



Zastosowanie GIS do analizy przestrzennej stężeń pyłu PM_{2.5} oraz PM₁₀ na terenie województwa dolnośląskiego

*Izabela Sówka, Anna Łągiewka, Anna Zwoździak,
Maria Skrętowicz, Alicja Nych, Jerzy Zwoździak
Politechnika Wroclawska*

1. Wprowadzenie

Zmienność w czasie i przestrzeni danych stanowi kluczowy element różnych zjawisk zachodzących w środowisku przyrodniczym. W celu zbadania zmienności buduje się bazy danych, w których jedną z cech jest lokalizacja. W dobie automatyzacji i informatyzacji bazy danych to niezbędny element funkcjonowania wielu instytucji państwowych oraz firm prywatnych. Problematyczne wydaje się być przedstawienie informacji zawartych w bazach w taki sposób, by zmiany przedstawione za pomocą liczb były łatwe i szybkie w analizowaniu. Z pomocą przychodzą rozwiązania technik GIS (z ang. *Geographic Information System*), stosowane obecnie na szeroką skalę w wielu branżach m.in. w transporcie, budownictwie, energetyce oraz w inżynierii i ochronie środowiska [1÷8].

Celem niniejszej pracy była wizualizacja i analiza przestrzenna danych dotyczących zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego pyłem zawieszonym PM₁₀ i PM_{2.5} na terenie województwa dolnośląskiego przy zastosowaniu techniki GIS.

2. Narzędzia i metodologia

Do analiz przestrzennych wykorzystano dane 24-godzinnych stężeń pyłu PM_{2.5} oraz PM₁₀ z pomiarów wykonanych w stacjach monitoringu Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska na terenie województwa dolnośląskiego w latach 2009÷2010 (PM₁₀) oraz w 2010 roku (PM_{2.5}).

Pierwszym etapem pracy było stworzenie odpowiedniej bazy danych możliwej do odczytania przez ArcMap. Na potrzeby analizy przestrzennej stężenia 24-godzinne uśredniono do wartości miesięcznych, kwartalnych i rocznych. Każdy wiersz utworzonej tabeli dotyczył danych z jednej stacji, a kolumny zawierały cechy takie, jak: nazwa stacji, współrzędne stacji oraz stężenia względem podziału czasowego uśredniania. Dodano również pole z numerami identyfikacyjnymi każdej ze stacji. Tak przygotowane bazy danych zapisano w formacie dBase, który jest odczytywany przez ArcGIS. Bazy danych zostały wprowadzone do programu ArcGIS, gdzie dzięki zadeklarowanym współrzędnym geograficznym, stacje pomiarowe umieszczono w przestrzeni w układzie PUWG 1992. Dodane zostały też dwie warstwy mapy konturowej Polski: z podziałem na województwa i z podziałem na powiaty. Po wykonaniu odpowiednich operacji możliwe było wyodrębnienie z mapy Polski województwa dolnośląskiego i wydzielenie na jego terenie stref, w których, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska, prowadzi się monitoring jakości powietrza pod kątem wysokości stężeń pyłu PM₁₀ [9]. Warstwę wynikową zapisano w pliku shape. W celu dokonania przestrzennej analizy stężeń pyłu PM_{2.5} stworzono podział województwa na strefy, bazując na podziale utworzonym na potrzeby *Oceny wstępnej zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{2.5}* [10], wykonanej przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu. Ocena ta obejmowała lata 2004÷2008 i odnosiła się do stref: aglomeracja wrocławska, miasto Legnica, miasto Wałbrzych, strefa dolnośląska. Z powodu braku odpowiedniej warstwy mapowej wyszczególniającej

obszar miasta Wałbrzych dokonano następującego podziału województwa na strefy: aglomeracja wrocławska, miasto Legnica, powiat wałbrzyski, strefa dolnośląska. Dane dotyczące stężeń pyłu PM2.5, podobnie jak w poprzednim przypadku, wprowadzono do programu ArcGIS

Na potrzeby przestrzennej analizy stężeń PM10 i PM2.5 wykonano warstwy zawierające rozkład stężeń względem stref. Polegało to na utworzeniu relacji pomiędzy mapą stref a warstwą zawierającą rozmieszczenie stacji monitoringu. Do danej strefy przyporządkowane zostały dane z tych punktów pomiarowych, które znajdują się w jej wnętrzu. We właściwościach warstw dobrano odpowiednie przedziały wartości stężeń oraz zakres kolorów według których nastąpił podział.

