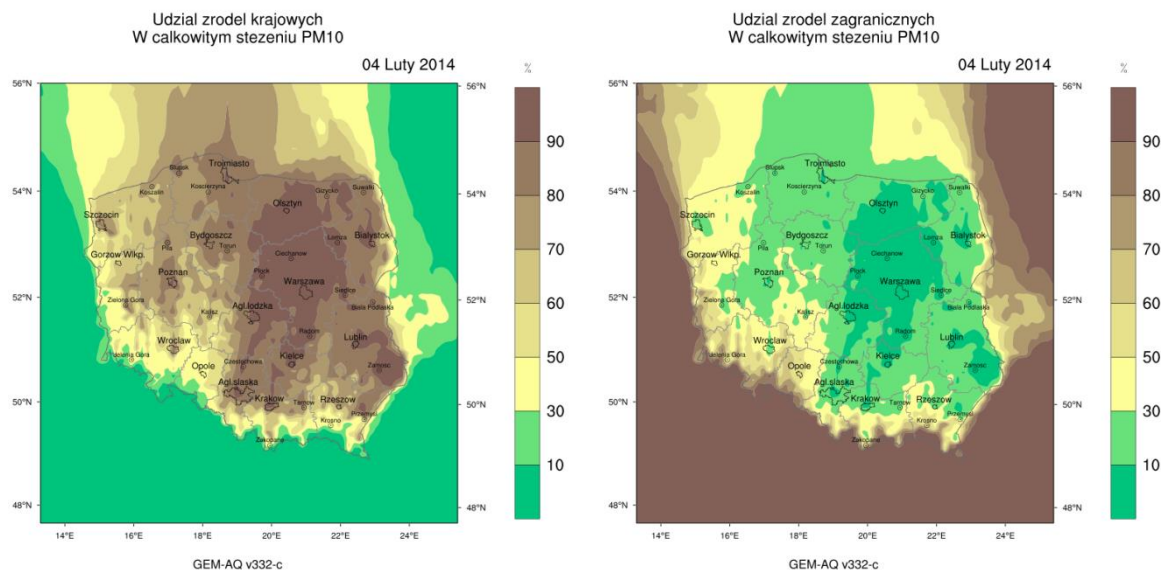
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Obszar wystąpienia epizodu w jego dniu referencyjnym, wskazywany zarówno przez wyniki modelowania, jak i pomiarów, to środkowy pas województw, sięgający od południa, poprzez centrum do północy kraju. Nasilenie stężeń nastąpiło zwłaszcza w województwach: śląskim, małopolskim, łódzkim i części mazowieckiego. Wynikające z obliczeń poziom oraz zasięg wysokich stężeń PM₁₀ w rejonie aglomeracji warszawskiej, nie potwierdzony pomiarami, można uznać za przeszacowany.



Rysunek 4.21-8 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 4 lutego 2014 r.

Wyniki modelowania wskazują na przeważający udział źródeł emisji powierzchniowej w tworzeniu się wysokich stężeń pyłu PM10 (maksymalnie do 80%). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji przekracza zwykle 60%. Na obszarach aglomeracji znaczący jest również udział źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 50%, natomiast w pozostałych rejonach - ok. 10-30%. Udział źródeł punktowych w tworzeniu się stężenia pyłu na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki (poniżej 10%).



Rysunek 4.21-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 4 lutego 2014 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w kraju decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. W dniu 4.02.2014 r. wpływ emisji spoza kraju miał istotny udział w kształtowaniu stężeń PM₁₀. Zagraniczne źródła emisji były odpowiedzialne za 30-50% wartości stężeń PM₁₀ na ok. stukilometrowym pasie terenu rozciągającym się wzdłuż południowej granicy Polski. Na przeważającym obszarze kraju udział źródeł zagranicznych wahał się w granicach 10-30%. W zachodniej i południowo-zachodniej części kraju wpływ ten był większy (30-60%). W województwie Opolskim wpływ źródeł zagranicznych sięgał 60%. Ze względu na przeważający kierunek wiatru Polska oddziaływała transgranicznie na kierunku północnym. Krajowe źródła emisji miały wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ na obszarze Morza Bałtyckiego, Obwodu Kaliningradzkiego oraz, na mniejszym obszarze na Ukrainy.

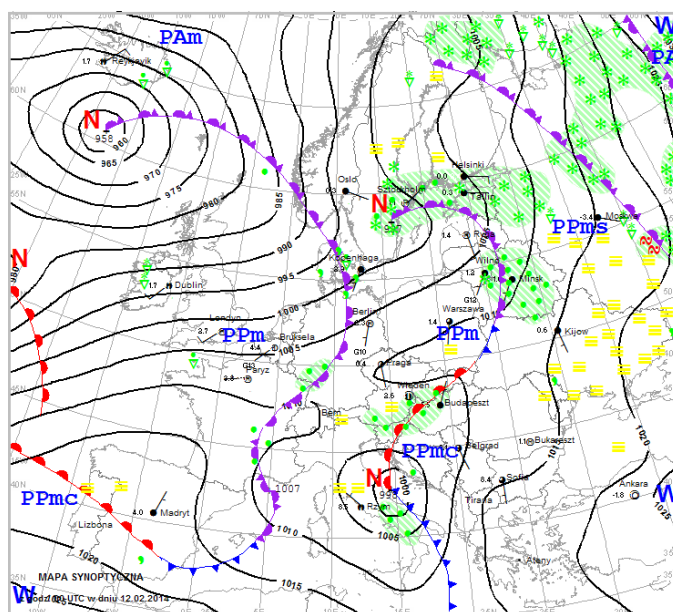
Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Epizod wysokich stężeń 3-6.02.2014 r. objął swym zasięgiem większość terytorium Polski z wyłączeniem jej części zachodniej i północno-wschodniej. Jako jego główną przyczynę należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. Kształt trajektorii wstecznych wyznaczonych dla lokalizacji północnej (Gdańsk) pozwala wnioskować o napływie zanieczyszczonego powietrza z centralnego i południowego rejonu kraju. W trakcie całego okresu epizodu, w godzinach nocnych występowały warunki silnie stałej równowagi atmosferycznej, związanych z rozbudowującymi się inwersjami. W województwach zachodnich i południowych dość znaczny był udział emisji spoza granic Polski. Ponadto w trakcie epizodu notowano rozwój silnych inwersji przypowierzchniowych, które ograniczały dyspersję PM₁₀.

4.22. Epizod 22. Od 12 do 13 lutego 2014

Sytuacja synoptyczna

12 lutego 2014 Polska znajdowała się w zasięgu rozległego obszaru niskiego ciśnienia. Przez obszar kraju przechodził front okluzji związany z niżem znad Atlantyku. Zachmurzenie w strefie frontowej było duże, z opadami deszczu i śniegu z deszczem. W ciągu dnia strefa opadów przemieszczała się w głąb kraju. Temperatury utrzymywały się dodatnie w godzinach dziennych, w nocy około 0°C lub nieco poniżej 0°C. 13 lutego temperatura nieco wzrosła w stosunku do dnia poprzedniego. Polska znalazła się w zasięgu słabego wyżu z czym wiązało się niewielkie zachmurzenie.



Rysunek 4.22-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 12 lutego 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

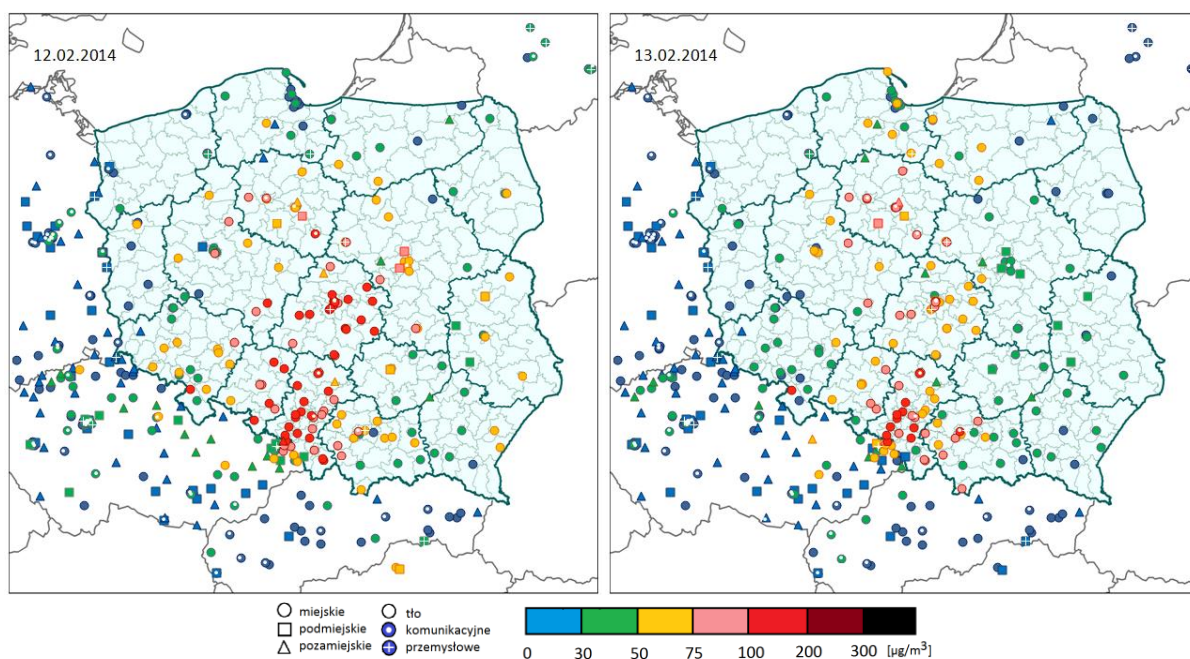
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 12-13.02.2014 r. objął swym zasięgiem centrum i środkowe południe kraju. Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły od woj. śląskiego i opolskiego po woj. kujawsko-pomorskie i mazowieckie. Najwyższe stężenia i największa liczba przypadków przekroczeń poziomu 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w woj. śląskim i łódzkim. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ w tym okresie zamieszczono w tabeli 4.22-1.

W dniu 12 lutego 2014 r. stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na przeszło ok. 70 stanowiskach, w tym na 44 z 49 stanowisk w woj. śląskim i łódzkim (Rys. 4.22-2). W tym dniu północno-zachodnia połowa kraju znajdowała się w zasięgu rozległego obszaru niskiego ciśnienia z centrum w pobliżu Islandii. Druga część Polski znajdowała się pod wpływem kształtującego się stopniowo w ciągu dnia słabego wyżu. Wiatr był słaby, niekiedy z kierunków zmiennych, przez wiele godzin występowała cisza wiatrowa. Stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 61% stanowisk w Polsce, w tym na 62% stanowisk tła miejskiego oraz na 30% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był

na 35% stanowisk, w tym na 36% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na stacji komunikacyjnej w Łodzi ($176 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz na stacjach tła miejskiego w Rybniku w woj. śląskim ($168 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i w Brzezinach w woj. łódzkim ($165 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na 38 stanowiskach w 6 województwach (ale głównie w woj. śląskim i łódzkim) 24-godz. stężenie PM10 przekroczyło poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk z woj. śląskiego i łódzkiego - $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 4 stanowiskach tła w Czechach (w rejonie Ostrawy).



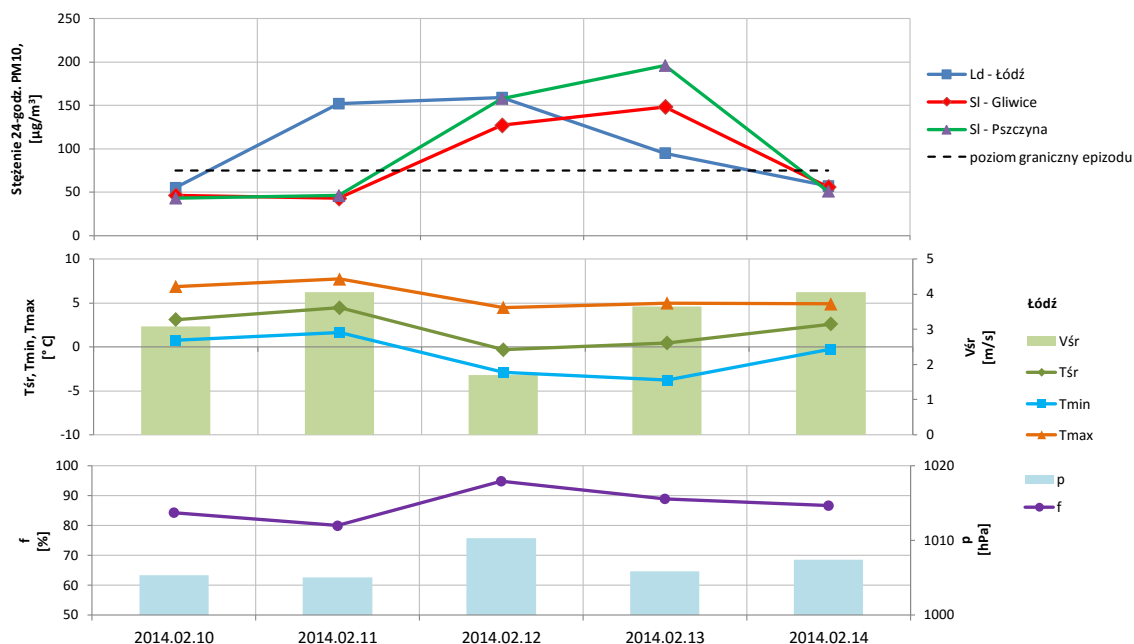
Rysunek 4.22-2 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 12-13.02.2014 r.

W dniu 13.02.2014 r. na dużym obszarze Polski stężenia PM10 były niższe niż dzień wcześniej (Rys. 4.22-2), w niektórych miastach na Śląsku stężenia wzrosły. Obszar występowania podwyższonych i wysokich stężeń zmniejszył się o woj. mazowieckie i dolnośląskie (za wyjątkiem miasta Nowa Ruda). Podwyższone i wysokie stężenia PM10 wystąpiły na ok. 90 stacjach. Najwyższe stężenia notowane były w woj. śląskim.

W tym dniu Polska znalazła się w zasięgu słabego wyżu z centrum nad Austrią, zachmurzenie było małe. Miejscami okresowo występowały mgły. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 45% stanowisk w Polsce, w tym na 45% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 22% stanowisk, w tym na 21% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim ($196 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 12 stanowiskach w kraju, w 3 województwach, w tym na 10 z 25 stanowisk w woj. śląskim. Stężenie dobowe uśrednione

dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim $108 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rys. 4.22-3 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Pszczynie i Gliwicach woj. śląskim oraz w Łodzi oraz wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Łodzi. W woj. łódzkim najwyższe stężenia PM10 notowano w dniu 12.02.2014 r., przy słabym wietrze (średnia prędkość ok. 1 m/s), w woj. śląskim wyższe stężenia wystąpiły w dniu następnym.



Rysunek 4.22-3 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Łodzi.

Tabela 4.22-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 12-13.02.2014 r.

	Jednostka	2014-02-12	2014-02-13
Wszystkie stanowiska w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	67.3	54.7
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	61	45
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	35	22
% stanowisk z $S_{24} > S_{95}$	%	27	13
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	176	196
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	68.0	54.4
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	62	45
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	36	21
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	168	196
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce			
Uśrednione stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	38.3	42.3
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	30	10

	Jednostka	2014-02-12	2014-02-13
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	85
Stanowiska tła poza granicami Polski			
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	4	1
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 12-13.02.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, 12374).

W trakcie analizowanego okresu w godzinach nocnych występowała równowaga silnie stała związana z występowaniem inwersji przyziemnych i stała ponad warstwą przyziemną. W ciągu dni przeważały warunki równowagi stałej za wyjątkiem 13.02, który charakteryzował się warunkami równowagi obojętnej. Temperatura powietrza na stacji w poszczególnych dniach nie zmieniała się znacząco i wynosiła ok. 0°C.

Warunki inwersyjne w warstwie przyziemnej w godzinach nocnych:

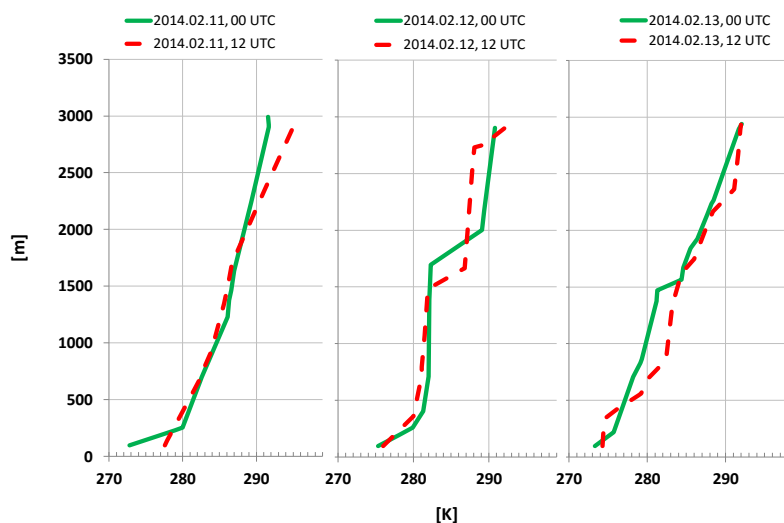
- 11.02.2014 - do wysokości około 350 m,
- 12.02.2014 - do wysokości około 400 m,
- 13.02.2014 - do wysokości około 200 m.

Warunki inwersyjne w warstwie przyziemnej w godzinach dziennych:

- 12.02.2014 - do wysokości około 350 m.

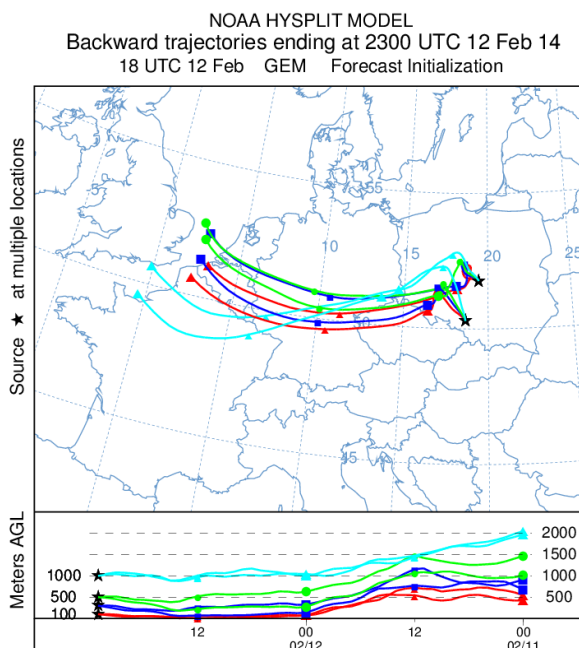
Inwersje podniesione, obserwowane w godzinach dziennych:

- 13.02.2014 - od wysokości 400 m do wysokości 550 m



Rysunek 4.22-4 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Legionowie w dniach 11-13.02.2014 r.

Trajektorie wsteczne



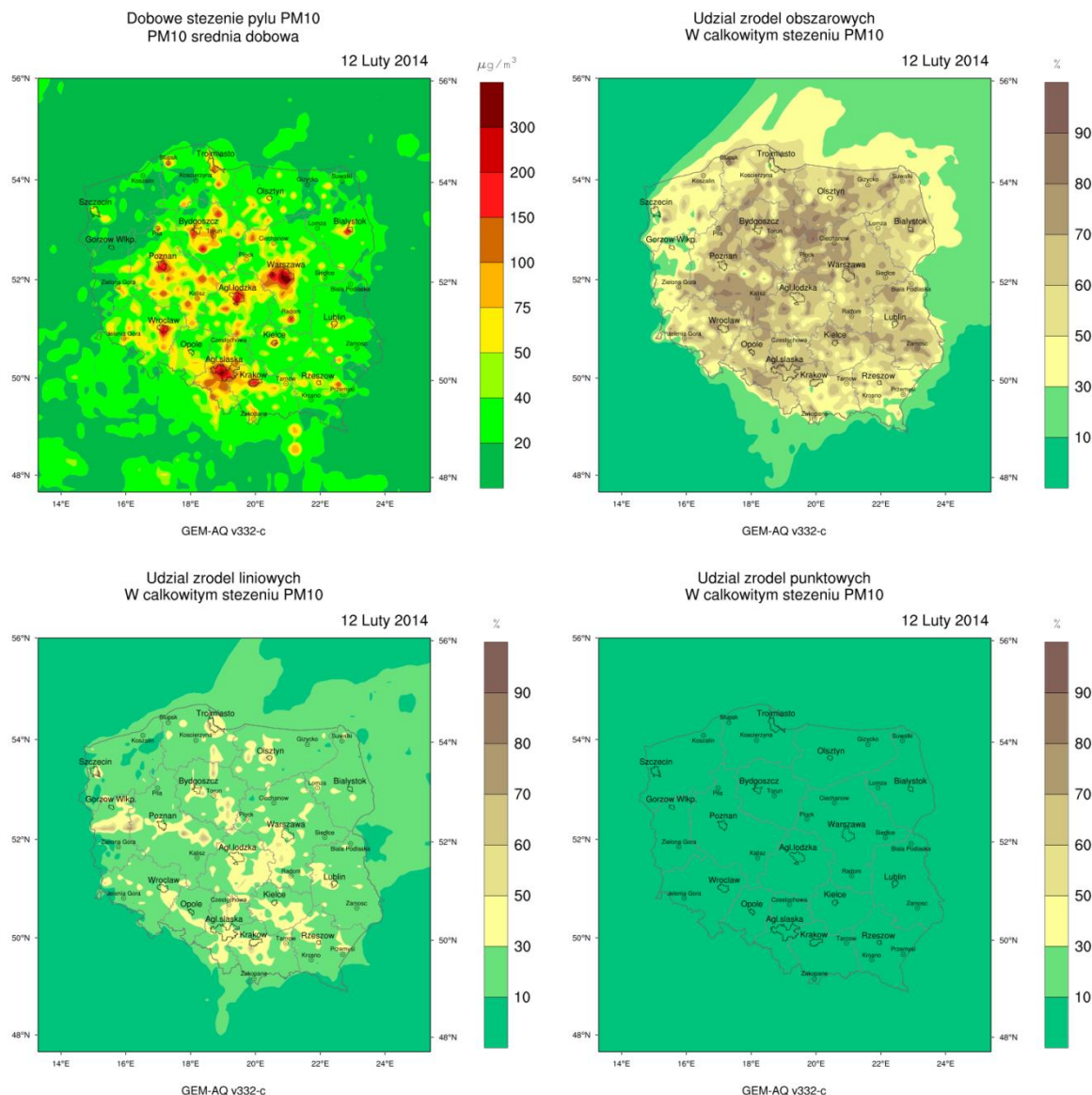
Rysunek 4.22-5 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 12 lutego 2014 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone dla dnia referencyjnego epizodu (12.02.2014 r.) dla dwóch miast: Łodzi ($159 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Gliwic ($127 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Charakteryzują się one zbliżonym kształtem. Punkty początkowe wszystkich trajektorii położone są nad Kanałem La Manche. Wiatr zmieniał kierunek z północno-zachodniego na zachodni. Trajektorie przebiegają nad krajami Beneluxu i Niemiec, zahaczając też o obszar północnych Czech. W trakcie dnia referencyjnego nastąpiło znaczne zmniejszenie prędkości wiatru i masy powietrza pozostawały nad obszarem Polski.

Pionowy profil wszystkich trajektorii wskazuje na zstępujący ruch powietrza, przy czym na najniższy analizowany poziom (100 m) masy powietrza napłynęły z wysokości ok. 800 m. W ostatniej dobie znajdowały się one w warstwie przyziemnej.

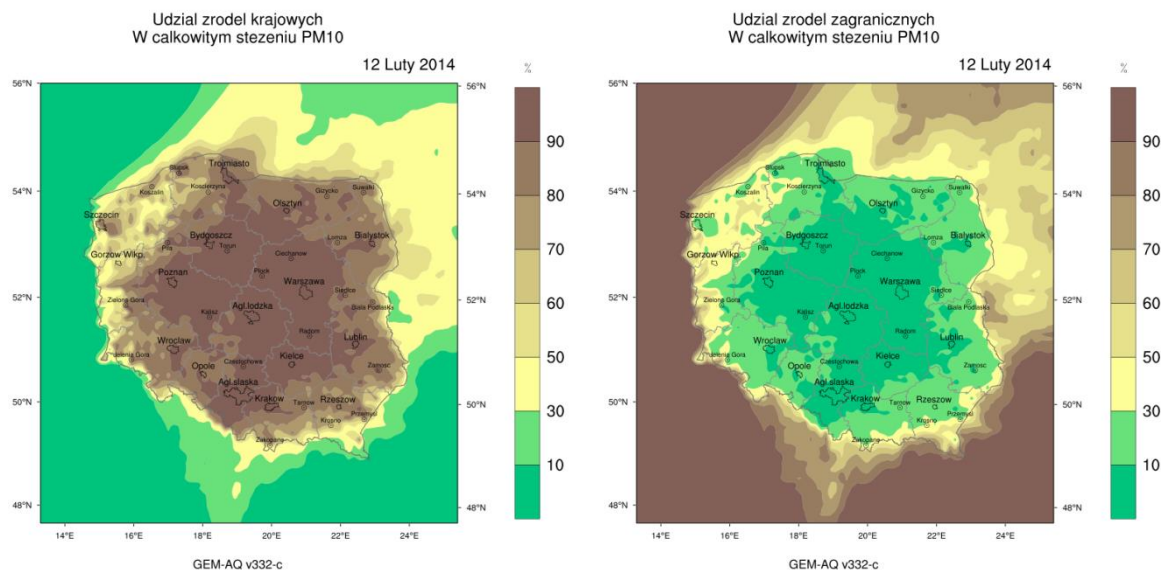
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Epizod trwający od 12 do 13 lutego 2014 roku objął swym zasięgiem przede wszystkim województwa: śląskie, łódzkie, mazowieckie, kujawsko-pomorski oraz wschodnią część wielkopolskiego. Najwyższe stężenia występowały w rejonie aglomeracji i większych miast, ale zarówno modelowanie, jak wyniki pomiarów wskazują na przekraczanie poziomu granicznego epizodu również na obszarach pozamiejskich.



Rysunek 4.22-6 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 12 lutego 2014 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM₁₀ wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.22-6), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 30-70%. Znaczący jest tam udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 50%. Wpływ źródeł punktowych był znacznie mniejszy (poniżej 10% udziału).



Rysunek 4.22-7 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 12 lutego 2014 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. W województwach: zachodniopomorskim i lubuskim obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych na 50-60%, jednak poziom stężeń PM₁₀ był tam stosunkowo niski. Polskie źródła emisji miały wpływ na poziom stężenia pyłu w przygranicznym rejonie Słowacji i Czech, gdzie, w rejonie Ostrawy, rejestrowano w tym okresie wysokie poziomy koncentracji PM₁₀.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

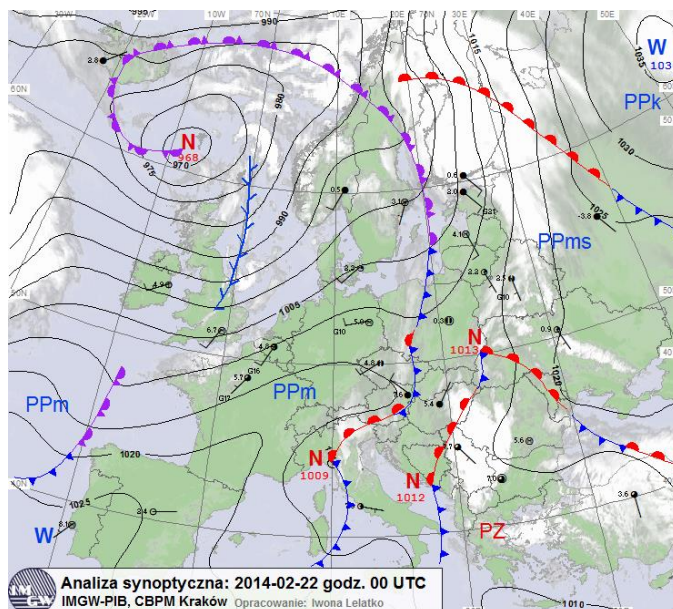
Dwudniowy epizod wysokich stężeń objął swym zasięgiem centrum i środkowe południe kraju. Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ wystąpiły od woj. śląskiego i opolskiego po woj. kujawsko-pomorskie i mazowieckie. Spadek temperatur minimalnych mógł przyczynić się do wzrostu emisji ze źródeł powierzchniowych, stanowiących główną przyczynę epizodu, a występujące sytuacje inwersji przyziemnej (zwłaszcza w porach nocnych) sprzyjały koncentracji pyłu w warstwie przyziemnej.

4.23. Epizod 23. Od 18 do 24 lutego 2014

Sytuacja synoptyczna

18 lutego 2014 Polska znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad Czechami. Niebo było bezchmurne. Temperatury w ciągu dnia były dodatnie, maksymalnie osiągające około 10°C, w nocy spadały do 0°C. 19 lutego za frontem zokludowany napłynęło nad Polskę wilgotne powietrze znad Atlantyku. Zachmurzenie wzrosło, temperatura w ciągu dnia nieznacznie się obniżyła, w nocy natomiast w stosunku do dnia poprzedniego wzrosła. 20 lutego Polska utrzymywała się w tej samej masie powietrza. Ciśnienie i temperatura nie ulegało

większym zmianom. 21 lutego w godzinach nocnych i porannych niebo było bezchmurne, natomiast w ciągu dnia z zachodu nadeszła strefa zachmurzenia z opadami deszczu przyniesiona przez front utworzony na obrzeżach niżu Atlantycznego. Strefa opadów przesuwała się z zachodu na wschód kraju. Temperatury obniżyły się w stosunku do dnia poprzedniego, zwłaszcza na zachodzie kraju. 22 lutego przez obszar Polski przechodziła strefa frontowa z którą związane było zachmurzenie i niewielkie opady przemieszczające się z zachodu na wschód. Temperatura obniżyła się o około 2°C. 23 lutego niebo nad Polską prawie bezchmurne, za wyjątkiem południowo wschodniej część kraju, gdzie wystąpiły niewielkie opady. Występowały mgły i zamglenia. Temperatura w ciągu dnia nie ulegała większym zmianom, w nocy spadała do ok. 0°C. 24 lutego Polska znalazła się w zasięgu oddziaływania klina wyżowego z centrum nad Kazachstanem. Napływ mas powietrza ze wschodu przyniósł lekkie ochłodzenie, zwłaszcza we wschodniej części Polski.



Rysunek 4.23-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 22 lutego 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

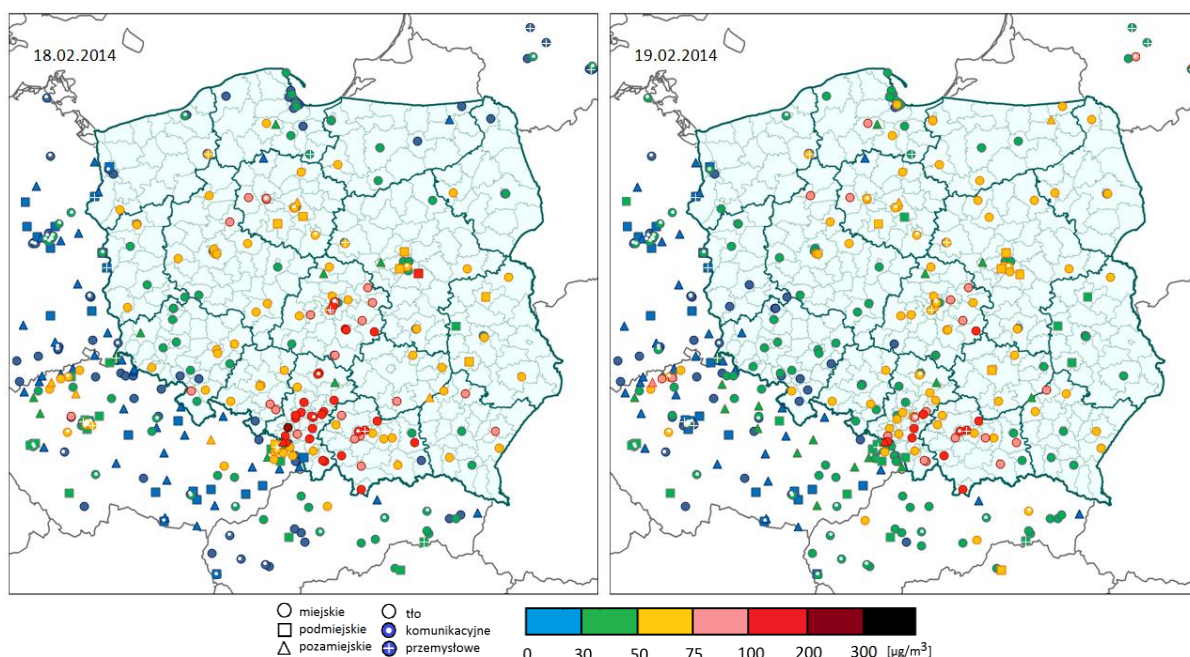
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 18-24.02.2014 r. objął swym zasięgiem przede wszystkim centrum i środkowe południe kraju. Stężenia przewyższające poziom 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły we wszystkich województwach, a wysokie stężenia, wyższe od 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły od woj. śląskiego i opolskiego po woj. kujawsko-pomorskie i mazowieckie. Najwyższe stężenia i największa liczba przypadków przekroczeń poziomu 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w woj. śląskim i łódzkim. Epizod miał dwie kulminacje: 18 i 23 lutego 2014 r., z których druga była silniejsza. Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania na jednym stanowisku. Wybrane informacje o stężeniach PM10 podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.23-1.

W dniu 18 lutego 2014 r. stężenia PM10 przekraczające poziom graniczny epizodu (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na ok. 50 stanowiskach, w tym na 19 z 24 stanowisk w woj. śląskim (Rys.

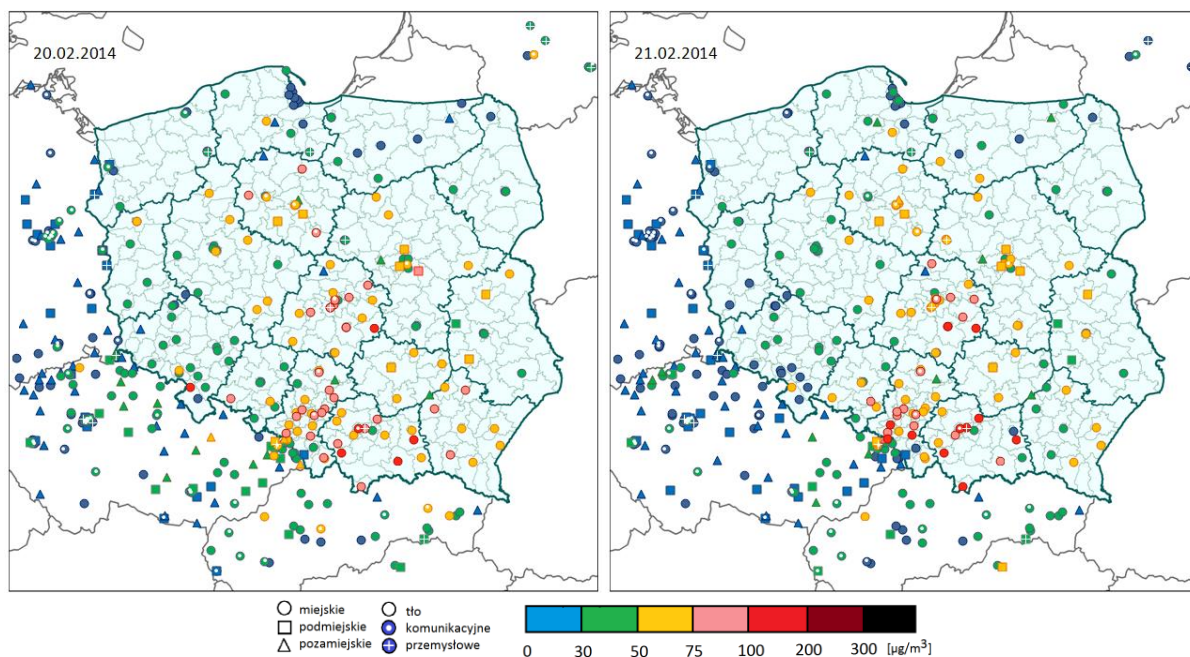
4.23-2). Stężenia przewyższające poziom 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach, a wysokie stężenia, wyższe od 75 µg/m³ wystąpiły od woj. śląskiego i opolskiego po woj. kujawsko-pomorskie i mazowieckie. W tym dniu Polska znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad Słowacją. Wiatr był słaby, występowała też cisza wiatrowa. Temperatura powietrza w ciągu dnia dochodziła do 10 °C, nocą spadała do ok. 0 °C. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ wystąpiły na 60% stanowisk w Polsce, w tym na 62% stanowisk tła miejskiego oraz na 20% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 27% stanowisk, w tym na 28% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe PM₁₀ zanotowano na stacjach w Rybniku (251 µg/m³ – przekroczenie poziomu informowania) i Zabrze (188 µg/m³). Na 29 stanowiskach w 4 województwach 24-godz. stężenie PM₁₀ przekroczyło poziom 100 µg/m³. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 66 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk z woj. śląskiego - 126 µg/m³.

Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były na 2 stanowiskach tła w Czechach (w rejonie Ostrawy i w Kladnie k. Pragi).



Rysunek 4.23-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 18-19.02.2014 r.

