

5. Źródła pochodzenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 i benzo(a)pirenu zawartego w pyłe zawieszonym PM10

Pył zawieszony PM10, PM2,5 i benzo(a)piren zawarty w pyłe zawieszonym PM10 jest mieszaniną bardzo drobnych cząstek stałych i ciekłych, stanowiąc sumę:

- emisji pierwotnej, pochodzącej bezpośrednio ze źródeł spalania i procesów technologicznych, ruchu komunikacyjnego czy rolnictwa,
- emisji wtórnej powstałej w wyniku reakcji między prekursorami pyłu znajdującymi się w atmosferze, tj.: dwutlenkiem siarki, tlenkami azotu, amoniakiem, lotnymi związkami organicznymi,
- emisji naturalnej, powstałej w wyniku takich zjawisk jak: wybuchy wulkanów, wietrzenie skał, pylenie roślin, erozja gleb, aerozol morski.

Pył zawieszony PM2,5 to w głównej mierze pył wtórny oraz bardzo drobne cząstki węgla w postaci węgla elementarnego oraz organicznego. W zależności od typu źródła emisji udział pyłu zawieszonego PM2,5 w pyłe zawieszonym PM10 wynosi od 60% do powyżej 90%. Pozostałą część pyłu zawieszonego PM10 stanowi pył emitowany pierwotnie ze źródeł lub większe cząstki mineralne.

W celu wykonania opracowań źródła emisji pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 oraz benzo(a)pirenu zawartego w pyłe zawieszonym PM10 podzielono na:

- źródła punktowe, do których zaliczono instalacje energetycznego spalanie paliw i technologiczne, z emitorami powyżej 30 m.n.p.z.,
- źródła liniowe (komunikacyjne) stanowiące przez transport samochodowy,
- źródła powierzchniowe (emisja niska) - spalanie paliw w sektorze bytowo-gospodarczym,
- źródła z rolnictwa.

6. Charakterystyka techniczno-ekologiczna instalacji, urządzeń

6.1. Charakterystyka techniczno-ekologiczna punktowych źródeł emisji

Emisja punktowa pochodząca ze źródeł wprowadzających do powietrza pyły i gazy z wysokimi emitorów stanowi największy udział w emisji zanieczyszczeń pyłowych w strefie łódzkiej. Źródłami emisji punktowej są elektrownie, elektrociepłownie, duże kotłownie przemysłowe i procesy przemysłowe.

Największych emitentów strefy łódzkiej przedstawia tabeli 3.

Tabela 3. Najwięksi emitenci pyłu zawieszonego PM10 w strefie łódzkiej

Lp.	Jednostka	Lokalizacja	Emisja pyłu zawieszonego PM10 [Mg/rok]
1	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A., Oddział Elektrownia Bełchatów	Energetyczna 7, Rogowiec	952,8
2	Solan Investment Sp. z o.o.	Łódzka 2, Główno	80,2
3	ENERGA Kogeneracja	Narutowicza 72, Żychlin	56,0
4	Euroglas Polska Sp. z o.o.	Osiedle Niewiadów 65, Ujazd	53,4
5	OPOCZNO I Sp. z o.o., Z.P. "Pomorze"	Przemysłowa 5, Opoczno	46,3

6	CEMENTOWNIA WARTA S.A	Przemysłowa 17, Działoszyn	46,3
7	Pfeiderer Prospan S.A	Bolesławiecka 10, Wieruszów	41,2
8	Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o.	Rolnicza 75, Piotrków Trybunalski	39,0
9	KSC S.A. Oddział Dobrzelin	W. Jagiełły 92, Dobrzelin	38,5
10	Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska WART-MILK	Wojska Polskiego 41/45, Sieradz	35,2

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Zanieczyszczenia emitowane ze źródeł punktowych są przenoszone na duże odległości i rozpraszane są na znacznych obszarach i mają niewielki wpływ na jakość powietrza w strefie, natomiast kształtują poziom tła w skali kraju.

6.2. Charakterystyka techniczno-ekologiczna powierzchniowych źródeł emisji

Do powierzchniowych źródeł emisji pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} oraz benzo(a)pirenu zalicza się małe instalacje spalania paliw i technologiczne. Ich koncentracja na obszarach o dużej gęstości zaludnienia, co dotyczy zwłaszcza centrów miast zwartą, często zabudową zlokalizowaną jest wzdłuż wąskich ulic bez możliwości przewietrzania lub dzielnic zabudowy jednorodzinnej z ogrzewaniem indywidualnym, jest główną przyczyną przekroczeń poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} i poziomu docelowego benzo(a)pirenu, zawartego w pyłe zawieszonym PM₁₀. Problemem jest spalanie odpadów w piecach domowych. Wysokie koszty eksploatacyjne źródeł niskoemisyjnych do których zalicza się ogrzewanie gazowe lub olejowe są często powodem odrotu od korzystania ze źródeł ekologicznych i powrotu do tańszego ogrzewania węglowego.

6.3. Charakterystyka techniczno-ekologiczna liniowych źródeł emisji

Transport drogowy i związana z nim emisja ze ścierania nawierzchni i opon, kurz uliczny, spalanie paliw w silnikach spalinowych, a także posypywanie dróg w sezonie zimowym piaskiem lub solą mają istotne znaczenie dla kształtowania poziomu zanieczyszczenia pyłem. Wysokie koncentracje pyłu powstają na skrzyżowaniach, głównych ulic i dróg, przy trasach komunikacyjnych o dużym natężeniu ruchu w miastach. Przyczyną nadmiernej emisji zanieczyszczeń transportowych jest: brak obwodnic, wąskie ulice, korki uliczne, niedostateczna hierarchizacja ulic, przebieg przez centrum miast ruchu tranzytowego, niekorzystna struktura wiekowa pojazdów, zła organizacja ruchu, niedostateczne utrzymanie dróg w czystości, duży udział dróg o powierzchniach zniszczonych lub nieutwardzonych.

6.4. Charakterystyka techniczno-ekologiczna liniowych źródeł emisji z rolnictwa

Głównym źródłem emisji pyłu z rolnictwa są duże fermy hodowlane zwłaszcza drobiu i generowanym przez nie pył pochodzący z upierzenia ptaków, ściółki i paszy. Znacznym źródłem emisji są procesy naważenia upraw polowych i uprawy polowe, a także emisji z maszyn rolniczych.

7. Instrumenty oceny i zarządzania jakością powietrza w strefie łódzkiej

W latach 2010-2012 instrumentami oceny i zarządzania jakością powietrza stosowanymi w strefie łódzkiej były dwa systemy:

- pomiary w stałych stanowiskach pomiarowych jako referencyjna metoda oceny jakości powietrza,
- obliczenia – modelowanie jako metoda uzupełniająca pomiary służąca do:
 - diagnozy stanu jakości powietrza w całym obszarze strefy i lokalizacji obszarów przekroczeń oraz identyfikacji źródeł odpowiedzialnych za przekroczenia,
 - konstruowania wariantów działań naprawczych, oceny ich skuteczności i prognoz.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032) niepewność modelowania definiowana jako maksymalne odchylenie wartości zmierzonych od obliczonych dla 90% stanowisk pomiarowych, dla stężeń średnich rocznych pyłu zawieszanego PM₁₀ i PM_{2,5} wynosi 50% dla średnich rocznych stężeń benzo(a)pirenu – 60%.

7.1. Charakterystyka modelu matematycznego stosowanego w programach ochrony powietrza w latach 2010-2012 i 2014.

W celu zapewnienia niepewności modelowania poniżej poziomu wymaganego rozporządzeniem Ministra Środowiska z 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032) posłużono się gaussowskim modelem obłoku Calmet Cappuff, polecanym przez GIOŚ i Ministerstwo Środowiska do opracowania ocen jakości powietrza i programów ochrony powietrza w pracy „Wskazówki dotyczące modelowania matematycznego w systemie zarządzania jakością powietrza”, ze względu na cechy:

- zakres stosowalności powyżej 300 km;
- możliwość przyjmowania danych dotyczących rzeźby terenu;
- możliwość przyjmowania czasowej i przestrzennej zmienności warunków meteorologicznych w trzech wymiarach,
- możliwość uwzględnienia transportu zanieczyszczeń nad obszarami wodnymi, wpływu dużych zbiorników wodnych (morza), obmywania budynków, suchej i mokrej depozycji oraz prostych przemian chemicznych,
- możliwość przyjmowania informacji o emisji ze źródeł: punktowych (o stałej bądź zmiennej emisji), liniowych (o stałej bądź zmiennej emisji), powierzchniowych (o stałej bądź zmiennej emisji).

W obliczeniach modelowych Calmet Calpuff wykorzystana została informacja meteorologiczna pochodząca z modelu ARW-WRF, zaprojektowanym do symulacji i prognozowania cyrkulacji atmosferycznej. Zakres parametrów meteorologicznych z modelu WRF w pełni pokrywa potrzeby preprocesora CALMET i jest następujący:

na poziomach:

- składowa U, V i W wiatru,
- temperatura,

- współczynnik mieszania pary wodnej, chmur, deszczu, śniegu,
- wilgotność względna,
- grad, koncentracja lodu,
- ciśnienie,
- prędkość pionowa.

na powierzchni:

- temperatura na 2 m,
- temperatura na powierzchni mórz,
- współczynnik mieszania 2 m,
- składowa U i V wiatru na 10 m,
- temperatura, wilgotność i nawodnienie gleby,
- pokrycie śniegu i wysokość pokrywy śnieżnej,
- opad konwekcyjny i niekonwekcyjny.

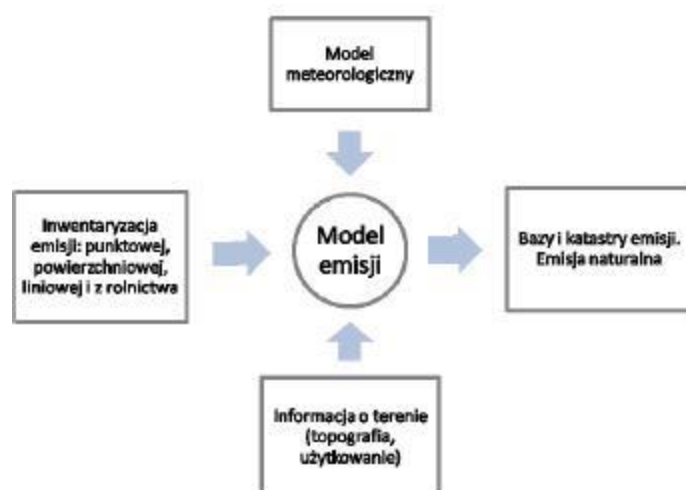
Preprocesorem CALMET wyznaczone są zmienne w czasie pola parametrów meteorologicznych, które zapisane są w formacie wykorzystywanym przez model CALPUFF.

W modelu CALMET/CALPUFF na każdym etapie przetwarzania wykorzystywane są czasowe serie godzinne obliczane dla każdego receptora. Oznacza to, że w każdym receptorze określone są godzinne szeregi czasowe parametrów meteorologicznych i stężeń zanieczyszczeń. Szeregi te są następnie zapisywane do plików wyjściowych i mogą być wielokrotnie przetwarzane. Równocześnie pozwala on na uwzględnienie wszystkich emitorów znajdujących się w ramach siatki obliczeniowej, tzn. np. emitorów punktowych z całego województwa przy receptorach ustawionych tylko na terenie badanej strefy.

Model CALMET/CALPUFF w badaniach mających na celu wyznaczenie zmienności przestrzennej i czasowej stężeń zanieczyszczeń w skalach: miejskiej, regionalnej i ponadregionalnej jest narzędziem pozwalającym na uwzględnienie nie tylko dużej ilości, zróżnicowanych emitorów, ale i charakterystyk środowiska przyrodniczego.

O jakości modelowania decydują takie czynniki jak: dobór odpowiedniego modelu, jakość inwentaryzacji emisji, dane meteorologiczne.

Schemat modelowania emisji zanieczyszczeń przedstawi rysunek 1.



Rys. 1. Schemat modelowania emisji zanieczyszczeń

8. Inwentaryzacja emisji pyłu zawieszonego PM₁₀, PM_{2,5} i benzo(a)pirenu w latach 2010-2012 i 2014

Metoda modelowania bazuje na danych uzyskanych w ramach inwentaryzacji emisji. Jakość inwentaryzacji emisji ma istotne znaczenie przede wszystkim dla jakości modelowania, weryfikacji analizy stanu jakości powietrza, sieci pomiarowych, trendów zanieczyszczeń i prognoz oraz oceny skuteczności działań naprawczych programów ochrony powietrza.

Inwentaryzacja obejmuje źródła emisji napływowej i z obszaru strefy wyróżniając 4 grupy źródeł emisji: punktowe, powierzchniowe, liniowe i z rolnictwa.

Wpływ emisji powierzchniowej, komunikacyjnej z rolnictwa oraz niskiej emisji punktowej (o wysokości źródła do 30 m), analizowano wewnątrz strefy oraz w pasie 30 km wokół niej. Poza tym pasem brano pod uwagę wpływ emisji punktowej ze źródeł o wysokości powyżej 30 m z terenu województw sąsiednich (kujawsko-pomorskiego, mazowieckiego, świętokrzyskiego, śląskiego, opolskiego i wielkopolskiego), a także uwzględniono emisję z obszaru pozostałej części kraju oraz Europy w postaci warunków brzegowych (emisja z EMEP)³⁾. W wyniku inwentaryzacji emisji utworzono bazy emisji. Ze względu na rodzaj i zasięg wpływu oraz na wykonywane obliczenia modelowe utworzono następujące bazy emisji :

- emisji punktowej – obejmującą źródła przemysłowe technologiczne i energetyczne;
- emisji powierzchniowej – niskiej emisji z indywidualnych systemów grzewczych;
- emisji liniowej – związaną z komunikacją samochodową;
- emisji z rolnictwa.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11 września 2012 r. w sprawie programów ochrony powietrza oraz planów działań krótkoterminowych (Dz. U. z 2012 r. poz. 1028) § 6 pkt 7, bazy emisji dla strefy łódzkiej zostały opracowane na podstawie analizy następujących dokumentów:

- a) pozwoleń zintegrowanych oraz na wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza,
- b) informacji sporządzanych w ramach systemu opłat za korzystanie ze środowiska,
- c) wykazów rodzajów i ilości substancji wprowadzanych do powietrza, sporządzonych dla potrzeb Krajowej bazy o emisji gazów cieplarnianych i innych substancji,
- d) opisów technik i technologii dotyczących ograniczania wprowadzania substancji do powietrza
- e) danych znajdujących się w Krajowym Rejestrze Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń,
- f) obowiązujących i zakończonych powiatowych i gminnych programów ochrony środowiska,
- g) raportów o oddziaływaniu przedsięwzięć na środowisko,
- h) polityk, strategii, planów i programów o charakterze ogólnokrajowy.

8.1. Inwentaryzacja emisji napływowej

Warunki brzegowe

Bardzo istotnym elementem w stężeniach pyłu zawieszonego PM₁₀ są stężenia aerozoli wtórnych. Na pył PM₁₀ oraz pył PM_{2,5} obecny w atmosferze składa się mieszanina cząstek

emitowanych bezpośrednio do atmosfery (cząstki pierwotne) oraz cząstek wtórnych, które powstają w atmosferze z gazów macierzystych. Prekursorami pyłów wtórnych są przede wszystkim tlenki siarki, tlenki azotu i amoniak. Substancje te w trakcie przemian chemicznych stają się cząsteczkami stałymi i wchodzi w skład pyłów.

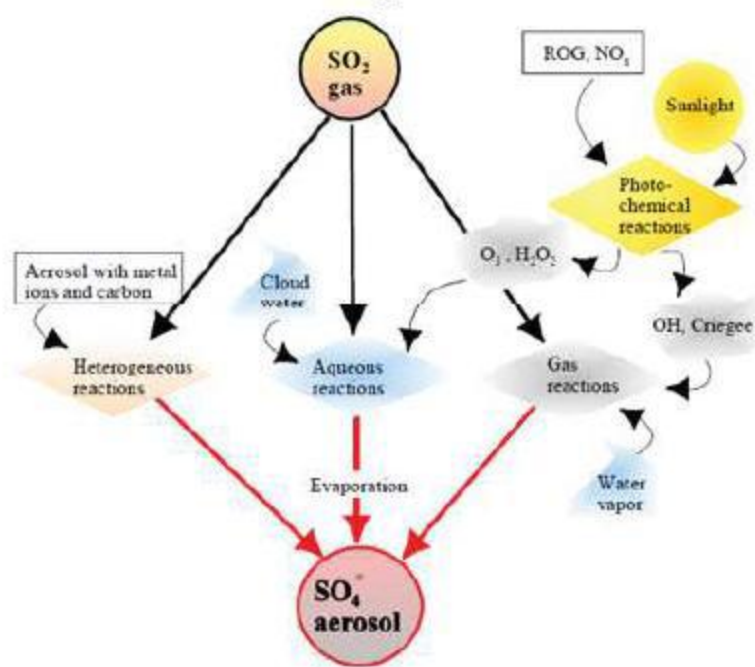
Zastosowany do obliczeń rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń model CALPUFF jest wyposażony w schemat przemian chemicznych związków siarki i azotu MEZOPUFF. Schemat ten ujmuje pięć substancji: emitowane – NO_x i SO_2 , a także obliczane – NO_3 i HNO_3 oraz SO_4^{2-} . Koniecznym warunkiem uruchomienia obliczeń jest określenie tła amoniaku (np. w ramach opracowywanego programu przyjęto 12 wartości średnich miesięcznych stężeń dla strefy wyznaczonych na podstawie danych statystycznych) oraz ozonu – najlepiej w postaci szeregu codziennych wartości pomiarowych. W przypadku województwa łódzkiego Wykonawca podłączył wyniki pomiarów stężeń ozonu z 7 stacji automatycznego monitoringu powietrza:

- Parzniewice,
- Piotrków Trybunalski,
- Łódź – Śródmieście,
- Łódź – Widzew,
- Gajew,
- Zgierz,
- Pabianice.

Amoniak reaguje z takimi zanieczyszczeniami powietrza jak tlenki azotu i tlenki siarki, a konkretniej, z tworzącymi się z nich kwasami: azotowym (V) i siarkowym (VI). W wyniku tych reakcji powstają siarczany i azotany, główne prekursory kwaśnych deszczy oraz aerozoli nieorganicznych, które wchodzi w skład pyłu zawieszony PM_{2,5}, a więc i pyłu zawieszony PM₁₀.

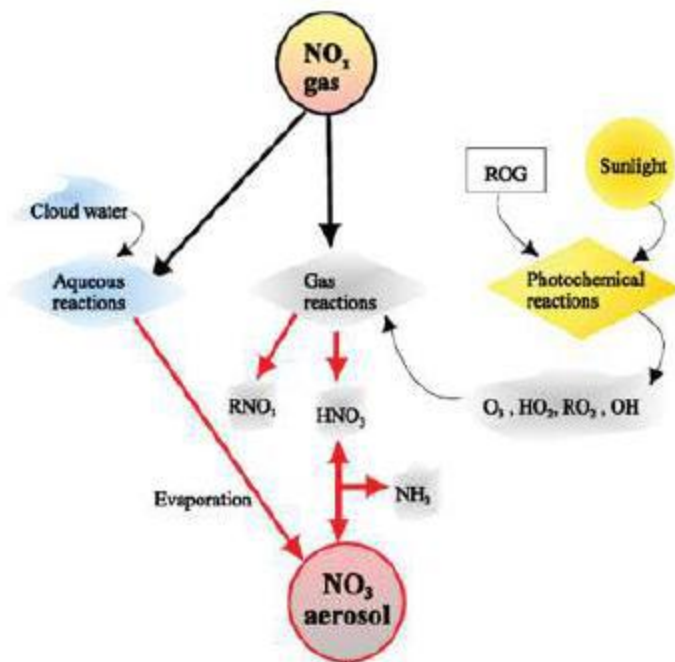
Czas „życia” gazowego NH_3 w atmosferze jest stosunkowo krótki, dlatego sucha depozycja zachodzi szybko przeważnie w pobliżu źródła emisji. Natomiast trwałość jonu amonowego jest większa i może być on przenoszony na większe odległości, gdzie następuje jego wymywanie lub suche osiadanie.

Ozon natomiast jest podstawowym związkiem biorącym udział w przemianach chemicznych tlenków azotu i siarki w obecności promieniowania słonecznego. Jego obecność wpływa na formowanie się aerozoli (SO_4^{2-} i NO_3), które są składnikiem pyłu drobnego PM_{2,5} oraz pyłu zawieszony PM₁₀.



Źródło: *A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model.*

Rys. 2. Procesy utleniania dwutlenku siarki w atmosferze wykorzystane w mechanizmie MESOPUFF II w modelu CALPUFF.



Źródło: *A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model.*

Rys. 3. Procesy utleniania tlenków azotu w atmosferze wykorzystane w mechanizmie MESOPUFF II w modelu CALPUFF.

Dla potrzeb Programu Ochrony Powietrza dla strefy łódzkiej, model CALPUFF skonfigurowano włączając przemiany chemiczne z uwzględnieniem zmienności ozonu (na

podstawie pomiarów automatycznych) i tła amoniaku oraz depozycje suchą i moką. Jest to podstawowy warunek prawidłowego wyznaczenia stężeń pyłu zawieszonego PM10. Dla obliczenia stężeń B(a)P moduł przemian chemicznych nie jest potrzebny, gdyż zanieczyszczenie to nie ulega przemianom.

Przy konstruowaniu Programu Ochrony Powietrza przeprowadzono również analizę obejmującą źródła emisji położone w innych województwach, a nawet poza granicami kraju. W tym celu włączono w modelu CALPUFF moduł stężeń brzegowych, dzięki któremu wprowadza się czasową i przestrzenną zmienność tła. Warunki brzegowe, dla wszystkich substancji pierwotnych i wtórnych (azotany i siarczany) oraz amoniaku wyznaczono zgodnie z procedurą, według której w polach pasa zewnętrznego pola meteorologicznego określa się wartości średnioroczne substancji oraz ich comiesięczną zmienność. Od jakości dostępnej informacji zależy jej zróżnicowanie: maksymalnie można uwzględnić tyle różnych wartości stężeń ile jest pól w pasie zewnętrznym. Do wyznaczenia wartości w polu zewnętrznym wykorzystano wyniki ze stacji pomiarowych systemu EMEP lub modelu EMEP. Prawidłowe i wiarygodne określenie wartości brzegowych jest szczególnie istotne dla aerozoli wtórnych (reprezentowanych w dalszym opisie przez SO_4^{2-} i NO_3^-), ponieważ stężenia tych związków w rezultacie przemian tlenków siarki i azotu emitowanych lokalnie są znacznie mniejsze od napływających z otoczenia.