3. Wyniki badań i ich dyskusja

Wynikiem końcowym prowadzonych operacji w systemach GIS najczęściej są wizualizacje w postaci map przedstawiających analizowane cechy danych.

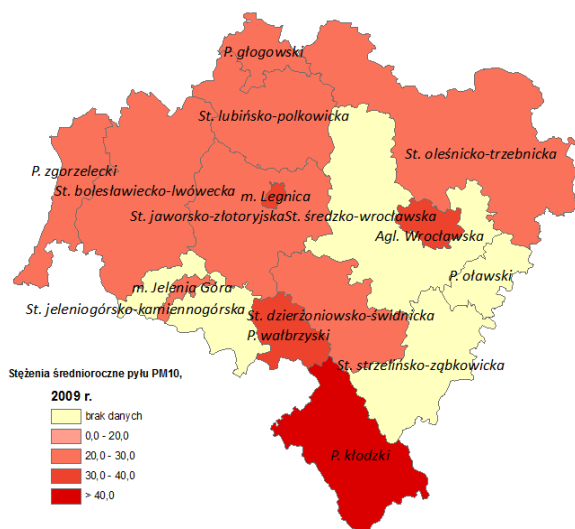
Na rysunku 9 przedstawiono wyniki stężeń średniorocznych pyłu PM10 w strefach województwa dolnośląskiego. Z kolei dane na rysunkach 10÷11 odnoszą się do roku 2010 i są średnimi obliczonymi za okres od stycznia do września. Przedziały stężeń pyłu PM10 dobrano tak, aby wyróżnić strefy, w których wystąpiło przekroczenie dopuszczalnych wartości średniorocznych ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W 2009 r. zaobserwowano przekroczenie dopuszczalnych stężeń średniorocznych w powiecie kłodzkim. W przedziale stężeń $30\text{-}40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obok miasta Legnica, znalazły się też powiat wałbrzyski oraz aglomeracja wrocławska (Rysunek 1). W 2010 r. w trzech ww. strefach nastąpiło przekroczenie wartości dopuszczalnych (Rysunek 2). W 2010 r. zaobserwowano również wzrost stężeń w strefie lubińsko-polkowickiej oraz powiecie oławskim i zgorzeleckim. wysokie stężenia pyłu PM10 w strefie bolesławiecko-lwóweckiej.

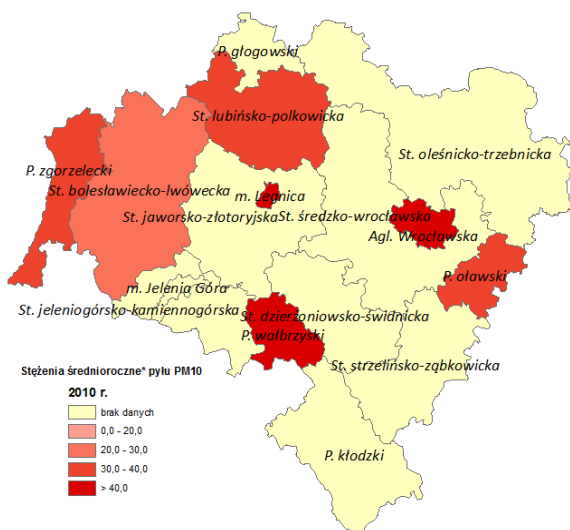
Zgodnie z Dyrektywą 2008/50/WE [11] dopuszczalną średnioroczną wartością stężenia pyłu zawieszonego PM2.5 jest $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Z przeprowadzonych analiz wynika (Rysunek 3), dla założonego podziału województwa na strefy, że wartość ta została przekroczona w powiecie wałbrzyskim oraz aglomeracji wrocławskiej.