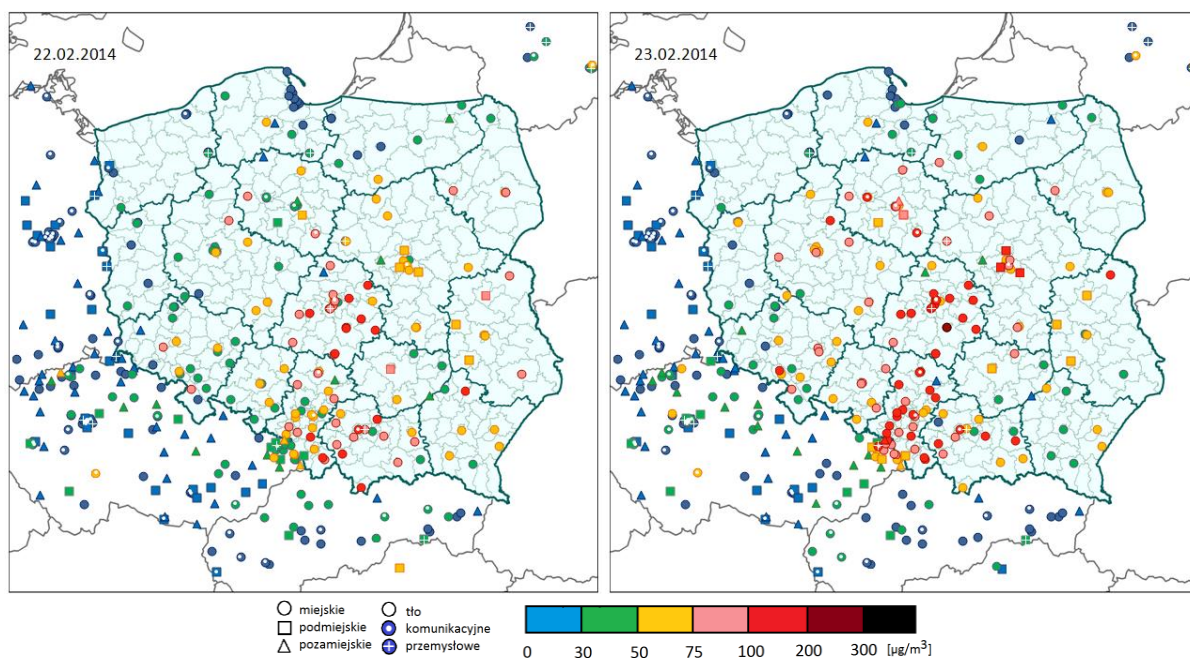
W dniach 19-21.02.2014 r. podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ występowały na podobnym obszarze, jak w dniu 18.02.2014 r., aczkolwiek poziom stężeń w Polsce był niższy niż w dniu 18 lutego (Rys. 4.23-2). Podwyższone i wysokie stężenia PM₁₀ (S₂₄>50 µg/m³) wystąpiły na ok. 90 stacjach. Najwyższe stężenia notowane były w woj. śląskim, małopolskim i łódzkim.



Rysunek 4.23-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 20-21.02.2014 r.

Od 22 lutego zauważalny był ponowny wzrost stężeń pyłu PM₁₀ i wzrost liczby stanowisk ze stężeniem $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Druga kulminacja epizodu miała miejsce w dniu 23 lutego 2014 r. W tym dniu stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na ok. 80 stanowiskach, w tym na 48 z 59 stanowisk w woj. śląskim, łódzkim i kujawsko-pomorskim (Rys. 4.23-4). Stężenia przewyższające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły we wszystkich województwach z wyjątkiem woj. zachodniopomorskiego, a wysokie stężenia, wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły od woj. małopolskiego, śląskiego i opolskiego po woj. kujawsko-pomorskie i mazowieckie. Przekroczenia tego poziomu notowane były też w kilku miastach innych województw, np. w Białej Podlaskiej, Łomży, Ostrołęce i Iławie. W tym dniu Polska znajdowała się pod wpływem układu wyżowego łączącego ośrodek znad Algierii z wyżem z centrum nad południową Rosją. W tym dniu, po nocnych spadkach temperatury do kilku stopni poniżej zera, w dzień temperatura wzrosła do ok. 10°C , by wieczorem ponownie spaść poniżej zera. Wiatr był słaby, okresowo występowała cisza wiatrowa. Było pogodnie – zachmurzenie było niewielkie. Były to warunki meteorologiczne sprzyjające tworzeniu się inwersji pionowej temperatury powietrza ograniczającej w znacznym stopniu intensywność rozpraszania się zanieczyszczeń w atmosferze. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 67% stanowisk w Polsce, w tym na 70% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 42% stanowisk, w tym na 41% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zanotowano w Piotrkowie Trybunalskim w woj. łódzkim ($243 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 42 stanowiskach w kraju, w 8 województwach, w tym na 32 z 59 stanowisk w woj. śląskim, łódzkim i kujawsko-pomorskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, łódzkim i kujawsko-pomorskim - $108 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

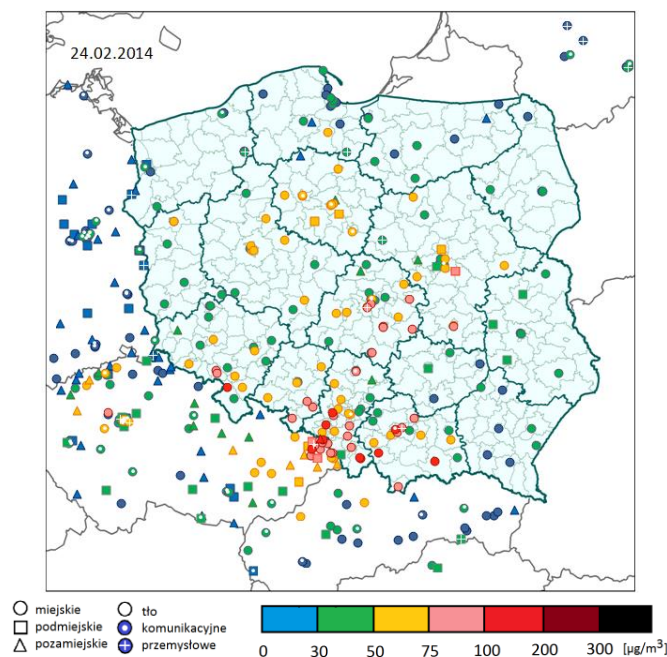
Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były na 5 stanowiskach tła w Czechach (w rejonie Ostrawy).



Rysunek 4.23-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 22-23.02.2014 r.

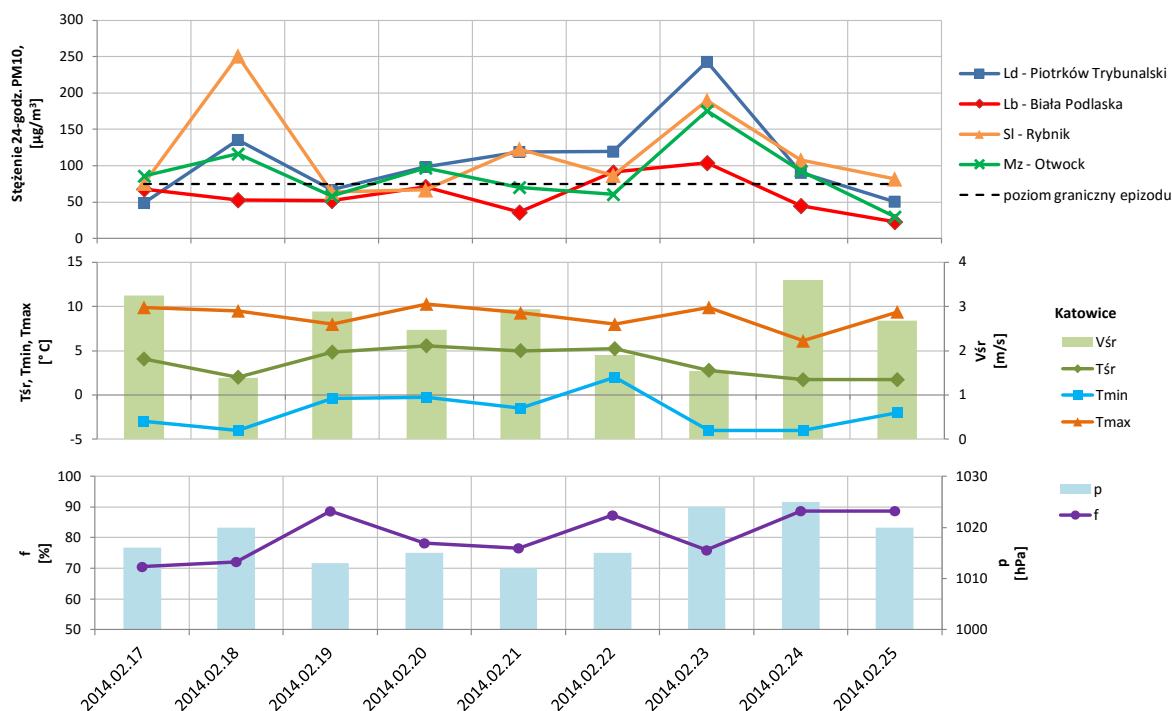
W dniu 24.02.2014 r. stężenia w Polsce były niższe niż dzień wcześniej. Stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu (75 µg/m³) wystąpiły na ok. 30 stanowiskach, w 6 województwach południowej i centralnej Polski (Rys. 4.23-5). Polska znajdowała się wówczas pod wpływem układu wyżowego z centrum nad Rosją. W tym dniu, po nocnych spadkach temperatury do kilku stopni poniżej zera, w dzień temperatura wzrosła do kilku stopni powyżej zera. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 44% stanowisk w Polsce, w tym na 45% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 17% stanowisk, w tym na 18% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Żywcu w woj. śląskim (139 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 9 stanowiskach w kraju, w 3 województwach (małopolskim, śląskim i dolnośląskim). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 53 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i opolskim - 104 µg/m³.

Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były na 8 stanowiskach tła w Czechach (głównie w rejonie Ostrawy).



Rysunek 4.23-5 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniu 24.02.2014 r.

Na rys. 4.23-6 przedstawiono stężenia 24-godz. PM₁₀ na stanowiskach pomiarowych w Rybniku woj. śląskim, Piotrkowie Trybunalskim w woj. łódzkim, Białej Podlaskiej w woj. lubelskim i w Otwocku k. Warszawy oraz wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Katowicach. Epizod miał dwie kulminacje: w dniu 18 i 23 lutego 2014 r. Podczas pierwszej kulminacji najwyższe stężenia notowano w woj. śląskim, podczas drugiej w centrum kraju.



Rysunek 4.23-6 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Katowicach.

Tabela 4.23-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 18-24.02.2014 r.

	Jedno- stka	2014- 02-18	2014- 02-19	2014- 02-20	2014- 02-21	2014- 02-22	2014- 02-23	2014- 02-24
Wszystkie stanowiska w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	66.4	55.4	54.9	53.3	57.2	72.9	52.6
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	60	51	49	47	53	67	44
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	27	14	20	14	25	42	17
% stanowisk z S ₂₄ >S ₉₅	%	24	13	8	6	16	36	2
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	251	189	141	177	159	243	139
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	66.9	55.5	55.3	53.0	58.7	74.1	53.2
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	62	52	51	48	56	70	45
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	28	14	19	14	25	41	18
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	251	189	141	152	159	243	139
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	35.2	39.1	31.6	33.9	31.7	34.0	31.7
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	20	20	0	10	0	10	0
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	0	0	0	0	0	10	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	56	55	48	57	49	75	50
Stanowiska tła poza granicami Polski								
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Czechach	-	2	4	0	1	0	5	8
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0	0	0

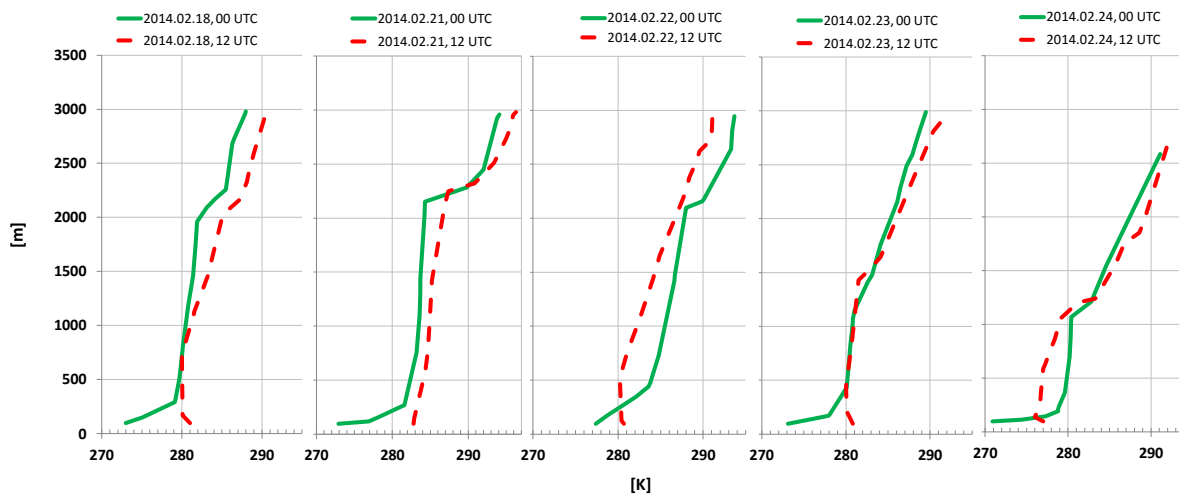
Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 18-24.02.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, 12374).

Przebieg profili temperatury potencjalnej w badanym okresie wskazuje na występowanie równowagi stałej przy powierzchni ziemi w godzinach nocnych i warunki równowagi obojętnej lub lekko stałej w ciągu dnia, za wyjątkiem 18.02 i 24.02, kiedy w warstwie przyziemnej panowały warunki równowagi chwiejnej. Temperatura w nocy spadała poniżej 0°C (do -3°C), zaś w ciągu dnia wzrastała do około 7°C - 10°C.

Inwersja przyziemna w godzinach nocnych wystąpiła:

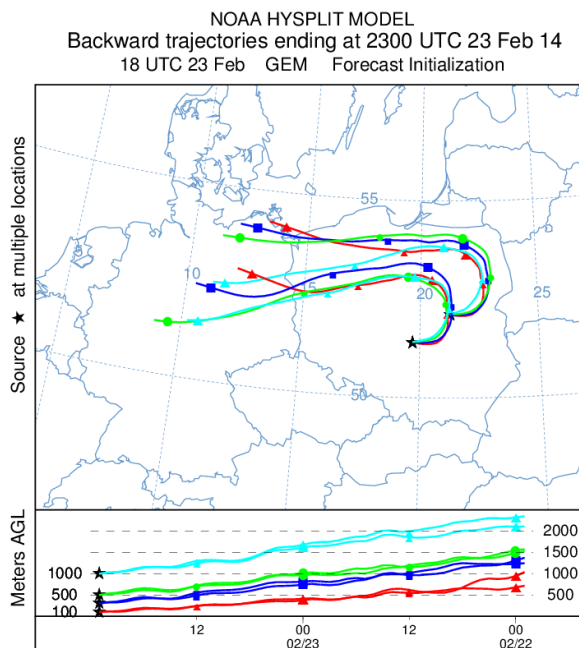
- 18.12.2014 - do wysokości 350 m,
- 21.02.2014 - do wysokości 300 m,
- 22.02.2014 - do wysokości 450 m,
- 23.02.2014 - do wysokości 250 m,
- 24.02.2014 - do wysokości 250 m.

Ponadto, 24.02.2014 formowała się inwersja wyżowa na wysokości około 1200 m.



Rysunek 4.23-7 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Legionowie w dniach 18-24.02.2014 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.23-8 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 23 lutego 2014 r.

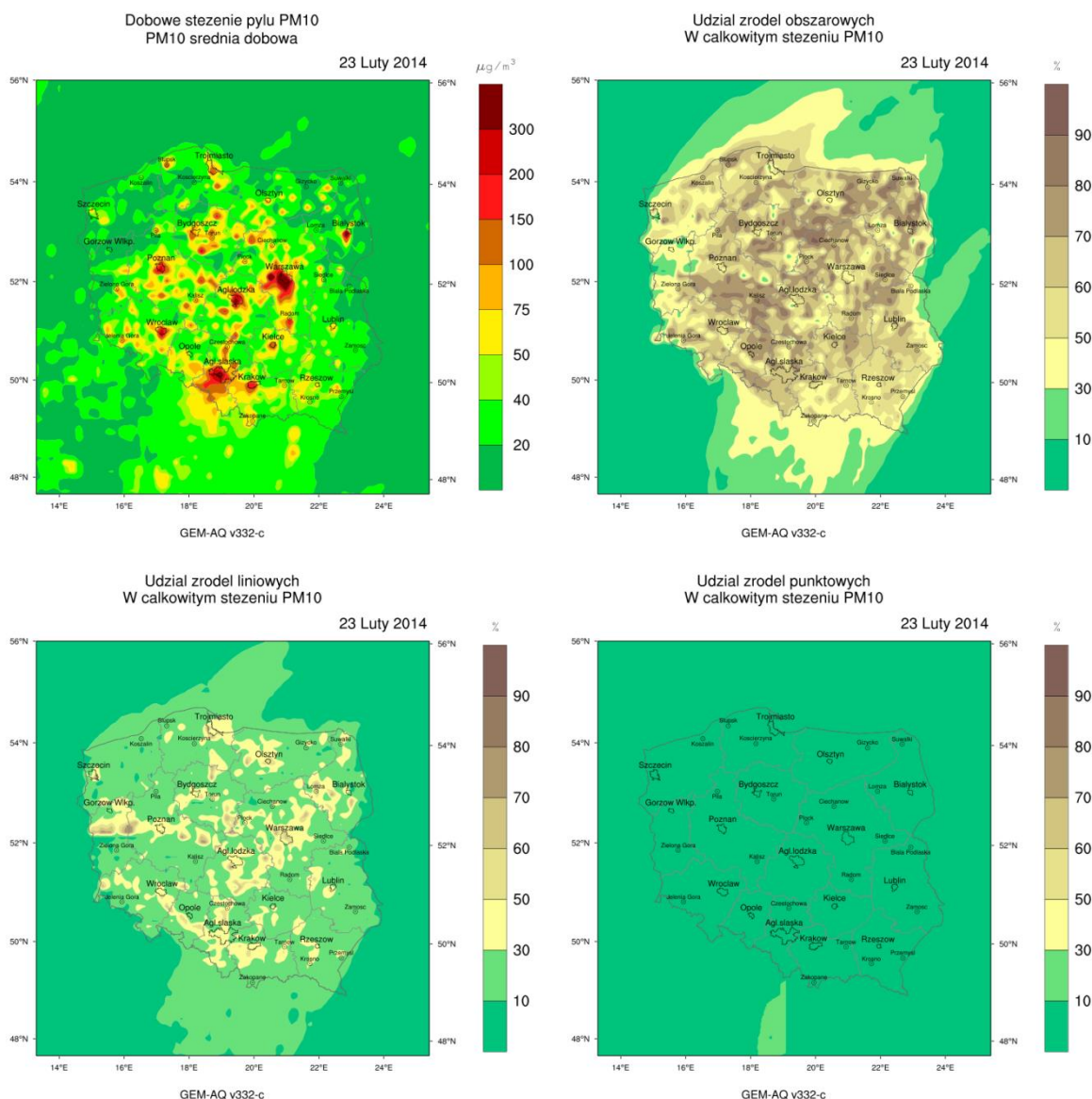
Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia referencyjnego epizodu (23.02.2014) dla trzech miast objętych jego zasięgiem, w których zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀ na stacjach tła miejskiego: Piotrkowa Trybunalskiego (243 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Otwocka (176 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Wszystkie trajektorie mają zbliżony kształt. Powietrze nadpłynęło znan Niemiec nad

północno-wschodnie rejony Polski, skąd na skutek gwałtownych zmian kierunku wiatru na północny i wschodni trajektorie skierowało się do centralnej części Polski.

Wszystkie trajektorie wskazują na zstępujące pionowe ruchy mas powietrza - w przypadku najniższych z wysokości ok. 900 m i 700 m. Przez większą część czasu trajektorie znajdowały się nad terytorium Polski.

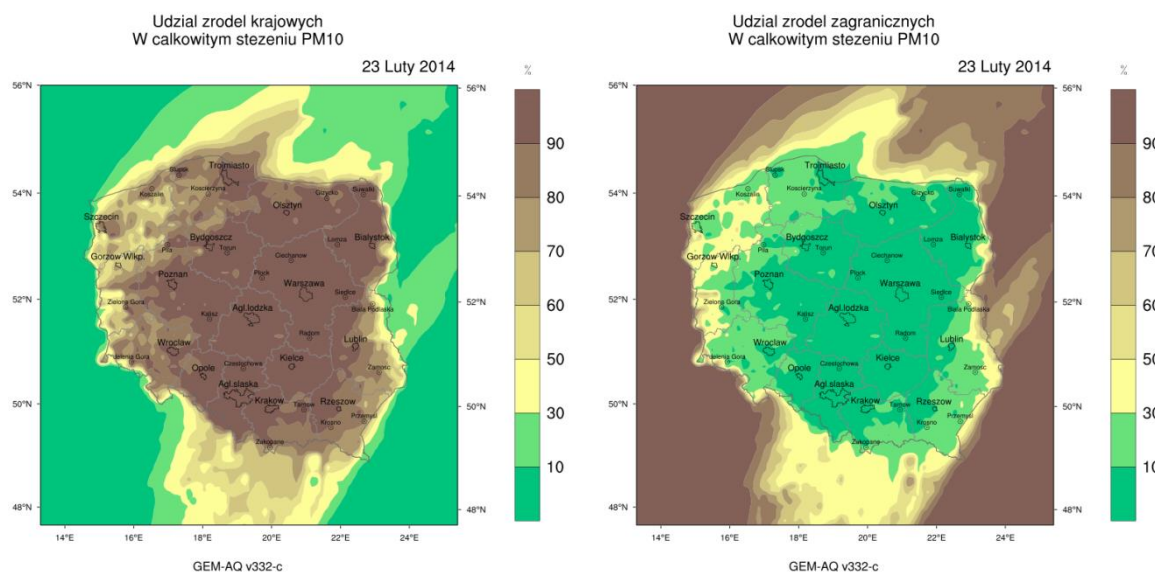
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Przestrzenny rozkład stężeń pyłu PM10 w dniu referencyjnym epizodu (23.02.2014) uzyskany na drodze modelowania matematycznego pokrywa się z wynikami pomiarów prowadzonych na stacjach PMŚ. Najbardziej rozległe obszary epizodu objął w województwach: śląskim, łódzkim i mazowieckim.



Rysunek 4.23-9 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 23 lutego 2014 r.

Wyniki modelowania wskazują na przeważający udział powierzchniowych źródeł emisji pyłu i jego prekursorów (30-80%) przy miejscowo znacznym współudziale źródeł liniowych (Rys. 4.23-9). Rozkład udziału emisji z Polski w tworzeniu się stężania PM₁₀ poza granicami kraju świadczy o możliwym ich oddziaływaniu na obszar około Ostrawy, gdzie wystąpiły w tym dniu wysokie poziomy koncentracji pyłu oraz nad Słowacją. Udział źródeł zagranicznych w poziomie stężeń PM₁₀ nad obszarem Polski zaznacza się w zachodnich i południowo-wschodnich rejonach kraju.



Rysunek 4.23-10 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 23 lutego 2014 r.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

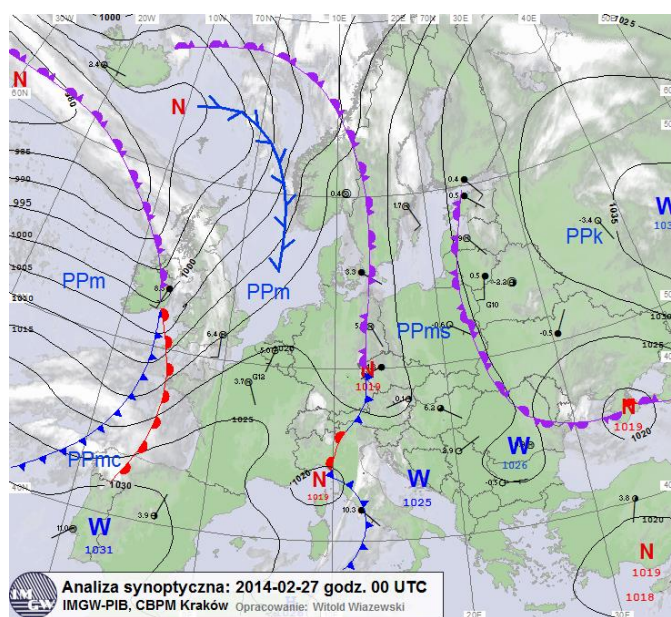
Epizod wysokich stężeń 18-24.02.2014 r. objął swym zasięgiem przede wszystkim centrum i środkowe południe kraju. Przez cały analizowany okres występowały w godzinach nocnych inwersje przyziemne, które sprzyjały koncentracji pyłu, pochodzącego głównie z tzw. niskiej emisji powierzchniowej.

4.24. Epizod 24. Od 25 lutego do 1 marca 2014

Sytuacja synoptyczna

25 lutego 2014 Polska znajdowała się pod wpływem klina wysokiego ciśnienia nad Rosji, powodującego napływ powietrza od południowego wschodu. Temperatury w ciągu dnia były dodatnie, zaś w nocy w przeważającej części kraju ok. 0°C, a na wschodzie kraju ujemne. 26 lutego niż atlantycki spychał powoli na wschód wyż pod wpływem którego była Polska dnia poprzedniego. Jednocześnie wyż ten rozbudowywał się sięgając klinem nad Bałtyk i północną Skandynawię, co powodowało napływ chłodnego i suchego powietrza. Dzięki warunkom bezchmurnym w ciągu dnia temperatury nieznacznie się podwyższyły, w nocy utrzymywały

się ok. 0°C. 27 luty wyż znad Rosji przesunął się na wschód a nad Polskę stopniowo od zachodu zaczynała oddziaływać płytką zatoka niżowa wraz z towarzyszącym jej mało aktywnym frontem okluzji. Strefa zachmurzenia przesuwała się z zachodu na wschód przynosząc niewielkie opady deszczu głównie na zachodzie kraju. Temperatury uległy obniżeniu. 28 luty układ baryczny pozostawał zbliżony. Z zachodu napływały fronty atmosferyczne rozmywające się nad obszarem Polski, przynoszące zachmurzenie i słabe opady deszczu głównie na południu, centrum i zachodzie. Z południowego wschodu napłynęły ciepłe masy powietrza co spowodowało wzrost temperatury o kilka stopni jednak odczuwalna temperatura wciąż była dość niska. 1 marca wyż znad Rosji ponownie objął swoim działaniem Europę Środkową. Przez wschodnią część kraju przesuwało się pasmo chmur z niewielkimi opadami deszczu. Temperatura w ciągu dnia była dodatnia w nocy zaś bliska 0°C.



Rysunek 4.24-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 27 lutego 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

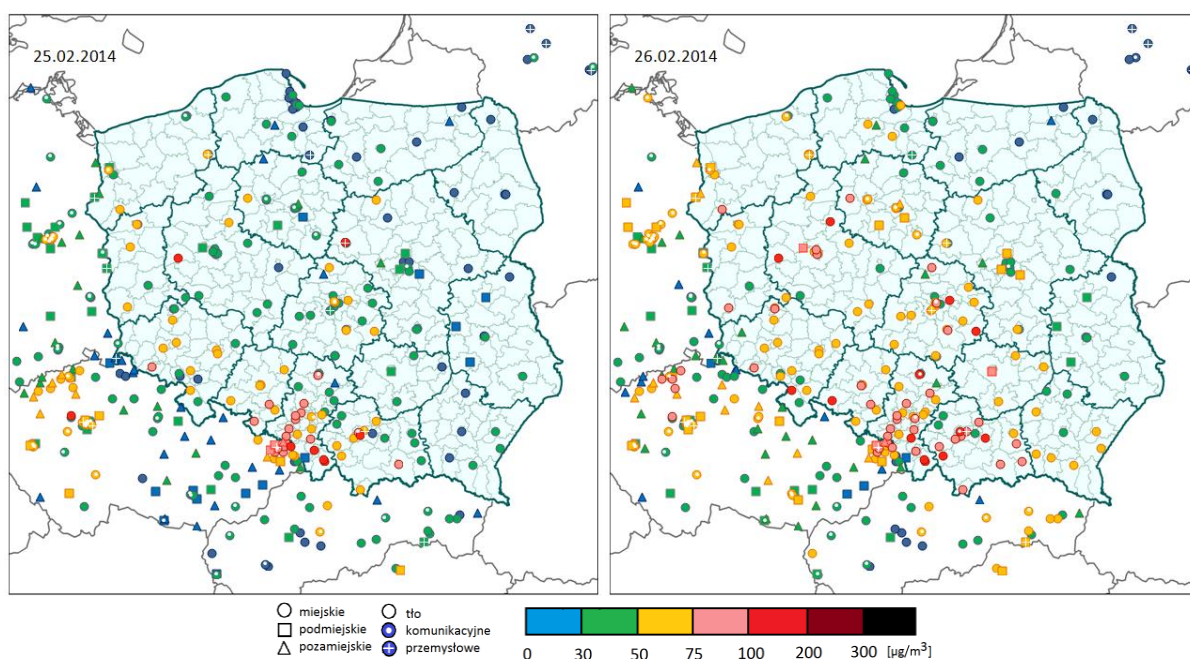
Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 25.02-1.03.02.2014 r. początkowo objął swym zasięgiem przede wszystkim miasta w woj. śląskim, opolskim i małopolskim. W następnych dniach liczne przekroczenia poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły w wielu miastach w części centralnej, południowej i zachodniej kraju. Stężenia przewyższające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły we wszystkich województwach za wyjątkiem woj. podlaskiego. Dużo przypadków przekroczeń poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło w woj. śląskim, łódzkim, małopolskim i kujawsko-pomorskim. Przekroczenia tego poziomu rejestrowane były również w woj. pomorskim, zachodniopomorskim i lubuskim, gdzie zwykle stężenia PM₁₀ są niższe niż w części centralnej lub południowej Polski. Epizod miał kulminację w dniach 27-28 lutego. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.24-1.

W dniu 25 lutego 2014 r. stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na 20 stanowiskach, w tym na 12 z 24 stanowisk w woj. śląskim (Rys. 4.24-

2). Stężenia przewyższające poziom 50 µg/m³ wystąpiły w 10 województwach na ok. 50 stanowiskach pomiarowych. W tym dniu Polska znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad Rosją. Wiatr był słaby z kierunków wschodnich. Temperatura powietrza w ciągu dnia dochodziła do 10 °C, nocą spadała do ok. 0 °C. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ wystąpiły na 31% stanowisk w Polsce, w tym na 30% stanowisk tła miejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 11% stanowisk, w tym na 10% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe PM₁₀ zanotowano na dwóch stacjach w Żywcu (132 µg/m³ i 162 µg/m³) oraz w Krakowie (124 µg/m³). Na 6 stanowiskach w 4 województwach 24-godz. stężenie PM₁₀ przekroczyło poziom 100 µg/m³. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 47 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk z woj. śląskiego - 73 µg/m³.

Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były na 8 stanowiskach tła w Czechach (w rejonie Ostrawy i w Kladnie k. Pragi).

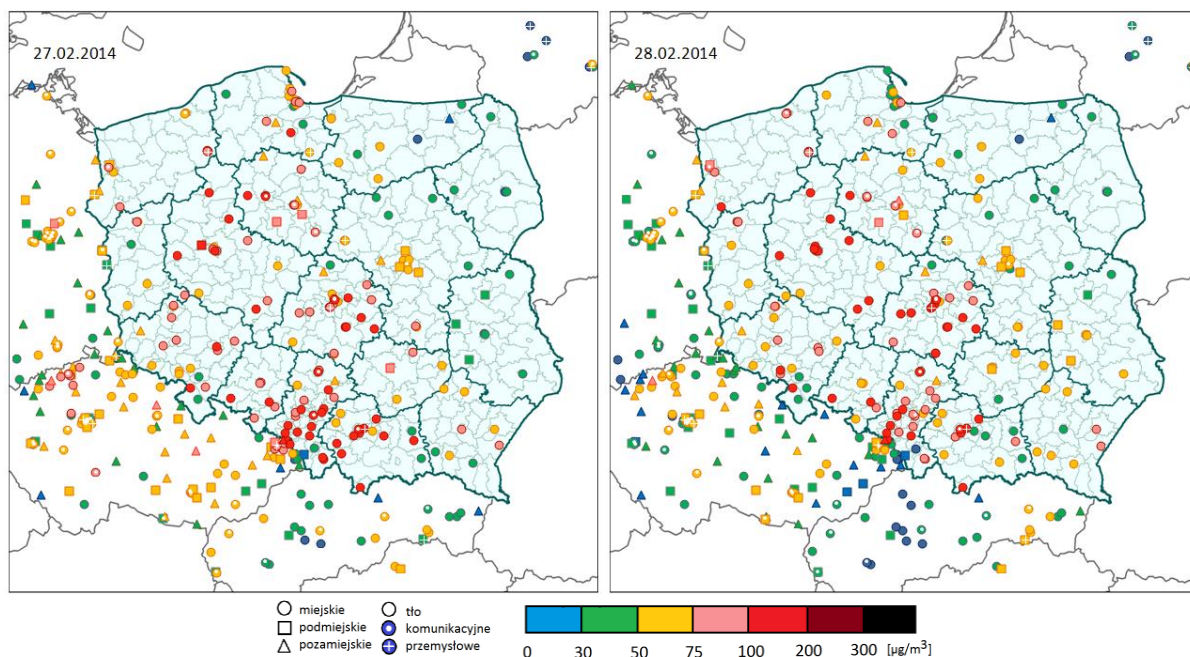


Rysunek 4.24-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 25-26.02.2014 r.

W dniu 26.02.2014 r. wzrosły stężenia PM₁₀ w wielu miastach centralnej i zachodniej części Polski. W tym dniu stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu (75 µg/m³) wystąpiły na przeszło 40 stanowiskach, w tym na wielu stanowiskach w woj. śląskim, łódzkim, małopolskim, opolskim, łódzkim i wielkopolskim (Rys. 4.24-2). W tym dniu Polska znajdowała się pod wpływem układu wyżowego z centrum nad Rosją. Temperatura w dzień dochodziła do 10 °C. Było pogodnie. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 64% stanowisk w Polsce, w tym na 65% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 22% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 24% stanowisk, w tym na 24% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Bochni w woj. małopolskim (131 µg/m³), w Nysie w woj. opolskim (121 µg/m³) i w Żywcu (120 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 13 stanowiskach w kraju, w 6

województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i małopolskim - 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

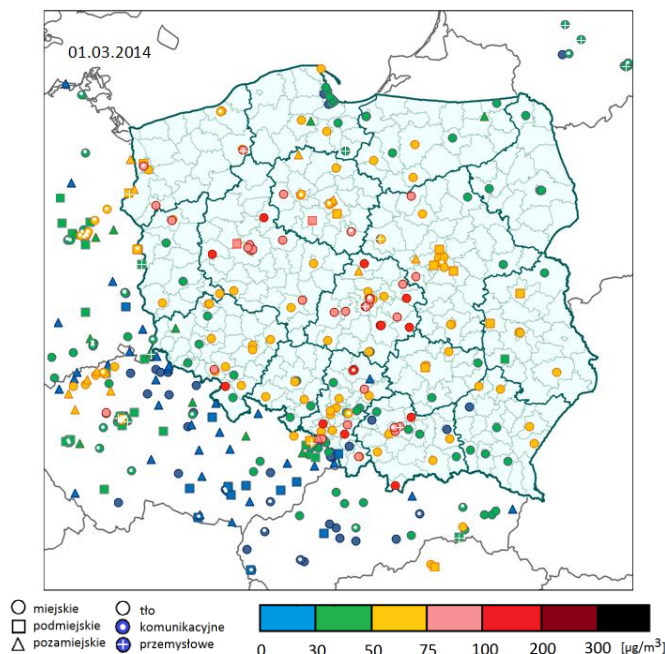
Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 8 stanowiskach tła w Czechach (w kraju usteckim, w Kladnie k. Pragi i rejonie Ostrawy).



Rysunek 4.24-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 27-28.02.2014 r.