Inwentaryzacja źródeł emisji punktowej

Inwentaryzacja emisji z zakładów przemysłowych została przeprowadzona w oparciu o analizę zawartości zasobów bazy danych o emisji punktowej Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Łodzi wykorzystanej na potrzeby rocznej oceny jakości powietrza w województwie łódzkim w 2014 r., oraz krajowej bazy o emisji gazów cieplarnianych i innych substancji prowadzonej przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE). Ponadto do identyfikacji źródeł emisji, ich lokalizacji oraz weryfikacji informacji posłużyły pozwolenia na wprowadzanie pyłów i gazów do powietrza oraz pozwolenia zintegrowane udostępnione przez starostwa powiatowe z obszaru województwa łódzkiego. Dane te posłużyły do określenia wielkości emisji z terenu strefy łódzkiej oraz z terenu aglomeracji łódzkiej w postaci napływu. Ponadto, wykorzystano bazę emisji punktowej dla kraju, utworzoną przez firmę BSiPP „Ekometria” Sp. z o.o., zawierającą informacje o emitorach punktowych energetycznych i technologicznych, która została wykorzystana do wyznaczenia emisji napływowej ze źródeł punktowych na teren strefy łódzkiej spoza województwa łódzkiego.

Inwentaryzacja emisji powierzchniowej

Emisja powierzchniowa analizowanych substancji z obszaru strefy łódzkiej oraz pasa 30 km wokół niej, w miastach powiatowych, została wyznaczona na podstawie dostępnych informacji, zawartych w projektach planów lub w planach zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe w gminach oraz na podstawie informacji o przebiegu sieci ciepłowniczych oraz budynkach podłączonych do systemu ciepłowniczego. Ponadto została przeprowadzona wizja lokalna, umożliwiająca identyfikację obszarów o określonych typach ogrzewania. Emisja w pozostałych miejscowościach została wyznaczona na podstawie liczby ludności oraz informacji o sposobach ogrzewania mieszkań w poszczególnych powiatach i gminach, uzyskanej z Głównego Urzędu Statystycznego w Warszawie, zaktualizowanej dla roku 2012. W 2014 roku wykorzystano dodatkowo informacje dotyczące zróżnicowania funkcjonalno-przestrzennego miast, informacje z mapy cyfrowej udostępnionej przez Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Łodzi oraz dane statystyczne publikowane przez GUS. Przy wyznaczaniu emisji korzystano ze wskaźników emisji publikowanych w opracowaniach KOBIZE (Krajowy

Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami). Informacje wykorzystane do szacowania emisji zostały zaktualizowane dla roku 2014 na podstawie odpowiednich wskaźników.

Inwentaryzacja źródeł emisji liniowej (komunikacyjnej)

Za podstawę inwentaryzacji emisji liniowej przyjęto układ komunikacyjny strefy łódzkiej stworzony przez dwa korytarze:

- Korytarz II – Berlin – Poznań – Warszawa – Mińsk – Moskwa, który obejmuje: drogę krajową Nr 2 (E30) i rozpoczętą realizację autostrady A2, magistralę kolejową E20 Berlin – Kunowice – Warszawa – Terespol z obwodnicą towarową CE20 Łowicz–Skierniewice–Łuków.
- Korytarz VI – Gdańsk – Warszawa (Łódź) – Gliwice – Ostrawa, który obejmuje: drogę krajową Nr 1 (E75) Gdańsk– Łódź – Częstochowa – Cieszyn (autostrada A1) oraz drogę krajową Nr 8 (E67) na odcinku Warszawa – Piotrków Trybunalski, magistralę kolejową CE65 Porty– Śląsk oraz magistralę kolejową E65 (CMK).

Przez strefę przebiega wiele dróg krajowych i wojewódzkich, sieć dróg lokalnych jest również dobrze rozbudowana. Drogi krajowe na terenie strefy to m.in.: odc. budowanej autostrady A1 (na wysokości Piotrkowa Trybunalskiego), DK1 – Gdańsk – Toruń – Łódź – Częstochowa – Bielsko Biała – Cieszyn – gr. Państwa (która wyznacza przebieg sukcesywnie budowanej autostrady A1), DK2 jedna z dwóch najważniejszych dróg krajowych w Polsce, biegnących równoleżnikowo przez cały kraj przez 5 województw: lubuskie, wielkopolskie, łódzkie, mazowieckie i lubelskie, DK8 – prowadząca przez Polskę od granicy z Czechami w Nachodzie do granicy z Litwą w Kalwarii. Stanowi polski odcinek międzynarodowej trasy E67. Ponadto drogi krajowe: DK12, DK14, DK72, DK48, DK91.

Sieć dróg wojewódzkich Jest również liczna jednymi z najbardziej uczęszczanych są: DW484, DW710, DW713, DW715. Dodatkowo infrastrukturę drogową regionu wspomaga sieć dróg lokalnych.

Bazę emisji komunikacyjnej (liniowej) wyznaczono na podstawie pomiarów natężenia i struktury ruchu otrzymanych od Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Łodzi oraz Zarządu Dróg i Transportu Łódź. Ze względu na to, iż baza nie pokrywała wszystkich dróg w strefie łódzkiej, wykonano kataster emisji komunikacyjnej w polach siatki 1000 m x 1000 m oraz w obrębie większych miast zastosowano siatkę o wielkości oczka 500 m x 500 m. W celu uzupełnienia katastru założono, że punkty pomiaru natężenia i struktury ruchu zostały zlokalizowane w miejscach największego ruchu.

Następnie wyróżniono dwa rodzaje pól katastru wymagające uzupełnienia:

- pola, w których emisja związana z natężeniem i strukturą ruchu określona jest na części odcinków ulic, lub na wszystkich ulicach,
- pola, w których brak jest jakiegokolwiek informacji o emisji (natężeniu i strukturze ruchu).

W kolejnym kroku uzupełniono kataster w polach obu typów.

Dane dotyczące emisji komunikacyjnej (liniowej) dla dróg krajowych i wojewódzkich pozyskano z opracowań wykonanych przez „Transprojekt – Warszawa”: „Generalny pomiar ruchu w 2010 r.” – pomiar ruchu na drogach krajowych oraz „Pomiar ruchu na drogach wojewódzkich w 2010 roku”. Opracowania te zawierają wartości średnie dobowe natężenia ruchu (SDR) z uwzględnieniem struktury pojazdów oraz zamieszczają wskaźniki ilustrujące dotychczasową oraz prognozowaną zmienność parametrów ruchu w kolejnych latach. Wykorzystano także wyniki pomiaru natężenia ruchu w miastach objętych pasem 30 km wokół strefy.

Do wyznaczenia emisji na poszczególnych odcinkach dróg wykorzystano kilka zestawów wskaźników, które konstruowane są w oparciu o wartości wskaźnika SDR, będącego miarą aktywności pojazdów na drogach w ciągu doby. Pierwszy z nich to wskaźniki emisji pochodzącej ze spalania paliw w silniku opracowane przez prof. Z. Chłopka, zatwierdzonych i stosowanych przez Krajowe Centrum Inwentaryzacji Emisji. Wskaźniki te pochodzą z modelu COPERT i są uzależnione od rodzaju oraz prędkości pojazdów.

Założono następujące prędkości:

Tabela 4. Przyjęte prędkości pojazdów

Typ pojazdu	Prędkość poza miastem [km/h]	Prędkość w mieście [km/h]
Osobowe	70	35
Dostawcze	60	30
Ciężarowe	45	30
Ciężarowe z przyczepą	45	30
Autobusy	50	25
Motocykle	70	50

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Kolejny zestaw wskaźników pochodzi z systemu RAINS, a są to wskaźniki dotyczące pyłu pochodzącego ze ścierania opon, okładzin hamulcowych oraz nawierzchni jezdni. Wskaźniki te są uzależnione od typu pojazdów i podawane są w [g/km] drogi.

Ostatni zestaw wskaźników dotyczy emisji pochodzącej z zabrudzenia jezdni. Metodyka szacowania pyłu została oparta o opracowanie „WRAP FugitiveDustHandbook”, 2004, Denver wykorzystujące między innymi założenia modelu emisji komunikacyjnej Mobile 6.2 (EPA). W opracowaniu tym zaproponowano równanie empiryczne wiążące wskaźnik emisji pyłu zawieszony PM10 oraz pyłu PM2,5 z ruchem pojazdów:

$$E = \left[k \left(\frac{sL}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{W}{3} \right)^{1,5} - C \right]$$

gdzie:

- E – wskaźnik emisji pyłu o dowolnym rozmiarze cząstki [g/km],
- k – współczynnik zależny od wielkości cząstki,
- sL – wskaźnik nanosu (brudu) na powierzchnię jezdni w g/m²,
- W – średnia waga pojazdu w tonach, wyznaczana dla danego odcinka drogi (emitora),
- C – suma wskaźników emisji z rury wydechowej (ze spalania paliw) oraz pyłu z tarcia opon, okładzin hamulcowych i jezdni.

Tabela 5. Wartości współczynnika k dla poszczególnych wielkości cząstki pyłu

Rozmiar cząstki pyłu	k [g/km/pojazd]
PM2,5	1,1
PM10	4,6
PM15	5,5
PM30	24

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Wskaźnik nanosu brudu na powierzchnię jezdni sL zmienia się w bardzo szerokich granicach: od 0,03 do 400 g/m². Badania przeprowadzone przez California Air Resources

Board (CARB) umożliwiły wyznaczenie wartości wskaźnika sL dla trzech kategorii dróg: 0,02 g/m² dla autostrad, 0,035 g/m² dla głównych dróg oraz 0,32 g/m² dla dróg lokalnych. Biorąc pod uwagę nie najlepszy stan czystości polskich dróg i ulic miejskich w dalszych obliczeniach przyjęto sL=0,12 g/m² w Łodzi, sL=0,16 g/m³ w miastach o liczbie mieszkańców poniżej 100 tys. oraz sL=0,08 g/m² na pozostałych drogach w województwie.

Ponadto założono uśrednioną wagę pojazdów (W):

- samochody osobowe: 1,3 tony,
- samochody dostawcze: 3,6 tony,
- autobusy i samochody ciężarowe: 10 ton.

Bardzo istotny wpływ na emisje pyłu związanego z zabrudzeniem jezdni ma wysokość opadu. W opracowaniu „WRAP FugitiveDustHandbook” zaproponowane zostało uzależnienie wskaźnika emisji od opadu zgodnie z poniższym wzorem:

$$E = \left[k \left(\frac{sL}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{W}{3} \right)^{1,5} - C \right] \left(1 - \frac{P}{4N} \right)$$

P – liczba dni z opadem o wysokości co najmniej 0,254 mm, w badanym okresie,

N – liczba dni w badanym okresie np. 365 (366) dla roku.

Podstawę do określenia bilansu emisji na wybranym odcinku drogi stanowi wartość średniego dobowego ruchu (SDR), będącego miarą aktywności pojazdów na drogach w ciągu doby.

Po wyznaczeniu emisji na odcinkach opomiarowanych, określono emisję na pozostałych odcinkach dróg. Wykorzystano w tym celu metodykę opracowaną w BSiPP „Ekometria” Sp.z o.o. opartą o uzupełnienie katastru emisji wg omówionych poniżej założeń. Wyróżniono dwa rodzaje pól katastru wymagające uzupełnienia:

- pola, w których emisja pyłu związana z natężeniem i strukturą ruchu określona jest na części odcinków ulic, lub na wszystkich ulicach,
- pola, w których brak jest jakiegokolwiek informacji o emisji pyłu (natężeniu i strukturze ruchu).

W pierwszym przypadku odcinkom ulic, na których nie określono emisji przypisano emisję równą 20% wcześniej wyznaczonej emisji na pozostałych odcinkach w danym polu katastru (wskaźnik na 1 km ulicy).

W drugim przypadku założono, że natężenie ruchu, a więc i emisja maleje wraz z odległością od drogi, na której znany jest ruch pojazdów (emisja) zgodnie z zależnością:

$$E_{\text{wyn}} = 0,2 * E_{\text{znana}} * L_k / L$$

gdzie:

E_{wyn} – emisja w badanym polu

E_{znana} – emisja określona w polu najbliższym w stosunku do pola badanego

L_k – bok kwadratu (pola) – 500 m

L – odległość pola badanego od najbliższego pola z emisją.

Wyznaczona emisja obejmuje nie tylko główne drogi w strefie, ale również drogi niższej kategorii, dzięki czemu uzyskana informacja jest dokładna.

Wykonano kataster emisji komunikacyjnej w polach siatki 500 m x 500 m dla strefy łódzkiej.

Inwentaryzacja źródeł emisji z rolnictwa

Emisję z rolnictwa podzielono na grupy:

- emisja pochodząca z dużych ferm,
- emisja z hodowli indywidualnej,
- emisja pochodząca z nawożenia sztucznego,
- emisja pochodząca z nawożenia naturalnego,
- emisja pochodząca z upraw polowych,
- emisja z maszyn rolniczych.

Na podstawie użytkowania terenu wyznaczono obszary aktywne rolniczo, do których przywiązano emisję i wykonano katastry 5 km x 5 km.

Inwentaryzacja emisji pochodzącej z dużych ferm (NH₃, PM10) wyznaczona została w oparciu o dostarczone przez zamawiającego dane o lokalizacji i obsadzie fermy oraz o wskaźniki emisji pochodzące z systemu CORINE. Założono odpowiednie zmienności czasowe i sporządzono kataster.

Inwentaryzacja emisji z hodowli indywidualnych (NH₃, PM10) wyznaczona została w oparciu o informację statystyczną o pogłowie zwierząt w gminach oraz o wskaźniki emisji pochodzące z systemu CORINE. Należy wspomnieć, iż odjęto ilości zwierząt z dużych ferm. Ze względu na ścisły związek hodowli indywidualnej z siecią osadniczą, informację tę przypisano obszarowi o promieniu do 500 m od poszczególnych miejscowości w gminie. Założono odpowiednie zmienności czasowe i sporządzono kataster.

Inwentaryzacja emisji pochodzącej z nawożenia sztucznego (NH₃) wyznaczona została w oparciu o zużycie nawozów sztucznych na ha użytków rolnych oraz o wskaźniki emisji pochodzące z systemu CORINE. Założono odpowiednie zmienności czasowe dla poszczególnych aktywności rolniczych i sporządzono kataster.

Inwentaryzacja emisji pochodzącej z nawożenia naturalnego (NH₃) wyznaczona została w oparciu o informację o pogłowie zwierząt w gminach oraz o wskaźniki emisji pochodzące z systemu CORINE. Założono odpowiednie zmienności czasowe dla poszczególnych aktywności rolniczych i sporządzono kataster.

Inwentaryzacja emisji pochodzącej z nawożenia sztucznego oraz upraw polowych (NH₃, PM10) wyznaczona została w oparciu o powierzchnię użytków rolnych oraz o wskaźniki emisji pochodzące z systemu CORINE. Założono odpowiednie zmienności czasowe dla poszczególnych aktywności rolniczych i sporządzono kataster.

Inwentaryzacja emisji pochodząca z maszyn rolniczych wyznaczona została o ilości pojazdów w gminach oraz o wskaźniki emisji pochodzące z systemu EMEP. Informację tę dowiązano do powierzchni użytków rolnych. Założono odpowiednie zmienności czasowe dla poszczególnych aktywności rolniczych i sporządzono kataster.

Dla powyższych grup w oparciu o dostępne dane statystyczne oraz wskaźniki emisji wyznaczono katastry w siatce 5 km x 5 km.

II. Analiza stanu zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM10 i PM2,5 w strefie łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014.

1. Pomiary stężeń pyłu zawieszonego PM10

Wyniki pomiarów otrzymane przez WIOŚ w Łodzi w latach 2010- 2012 i 2014 przedstawia tabela 6, natomiast wizualizację wyników pomiarów rysunki 4 - 8.

Tabela 6. Pomiary stężeń pyłu zawieszonego PM10 w strefie łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014 r.

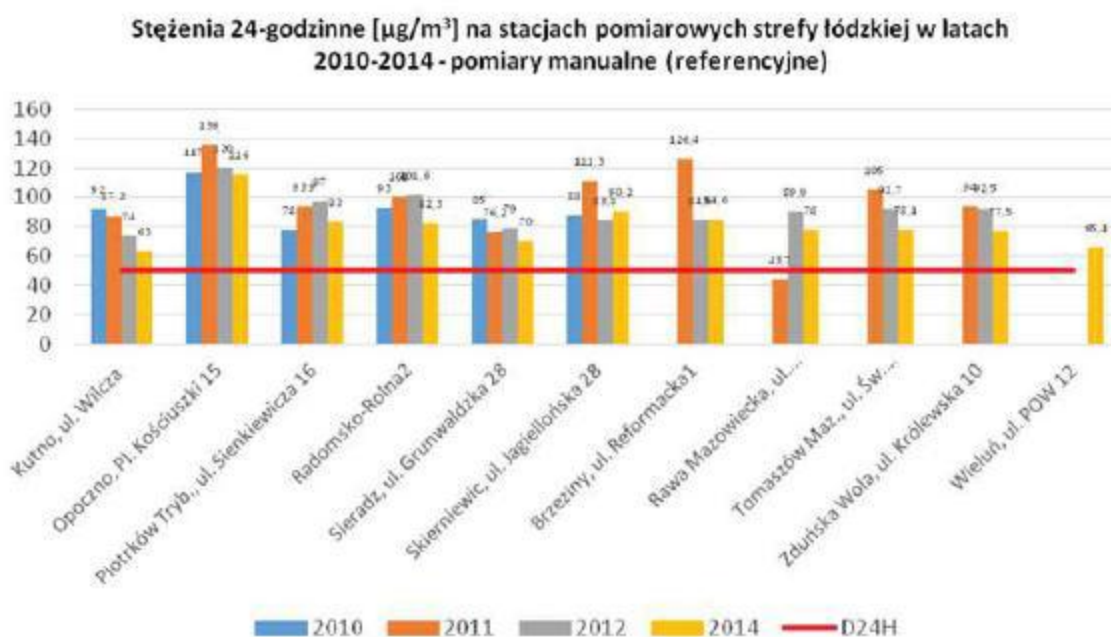
Lp.	Stanowisko	Kod Stacji	2010		2011			2012		2014				
			Stężenie średnie dobowe B, A ¹ µg/m ³	Liczba dni ze stężeniami > 60 µg/m ³	Stężenie średnie roczne B, µg/m ³	Stężenie średnie dobowe B, A ¹ µg/m ³	Liczba dni ze stężeniami > 60 µg/m ³	Stężenie średnie roczne B, µg/m ³	Stężenie średnie dobowe B, A ¹ µg/m ³	Liczba dni ze stężeniami > 60 µg/m ³	Stężenie średnie roczne B, µg/m ³			
<i>pomiar automatyczny</i>														
1	Gańew	LdGańewWIOSAGańew	54,0	42	28,4	52,0	35	27,6	43,8	18	24,0	43,0	14	25,0
2	Płotków Tyb., ul. Krakowskie Przedmieście	LdPłotkówWIOSAKrakPrz	78,0	81	39,5	81,5	85	40,6	72,5	79	38,1	76,4	104	44,8
3	Radomsko, ul. Sokółka 4	LdRadomskWIOSASokola	67,7	60	35,7	65,0	51	35,7	62,8	53	34,5	47,0	27	28,6
<i>pomiar manualny</i>														
4	Kińbo, ul. Włocza	LdKińboWIOSMWłocza	92,0	107	45,1	87,2	96	41,3	74,0	93	38,3	-	-	-
5	Kińbo, ul. Kościuszki 25	LdKińboWIOSMKościus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63,0	64	34,5
6	Opatów Pl. Kościuszki 15	LdOpatówWIOSMPikosc	117,0	101	58,3	136,0	166	64,4	120,0	166	60,2	116,0	138	55,1
7	Płotków Tyb., ul. Sękiewicza 16	LdPłotkówWIOSMSękik	78,0	68	50,2	93,9	88	45,7	97,0	107	43,0	83,0	108	43,4
8	Radomsko, ul. Żeromskiego 15	LdRadomskWIOSENŻeromsk	93,0	98	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Radomsko ul. Rolna2	LdRadomskWIOSMRolna2	-	-	-	101,0	41	55,2	101,6	114	51,8	82,3	100	44,0
10	Siekradz, ul. Grunwaldzka 28	LdSiekradzWIOSSENGrunwal	85,0	83	42,7	76,2	58	39,6	79,0	78	38,2	70,0	88	38,7

Lp.	Stanowisko	Kod Stacji	2010			2011			2012			2014		
			Średnie dobowe R _d µg/m ³	Liczba dni ze cieńcami > 60 µg/m ³	Średnie roczne R _r µg/m ³	Średnie dobowe R _d µg/m ³	Liczba dni ze cieńcami > 60 µg/m ³	Średnie roczne R _r µg/m ³	Średnie dobowe R _d µg/m ³	Liczba dni ze cieńcami > 60 µg/m ³	Średnie roczne R _r µg/m ³	Średnie dobowe R _d µg/m ³	Liczba dni ze cieńcami > 60 µg/m ³	Średnie roczne R _r µg/m ³
11	Skleńbice wice, ul. Reymonta 33	LdSkleńbiceWISSEMReymonta1	88,0	86	45,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Skleńbice wice, ul. Jagiellońska 28	LdSkleńbiceWIOSMJagił1	-	-	-	111,3	41	51,9	83,8	94	43,0	90,2	49	42,8
13	Skleńbice wice, ul. Kopnicka 5	LdSkleńbiceWIOSMKopni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67,0	46	39,1
14	Brzeziny, ul. Reimacka 1	LdBrzezinyWIOSMReimacka	-	-	-	126,4*	33	69,8	84,5	86	42,9	84,6	113	44,2
15	Rawa Mazowiecka, ul. Niepodległości 8	LdRawaMazWIOSMNiepod	-	-	-	43,7**	12	26,6	89,9	104	43,5	78,0	103	41,0
16	Tomaszów Maz., ul. Św. Anbalskiego 43	LdTomaszWIOSMSWAnbalski	-	-	-	105,0	60	53,0	91,7	111	46,3	78,1	107	43,6
17	Zduniska Wola, ul. Kołwaska 10	LdZduniskaWolaWIOSMKolew	-	-	-	94,0	48	49,4	92,5	111	46,7	77,5	99	42,9
18	Włocławek, ul. POW 12	LdWłocławekWIOSMPOW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65,4	58	36,7