Na rysunku 4 przedstawiono zmiany w wysokości średnich miesięcznych stężeń pyłu PM10 w strefach województwa dolnośląskiego w 2009 r. W sezonie grzewczym, stężenia dla większości stref wynosiły powyżej $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wysokie stężenia, wynoszące powyżej $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wystąpiły w styczniu w strefach jaworsko-złotoryjskiej, dzierzoniowsko-świdnickiej, powiecie wałbrzyskim, kłodzkim, mieście Legnica i aglomeracji wrocławskiej oraz w marcu i listopadzie w powiecie kłodzkim. W porównaniu z innymi strefami, wysokie stężenia występowały zwykle w pobliżu dużych miast – było tak w przypadku aglomeracji wrocławskiej i miasta Legnica oraz powiatu wałbrzyskiego. Strefą, gdzie występowały najwyższe stężenia średniomiesięczne, w roku 2009 był powiat kłodzki. Powiat ten charakteryzuje się stosunkowo niską emisją pyłu ze źródeł przemysłowych, co może wskazywać na inne niż przemysłowe źródła zanieczyszczeń pyłowych lub napływ zanieczyszczeń z innych stref województwa.. Dużo gorsza jakość powietrza w strefach pod względem zanieczyszczenia pyłowego w sezonie grzewczym wskazuje na pochodzenie tego zanieczyszczenia z procesów spalania w sektorze komunalnym i mieszkaniowym. Może mieć na nią wpływ również częstsze występowanie w okresie zimy warstwy inwersyjnej, a co za tym idzie kumulacji zanieczyszczeń w dolnych warstwach atmosfery .

Wybuchy wulkanów są naturalnym źródłem pochodzenia pyłów w powietrzu atmosferycznym. W ramach prowadzonych badań podjęto próbę zbadania wpływu erupcji wulkanu Eyjafjallajökull na Islandii, która miała miejsce w dniu 14 kwietnia 2010 r. na stan powietrza w województwie dolnośląskim. Na rysunkach 5÷6 przedstawiono zmiany stężeń pyłu PM10 i PM2.5 dla 14 oraz 18 kwietnia 2010r. Mapy obrazujące stan, jaki miał miejsce 4 dni po erupcji, a więc w dniu, kiedy przestrzeń powietrzna dla transportu lotniczego, w większości krajów Europy, w tym Polski, była zamknięta, wskazują, że w większości stref poziom zanieczyszczenia był niższy w porównaniu z 14 kwietnia 2010 r. Z przeprowadzonych analiz wynika, że 4 dni po wybuchu wulkanu stężenia były niższe w przypadku frakcji PM2.5. Dla frakcji PM10 nie odnotowano natomiast istotnych zmian w stężeniach na obszarze województwa.

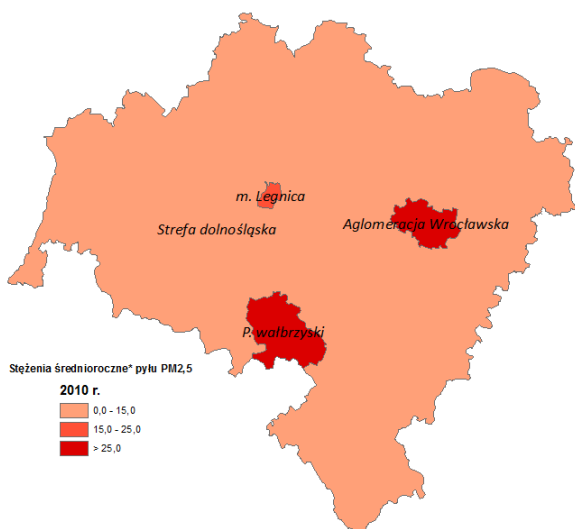


Rys. 1. Średnioroczne stężenia PM10 w strefach woj. Dolnośląskiego w 2009 roku
Fig. 1. Annual average PM10 concentrations in the zones of Lower Silesia province in 2009



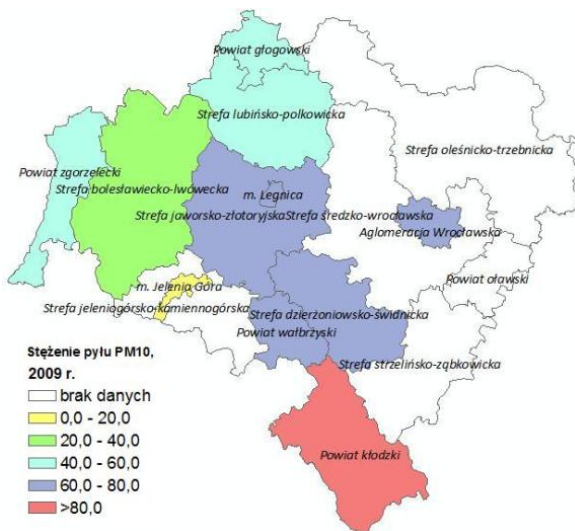
* stężenia średnioroczne pyłu PM10 dla roku 2010 zostały wyliczone dla danych od stycznia do września.