W dniach 27-28.02. 2014 r. nastąpiła kulminacja epizodu. W tych dniach stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na ok. 90 stanowiskach w większości województw w kraju (za wyjątkiem woj. warmińsko-mazurskiego, podlaskiego i lubelskiego) (Rys. 4.24-3). Wysokie stężenia notowane były także w miastach w woj. pomorskim i zachodniopomorskim, co nie jest zjawiskiem częstym. Stężenia przewyższające poziom 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły we wszystkich województwach z wyjątkiem woj. podlaskiego. W tych dniach Polska znajdowała się pod wpływem układu wyżowego z centrum nad Rosją. Po nocnych spadkach temperatury do kilku stopni poniżej zera, w dzień temperatura wzrastała do ok. 10 °C. Wiatr był słaby z kierunków wschodnich i południowych, okresowo występowała cisza wiatrowa. W dniu 27.02.2014 r. stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 82% stanowisk w Polsce, w tym na 80% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 89% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 50% stanowisk, w tym na 50% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe w dniu 27.02.2014 r. zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim (164 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 43 stanowiskach w kraju, w 8 województwach, w tym na 26 z 55 stanowisk w woj. śląskim, opolskim i małopolskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i małopolskim - 101 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

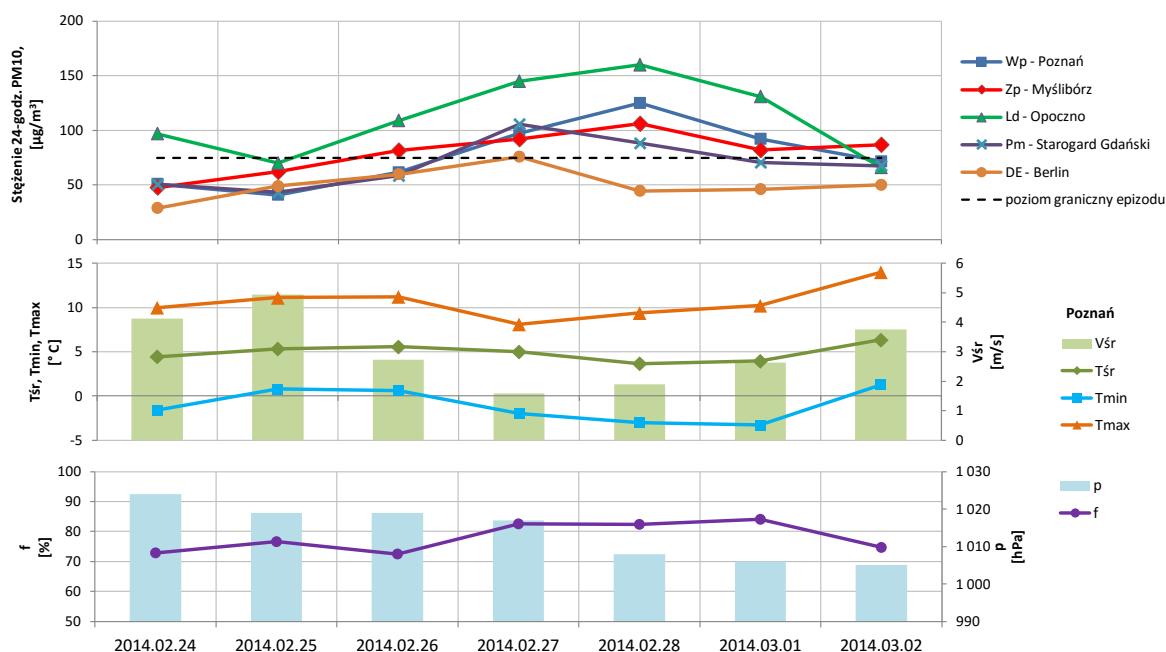
W dniu 27.02.2014 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 14 stanowiskach tła w Czechach (głównie w kraju usteckim, w Kladnie k. Pragi i rejonie Ostrawy) oraz na jednym stanowisku w Niemczech (w Berlinie).



Rysunek 4.24-4 Stężenia 24-godz. PM10 w dniu 1.03.2014 r.

W dniu 1.03.2014 r. nastąpił spadek stężeń. Liczba stanowisk ze stężeniem wyższym od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ spadła o połowę (do ok. 45). Stężenia podwyższone, przekraczające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występowały nadal na dużej liczbie stacji (ok. 130 stanowisk) w 15 województwach (Rys. 4.24-4). Polska znajdowała się wówczas pod wpływem układu wyżowego z centrum nad Rosją. Nocą temperatura spadła do kilku stopni poniżej zera, w dzień wzrastała do ok. 10°C . Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 69% stanowisk w Polsce, w tym na 68% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 56% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 24% stanowisk, w tym na 24% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Żywcu w woj. śląskim ($139 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 13 stanowiskach w kraju, w 5 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. łódzkim i wielkopolskim - $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rys. 4.24-5 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Poznaniu, Myśliborzu w woj. zachodniopomorskim, w Opocznie w woj. łódzkim, Starogardzie Gdańskim, oraz w Berlinie w Niemczech a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Poznaniu. Najwyższe stężenia dobowe na tych stacjach notowane były w dniach 27 lub 28.02.2014 r.



Rysunek 4.24-5 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Poznaniu.

Tabela 4.24-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 25.02–1.03.2014 r.

	Jedno- stka	2014-02- 25	2014-02- 26	2014-02- 27	2014-02- 28	2014-03- 01
Wszystkie stanowiska w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	46.9	61.0	78.1	74.9	61.9
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	31	64	82	80	69
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	11	24	50	46	24
% stanowisk z S ₂₄ >S ₉₅	%	6	14	56	43	23
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	162	131	164	169	132
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	47.0	61.2	77.6	74.5	61.8
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	30	65	80	78	68
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	10	24	50	45	24
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	162	131	164	164	132
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce						
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	29.9	40.4	56.0	57.4	49.6
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	0	22	89	89	56
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	0	0	0	11	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	41	54	75	75	64
Stanowiska tła poza granicami Polski						
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S ₂₄ >75 µg/m ³ w Czechach	-	8	8	14	2	2

	Jedno- stka	2014-02- 25	2014-02- 26	2014-02- 27	2014-02- 28	2014-03- 01
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	1	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 25.02-1.03.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, 12374).

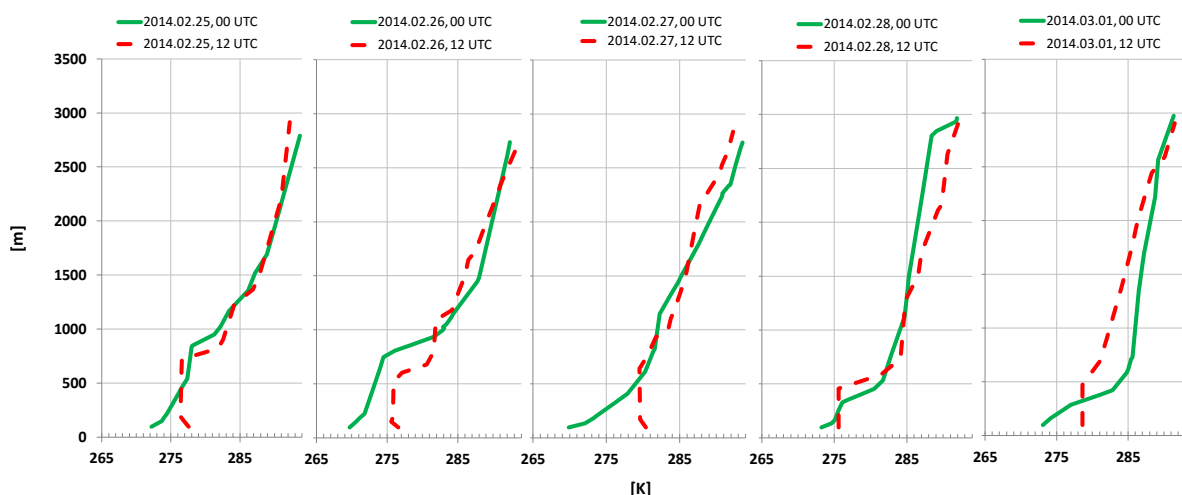
W analizowanym okresie występowały warunki równowagi stałej, szczególnie powyżej 500m, a także w warstwie przyziemnej w godzinach nocnych. Temperatura w pobliżu powierzchni ziemi w ciągu nocy spadała do około -3°C, a w ciągu dnia wzrastała do około 2°C - 7°C.

Zaobserwowano inwersje wyżowe:

- 25.02.2014 (dzień, noc) - na wysokości około 750 m i grubości warstwy około 800 m,
- 26.02.2014 (dzień, noc) - na wysokości około 500 m (dzień) i 750 m (noc) i grubości warstwy około 800 m;
- 27.02.2014 (dzień, noc) - na wysokości około 500 m i grubości warstwy około 500 m,
- 28.02.2014 (dzień, noc) - na wysokości około 500 m i grubości warstwy około 550 m,
- 01.03.2014 (dzień) - na wysokości około 500 m i grubości warstwy około 200 m.

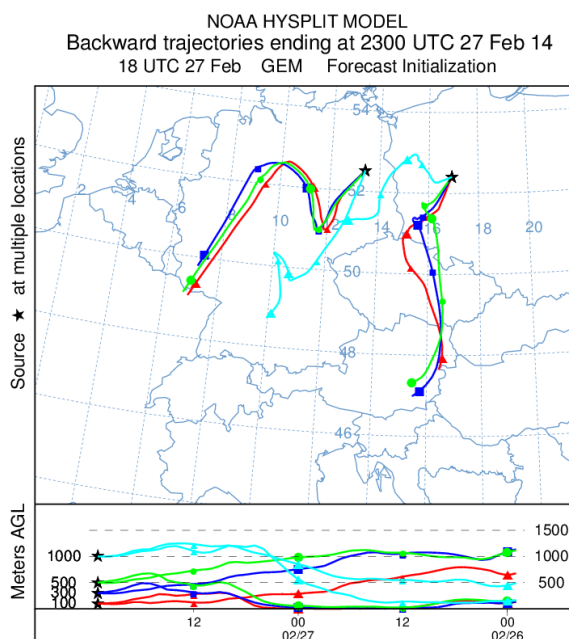
oraz przyziemne (wyłącznie w godzinach nocnych):

- 25.02.2014 - do wysokości około 100 m,
- 26.02.2014 - do wysokości około 100 m, połączoną z prawdopodobnie pozostałością inwersji podniesionej, sięgającej do wysokości około 500m,
- 27.02.2014 - do wysokości około 100 m, połączoną z prawdopodobnie pozostałością inwersji podniesionej, sięgającej do wysokości około 500m,
- 28.02.2014 - do wysokości około 100 m, połączoną z prawdopodobnie pozostałością inwersji podniesionej lub nietypowo nisko położonej inwersji wyżowej, sięgającej do wysokości około 500m,
- 01.03.2014 - do wysokości 450 m.



Rysunek 4.24-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondży aerologicznych w Legionowie w dniach 25.02.2014-01.03.2014 r.

Trajektorie wsteczne



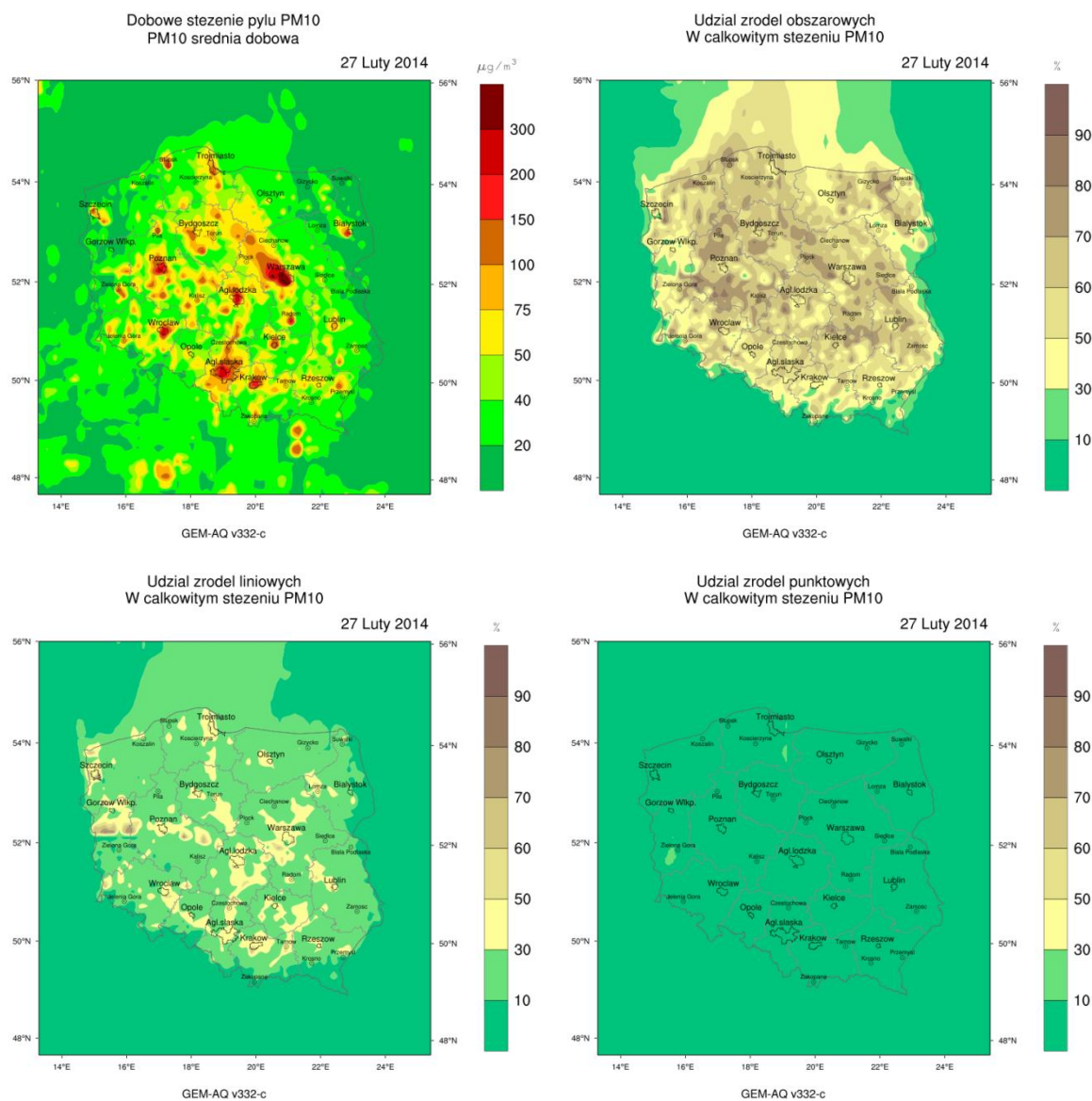
Rysunek 4.24-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 27 lutego 2014 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 27.02.2014 r. (Rys. 4.24-7), dla dwóch miast, w których na stacjach tła miejskiego lub podmiejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀: dla Poznania (do 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Berlina w Niemczech (do 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Trajektorie do Berlina zaczynają się nad zachodnią częścią Niemiec. Prowadzą cały czas nad terytorium Niemiec, początkowo w kierunku północno-wschodnim, później południowo-wschodnim i ponownie północno wschodnim.

Trajektorie do Poznania dla poziomów 100, 300 i 500 m zaczynają się w Austrii. Podążają na północ nad Austrią i Czechami, przekraczają granicę Polski i ponad woj. dolnośląskim i wielkopolskim podążają w kierunku północno-wschodnim do Poznania.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

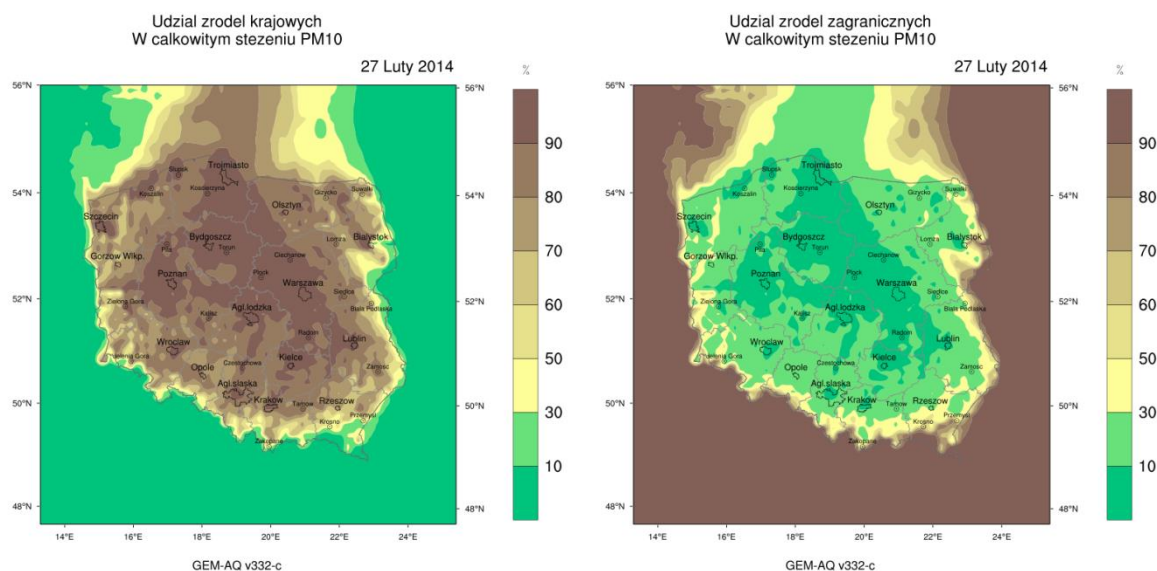


Rysunek 4.24-8 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 27 lutego 2014 r.

Wyniki obliczeń wykonanych przy pomocy modelu matematycznego dla dnia 27.02.2014 r. wskazują na wystąpienie wysokich stężeń PM₁₀ w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na większości terytorium Polski. Modelowane stężenia w północno-wschodniej części Polski są niższe niż w części centralnej i południowej. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM₁₀ wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A2 i A4, drogi ekspresowej nr 1. Według obliczeń, bardzo wysokie stężenia PM₁₀ miały wystąpić

w aglomeracji warszawskiej i na znacznym obszarze położonym na północny zachód od Warszawy, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.24-8), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 30-70%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 60% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2, A4). Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 30-60%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.24-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 27 lutego 2014 r.

O wysokości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (powyżej 70%). Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 na terenach położonych wzdłuż wschodniej, południowej i zachodniej granicy Polski (do 30% oraz do 50% w pasie przygranicznym). Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu w Obwodzie Kaliningradzkim.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Epizod wysokich stężeń w dniach 25.02-1.03.2014 r. objął swym zasięgiem wiele miast i aglomeracji w części centralnej, południowej i zachodniej kraju. Wysokie stężenia pyłu

rejestrowane były w niektóre dni również w woj. pomorskim, zachodniopomorskim i lubuskim, gdzie zwykle stężenia PM10 są niższe niż w części centralnej lub południowej Polski.

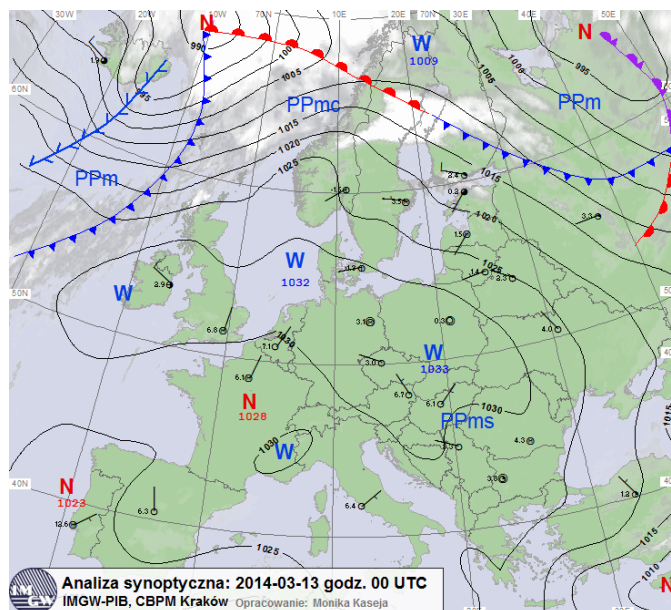
Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM10 należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W warunkach równowagi stałej w atmosferze oraz inwersji temperatury, które występowały w ciągu większości nocy w tym okresie, niska emisja powierzchniowa i liniowa mogła doprowadzić do kumulacji zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i do występowania wysokich stężeń PM10. Udział emisji spoza obszaru kraju w kształtowaniu wysokich stężeń PM10 w obszarach przygranicznych mógł sięgać 50%.

4.25. Epizod 25. Od 8 do 14 marca 2014.

Epizod w krajach ościennych (Czechy)

Sytuacja synoptyczna

8 marca 2014 nad zachodnią Polską przemieszczało się pasmo chmur frontu ciepłego utworzone w zatoce niżu atlantyckiego. W ciągu dnia było ciepło – ponad 10°C, w nocy i nad ranem miejscami występowały przymrozki. 9 marca nad Polską rozbudował się układ wysokiego ciśnienia. Temperatury nie ulegały większym zmianom w stosunku do dnia poprzedniego. 10 marca wyż odsunął się na wschód a Polska znajdowała się w zasięgu klina wyżowego. Utrzymywały się warunki bezchmurne, a temperatura w ciągu dnia nieznacznie wzrosła. Od 11 do 13 marca warunki baryczne nie ulegały większym zmianom. Niebo było bezchmurne, przeważały wiatry słabe. Stabilne warunki wyżowe sprzyjały zwiększaniu się amplitudy dobowej temperatury i wytworzeniu warunków inwersji przyziemnej. Od 14 marca wyż dominujących w ostatnich dniach nad Polską ustępował powoli niżowi atlantyckiemu. Mało aktywny front utworzony w słabo zarysowanej zatoce niżu przyniósł ze sobą chmury nie dające opadów.

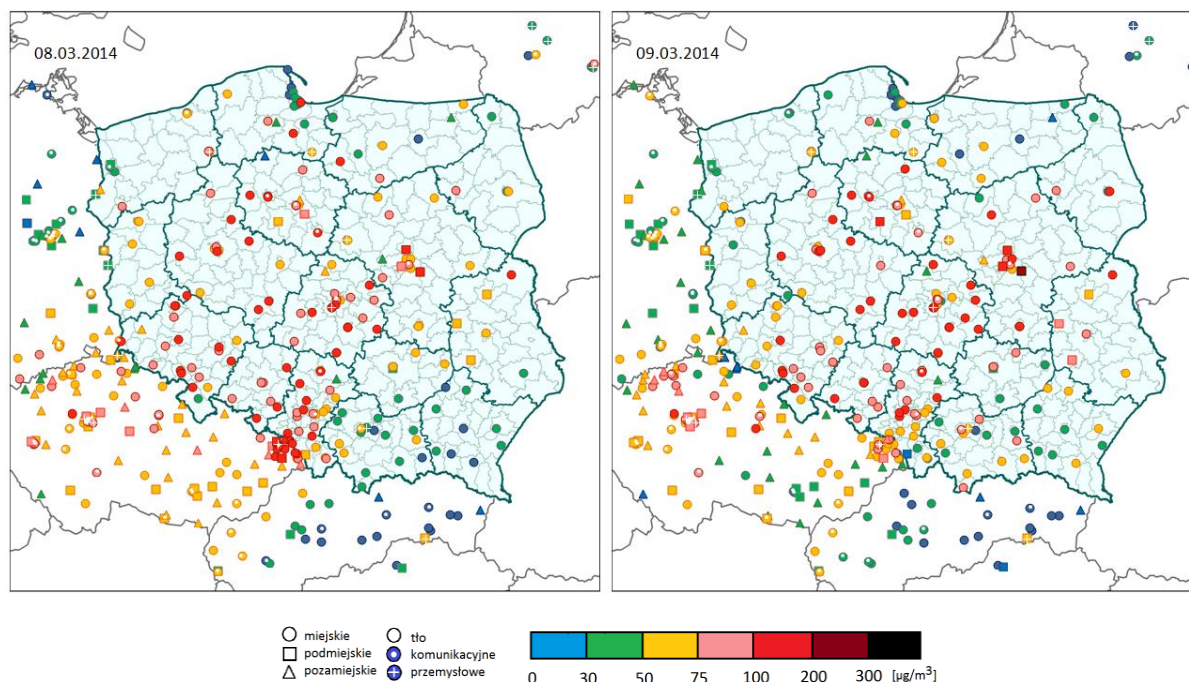


Rysunek 4.25-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 13 marca 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

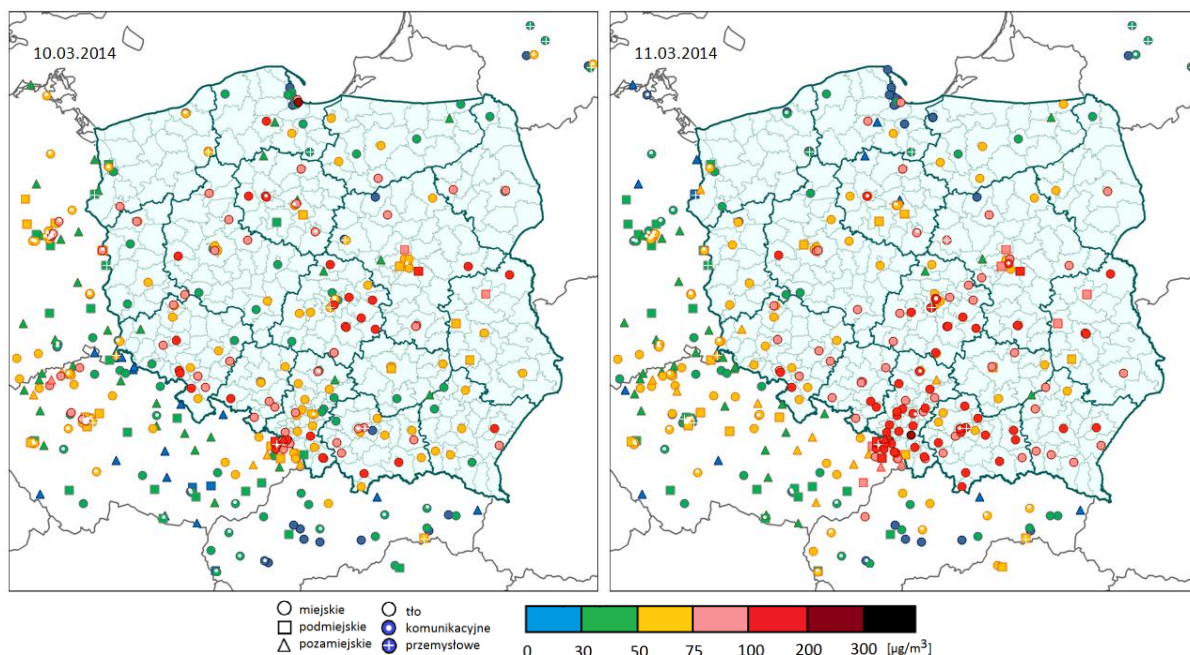
Epizod wysokich stężeń 8-14.03.2014 r. okresowo objął swym zasięgiem całą Polskę, a także niektóre rejony Czech. Początkowo wysokie stężenia notowane były w miastach 14 województw – wszystkich poza małopolskim i podkarpackim. Następnie zasięg epizodu rozszerzył się praktycznie na wszystkie województwa w kraju, a w dwóch ostatnich dniach nie obejmował już województw północnych. W dniach 11, 13 i 14 marca poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na przeszło 50% stanowisk pomiarowych w kraju. Podczas trwania epizodu wystąpiło 10 przypadków przekroczenia poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.25-1.

W dniu 8 marca 2014 r. stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na 85 stanowiskach, w tym na 46 z 66 stanowisk w woj. śląskim, opolskim, łódzkim i wielkopolskim (Rys. 4.25-2). Stężenia przewyższające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w 15 województwach (bez podkarpackiego) na ok. 150 stanowiskach pomiarowych. W tym dniu Polskę rozbudowywał się układ wysokiego ciśnienia. Wiatr był słaby, niekiedy z kierunków zmiennych, okresowo występowała cisza wiatrowa. Temperatura powietrza w ciągu dnia dochodziła do 10°C , nocą spadała do ok. 0°C . Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 75% stanowisk w Polsce, w tym na 75% stanowisk tła miejskiego oraz 44% stacji tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 43% stanowisk, w tym na 46% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe PM₁₀ zanotowano na stacji w Łodzi ($159 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na 43 stanowiskach w 11 województwach 24-godz. stężenie PM₁₀ przekroczyło poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk z woj. . śląskiego, opolskiego, łódzkiego i wielkopolskiego - $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



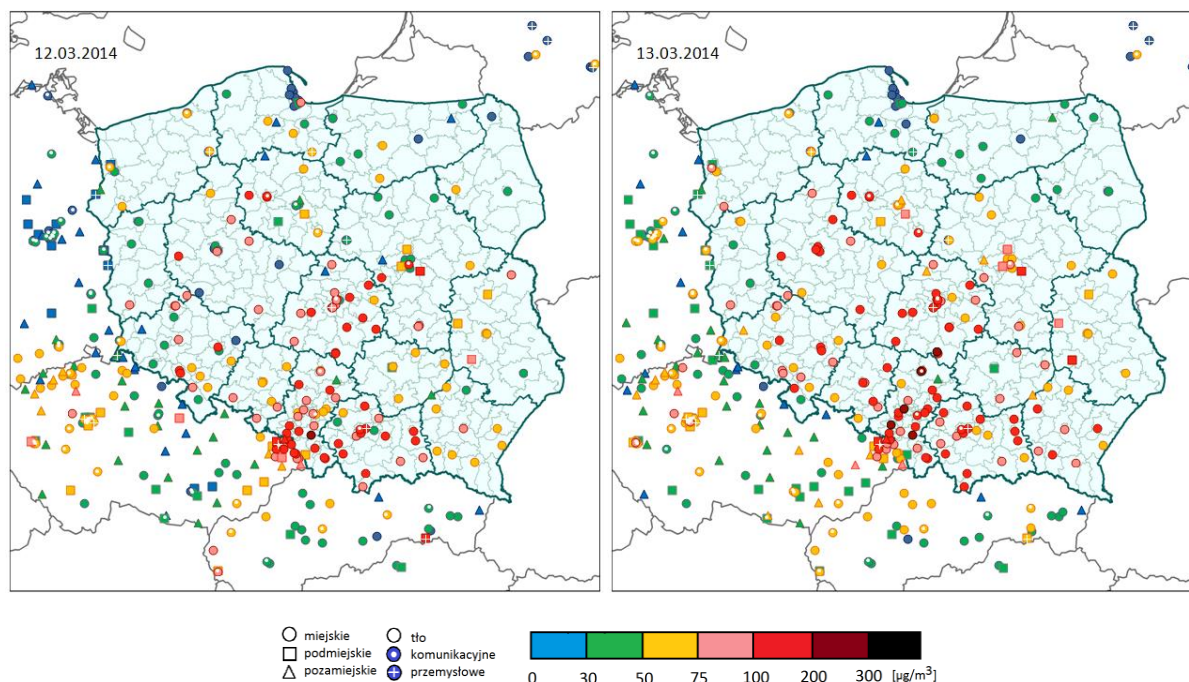
Rysunek 4.25-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 8-9.3.2014 r.

W dniu 9 marca 2014 r. wzrosły stężenia PM₁₀ w wielu miastach centralnej i wschodniej części Polski, spadły w woj. śląskim, aczkolwiek w wielu miejscach w tym województwie przekraczały poziom dopuszczalny ($D_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W tym dniu stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na przeszło 80 stanowiskach w Polsce, w tym na wielu stanowiskach w centralnej i południowo-zachodniej części kraju (Rys. 4.25-2). W tym dniu Polska znajdowała się w centrum wyżu. W nocy i rano występowały mgły i zamglenia, w ciągu dnia było pogodnie. Wiatr był słaby, okresowo panowała cisza wiatrowa. Temperatura w dzień dochodziła do 12°C , w nocy i nad ranem spadała do -4°C (Łódź). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 75% stanowisk w Polsce, w tym na 75% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 33% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 44% stanowisk, w tym na 46% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zanotowano w Otwocku k. Warszawy ($235 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 45 stanowiskach w Polsce, w 9 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. wielkopolskim, łódzkim, kujawsko-pomorskim i mazowieckim - $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



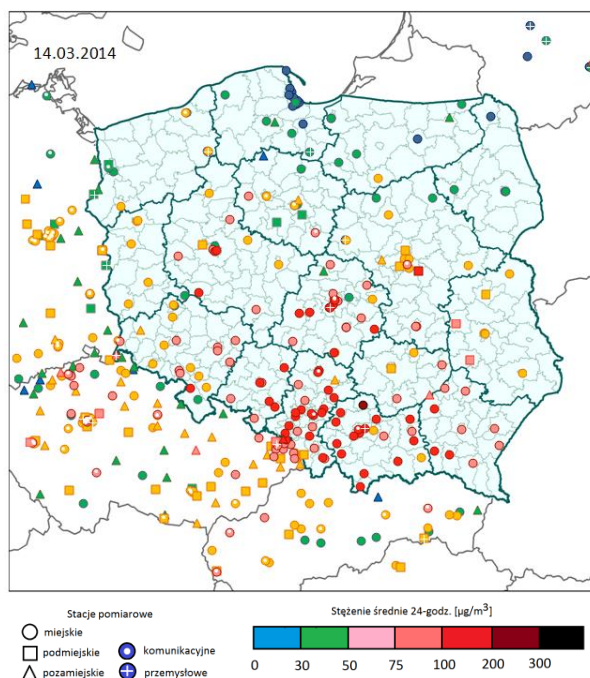
Rysunek 4.25-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 10-11.03.2014 r.

W dniu 11 marca, po jednym dniu z niższymi stężeniami (10.03.2014 r.) nastąpił wzrost stężeń PM₁₀ na terenie Polski (szczególnie w części południowej) (Rys.4.25-3). Stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na przeszło 100 stanowiskach w większości województw w kraju (za wyjątkiem woj. warmińsko-mazurskiego, zachodniopomorskiego i lubuskiego). Stężenia przewyższające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły we wszystkich województwach. W tych dniach Polska znajdowała się pod wpływem rozległego układu wyżowego obejmującego większą część Europy. W nocy i rano występowały mgły i zamglenia, w ciągu dnia było pogodnie. Wiatr był słaby, okresowo panowała cisza wiatrowa. Temperatura w dzień dochodziła do 14°C , w nocy i nad ranem spadała do -4°C (Łódź). W dniu 11.03.2014 r. stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 82% stanowisk w Polsce, w tym na 85% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 30% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 53% stanowisk, w tym na 56% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim ($226 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 51 stanowiskach w kraju, w 10 województwach, w tym na 40 z 72 stanowisk w woj. śląskim, łódzkim, opolskim i małopolskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim, łódzkim i małopolskim - $108 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.25-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 12-13.03.2014 r.

W dniu 13 marca, po jednym dniu z niższymi stężeniami (12.03.2014 r.) nastąpił ponowny wzrost stężeń PM₁₀ na terenie Polski (Rys.4.25-4). Stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na przeszło 100 stanowiskach w większości województw w kraju (za wyjątkiem woj. warmińsko-mazurskiego, pomorskiego i podlaskiego). Stężenia przewyższające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w 14 województwach. Polska znajdowała się wówczas kolejny dzień pod wpływem rozległego układu wyżowego obejmującego większą część Europy Centralnej i Zachodniej. W nocy i rano występowały mgły i zamglenia, w ciągu dnia było pogodnie. Wiatr w ciągu dnia był słaby, w nocy, rano i wieczorem panowała cisza wiatrowa. Temperatura w dzień dochodziła do 15°C , w nocy i nad ranem spadała do -3°C (Łódź). Amplituda dobową temperatury powietrza przekraczała 15°C . W dniu 13.03.2014 r. stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 79% stanowisk w Polsce, w tym na 80% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 53% stanowisk, w tym na 54% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim ($232 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Radomsku w woj. łódzkim ($224 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Przekroczenie poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) miało miejsce w sumie na 5 stanowiskach. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 67 stanowiskach w kraju, w 10 województwach, w tym na 42 z 65 stanowisk w woj. śląskim, łódzkim opolskim i wielkopolskim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim, łódzkim i wielkopolskim - $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

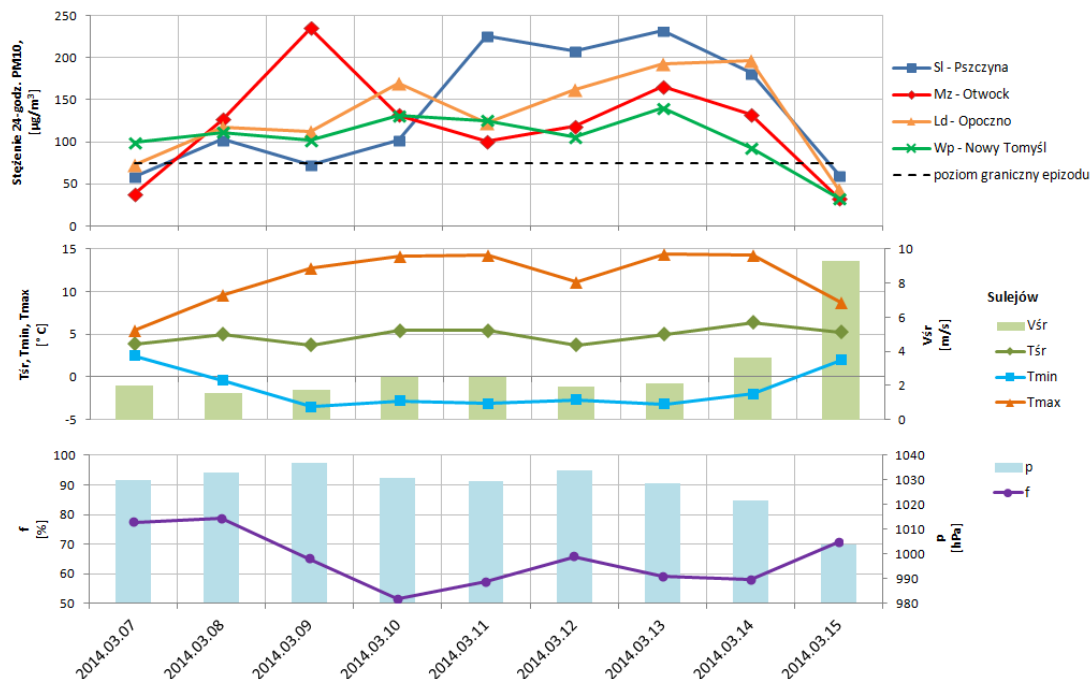


Rysunek 4.25-5 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniu 14.03.2014 r.