* wartość obliczona jako 35 maks (m³m z rocznej) se (il pomiarowej),

** brak kompletnych danych o ciele (il pomiarowej)

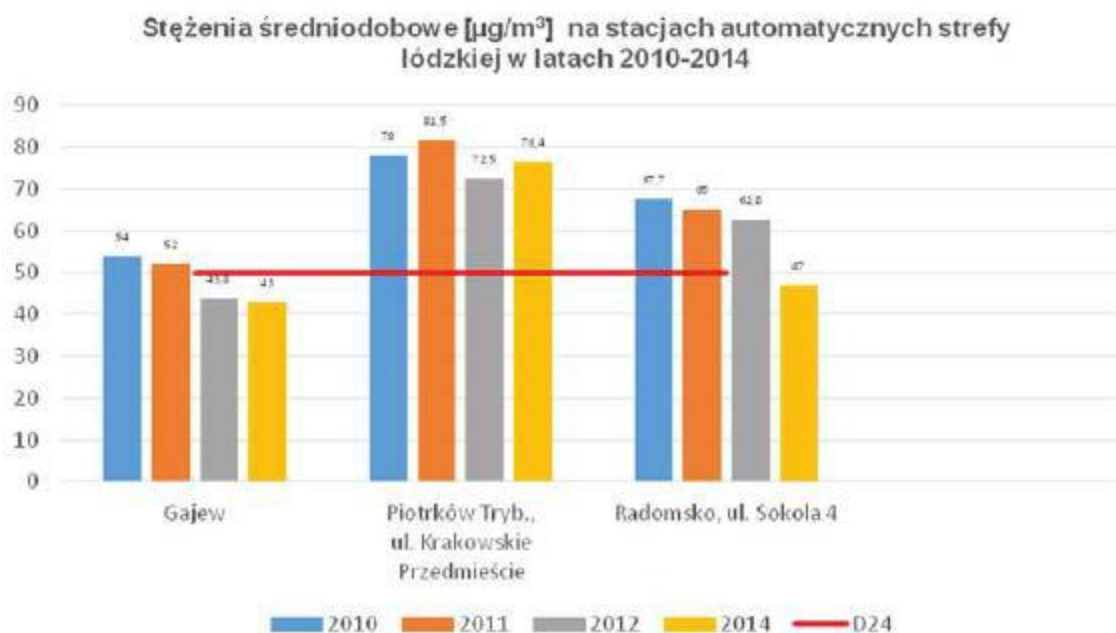
Źródło: Opracowanie BPIPP, Ekomehta Sp z o.o. na podstawie rocznych ocen jakości powietrza w województwie łódzkim z lat 2010-2012 i 2014



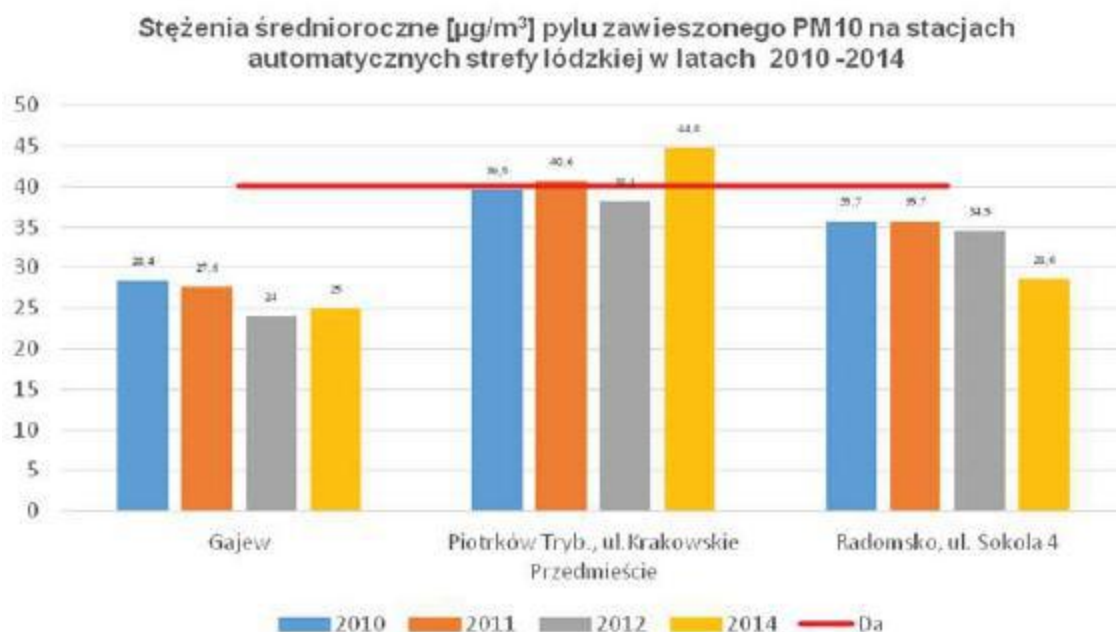
Rys. 4. Stężenia średniodobowe na stacjach pomiarowych – pomiary manualne – w strefy łódzkiej w latach 2010 – 2014



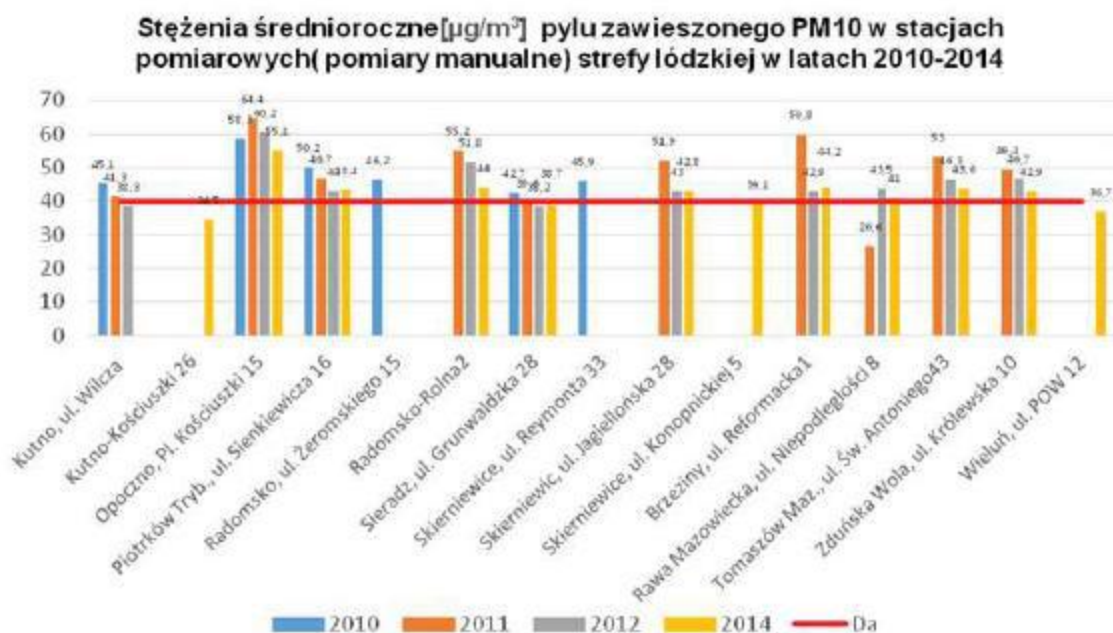
Rys. 5. Liczba dni z przekroczonym stężeniem średniodobowym $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – pomiary automatyczne – w strefy łódzkiej w latach 2010 – 2014



Rys. 6. Stężenia średniodobowe na stacjach pomiarowych – pomiary automatyczne – w strefy łódzkiej w latach 2010 – 2014



Rys. 7. Stężenia średnioroczne na stacjach pomiarowych – pomiary automatyczne – w strefy łódzkiej w latach 2010 – 2014



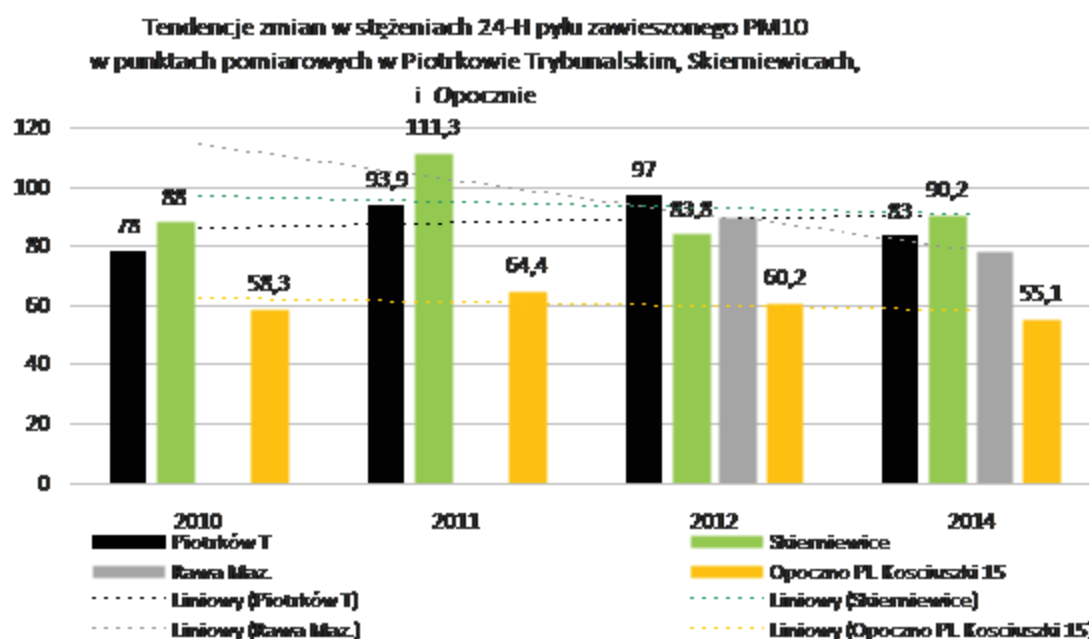
Rys. 8. Stężenia średnioroczne na stacjach pomiarowych – pomiary manualne – w strefy łódzkiej w latach 2010 – 2014

Wyniki pomiarów wskazują na tendencję spadkową stężeń pyłu zawieszonego PM10 prawie we wszystkich stacjach pomiarowych wojewódzkiej sieci monitoringu jakości powietrza. Mimo tego, w 2014 roku przekroczenia poziomów dopuszczalnych stężeń średniodobowych występowały na wszystkich stacjach pomiarowych, z wyjątkiem stacji tła regionalnego w Gajewie. Przekroczenia są na ogół były wysokie i w 2014 roku i wyniosły:

- w zakresie stężenia średniodobowego od $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w punkcie pomiarowym w Kutnie przy ul. Kościuszki do $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w punkcie pomiarowym w Opocznie, przy Placu Kościuszki.
- stężenia średnioroczne od $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanowisku pomiarowym w Rawie Mazowieckiej, przy ul. Niepodległości do $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanowisku pomiarowym w Opocznie, przy Placu Kościuszki 1. Wyraźny spadek stężeń średniodobowych z $67,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2010 r. do $47,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 r. (poniżej normy) wystąpił na stacji automatycznej w Radomsku, przy ul. Sokola 4. Natomiast na drugiej stacji w Radomsku, przy ul. Sokola nadal był wysoki.

Obniżenie poziomu stężeń średniorocznych stwierdzono na stanowiskach w Kutnie i Sieradzu, Tomaszowie Mazowieckim i w Zduńskiej Woli, Opocznie, Piotrkowie Trybunalskim, Skierniewicach. Przekroczenia dopuszczalnego poziomu średniorocznego w 2014 roku nie odnotowano na stacjach pomiaru manualnego: w Kutnie, przy ul. Kościuszki 26, w Wieluniu, przy ul. POW i Skierniewicach, przy ul. Konopnickiej i na stacjach automatycznych w Gajewie i w Radomsku przy ul. Sokola.

Mało zauważalne są zmiany stężeń średniodobowych w Opocznie, Skierniewicach, Piotrkowie Trybunalskim. Natomiast w Piotrkowie Trybunalskim poziomy stężenia średniodobowych nieco wzrosły, co obrazuje rys. nr 9.



Rys. 9. Tendencja zmian stężeń średniodobowych na wybranych stanowiskach pomiarowych w latach 2010 – 2014

2. Pomiary stężeń pyłu zawieszonego PM2,5

W strefie łódzkiej pomiary pyłu zawieszonego PM2,5 prowadzone są na jednym stanowisku pomiarowym w Piotrkowie Trybunalskim, ul. Sienkiewicza. W 2014 r., w porównaniu z 2011 r. nastąpiło obniżenie stężenia substancji w powietrzu (z 37,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2011 r. do 32,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 r.), chociaż w obu analizowanych latach przekraczany był poziom dopuszczalny, w tym poziom dopuszczalny powiększony o margines tolerancji.

Tabela 7. Pomiary stężeń pyłu zawieszonego PM2,5 w strefie łódzkiej w latach 2011 i 2014.

Lp.	Nazwa Stacji	Kod Stacji	Stężenie średnie roczne pyłu zawieszonego PM2,5			
			S _a	D _a - 2011 r.	S _a	D _a - 2014 r.
			[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
			2011		2014	
1	Piotrków Trybunalski, ul. Sienkiewicza	LdPiotrkWIO SMSienkie	37,7	28	32,6	26

3. Ocena wiarygodności przeprowadzonych obliczeń modelowanych pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 w latach 2010-2012 i 2014.

Właściwy dobór modelu oraz lepsza jakość i coraz dokładniejsza z roku na rok inwentaryzacja emisji zapewniły niepewność modelowania na poziomie niższym niż wymagany rozporządzeniem Ministra Środowiska z 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032) określa wymagania, jakie mają spełnić wyniki modelowania. W celu dokonania oceny jakości modelowania uwzględniono stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 stwierdzone modelowo z receptorów o lokalizacji zbliżonej do lokalizacji odpowiednich punktów pomiarowych. Stężenia uzyskane w wyniku modelowania nie są maksymalnymi wartościami

uzyskanymi w obszarze przekroczeń, a jedynie odpowiadają stężeniom w punkcie pomiarowym.

Stosowana w powyższym rozporządzeniu miara niepewności modelowania jest wyrażana poprzez błąd względny (B_w):

$$B_w = (S_p - S_m) / S_p,$$

gdzie:

S_p – poziom substancji wyznaczony pomiarowo,

S_m – poziom substancji wyznaczony modelowo.

Wyniki pomiarów i modelowania dla stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 w latach 2010-2012 i 2014 przedstawiają tabele 8 i 9 oraz rysunek 10.

Tabela 8. Wyniki pomiarów i modelowania dla stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM10 w latach 2010-2012 i 2014 r oraz błąd pomiarów.

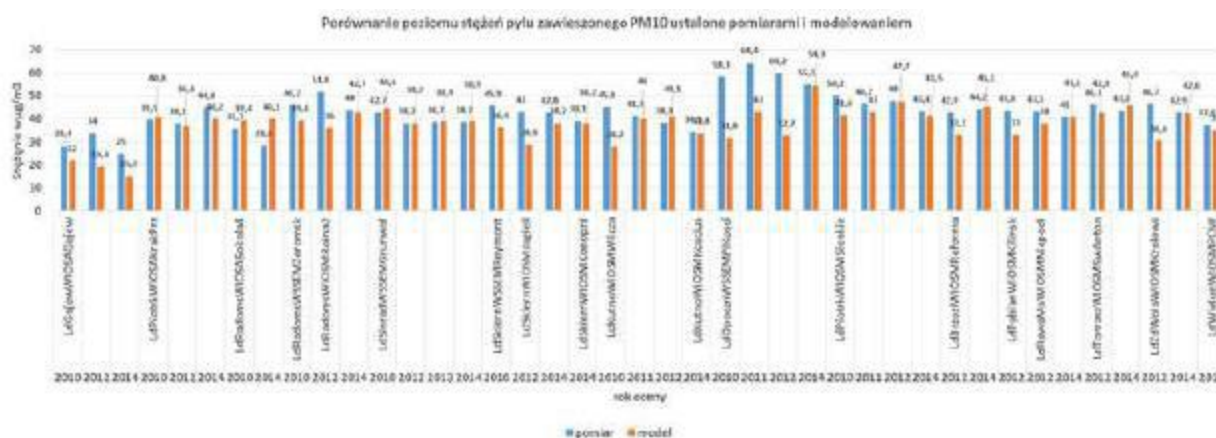
L.p.	Lokalizacja stacji	Kod krajowy stacji	Pył zawieszony PM10 rok [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
			S_p (pomiar)	S_m (model)	B_w (błąd względny) ²
Rok 2010					
1	Gajew	LdGajewWIOSAGajew	28,4	22,0	22,5
2	Piotrków Tryb. - Krakowskie Przedmieście	LdPiotrkWIOSAKrakPrz	39,5	40,8	3,3
3	Radomsko – Sokola 4	LdRadomsWIOSASokola4	35,7	39,4	10,4
4	Kutno - Wilcza	LdKutnoWIOSMWilcza	45,1	28,2	37,5
5	Opoczno – Pl. Kościuszki 15	LdOpoczWSSSEMPIKosci	58,3	31,8	45,5
6	Piotrków Tryb. - Sienkiewicza 16	LdPiotrkWIOSMSienkie	50,2	41,6	17,1
7	Radomsko – Żeromskiego 15	LdRadomsWSSSEMŻeromsk	46,2	39,4	14,7
8	Sieradz – Grunwaldzka 28	LdSieradWSSSEMGrunwal	42,7	44,6	4,4
9	Skierniewice – Reymonta 33	LdSkiernWSSSEMReymont	45,9	36,4	20,7
Rok 2011					
1	Kutno - Wilcza	LdKutnoWIOSMWilcza	41,3	40,0	3
2	Opoczno – Pl. Kościuszki 15	LdOpoczWIOSMPIKosci	64,4	43,0	33
3	Piotrków Tryb. - Sienkiewicza 16	LdPiotrkWIOSMSienkie	46,7	43,0	8
Rok 2012					
1	Brzeziny – Reformacka 1	LdBrzeziWIOSMR reforma	42,9	33,1	23
2	Kutno - Wilcza	LdKutnoWIOSMWilcza	38,3	41,1	7
3	Opoczno – Pl. Kościuszki 15	LdOpoczWIOSMPIKosci	60,2	32,7	46
4	Pabianice – Kilińskiego 4 ¹	LdPabianWIOSMKilinsk	43,6	33,0	24
5	Piotrków Tryb. - Sienkiewicza 16	LdPiotrkWIOSMSienkie	48,0	47,7	1
6	Radomsko – Rolna 2	LdRadomsWIOSMRolna2	51,8	36,0	31
7	Rawa Mazowiecka – Niepodległości 8	LdRawaMaWIOSMNiepodl	43,5	38,0	13
8	Sieradz – Grunwaldzka 28	LdSieradWSSSEMGrunwal	38,2	38,2	0
9	Skierniewice - Jagiellońska 28	LdSkiernWIOSMJagiell	43,0	28,9	33
10	Tomaszów Maz. - Św. Antoniego 43	LdTomaszWIOSMSwAnton	46,3	42,8	8
11	Zduńska Wola - Królewska 10	LdZduWolaWIOSMKrolews	46,7	30,6	34
12	Gajew	LdGajewWIOSAGajew	34,0	19,4	19

13	Piotrków Tryb. - Krakowskie Przedmieście	LdPiotrkWIOSAKrakPrz	38,1	36,8	4
14	Radomsko – Sokola 4	LdRadomsWIOSASokola4	34,5	34,8	1
Rok 2014					
1	Gajew	LdGajewWIOSAGajew	25,0	15,3	39
2	Piotrków Tryb. - Krakowskie Przedmieście	LdPiotrkWIOSAKrakPrz	44,8	40,2	10
3	Radomsko – Sokola 4	LdRadomsWIOSASokola4	28,6	40,1	40
4	Kutno - Kościuszki 26	LdKutnoWIOSMKoscius	34,5	33,8	2
5	Radomsko – Rolna 2	LdRadomsWIOSMRolna2	44,0	42,7	3
6	Sieradz - Grunwaldzka 28	LdSieradzWSEMGrunwal	38,7	38,9	1
7	Skierniewice - Jagiellońska 28	LdSkiernWIOSMJagiell	42,8	38,2	11
8	Skierniewice – Konopnickiej 5	LdSkiernWIOSMKonopni	39,1	38,2	2
9	Piotrków Tryb. - Sienkiewicza 16	LdPiotrkWIOSMSienkie	43,4	41,5	4
10	Opoczno – Pl. Kościuszki 15	LdOpocznoWIOSMPIKosci	55,1	54,3	1
11	Brzeziny – Reformacka 1	LdBrzeziWIOSMR reforma	44,2	45,1	2
12	Rawa Mazowiecka - Niepodległości 8	LdRawaMaWIOSMNiepodl	41,0	41,1	1
13	Tomaszów Maz. - Św. Antoniego 43	LdTomaszWIOSMSwAnton	43,6	45,9	5
14	Zduńska Wola - Królewska 10	LdZdwolaWIOSMKrolews	42,9	42,6	1
15	Wieluń - POW 12	LdWielunWIOSMPOW	37,6	35,0	7

¹ Punkt należący administracyjnie do aglomeracji łódzkiej

² Niepewność modelowani zgodnie rozporządzeniem Ministra Środowiska z 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032) wynosi 50%.

Źródło: Opracowanie BPIPP. Ekometria Sp z o.o. na podstawie programów ochrony powietrza w strefie łódzkiej.



Rys. 10. Zestawienie poziomu stężeń pyłu zawieszonego PM10 wyznaczonych pomiarami ze stężeniami pyłu zawieszonego PM10 wyznaczonymi na podstawie modelowania

Tabela 9. Wyniki pomiarów i modelowania dla stężeń średnich rocznych pyłu zawieszonego PM_{2,5} w latach 2011 i 2014 r oraz błąd pomiarów.

L.p.	Lokalizacja stacji	Kod krajowy stacji	Pył zawieszony PM ₁₀ rok [µg/m ³]		
			S _p (pomiar)	S _m (model)	Bw (błąd względny) ¹
2011					
1	Piotrków Tryb. - Krakowskie Przedmieście	LdPiotrkWIOSAKrakPrz	37,3	27,0	38
2014					
1	Piotrków Tryb. - Krakowskie Przedmieście	LdPiotrkWIOSAKrakPrz	36,2	32,1	2

¹ Niepewność modelowani zgodnie rozporządzeniem Ministra Środowiska z 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032) wynosi 50%.

Źródło: Opracowanie BPIPP. Ekometria Sp z o.o. na podstawie programów ochrony powietrza w strefie łódzkiej.

4. Analiza porównawcza obszarów przekroczeń pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} w strefie łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014

W analizach przeprowadzanych w ramach Aktualizacji programu ochrony powietrza dla strefy łódzkiej ujęto obszary przekroczeń poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM₁₀ oraz obszary przekroczeń poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM_{2,5} wskazane w Uchwale Sejmiku Województwa Łódzkiego nr XXXV/690/13 z dnia 26 kwietnia 2013 r. w sprawie programu ochrony powietrza dla strefy w województwie łódzkim w celu osiągnięcia poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego i poziomu docelowego benzo(a)pirenu zawartego w pyłe zawieszonym PM₁₀ oraz planu działań krótkoterminowych. Nazwa strefy: strefa łódzka. Kod strefy: PL1002 (Dz. Urz. Woj. Łódz. z 2013 r. poz. 3471 z późniejszymi zmianami).