Rys. 2. Średnioroczne stężenia PM10* w strefach woj. Dolnośląskiego w 2010 roku
Fig. 2. Annual average PM10* concentrations in the zones of Lower Silesia province in 2010

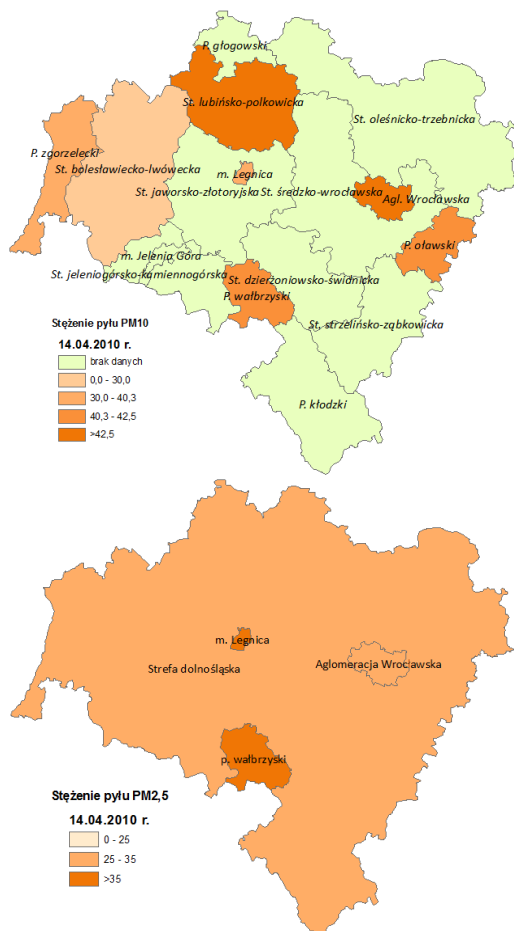


* stężenia średnioroczne pyłu PM_{2.5} dla roku 2010 zostały wyliczone dla danych od stycznia do września.

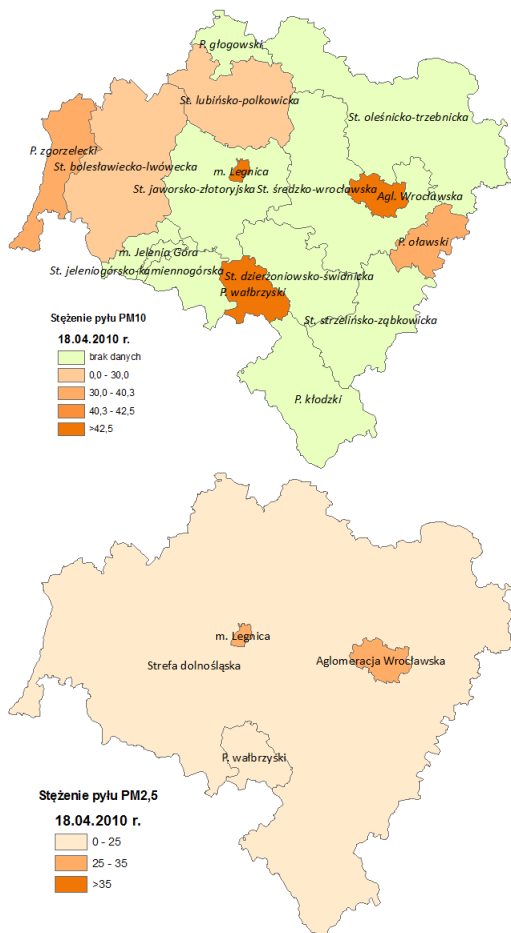
Rys. 3. Średnioroczne stężenia PM_{2.5}* w strefach woj. Dolnośląskiego w 2010 roku
Fig. 3. Annual average PM_{2.5}* concentrations in the zones of Lower Silesia province in 2010



Rys. 4. Stężenia pyłu PM₁₀ w strefach woj. dolnośląskiego w styczniu 2009
Fig. 4. PM₁₀ concentrations in the zones of Lower Silesia province in January 2009