W dniu 14.03.2014 r. utrzymywał się stan dużego zanieczyszczenia powietrza pyłem PM₁₀. Obszar występowania wysokich stężeń obejmował głównie południową połowę Polski (Rys.4.25-5.). W dalszym ciągu na ok. 100 stanowiskach w kraju (w 11 województwach) stężenia 24-godz. PM₁₀ przekraczały poziom graniczny epizodu (75 µg/m³). Stężenia podwyższone, przekraczające poziom 50 µg/m³ występowały nadal na dużej liczbie stacji (ok. 150 stanowisk) w 15 województwach. Polska znajdowała się wówczas pod wpływem rozległego układu wyżowego rozciągającego się od Turcji po Wielką Brytanię i Francję. W nocy i rano występowały zamglenia, w ciągu dnia było pogodnie. Wiatr w ciągu dnia był słaby i umiarkowany, w nocy i rano panowała cisza wiatrowa. Temperatura w dzień dochodziła do 14 °C, w nocy i nad ranem spadała do -2 °C (Łódź). Amplituda dobowej temperatury powietrza przekraczała 15 °C. Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano na 75% stanowisk w Polsce, w tym na 77% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 50% stanowisk, w tym na 52% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenia dobowe zanotowano w Miechowie w woj. małopolskim (231 µg/m³), w Opocznie w woj. łódzkim (197 µg/m³) i w Pszczynie w woj. śląskim (182 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 51 stanowiskach w kraju, w 8 województwach, w tym na 43 z 73 stanowisk w woj. śląskim, małopolskim, opolskim i łódzkim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 80 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w 4 ww. województwach - 113 µg/m³.

W dniu 15 marca 2014 r. Polska dostała się pod wpływ niżu z centrum nad Skandynawią. Nad Polską przechodziły fronty atmosferyczne. Stężenia pyłu PM₁₀ obniżyły się znacząco.

Na rys. 4.25-6 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Pszczynie w woj. śląskim, Otwocku pod Warszawą, Opocznie w woj. łódzkim i Nowym Tomysłu w woj. wielkopolskim a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Sulejowie. Na wielu stanowiskach pomiarowych w różnych regionach Polski, przez wiele dni utrzymywały się stężenia przekraczające poziom graniczny epizodu.



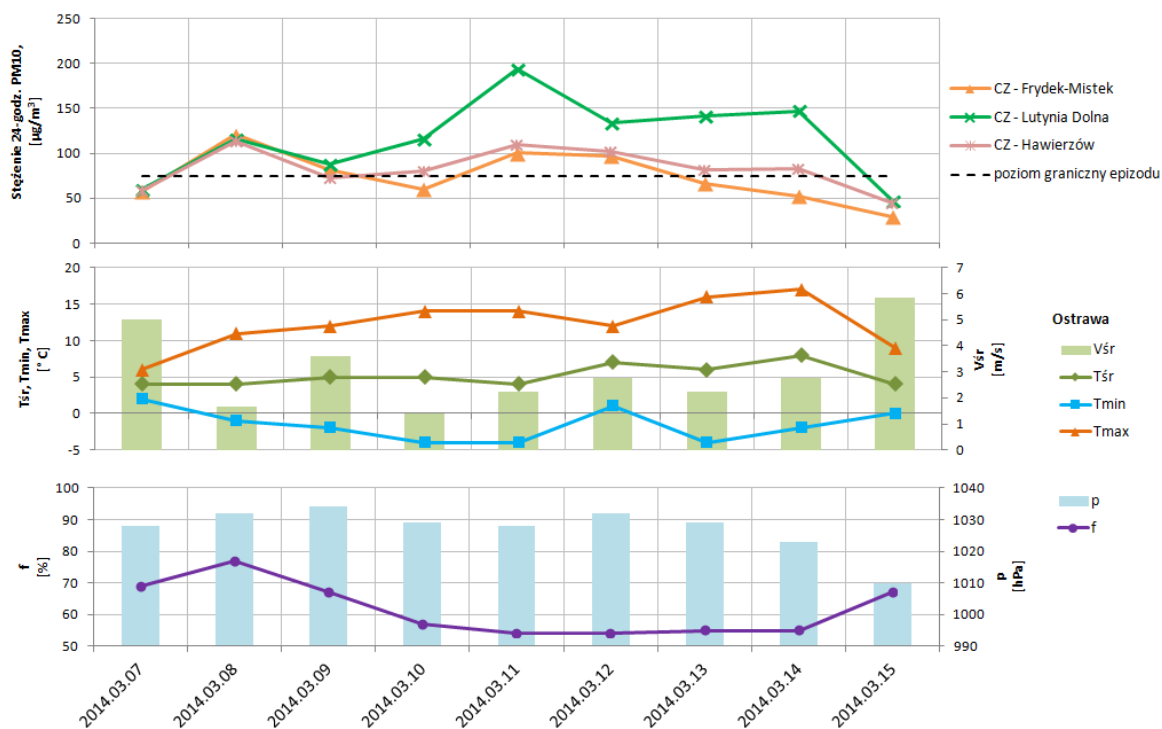
Rysunek 4.25-6 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Sulejowie.

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniu 8 marca 2014 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 28 stanowiskach tła w Czechach (w rejonie Ostrawy, Kraju Usteckim, w Pradze i okolicach). Najwyższe stężenie PM10 notowano w tym dniu w miejscowości Frydek-Mistek w pobliżu Ostrawy ($121 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom graniczny epizodu przekroczony był też na dwóch stacjach w Niemczech w pobliżu granicy z Czechami (Annaberg-Buchholz – $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Freiberg – $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W następnym dniu liczba stanowisk z przekroczeniem poziomu granicznego w Czechach zmniejszyła się do 18, z najwyższym stężeniem PM10 zanotowanym w miejscowości Kladno w pobliżu Pragi ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

10 marca nastąpił dalszy spadek liczby stanowisk z wysokimi poziomami stężeń w Czechach (do 11), podobnie jak w Polsce. 11 marca poziomy rejestrowanych stężeń zaczęły wzrastać. Wysokie stężenia notowane były na 13 stanowiskach tła w Czechach (głównie w rejonie Ostrawy) oraz na jednym stanowisku na Słowacji, w pobliżu granicy z Czechami. W Czechach najwyższe stężenie zanotowano na stacji w Lutyni Dolnej ($194 \mu\text{g}/\text{m}^3$), na Słowacji we Vsetinie ($75.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Podobnie, jak w Polsce, od 15 marca stężenia pyłu notowane w Czechach znacząco zmalały.

W kolejnych dniach epizodu wysokie stężenia PM₁₀ utrzymywały się w Czechach głównie w okolicach Ostrawy i były notowane na od 10 do 19 stanowiskach pomiarowych. Podobnie, jak poprzednio, najwyższe stężenia zarejestrowano w Lutyni Dolnej (od 140 do ok. 150 µg/m³),



Rysunek 4.25-7 Stężenie 24-godzinne PM₁₀ na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Ostrawie.

Tabela 4.25-1. Zestawienie informacji o stężeniach PM₁₀ w dniach 8-14.03.2014 r.

	Jedno- stka	2014- 03-08	2014- 03-09	2014- 03-10	2014- 03-11	2014- 03-12	2014- 03-13	2014- 03-14
Wszystkie stanowiska w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	72.9	75.1	69.5	80.6	70.0	84.9	80.0
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	75	75	71	82	65	79	75
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	43	44	34	53	40	53	50
% stanowisk z S ₂₄ >S ₉₅	%	42	49	35	52	28	52	44
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	159	235	273	226	208	232	231
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	74.1	76.6	71.3	82.7	72.0	85.8	81.6
% stanowisk z S ₂₄ >50µg/m ³	%	75	75	74	85	68	80	77
% stanowisk z S ₂₄ >75µg/m ³	%	46	46	37	56	42	54	52
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	159	235	273	226	208	232	231
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce								
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	47.5	45.5	42.6	39.0	26.1	43.0	49.2

	Jedno- stka	2014- 03-08	2014- 03-09	2014- 03-10	2014- 03-11	2014- 03-12	2014- 03-13	2014- 03-14
% stanowisk z $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	44	33	0	30	0	50	50
% stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	%	0	0	0	0	0	0	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	74	61	50	59	42	69	80
Stanowiska tła poza granicami Polski								
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Słowacji	-	0	0	0	1	0	0	1
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Czechach	-	28	18	11	13	14	10	19
Liczba stanowisk tła z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Niemczech	-	2	0	0	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 8-14.03.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, 12374).

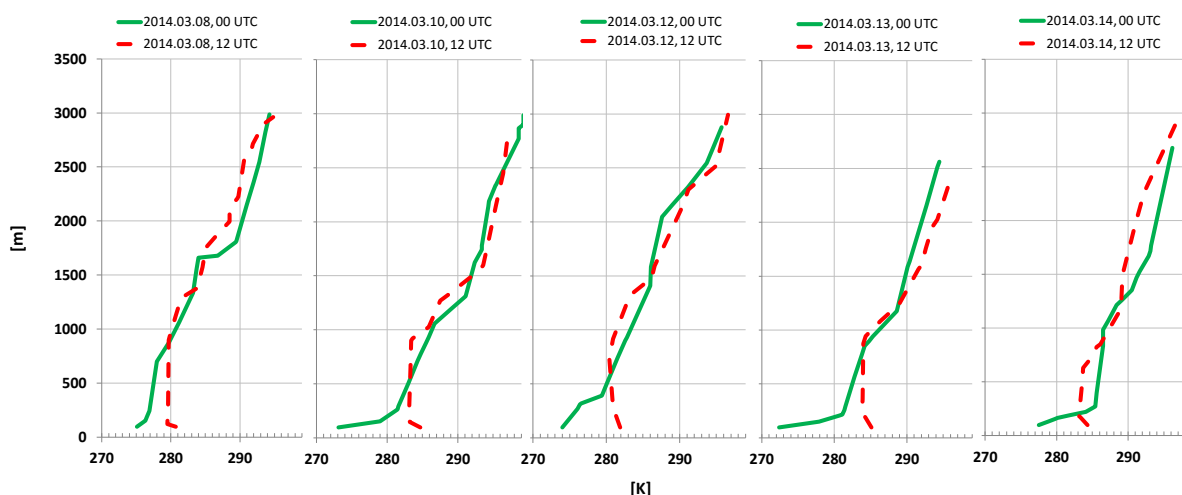
W analizowanym okresie przeważały warunki równowagi stałej z epizodami równowagi chwiejnej w warstwie przyziemnej w ciągu dnia. Temperatura nocą spadała do około 0°C , w ciągu dnia wzrastała o kilka stopni, do około 10°C .

Zarejestrowano występowanie warunków inwersji wyżowej:

- 08.03.2014 (dzień, noc) - na wysokości od 1000 m do 1700 m;
- 10.03.2014 (dzień, noc) - na wysokości od 1000 m do 1500 m;
- 12.03.2014 (dzień, noc) - na wysokości od 1000 m do 1500 m;
- 13.03.2014 (dzień, noc) - na wysokości od 1000 m do 1300 m;
- 14.03.2014 (dzień, noc) - na wysokości od 800 m do 1500 m;

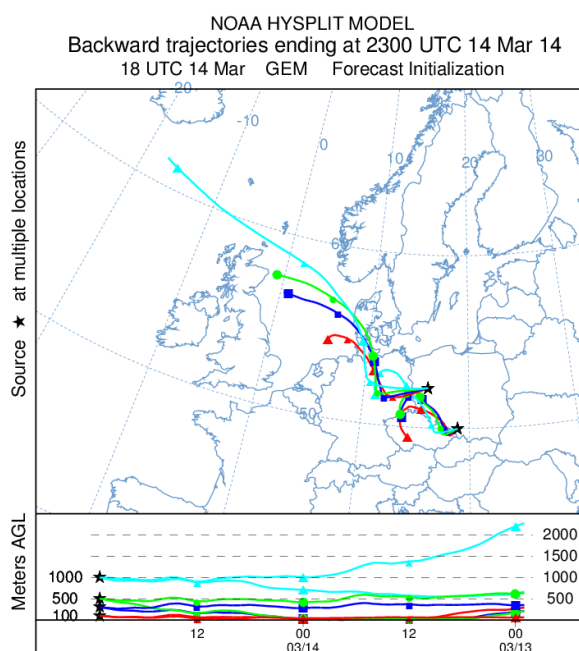
oraz inwersji przyziemnej:

- 08.03.2014 (noc) - do wysokości około 100 m;
- 10.03.2014 (noc) - do wysokości około 200 m;
- 12.03.2014 (noc) - do wysokości około 400 m;
- 13.03.2014 (noc) - do wysokości około 250 m;
- 14.03.2014 (noc) - do wysokości około 300 m.



Rysunek 4.25-8 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondży aerologicznych w Legionowie w dniach 8-14.03.2014 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.25-9 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 14 marca 2014 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 14.03.2014 r. (Rys. 4.25-9), dla dwóch miast, w których na stacjach tła miejskiego lub podmiejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu PM₁₀: dla Nowego Tomyśla w woj. wielkopolskim ($93 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Pszczyny w woj. śląskim ($182 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

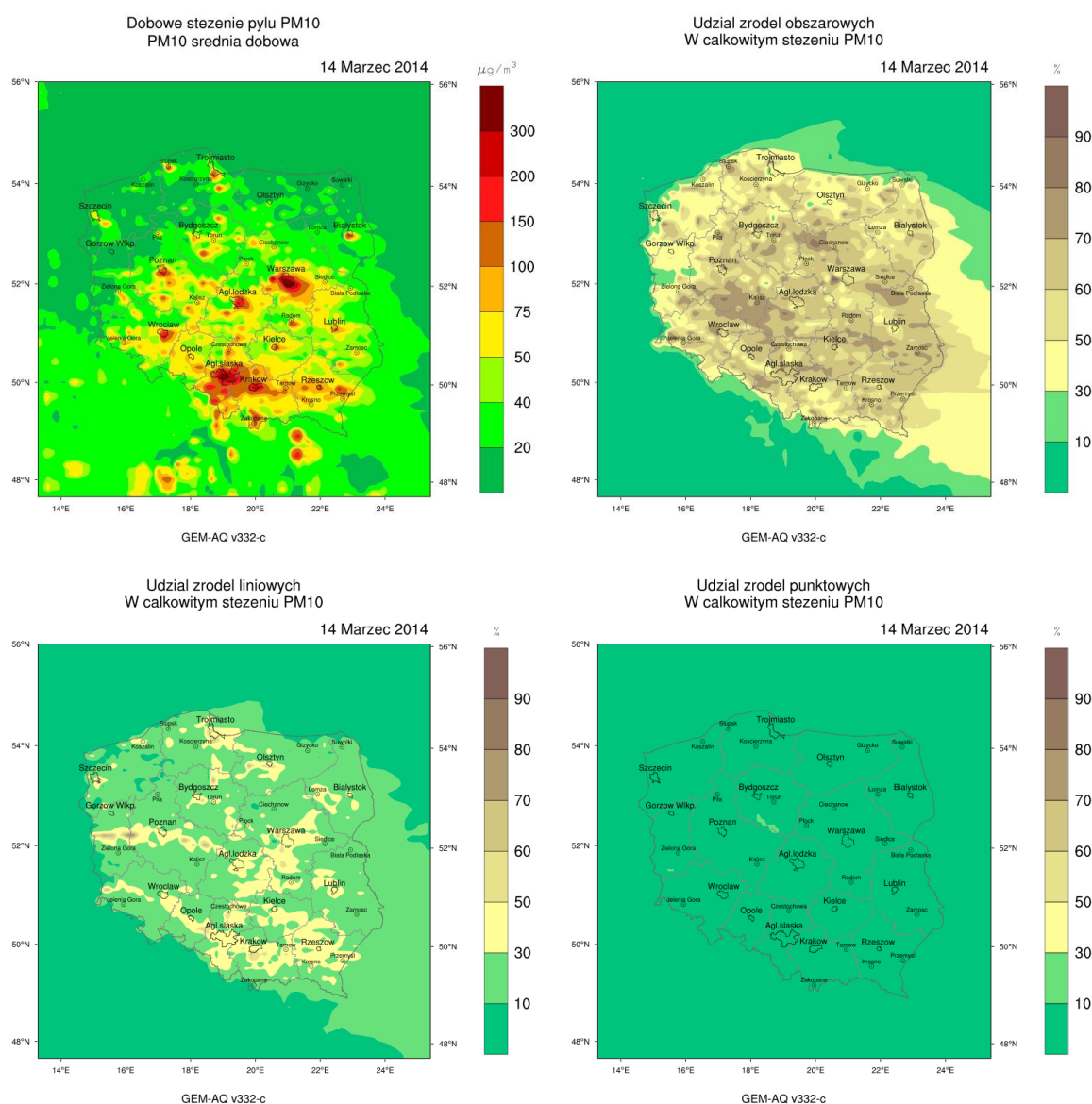
Trajektorie do Nowego Tomyśla zaczynają się nad Morzem Północnym. Trajektorie prowadzą na południowy wschód, nad Danią i Niemcami. W okolicach Berlina trajektorie

skręcają na wschód, docierają do granicy z Polską i następnie nad woj. lubuskim dochodzą do Nowego Tomyśla.

Trajektorie do Pszczyny dla poziomów 100, 300 i 500 m zaczynają się w Czechach. Początkowo podążają na północ skręcając nad Niemcami na północny wschód i wschód w kierunku Polski. Biegąc ponad woj. lubuskim, dolnośląskim, opolskim i śląskim podążają w kierunku południowo-wschodnim i wschodnim do Pszczyny, w końcowej fazie, przechodząc nad terytorium Czech.

Trajektorie dla poziomu 100 m przebiegały w warstwie przyziemnej atmosfery.

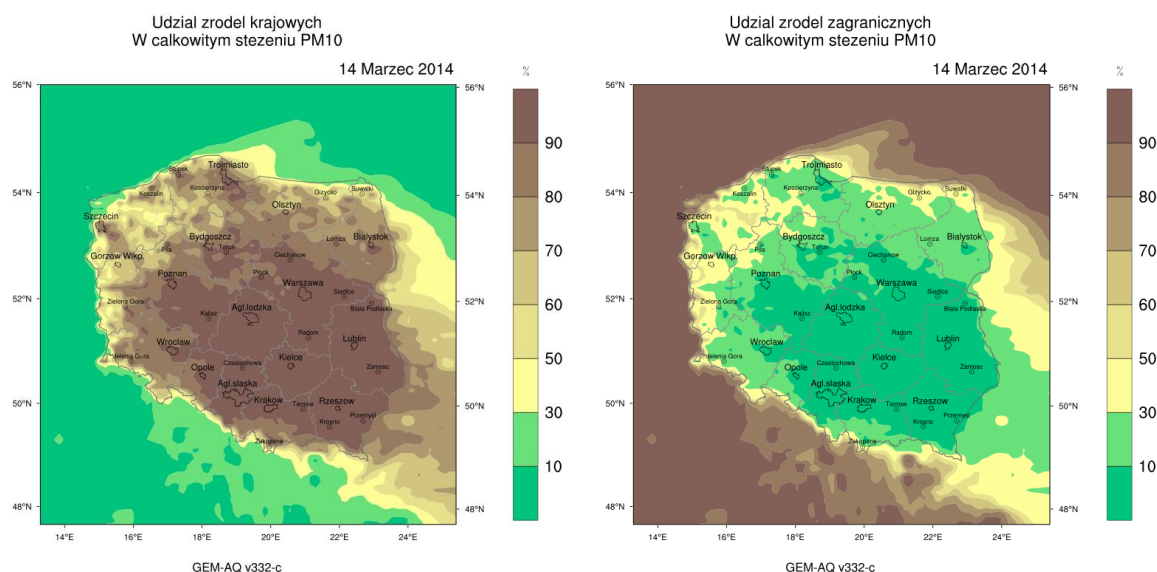
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu



Rysunek 4.25-10 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 14 marca 2014 r.

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 29.03.2014 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu w centrum, na południu i południowym wschodzie Polski. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A2 i A4, drogi ekspresowej nr 1. Według obliczeń bardzo wysokie stężenia PM10 miały wystąpić w aglomeracji warszawskiej, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.25-10), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-70%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) – maksymalnie do 60% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2, A4). Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-60%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.25-11 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 14 marca 2014 r.

O wysokości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 w woj. zachodniopomorskim, lubuskim, pomorskim, warmińsko-mazurskim i podlaskim. W rejonach, gdzie procentowy udział emisji zagranicznych w stężeniach PM10 jest największy, z reguły stężenia PM10 nie są wysokie. W południowym pasie przygranicznym udział ten mieścił się w zakresie 10-30%. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu na Ukrainie i Białorusi powyżej 60% oraz w ograniczonym stopniu na Słowacji.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

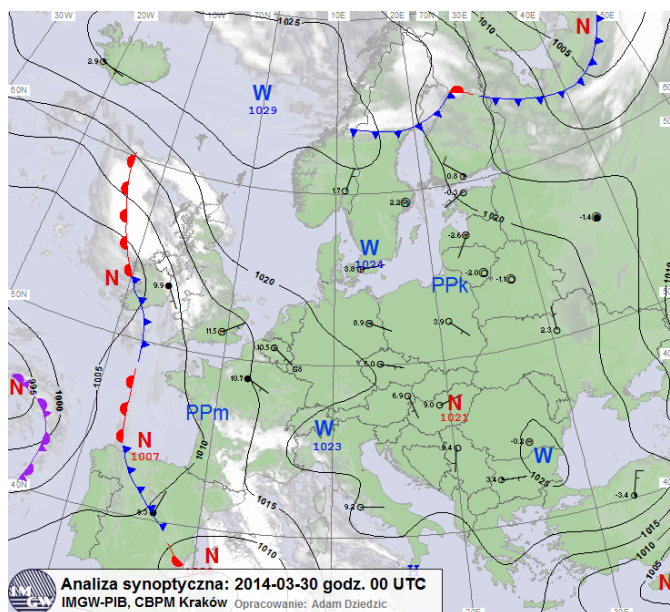
Epizod wysokich stężeń w dniach 8-14.03.2014 r. okresowo objął swym zasięgiem całą Polskę, a także niektóre rejony Czech i Słowacji. Podczas trwania epizodu w Polsce wystąpiło 10 przypadków przekroczenia poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM10 należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W warunkach równowagi stałej w atmosferze oraz inwersji temperatury występujących w ciągu większości nocy w tym okresie, niska emisja powierzchniowa i liniowa mogła doprowadzić do kumulacji zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowania wysokich stężeń PM10.

4.26. Epizod 26. Od 29 do 31 marca 2014

Sytuacja synoptyczna

29 marca 2014 Polska była w zasięgu rozległego układu wysokiego ciśnienia. Przez Polskę przechodził mało aktywny front chłodny nie przynoszący jednak zachmurzenia. 30 marca sytuacja baryczna nie uległa znaczącym zmianom. Utrzymywały się warunki bezchmurne. Powietrze napływało z kierunków wschodnich. Średnia temperatura w Polsce w godzinach dziennych wynosiła ok. $14-15^\circ\text{C}$. Na północy i północnym wschodzie było nieco chłodniej. W nocy temperatury malały do ok. 5°C . 31 marca pojawiło się zachmurzenie związane z niżem znad Włoch. Do Polski zbliżała się także strefa zachmurzenia znad Skandynawii związana z chłodnymi frontami.

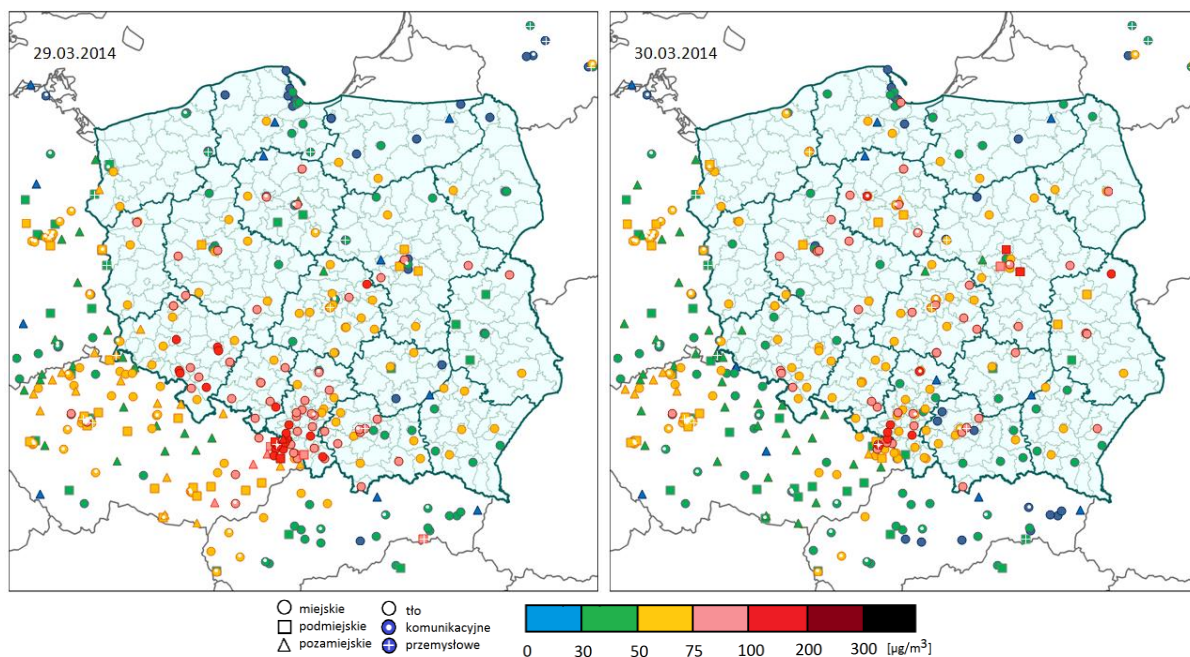


Rysunek 4.26-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 30 marca 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń 29-31.03.2014 r. objął swym zasięgiem przede wszystkim część południową i centralną Polski. Najwięcej przypadków przekroczenia poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiło w woj. śląskim. Częste przekroczenia tego poziomu wystąpiły też w woj. opolskim i łódzkim, mniej liczne w niektórych miastach większości województw. Przekroczenia te wystąpiły też w Czechach, głównie w rejonie Ostrawy graniczącym z woj. śląskim. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.26-1.

W dniu 29 marca 2014 r. stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na 58 stanowiskach, w tym na 25 z 33 stanowisk w woj. śląskim i opolskim (Rys. 4.26-2). Stężenia przewyższające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w każdym z 16 województw, w sumie na ok. 120 stanowiskach pomiarowych. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu oddziaływania rozległego układu wysokiego ciśnienia obejmującego większość Europy. Wiatr na ogół był słaby, niekiedy z kierunków zmiennych, okresowo występowała cisza wiatrowa, w ciągu dnia wiatr umiarkowany z kierunków wschodnich. Temperatura powietrza w ciągu dnia dochodziła do 17°C , nocą spadała do ok. 1°C (Katowice). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 62% stanowisk w Polsce, w tym na 65% stanowisk tła miejskiego oraz 22% stacji tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 29% stanowisk, w tym na 31% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe PM₁₀ zanotowano na stacji w Szczawnie Zdroju w woj. dolnośląskim ($131 \mu\text{g}/\text{m}^3$), w Wałbrzychu ($111 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz na stanowiskach w woj. śląskim: w Żywcu i Rybniku ($111\text{-}112 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na 13 stanowiskach w 4 województwach 24-godz. stężenie PM₁₀ przekroczyło poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk z woj. śląskiego i opolskiego - $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

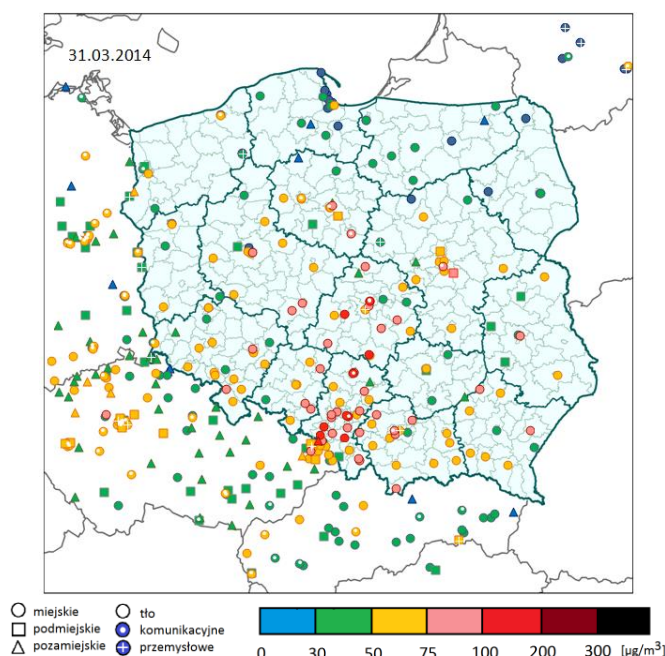


Rysunek 4.26-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 29-30.3.2014 r.

Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 16 stanowiskach tła w Czechach (głównie w rejonie Ostrawy).

W dniu 30 marca 2014 r. wzrosły stężenia PM10 w miastach centralnej i wschodniej części Polski, spadły w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim, aczkolwiek w wielu miejscach w tych województwach przekraczały poziom dopuszczalny ($\text{D}_{24}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia PM10 przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na ok. 50 stanowiskach w Polsce (Rys. 4.26-2). W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu rozległego układu wyżowego rozciągającego się od Bułgarii po Islandię. Było pogodnie, wiatr był słaby. Temperatura w dzień dochodziła do 18°C , w nocy i nad ranem spadała do -2°C (Katowice). W takich warunkach mogły formować się przyziemne inwersje temperatury ograniczające w znacznym stopniu intensywność dyspersji zanieczyszczeń w dolnej warstwie atmosfery. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 69% stanowisk w Polsce, w tym na 70% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 20% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 25% stanowisk, w tym na 26% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Białej Podlaskiej w woj. lubelskim ($172 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 9 stanowiskach w Polsce, w 4 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. lubelskim - $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 6 stanowiskach tła w Czechach (głównie w rejonie Ostrawy).



Rysunek 4.26-3 Stężenia 24-godz. PM10 w dniu 31.03.2014 r.

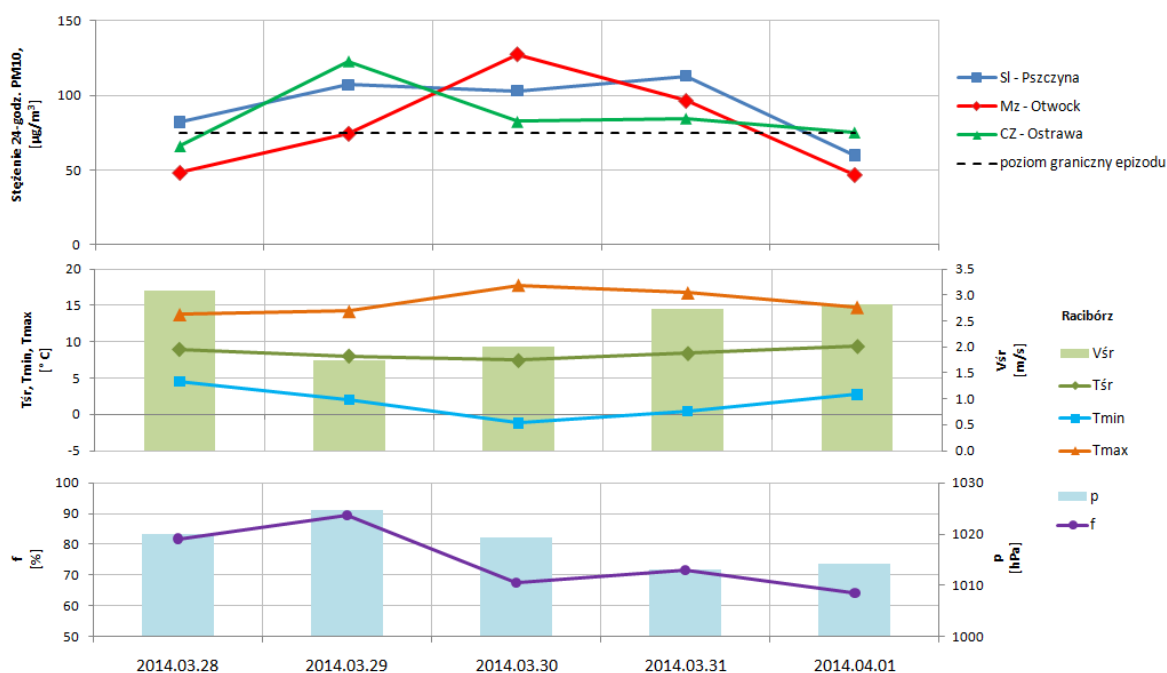
W dniu 31 marca wysokie stężenia PM10 notowane były głównie w miastach centralnej i południowej części Polski (Rys.4.26-3). Stężenia PM10 przekraczające poziom graniczny

epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na ok. 50 stanowiskach w 10 województwach. Stężenia przewyższające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w większości województw w kraju (za wyjątkiem woj. warmińsko-mazurskiego i podlaskiego). W tych dniach Polska znajdowała się w zasięgu klina wysokiego ciśnienia łączącego ośrodki wyżowe znad Islandii i Turcji. W ciągu dnia było pogodnie. Wiatr był słaby, okresowo panowała cisza wiatrowa. Temperatura w dzień dochodziła do 17°C , w nocy i nad ranem spadała do 0°C (Katowice). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 63% stanowisk w Polsce, w tym na 64% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 24% stanowisk, w tym na 25% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Rybniku w woj. śląskim ($129 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 9 stanowiskach w kraju, wyłącznie w woj. śląskim i łódzkim. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i łódzkim - $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 31.03.2014 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 3 stanowiskach tła w Czechach (2 rejonie Ostrawy i w Kladnie k. Pragi).

W dniu 1 kwietnia 2014 r., wraz ze zmianą cyrkulacji atmosferycznej na północną, związaną z niżem znad Rosji i przejściem chłodnego frontu atmosferycznego, stężenia PM10 w Polsce obniżyły się poniżej poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Na rys. 4.26-4 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Pszczynie w woj. śląskim, Otwocku pod Warszawą i Ostrawie w Czechach a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Raciborzu.



Rysunek 4.26-4 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Raciborzu.

Tabela 4.26-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 29-31.03.2014 r.

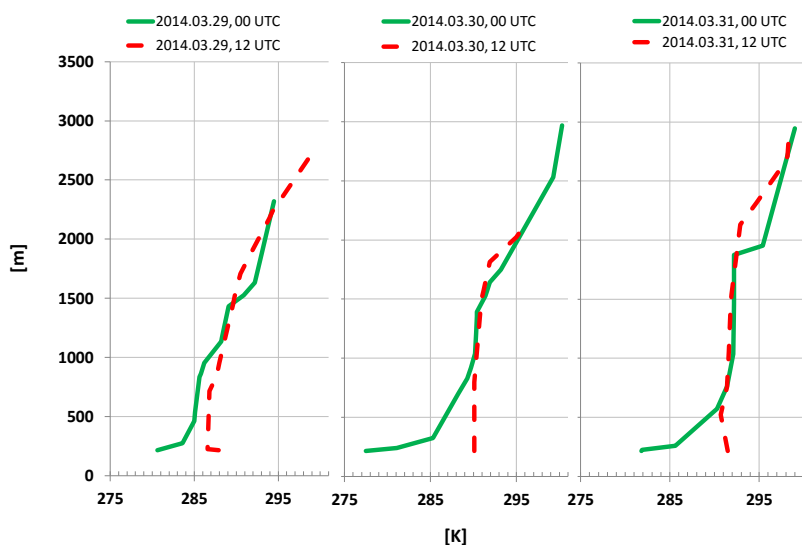
	Jednostka	2014-03-29	2014-03-30	2014-03-31
Wszystkie stanowiska w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	60.9	60.8	59.8
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	62	69	63
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	29	25	24
% stanowisk z S24>S95	%	21	19	17
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	131	172	129
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	62.6	61.9	60.1
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	65	70	64
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	31	26	25
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	131	172	129
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce				
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	31.8	34.6	34.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	22	20	10
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	57	60	61
Stanowiska tła poza granicami Polski				
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	16	6	3
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 29-31.03.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Prostějov (Czechy, nr stacji: 11747).

W ciągu analizowanego okresu przeważały warunki stabilne, z występującą w ciągu dnia w warstwie przyziemnej równowagą chwiejną lub obojętną. Temperatury przy powierzchni ziemi były dodatnie, nocą około 2°C, w ciągu dnia do 12°C. Powyżej warstwy granicznej występowała słabo ukształtowana inwersja wyżowa, a nocą w warstwie przyziemnej kształtowała się inwersja radiacyjna.

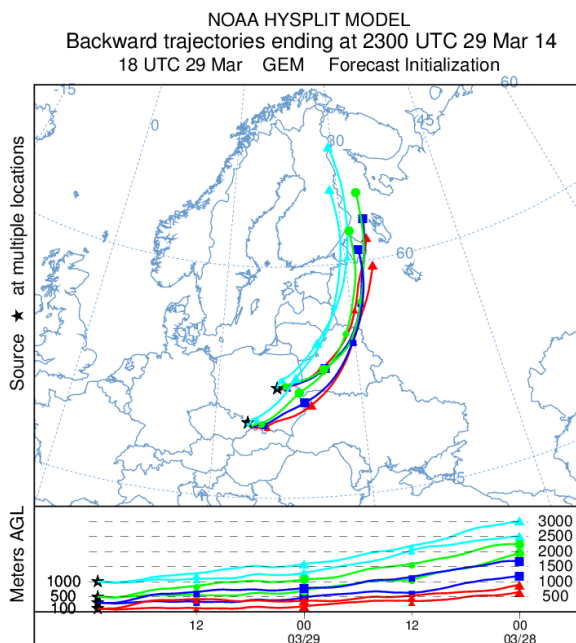
29.03.2014 w godzinach nocnych wytworzyła się inwersja przyziemna sięgająca do wysokości około 250 m i inwersja wyżowa na wysokości od 1000 m do 1700 m, w ciągu dnia utrzymywała się inwersja wyżowa na wysokości od 800 m do 1500 m. 30.03.2014 w godzinach nocnych inwersja przyziemna sięgała do wysokości około 350 m, zaś inwersja wyżowa zaznaczała się na wysokości od 1000 m do 1500 m. W godzinach dziennych bardzo słabo ukształtowana inwersja wyżowa zalegała na wysokości od 1500 m do 1700 m. 31.03.2014

inwersja przyziemna wytworzyła się w godzinach nocnych i sięgała do wysokości około 250 m.