Tabela 10 przedstawia zestawienie obszarów przekroczeń pyłu zawieszonego w latach 2010-2012 i 2014, powierzchnią i liczbę ludności narażonej na przekroczenia, poziomy stężeń średniodobowych z liczbą dni z przekroczeniami, poziomy stężeń średniorocznych, uzyskane za pomocą modelowania, wskazanie typu źródeł odpowiedzialnych za przekroczenia.

Tabela 10. Zestawienie obszarów przekroczeń poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszanego PM10 i PM2,5 z lat 2010-2012 i 2014, poziomów stężeń średniodobowych z liczbą dni z przekroczeniami oraz stężeń średniorocznych, ustalonych modelowaniem.

Lp.	Gmina	Rok	Kod obszaru przekroczeń	Powierzchnia obszaru przekroczeń [km ²]	Liczba dni z przekroczeniem [N ^d]	Stężenia			Przewaga typem III w stężeniu B
						Sd [µg/m ³]	Liczba dni ze stężeniami >= Sd [d/rok]	Sa [µg/m ³]	
Obszary przekroczeń średniodobowego poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszanego PM10									
1.	w. Dobroń	2010	Ld10SkdPM10d01	6,3	0,7	70,0	38		Napiływ z aglomeracji
		2014				Nie stwierdzono wystąpienia B przez rok całości			
2.	w. Ksawerów	2010	Ld10SkdPM10d02	2,1	1,8	60,0	76		Napiływ z aglomeracji
		2014	Ld14SkdPM10d08	2,5	3,4	65,5	37		Napiływ z aglomeracji
3.	w. Pabianice	2010	Ld10SkdPM10d03	1,8	0,5	55,0	40		Napiływ z aglomeracji
		2014				Nie stwierdzono wystąpienia B przez rok całości			
4.	w. Zgierz	2010	Ld10SkdPM10d04	5,7	1	55,0	35		Napiływ z aglomeracji
		2014				Nie stwierdzono wystąpienia B przez rok całości			
5.	w. Aleksandrów Łódzki	2010	Ld10SkdPM10d05	5,0	1,5	65,0	39		Napiływ z aglomeracji
		2014	Ld14SkdPM10d05	1,4	0,09	52,7	37		Napiływ z aglomeracji
6.	w. Wola Kozłobowska	2010	Ld10SkdPM10d06	10,1	0,5	55,0	58		Napiływ z Podkowiecia Tybickiego
		2014				Nie stwierdzono wystąpienia B przez rok całości			
7.	m. Piotrków Tybicki	2010	Ld10SkdPM10d05	23,0	67,5	70,0	112		Powle rzd i bwa
		2012	Ld12SdPM10d01 ¹⁾	43,1	75,1	97,0	118		Powle rzd i bwa, napływowa
		2014	Ld14SdPM10d16; Ld14SkdPM10d17	9,67	45,32	112,9	124		Powle rzd i bwa
8.	m. Kłob	2011	Ld11sLdPM10d01	4,5	29	57,2	95		Powle rzd i bwa
		2012	Ld12SkdPM10d07	6,6	32	54,2	85		Powle rzd i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d09	7,3	27,3	113,7	110		Powle rzd i bwa
9.	m. Skleńbwo	2011	Ld11sLdPM10d02	6,1	18,7	60,0	41		Powle rzd i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d18	3,1	13,5	76,6	76		Powle rzd i bwa
10.	m. Sędziszów	2011	Ld11sLdPM10d03	7,3	35,4	76,2	58		Powle rzd i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d29	8,9	30,0	114,3	114		Powle rzd i bwa
11.	m.-w. Zdolnicka Wola	2011	Ld11sLdPM10d04	5,7	28,9	55,0	48		Powle rzd i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d39	6,3	28,9	53,5	103		Powle rzd i bwa
12.	m. Tomaszów Mazowiecki	2011	Ld11sLdPM10d05	18,2	62,3	70,0	50		Powle rzd i bwa
		2012	Ld12SdPM10d02 ²⁾	30,1	62,4	90,0	90		Powle rzd i bwa, napływ

		2014	Ld14SBPM10d34; Ld14SkdPM10d35	17,7	62,01	118,0	165		Powle rzeki i bwa
13.	w. Tomaszów Mazowiecki	2014	Ld14SkdPM10d35	0,4	1,2	84,2	77		Powle rzeki i bwa
14.	w. Litochłoba	2014	Ld14SkdPM10d10	1,8	0	65,1	47		Powle rzeki i bwa
15.	m.-w. Opoczno	2011	Ld11sLdPM10d07	11,9	20,9	135,0	165		Napiwu
		2014	Ld14SkdPM10d20	12,9	24,3	112,6	125		Powle rzeki i bwa
16.	m. Radomsko	2011	Ld11sLdPM10d08	13,4	37,3	76,2	41		Napiwu
		2012	Ld12sLdPM10d03 ⁴	25,1	39,9	101,6	80		Powle rzeki i bwa, i aplyw
		2014	Ld14SkdPM10d25	23,1	34,2	95,3	97		Powle rzeki i bwa, i iowa
17.	m. Łowicz	2012	Ld12SdPM10d04 ¹	23,9	28,2	85,2	83		Powle rzeki i bwa, i aplyw
		2014	Ld14SkdPM10d14	17,4	28,9	91,9	93		Powle rzeki i bwa
18.	w. Łowicz	2014	Ld14SkdPM10d15	2,94	0,94	73,4	69		Powle rzeki i bwa
19.	w. Andrespol	2012	Ld12SdPM10d04 ¹	21,9	8,2	72,5	73		Napiwu z aglomeracji powle rzeki i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d01	6,5	6,8	66,7	52		Powle rzeki i bwa, i aplyw
20.	m. Gbwio	2012	Ld12SkdPM10d05	9,4	11,8	73,5	70		Powle rzeki i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d05	7,2	12,1	87,2	76		Powle rzeki i bwa
21.	m.-w. Rzgów	2012	Ld12SkdPM10d09	5,7	0,7	59,2	51		Powle rzeki i bwa
		2014	Ld14SBPM10d27; Ld14SkdPM10d28	2,4	2,8	63,2	45		Powle rzeki i bwa
22.	m.-w. Wleklki	2012	Ld12SkdPM10d10	3,9	12,2	67,7	82		Powle rzeki i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d37	8,2	17,6	115,1	132		Powle rzeki i bwa, i aplyw
23.	m.-w. Tiszyn	2012	Ld12SkdPM10d12	3,2	2,5	59,8	55		Powle rzeki i bwa, i aplyw
		2014	Nie stwierdzono wystapienia przez rozdz. I						
24.	m. Rawa Mazowiecka	2012	Ld12SkdPM10d14	3,0	9,2	71,0	65		Powle rzeki i bwa, i aplyw
		2014	Ld14SkdPM10d25	2,7	8,8	70,9	60		Powle rzeki i bwa
25.	m.-w. Łask	2012	Ld12SkdPM10d15	2,5	9,0	62,1	63		Powle rzeki i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d12	3,2	8,2	70,8	66		Powle rzeki i bwa
26.	m. Bełklatów	2012	Ld12SkdPM10d18	1,9	15,1	58,2	50		Powle rzeki i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d02	2,2	17,1	59,5	45		Powle rzeki i bwa
27.	m. Ozorków	2012	Ld12SkdPM10d19	1,8	11,4	58,8	42		Powle rzeki i bwa, i aplyw
		2014	Ld14SBPM10d21; Ld14SkdPM10d22	4,3	10,4	63,2	49		Powle rzeki i bwa
28.	m. Łęczyca	2012	Ld12SkdPM10d20	1,4	10,8	65,6	62		Powle rzeki i bwa, i aplyw

		2014	Ld14SkdPM10d13	1,9	9,7	79,4	64		Powle rzeki i bwa
29.	m.-w. Kolin szki	2012	Ld12SkdPM10d23	1,1	3,4	53,0	41		Powle rzeki i bwa, i apliw
		2014	Ld14SkdPM10d07	0,3	0,9	54,6	40		Powle rzeki i bwa
30.	m. Brze ziny	2012	Ld12SkdPM10d24	0,5	4,3	61,8	62		Powle rzeki i bwa
		2014	Ld14SkdPM10d03	2,3	8,0	80,0	11,3		Powle rzeki i bwa
31.	w. Ładzice	2014	Ld14SkdPM10d11	4,6	1,0	73,1	76		Powle rzeki i bwa
32.	w. Nowosolka	2014	Ld14SkdPM10d19	1,3	0,14	56,1	37		Napiw
33.	m.-w. Stryków	2014	Ld14SdPM10d31; Ld14SkdPM10d32	2,6	2,6	59,9	45		Powle rzeki i lwa, i lwa
34.	m.-w. Sietów	2014	Ld14SkdPM10d33	0,6	1,9	60,4	50		Powle rzeki i bwa
35.	m.-w. Działoszyń	2014	Ld14SkdPM10d04	0,9	1,9	97,4	106		Powle rzeki i bwa, i apliw
36.	m.-w. Pałęczyno	2014	Ld14SkdPM10d23	0,2	0,68	60,0	49		Powle rzeki i bwa
37.	m.-w. Podgębce	2014	Ld14SkdPM10d24	0,1	0,27	53,3	38		Powle rzeki i bwa
38.	w. Skomil	2014	Ld14SkdPM10d30	0,1	0	62,7	47		Powle rzeki i bwa
39.	m.-w. Wleńszów	2014	Ld14SkdPM10d36	0,6	3,4	59,1	44		Powle rzeki i bwa
40.	m.-w. Żelów	2014	Ld14SkdPM10d40	0,3	1,3	58,6	48		Powle rzeki i bwa
Obiaz; przekroczeń średnioroczne go poziomu dopu i az zainego pty zawle i zone go PM10									
1.	m. Krtów	2011	Ld11sLdPM10a01	4,5	29,0			41,3	Powle rzeki i bwa
		2014		Nie stwierdzono wystę i b przez rocz i					
2.	m.-w. Opoczno	2011	Ld11sLdPM10a03	11,3	20,9			64,4	Napiw
		2014	Ld14SkdPM10a03	2,36	13,0			54,3	Powle rzeki i bwa
3.	m. Rawa Mazowiecka	2012	Ld12SkdPM10a03	1,6	5,6			40,5	Napiw
		2014	Ld14SkdPM10a07	0,4	1,6			41,3	Powle rzeki i bwa
4.	m. Brze ziny	2012	Ld12SkdPM10a07	0,3	2,7			40,05	Napiw
		2014	Ld14SkdPM10a01	0,7	2,6			48,3	Powle rzeki i bwa
5.	m. Tomaszów Mazowiecki	2014	Ld14SkdPM10a02	4,1	23,8			77,6	Powle rzeki i bwa
6.	m. Piotrków Tybialski	2014	Ld14SkdPM10a04	0,7	5,6			54,7	Powle rzeki i bwa
7.	m. Radomsko	2014	Ld14SkdPM10a05	1,4	6,8			47,3	Powle rzeki i bwa
8.	m. Zonikowice	2014	Ld14SkdPM10a06	0,4	0,41			43,4	Powle rzeki i bwa
Obiaz; przekroczeń poziomu dopu i az zainego pty zawle i zone go PM2,5									
1.	m. Piotrków Tybialski	2011	Ld11sLdPM2,5a01	0,3	26,1			37,3	Powle rzeki i bwa
		2014	Ld14SdPM2,5a01	3,2	19,3			43,8	Powle rzeki i bwa

2.	m. Opatów	2014	Ld14z LdPM2,Sa02	8,7	19,4			47,2	Powierzchnia bwa
3.	m. Radomsko	2014	Ld14z LdPM2,Sa03	13,1	28,6			39,9	Powierzchnia bwa
4.	m. Tomaszów Mazowiecki	2014	Ld14z LdPM2,Sa04	10,4	55,7			48,3	Powierzchnia bwa
5.	m. Zdolna Wola	2014	Ld14z LdPM2,Sa05	3,8	20,1			37,2	Powierzchnia bwa
6.	m. Skleńbów	2014	Ld14z LdPM2,Sa06 Ld14z LdPM2,Sa07	1,1	3,3			33,2	Powierzchnia bwa

¹⁾ obszar występuje w gm. (waci: miejskie) Piotrków Trybunalski i (wiejskie) Skolejów oraz w (sk. bi: Grabica, Mościszka, Wola Krzyżtoporska;

²⁾ obszar występuje w gm. (waci: miejskie) Tomaszów Mazowiecki oraz w (sk. bi: Tomaszów Mazowiecki i Litocka;

³⁾ obszar występuje w gm. (waci: miejskie) Radomsko oraz w (wiejskie) Ładzice;

⁴⁾ obszar występuje w gm. (waci: miejskie) Łowicz oraz w (wiejskie) Łowicz;

⁵⁾ obszar występuje w gm. (waci: wiejskie) Andeśpol, Brójce, Nowosolna i Brzeziny

⁶⁾ w. gmina wiejska; m. gmina miejska; m.-w. gmina miejsko-wiejska

Źródło: Opracowanie B.S./P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Na podstawie analizy porównawczej obszarów przekroczeń średniodobowego poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM10 wykonanej za pomocą modelowania stwierdzono, że w niektórych obszarach miejskich w strefie łódzkiej powierzchnie ulegają zmniejszeniu, natomiast w innych zwiększają się lub nie zmieniają się w sposób istotny. Modelowanie stężeń pyłu PM10 w 2010 r. w strefach w województwie łódzkim było wykonywane w nieregularnej siatce receptorów, co skutkowało tym, iż wskazane obszary przekroczeń wykazywały większą powierzchnię niż obszary generowane przy podobnym rozkładzie stężeń w regularnej siatce receptorów. Ponadto na różnice między stężeniami z pomiarów i modelowania ma wpływ jakość inwentaryzacji emisji, tj.: niedoszacowanie emisji niskiej pochodzącej ze spalania paliw stałych (w tym odpadów), w tym emisji ze źródeł spalania paliw małej mocy związanych z działalnością gospodarczą, wyłączonych z mocy prawa z obowiązku pozwolenia emisyjnego lub zgłoszenia instalacji. Zmniejszenie powierzchni obszarów przekroczeń średniodobowego poziomu dopuszczalnego zaobserwowano w następujących miastach lub obszarach miejskich w gminie miejsko-wiejskiej: Piotrków Trybunalski, Skierniewice, Głowno, Rzgów, Łowicz oraz Koluszki. Pomimo zmniejszenia się powierzchni obszarów przekroczeń, zaobserwowano wzrost stężeń maksymalnych w omawianych obszarach, największy w Piotrkowie Trybunalskim – z $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2010 r. do $112,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 r. oraz w Sieradzu – z $76,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2011 r. do $114,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 r. Wzrostowi stężeń maksymalnych na ogół towarzyszy zwiększenie maksymalnej liczby dni ze stężeniami na poziomie co najmniej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wyniki pomiarów w strefie wskazują na wzrost wartości maksymalnych stężeń w obszarze oraz wzrost liczby dni ze stężeniami wynoszącymi co najmniej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Piotrkowie Trybunalskim, ul. Sienkiewicza w 2014 r. w stosunku do roku 2010 (z $78,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do $83,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oraz z 68 dni do 108) oraz spadek stężeń, ale wzrost liczby dni ze stężeniami wynoszącymi co najmniej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w Skierniewicach, ul. Jagiellońska w 2014 r. w stosunku do roku 2011 (z $111,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do $90,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oraz z 41 dni do 49).

Zmniejszenie się powierzchni obszarów przekroczeń jest zjawiskiem pożądanym, gdyż świadczy o zmniejszeniu się liczby ludności narażonej na stężenia ponadnormatywne.

Stwierdzone modelowaniem powiększenie się obszarów przekroczeń średniodobowego poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM10 wystąpiło w Kutnie, Radomsku oraz Wieluniu. Wzrostowi powierzchni przekroczeń towarzyszył wzrost maksymalnej wartości średniodobowego stężenia pyłu zawieszonego PM10 oraz zwiększenie się liczby dni ze stężeniami na poziomie co najmniej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pomiarów wskazuje na obniżenie się wartości średniodobowej pyłu PM10 – w Radomsku, ul. Rolna ze $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2011 do $82,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 r.

Niewielkie zmiany w powierzchni obszarów z przekroczonym średniodobowym poziomem dopuszczalnym pyłu zawieszonego PM10 wystąpiły w Tomaszowie Mazowieckim, Zduńskiej Woli, Opocznie, Rawie Mazowieckiej, Łasku, Bełchatowie, Łęczycy i Brzezinach. W Tomaszowie Mazowieckim, Zduńskiej Woli oraz w Brzezinach zaobserwowano wyraźny wzrost maksymalnego stężenia średniodobowego w obszarze, w Opocznie stężenia obniżyły się, a w pozostałych miastach wykazują stabilny poziom. Natomiast pomiary w omawianych miastach wskazują na obniżenie się stężeń w 2014 r. w stosunku do roku 2011 w Tomaszowie Mazowieckim, Opocznie i Brzezinach i Zduńskiej Woli. W 2014 r. w mieście Tuszyn nie stwierdzono wystąpienia obszaru przekroczeń.

Pozostałe obszary przekroczeń średniodobowego poziomu dopuszczalnego, wskazane w latach 2010-2012, występują w gminach wiejskich: Dobroń, Ksawerów, Pabianice, Zgierz, Aleksandrów Łódzki, Wola Krzysztoporska, Tomaszów Mazowiecki, Lubochnia, Łowicz, Andrespol, Brójce, Nowosolna, Brzeziny, Grabica, Moszczenica, Sulejów. Obszary

przekroczeń w ww. gminach są związane z obszarami przekroczeń i emisją w miastach, z którymi gminy te sąsiadują – przede wszystkim w miastach aglomeracji łódzkiej, Tomaszowie Mazowieckim oraz Piotrkowie Trybunalskim. W związku z tym, realizacja przez gminy miejskie działań naprawczych programu ochrony powietrza będzie miała istotny wpływ na poprawę jakości powietrza w gminach wiejskich, zwłaszcza tych, które bezpośrednio graniczą z miastami.

W strefie łódzkiej w 2014 r. zidentyfikowano nowe obszary przekroczeń w części miejskiej gmin miejsko-wiejskich, co dotyczy takich miast jak: Stryków, Sulejów, Działoszyn, Pajęczno, Poddębice, Wieruszów, Żelów oraz w gminy wiejskiej Skomlin.

Analiza obszarów przekroczeń średniorocznej wartości dopuszczalnej w strefie łódzkiej wskazuje na zwiększenie się liczby obszarów. W 2011 r. wskazano obszary w Kutnie i Opocznie, w 2012 r. w Rawie Mazowieckiej i w Brzezinach. W 2014 r. nie potwierdzono występowania obszaru przekroczeń w Kutnie, natomiast wystąpiły nowe obszary w Tomaszowie Mazowieckim, Piotrkowie Trybunalskim i Radomsku.

Obszary przekroczeń średniorocznego poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM10 w miastach Opoczno i Rawa Mazowiecka zmniejszyły swoją powierzchnię, a w Opocznie ponadto zaobserwowano obniżenie się stężeń (z $64,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r. do $54,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 r.), w Rawie stężenie nieznacznie wzrosło (z $40,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r. do $41,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 r.). Wyniki z modelowania wskazują, iż w Brzezinach obszar przekroczeń powiększył się oraz nastąpił wzrost maksymalnej wartości stężeń w obszarze – z $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2012 r. do $48,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w 2014 r. W 2011 r. w strefie łódzkiej wskazano jeden obszar z przekroczonym poziomem dopuszczalnym pyłu zawieszonego PM2,5 – w Piotrkowie Trybunalskim. W 2014 r. obszar przekroczeń w Piotrkowie Trybunalskim zwiększył powierzchnię – z 0,3 do 3,2 km². Wystąpił ponadto wzrost stężeń maksymalnych – z 37,3 do $43,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W strefie łódzkiej w 2014 r. wskazano ponadto obszary przekroczeń w 5 kolejnych miastach – Opocznie, Radomsku, Tomaszowie Mazowieckim, Zduńskiej Woli i Skierniewicach.

Zwiększenie się powierzchni obszaru przekroczeń w Piotrkowie Trybunalskim oraz wystąpienie nowych obszarów w strefie są efektem wzrostu emisji na skutek podniesienia jakości inwentaryzacji źródeł emisji. Emisję z sektora bytowo-komunalnego oraz ze źródeł punktowych w 2011 r. należy uznać za zaniżoną. Porównanie danych modelowych z lat 2011 i 2014 nie jest zatem celowe, gdyż mogłoby być obarczone dużym błędem.

Pomiary stężeń pyłu zawieszonego PM2,5 w strefie łódzkiej wskazują na sukcesywną poprawę jakości powietrza. Biorąc pod uwagę fakt, iż pył PM2,5 zawiera się w pyłe PM10, a emisja powierzchniowa i emisja punktowa pyłu PM10 wykazują tendencję spadkową można założyć, że analogicznie tendencję spadkową wykazuje również emisja pyłu PM2,5.

5. Analiza czynników mających wpływ na poziom stężeń w latach 2010-2012 i 2014 r.

5.1. Analiza warunków meteorologicznych w latach 2010-2012 i 2014 r.

Wykonano analizę porównawczą wybranych podstawowych elementów i zjawisk meteorologicznych w strefie łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014, w celu ustalenia stopnia, w jakim warunki meteorologiczne wpływają na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń oraz kształtują tendencję zmian w poziomach substancji w powietrzu.

Analizę wykonano dla pól meteorologicznych uzyskanych za pomocą modeli WRF/CALMET obejmujących obszar strefy łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014.

W analizach uwzględniono lata, w których określano obszary przekroczeń pyłu zawieszonego PM10 oraz pyłu zawieszonego PM2,5.

5.1.1. Warunki wietrzne

Tabela 11. Warunki wietrzne w strefie łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014

Parametr	2010	2011	2012	2014
Częstość występowania ciszy ($v \leq 1,5$ m/s) [%]	6	5	3	7
Częstość występowania wiatrów silnych ($v \geq 8$ m/s) [%]	5	4	4	3

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

W latach 2010-2012 i 2014 udział sytuacji ciszy wiatrowej, czyli sytuacji z wiatrem o prędkości nie przekraczającej 1,5 m/s zmieniał się w granicach od 3% w 2012 r. do 7% w roku 2014. Wysoki udział sytuacji z ciszą wiatrową jest niekorzystny, ponieważ cisze wiatrowe i małe prędkości wiatru pogarszają poziomą wentylację powietrza, co przyczynia się do wzrostu stężeń zanieczyszczeń.