Rys. 5. Stężenia pyłu PM10 i PM2.5 na terenie woj. dolnośląskiego 14.04.2010
Fig. 5. PM 10 and PM2.5 concentrations in Lower Silesia province, 14.04.2010



Rys. 6. Stężenia pyłu PM10 i PM2.5 na terenie woj. dolnośląskiego 18.04.2010
Fig. 6. PM 10 and PM2.5 concentrations in Lower Silesia province, 18.04.2010

4. Podsumowanie

Analizy przestrzenne oraz ich wyniki dają czytelny i funkcjonalny obraz znajdujący zastosowania w monitoringu środowiska. Mogą być one wykorzystywane do przedstawiania wyników badań instytucji związanych z ochroną środowiska oraz do tworzenia raportów dotyczących stanu środowiska. Te z kolei spełniają najważniejszą funkcję GIS – czyli wspieranie procesów decyzyjnych. Obszar zastosowania daje wiele możliwości wykorzystania dostępnych narzędzi do analiz przestrzennych, są one limitowane jedynie ilością dostępnych danych i wyobraźnią użytkownika.

W pracy przedstawiono metodę wykonania analiz przestrzennych za pomocą pakietu programów ArcGIS. Polegała ona na pozyskaniu danych dotyczących stężeń zanieczyszczeń, przetworzeniu ich na potrzeby programu, odpowiednim zarządzaniu danymi, przeprowadzeniu analizy i graficznego przedstawienia wyników. Wykorzystane zostały funkcje, dzięki którym wytworzono potrzebne warstwy mapowe typu obszarowego oraz punktowego. Za pomocą warstw typu obszarowego (poligonowego) przedstawiono strefy, według których przeprowadzono klasyfikację stężeń. Natomiast dzięki warstwom punktowym przedstawiono wykorzystane w opracowaniu punkty pomiarowe. Do każdej z warstw przypisano cechy z zasobów bazy danych, dzięki czemu możliwa była ich późniejsza interpretacja poprzez analizy przestrzenne. Łącząc warstwy typu punktowego z poligonami uśredniono dane cechy dla właściwych obszarów. Możliwość ustawienia właściwości warstw pozwoliła na sklasyfikowanie i przedstawienie danych do nich przypisanych.

Przeprowadzone w niniejszej pracy analizy przestrzenne miały na celu pokazanie możliwości zastosowania technik geoinformacyjnych w monitoringu stężeń zanieczyszczeń powietrza, na przykładzie pyłu zawieszonego PM10 oraz PM2.5. pracowano dane udostępnione przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska dotyczące pomiarów manualnych stężeń pyłu PM10 i PM2.5 od początku 2009 r. do miesiąca września 2010 r. Korzystając z niniejszego zakresu danych udało się przedstawić zależności charakteryzujące zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10 i PM2.5 na terenie województwa dolnośląskiego. Zaobserwowano, iż strefami charakteryzującymi się najwyższymi stężeniami w wybranych okresach uśredniania (dane miesięczne oraz roczne) były: powiat kłodzki, wałbrzyski, miasto Legnica oraz aglomeracja wrocławska. Tam też wystąpiły przekroczenia średniorocznych wartości dopuszczalnych.

Dane na temat stacji pomiarowych oraz stężeń pyłu zostały udostępnione przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu.