Rysunek 4.26-5 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Prostejowie w dniach 29-31.03.2014 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.26-6 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 29 marca 2014 r.

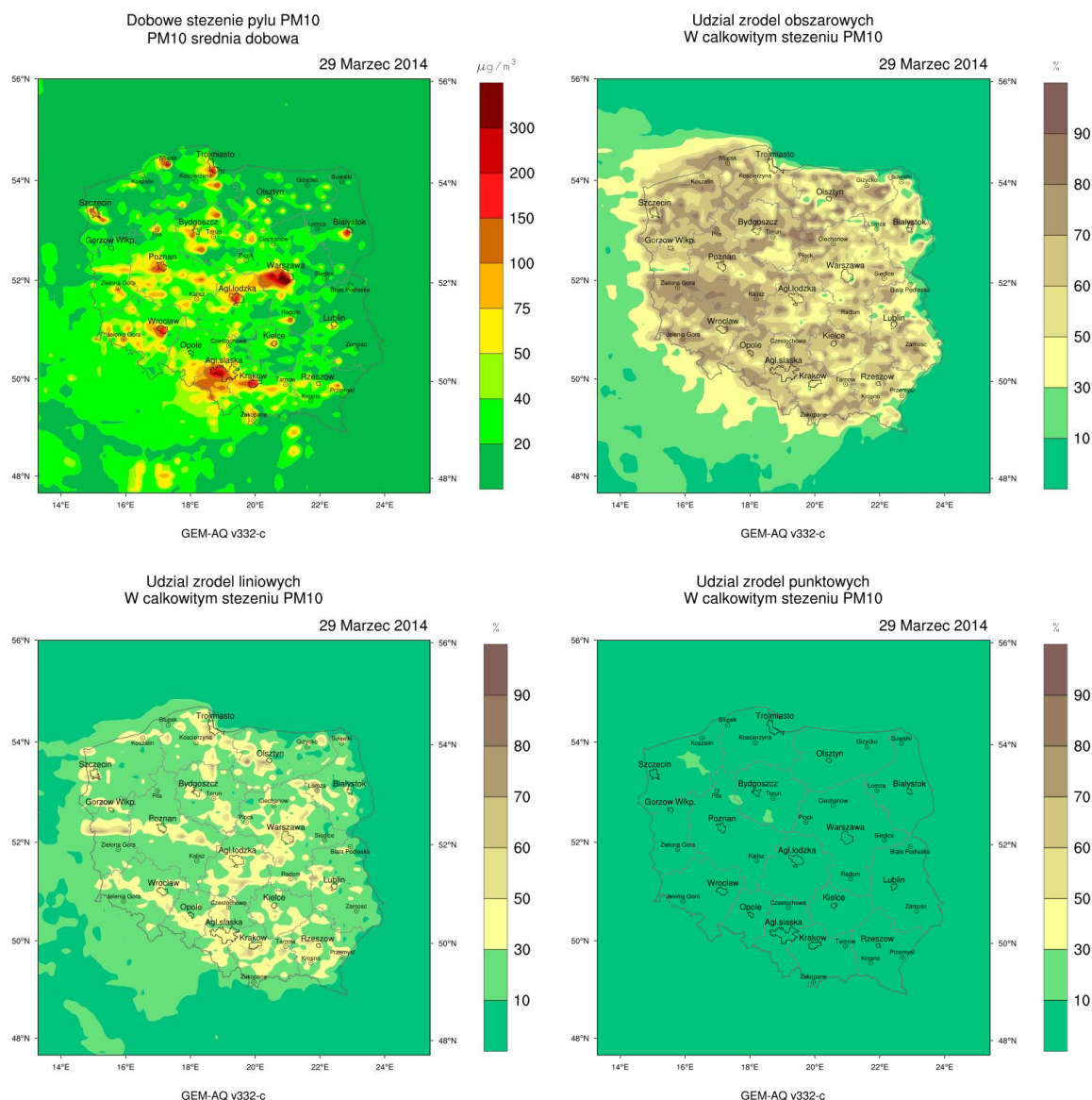
Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 29.03.2014 r. (Rys. 4.26-6), dla dwóch miast, w których na stacjach tła miejskiego lub podmiejskiego zanotowano wysokie

stężenia pyłu PM10: dla Otwocka k. Warszawy ($74 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz Ostrawy w Czechach ($123 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Trajektorie do Ostrawy zaczynają się w pobliżu jeziora Ładoga. Trajektorie prowadzą na południe ponad Rosją, skręcając łagodnym łukiem na południowy zachód nad Białoruś i Ukrainę, po czym przekraczają granice Polski. Dalej prowadzą na woj. lubelskim, podkarpackim, świętokrzyskim, małopolskim i śląskim do Ostrawy.

Przebieg trajektorii wskazuje na wielkoskalowe osiadanie mas powietrza. Wysokość trajektorii w punktach startowych była kilka razy wyższa niż w punktach końcowych, np. z ok. 600 m trajektoria obniżyła się do 100 m.

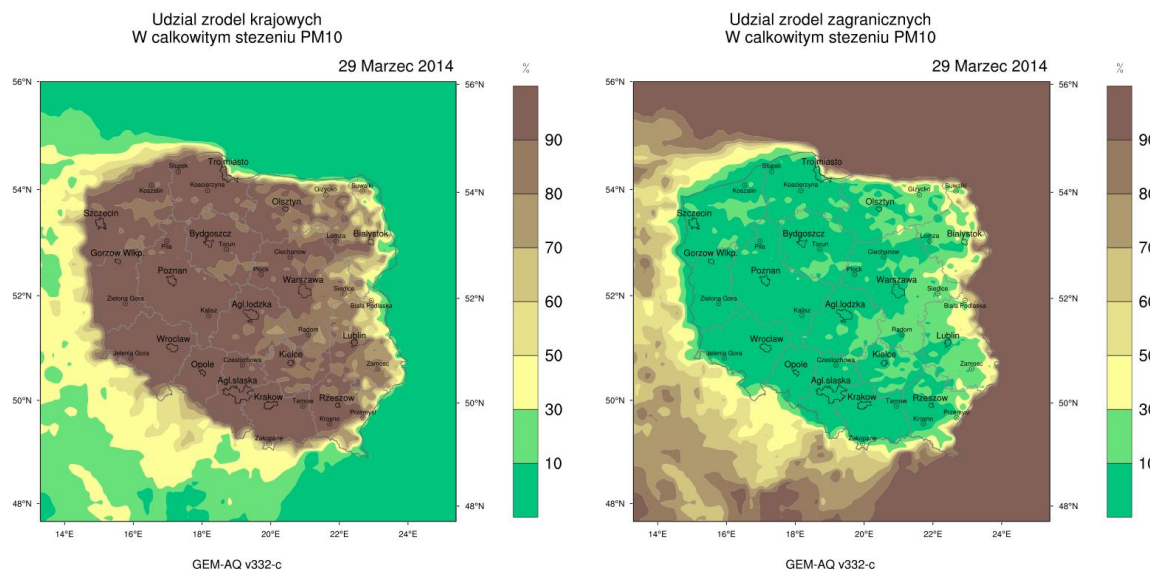
Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu



Rysunek 4.26-7 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 29 marca 2014 r.

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 29.03.2014 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na większości terytorium Polski z wyłączeniem woj. warmińsko-mazurskiego. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A2 i A4, drogi ekspresowej nr 1. Według obliczeń bardzo wysokie stężenia PM10 miały wystąpić w aglomeracji warszawskiej, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.26-7), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-80%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 70% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2, A4). Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-60%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-60%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.26-8 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM10 w dniu 29 marca 2014 r.

O wysokości stężeń PM10 w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM10 w wąskim pasie terenu wzdłuż granicy z Obwodem Kaliningradzkim, Litwą i Białorusią. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu w pasie terenu w Czechach i Niemczech położonym wzdłuż granicy z Polską.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

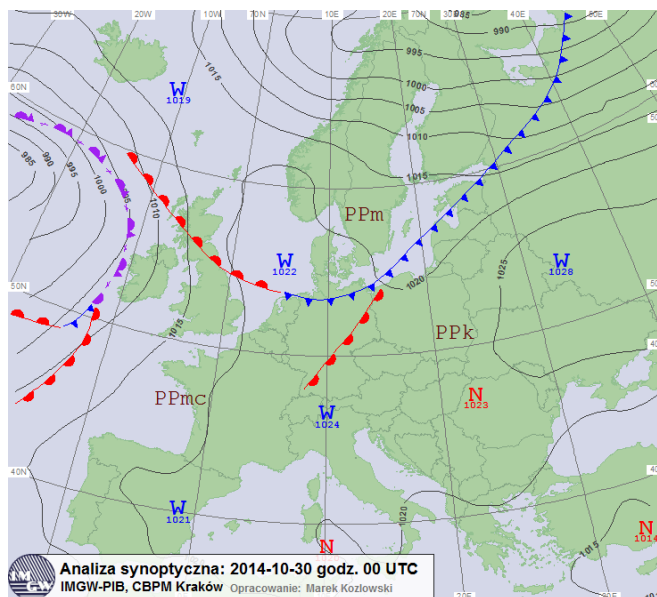
Epizod wysokich stężeń w dniach 29-31.03.2014 r. objął swym zasięgiem przede wszystkim część południową i centralną Polski. Przekroczenia te wystąpiły też w Czechach, głównie w rejonie Ostrawy graniczącym z woj. śląskim.

Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM10 należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W warunkach równowagi stałej dominującej w nocy oraz nocnych inwersji temperatury występujących w niektórych dniach w tym okresie, niska emisja powierzchniowa i liniowa mogła doprowadzić do kumulacji zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowania wysokich stężeń PM10.

4.27. Epizod 27. Od 27 października do 1 listopada 2014

Sytuacja synoptyczna

27 października 2014 Polska znajdowała się w zasięgu oddziaływania klina wysokiego ciśnienia z centrum nad Ukrainą. W ciągu dnia temperatura średnia kształtowała się ok. 10°C, i wzrastała ze wschodu na zachód. W nocy wystąpiły lekkie przymrozki. 28 i 29 października utrzymywały się zbliżone warunki pogodowe. Niebo było bezchmurne co sprzyjało nocnym spadkom temperatury. Przeważały wiatry słabe z południowego wschodu. 30 października nad Polską przemieszczał się front atmosferyczny z północy na południowy wschód kraju. Zachmurzenie wzrosło, nie wystąpiły jednak znaczące opady. Temperatury nieznacznie się obniżyły. 31 października zachmurzenie było duże z uwagi na przemieszczający się powoli na południowy wschód mało aktywny front chłodny. Temperatury wykazywały tendencje wzrostową. 1 listopada od południa nad Polskę napłynęła ciepła i wilgotna masa powietrza. Sprzyjało to powstawaniu mgieł. Temperatura w godzinach dziennych utrzymywała się ok. 10°C, w nocy powyżej 0°C.



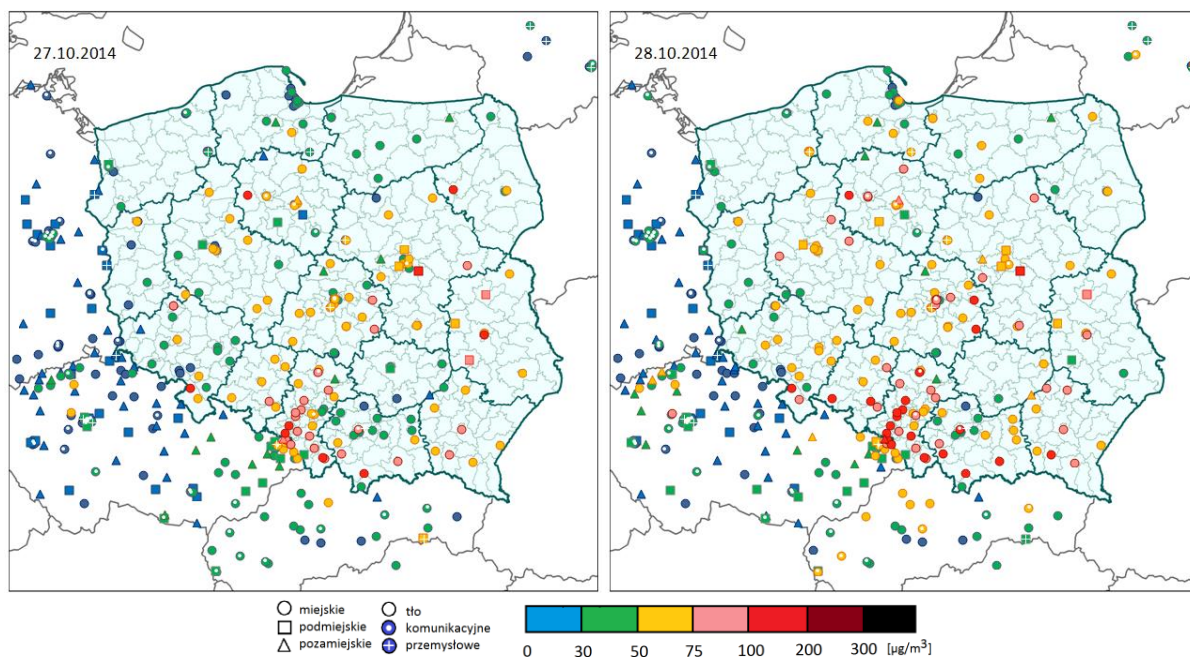
Rysunek 4.27-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 30 marca 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

Epizod wysokich stężeń PM₁₀ 27.10-1.11.2014 r. objął swym zasięgiem wszystkie województwa, przy czym intensywność epizodu w zachodniej i północnej części Polski była mniejsza niż na pozostałym obszarze kraju. Najwięcej przypadków przekroczenia poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiło w woj. śląskim. Częste przekroczenia tego poziomu wystąpiły też w woj. opolskim, łódzkim, małopolskim, mazowieckim i wielkopolskim. Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania na jednym stanowisku. Wybrane informacje o stężeniach PM₁₀ w tym okresie zamieszczono w tabeli 4.27-1.

W dniu 27 listopada 2014 r. stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na 32 stanowiskach, w tym na 14 z 24 stanowisk w woj. śląskim (Rys. 4.27-2). Najwięcej stanowisk z tymi przekroczeniami było w woj. śląskim, po kilka przekroczeń w woj. lubelskim, małopolskim i łódzkim. Stężenia przewyższające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w 14 województwach, w sumie na ok. 100 stanowiskach pomiarowych. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu oddziaływania rozległego układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Rosją, w strefie frontu atmosferycznego. Wiatr był słaby i umiarkowany. Temperatura powietrza w ciągu dnia dochodziła do 13°C , nocą spadała do ok. 1°C (Łódź). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 49% stanowisk w Polsce, w tym na 52% stanowisk tła miejskiego oraz 10% stacji tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 16% stanowisk, w tym na 18% stanowisk tła miejskiego. Najwyższe stężenie dobowe PM₁₀ zanotowano na stacji w Rybniku w woj. śląskim ($164 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na 9 stanowiskach w 7 województwach 24-godz. stężenie PM₁₀ przekroczyło poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk z woj. śląskiego i opolskiego - $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

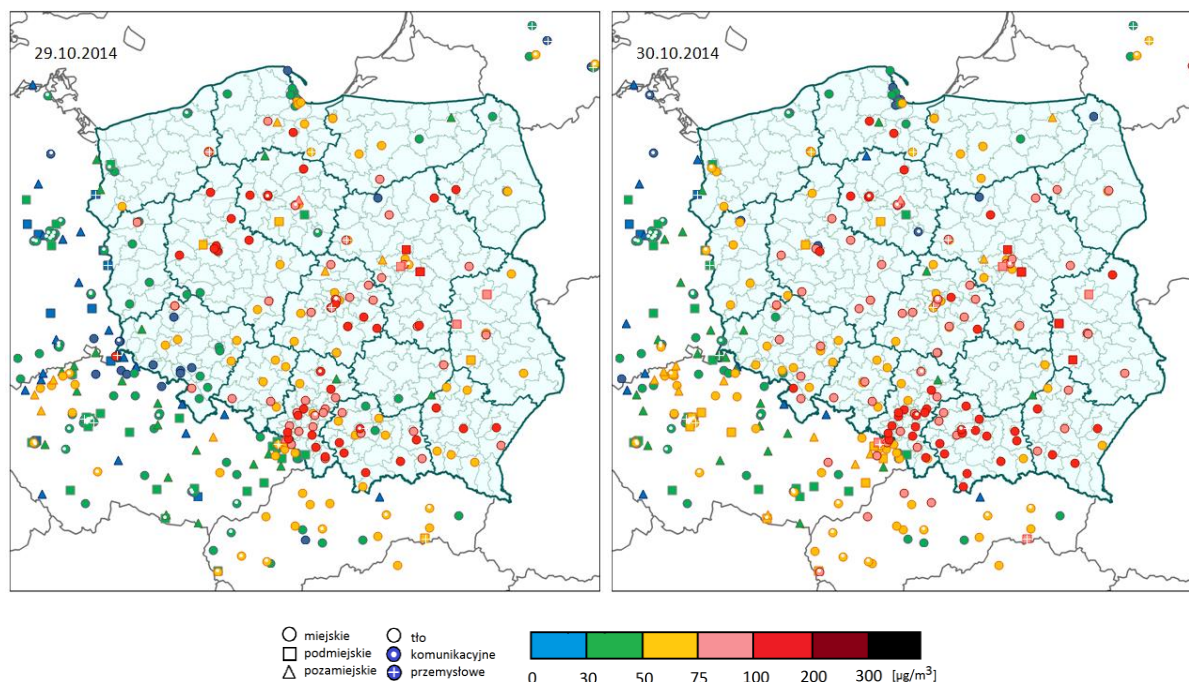
Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 2 stanowiskach tła w Czechach (w rejonie Ostrawy).



Rysunek 4.27-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 27-28.10.2014 r.

W dniach 28-30 października stężenia PM₁₀ stopniowo wzrastały, a obszar występowania wysokich stężeń PM₁₀, przekraczających poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, obejmował prawie całe terytorium kraju z wyłączeniem krańców zachodnich i północnych (Rys. 4.27-2, Rys. 4.27-3). W tym okresie Polska pozostawała pod wpływem wyżu z centrum nad Rosją i Ukrainą. Ciśnienie atmosferyczne nie spadało poniżej 1020 hPa. Temperatura powietrza nocą i nad ranem obniżała się do -3°C , w dzień dochodziła do 13°C (Łódź). W dniu 30 października miała miejsce kulminacja epizodu. W tym dniu stężenia PM₁₀ przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na ok. 100 stanowiskach w Polsce (Rys. 4.27-2). Największe nasilenie epizodu wystąpiło w woj. śląskim, małopolskim i podkarpackim. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 81% stanowisk w Polsce, w tym na 84% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 30% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 52% stanowisk, w tym na 54% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 49 stanowiskach w Polsce, w 10 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim - $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 3 stanowiskach tła w Czechach (głównie w rejonie Ostrawy) oraz na 3 stacjach tła w północno-zachodniej części Słowacji.

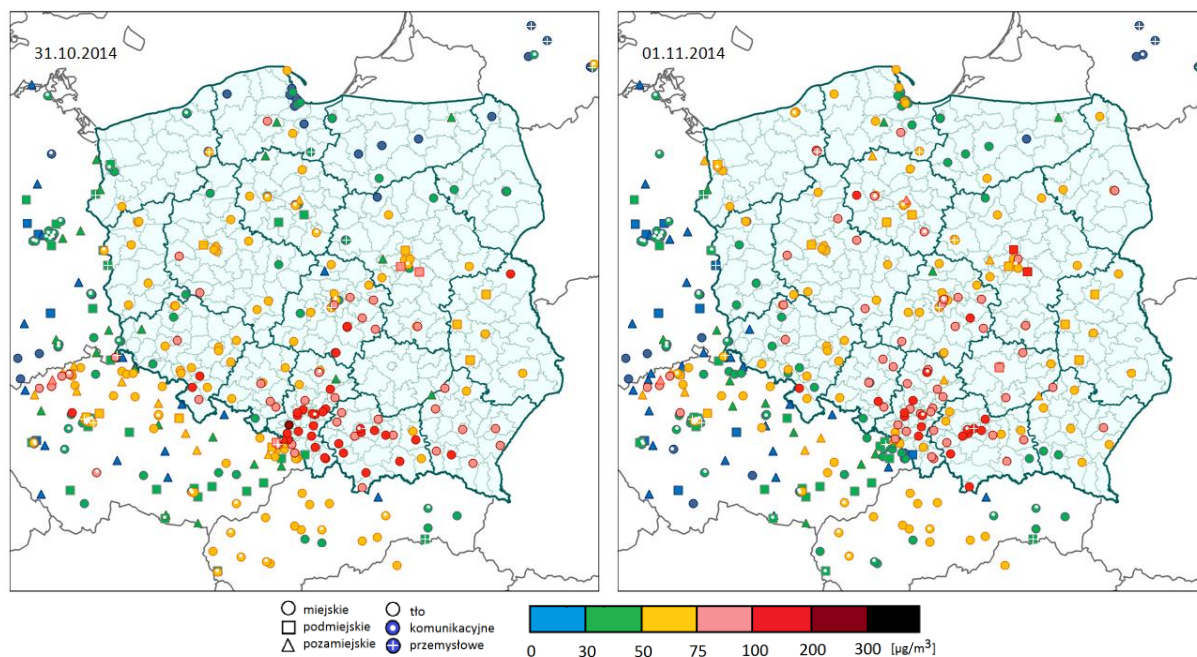


Rysunek 4.27-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 29-30.10.2014 r.

W dniu 31 października spadła do 66 liczba stanowisk z przekroczeniami poziomu 75 µg/m³. Przekroczenia te miały miejsce głównie w miastach południowej i centralnej części Polski (Rys.4.27-4). Najwyższe stężenie, przekraczające poziom informowania (200 µg/m³), wystąpiło w Rybniku w woj. śląskim (211 µg/m³).

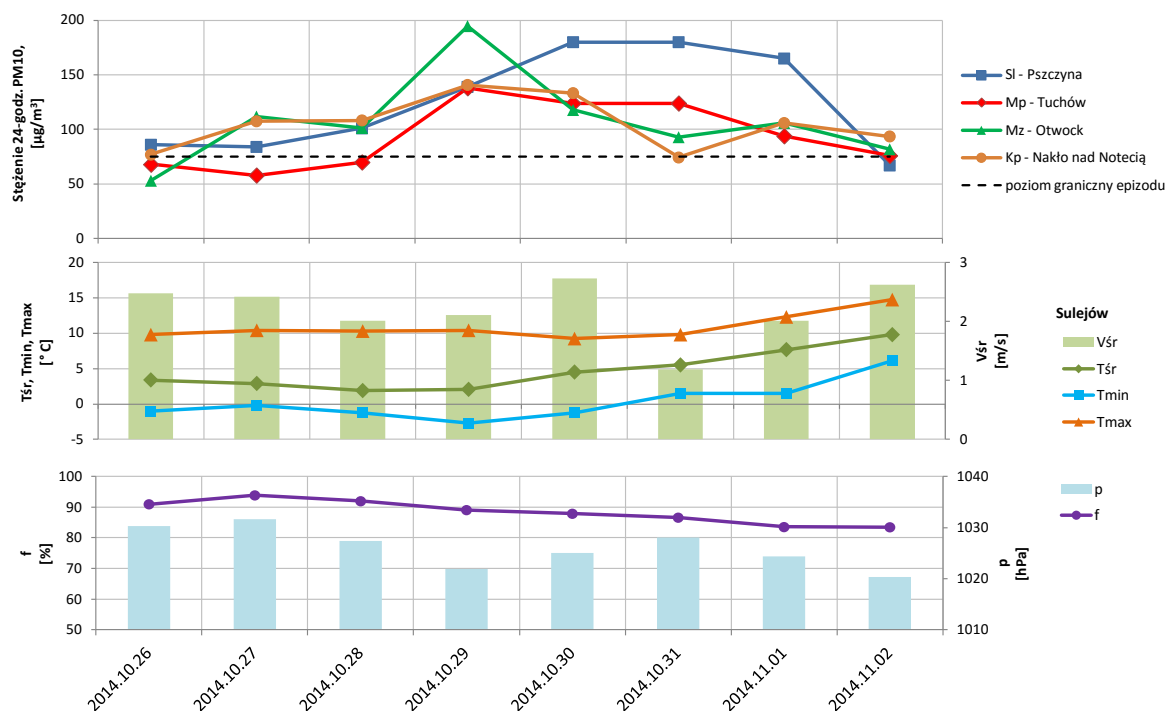
W dniu 1 listopada nieznacznie wzrosła liczba stanowisk z przekroczeniami poziomu 75 µg/m³ (Rys.4.27-4). Przekroczenia te wystąpiły na przeszło 70 stanowiskach, a najwięcej z nich było w woj. śląskim, małopolskim, opolskim i łódzkim. Stężenia przewyższające poziom 50 µg/m³ wystąpiły we wszystkich województwach. W tym dniu (1.11.2014 r.) Polska znajdowała się w zasięgu układu wysokiego ciśnienia łączącego ośrodki wyżowe znad Austrii i znad Zatoki Botnickiej. Zachodnie krańce Polski znajdowały się w strefie oddziaływania ciepłego frontu atmosferycznego związanego z niżem z centrum nad Islandią. W centrum kraju wiatr był słaby z kierunków wschodnich lub zmiennych. Temperatura w dzień dochodziła do 12 °C, w nocy i nad ranem spadała do 4 °C (Łódź). Stężenia wyższe od 50 µg/m³ zanotowano w na 81% stanowisk w Polsce, w tym na 82% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 50% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom 75 µg/m³ przekroczony był na 35% stanowisk, w tym na 36% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano w Pszczynie w woj. śląskim (165 µg/m³). Stężenia wyższe od 100 µg/m³ wystąpiły na 21 stanowiskach w 7 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło 70 µg/m³, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim i małopolskim - 94 µg/m³.

W dniu 1.11.2014 r. wysokie stężenia PM₁₀, przekraczające poziom 75 µg/m³, notowane były na 5 stanowiskach tła w Czechach (w kraju usteckim i w Kladnie k. Pragi).



Rysunek 4.27-4 Stężenia 24-godz. PM10 w dniach 31.10-1.11.2014 r.

Na rys. 4.27-4 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Pszczynie w woj. śląskim, Otwocku pod Warszawą, Tuchowie w woj. małopolskim i Nakle nad Notecią a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Sulejowie. Na wszystkich tych stacjach, poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekraczany był przez stężenia 24-godz. PM10 przez co najmniej 4 dni.



Rysunek 4.27-5 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Sulejowie.

Tabela 4.27-1. Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 27.10-1.11.2014 r.

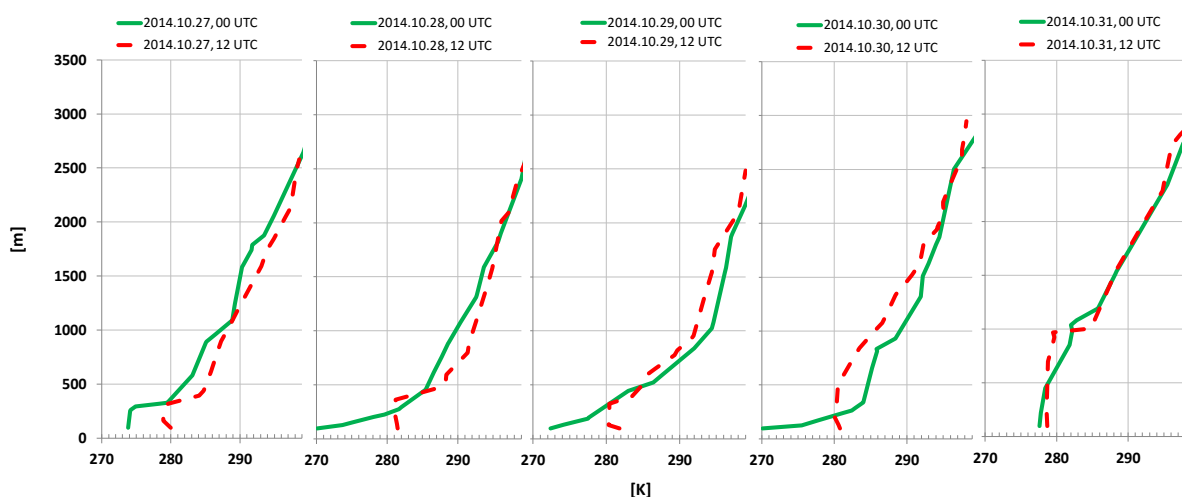
	Jednostka	2014-10-27	2014-10-28	2014-10-29	2014-10-30	2014-10-31	2014-11-01
Wszystkie stanowiska w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	53.8	65.4	75.5	78.2	70.6	70.2
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	49	69	75	81	68	81
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	16	28	45	52	34	35
% stanowisk z S24>S95	%	9	27	49	46	32	35
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	164	188	195	180	211	165
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	55.1	66.7	76.7	80.1	73.6	70.5
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	52	71	77	84	73	82
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	18	28	47	54	38	36
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	164	188	195	180	211	165
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce							
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m ³	32.9	45.3	48.9	48.7	37.1	51.3
% stanowisk z S24>50µg/m ³	%	10	30	40	30	10	50
% stanowisk z S24>75µg/m ³	%	0	10	10	10	0	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m ³	60	77	86	92	54	79
Stanowiska tła poza granicami Polski							
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	0	0	0	3	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	2	4	2	3	8	5
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	0	0	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 27.10-1.11.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Legionowo (Polska, 12374).

W analizowanym okresie przeważały warunki stabilne, inwersja wyżowa, w godzinach nocnych inwersja przypowierzchniowa w warstwie przyziemnej. W ciągu dnia przy powierzchni ziemi występowały warunki równowagi chwiejnej lub obojętnej, z przewagą równowagi chwiejnej. Temperatura przy powierzchni ziemi wykazywała się sporą zmiennością dobową od około 0°C w ciągu nocy do około 7°C w ciągu dnia.

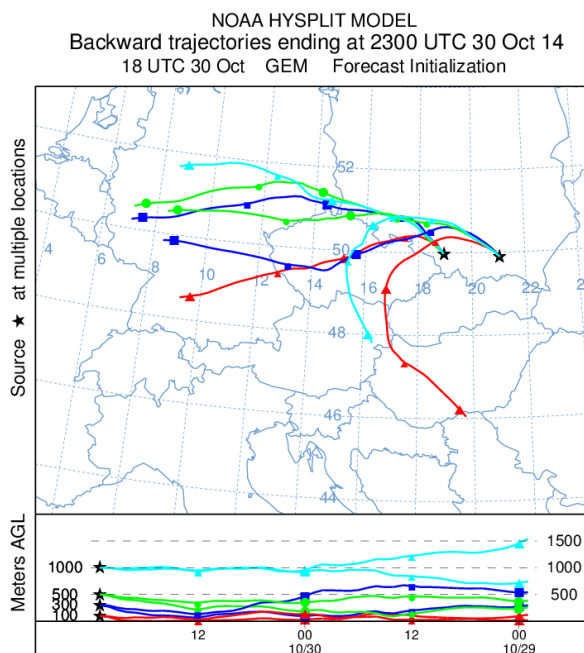
27.10.2014 w godzinach nocnych wystąpiła inwersja wyżowa na wysokości od 300 m do 1500 m, zaś w ciągu dnia od 300 m do 1500 m. 28.10.2014 w nocy rozbudowała się inwersja przyziemna sięgająca do wysokości około 250 m i inwersja wyżowa na wysokości od 250 m do 1500 m, w ciągu dnia utrzymywała się inwersja wyżowa na wysokości od 450 m do 1500 m. 29.10.2014 w godzinach nocnych wystąpiła inwersja przyziemna sięgająca do wysokości około 200 m i inwersja wyżowa na wysokości od 500 m do 1500 m, w ciągu dnia utrzymywała

się inwersja wyżowa na wysokości od 400 m do 1700 m. 30.10.2014 w godzinach nocnych wystąpiła inwersja przyziemna sięgająca do wysokości około 400 m i inwersja wyżowa na wysokości od 500 m do 1500 m, w ciągu dnia utrzymywała się inwersja wyżowa na wysokości od 500 m do 1700 m. 31.10.2014 w godzinach nocnych wystąpiła inwersja wyżowa na wysokości od 500 m do 1200 m, zaś w ciągu dnia inwersja wyżowa na wysokości od 1000 m do 1700 m.



Rysunek 4.27-6 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondaży aerologicznych w Legionowie w dniach 27-31.10.2014 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.27-7 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 30 października 2014 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 30.10.2014 r. (Rys. 4.27-7), dla dwóch miast, w których na stacjach tła miejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu PM10: dla Pszczyny w woj. śląskim ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Tuchowa w woj. małopolskim ($124 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Trajektoria wsteczna wyznaczona dla Pszczyny dla 100 m prowadzi z południowych Niemiec poprzez Niemcy, Czechy, woj. opolskie i śląskie. Trajektorie dla wyższych poziomów prowadzą z zachodnich Niemiec poprzez Niemcy, woj. dolnośląskie, opolskie i śląskie do Pszczyny.

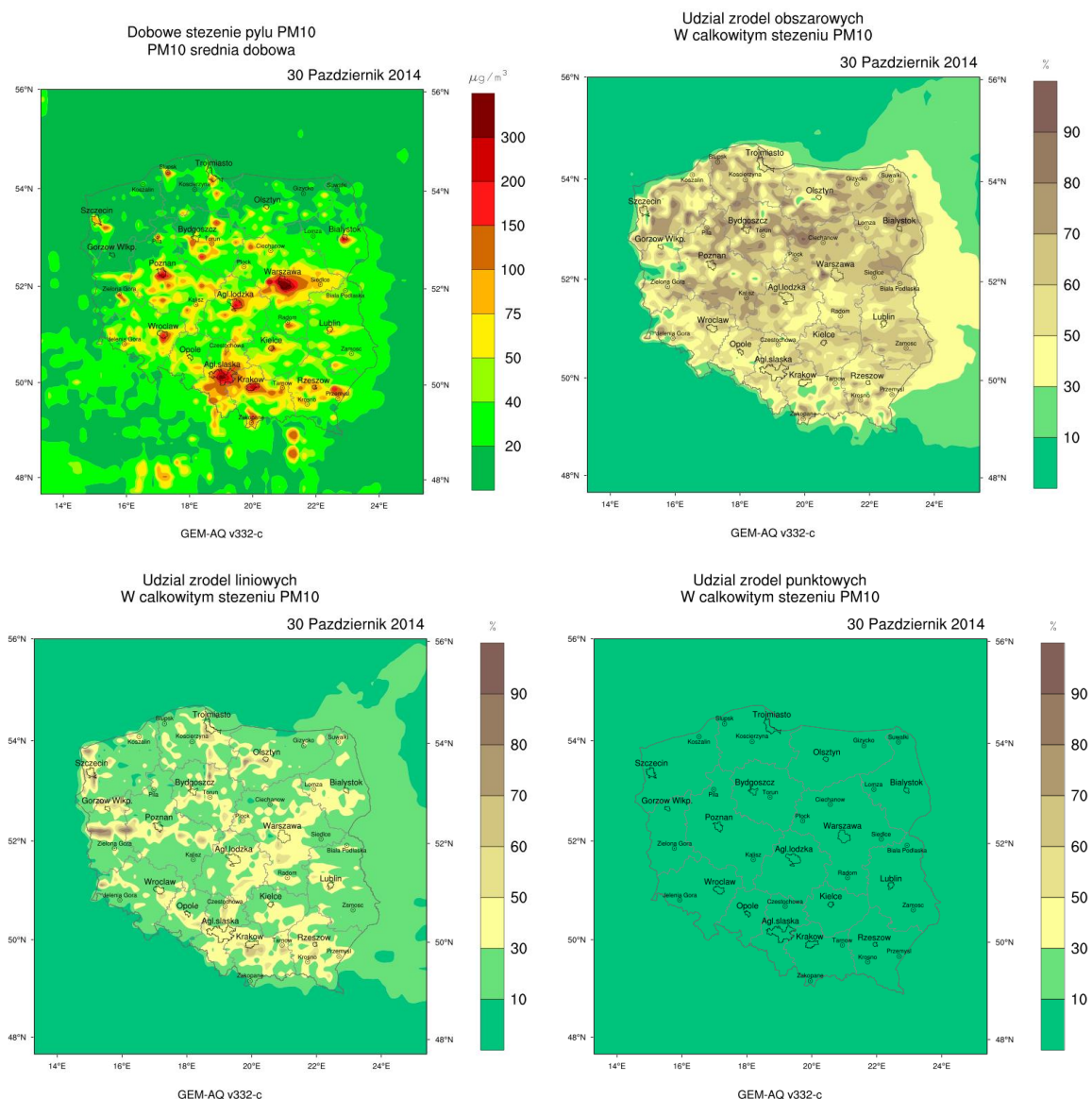
Trajektoria dla miejscowości Tuchów dla poziomu 100 m zaczyna się na północy Serbii po czym przechodzi nad Węgrami, Austrią, Czechami, woj. śląskim i małopolskim. Trajektorie dla poziomów 300 i 500 m prowadzą z Niemiec nad Czechami, woj. dolnośląskim, opolskim, śląskim i małopolskim.