Udział wiatrów silnych, czyli wiatrów o prędkości przekraczającej 8 m/s wynosił w badanym okresie od 3% do 5%. Dla jakości powietrza korzystne są sytuacje z wyższymi prędkościami wiatru, w których możliwe jest przewietrzanie obszarów i dyspersja zanieczyszczeń.

5.1.2. Temperatura powietrza

Zgodnie z klasyfikacją termiczną H. Lorenc⁴⁾, rok 2010 przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) uznany był jako normalny, rok 2011 jako bardzo ciepły, rok 2012 jako lekko ciepły, a rok 2014 zaliczono do kategorii bardzo ciepły. Najniższą średnią wartość temperatury zaobserwowano w 2010 r. (8,4°C), najwyższą w 2012 r. (9,9°C).

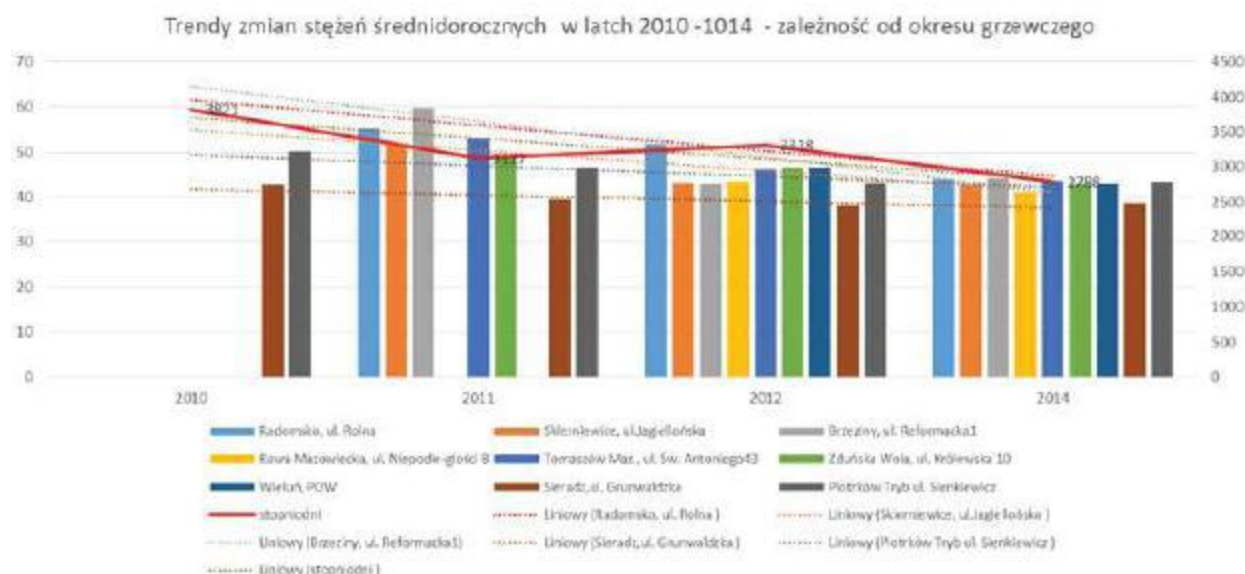
Temperatura wpływa pośrednio na jakość powietrza. W sezonie zimowym przy niskich temperaturach zwiększa się niska emisja z systemów ogrzewania w sektorze bytowo-komunalnym, na co ma temperatura zewnętrzna i długość trwania okresu grzewczego (stopniodni). Podczas letnich upałów natomiast może sprzyjać powstawaniu sytuacji smogowych. Liczbę stopniodni grzania w roku 2014 na podstawie danych z Veolia Energia Łódź, przyjętych do analiz w strefie oraz wpływ sezonu grzewczego na poziom stężeń pyłu zawieszonego PM10 i rysunek 11.

Tabela 12. Średnia roczna wartość temperatury powietrza w strefie łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014

Parametr	2010	2011	2012	2014
Średnia roczna temperatura powietrza [°C]	8,4	9,5	9,9	9,2

Tabela 13. Liczba stopniodni grzewczych – wg danych Veolia Energia Łódź za lata 2010-2014.

Rok	Liczba stopniodni grzania				
	2010	2011	2012	2013	2014
Liczba stopniodni grzania	3 821	3 127	3 318	3 348	2 788



Rys. 11. Tendencja zmian stężeń średniorocznych w latach 2010 – 2014

5.1.3. Opady atmosferyczne

Zgodnie z klasyfikacją opadową Z. Kaczorowskiej⁵⁾ rok 2010 został uznany za skrajnie wilgotny, rok 2011 za wilgotny, a lata 2012 i 2014 uznano za normalne.

Wyniki otrzymane z modeli WRF/CALMET wskazują, iż roczna suma opadów w 2010 r. wyniosła 739 mm, w 2011 r. 442 mm, w 2012 r. 520 mm, natomiast w 2014 r. 736 mm.

Tabela 14. Roczna suma opadów w strefie łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014 r.

Parametr	2010	2011	2012	2014
Roczna suma opadów [mm]	739	442	520	736

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Opady atmosferyczne i wilgotność powietrza stanowią dodatkowy element wpływający na poziom stężeń pyłów w powietrzu. Deszcze powodują zmniejszenie stężeń głównie na skutek wymywania zanieczyszczeń, a ponadto ulewy oraz zamiecie śnieżne wywołują zjawiska turbulencji, co prowadzi do obniżenia się stężenia zanieczyszczeń w obłoku. Opady oraz podwyższona wilgotność powietrza ograniczają również pylenie wtórne z powierzchni ziemi.

5.1.4. Klasy równowagi atmosfery

Bardzo istotnym parametrem dla rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń jest klasa równowagi atmosfery Pasquilla, która opisuje pionowe ruchy powietrza związane z gradientem temperatury i prędkością wiatru. Występuje 6 klas równowagi atmosfery, z których najmniej korzystne są – 1 i 6. Klasa równowagi 1 oznacza skrajnie niestabilny stan równowagi atmosfery, utrudniający wynoszenie i rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń związanych z emisją niską. Klasa równowagi 6 oznacza natomiast stan równowagi stałej, towarzyszącej strukturze inwersji termicznej, która hamuje pionowe ruchy w warstwie granicznej atmosfery uniemożliwia wynoszenie oraz dyspersję zanieczyszczeń.

W analizowanym okresie udział klasy równowagi atmosfery wynosił 0,4%, za wyjątkiem roku 2011, kiedy ukształtował się na poziomie 0,2%. Udział klasy 6 zmieniał się w zakresie od 9,9% w 2010 r. do 12,6% w 2014 r.

Tabela 15. Udziały klas równowagi atmosfery Pasquilla 1 i 6 w strefie łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014

Parametr	2010	2011	2012	2014
Udział klasy równowagi 1 [%]	0,4	0,2	0,4	0,4
Udział klasy równowagi 6 [%]	9,9	10,6	11,0	12,6

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

5.1.5. Analiza warunków meteorologicznych w wybranych dobach ze szczególnie wysokimi stężeniami pyłu zawieszonego PM10

Na podstawie wyników pomiarów wyznaczono po dwa dni, w których wystąpiły szczególnie wysokie wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 na stanowiskach: Kutno, ul. Wilcza; Opoczno, Plac Kościuszki 15 oraz Sieradz, ul. Grunwaldzka 28. Dla wybranych dni wyznaczono z pól meteorologicznych opowiadających poszczególnym stacjom następujące charakterystyki:

- prędkość i kierunek wiatru,
- klasę równowagi atmosfery,
- wysokość warstwy mieszania.

W charakteryzowanych poniżej przypadkach, na wszystkich stanowiskach, prędkość wiatru była stosunkowo niska, co utrudniało rozpraszanie zanieczyszczeń. Przebiegi jednogodzinnych wartości prędkości wiatru wyraźnie obrazują, iż w wyznaczonych dniach gwałtownie spadała prędkość wiatru.

Niska wysokość warstwy mieszania oznacza, że powietrze jest w stagnacji, ewentualnie mogą pojawić się niewielkie ruchy powietrza. Wówczas zanieczyszczenie jest utrzymywane blisko powierzchni ziemi. W omawianych dniach pojawiła się najniższa możliwa wysokość warstwy mieszania, która jest ustalona w modelowaniu na poziomie 50 m.

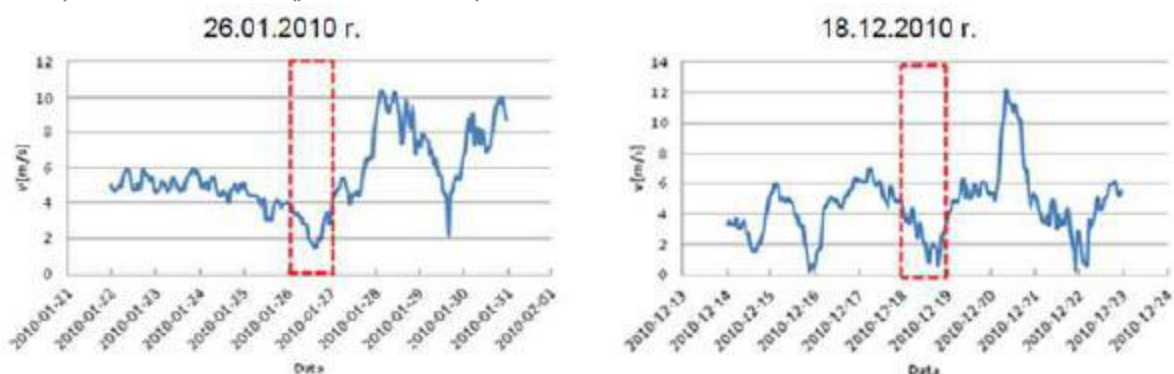
W analizowanych dniach pojawiają się 5 i 6 klasa równowagi atmosfery, czyli występuje inwersja temperatury. Warstwa inwersyjna nie pozwala na podniesienie się i rozproszenie smugi zanieczyszczeń, co powoduje ich kumulację w warstwie przyziemnej.

Poniższe analizy warunków meteorologicznych, określane dla różnych miast na terenie strefy łódzkiej, w dniach kiedy notowano wysokie wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 wskazują, iż najczęstszą przyczyną notowania stężeń ponadnormatywnych pyłu zawieszonego PM10 jest połączenie występowania ogrzewania indywidualnego (okres grzewczy) ze specyficznymi warunkami pogodowymi tj.: niskie prędkości wiatru lub cisza, niska wysokość warstwy mieszania i występowanie klas równowagi atmosfery, które sprzyjają kumulacji, a nie rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń.

Tabela 16. Warunki meteorologiczne dla wybranych dni na stanowisku w Kutnie, przy ul. Wilczej

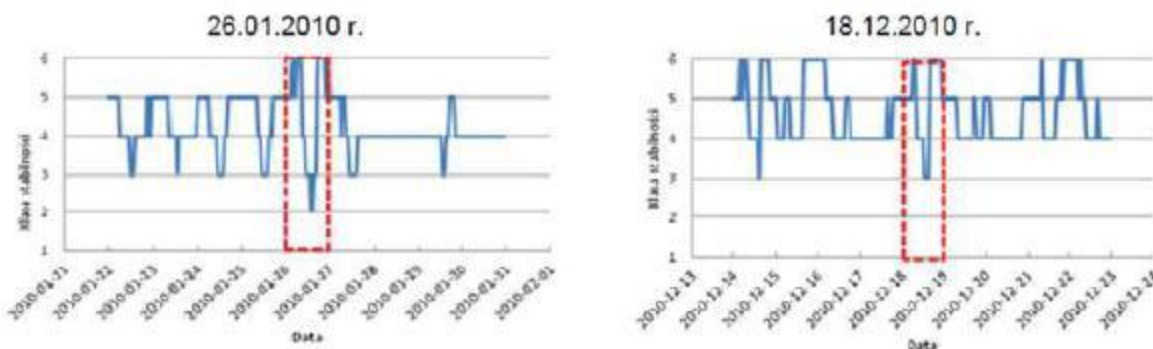
Stanowisko pomiarowe Kutno, ul. Wilcza						
Wartość /klasa	26 Stycznia 2010 r. $S_{24h} = 185,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$			18 Grudnia 2010 r. $S_{24h} = 190 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Prędkość wiatru [m/s]	Klasy równowagi atmosfery	Wysokość warstwy mieszania [m]	Prędkość wiatru [m/s]	Klasy równowagi atmosfery*	Wysokość warstwy mieszania [m]
Srednia /dominująca*	2,7	6	169,3	2,7	6	164,1
Min	1,5	2	50,0	0,6	3	50,0
Max	4,1	6	307,5	4,5	6	296,4

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.



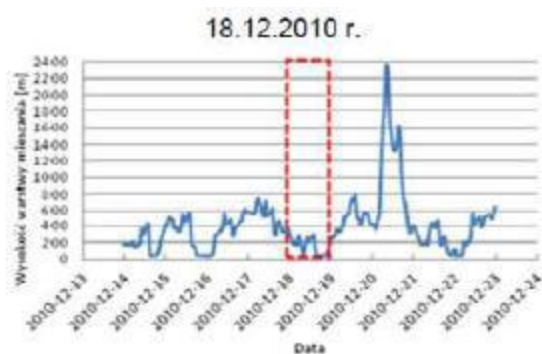
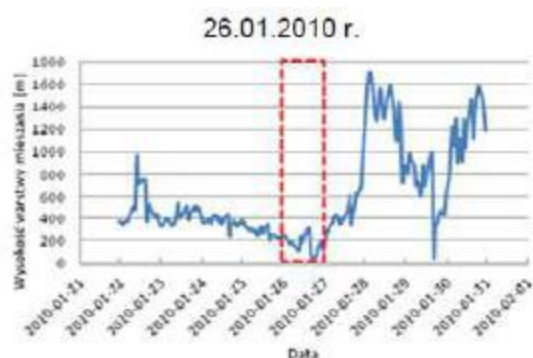
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 12. Jednogodzinne wartości prędkości wiatru [m/s] dla wybranych dni na stanowisku w Kutnie, przy ul. Wilczej



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 13. Klasy równowagi atmosfery dla wybranych dni na stanowisku w Kutnie, przy ul. Wilczej



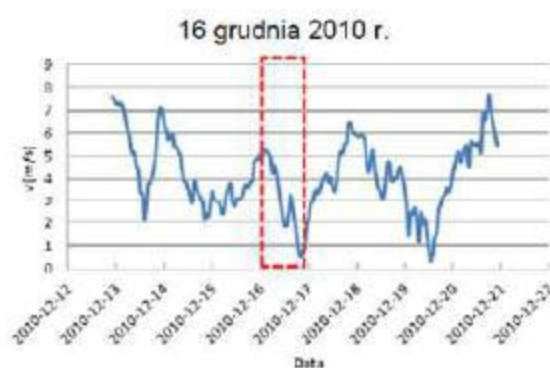
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 14. Wysokość warstwy mieszanania dla wybranych dni na stanowisku w Kutnie, przy ul. Wilczej

Tabela 17. Warunki meteorologiczne dla wybranych dni na stanowisku w Opocznie, Plac Kościuszki

Stanowisko pomiarowe Opoczno, Plac Kościuszki						
Wartość /klasa	24 marca 2010 r. $S_{24h} = 159 \mu\text{g}/\text{m}^3$			16 grudnia 2010 r. $S_{24h} = 204 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Prędkość wiatru [m/s]	Klasy równowagi atmosfery*	Wysokość warstwy mieszanania [m]	Prędkość wiatru [m/s]	Klasy równowagi atmosfery*	Wysokość warstwy mieszanania [m]
Srednia /dominująca*	3,2	5	536,4*	3,9	4	300,7
Min	0,2	2	50,0	0,8	3	50,0
Max	5,5	5	1118,9	6,4	6	615,0

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 15. Jednogodzinne wartości prędkości wiatru [m/s] dla wybranych dni na stanowisku w Opocznie, Plac Kościuszki



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 16. Klasy równowagi atmosfery dla wybranych dni na stanowisku w Opocznie, Plac Kościuszki



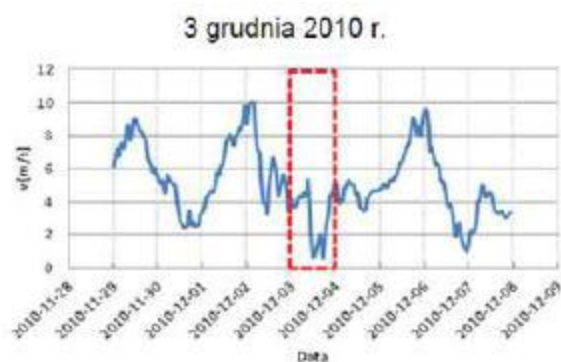
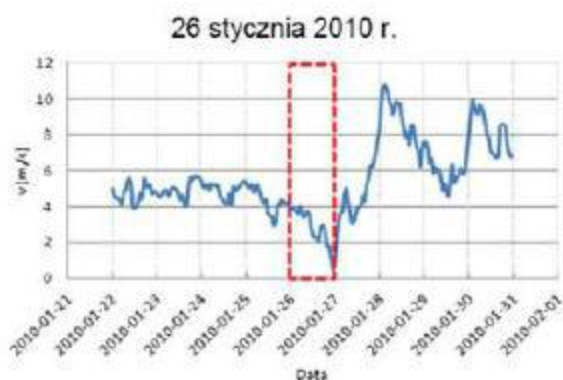
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 17. Wysokość warstwy mieszania dla wybranych dni na stanowisku w Opocznie, Plac Kościuszki

Tabela 18. Warunki meteorologiczne dla wybranych dni na stanowisku w Sieradzu, przy ul. Grunwaldzkiej

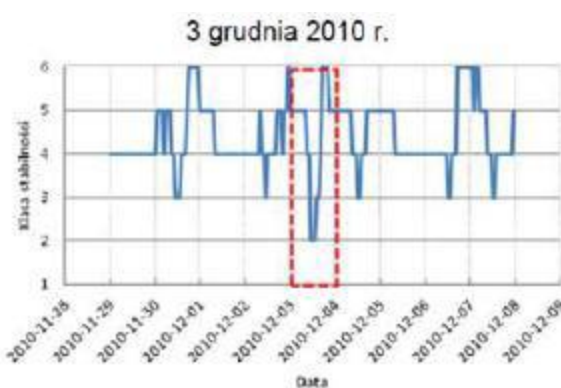
Stanowisko pomiarowe Sieradzu, przy ul. Grunwaldzkiej						
Wartość /klasa	26 stycznia 2010 S _{24h} =208,0 µg/m ³			3 grudnia 2010 r. S _{24h} =284,0 µg/m ³		
	Prędkość wiatru [m/s]	Klasy równowagi atmosfery*	Wysokość warstwy mieszania [m]	Prędkość wiatru [m/s]	Klasy równowagi atmosfery*	Wysokość warstwy mieszania [m]
Srednia /dominująca*	2,9	5	190,4	3,1	5	234,2
Min	0,5	3	50,0	0,5	2	50,0
Max	4,1	6	342,2	5,4	6	403,2

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.



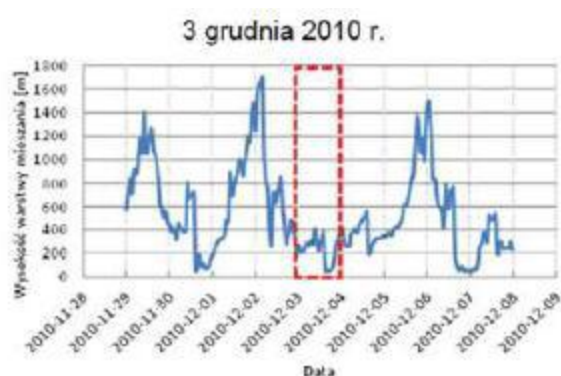
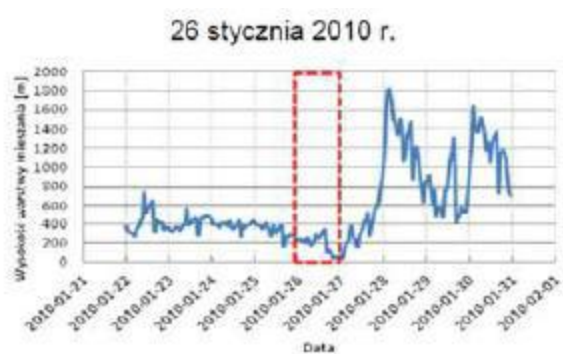
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 18. Jednogodzinne wartości prędkości wiatru [m/s] dla wybranych dni na stanowisku w Sieradzu, przy ul. Grunwaldzkiej



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 19. Klasy równowagi atmosfery dla wybranych dni na stanowisku w Sieradzu, przy ul. Grunwaldzkiej



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 20. Wysokość warstwy mieszaną dla wybranych dni na stanowisku w Sieradzu, przy ul. Grunwaldzkiej

5.2. Analiza danych emisyjnych z lat 2010-2012 i 2014 r.

Analiza jakości powietrza i wyznaczenie obszarów przekroczeń poziomów dopuszczalnych pyłów zawieszonych PM₁₀ oraz PM_{2,5} oparte zostało na wielkości emisji zanieczyszczeń ze źródeł, które zostały uwzględnione w inwentaryzacji źródeł emisji. Emisję z terenu strefy podzielono ze względu na typ źródła na:

- emisję powierzchniową (komunalną),
- emisję liniową (komunikacyjną),
- emisję punktową (ze źródeł punktowych technologicznych i energetycznych),
- emisję z rolnictwa (z hodowli, z upraw, z wykorzystania maszyn).

Uwzględniono ponadto wielkość emisji napływowej na teren strefy.