Praca badawcza zrealizowana w ramach grantu naukowego nr N: N N304 067937

Literatura

1. **Gaździcki J.:** *Systemy informacji przestrzennej*. PPWK im. E. Romera, Warszawa, 1990.
2. **Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R.:** *GIS. Obszary zastosowań*. PWN, Warszawa, 2007.
3. **Grzenda M.:** *Pozyskanie i przetwarzanie danych na potrzeby modelowania pracy sieci*. (w): *Gaz, woda i technika sanitarna.*, zeszyt 6, s. 16-19, 2009.
4. **Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D., J., Rhind D., W.:** *GIS. Teoria i praktyka*. PWN, Warszawa, 2008.
5. **Zawilski M.:** *Niestandardowe wykorzystanie GIS w modernizacji systemów kanalizacyjnych*. (w): Kwietniewski M., Kłoss-Trębaczkiwicz H. (red.), *Eksploatacja wodociągów i kanalizacji. Materiały konferencyjne*, zeszyt 10, s. 121-131.
6. *Raport z przeprowadzenia oceny wstępnej zanieczyszczenia powietrza pyłem PM_{2.5} na terenie województwa dolnośląskiego*. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Wrocław, 2009
7. *ArcGIS dla Wodociągów i Kanalizacji*. [online] ESRI Polska [dostęp: 17.10.2010]
http://www.esripolska.com.pl/FCKeditor_UserFiles/File/GIS_dla_wodociagow.pdf
8. **Hławiczka S., Cenowski M., Dyduch B., Kliś C., Klejnowski K., Roguła-Kozłowska W., Roguła P., Błaszczak J., Krasa A., Ośródko L., Burzyński J., Wojtylak M., Krajny E., Składowski M., Greger J., Trela Z., Szulc Ł., Zwoździak A., Zwoździak J., Białokórska U., Bruszewski H., Śnieżek T., Degórska A., Kobus D., Iwanek J., Prządka Z., Trapp W., Balun M., Paciorek M., Paciorek M., Rolewicz M., Wierzchoń A.:** *Analiza stanu zanieczyszczenia powietrza pyłem PM₁₀ i PM_{2.5} z uwzględnieniem składu chemicznego pyłu, w tym metali ciężkich i WWA, GIOŚ*, Warszawa, 2008.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 marca 2008 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza. (Dz. U. z 2008 r. Nr 52, poz. 310).

10. *Raport z przeprowadzenia oceny wstępnej zanieczyszczenia powietrza pyłem PM2.5 na terenie województwa dolnośląskiego*. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Wrocław 2009.
11. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, (Dz. Urz. UE L 152 z dnia 11.02.2008, str. 1-44).

Application of GIS Technique for PM2.5 and PM10 Concentrations Spatial Analysis in the Province of Lower Silesia

Abstract

Variability of data in time and space is a key element of the different phenomena occurring in the natural environment. In order to investigate the variability a databases in which one of the features is the location are built up. In the era of automation and computerization the databases are an essential element for the functioning of many public institutions and private companies. Problematic seems to be to present the information in databases in such a way as to amendments submitted by the numbers were easy and quick to analyze. In such a case the GIS technique can be helpful.

The method of implementation of spatial analysis using ArcGIS software package was presented. It consisted of obtaining data on concentrations of pollutants, processed for the purposes of the program, the appropriate data management, analysis and graphical presentation of results. There were used functions that were needed to create the area and point type map layers. By use of the area type layers, zones according to which the concentrations classification was conducted. And with a point type layers measurement points used in the study were presented. For each layer is assigned the characteristics of the resource database, which allowed their subsequent interpretation by the spatial analysis. By combining point-type layer with polygons characteristics for the relevant areas was averaged. Ability to set the layer properties has allowed for classification and presentation of data assigned to them.

In this study spatial analysis were conducted to show the possibility of using geo-information techniques in monitoring of concentrations of selected air pollutants (PM10 and PM2.5). Developed data of measurements of concentrations of PM10 and PM2.5 from the beginning of 2009 till September of 2010 were made available by the Regional Inspectorate for Environment Protection in

Wrocław. Using this set of data it was possible to present and to characterize air pollution by particulate matter PM10 and PM2.5 in the Lower Silesia province. It was observed that the zones characterized by the highest levels in selected averaging periods (monthly and annual) were: District Kłodzko, Wałbrzych, the city of Legnica and Wrocław agglomeration. In 2009, the observed average concentrations exceeded the limit of PM10 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in the Kłodzko. The concentrations of PM10 in the range from 30 to $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ near Legnica, district of Wałbrzych and Wrocław agglomeration were observed. In 2010, the concentrations of PM10 in ambient air over three mentioned areas has been exceeded the limit values. In the case of PM2.5 annual average concentration allowed value ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) was exceeded in the district of Wałbrzych and Wrocław agglomeration. It was also examined the impact of volcanic eruption of Eyjafjallajökull in Iceland, which took place on April, 14th (2010), on air quality in the Lower Silesia province. The changes in concentrations of PM10 and PM2.5 for 14 and 18 of April 2010 were studied. Prepared maps indicated that the PM 2.5 concentrations four days after the eruption, when the air space for air transportation in most countries in Europe, including Polish, was closed, over most concerned areas were lower compared with April 14th 2010. For a fraction of PM10 there were no significant changes in concentrations in Lower Silesia province.