Trajektorie dla 100 m przebiegają w większości w przyziemnej warstwie atmosfery, przez ostatek kilkanaście godzin nad terytorium Polski.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

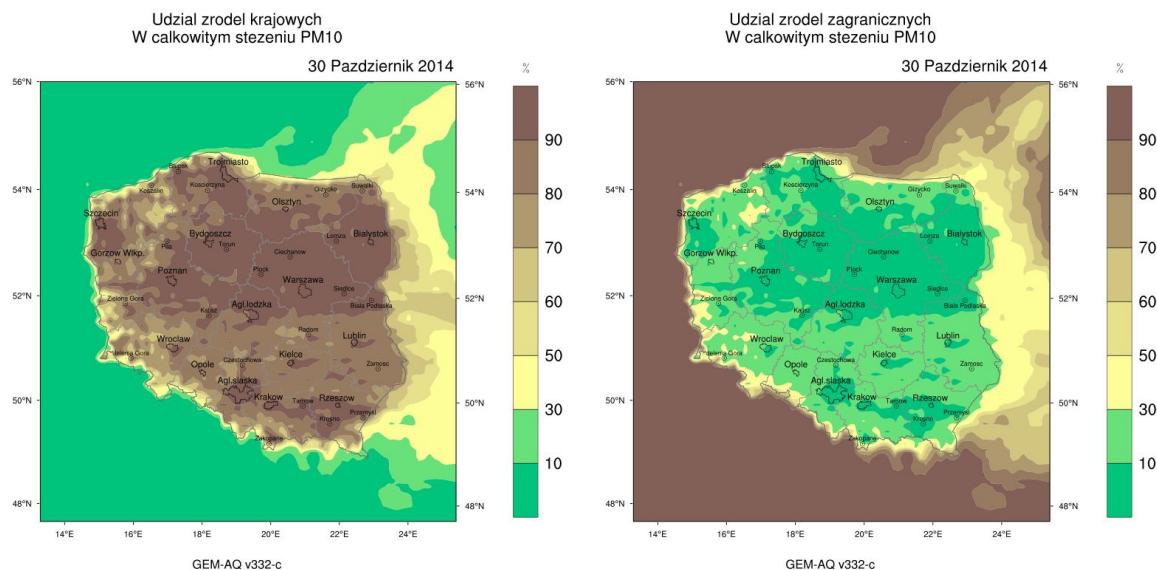
Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 30.10.2014 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na większości terytorium Polski z wyłączeniem woj. zachodniopomorskiego i północnej części woj. lubuskiego. Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A2 i A4, drogi ekspresowej nr 1. Według obliczeń bardzo wysokie stężenia PM10 miały wystąpić w aglomeracji warszawskiej, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.27-8), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 80% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-70%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 60% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2, A4). Na obszarach aglomeracji udział źródeł komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM10 udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-60%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM10 na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM10, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.27-8 Średnie 24-godz. stężenie PM₁₀ i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 30 października 2014 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski (Rys. 4.27-9). Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ w wąskim pasie terenu wzdłuż granicy zachodniej, północnej i południowo-zachodniej Polski. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ w Obwodzie Kaliningradzkim, na Litwie, w Białorusi i na Ukrainie.



Rysunek 4.27-9 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 30 października 2014 r.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Epizod wysokich stężeń PM₁₀ w dniach 27.10-1.11.2014 r. objął swym zasięgiem wszystkie województwa, przy czym intensywność epizodu w zachodniej i północnej części Polski była mniejsza niż na pozostałym obszarze kraju. Podczas trwania epizodu wystąpiło przekroczenie poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) na jednym stanowisku (w Rybniku).

Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W warunkach równowagi stałej oraz głębokich przypowierzchniowych inwersji temperatury występujących w tym okresie niska emisja powierzchniowa i liniowa mogła doprowadzić do kumulacji zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowania wysokich stężeń PM₁₀.

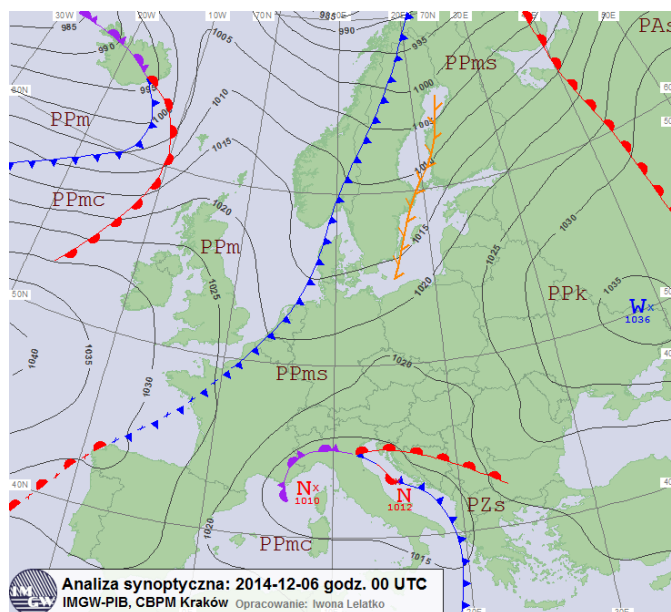
4.28. Epizod 28. Od 3 do 11 grudnia 2014.

Epizod w krajach ościennych (Czechy, Niemcy, Słowacja)

Sytuacja synoptyczna

3 grudnia 2014 Polska znajdowała się pod wpływem klina wyżowego z centrum nad Rosją. Temperatury wahały się ok. 0°C . Nieco chłodniej było za wschodem kraju, gdzie występowały ujemne wartości temperatur, zaś na południu temperatury były dodatnie. Przeważało zachmurzenie duże bez znaczących opadów. 4 grudnia nad Polskę od południa napłynęło nieco cieplejsze powietrze, skutkiem czego temperatury wzrosły do wartości dodatnich w ciągu dnia. Nocą temperatury pozostawały ujemne na przeważającym obszarze kraju. 5 grudnia w północno-wschodniej części Polski dominowało chłodne powietrze polarne

kontynentalne, co skutkowało ujemnymi wartościami temperatur w tym regionie. Pozostała część Polski było pod wpływem znacznie cieplejszego powietrza napływającego z południowego wschodu. 6 grudnia Polska znalazła się w siodłowym układzie ciśnienia. Przy bardzo niskich prędkościach wiatru występowały mgły i chmur warstwowe utrzymujące się zarówno w dzień jak i w nocy. 7 grudnia nad północną częścią kraju pojawiła się strefa niewielkich opadów deszczu i mżawki, związana z przejściem frontu chłodnego. Temperatury nie przekraczały 5°C, na wschodzie bliskie 0°C. 8 grudnia nad Europą Środkową przeszedł front atmosferyczny, a za frontem napłynęło powietrze – polarno-morskie. Temperatura w całym kraju była dodatnia. Przeważało zachmurzenie duże. 9 grudnia utrzymywały się dodatnie temperatury i napływ powietrza z kierunków zachodnich. 10 grudnia pogodę w Europie zdominował niż atlantycki z centrum nad Islandią. Od zachodu Polski wkraczały fronty przynosząc zachmurzenie i silne porywy wiatru. Wystąpiły mgły i mgły marznące. Temperatura spadła i w całym kraju była bliska 0°C bądź ujemna. 11 grudnia Polska znalazła się w zasięgu oddziaływania niżu znad Morza Norweskiego. W ciągu dnia przez obszar Polski przeszedł front. Wystąpiły silne porywy wiatru, temperatura nieznacznie wzrosła, nie przekraczając jednak 5 °C.



Rysunek 4.28-1 Sytuacja synoptyczna w dniu 6 grudnia 2014 r. (źródło: www.pogodynka.pl)

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne

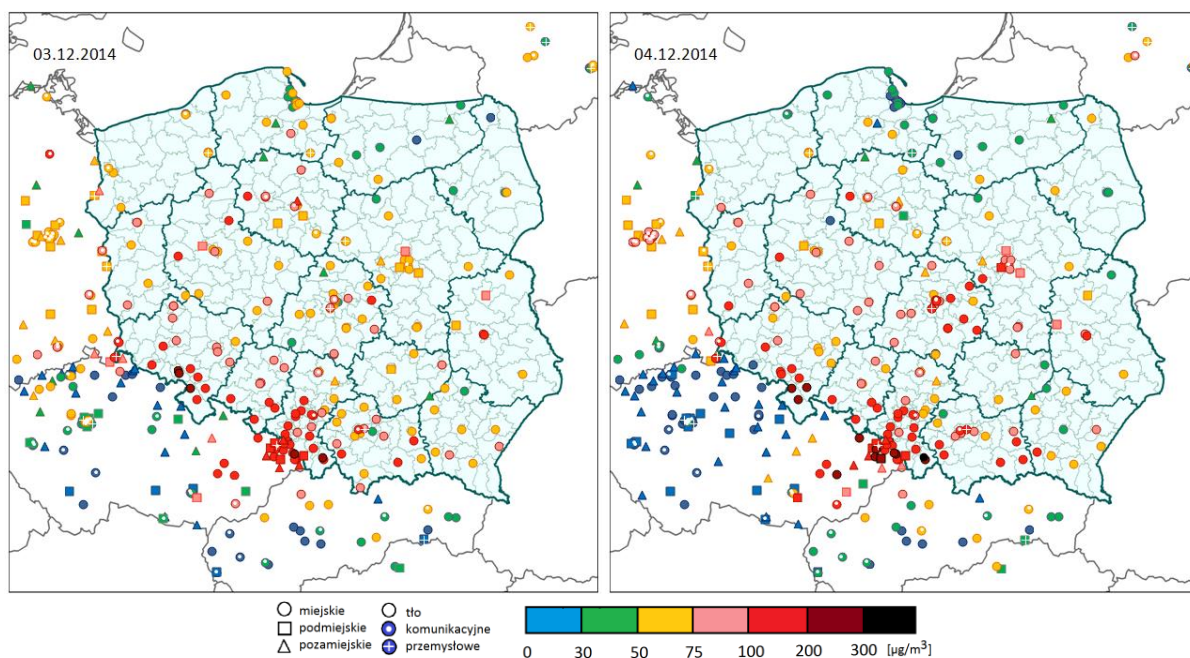
Epizod wysokich stężeń PM₁₀ 3-11.12.2014 r. z różnym natężeniem trwał 9 dni. Obszar występowania wysokich stężeń zmieniał się w kolejnych dniach. Początkowo wysokie stężenia notowane były na części stanowisk w większości województw (poza warmińsko-mazurskim i podlaskim). Następnie stężenia większe od 75 µg/m³ notowane były w zachodniej części kraju. W kulminacyjnym dniu epizodu (6.12.2014 r.), wysokie stężenia notowane były ponownie w większości województw w kraju, przy czym najwyższe stężenia wystąpiły w woj. śląskim. W dniach 7-8.12.2014 r. stężenia PM₁₀ obniżyły się, ale nadal w kilku województwach, na niektórych stacjach przekroczony był poziom graniczny epizodu. W kolejnych dwóch dniach

nastąpił wzrost stężeń – poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekraczany był w centrum i na południu Polski na przeszło 90 stanowiskach pomiarowych. W ostatnim dniu epizodu, wysokie stężenia wystąpiły głównie w woj. małopolskim i łódzkim. Podczas trwania epizodu wystąpiło 28 przypadków przekroczenia poziomu informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz 4 przekroczenia poziomu alarmowego ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wybrane informacje o stężeniach PM10 podczas epizodu zamieszczono w tabeli 4.28-1.

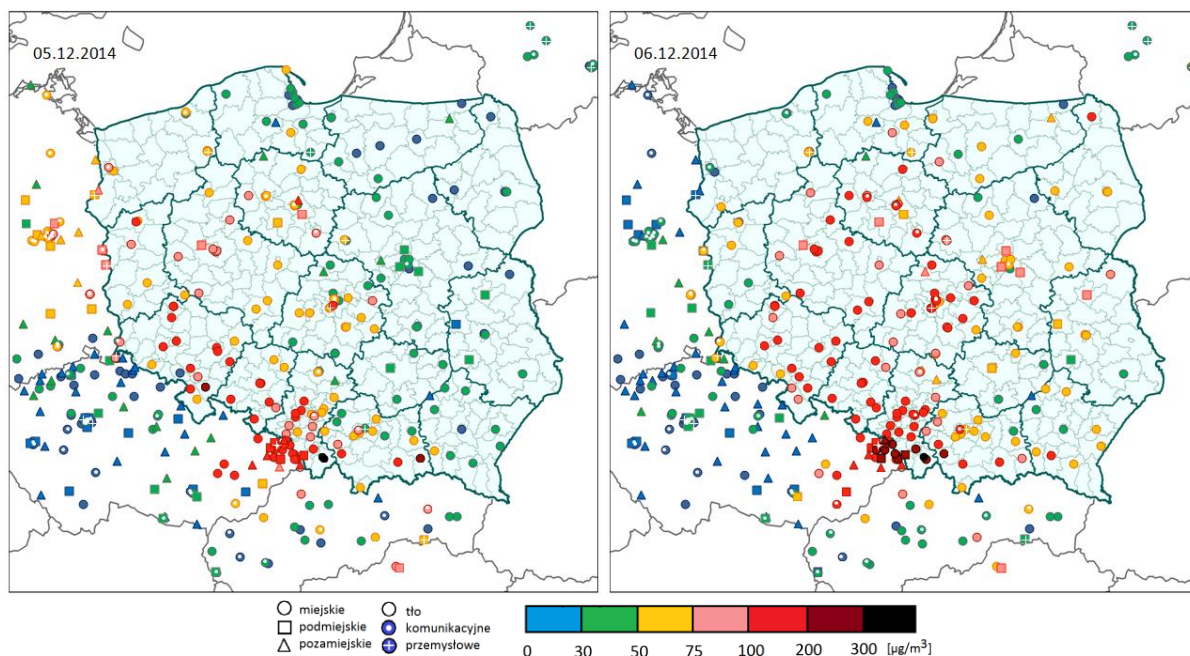
W dniu 3 grudnia 2014 r. stężenia PM10 przekraczające poziom graniczny epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wystąpiły na przeszło 80 stanowiskach, w tym na 45 z 50 stanowisk w województwach śląskim, opolskim i dolnośląskim (Rys. 4.28-2). W tych 3 województwach zanotowano najwięcej przekroczeń. Przekroczenia poziomu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowane były też na niektórych stacjach w dalszych 11 województwach. Stężenia przewyższające poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły we wszystkich województwach, w sumie na ok. 170 stanowiskach pomiarowych. W tym dniu Polska znajdowała się w zasięgu oddziaływania układu wysokiego ciśnienia z centrum nad wschodnią Ukrainą. Wiatr był słaby z kierunków wschodnich i południowo-wschodnich. Temperatura powietrza oscylowała wokół 0°C (Łódź). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 88% stanowisk w Polsce, w tym na 89% stanowisk tła miejskiego oraz 44% stacji tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 43% stanowisk, w tym na 44% stanowisk tła miejskiego oraz 22% stacji tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe PM10, przekraczające poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zanotowano na stacjach w woj. dolnośląskim: w Szczawnie-Zdroju ($228 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Nowej Rudzie ($219 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Wałbrzychu ($210 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Żywcu w woj. śląskim ($220 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom informowania przekroczony był w sumie na 5 stanowiskach. Na 40 stanowiskach w 8 województwach 24-godz. stężenie PM10 przekroczyło poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk z woj. śląskiego, opolskiego i dolnośląskiego - $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 4 grudnia obszar występowania podwyższonych ($>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i wysokich stężeń PM10 ($>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nie zmienił się zasadniczo w stosunku do dnia poprzedniego. Wzrosły stężenia maksymalne notowane w Polsce przy granicy z Czechami, wzrosła też do blisko 100 liczba stanowisk z $\text{S24}>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nadal najwyższe stężenia notowane były w pasie 3 województw od śląskiego do dolnośląskiego, ale wzrosły też stężenia PM10 w centrum kraju, w tym woj. łódzkim i mazowieckim (Rys. 4.28-2). W tym dniu Polska pozostawała pod wpływem wyżu z centrum nad Ukrainą. Ciśnienie atmosferyczne nie spadało poniżej 1020 hPa. Temperatura powietrza wynosiła od -2°C nocą i nad ranem do 3°C w dzień (Łódź). Wiał słaby wiatr z kierunków wschodnich. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 80% stanowisk w Polsce, w tym na 81% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 56% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 51% stanowisk, w tym na 54% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom alarmowy ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zanotowano w Żywcu w woj. śląskim ($351 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na dalszych 5 stacjach w woj. śląskim i dolnośląskim. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 51 stanowiskach w Polsce, w 11 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju

wynosiło 84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim - 124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.28-2 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 3-4.12.2014 r.

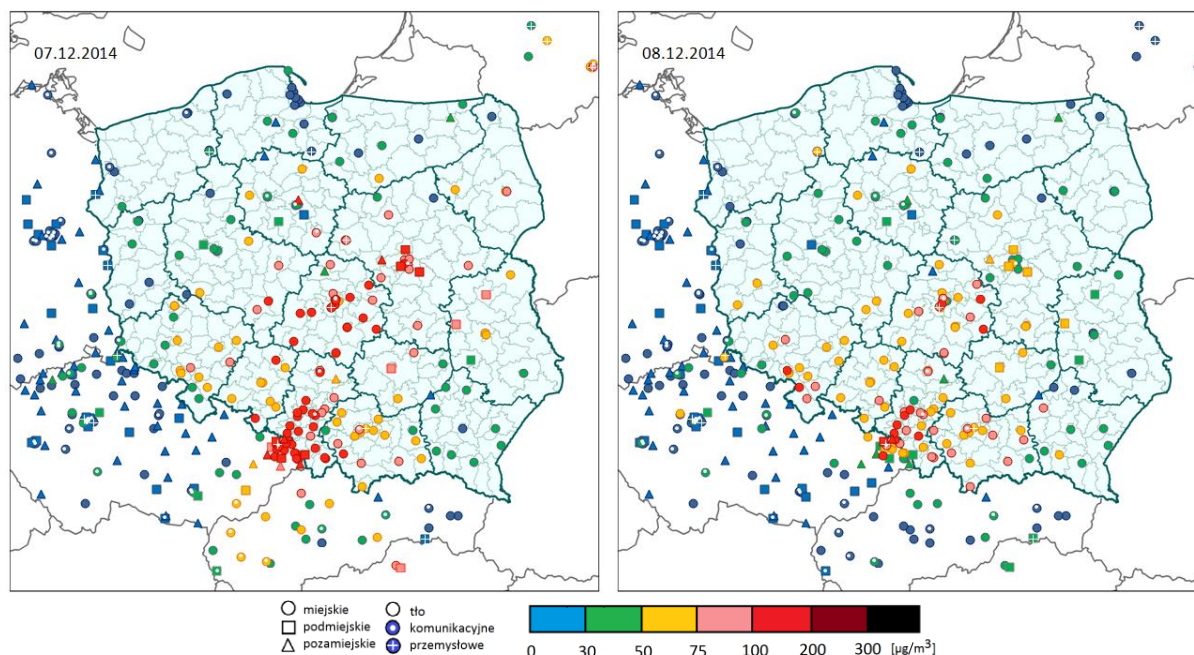


Rysunek 4.28-3 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 5-6.12.2014 r.

W dniu 5 grudnia 2014 r. stężenia wyższe od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ notowane były tylko w zachodniej połowie kraju i w Małopolsce. Liczba stanowisk w Polsce z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ spadła

do ok. 60. Tak jak w dniach poprzednich, najwyższe stężenia i najwięcej stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ było w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim (Rys.4.28-3). W Żywcu utrzymywało się bardzo wysokie stężenie PM10 przekraczające poziom alarmowy. W tym dniu Polska nadal znajdowała się w zasięgu układu wysokiego ciśnienia z centrum nad Ukrainą. We wschodniej części kraju wiatr był umiarkowany, w południowej i zachodniej – słaby z kierunków wschodnich. Temperatura powietrza wynosiła od -3°C w nocy do 0°C w dzień (Katowice). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 57% stanowisk w Polsce, w tym na 57% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 22% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 29% stanowisk, w tym na 30% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 22% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom alarmowy, zanotowano na 2 stacjach w Żywcu w woj. śląskim ($322 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $381 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na dalszych 2 stacjach w woj. małopolskim i dolnośląskim. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 31 stanowiskach w 7 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim – $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

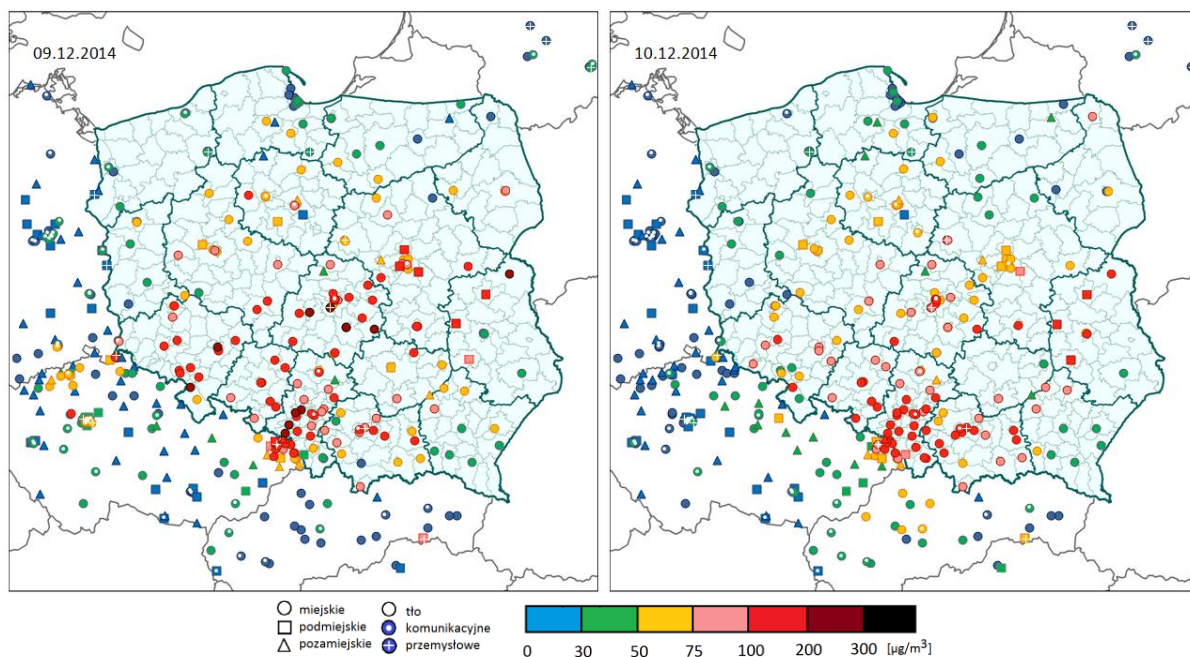
W dniu 6 grudnia 2014 r. nastąpiła kulminacja epizodu – znacząco (do ok. 100) wzrosła liczba stacji w kraju z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowane były we wszystkich województwach w kraju. Najwyższe stężenia i najwięcej stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło, tak jak w dniach poprzednich, w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim oraz dodatkowo w woj. łódzkim i wielkopolskim (Rys.4.28-4). W Żywcu utrzymywało się bardzo wysokie stężenie PM10 przekraczające poziom alarmowy. W tym dniu Polska znajdowała się w obszarze tzw. siodła barycznego, między wyżami znad Azorów i Ukrainy oraz niżami znad Skandynawii i Włoch. Wiatr był słaby, okresowo występowały ciche wiatrowe. Temperatura powietrza wynosiła od -1°C w nocy do 3°C w dzień (Katowice). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 81% stanowisk w Polsce, w tym na 82% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 56% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 51% stanowisk, w tym na 53% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 11% stanowisk tła pozamiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom alarmowy, zanotowano na stacji w Żywcu w woj. śląskim ($427 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był na 5 stacjach w woj. małopolskim i śląskim. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 66 stanowiskach w 9 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, opolskim i dolnośląskim – $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.28-4 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 7-8.12.2014 r.

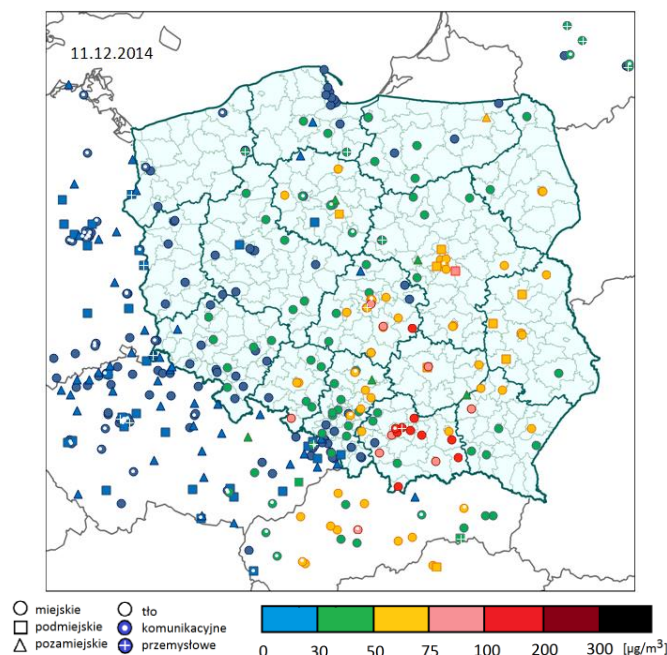
W dniach 7-8 grudnia stężenia PM₁₀ stopniowo obniżały się. Obszar z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ograniczony został do woj. śląskiego, łódzkiego, małopolskiego i dolnośląskiego oraz początkowo także do woj. mazowieckiego. Poza tymi województwami występowały tylko nieliczne przypadki stężeń $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W dniu 9 grudnia 2014 r. – znacząco (do 95) wzrosła liczba stacji w kraju z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notowane były we wszystkich województwach w kraju za wyjątkiem woj. zachodniopomorskiego. Najwyższe stężenia i najwięcej stanowisk z $S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiło, tak jak w dniach poprzednich, w woj. śląskim, opolskim, dolnośląskim, łódzkim i dodatkowo w woj. mazowieckim (Rys.4.28-5). W tym dniu Polska znajdowała się w obszarze tzw. siodła barycznego, między wyżami znad Azorów i Kazachstanu oraz niżami znad Skandynawii i Grecji. Wiatr był słaby, okresowo występowały cisze wiatrowe. Temperatura powietrza wynosiła od -7°C w nocy do 3°C w dzień (Katowice). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 73% stanowisk w Polsce, w tym na 75% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 33% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 49% stanowisk, w tym na 52% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe, przekraczające poziom informowania, zanotowano na stacji w Białej Podlaskiej w woj. lubelskim ($260 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom informowania ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekroczony był w sumie na 11 stacjach w woj. dolnośląskim, łódzkim i śląskim. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 64 stanowiskach w 10 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim, łódzkim i dolnośląskim – $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Rysunek 4.28-5 Stężenia 24-godz. PM₁₀ w dniach 9-10.12.2014 r.

W dniu 10 grudnia stężenia PM₁₀ obniżyły się. Obszar występowania podwyższonych stężeń ($S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w tym dniu był zbliżony do obszaru występowania stężeń wysokich ($S_{24} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w dniu poprzednim. Stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występowały w 11 województwach, a najwięcej przypadków przekroczeń było w pasie województw południowych, od dolnośląskiego do małopolskiego i dodatkowo w woj. łódzkim i lubelskim (Rys.4.28-5). Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na ok. 80 stanowiskach, poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 133. W tym dniu większa część Polski znajdowała się w obszarze tzw. siodła barycznego, między wyżami znad Azorów i Kazachstanu oraz niżami znad Islandii i Grecji. Północno-zachodnia część Polski znalazła się w zasięgu oddziaływania niżu znad Islandii. W tej części kraju stopniowo wzrastał wiatr. W pozostałej części kraju wiatr był słaby, okresowo występowały ciche wiatrowe. Temperatura powietrza wynosiła od -9°C w nocy do 2°C w dzień (Katowice). Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano w na 69% stanowisk w Polsce, w tym na 71% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 33% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 42% stanowisk, w tym na 44% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na stacji w Rybniku w woj. śląskim ($190 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 45 stanowiskach w 7 województwach. Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. śląskim – $117 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

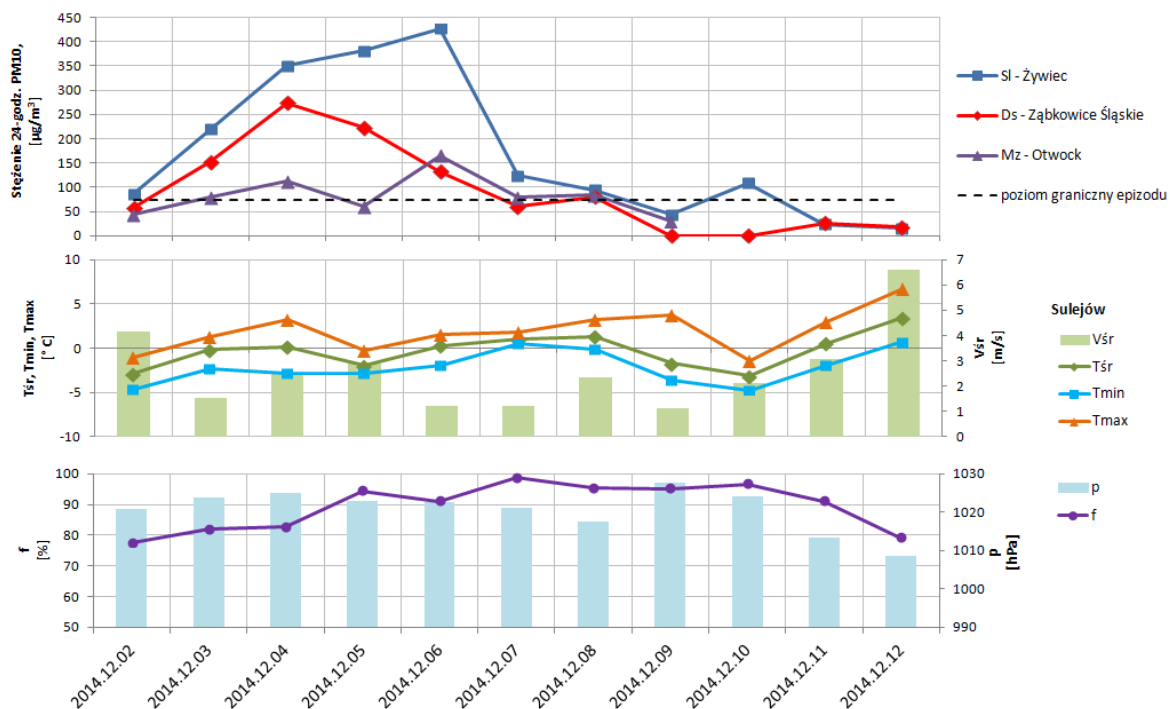


Rysunek 4.28-6 Stężenia 24-godz. PM10 w dniu 11.12.2014 r.

W dniu 11 grudnia nastąpił dalszy spadek stężeń PM10. Obszar występowania podwyższonych stężeń ($S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) obejmował w przybliżeniu południowo-wschodnią ćwiartkę terytorium Polski. Stężenia wyższe od $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ występowały w 6 województwach, a najwięcej przypadków przekroczeń miało miejsce w woj. małopolskim (Rys.4.28-6). Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na ok. 20 stanowiskach, poziom $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 65. W tym dniu większa część Polski znajdowała się pod wpływem niżu nasuwającego się z północnego zachodu nad Polskę. Południowo-wschodnia część kraju nadal znajdowała się w obszarze tzw. siodła barycznego, między wyżami znad Azorów i Rosji oraz niżami znad Morza Północnego i Grecji. Stężenia wyższe od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zanotowano na 33% stanowisk w Polsce, w tym na 34% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego oraz na 10% stanowisk tła pozamiejskiego. Poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na 10% stanowisk, w tym na 10% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. Najwyższe stężenie dobowe zanotowano na stacji komunikacyjnej w Krakowie ($142 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a spośród stanowisk tła – na stacjach w Zakopanem ($122 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Proszowicach ($122 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w woj. małopolskim. Stężenia wyższe od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły na 10 stanowiskach (9 w woj. małopolskim i 1 w łódzkim). Stężenie dobowe uśrednione dla wszystkich stanowisk pomiarowych w kraju wynosiło $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a stężenie uśrednione dla stanowisk w woj. małopolskim – $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W kolejnym dniu, 12.12.2014 r. wraz ze wzrostem wpływu niżu barycznego z centrum nad Skandynawią na pogodę w Polsce, stężenia pyłu PM10 zmniejszyły się do wartości poniżej poziomu granicznego epizodu ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Na rys. 4.28-7 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na stanowiskach pomiarowych w Żywcu w woj. śląskim, Otwocku pod Warszawą oraz w Ząbkowicach Śląskich w woj. dolnośląskim, a także wybrane parametry meteorologiczne ze stacji w Sulejowie. Na stacji w Żywcu poziom alarmowy ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) przekraczany był przez 3 kolejne dni.



Rysunek 4.28-7 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Sulejowie.

Przebieg epizodu i warunki meteorologiczne w krajach ościennych

W dniu 3 grudnia 2014 r. wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 22 stanowiskach tła w Czechach (głównie w rejonie Ostrawy), co stanowiło najwyższy wskaźnik w trakcie trwania opisywanego epizodu. Na 17 stanowiskach tła stężenia dobowe PM10 przekraczały poziom $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe stężenie zanotowano na stanowisku w Czeskim Cieszynie ($194 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom graniczny epizodu przekroczony był na 2 stanowiskach w Niemczech (przy granicy z Czechami, we Freibergu – $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Żytawie – $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz na jednym stanowisku na Słowacji, w Żilinie ($96 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W kolejnym dniu liczba stanowisk tła z wysokimi poziomami stężeń w Czechach wzrosła do 20 (głównie w rejonie Ostrawy). Na 5 stanowiskach w tym kraju stężenia PM10 przekraczały poziom $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe stężenie zanotowano w tym dniu na stacji w miejscowości Frydek-Mistek ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia przekraczające poziom graniczny epizodu notowane były również na 3 stacjach tła w Niemczech, w tym na dwóch stacjach w Berlinie. Najwyższe stężenie w Niemczech zanotowano w tym dniu na jednej ze stacji w Berlinie ($83 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na Słowacji poziom $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przekroczony był na jednym stanowisku, w Żilinie ($86 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W dniu 5.12.2014 r. wysokie stężenia PM10 notowane były na 18 stanowiskach tła w Czechach. Najwyższe stężenie zanotowano ponownie na stanowisku w miejscowości Frydek-Mistek niedaleko Ostrawy ($169 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom graniczny epizodu przekroczony był na 2 stanowiskach tła w Niemczech, w Berlinie ($91 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i Frankfurt nad Odrą ($78 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz na jednym stanowisku tła na Słowacji, w Żilinie ($83 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W dniu 6 grudnia wysokie stężenia PM10 zarejestrowano w Czechach na 19 stanowiskach tła, przy czym na 8 z nich stężenia dobowe PM10 przekraczały poziom 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksymalne poziome stężenia wzrosły, a najwyższe stężenie zanotowano na stanowisku w miejscowości Trzyniec niedaleko Ostrawy (253 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Poziom graniczny epizodu przekroczony był na 2 stanowiskach tła na Słowacji - w Žilinie (88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Jelsavie (96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). W Polsce w tym dniu również wystąpiła kulminacja epizodu, charakteryzująca się najwyższym uśrednionym poziomem stężenia PM10.

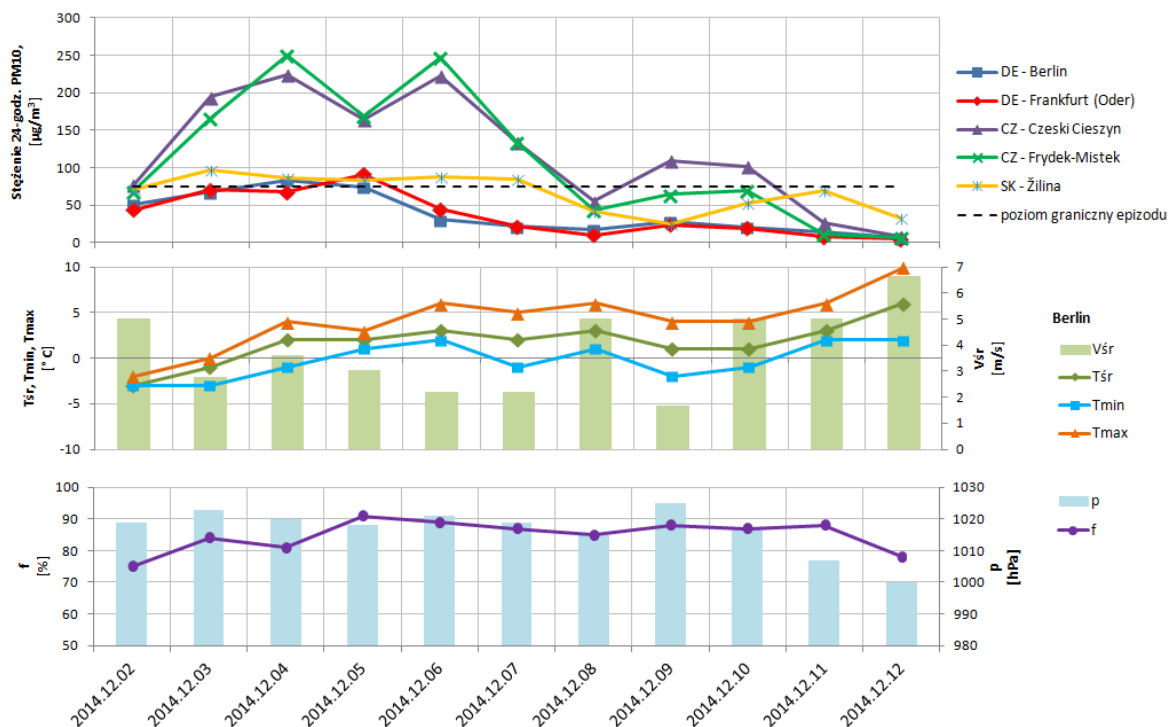
Podobnie, jak w Polsce, w dniach 7-8 grudnia stężenia pyłu PM10 obniżyły się również w Czechach. W drugim z tych dni poziom graniczny epizodu przekroczony był na 2 stanowiskach tłowych. Do końca epizodu trwającego na obszarze Czech i Polski, w Niemczech i na Słowacji nie zaobserwowano wysokich stężeń PM10.