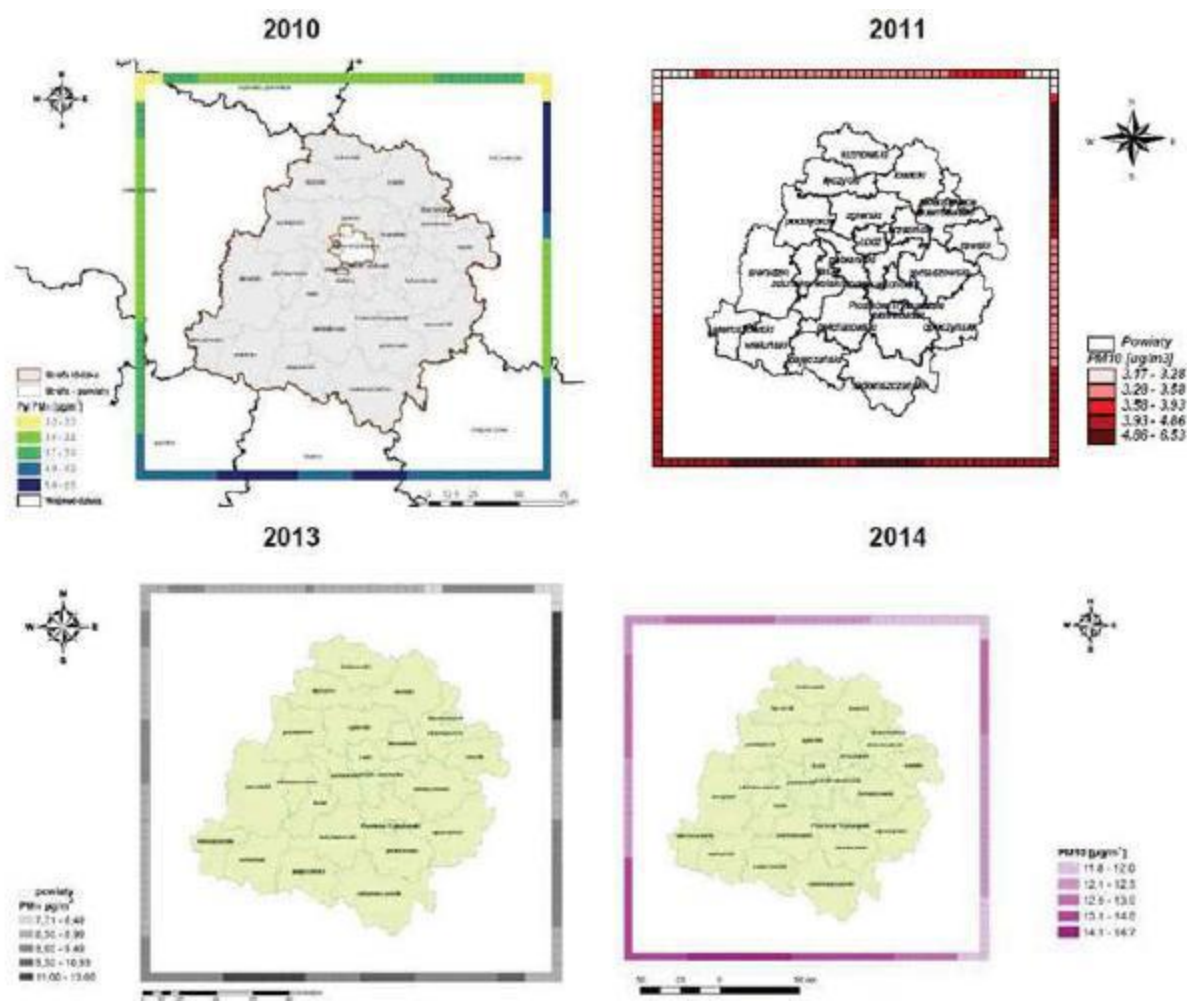
Emisję i stężenia w odniesieniu do pyłu zawieszonego PM₁₀ analizowano dla lat 2010-2012 i 2014, natomiast analizę w odniesieniu do pyłu zawieszonego PM_{2,5} przeprowadzono dla okresu 2011 i 2014 r. (w 2011 r. po raz pierwszy wskazano obszary przekroczeń poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM_{2,5}).

5.2.1. Napływ na strefę w postaci warunków brzegowych

Wpływ emisji spoza pola obliczeniowego, obejmujący emisję z terenu Polski (poza polem obliczeniowym) oraz z obszaru Europy został uwzględniony w postaci warunków brzegowych, określonych na podstawie wyników ze stacji pomiarowych systemu EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) lub modelu EMEP. Wartości pyłu PM₁₀ odnoszą się do stężeń średniorocznych.

W 2010 r. i 2011 r. stężenia kształtujące warunki brzegowe pyłu PM₁₀ zmieniały się w zakresie od 3,2 do 6,5 µg/m³, w 2013 r. w zakresie od 7,7 do 13,7 µg/m³, w 2014 r. natomiast w zakresie od 11,8 do 14,7 µg/m³. We wszystkich analizowanych latach wyraźnie zaznaczał się napływ pyłu z obszarów województw śląskiego, opolskiego oraz z terenu województwa mazowieckiego.

Różnica w wielkości stężeń obrazujących warunki brzegowe wynika przede wszystkim z jakości danych corocznie aktualizowanych i udostępnianych przez EMEP.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 21. Napływ pyłu zawieszonego PM10 spoza strefy łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014

5.2.2. Emisja napływowa pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 z pasa 30 km w latach 2010-2012 i 2014

Analiza danych obrazujących bilans emisji napływowej z pasa 30 km wokół strefy łódzkiej oraz punktowej z wysokich źródeł spoza pasa 30 km wokół strefy wskazuje na wzrost emisji o ok. 11% w okresie od 2010 do 2014 r., ale zauważalny spadek w 2014 r. w stosunku do 2012 r. Zauważalny jest przede wszystkim sukcesywny wzrost emisji komunikacyjnej z pasa 30 km wokół strefy w całym analizowanym okresie (z 8,2 tys. Mg w 2010 r. do 12,5 tys. Mg w 2014 r.) oraz wzrost udziału emisji liniowej w emisji całkowitej (z 15% w 2010 r. do 21% w 2014 r.). Udział emisji punktowej z pasa 30 km oraz emisji punktowej z wysokich źródeł nie zmieniła się w sposób istotny. Podobnie udział emisji powierzchniowej z pasa 30 km nie zmieniła się w sposób istotny, w roku 2014 w stosunku do roku 2010 odnotowano wzrost o ok. 4%. We wszystkich analizowanych latach największy udział miała emisja powierzchniowa, a w dalszej kolejności emisja liniowa.

Wynik z bilansu emisji napływowej pyłu zawieszonego PM2,5 z pasa 30 km wokół strefy łódzkiej oraz punktowej z wysokich źródeł spoza pasa 30 km wokół strefy wskazuje na wzrost emisji o ok. 12% w okresie od 2011 do 2014 r. Zauważalny jest przede wszystkim wzrost emisji napływowej z ogrzewania indywidualnego – o 21% oraz wzrost udziału emisji tego typu w napływowej emisji łącznej – o 6%. Nastąpił spadek emisji z wysokich źródeł

punktowych (o 53%) i ze źródeł rolniczych z pasa (o 71%), a ponadto nastąpił wzrost emisji napływowej z komunikacji z pasa (o 47%) oraz napływowej punktowej (o 45%). Udziały tych typów emisji nie zmieniły się jednak w sposób istotny w napływowej emisji całkowitej.

We wszystkich analizowanych latach zdecydowanie największy udział miała emisja powierzchniowa.

Tabela 19. Bilans emisji napływowej pyłu zawieszonego PM10 dla strefy łódzkiej w latach 2010 - 2012 i 2014

Typ emisji	2010		2011		2012		2014	
	Mg/rok	%	Mg/rok	%	Mg/rok	%	Mg/rok	%
Punktowa z wysokich źródeł h ≥ 30m	6 487	7	9 5087	15	6 204	9	6 204	10
Punktowa z pasa 30 km	4 497	8	4 350	7	4 348	7	4 202	7
Powierzchniowa z pasa 30 km	32 410	58	38 205	60	41 561	63	33 809	57
Liniowa z pasa 30 km	8 248	15	8 584	13	11 384	17	12 545	21
Z rolnictwa z pasa 30 km	3 658	7	3 188	5	2 898	4	2 635	4
SUMA	55 298	100	63 780	100	66 396	100	59 396	100

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Tabela 20. Bilans emisji napływowej pyłu zawieszonego PM2,5 dla strefy łódzkiej w latach 2011 i 2014

Typ emisji	2011		2014	
	Mg/rok	%	Mg/rok	%
Punktowa z wysokich źródeł h ≥ 30m	3 603	12	1 698	7
Punktowa z pasa 30 km	1 568	6	2 277	5
Powierzchniowa z pasa 30 km	20 981	72	25 347	78
Liniowa z pasa 30 km	2 044	7	3 000	9
Z rolnictwa z pasa 30 km	896	3	264	1
SUMA	29 092	100	32 586	100

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

5.2.3. Emisja pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 ze strefy łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014

Porównanie emisji pyłu zawieszonego PM10 z obszaru strefy łódzkiej w latach 2010 i 2014 wskazuje na obniżenie emisji o ok. 2%. Obniżenie wielkości emisji punktowej (o 20%) i emisji z rolnictwa w znacznej mierze jest efektem uaktualniania i uzupełniania bazy danych o źródłach punktowych i aktualizacją bazy danych o źródłach związanych z rolnictwem, w oparciu o wyniki Powszechnego Spisu Rolnego 2010.

W 2014 r., w porównaniu z rokiem 2010 nastąpił spadek emisji z sektora bytowo-komunalnego, o ok. 1,4%, przy czym udział tego typu emisji w bilansie nie uległ zmianie. Wpływ na zmiany w emisji mają warunki meteorologiczne, zwłaszcza temperatura i czas trwania sezonu grzewczego, ale także jakość inwentaryzacji emisji.

Ponadto w roku 2014 w stosunku do roku 2010 zauważalny jest wzrost wielkości emisji (o 40%) oraz udziału emisji z komunikacji (z 15% do 21%).

Tabela 21. Bilans emisji pyłu zawieszonego PM10 z obszaru strefy łódzkiej w latach 2010-2012 i 2014

Typ emisji	2010		2011		2012		2014	
	Mg/rok	%	Mg/rok	%	Mg/rok	%	Mg/rok	%
Punktowa	3 256	8	2 403	6	2 756	7	2 606	6
Powierzchniowa	28 218	66	26 507	66	28 060	68	27 821	66
Liniova	6 189	15	7 556	19	7 499	18	8 622	21
Z rolnictwa	5 133	12	3 425	9	2 830	7	2 870	7
SUMA	42 796	100	39 891	100	10 144	100	41 920	100

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Porównanie emisji pyłu zawieszonego PM2,5 z obszaru strefy łódzkiej w latach 2011 i 2014 wskazuje na wzrost emisji o ok. 41%, co jest głównie wynikiem podniesienia jakości inwentaryzacji emisji. Obniżenie emisji punktowej (o 20%), w znacznej mierze jest efektem uaktualniania i uzupełniania bazy danych o źródłach punktowych, natomiast spadek emisji z rolnictwa, aktualizacją bazy danych o źródłach związanych z rolnictwem, w oparciu o wyniki Powszechnego Spisu Rolnego 2010. W porównaniu z rokiem 2010 efektem podniesienia jakości inwentaryzacji emisji z tego typu źródeł jest wzrost w 2014 roku emisji z sektora bytowo-komunalnego o ok. 49%, co ma wpływ na poprawę niepewności modelowania, wyrażającej różnicę między wynikami pomiarów i modelowania w punktach receptorowych wzrosła w porównaniu z rokiem 2011 z 38 % do 2%.

Tabela 22. Bilans emisji pyłu zawieszonego PM2,5 z obszaru strefy łódzkiej w latach 2011 i 2014.

Typ emisji	2011		2014	
	Mg/rok	%	Mg/rok	%
Punktowa	713	4	981	4
Powierzchniowa	14 455	82	21 494	87
Liniova	1 807	10	2 062	8
Z rolnictwa	636	4	311	1
SUMA	17 611	100	24 847	100

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

5.2.4. Realizacja programów ochrony powietrza w strefie łódzkiej

W tabeli 23 przedstawiono listę najczęściej realizowanych działań naprawczych programów ochrony powietrza sporządzoną na podstawie informacji składanych przez lokalne samorządy strefy łódzkiej.

Tabela 23. Lista najczęściej realizowanych działań naprawczych programów ochrony powietrza

Działanie	Kod działania
Kierunek nr 1 – w zakresie ograniczania emisji powierzchniowej pochodzącej z sektora komunalno – bytowego	
Budowa lub rozbudowa centralnych systemów ciepłowniczych lub/i gazowych lub/i energetycznych	LdEM01
Zmiana dotychczasowego sposobu zaopatrzenia części gminy w ciepło, polegająca na podłączeniu budynków do miejskiej sieci ciepłowniczej lub wymianie przestarzałych konstrukcyjnie źródeł węglowych na posiadające certyfikaty energetyczno-emisyjne („znak bezpieczeństwa ekologicznego”) wysokosprawne źródła ciepła opalane: paliwami gazowymi (w szczególności: kotły kondensacyjne, konwencjonalne niskotemperaturowe), olejem opałowym lekkim, bądź zasilane w energię cieplną z źródeł energii odnawialnej (odpowiadających normom polskim i europejskim), ewentualnie paliwami stałymi spalnymi w kotłach, których konstrukcje, przy obsłudze i podawaniu paliwa stałego zgodnie z DTR tych kotłów uniemożliwiają spalanie paliw niekwalifikowanych	LdEM02

Stosowanie paliwa o parametrach jakościowych jak najlepiej dostosowanych do danego rodzaju/typu kotła	LdEM03
Stosowanie źródeł ciepła niskoemisyjnych lub bezemisyjnych źródeł energii odnawialnej odpowiadających normom polskim i europejskim	LdEM04
Prowadzenie na bieżąco konserwacji i remontów kotłów oraz kominów odprowadzających do powietrza spaliny	LdEM07
Termomodernizacja budynków	LdEM08
Instalowanie i stosowanie urządzeń do pomiarów zużycia energii cieplnej i zaworów termostatycznych grzejnikowych	LdEM09
Kierunek nr 2 – w zakresie ograniczania emisji powierzchniowej pochodzącej z działalności gospodarczej	
Zmiana sposobu ogrzewania budynków na ogrzewanie z sieci ciepłowniczej lub wymiana przestarzałych konstrukcyjnie węglowych źródeł wytwarzania energii cieplnej i pary technologicznej na wysokosprawne źródła niskoemisyjne, posiadające certyfikaty energetyczno-emisyjne („znak bezpieczeństwa ekologicznego”), opalane: paliwami gazowymi (w szczególności: kotły kondensacyjne, konwencjonalne niskotemperaturowe), olejem opałowym lekkim lub paliwami stałymi spalany w kotłach, których konstrukcje, przy obsłudze i podawaniu paliwa stałego zgodnie z DTR tych kotłów, uniemożliwiają spalanie paliw niekwalifikowanych	LdEG01
Termomodernizacja budynków, o ile istnieją ku temu przesłanki ekonomiczne	LdEG02
Regularne odkurzanie i mycie hal produkcyjnych oraz ich wyposażenia	LdEG14
Kierunek nr 3 – w zakresie ograniczania emisji liniowej (komunikacyjnej)	
Budowa obwodnic i dróg, mających na celu odciążenie nadmiernego natężenia ruchu	LdEL03
Budowa systemu tras rowerowych, jako alternatywnego środka transportu	LdEL09
Planowe utwardzanie dróg gruntowych	LdEL13
Modernizacja dróg i parkingów – wymiana nawierzchni na nową wykonaną z materiałów i w technologii gwarantującej ograniczenie emisji pyłu podczas eksploatacji	LdEI14
Kierunek nr 4 - w zakresie ograniczania emisji punktowej pochodzącej z działalności gospodarczej	
Stosowanie technik odpylania o dużej efektywności	LdEP04
Stosowanie energooszczędnych technologii	LdEP12
termomodernizacja obiektów przemysłowych	LdEP13
Bieżąca konserwacja i remonty instalacji związanych z emisją pyłu: spalania paliw i technologicznych wraz z systemami wentylacyjnymi i emitorami oraz urządzeniami monitorującymi poziom emisji pyłu	LdEP14

Zgodnie z informacjami gmin strefy łódzkiej koszt realizacji w latach 2013 – 2015 działań naprawczych programu ochrony powietrza określonego uchwałą Nr XXXV/690/13Sejmiku Województwa Łódzkiego z dnia 26 kwietnia 2013 roku wynosił ok. 5 982 386 400 zł, z czego ponad 90% stanowiły wydatki związane z ograniczeniem emisji liniowej komunikacyjnej), następne w kolejności poniesionych nakładów były działania związane z ograniczeniem emisji niskiej (powierzchniowej) i wyniosły niecałe 3% ogółu wydatków.

6. Ocena programu ochrony powietrza dla strefy łódzkiej w świetle celów Krajowego Programu Ochrony Powietrza i innych dokumentów planistycznych i strategicznych, określonych na poziomie krajowym i wojewódzkim

Z analizy podstawowych dokumentów strategicznych, programów i planów na poziomie krajowym i województwa łódzkiego stwierdza się, że Program wspiera realizację celów z analizowanych dokumentów z obszarów ochrony zdrowia, energetyki, transportu, gospodarki odpadami, ładu przestrzennego, innowacyjności, ochrony środowiska i przyczynia się też do realizacji polityki energetyczno – klimatycznej UE, co przedstawia tabela 24.

Tabela 24. Obszary zgodności programu ochrony powietrza dla strefy łódzkiej z celami strategii, planów i programów na poziomie krajowym i województwa łódzkiego.

Kierunki działań i działania wynikające z programu ochrony powietrza dla strefy łódzkiej	Strategie, plany i programy, których cele uwzględniono w programie
Poprawa jakości życia ludności - ochrona zdrowia	<ul style="list-style-type: none"> - Krajowy Programu Ochrony Powietrza, - Średniookresowa Strategia Rozwoju Kraju (ŚSRK) – Strategia Rozwoju Kraju 2020, - Strategia Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko – perspektywa do 2020 r., - Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki, - Strategia Rozwoju województwa łódzkiego, - Program ochrony Środowiska Woj. Łódzkiego na lata 2020; - Narodowy program zdrowia na lata 2015-2020 (projekt).
<p>Ograniczenie emisji powierzchniowej (niskiej) sektora komunalno-bytowego i drobnej działalności gospodarczej:</p> <p>Wymiana źródeł ciepła w sektorze komunalno – gospodarczym na źródła wysokosprawne, niskoemisyjne z certyfikatami ekologicznymi</p> <p>Budowa lub rozbudowa centralnych systemów ciepłowniczych lub/i gazowych lub/i energetycznych,</p> <p>Termomodernizacja budynków,</p> <p>Wprowadzenie systemów efektywnego zarządzania energią, surowcami i środowiskiem,</p> <p>Stosowanie niskoemisyjnych źródeł energetyki odnawialnej,</p> <p>Utwardzanie dróg,</p> <p>Wymian pojazdów na niskoemisyjne i bezemisyjne</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Krajowy Programu Ochrony Powietrza, - Średniookresowa Strategia Rozwoju Kraju (ŚSRK), - Strategia Rozwoju Kraju 2020, - Strategia Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko – perspektywa do 2020 r., - Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki, - Strategia Rozwoju Województwa Łódzkiego, - Program ochrony Środowiska Woj. Łódzkiego na lata 2020; - Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, - Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa, - Krajowy Plan Działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych' - Krajowy plan działań w zakresie efektywności energetycznej
<p>Utwardzanie dróg,</p> <p>Wymiana pojazdów na niskoemisyjne i bezemisyjne</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Średniookresowa Strategia Rozwoju Kraju (ŚSRK); - Strategia rozwoju Transportu, - Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego, - Strategia Rozwoju Województwa Łódzkiego, - Regionalny Program Operacyjny Województwa Łódzkiego 2014-2020 - Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju.
Ograniczenie emisji punktowej	
Wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej w kogeneracji	<ul style="list-style-type: none"> - Krajowy Programu Ochrony Powietrza, - Średniookresowa Strategia Rozwoju Kraju (ŚSRK); - Strategia Rozwoju Kraju 2020; - Strategia Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko – perspektywa do 2020 r., - Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki;
Stosowanie technik odpylania o wysokiej efektywności	
Stosowanie metod podnoszących efektywność energetyczną: termomodernizacja, zmniejszanie strat przesyłu energii, stosowanie energooszczędnych technologii, metod odzysku energii, systemów efektywnego zarządzania energią	

Stosowanie niskoemisyjnych źródeł energetyki odnawialnej	<ul style="list-style-type: none"> - Strategia Rozwoju Województwa Łódzkiego; - Program Ochrony Środowiska Woj. Łódzkiego na lata 2020; - Krajowy Plan Działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych; - Krajowy plan działań w zakresie efektywności energetycznej; - Polityka energetyczna Polski do 2030 roku.
Edukacja , promocja i reklama	<ul style="list-style-type: none"> - Krajowy Programu Ochrony Powietrza, - Średniookresowa Strategia Rozwoju Kraju (ŚSRK), - Strategia Rozwoju Kraju 2020, Strategia Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko, - Strategia Rozwoju województwa Łódzkiego, - Program Ochrony Środowiska Woj. Łódzkiego na lata 2020;
Kształcenie właściwych zachowań proekologicznych w celu ograniczenia emisji i ochrony zdrowia	<ul style="list-style-type: none"> - Krajowy Programu Ochrony Powietrza, - Średniookresowa Strategia Rozwoju Kraju (ŚSRK) - Strategia Rozwoju Kraju 2020, Strategia Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko – perspektywa do 2020 r., - Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki, - Strategia Rozwoju województwa Łódzkiego , - Program Ochrony Środowiska Woj. Łódzkiego na lata 2020
Planowanie przestrzenne – zapewnienie ładu przestrzennego i ochrony powietrza poprzez uwzględnienie w planach korzystnej z punktu widzenia ochrony powietrza lokalizacji działalności gospodarczej, niskoemisyjnych źródeł pozyskiwania ciepła, reorganizacji ruchu kołowego – ruch uspokojony lub zakaz ruchu Korzytarzy ekologicznych, zapewniających przewietrzenie miast	<ul style="list-style-type: none"> - Krajowy Programu Ochrony Powietrza, - Średniookresowa Strategia Rozwoju Kraju (ŚSRK), - Strategia Rozwoju Kraju 2020, - Strategia Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko – perspektywa do 2020 r., - Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki, - Strategia Rozwoju województwa Łódzkiego , - Program Ochrony Środowiska Woj. Łódzkiego na lata 2020; - Koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju.

Wnioski

Analiza przedstawionych wyników imisyjnych pomiarowych i modelowych oraz czynników wpływających na kształtowanie się poziomów stężeń pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 w latach 2010-2012i 2014 wskazuje na :

- istotny wzrost napływu zanieczyszczeń pyłowych (tła zanieczyszczeń pyłowych) wskazywany przez dane z modelu EMEP,
- wzrost emisji komunikacyjnej, wynikający ze wzrostu natężenia ruchu, w tym z prac remontowych i obiektów budowanych, związanych z intensywną rozbudową infrastruktury drogowej.
- obniżenie emisji pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 z sektora bytowo-komunalnego, co jest rezultatem m.in. wdrażania działań naprawczych określanych w programach ochrony powietrza,

Tempo obniżenia emisji powierzchniowej, zależnej od warunków meteorologicznych (głównie termicznymi oraz sytuacjami sprzyjającymi stagnacji mas powietrza) jest zbyt wolne i wymaga zintensyfikowania realizacji działań naprawczych programu ochrony powietrza.

Program realizuje cele strategii, planów i programów na szczeblu krajowym i regionalnym z obszarów, w szczególności takich jak: ochrona zdrowia, energetyka, transport, efektywność energetyczna, ład przestrzenny, ochrona klimatu, energia odnawialna.

7. Aktualizacja Programu ochrony powietrza w zakresie pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5

W związku z przepisami art. 91 ust. 9c ustawy Prawo ochrony środowiska aktualizacja programu ochrony powietrza dla strefy łódzkiej stała się wymagalna, z uwagi na występujące na obszarze strefy przekroczenia poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5, po 3 latach od wejścia w życie uchwały Sejmiku Województwa nr XXXV/690/13 z dnia 26 kwietnia 2013 roku. Podstawa do oceny jakości powietrza w celu aktualizacji programu jest wykonana przez WIOŚ w Łodzi „Roczna ocena jakości powietrza w 2014 roku”.

7.1. Stan jakości powietrza w 2014 roku

7.1.1. Pomiary pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 w 2014 roku

Wyniki pomiarów pyłu zawieszonego PM10 w 2014 roku ze wszystkich punktów pomiarowych sieci pomiarowej wojewódzkiego monitoringu jakości powietrza w 2014 roku, przedstawiono w tabeli 25, natomiast tabela 18 przedstawia wykaz stacji, w których odnotowano przekroczenia poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5.

Tabela 25. Poziomy stężenie pyłu zawieszonego PM10 na stanowiskach pomiarowych w strefie łódzkiej w 2014 r.

Lp.	Stanowisko	Kod stacji	Stężenie średnie dobowe S_d^* [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Liczba dni ze stężeniami $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Stężenie średnie roczne S_a [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Pył zawieszony PM10					
1	Piotrków Tryb.-Krakowskie Przedmieście	LdPiotrkWIOSAKrakPrz	76,4	104	44,8
2	Kutno-Kościuszki 26	LdKutnoWIOSMKoscius	63,0	64	-
3	Radomsko-Rolna2	LdRadomswIOSMRolna2	82,3	100	44,0
4	Sieradz-Grunwaldzka 28	LdSieradwSSEMGrunwal	70,0	88	-
5	Skierniewice-Jagiellońska 28	LdSkiernWIOSMJagiell	90,2	49	42,8
6	Skierniewice-Konopnickiej 5	LdSkiernWIOSMKonopni	67,0	46	-
7	Piotrków Tryb.-Sienkiewicza 16	LdPiotrkWIOSMSienkie	83,0	108	43,4
8	Opoczno-Pl Kościuszki 15	LdOpoczrnWIOSMPIKosci	116,0	138	55,1
9	Brzeziny-Reformacka1	LdBrzezWIOSMReforma	84,6	113	44,2
10	Rawa Mazowiecka-Niepodległości 8	LdRawaMaWIOSMNiepodl	78,0	103	41,0
11	Tomaszów Maz.-Św. Antoniego43	LdTomaszwWIOSMSwAnton	78,1	107	43,6
12	Zduńska Wola-Królewska 10	LdZdWolaWIOSMKrolews	77,5	99	42,9
13	Wieluń-POW 12	LdWielunWIOSMPOW	65,4	58	-
Pył zawieszony PM2,5					
1	Piotrków Tryb.-Sienkiewicza 16	LdPiotrkWIOSMSienkie	-	-	32,6

* wartość obliczana jako 36 maksimum z rocznej serii pomiarowej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Rocznej oceny jakości powietrza w województwie łódzkim w 2014 r.

Na terenie strefy łódzkiej w 2014 r. przekroczenia poziomu dopuszczalnego ustalonego dla pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników pomiarów 24 godziny wystąpiły na wszystkich stacjach uwzględnionych w ocenie, poza stacją automatyczną w Gajewie i w Radomsku, przy ul. Sokola 4. Najwyższe wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 wystąpiły na stanowisku w Opocznie przy Pl. Kościuszki 15, gdzie poziom dopuszczalny stężeń 24-godzinnych został przekroczony o 132%. Na 9 stacjach wystąpiło ponadto przekroczenie poziomu dopuszczalnego stężeń średniorocznych. Przekroczenia stężeń średniorocznych nie stwierdzono w punktach pomiaru automatycznego w Gajewie i Radomsku, przy ul. Sokola 4 oraz punktach pomiaru manualnego zlokalizowanych w miastach: Kutno, przy ul. Kościuszki 26; Skierniewice, przy ul. Konopnickiej 5; Wieluń, przy ul. POW 12. Najwyższe stężenia - 55,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (138% normy), odnotowano w Opocznie przy Pl. Kościuszki 15.

Na podstawie wyników pomiarów strefę łódzką zakwalifikowano do klasy C, ze względu na przekroczenie poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM10 (dla stężeń średniodobowych oraz średniorocznych), ustalonych w celu ochrony zdrowia ludzi.

7.1.2. Obszary przekroczeń pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 w 2014 roku

Na podstawie "Rocznej oceny jakości powietrza w województwie łódzkim w 2014 roku" dokonano weryfikacji i aktualizacji obszarów przekroczeń pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 zidentyfikowanych w latach 2010-2012 i 2014.

Narzędziem podstawowym (referencyjnym) wskazującym na przekroczenia poziomów dopuszczalnych są pomiary manualne wykonane przez WIOŚ w Łodzi. Narzędziem analitycznym wspomagającym pomiary jest model matematyczny Calmet Clapuff. Modelowanie spełniło wymagania rozporządzenia Ministra Środowiska z 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032). Analiza błędu względnego wskazuje na bardzo dobrą zgodność wyników modelowania z pomiarami. Błąd względny na wszystkich stanowiskach, określony dla stężeń średniorocznych jest zdecydowanie niższy od dopuszczalnej wartości 50%, dla zdecydowanej większości stanowisk (11) nie przekracza 5%, co przedstawia tabela 23.

Tabela 26. Niepewność modelowania pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 w strefie łódzkiej w 2014 r.

L.p.	Lokalizacja stacji	Kod krajowy stacji	Pył zawieszony PM10 rok [μg/m ³]		
			S _p (pomiar)	S _m (model)	Bw (błąd względny)
Pył zawieszony PM10					
1	Gajew	LdGajewWIOSAGajew	25,0	15,3	39
2	Piotrków Tryb.-Krakowskie Przedmieście	LdPiotrkWIOSAKrakPrz	44,8	40,2	10
3	Radomsko-Sokola 4	LdRadomsWIOSASokola4	28,6	40,1	40
4	Kutno-Kościuszki 26	LdKutnoWIOSMKoscius	34,5	33,8	2
5	Radomsko-Rolna2	LdRadomsWIOSMRolna2	44,0	42,7	3
6	Sieradz-Grunwaldzka 28	LdSieradWSSEMGrunwal	38,7	38,9	1
7	Skierniewice-Jagiellońska 28	LdSkiernWIOSMJagiell	42,8	38,2	11

8	Skierniewice-Konopnickiej5	LdSkiernWIOSMKonopni	39,1	38,2	2
9	Piotrków Tryb.-Sienkiewicza 16	LdPiotrkWIOSMSienkie	43,4	41,5	4
10	Opoczno-Pl Kościuszki 15	LdOpocznoWSSEMPIKosci	55,1	54,3	1
11	Brzeziny-Reformacka1	LdBrzeziWSSEMR reforma	44,2	45,1	2
12	Rawa Mazowiecka-Niepodległości 8	LdRawaMaWIOSMNiepodl	41,0	41,1	1
13	Tomaszów Maz.-Św. Antoniego43	LdTomaszWIOSMSwAnton	43,6	45,9	5
14	Zduńska Wola-Królewska 10	LdZdWolaWIOSMKrolews	42,9	42,6	1
15	Wieluń-POW12	LdWielunWIOSMPOW	37,6	35,0	7
Pył zawieszony PM2,5					
1	Piotrków Tryb.-Sienkiewicza 16	LdPiotrkWIOSMSienkie	32,6	32,1	2

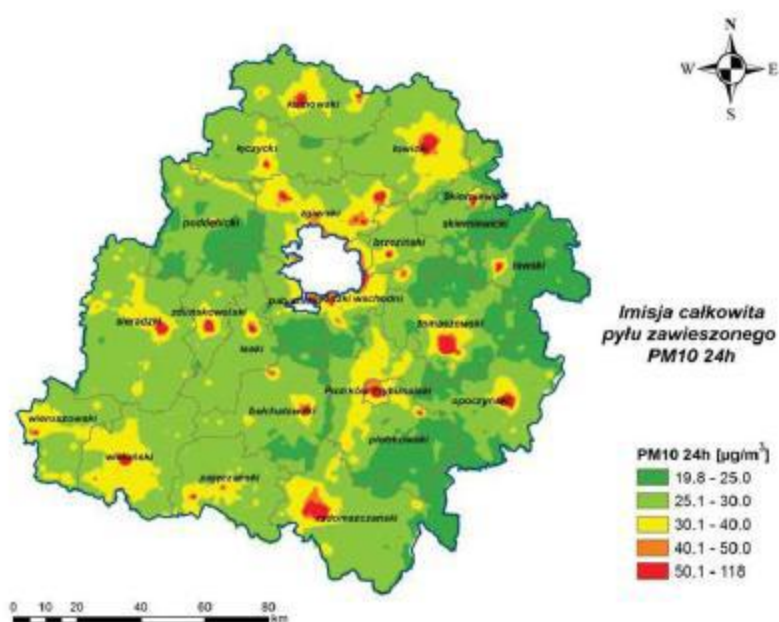
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Tabela 27. Obszary przekroczeń poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszzonego PM10 w strefie łódzkiej w 2014 roku

Lp.	Kod	Gmina	Charakter obszaru	Emisja łączna pyłu zawieszzonego PM10 z obszaru [Mg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu dopuszczalnego [ha] / liczba ludności / stężenia max. z obliczeń [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] / stężenia z pomiaru [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
<i>Obszary przekroczeń pyłu zawieszzonego PM10 dla okresu uśredniania wyników pomiarów 24 godziny</i>					
1	Ld14SldPM10d01	Andrespol	Podmiejski	118,3	653 / 6,8 tys. / 66,7 / -*
2	Ld14SldPM10d02	Bełchatów	Miejski	67,6	221 / 17,1 tys. / 59,5 / -*
3	Ld14SldPM10d03	Brzeziny	Miejski	128,3	231 / 8,0 tys. / 80,0 / 84,6
4	Ld14SldPM10d04	Działoszyn	Miejski	50,9	91 / 1,9 tys. / 97,4 / -*
5	Ld14SldPM10d05	Główno	Miejski	349,3	717 / 12,1 tys. / 87,2 / -*
6	Ld14SldPM10d06	część wiejska Aleksandrów Łódzki	Podmiejski	0,7	14 / 90 / 52,7 / -*
7	Ld14SldPM10d07	Koluszki	Miejski	11,4	26 / 900 / 54,6 / -*
8	Ld14SldPM10d08	Ksawerów	Podmiejski	51,6	248 / 3,4 tys. / 65,5 / -*
9	Ld14SldPM10d09	Kutno	Miejski	250,2	728 / 27,3 tys. / 113,7 / 63,0
10	Ld14SldPM10d10	Lubochnia	Leśny	11,4	178 / 0 / 65,1 / -*
11	Ld14SldPM10d11	Ładzice	Podmiejski, rolniczy	76,9	457 / 1 tys. / 73,1 / -*
12	Ld14SldPM10d12	Łask	Miejski	168,7	319 / 8,2 tys. / 70,8 / -*
13	Ld14SldPM10d13	Łęczycza	Miejski	104,9	191 / 9,7 tys. / 79,4 / -*
14	Ld14SldPM10d14	część miejska Łowicz	Miejski	521	1 740 / 28,9 tys. / 91,9 / -*
15	Ld14SldPM10d15	część wiejska Łowicz	Rolniczy	12,2	294 / 940 / 73,4 / -*
16	Ld14SldPM10d16	Piotrków Trybunalski	Miejski	486,2	912 / 45,1 tys. / 112,9 / 63,0
17	Ld14SldPM10d17	Piotrków Trybunalski	Podmiejski	6	55 / 220 / 51,8 / -*
18	Ld14SldPM10d18	Skierniewice	Miejski	186,3	312 / 13,5 tys. / 76,6 / 67,0
19	Ld14SldPM10d19	Nowosolna	Podmiejski	7,2	126 / 140 / 56,1 / -*
20	Ld14SldPM10d20	Opoczno	Miejski	333,2	1 291 / 24,3 tys. / 112,6 / 116,0
21	Ld14SldPM10d21	Ozorków	Miejski	114,4	398 / 8,5 tys. / 63,2 / -
22	Ld14SldPM10d22	Ozorków	Miejski	2,8	36 / 1,9 tys. / 57,9 / -*
23	Ld14SldPM10d23	Pajęczno	Miejski	10,0	24 / 680 / 60,0 / -*

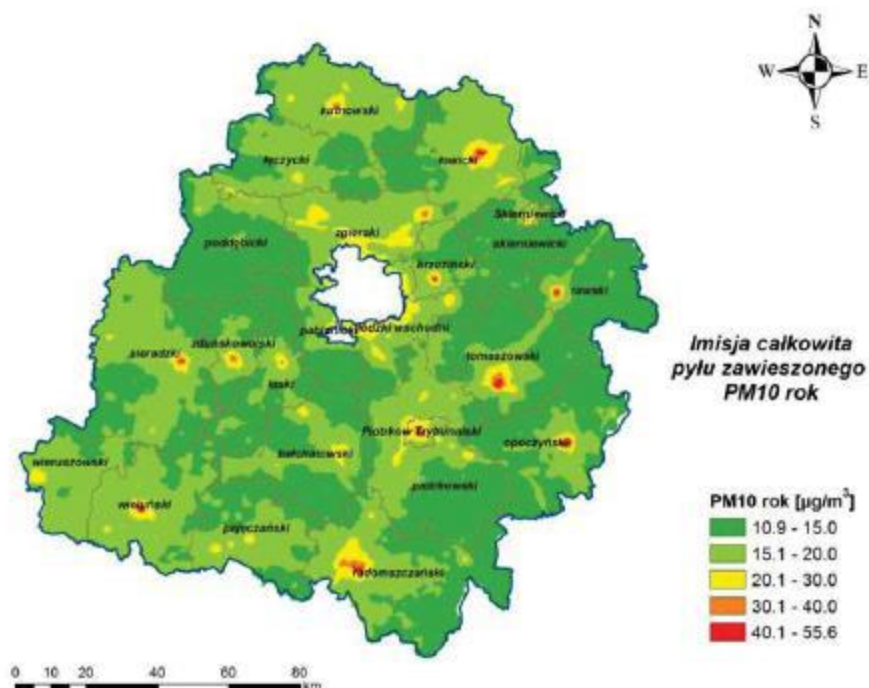
24	Ld14SldPM10d24	Poddębice	Miejski	14,9	5 / 270 / 53,3 / -*
25	Ld14SldPM10d25	Radomsko	Miejski	531,6	2 312 / 34,2 tys. / 95,3 / 82,3
26	Ld14SldPM10d26	Rawa Mazowiecka	Miejski	153,4	270 / 8,8 tys. / 70,9 / 78,0
27	Ld14SldPM10d27	Rzgów	Miejski	45,3	86 / 1,3 / 63,2 / -*
28	Ld14SldPM10d28	Rzgów	Rolniczy	7,8	152 / 1,5 tys. / 52,8 / -*
29	Ld14SldPM10d29	Sieradz	Miejski	334,9	889 / 30,0 tys. / 114,3 / 70,0
30	Ld14SldPM10d30	Skomlin	Rolniczy	1,3	13 / 0 / 67,2 / -*
31	Ld14SldPM10d31	Stryków	Miejski, Rolniczy	45,5	108 / 2,6 tys. / 59,9 / -*
32	Ld14SldPM10d32	Stryków	Miejski, Rolniczy	38,4	141 / 60 / 58,8 / -*
33	Ld14SldPM10d33	Sulejów	Miejski	23,1	59 / 1,9 tys. / 60,4 / -*
34	Ld14SldPM10d34	część miejska Tomaszów Mazowiecki	Miejski	831,5	1 693 / 61,2 tys. / 118,0 / 78,1
35	Ld14SldPM10d35	część miejska Tomaszów Mazowiecki	Rolniczy	27,5	75 / 810 / 71,9 / -*
36	Ld14SldPM10d36	część wiejska Tomaszów Mazowiecki	Podmiejski, rolniczy	15,2	350 / 1,2 / 84,2 / -*
37	Ld14SldPM10d37	Wieluń	Miejski, Rolniczy	293,1	815 / 17,6 tys. / 115,1 / 65,4
38	Ld14SldPM10d38	Wieruszów	Miejski	20,1	60 / 3,4 tys. / 59,1 / -*
39	Ld14SldPM10d39	Zduńska Wola	Miejski	239,4	633 / 28,9 tys. / 83,5 / 77,5
40	Ld14SldPM10d40	Zelów	Miejski	14,0	30 / 1,3 tys. / 58,5 / -*
<i>Obszary przekroczeń pyłu zawieszzonego PM10 dla okresu uśredniania wyników pomiarów rok kalendarzowy</i>					
1	Ld14SldPM10a01	Brzeziny	Miejski	10,2	65 / 2,5 tys. / 48,3 / 44,2
2	Ld14SldPM10a02	Tomaszów Mazowiecki	Miejski	412	405 / 23,8 tys. / 77,6 / 43,6
3	Ld14SldPM10a03	Opoczno	Miejski	16,5	235 / 13,0 tys. / 54,3 / 55,1
4	Ld14SldPM10a04	Piotrków Trybunalski	Miejski	141,3	70 / 5,6 tys. / 54,7 / 43,4
5	Ld14SldPM10a05	Radomsko	Miejski	97,5	139 / 6,8 tys. / 47,3 / 44,0
6	Ld14SldPM10a06	Zduńska Wola	Miejski	21,5	4 / 410 / 43,4 / 42,9
7	Ld14SldPM10a07	Rawa Mazowiecka	Miejski	36,2	40 / 1,5 tys. / 41,3 / 41,0
<i>Obszary przekroczeń poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszzonego PM2,5</i>					
1	Ld14SldPM2,5a01	Piotrków Trybunalski	Miejski	225,1	328 / 19,3 tys. / 43,8 / 32,6
2	Ld14SldPM2,5a02	Opoczno	Miejski, podmiejski	159,0	871 / 23,0 tys. / 47,2 / -*
3	Ld14SldPM2,5a03	Radomsko	Miejski	321,5	1 314 / 28,7 tys. / 39,9 / -*
4	Ld14SldPM2,5a04	Tomaszów Mazowiecki	Miejski	486,6	1 040 / 49,4 tys. / 48,3 / -*
5	Ld14SldPM2,5a05	Zduńska Wola	Miejski	154,9	380 / 18,8 tys. / 37,2 / -*
6	Ld14SldPM2,5a06	Skierniewice	Miejski	63,7	108 / 4,1 tys. / 33,2 / -*
7	Ld14SldPM2,5a07	Skierniewice	Miejski	45,4	57 / 2,4 tys. / 31,7 / -*

* brak stanowiska pomiarowego w obszarze przekroczeń
 Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.



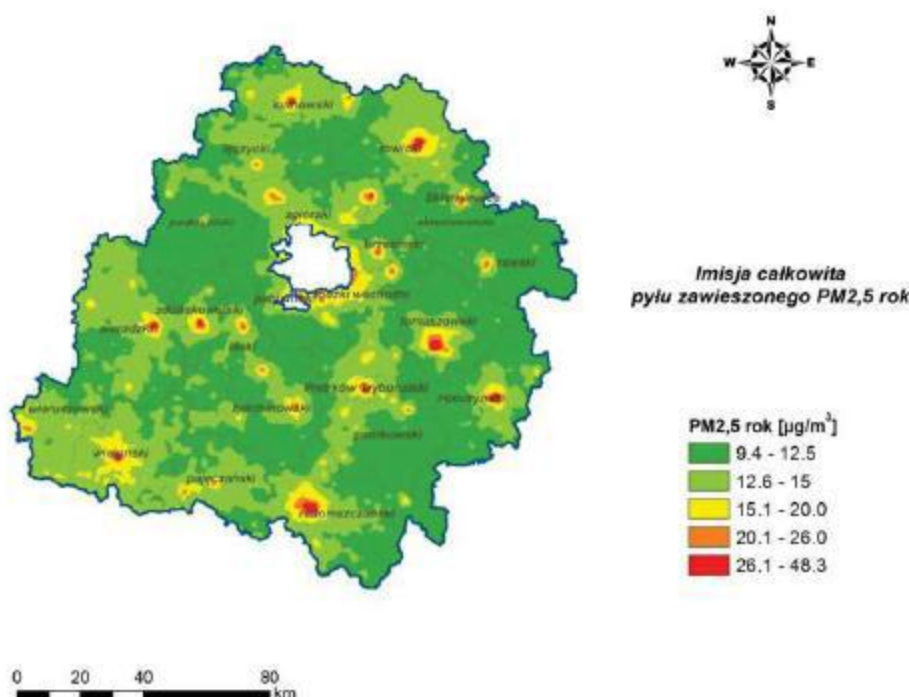
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 22. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny w strefie łódzkiej w 2014 r.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 23. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej w 2014 r.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 24. Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej w 2014 r.

Wyniki modelowania wskazują, że w 2014 r. na terenie strefy łódzkiej stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀, zarówno o okresie uśredniania wyników 24 godziny jak i rok kalendarzowy, kształtowane są przez łączne oddziaływanie wszystkich typów emisji, na wielu obszarach przekroczyły poziom dopuszczalny. Poziom dopuszczalny pyłu zawieszonego PM₁₀ dla wartości średnich dobowych $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ został przekroczony na obszarze 41 gmin miejskich, miejsko-wiejskich oraz wiejskich. Najwyższe stężenia $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$ odnotowano w Tomaszowie Mazowieckim.

Poziom dopuszczalny pyłu zawieszonego PM₁₀ o okresie uśredniania rok – $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ został przekroczony na obszarze 6 gmin miejskich (Brzeziny, Tomaszów Mazowiecki, Piotrków Trybunalski, Radomsko, Zduńska Wola, Rawa Mazowiecka) oraz jednej gminy miejsko-wiejskiej (Opoczno).

Wyniki modelowania wskazują, że w 2014 r. na terenie strefy łódzkiej stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy, kształtowane przez łączne oddziaływanie wszystkich typów emisji, przekraczają poziom dopuszczalny powiększony o margines tolerancji ($26 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stężenia ponadnormatywne wystąpiły w Tomaszowie Mazowieckim, gdzie osiągnęły najwyższy poziom na terenie strefy – $48,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (193% poziomu dopuszczalnego), a także w Piotrkowie Trybunalskim, Opocznie, Radomsku, Zduńskiej Woli i Skierniewicach.