W dniu 9.12.2014 r. liczba stanowisk pomiarowych w Czechach, na których notowane były wysokie stężenia pyłu wzrosła do 9 (głównie w rejonie Ostrawy i w Kladnie k. Pragi). Najwyższe stężenie zanotowano na stanowisku w miejscowości Lutynia Dolna niedaleko Ostrawy (191 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Podobna sytuacja miała miejsce, jak wspomniano, w kilku województwach w Polsce.

W dniu 10 grudnia wysokie stężenia PM10, przekraczające poziom 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, notowane były na 8 stanowiskach tła w Czechach (w rejonie Ostrawy). Na 5 stanowiskach tła stężenia dobowe PM10 przekraczały poziom 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe stężenie zanotowano na stanowisku w miejscowości Lutynia Dolna (117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Kolejnego dnia nie zaobserwowano w Czechach stężeń przekraczających poziom graniczny epizodu. W Polsce wystąpiły on, jak wspomniano, głównie w województwie małopolskim.

Rysunek. 4.28-7 przedstawiono stężenia 24-godz. PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Niemczech, Czechach i na Słowacji, a także wartości parametrów meteorologicznych z Berlina.



Rysunek 4.28-8 Stężenie 24-godzinne PM10 na wybranych stanowiskach pomiarowych w Czechach, Niemczech i na Słowacji oraz wielkości parametrów meteorologicznych w Berlinie

Tabela 4.28-1 Zestawienie informacji o stężeniach PM10 w dniach 3-11.12.2014 r.

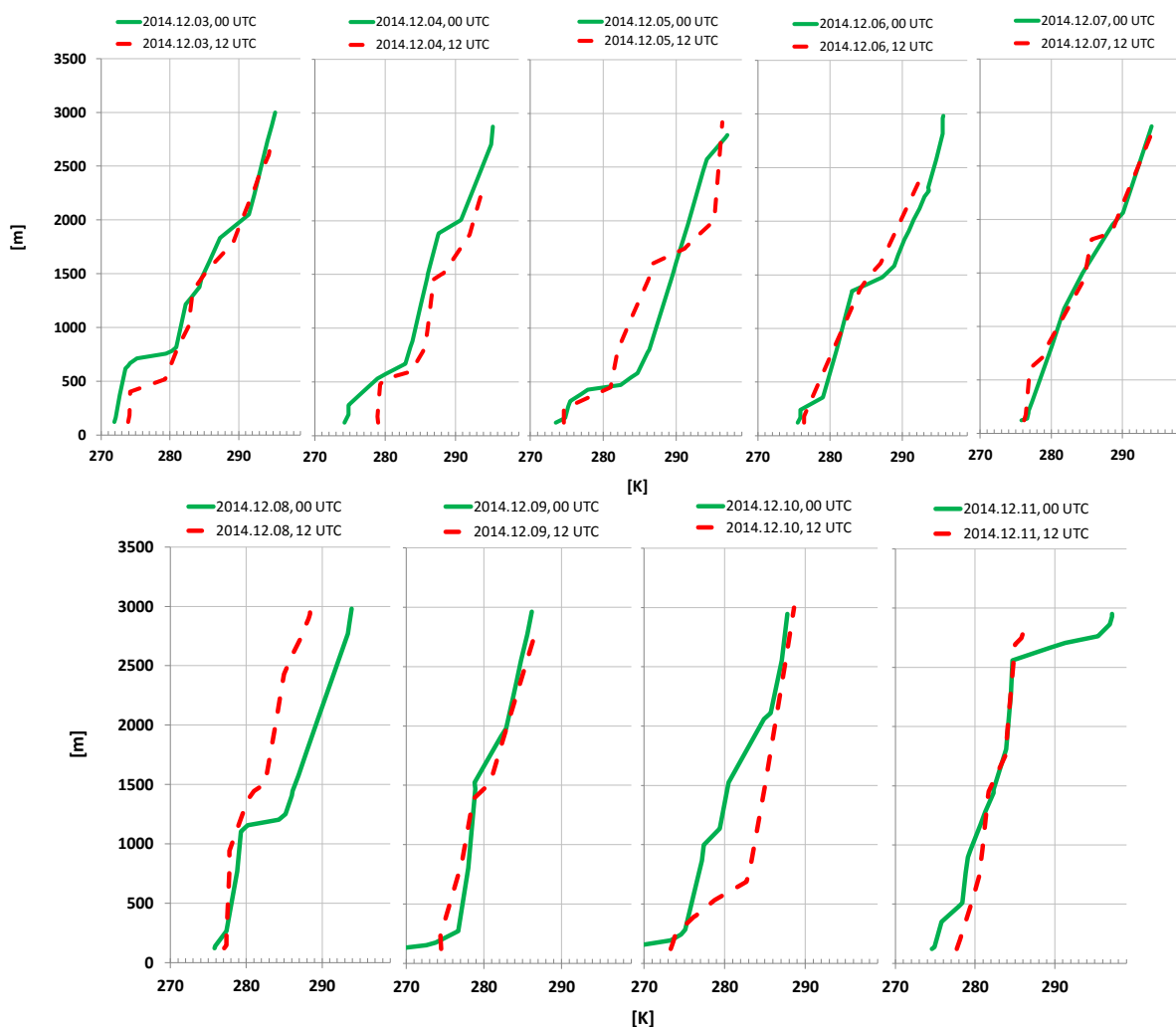
	Jedno- stka	2014 -12- 03	2014 -12- 04	2014 -12- 05	2014 -12- 06	2014 -12- 07	2014 -12- 08	2014 -12- 09	2014 -12- 10	2014 -12- 11
Wszystkie stanowiska w Polsce										
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m³	81.9	84.1	67.3	89.5	67.2	53.8	88.7	72.9	44.4
% stanowisk z S24>50µg/m³	%	88	80	57	81	58	49	73	69	33
% stanowisk z S24>75µg/m³	%	43	51	29	51	38	19	49	42	10
% stanowisk z S24>S95	%	48	50	26	57	39	7	51	37	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m³	228	351	381	427	182	163	260	190	142
Stanowiska tła miejskiego i podmiejskiego w Polsce										
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m³	83.4	86.5	69.2	91.9	68.0	55.4	91.7	74.3	44.6
% stanowisk z S24>50µg/m³	%	89	81	57	82	60	53	75	71	34
% stanowisk z S24>75µg/m³	%	44	54	30	53	38	20	52	44	10
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m³	228	351	381	427	182	163	260	190	122
Stanowiska tła pozamiejskiego w Polsce										
Uśrednione stężenie 24-godz.	µg/m³	60.0	51.5	44.8	48.4	51.5	31.1	40.9	43.3	30.9
% stanowisk z S24>50µg/m³	%	44	56	22	56	33	11	33	33	10
% stanowisk z S24>75µg/m³	%	22	0	22	11	22	0	0	0	0
Maksymalne stężenie 24-godz.	µg/m³	137	74	107	78	112	55	67	71	51
Stanowiska tła poza granicami Polski										

	Jedno- stka	2014 -12- 03	2014 -12- 04	2014 -12- 05	2014 -12- 06	2014 -12- 07	2014 -12- 08	2014 -12- 09	2014 -12- 10	2014 -12- 11
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ na Słowacji	-	1	1	1	2	1	0	0	0	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Czechach	-	22	20	18	19	14	2	9	8	0
Liczba stanowisk tła z S24>75 µg/m ³ w Niemczech	-	2	3	2	0	0	0	0	0	0

Analiza warunków chwiejności atmosfery w dniach 3-11.12.2014 przeprowadzona została na podstawie wykresów temperatury potencjalnej z radiosondaży na stacji Wrocław (Polska, nr stacji. 12425).

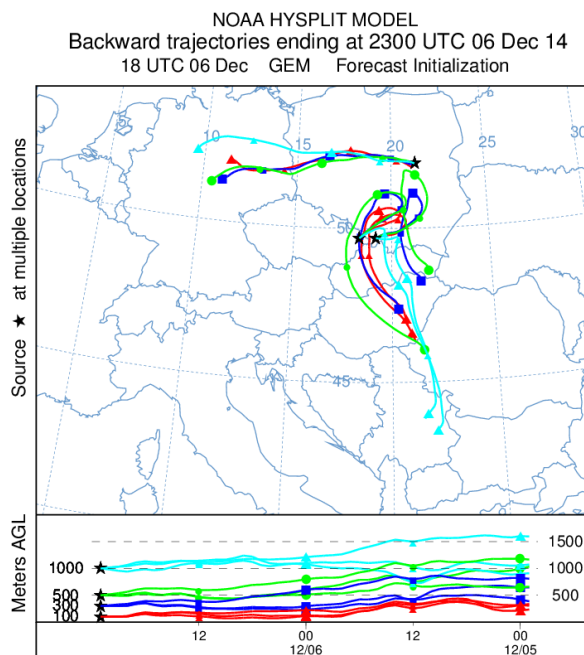
W analizowanym okresie występowały warunki równowagi stałej (najczęściej w ciągu nocy) i równowagi obojętnej (najczęściej w ciągu dnia) z przewagą warunków równowagi stałej. Ze względu na dynamiczną sytuację meteorologiczną wystąpiły inwersje adwekcyjne i radiacyjne (głównie przy powierzchni ziemi). Temperatura przy powierzchni ziemi nie wykazywała dużej zmienności dobowej. W ciągu analizowanych dni wahała się od około 0°C ±2°C) w ciągu nocy do 3°C w ciągu dnia.

3.12.2014 w nocy warstwy inwersyjne występowały na wysokościach 700m – 800m, zaś w godzinach dziennych na wysokościach 450m – 550m i 1000m – 1500m. 4.12.2014 w nocy warstwy inwersyjne występowały na wysokościach 0-100m, 200m – 750m, zaś w godzinach dziennych na wysokościach 500m – 1500m. 5.12.2014 w nocy warstwy inwersyjne występowały na wysokościach 0 – 500m, zaś w godzinach dziennych na wysokościach 200m – 500m, 1000m – 1500m. 6.12.2014 w nocy warstwy inwersyjne występowały na wysokościach 0 – 400m, 750m – 1700m, zaś w godzinach dziennych na wysokościach 1000m – 1500m. 7.12.2014 w nocy warstwa inwersyjna wystąpiła na wysokościach 0 – 100m, zaś w godzinach dziennych 750m – 1700m. 8.12.2014 w nocy warstwy inwersyjne występowały na wysokościach 0 – 250m, 1200m – 1500m, zaś w ciągu dnia na wysokościach 1000m – 1500m. 9.12.2014 warstwa inwersyjna występowała tylko w nocy na wysokościach 0 – 300m. 10.12.2014 w nocy warstwy inwersyjne występowały na wysokościach 0 – 250m, 1000m – 1500m, zaś w ciągu dnia na wysokościach 250m – 750m. 11.12.2014 w nocy warstwy inwersyjne występowały na wysokościach 0 – 500m, zaś w godzinach dziennych na wysokościach 500m – 750m.



Rysunek 4.28-9 Pionowy profil temperatury potencjalnej powietrza z sondy aerologicznych we Wrocławiu w dniach 3-11.12.2014 r.

Trajektorie wsteczne



Rysunek 4.28-10 Trajektorie wsteczne dla epizodu w dniu 6 grudnia 2014 r.

Trajektorie wsteczne zostały obliczone i wykreślone dla dnia 6.12.2014 r. (Rys. 4.28-10), dla trzech miast, w których na stacjach tła miejskiego lub podmiejskiego zanotowano wysokie stężenia pyłu PM10: dla Żywca w woj. śląskim ($427 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Otwocka k. Warszawy ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz dla miejscowości Frydek-Mistek k. Ostrawy w Czechach ($247 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

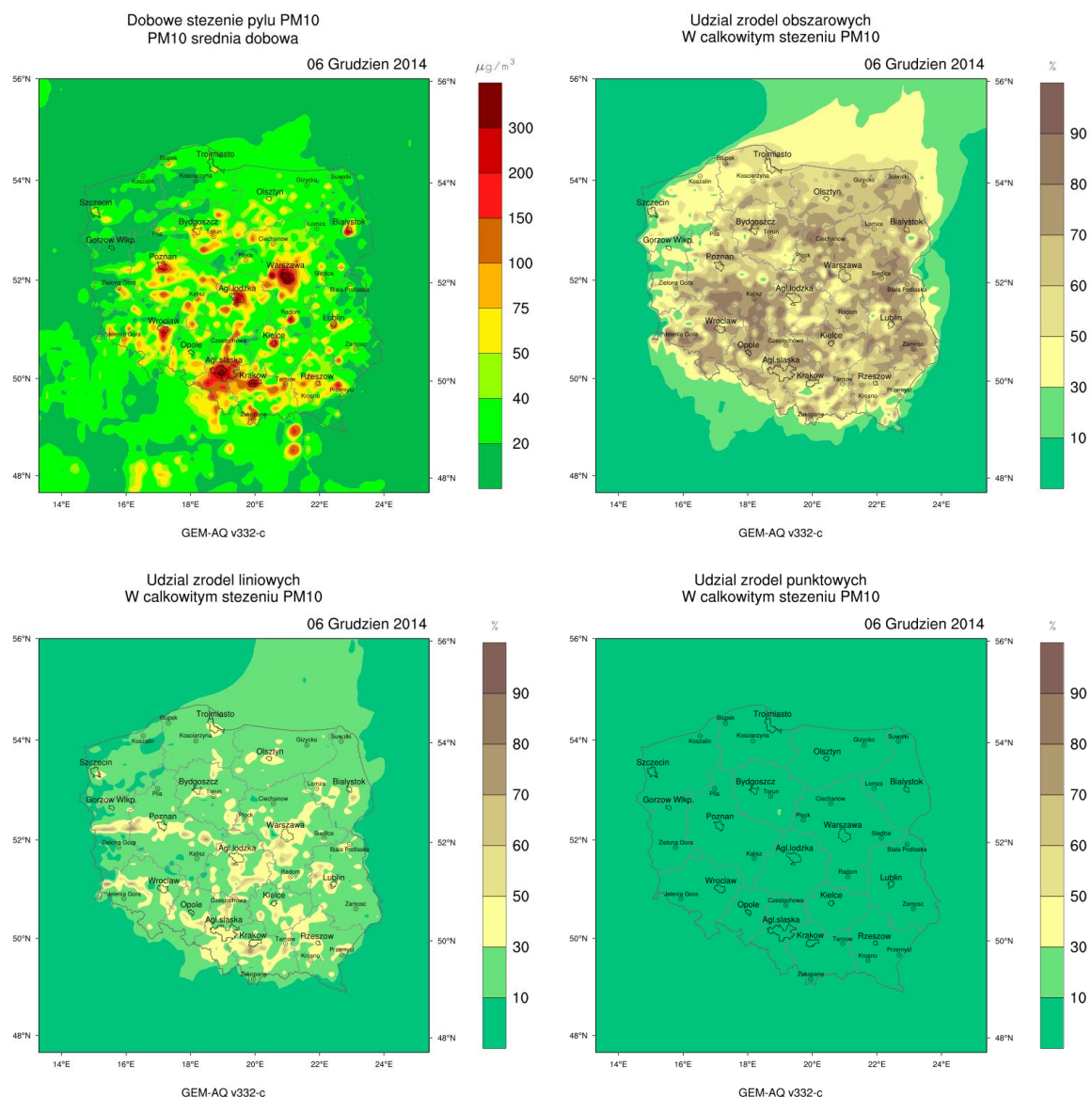
Trajektorie wsteczne wyznaczone dla Otwocka zaczynają się w środkowych Niemczech i kierują się na wschód w stronę Warszawy i Otwocka. Charakterystyki trajektorii wskazują na malejącą prędkość wiatru. Ok 28 godzin masa powietrza pozostawała nad obszarem Polski.

Trajektorie dla miejscowości Frydek-Mistek i dla Żywca wskazują na recyrkulację na terenie południowej Polski. Punkty startowe trajektorii dla poziomów 100 i 300 m znajdują się nad Węgrami. Trajektorie kierują się na północ nad Węgrami, Słowacją i Czechami nad teren Polski, nad woj. śląskie, małopolskie, świętokrzyskie i lubelskie, gdzie następuje nagła zmiana kierunku napływu z południowego na zachodni, potem północny i w końcu na północno-wschodni. Trajektorie docierają do punktów końcowych z kierunku północno-wschodniego, tzn. że nad Frydek-Mistek k. Ostrawy powietrze dociera od strony woj. śląskiego w Polsce. Wysokie stężenia PM10 w rejonie Ostrawy mogą być częściowo związane z napływem zanieczyszczonego powietrza znad woj. śląskiego.

Przestrzenny rozkład stężeń i udział źródeł emisji w tworzeniu epizodu

Modelowanie rozkładów stężeń PM10 w dniu 6.12.2014 r. wskazuje na wystąpienie wysokich stężeń tego zanieczyszczenia w aglomeracjach i dużych miastach oraz w ich otoczeniu na większości terytorium Polski z wyłączeniem woj. zachodniopomorskiego.

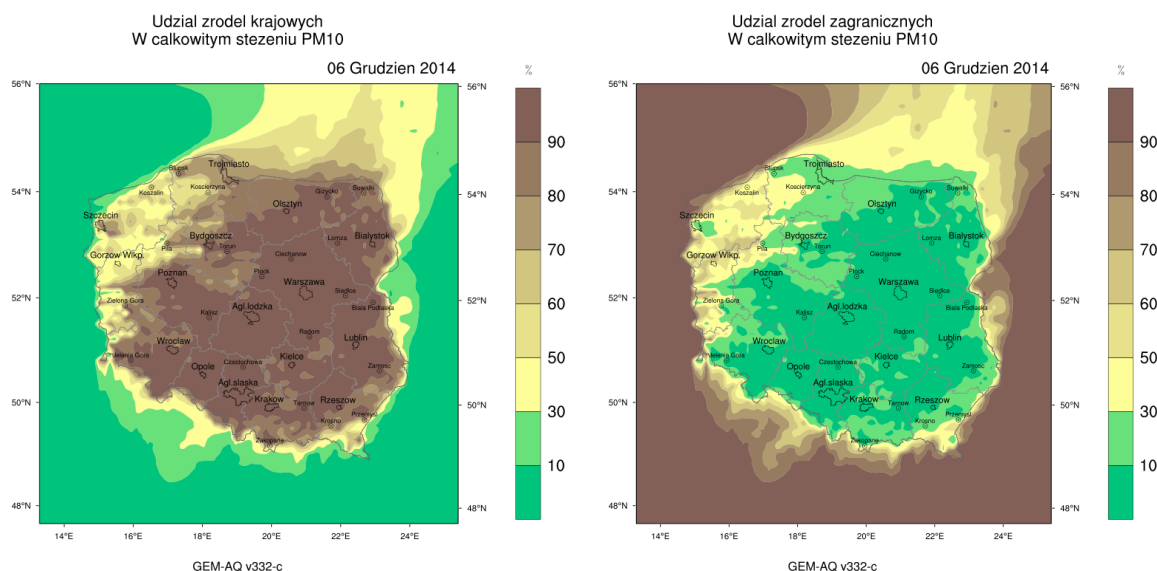
Obliczenia pokazują też podwyższone stężenia PM10 wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych kraju, autostrad A2 i A4, drogi ekspresowej nr 1. Według obliczeń bardzo wysokie stężenia PM10 miały wystąpić w aglomeracji warszawskiej, czego nie potwierdzają wyniki pomiarów.



Rysunek 4.28-11 Średnie 24-godz. stężenie PM10 i udział kategorii źródeł emisji (powierzchniowej, liniowej, punktowej) w stężeniu dobowym PM10 w dniu 6 grudnia 2013 r.

Analiza udziałów poszczególnych kategorii źródeł emisji w zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM10 wskazuje na największe znaczenie źródeł powierzchniowych (Rys. 4.28-11), związanych głównie z indywidualnymi systemami grzewczymi (do 90% wartości stężenia dobowego). Na obszarach wystąpienia najwyższych poziomów stężeń udział tej kategorii źródeł emisji szacowany jest na 50-80%. Znaczący udział procentowy źródeł liniowych (komunikacyjnych) - do 80% ma miejsce w otoczeniu głównych szlaków komunikacyjnych (droga ekspresowa nr 1, autostrada A2, A4). Na obszarach aglomeracji udział źródeł

komunikacyjnych szacowany jest na 10-50%. W obszarach z najwyższymi stężeniami PM₁₀ udział tej kategorii źródeł emisji w stężeniu określono na 10-50%. Wpływ dużych źródeł punktowych na stężenia pyłu PM₁₀ na terenie całego kraju, w tym w rejonie wysokich stężeń PM₁₀, był niewielki, nie przekraczał 10%.



Rysunek 4.28-12 Udział krajowych i zagranicznych źródeł emisji w stężeniu dobowym PM₁₀ w dniu 6 grudnia 2013 r.

O wysokości stężeń PM₁₀ w Polsce decydowała przede wszystkim emisja pyłu i prekursorów pyłu z terenu Polski. Obliczenia wskazują na udział źródeł zagranicznych w stężeniu PM₁₀ na terenie woj. zachodniopomorskiego i lubuskiego. Stężenia PM₁₀ notowane wówczas w tych województwach nie przekraczały poziomu 75 µg/m³. Polskie źródła emisji mogły mieć wpływ na poziom stężeń pyłu PM₁₀ do ok. 50% w Czechach i Obwodzie Kaliningradzkim.

Charakter i przyczyny wystąpienia epizodu

Epizod wysokich stężeń PM₁₀ 3-11.12.2014 r. trwał 9 dni. Obszar występowania wysokich stężeń zmieniał się w kolejnych dniach. W kulminacyjnym dniu epizodu (6.12.2014 r.), wysokie stężenia PM₁₀ notowane były w większości województw w kraju, przy czym najwyższe stężenia wystąpiły w woj. śląskim. Podczas trwania epizodu wystąpiło 28 przypadków przekroczenia poziomu informowania (200 µg/m³) oraz 4 przekroczenia poziomu alarmowego (300 µg/m³).

Jako główną przyczynę występowania wysokich stężeń pyłu PM₁₀ należy wskazać tzw. niską emisję powierzchniową z terenu Polski oraz, w mniejszym stopniu, emisję liniową związaną z komunikacją samochodową. W okresie epizodu panowały niekorzystne warunki meteorologiczne związane ze spadkiem temperatur i spadkiem prędkości wiatru oraz recyrkulacja związana z siodłowym układem ciśnienia nad Polską. W warunkach równowagi

stałej oraz nocnych inwersji temperatury występujących w tym okresie niska emisja powierzchniowa i liniowa mogła doprowadzić do kumulacji zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie atmosfery i występowania wysokich stężeń PM10. Wystąpił udział transportu zanieczyszczeń znad Czech, głównie z rejonu Ostrawy, w kształtowaniu się wysokich stężeń notowanych w woj. śląskim oraz - w innym dniu – udział transportu transgranicznego z woj. śląskiego na stężenia notowane w Czechach w rejonie Ostrawy.

5. ANALIZA JAKOŚCI MODELOWANIA

5.1. Ewaluacja modelowania – pył PM10

Modelowanie przemian i transportu pyłu PM10 w atmosferze w trakcie trwania epizodów wysokich stężeń tego zanieczyszczenia wykonane zostało z użyciem modelu GEM-AQ, na siatce o rozdzielczości 10x10 km. W wykonanym modelowaniu zastosowano bazę emisyjną dla Polski na rok 2012 otrzymaną od Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, oraz bazę emisyjną dla Europy na rok 2013 pozyskaną z bazy danych EMEP.

Ocenę jakości przeprowadzonego modelowania dla wartości stężeń pyłu PM10 wykonano na podstawie danych ze stacji obserwacyjnych znajdujących się zarówno na terytorium Polski, jak i państw sąsiadujących: Niemiec, Słowacji oraz Czech. Ze wszystkich dostępnych stacji pomiarowych wybrano 64 mające kluczowe znaczenie dla epizodów – czyli znajdujące się w bezpośrednim oddziaływaniu wysokich stężeń, bądź będące na drodze przemieszczających się w trakcie epizodów mas powietrza. Dla tychże stacji obliczono następujące statystyki błędów:

- NMB (Normalized Mean Bias) - znormalizowane odchylenie średnie,
- NMSE (Normalised Mean Square Error) - znormalizowany błąd średniokwadratowy,
- RMSE (Root Mean Squared Error) - błąd średni standardowy
- Współczynnik korelacji liniowej Pearsona

Z uwagi na zazwyczaj krótki czas wystąpienia epizodów wysokich stężeń (zwykle od trzech do pięciu dni) oraz analizę średnich dobowych nie przeprowadzono ewaluacji na poszczególne epizody, gdyż dawałoby to wyniki statystycznie nieistotne. Ewaluację przeprowadzono dla serii połączonych epizodów (w sumie 149 dni). Wykonana w ten sposób ocena jakości modelowania pozwoliła na wykorzystanie znacznie większej ilości ciągłych danych, dzięki czemu uzyskane statystyki błędów oraz współczynnik korelacji mogą w lepszym stopniu oddać zgodność modelowanych stężeń w stosunku do obserwacji. W tabeli 5.1-1 przedstawiono miary błędów i współczynnik korelacji dla uśrednionych stężeń po wszystkich stacjach.

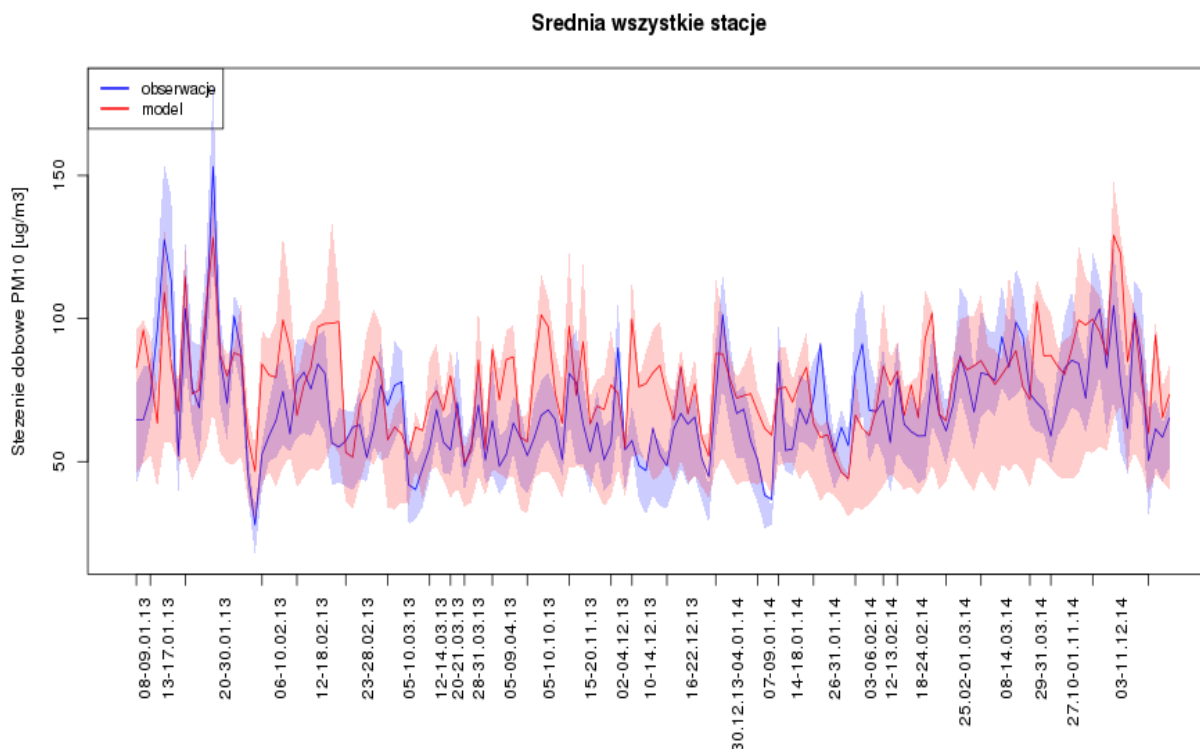
Tabela 5.1-1. Miary błędów modelowania pyłu PM10 w trakcie epizodów, średnia dla wszystkich stacji.

Współczynnik korelacji	NMB	NMSE	RMSE
0,61	8,74	0,03	28,11

Statystyki jakości modelowania ujęte w powyższej tabeli zostały obliczone dla wszystkich stacji. Współczynnik korelacji wynoszący 0,61 dla średniej wartości stężeń modelowanych i obserwowanych oznacza, że model zazwyczaj poprawnie odwzorowywał pomierzone stężenia. Niemniej jednak, jest to średnia ze wszystkich wziętych pod uwagę stacji, co oznacza, że na części stacji współczynnik ten był niższy. Powodów takiej sytuacji może być bardzo dużo. Zanieczyszczenie pyłem PM10 jest niezwykle trudne do modelowania, głównie z uwagi na problemy w oszacowaniu strumienia emisji pyłów. Problem stanowi oszacowanie nie tylko wielkość takiego strumienia, ale również jego profilu czasowego.

W tabeli 5.1-1 widać dodatnią, niską wartość znormalizowanego odchylenia średniego. W niniejszym opracowaniu brane są pod uwagę wyłącznie dni epizodów, w trakcie których stężenia pyłów na stacjach pomiarowych z reguły znacznie przekraczały dobową wartość dopuszczalną tego zanieczyszczenia – czyli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Oznacza to że, znormalizowane odchylenie średnie na dużej większości stacji było nieco przeszacowane i wynosiło zazwyczaj poniżej 20%. Warto również zwrócić uwagę na bardzo małą wartość (setne części $\mu\text{g}/\text{m}^3$) znormalizowanego błędu średniokwadratowego.

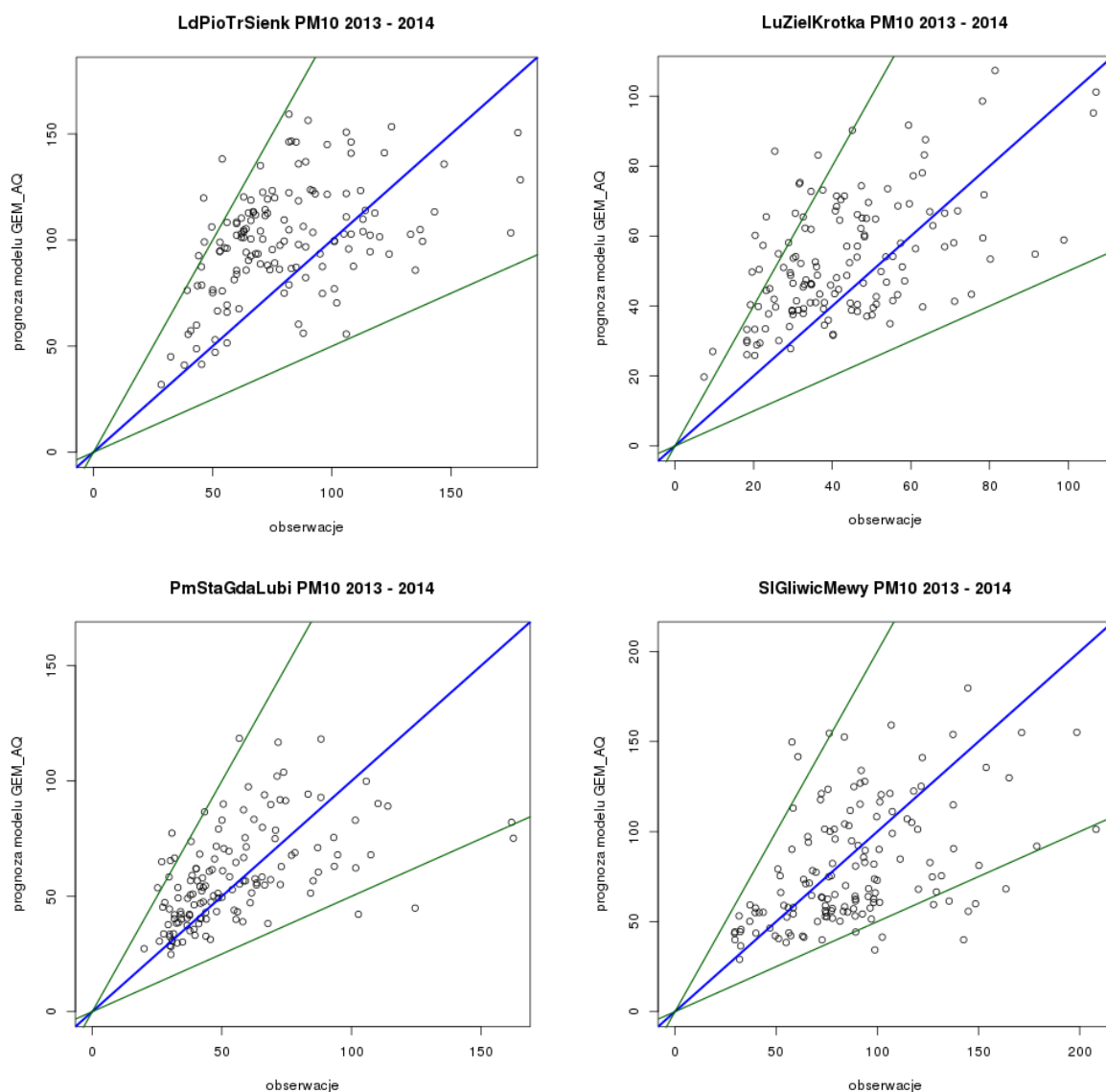
Średni błąd standardowy RMSE przedstawia największe rozbieżności między modelem a obserwacjami. Jego średnia wartość wynosząca prawie $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jest dość wysoka, ale ponownie biorąc pod uwagę jedynie dni epizodyczne i trudności w modelowaniu gwałtownych, bardzo wysokich skoków stężeń nie jest ona tak duża. Na podwyższenie tej wartości w głównej mierze wpływ miały stacje zlokalizowane w dużych aglomeracjach lub miastach, gdzie strumień emisji był przeszacowany.



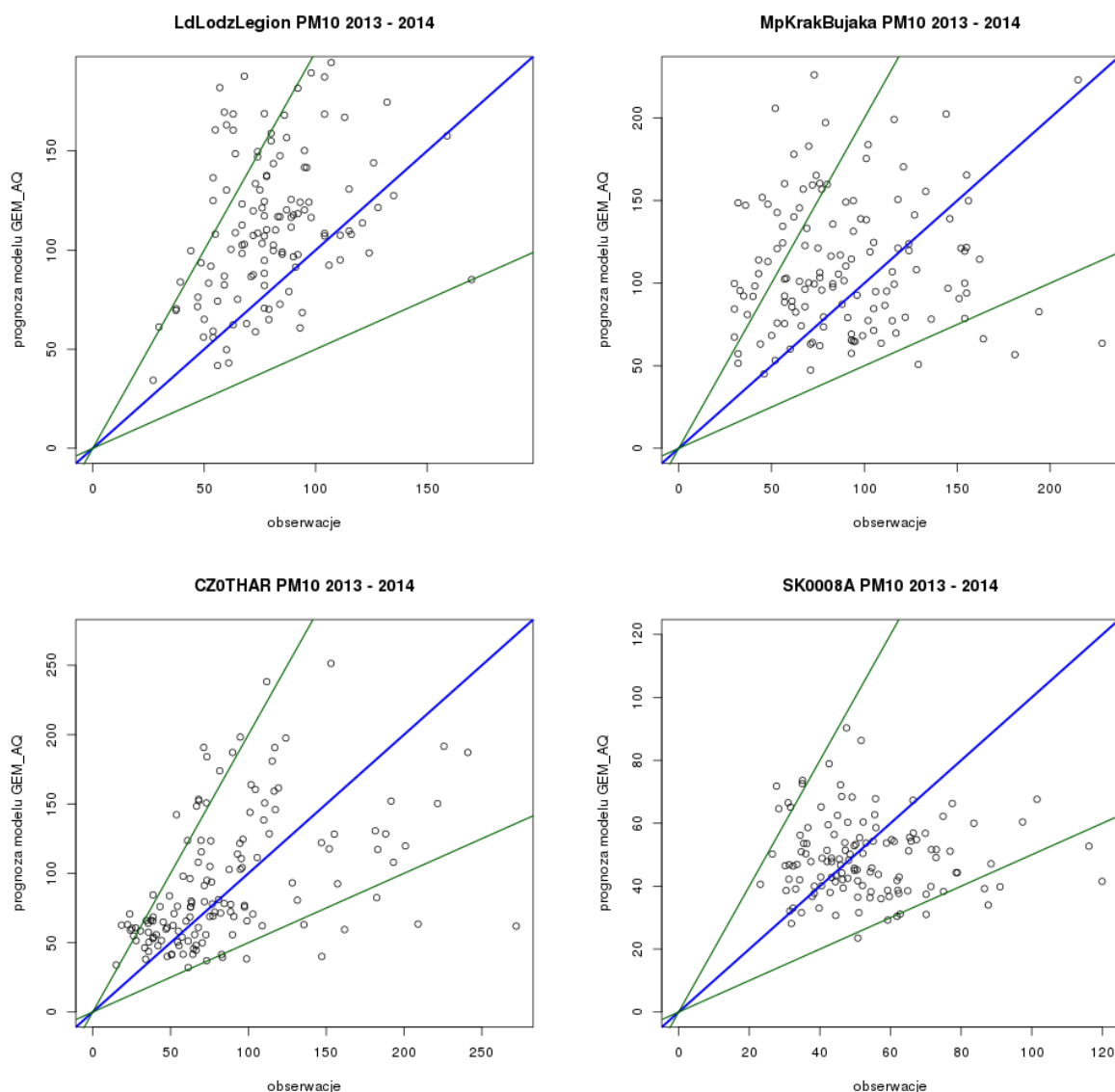
Rysunek 5.1-1. Średnie stężenie pyłu PM10: modelowane (czerwona linia) oraz pomierzone (niebieska linia) na stacjach wybranych do ewaluacji w trakcie trwania epizodów, wraz z zaznaczeniem górnego i dolnego kwantyla (model – czerwony poligon, obserwacje – niebieski poligon).

Rysunek 5.1-1 przedstawia serię czasową uśrednionego przebiegu modelowanych i obserwowanych stężeń pyłu PM10 w trakcie trwania epizodów (kolorowe linie). Pomimo przeszacowania model zazwyczaj odpowiednio reagował zarówno na krótkoterminowe jak i długoterminowe zmiany w stężeniu pyłu PM10 w atmosferze. Bardzo dobrą zgodność wykazują epizody w styczniu 2013 roku, gdzie model odtworzył zarówno duże skoki stężeń, jak i spadek poziomu zanieczyszczenia pod koniec miesiąca. Nieco gorzej odtworzone zostały epizody w październiku i grudniu tego samego roku, gdyż model dość znacznie zawyżył średnie dobowe w tych dniach. Epizody w 2014 roku zostały w większości poprawnie odtworzone, z nieznaczną tendencją do przeszacowania.

Kwantyl górny i dolny (kolorowe poligony w tle linii przebiegu stężeń) wyznaczają odpowiednio 75 i 25 procent próby wziętej do ewaluacji. Oznacza to, że kolorowy obszar stanowi 50% obserwacji i stężeń modelowanych. Na wykresie widać, że większość z tych obszarów nakłada się na siebie, co dodatkowo pokazuje zgodność modelu do obserwacji.



Rysunek 5.1-2 a. Wykresy rozproszenia dla stacji w miastach (od górnego lewego panelu) : Piotrków Trybunalski, Zielona Góra, Starogard Gdański, Gliwice



Rysunek 5.1-3 b. Wykresy rozproszenia dla stacji w miastach (od górnego lewego panelu) : Łódź, Kraków, Hawierzów i Rużomberk.

Wykresy rozproszenia przedstawiają graficznie korelację i odchylenia wartości prognozowanych pyłu PM₁₀ względem pomiarów (Rysunek 5.1-2 a,b). Dodatkowo dodano zielone linie przedstawiające niepewności modelowania według dyrektywy 2008/50/WE. W wymienionych stacjach Polskich i zagranicznych widać, że kryterium unijne dotyczące niepewności modelowania zostało spełnione lub jest bardzo bliskie spełnienia. Na pozostałych stacjach sytuacja wygląda bardzo podobnie. Zauważalna jest również tendencja do przeszacowania przez model, zwykle wartości niskich. Przeszacowanie stężeń pyłu PM₁₀ jest szczególnie widoczne w przypadku dużych miast (np. Warszawa, Łódź, Kraków) co sugeruje, że strumień emisji dla większych aglomeracji został przeszacowany.

5.2. Ewaluacja modelowania – temperatura i wiatr

Sprawdzalność modelu w odniesieniu do temperatury i prędkości wiatru nie mogła zostać przeprowadzona w narzędziu DELTA tool. Powodem tego był fakt iż, ewaluacja temperatury i prędkości wiatru w tym narzędziu jest póki co w fazie testów, a sami autorzy DELTA tool odradzają zamieszczanie wyników sprawdzalności w oficjalnych, państwowych raportach na podstawie jeszcze nie do końca wytestowanego narzędzia (powyższe informacje pozyskano na podstawie korespondencji z autorami DELTA Tool). Dodatkowo, Delta tool do poprawnej pracy potrzebuje rocznego zestawu danych godzinnych, co w przypadku niniejszego opracowania nie jest możliwe. Istnieje wprawdzie możliwość uruchomienia narzędzia na mniejszym zestawie danych, ale w tym przypadku autorzy DELTA Tool również zalecają dużą ostrożność w interpretacji, zwłaszcza w przypadku testowych parametrów.

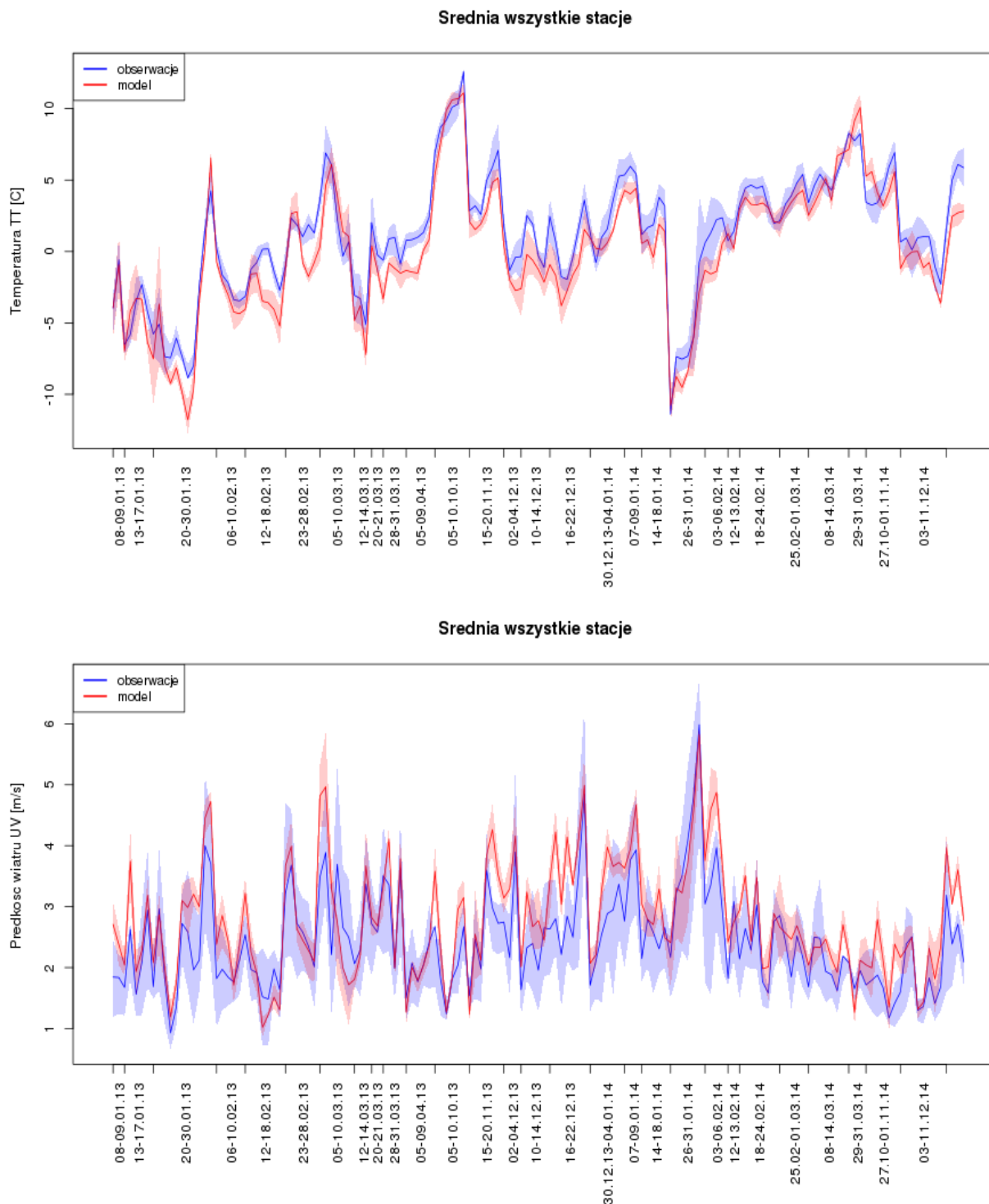
Z powyższych powodów sprawdzalność modelu w odniesieniu do parametrów meteorologicznych – prędkości wiatru oraz temperatury przeprowadzono w analogiczny sposób jak sprawdzalność stężeń pyłu PM10. W ewaluacji uwzględniono średnie dobowe dane pochodzące z 10 stacji synoptycznych podobnie jak w przypadku pyłu - mających kluczowe znaczenie dla epizodów – czyli znajdujące się w bezpośrednim oddziaływaniu wysokich stężeń, bądź będące na drodze przemieszczających się w trakcie epizodów mas powietrza. Również, podobnie jak w przypadku sprawdzalności modelu pod kątem stężeń pyłu PM10, potraktowano dane meteorologiczne w trakcie epizodów jako ciąg. W tabeli 5.2-1 przedstawiono miary błędów i współczynnik korelacji dla uśrednionych stężeń prędkości wiatru i temperatury powietrza.

Tabela 5.2-1. Miary błędów modelowania temperatury i prędkości wiatru w trakcie epizodów, średnia dla wszystkich stacji.

Parametr	Współczynnik korelacji	NMB	NMSE	RMSE
Temperatura	0,96	-1,11	0,03	1,68
Prędkość wiatru	0,87	0,35	0,01	0,58

Statystyki jakości modelowania ujęte w powyższej tabeli przedstawiają średni charakter błędów obliczony dla wszystkich stacji łącznie. Współczynnik korelacji wynoszący ponad 0,95 dla temperatury i 0,87 dla prędkości wiatru wskazuje na bardzo dobre odwzorowanie przez model zaobserwowanych warunków meteorologicznych. Podobnie wygląda sprawa miar błędów i znormalizowanego odchylenia średniego. Ujemne odchylenie w przypadku temperatury wskazuje na zaniżanie przez model temperatury o około jeden stopień, natomiast dodatnie w przypadku wiatru oznacza nieznaczące przeszacowanie modelowanych prędkości wiatru. Średni błąd standardowy bardzo bliski odchyleniu standardowemu wskazuje na brak

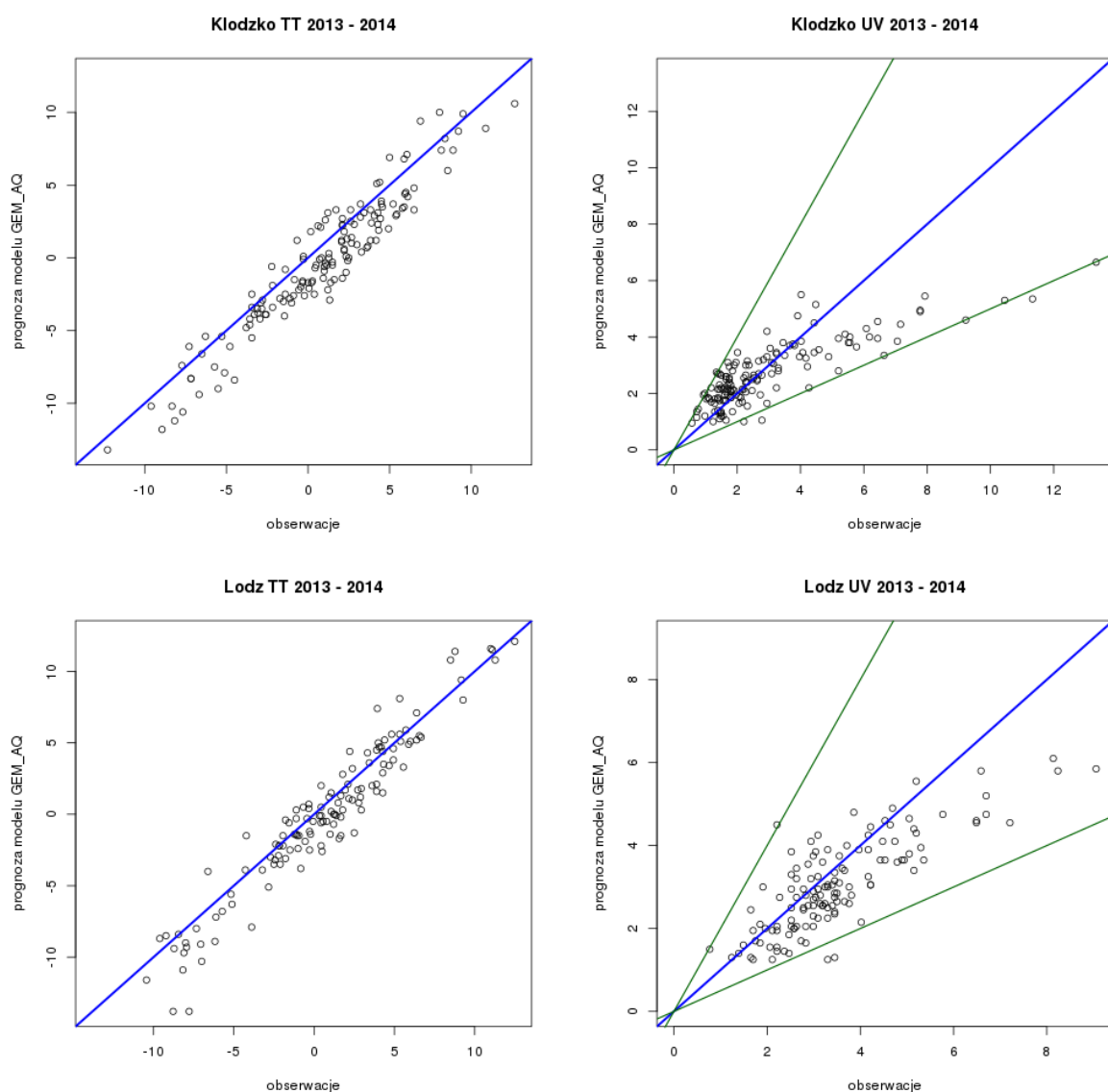
sytuacji ekstremalnych, gdy wartości z modelu znacznie różniłyby się od tych pomierzonych na stacjach.



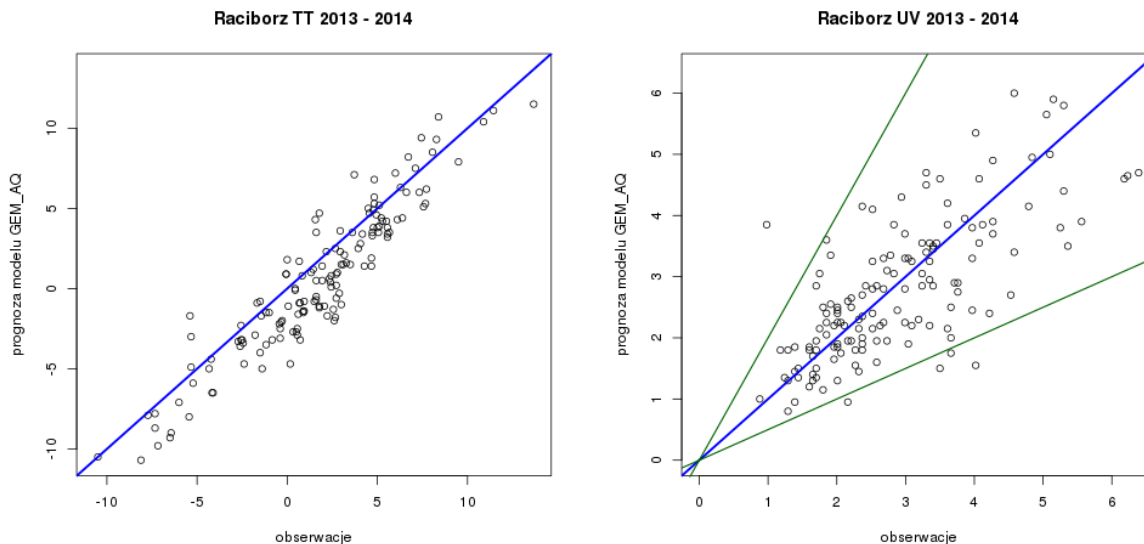
Rysunek 5.2-1. Średnie stężenie modelowane (czerwona linia) oraz pomierzone (niebieska linia) na stacjach wybranych do ewaluacji w trakcie trwania epizodów, wraz z zaznaczeniem górnego i dolnego kwantyla (model – czerwony poligon, obserwacje – niebieski poligon). Górny panel – temperatura powietrza, dolny panel – prędkość wiatru.

Rysunek 5.2-1 przedstawia serię czasową uśrednionego przebiegu modelowanej i obserwowanej temperatury powietrza (górny panel) oraz prędkości wiatru (dolny panel) w trakcie trwania epizodów (kolorowe linie). Zarówno w jednym jak i drugim przypadku widać dużą zgodność zarówno krótko jak i długoterminową. Na wykresie temperatury powietrza zauważyć można nieznaczne przeszacowanie zwłaszcza w okresach spadku temperatur, głównie w 2013 roku. W przypadku prędkości wiatru model wykazuje tendencje do przeszacowania najwyższych wartości, głównie w epizodach pierwszego roku analizy.

Kwantyle górne i dolne (kolorowe poligony w tle linii przebiegu parametrów) w obu przypadkach pokrywają się w dużym stopniu. Również w obu przypadkach (choć bardziej widoczne jest to na wykresie temperatury powietrza) obszar wyznaczony przez kwantyle jest bardzo wąski, co wskazuje na bardzo zbliżone warunki na większości stacji w trakcie trwania epizodów.



Rysunek 5.2-2 a. Wykresy rozproszenia dla temperatury powietrza (lewy panel) i prędkości wiatru (prawy panel). Miasta (od góry): Kłodzko, Łódź



Rysunek 5.2-3 b. Wykresy rozproszenia dla temperatury powietrza(lewy panel) i prędkości wiatru (prawy panel). Miasta (od góry): Racibórz.

Wykresy rozproszenia przedstawiają graficznie korelację i odchylenia wartości prognozowanych temperatury i prędkości wiatru względem pomiarów – im bliżej niebieskiej linii są punkty tym modelowanie bliższe ideału (Rysunek 5.2-2 a,b). Rozproszenie punktów bardzo blisko niebieskiej linii na wykresach dla temperatury potwierdza w sposób graficzny wartość współczynnika korelacji bliskiego jedności, oraz bardzo małych błędów i odchyleń. Punkty na wykresach dla prędkości wiatru, choć nieco bardziej rozproszone również wskazują na wysoką sprawdzalność modelu dla tego parametru.

6. PODSUMOWANIE

Celem pracy było dokonanie analizy przebiegu wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 w Polsce oraz krajach ościennych w latach 2013-2014, a także określenie przyczyn ich wystąpienia.

Na podstawie serii wyników pomiarów stężeń wybrano 28 epizodów, które spełniały założone kryteria. Przeprowadzono analizę sytuacji synoptycznej w dniach objętych epizodem, a także opisano zasięg, intensywność i zmienność epizodów bazując na danych pomiarowych ze stacji tła miejskiego, podmiejskiego i pozamiejskiego. Korzystając z danych pochodzących z sondaży aerologicznych opisano występujące podczas epizodów stany równowagi atmosfery i występowanie sytuacji inwersyjnych. Dla wybranych lokalizacji przeprowadzono symulacje trajektorii wstecznych dla czterech wysokości, pozwalające na analizę odległości, kierunków i prędkości napływu mas powietrza na obszar objęty epizodem. Wykonane modelowanie matematyczne pozwoliło na dodatkową ocenę zasięgu epizodów, a także udziału poszczególnych kategorii źródeł emisji i wpływu transgranicznego transportu pyłu na kształtowanie się stężeń PM10.

Analizowane w pracy epizody występowały w okresach chłodnych uwzględnionych lat, tj. od stycznia do marca oraz od października do grudnia. Dla roku 2013 uwzględniono również jeden epizod z początku kwietnia. Pod względem meteorologicznym lata 2013 i 2014 wyróżniały się ciepłymi lub bardzo ciepłymi (na wybranych obszarach ekstremalnie ciepłymi) sezonami jesiennymi, w porównaniu do danych wieloletnich. W przypadku obu analizowanych lat w I kwartale wystąpiła większa liczba sytuacji smogowych niż w IV kwartale. Cecha ta jest wyraźniejsza dla roku 2013.

Pod względem rejestrowanych poziomów stężenia PM10 lata 2013 i 2014 były podobne. Z analizy rocznych serii wyników pomiarów z wszystkich stanowisk włączonych do Państwowego Monitoringu Środowiska wynika, że w roku 2014 stężenie średnie roczne przekroczyło poziom dopuszczalny na większej liczbie stanowisk (24% z ogólnej liczby) niż w roku 2013 (21%). Podobnie wartość percentyla S90,4 z rocznej serii stężeń dobowych przekraczająca wartość $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (poziom dopuszczalny dla średnich 24-godzinnych) wystąpiła na większej liczbie stanowisk (79%) w roku 2014, niż w roku 2013 (67%) (GIOŚ 2015). Analiza sytuacji epizodów, przedstawiona w niniejszym opracowaniu, wykazuje jednak, iż w roku 2013 były one nieznacznie bardziej intensywne i miały większy zasięg. Wówczas wystąpiły dwa epizody o charakterze ponadregionalnym.

Zgodnie z przyjętą metodyką wybrane do analizy epizody wystąpiły w odrębnych, niepokrywających się, terminach. Analizy przeprowadzono chronologicznie, obejmowały one obszar całego kraju, a także państw ościennych, w przypadkach gdy rejestrowano tam wysokie stężenia PM10. Epizody trwały od 2 do 11 dni. W tych okresach zasięg przestrzenny epizodów często ulegał zmianom, zwłaszcza w przypadku tych dłuższych. Najczęściej pod wpływem epizodów pozostawały województwa południowe - śląskie i małopolskie, a także łódzkie. Najrzadziej sytuacja taka występowała w północnym oraz północno-wschodnim rejonie Polski,

w województwach: zachodniopomorskim, pomorskim, warmińsko-mazurskim i podlaskim. Spośród państw ościennych (w analizowanym pasie przygranicznym - do 150 km) najczęściej sytuacje smogowe występowały w Czechach, zwłaszcza w ich północno-wschodniej części, w silnie uprzemysłowionym rejonie Ostrawy. Wszystkie 8 epizodów, dla których przeprowadzono pogłębioną analizę dotyczącą krajów ościennych, obejmowało obszar Czech. W 5 przypadkach epizody te wystąpiły również w Niemczech, a w 4 - na Słowacji. Należy jednak zaznaczyć, iż w przypadku tych dwóch krajów (a zwłaszcza Niemiec) wysokie stężenia PM10 były notowane na pojedynczych stanowiskach i miały raczej krótkotrwały charakter (często - 1 do 2 dni). Wielkości stężeń były tam też niższe, niż w przypadku Polski czy Czech.

Zestawienie maksymalnych liczb stanowisk pomiarowych tła, na których w ciągu jednego dnia w okresie poszczególnych epizodów wystąpiło przekroczenie poziomu granicznego (Tab. 6-1), pozwala wnioskować o skali problemu w każdym z województw. W przypadku kilku województw (dolnośląskiego, łódzkiego, małopolskiego, opolskiego, śląskiego i wielkopolskiego) wysokie stężenia PM10 wystąpiły na przynajmniej na jednym stanowisku w trakcie każdego z analizowanych epizodów. Wszystkie epizody charakteryzowały się tym, iż przekroczenie poziomu granicznego wystąpiło na wybranych stanowiskach zlokalizowanych w większości województw w Polsce. Do najbardziej rozległych epizodów należały: drugi oraz trzeci, w którego kulminacyjnym dniu przekroczenie poziomu granicznego wystąpiło na ok. 62% wszystkich stanowisk uwzględnionych w analizach, położonych na obszarze Polski i krajów ościennych. W odniesieniu do stanowisk polskich wskaźnik ten wyniósł ok. 80% stanowisk tła miejskiego i podmiejskiego. W dniach 15.01.2013 i 24.01.2013 dla Polski spełnione były kryteria określone dla epizodu ponadregionalnego - w tych dniach na więcej niż 75% (odpowiednio 82 % i 90%) stanowisk w Polsce stężenie 24-godz. PM10 było wyższe od wartości 95-tego percentyla z serii pomiarów dobowych na tych stacjach.

Analiza częstości występowania wysokich stężeń w powiązaniu z panującymi typami cyrkulacji wskazuje, że największy odsetek dni z wysokimi stężeniami występuje podczas cyrkulacji antycyklonalnej i napływie powietrza z kierunku południowo-wschodniego (SEa). Podobne obserwacje znajdują się w pracy dotyczącej analizy epizodów z lat 2011-2012 (GIOŚ, 2013). Wiele z analizowanych epizodów charakteryzowało się zmiennością panujących typów cyrkulacji mas powietrza w poszczególnych dniach ich trwania (Tab. 6-2)

Epizody, a zwłaszcza kulminacje, często występowały w dniach, w których następowało obniżenie temperatury powietrza. Wiązało się to ze zwiększeniem emisji powierzchniowej, tzw. "niskiej emisji", wynikającym ze wzrostu zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków. Spalanie paliw stałych, w tym węgla, często z wykorzystaniem pieców o niskiej sprawności, ze źle prowadzonym procesem spalania paliw stałych i znacznej emisji pyłu, stanowi czynnik przyczyniający się do występowania sytuacji smogowych. Zestawienie wybranych wskaźników meteorologicznych z okresów analizowanych epizodów (Tab. 6-2)

pokazuje, iż w przypadku każdego z nich minimalne dobowe temperatury powietrza mieściły się poniżej 0°C, a w czterech wyróżnionych spadły poniżej -10 °C.

W prawie wszystkich przypadkach epizody występowały w warunkach stałej lub silnie stałej równowagi atmosfery oraz inwersji temperatury, a także przy słabym wietrze. Warunki te utrudniały dyspersję zanieczyszczeń, prowadząc do ich kumulacji w warstwie przyziemnej. W przypadku wszystkich epizodów najmniejsze ze średnich dobowych prędkości wiatru mieściły się poniżej 3 m/s, a w przypadku kilku (wyróżnionych w tabeli) wartość ta wynosiła 1 m/s lub mniej. Tylko dla dwóch epizodów wskaźnik ten był wyższy od 2 m/s.

Jako główną przyczynę wysokich stężeń pyłu PM10 w Polsce należy wskazać emisję z licznych, niskich, rozproszonych źródeł emisji (tzw. niska emisja, emisja komunalno-bytowa) z terenu Polski. W wybranych rejonach, zwłaszcza w okolicach przebiegu głównych tras komunikacyjnych, a także na obszarach aglomeracji i większych miast, znaczący był udział również liniowych źródeł emisji, związanych z transportem samochodowym. Oddziaływanie źródeł punktowych było najmniejsze.

W części przypadków zaznaczał się wpływ źródeł zagranicznych na tworzenie się wysokich stężeń PM10. Dotyczyło to głównie przygranicznego pasa terenu na południu kraju i udziale źródeł z Czech (głównie Śląska Morawskiego, w tym z przemysłowego rejonu Ostrawy) i Słowacji. W kilku przypadkach emisja z terenu Ukrainy i Białorusi miała udział we wzroście poziomu stężeń na wschodzie Polski. Napływ powietrza z przygranicznego obszaru Niemiec z reguły nie przyczyniał się do występowania przekroczeń progu epizodu w Polsce.

Analizy przeprowadzone z wykorzystaniem modelowania oraz symulacji trajektorii wstecznych wskazują na udział, w przypadku części epizodów, źródeł emisji zlokalizowanych na obszarze południowej Polski (głównie Śląska) na kształtowanie się wysokich stężeń w przygranicznych rejonach Słowacji i Czech.

Tabela 6-1. Maksymalna liczba stanowisk podczas epizodu, na których stężenie 24-godz. PM10 było wyższe od 75 µg/m³

Województwo /Kraj	Liczba stanowisk	Numer epizodu																											
		1	2z*	3z	4	5z	6	7	8	9	10	11	12	13z	14	15	16	17z	18	19	20z	21	22	23	24	25z	26	27	28z
Ds	20	4	17	18	12	16	8	16	1	3	4	5	4	12	7	9	7	13	3	1	12	2	3	5	1	16	12	7	18
Kp	12	5	3	6	4	2		4	7	1		1	1	1	2	2	5	4		1		8	7	5	6	5	3	6	6
Lb	8		6	7	2		3			4	2		3	3		1	2	4				4		3		6	3	7	5
Ld	20	9	18	18	17	1	14	14	5	12	9	7	4	6	11	9	7	1	2	8	2	13	19	16	16	16	11	11	17
Lu	6		4	4		6	1	3	2		1						1	2			3	1			2	2	2	1	3
Mp	13	8	11	12	1	9	12	5	7	7	1	1	7	12	9	12	1	12	8	8	6	14	5	9	1	15	6	15	13
Mz	17	1	12	16	1		7	7	1	12	3	1	4	1		2	6	2		1		9	5	8	2	11	5	12	14
Op	6/8**	4	6	6	4	6	4	2	2	3	2	3	3	3	2	3	1	4		8	7	2	7	4	7	7	6	5	8
Pd	4		1	3	1		2	2									1				2	1		2		2	1	3	2
Pk	9	1	4	7	1		7	1	1	3	5	3	7	4	1	3	3	3		1		3		3	2	9	2	8	3
Pm	15	1	2	5	2		1	6	3	1			1		1	1		1		1	1	7		1	5	3	1	2	1
Sk	9	4	8	9	6	2	3	3		2	2	2	4	1	3	3	5	3	2			3		1	2	3	1	4	2
Sl	21	14	21	21	11	17	15	13	13	18	1	12	16	17	15	12	2	16	1	16	17	21	2	19	17	2	18	18	21
Wm	7			6	1	1	1	3	1		1		1				1	1			1	2		1		2		2	1
Wp	13	3	12	12	4	9	4	7	8	3	4	1	2	2	4	1	3	6		6	2	3	4	5	1	1	6	1	12
Zp	6		1	4	1	1		3	2								1	1				1			6	2		2	1
Litwa	3			2																								2	1
Czechy	87	2	22	66	6	45	17	11	19	6	4	14	9	18	4	3	3	13	1	11	32	6	4	8	14	28	16	8	22
Niemcy	33		6	5		8	1	1										3			7				1	2			3
Słowacja	20	1	1	7	1	5	1	1	1			1		2	2	2	1	2		1	7	6				1		3	2
Razem Polska i kraje sąsiednie w najgorszym dniu	329	44	136	203	62	106	68	70	59	71	51	44	49	73	58	46	46	88	14	61	85	90	67	76	101	113	72	103	114

* za pomocą litery "z" oznaczono epizody analizowane również, jako zaobserwowane w krajach ościennych

* *6 stanowisk w 2013 r. i 8 stanowisk w 2014 r.

Tabela 6-2. Zestawienie wybranych danych meteorologicznych z okresu epizodów

Nr epizodu	Początek	Koniec	Typy cyrkulacji w kolejne dni epizodów	Stacja meteo	Min z Tmin	Max z Tmin	Min z Vśr	Max z Vśr	Inwersja
1	2013-01-08	2013-01-09	N_a, N_0	Kraków	-11.4	-4.2	0.6	1.2	tak
2	2013-01-13	2013-01-17	E_a, S_0, S_0, SE_c, NE_0	Bielsko-Biała	-9.9	-3.4	1.4	2.3	tak
3	2013-01-20	2013-01-30	E_c, E_c, E_c, N_c, NE_0, E_a, S_0, SW_c, SW_0, SW_c, SW_c	Bielsko-Biała	-12.5	3.0	1.0	6.5	tak
4	2013-02-06	2013-02-10	0_c, NE_c, NE_c, NE_0, SE_0	Łódź	-9.6	-1.4	1.4	2.6	tak
5	2013-02-12	2013-02-18	E_0, SE_a, SE_a, E_a, 0_a, 0_a, E_a	Bielsko-Biała	-6.7	-0.7	0.6	2.7	tak
6	2013-02-23	2013-02-28	E_0, E_0, E_a, N_a, N_a, NW_a	Racibórz	-2.8	1.1	1.6	3.8	tak
7	2013-03-05	2013-03-10	SW_0, S_c, E_c, E_0, E_c, NE_c	Racibórz	-2.3	2.2	1.0	5.3	tak
8	2013-03-12	2013-03-14	E_c, E_c, NE_c	Łódź	-8.9	-6.7	2.0	3.0	tak
9	2013-03-20	2013-03-21	E_c, NE_0	Sulejów	-12.2	-8.7	2.6	3.3	tak
10	2013-03-28	2013-03-31	E_a, SE_c, SE_c, 0_c	Kraków	-4.1	-1.0	1.2	4.3	tak
11	2013-04-05	2013-04-09	E_c, NE_0, NE_a, NE_0, S_0	Bielsko-Biała	-6.1	0.1	1.2	2.7	tak
12	2013-10-05	2013-10-10	W_a, W_a, W_a, W_a, W_0, N_c	Katowice	-3.2	9.0	1.1	2.7	tak
13	2013-11-15	2013-11-20	W_a, NW_a, NW_a, SW_0, SW_c, S_c	Nowy Sącz	-3.6	6.8	1.0	3.0	tak
14	2013-12-02	2013-12-04	N_a, NW_a, NW_0	Katowice	-6.4	-1.5	2.7	5.5	tak
15	2013-12-10	2013-12-14	W_a, W_a, W_a, N_a, W_a	Tarnów	-4.7	-1.1	1.2	1.6	tak
16	2013-12-16	2013-12-22	SW_a, W_a, SW_a, SW_0, SW_a, SW_a, SW_0	Jelenia Góra	-5.7	-0.5	1.5	6.4	tak
17	2013-12-30	2014-01-04	SW_a, SW_a, S_0, S_0, SW_0, SW_0	Kłodzko	-6.4	2.7	1.9	6.4	tak
18	2014-01-07	2014-01-09	SW_0, W_0, W_c	Kraków	-3.0	-1.3	0.8	2.2	tak
19	2014-01-14	2014-01-18	SE_c, SE_c, SE_0, SE_c, SE_0	Racibórz	-1.7	2.0	1.8	3.3	tak
20	2014-01-26	2014-01-31	SE_0, SE_c, SE_0, SE_0, SE_a, SE_0	Racibórz	-12.2	-4.8	1.6	4.6	tak
21	2014-02-03	2014-02-06	S_a, S_0, S_c, SW_c	Katowice	-7.7	-2.0	1.5	3.5	tak
22	2014-02-12	2014-02-13	SW_c, SW_c	Łódź	-3.8	1.6	1.7	4.1	tak

Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 z lat 2013-2016
Etap I. Epizody z lat 2013-2014

Nr epizodu	Początek	Koniec	Typy cyrkulacji w kolejne dni epizodów	Stacja meteo	Min z T _{min}	Max z T _{min}	Min z V _{śr}	Max z V _{śr}	Inwersja
23	2014-02-18	2014-02-24	W_0, 0_c, S_0, S_c, SW_0, SW_a, SW_a	Katowice	-4.0	2.0	1.4	3.6	tak
24	2014-02-25	2014-03-01	S_a, S_a, S_0, S_c, SE_c	Poznań	-3.3	0.8	1.6	4.9	tak
25	2014-03-08	2014-03-14	W_a, W_a, N_a, N_a, NW_a, NW_a, NW_a	Sulejów	-3.5	-0.4	1.5	3.7	tak
26	2014-03-29	2014-03-31	E_a, 0_a, N_c	Racibórz	-1.2	2.0	1.7	2.7	tak
27	2014-10-27	2014-11-01	SW_a, SW_a, W_a, N_a, 0_a, S_a	Sulejów	-2.7	1.5	1.2	2.7	tak
28	2014-12-03	2014-12-11	0_a, 0_a, S_a, W_a, SW_a, W_0, 0_a, SW_a, SW_c	Sulejów	-4.7	0.5	1.1	3.1	tak

BIBLIOGRAFIA

GIOŚ 2013, Analiza wybranych epizodów wysokich stężeń pyłu PM10 na podstawie danych pomiarowych, meteorologicznych oraz analizy trajektorii, , praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska przez Biuro Studiów i Pomiarów Proekologicznych "Ekometria" Sp. z o.o., Gdańsk 2013,

GIOŚ 2015, Jakość powietrza w Polsce w latach 2013 - 2014 w świetle wyników pomiarów prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, Autorzy: Iwanek J., Kobus D., Kostrzewa J., Mitosek G., Parvi R , praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa

IMGW-PIB 2013, Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, Rok 2013, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy

IMGW-PIB 2014, Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, Rok 2014, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy

Kaminski, J. W., Neary, L., Struzewska, J., McConnell, J. C., Lupu, A., Jarosz, J., Toyota, K., Gong, S. L., Côté, J., Liu, X., Chance, K., and Richter, A.: GEM-AQ, an on-line global multiscale chemical weather modelling system: model description and evaluation of gas phase chemistry processes, Atmos. Chem. Phys., 8, 3255-3281, doi:10.5194/acp-8-3255-2008, 2008.

Lityński J., Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski, Prace Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego, 97, 3–15., 1969

Pianko-Kluczyńska K., Nowy kalendarz typów cyrkulacji atmosfery według J. Lityńskiego . Wiad. Met.-Hydr., Gosp. Wod., 1, 4, 65–85., 2007

Stein, A.F., Draxler, R.R., Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., and Ngan, F., (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system, Bull. Amer. Meteor. Soc., **96**, 2059-2077, <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>

WYKAZ SPIS WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW I OZNACZEŃ WYSTĘPUJĄCYCH W OPRACOWANIU

f - średnia dobową wilgotność względna,

p - średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne,

PM10 - pył zawieszony o średnicy równoważnej ziaren do 10 µm,

PMŚ - Państwowy Monitoring Środowiska

S24 - stężenie średnie dobowe zanieczyszczenia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$],

Tmax - maksymalna dobową temperatura,

Tmin - minimalna dobową temperatura,

Tśr - średnia dobową temperatura,

Vśr - średnia dobową prędkość wiatru,