7.2. Czynniki kształtujące poziomy stężenie pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} w 2014 roku

7.2.1. Czynniki klimatyczne

Klimat strefy łódzkiej ma charakter przejściowy, kształtowany jest w wyniku ścierania się wpływów klimatu kontynentalnego i morskiego, obserwuje się dużą zmienność stanów

pogodowych, zwłaszcza w porze wiosennej. Średnia roczna temperatura wynosi około 7°C, a roczna suma opadów od 500 w obniżeniach mm do 650 mm na terenach wyniesionych. Przeważający wpływ mają zachodnie masy powietrza. Występujące lokalnie różnice klimatyczne wynikają z ukształtowania powierzchni i rodzaju podłoża. Okres wegetacji roślin (temp. powyżej 5°C) trwa na obszarze województwa 210 dni, jedynie w wyższych partiach Wyżyny Przedborskiej ok. 205 dni. Lokalne stosunki klimatyczne bardzo silnie wpływają na kumulację bądź rozpraszanie zanieczyszczeń. Wpływ na warunki klimatyczne obszaru ma wpływ wielu innych czynników, min. takich jak:

- dopływ do atmosfery sztucznie wytwarzanego ciepła,
- dopływ zanieczyszczeń,
- zmianę charakteru podłoża, w wyniku czego, w miastach częściej niż na obszarach pozamiejskich, obserwuje się wyższe sumy opadów, częstsze występowanie mgieł, zmniejszenie siły wiatrów oraz występowanie silnych turbulencji powietrza.

Niskie temperatury, a zwłaszcza ich spadek poniżej 0°C, okresy bezwietrzne lub o małych prędkościach wiatrów, dni z mgłą, wskazujące często na przyziemną inwersję temperatury, hamującą dyspersję zanieczyszczeń (występujące najczęściej w okresie jesienno-zimowym), okresy następujących po sobie kilku, a nawet kilkunastu dni bez opadów (brak wymywania zanieczyszczeń) są warunkami sprzyjającymi kumulowaniu się zanieczyszczeń. Natomiast warunki pogodowe, które sprzyjają rozpraszaniu zanieczyszczeń, to: duże prędkości wiatrów (lepsze przewietrzanie), opad, który zapewnia wymywanie zanieczyszczeń, dni ciepłe, słoneczne, sprzyjające powstawaniu pionowych prądów powietrza (konwekcja), zapewniając wynoszenie zanieczyszczeń.

Dodatkowymi czynnikami kształtującymi klimat lokalnie są różnice w wysokościach względnych i bezwzględnych, ukształtowanie terenu, zawilgocenie podłoża. Największą częstotliwość występowania w roku wykazuje powietrze polarno-morskie – 65% dni w roku, przy czym w miesiącach letnich jego udział wzrasta do 80% dni w lipcu i 76% dni w czerwcu. Powietrze polarno-kontynentalne pojawia się w ciągu 29% dni w roku, przy czym jego obecność jest najczęstsza w ciągu pierwszych trzech miesięcy roku. Sporadycznie, głównie w kwietniu (7% dni) i maju (13,5% dnia), występują masy powietrza arktycznego..

Roczna suma opadów zmienia się od 500 mm w części północno-wschodniej do 650 mm w rejonie Garbu Łódzkiego. Wynika to z układu hipsometrycznego i sąsiedztwa miasta Łodzi, będącego dużym źródłem jąder kondensacyjnych pary wodnej. Charakter nizinny pozwala na swobodny przepływ mas powietrza. Przeważają wiatry zorientowane równoleżnikowo. Najcieplejsza jest południowo-zachodnia część województwa, a najchłodniejsze są najwyższe obszary Wyżyny Łódzkiej. Średnie temperatury powietrza wynoszą od 7,6 do 8,0°C. Najbardziej zmienne pod względem termicznym są okresy zimowe, przy czym długotrwałe i silne mrozy występują rzadko. Okres wegetacji roślin (temp. powyżej 5°C) trwa na obszarze województwa 210 dni, jedynie w wyższych partiach Wyżyny Przedborskiej ok. 205 dni. Okres grzewczy w zależności od warunków pogodowych zaczyna się przeważnie na początku października i trwa do końca kwietnia.

7.2.2. Warunki meteorologiczne w strefie łódzkiej w 2014 r.

Analizę podstawowych elementów i zjawisk meteorologicznych wykonano dla pól meteorologicznych uzyskanych za pomocą modeli WRF/CALMET, obejmujących obszar strefy łódzkiej. Analiza dotyczy prędkości i kierunku wiatru, temperatury, opadów atmosferycznych, wilgotności względnej, miąższości warstwy mieszania oraz klas

równowagi atmosfery. Wspomniane elementy są wymagane przez model CALPUFF, który wyznacza przestrzenny rozkład stężeń zanieczyszczeń.

Prędkość i kierunek wiatru

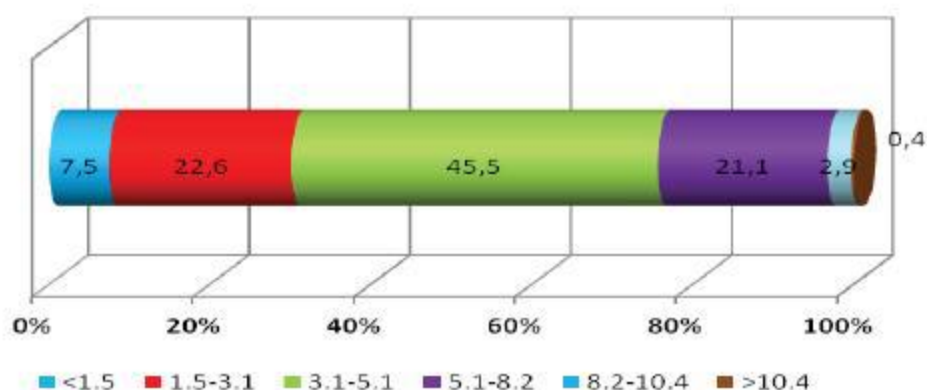
Na rozprzestrzenianie się substancji zanieczyszczających znaczny wpływ mają prędkości oraz kierunki wiatrów. Cisze wiatrowe i małe prędkości wiatru pogarszają poziomą wentylację powietrza, co przyczynia się do wzrostu stężeń zanieczyszczeń. Prędkość wiatru wpływa na tempo przemieszczania zanieczyszczeń powietrza wraz z zanieczyszczeniami, natomiast kierunek decyduje o trasie ich transportu.

Prędkość wiatru w odniesieniu do wyników modelowania analizuje się poprzez podanie jej średnich wartości 1 h (na wysokości 10 m), stąd też trudno odnieść to do mierzonych prędkości wiatru na stacjach synoptycznych, gdzie uśredniane są wartości 1 min. Dodatkowo prędkość wiatru w znacznym stopniu zależy od lokalnych warunków terenowych takich jak kanion uliczny, obecność przeszkód itp., które pole meteorologiczne o oczku 5 km x 5 km uwzględnia w bardzo ogólnym zarysie.

Na obszarze strefy łódzkiej rozkład przestrzenny średniej rocznej prędkości wiatru w 2014 r. charakteryzował się małą zmiennością. Na przeważającym obszarze średnia prędkość wiatru wynosiła 3,9-4,0 m/s. Wyższe prędkości wiatru, powyżej 4,0 m/s, wystąpiły jedynie w obszarach położonych wokół aglomeracji łódzkiej oraz miejscowo przy północnej i wschodniej granicy strefy.

Średnia roczna prędkość wiatru w strefie łódzkiej w 2014 r. wyniosła około 4 m/s.

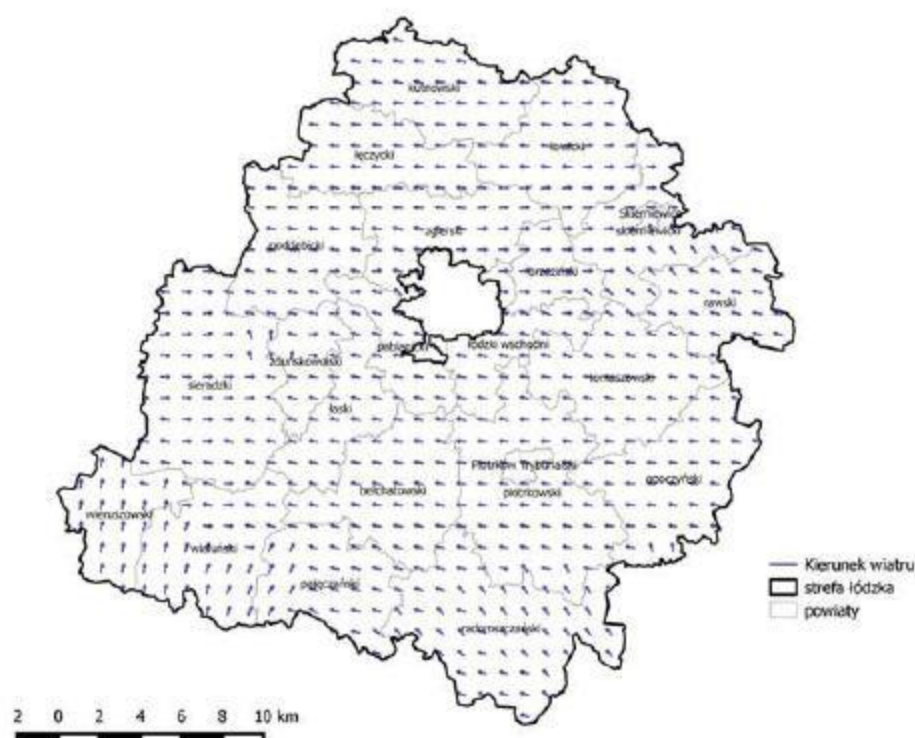
Na terenie strefy łódzkiej w 2014 r. najczęściej występowały wiatry określane jako łagodne o prędkościach z zakresu 3-5 m/s (45% przypadków w roku). Frekwencja wiatrów silnych (prędkość powyżej 10,4 m/s) wyniosła jedynie 0,4% przypadków w ciągu roku. Udział sytuacji ciszy atmosferycznej, czyli sytuacji z wiatrem o prędkości poniżej 1,5 m/s, wyniósł 7,5% przypadków w roku.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 25. Procentowy rozkład prawdopodobieństwa występowania prędkości wiatru w określonych przedziałach w strefie łódzkiej w 2014 r.

Na rysunku poniżej przedstawiono zmienność dominujących kierunków wiatru na terenie strefy łódzkiej w 2014 r. Na przeważającym obszarze dominował wiatr z kierunku wschodniego, w południowej części strefy przeważały wiatry z kierunków południowych. Potwierdzają to także przedstawione poniżej róże wiatrów.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 26. Dominujący kierunek wiatru wyznaczona przez model WRF/CALMET w strefie łódzkiej w 2014 r.

Dla analizowanego obszaru wykonano róże wiatrów. Wszystkie róże wskazują na przewagę wiatrów z sektorów południowego, wschodniego, południowo-wschodniego oraz zachodniego. Zdecydowanie mniejsza frekwencja dotyczy wiatrów z kierunków północnych.

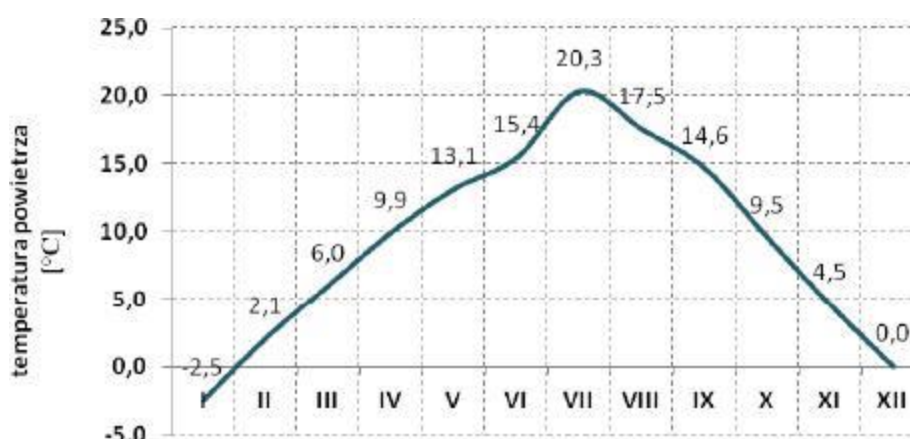
W 2014 r. dominował wiatr z kierunku ESE (10%) oraz W (około 9%) i SW (ok. 7%). W okresie zimowym istotny był udział wiatrów południowo-wschodnich, a w okresie letnim przeważał udział wiatrów z sektora zachodniego.

Temperatura powietrza

Temperatura wpływa pośrednio na jakość powietrza. W sezonie zimowym przy niskich temperaturach zwiększa się niska emisja z systemów ogrzewania. Podczas letnich upałów, na skutek zmniejszenia pionowego gradientu, może sprzyjać powstawaniu sytuacji smogowych.

Zgodnie z klasyfikacją termiczną H. Lorenc⁶⁾, rok 2014 przez IMGW uznany jest, jako bardzo ciepły. Na obszarze strefy łódzkiej w 2014 r. średnia roczna temperatura powietrza na przeważającym obszarze kształtowała się na poziomie 10 -10,2°C.

Analiza średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza wskazuje, że najchłodniejszym miesiącem był styczeń, w którym średnia temperatura wyniosła -2,5°C, a najcieplejszym lipiec ze średnią temperaturą 20,3°C. Średnia dla roku temperatura w strefie łódzkiej wyniosła 9,2°C.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 27. Przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza wyznaczonych przez model WRF/CALMET w strefie łódzkiej w 2014 r.

Opady atmosferyczne

Rozkład rocznej sumy opadów atmosferycznych w strefie łódzkiej w 2014 r. wskazuje na występowanie wartości w przedziale od około 550 mm w północnej części strefy do 900 mm miejscami na wschodzie.

Przebieg opadów w ciągu roku wskazuje na występowanie najwyższych sum opadów w maju (103 mm) oraz w lipcu (122,5 mm). Wyraźnie niższe wartości sumy opadów (poniżej 50 mm) występowały w okresie od lutego do kwietnia oraz w październiku i w listopadzie.

Wilgotność względna powietrza

Przestrzenny rozkład średniej rocznej wilgotności względnej powietrza na obszarze strefy łódzkiej w 2014 r. wskazuje na zmienność parametru w przedziale od około 75% do 78%. Najniższe wartości wilgotności względnej wystąpiły na północ od Łodzi, głównie na terenie powiatów łęczyckiego, łowickiego i zgierskiego, oraz w południowo-zachodniej części strefy, głównie na terenie powiatów wieluńskiego, pajęczańskiego i bełchatowskiego. Najwyższe wartości wilgotności względnej wystąpiły natomiast w części wschodniej strefy – głównie na terenie powiatów: tomaszowskiego, łódzkiego wschodniego, piotrkowskiego, opoczyńskiego i rawskiego.

Przebieg średnich miesięcznych wartości wilgotności względnej powietrza atmosferycznego dla strefy łódzkiej wskazuje na występowanie zdecydowanie niższych wartości w okresie letnim (od kwietnia do sierpnia), a najwyższych w miesiącach zimowych (styczeń, luty, listopad i grudzień).

Miaższość warstwy mieszania

Warstwa mieszana to objętość atmosfery, w której substancje zanieczyszczające ulegają rozprzestrzenianiu. Niewielka miaższość warstwy mieszania wiąże się z niskim położeniem warstwy inwersyjnej atmosfery, co skutkuje utrudnieniem w dyspersji zanieczyszczeń, szczególnie tych pochodzących z komunikacji oraz z ogrzewania indywidualnego. Warstwa mieszania charakteryzuje się obniżoną miaższością w okresie zimowym.

Na terenie strefy łódzkiej w 2014 r. średnia roczna wartość miaższości warstwy mieszania utrzymywała się na poziomie 550-900 m.

Klasy równowagi atmosfery

Bardzo istotnym parametrem dla rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń jest klasa równowagi atmosfery Pasquilla, która opisuje pionowe ruchy powietrza związane z gradientem temperatury i prędkością wiatru, a które z kolei decydują o ruchu zanieczyszczonego powietrza w smudze.

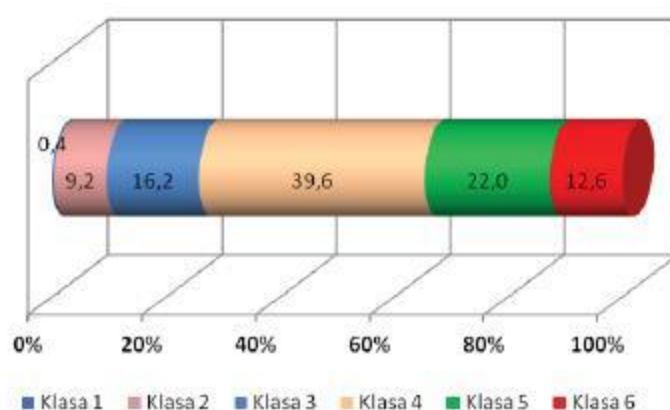
W zależności od różnicy temperatur powietrza wznoszącego się i powietrza otaczającego wyróżnia się w atmosferze trzy podstawowe stany równowagi: chwiejną, obojętną i stałą. Pomiędzy nimi wyróżnia się stany pośrednie.

W ochronie środowiska powszechnie przyjęty jest podział na 6 klas równowagi atmosfery:

- 1 – ekstremalnie niestabilne warunki (równowaga bardzo chwiejna),
- 2 – umiarkowanie niestabilne warunki (równowaga chwiejna),
- 3 – nieznacznie niestabilne warunki (równowaga nieznacznie chwiejna),
- 4 – neutralne warunki (równowaga obojętna),
- 5 – nieznacznie stabilne warunki (równowaga stała),
- 6 – umiarkowanie stabilne warunki (równowaga bardzo stała).

Spośród klas równowagi najmniej korzystne dla rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń są klasy 1 i 2, ze względu na to, iż smuga spalin na skutek intensywnych ruchów powietrza to wznosi się to opada, a bardzo niekorzystne są klasy 5 i 6, przy których występują warunki inwersyjne i zanieczyszczenia utrzymują się na niskich wysokościach (nie mają warunków do rozproszenia).

W 2014 r. na terenie strefy łódzkiej najczęściej występowała klasa równowagi atmosfery 4, która jest zdecydowanie najkorzystniejsza dla rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń – około 40% przypadków w roku. Najniższy udział charakteryzował klasę 1 (0,4%). Warunki bardzo niekorzystne (klasy 5 i 6) stanowiły łącznie około 35% przypadków w roku.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 28. Rozkład prawdopodobieństwa występowania klas równowagi atmosfery wyznaczone przez model WRF/CALMET w strefie łódzkiej w 2014 r.

7.3. Bilans emisji pyłu zawieszonego PM10

Emisja pyłu zawieszonego PM10 składa się z emisji napływowej i z wewnątrz strefy. Bilans emisji pyłu PM10 przedstawia tabela 28.

Tabela 28. Bilans emisji napływowej pyłu zawieszonego PM10 dla strefy łódzkiej w 2014 r.

Typ emisji	Emisja - pył zawieszony PM10		
	[Mg/rok]	%	Suma
Emisja napływowa			
Punktowa z pasa 30 km	4 202	7	-
Punktowa z wysokich źródeł h >=30m	6 204	11	-
Powierzchniowa z pasa 30 km	33 809	57	-
Liniowa z pasa 30 km	12 545	21	-
Z rolnictwa z pasa 30 km	2 635	4	-
SUMA emisja napływowa	-	100	59 396
Emisja ze strefy			
Punktowa	2 606	6	-
Powierzchniowa	27 821	66	-
Liniowa	8 622	21	-
Z rolnictwa	2 870	7	-
SUMA emisja ze strefy	-	100	41 920

Źródło: Opracowanie Ekometria Sp. z o.o. na podstawie własnych baz emisji użytych do modelowania dla potrzeb oceny rocznej

Emisja napływowa pyłu zawieszonego PM10 dla strefy łódzkiej, w 2014 r. wyniosła blisko 60 tys. Mg, z czego zdecydowanie największy udział – 57%, miała tzw. emisja niska związana z indywidualnym sposobem ogrzewania w miejscowościach leżących w pasie 30 km wokół strefy, znaczny był ponadto udział emisji liniowej z pasa 30 km wokół strefy.

Emisja pyłu zawieszonego PM10 z obszaru strefy łódzkiej w 2014 r. została zinventaryzowana na poziomie blisko 42 tys. Mg, z czego 66% stanowi emisja powierzchniowa związana z ogrzewaniem indywidualnym mieszkań.

Wielkość emisji punktowej pyłu zawieszonego PM10 ze strefy łódzkiej oszacowano na 2,6 tys. Mg, co stanowi 6% emisji ze strefy.

Obecnie wszystkie instalacje posiadające pozwolenia zintegrowane lub pozwolenia na emisję gazów i pyłów podlegają rygorystycznym, prawnym ograniczeniom ilości emitowanego pyłu całkowitego, co również w znacznej mierze redukuje pył zawieszony PM10.

7.4. Bilans emisji pyłu zawieszonego PM2,5

Emisja pyłu zawieszonego PM2,5 składa się z emisji napływowej i z wewnątrz strefy. Bilans emisji pyłu PM2,5 przedstawia tabela 29.

Tabela 29. Bilans emisji napływowej pyłu zawieszonego PM2,5 dla strefy łódzkiej w 2014 r.

Typ emisji	Emisja – pył zawieszony PM2,5		
	[Mg/rok]	%	Suma
Emisja napływowa			
Punktowa z wysokich źródeł h >=30m	1 698	7	-
Punktowa z pasa 30 km	2 277	5	-
Powierzchniowa z pasa 30 km	25 347	78	-

Liniowa z pasa 30 km	3 000	9	-
Rolnictwo z pasa 30 km	264	1	-
SUMA		100	32 586
Emisja ze strefy			
Punktowa	981	4	-
Powierzchniowa	21 494	87	-
Liniowa	2 062	8	-
Z rolnictwa	311	1	-
SUMA		100	24 847

Źródło: Opracowanie Ekometria Sp. z o.o. na podstawie własnych baz emisji użytych do modelowania dla potrzeb oceny rocznej

Wielkość emisji punktowej pyłu zawieszonego PM_{2,5} ze strefy łódzkiej oszacowano na 981 Mg, co stanowi 4% emisji ze strefy.

Obecnie wszystkie instalacje posiadające pozwolenia zintegrowane lub pozwolenia na emisję gazów i pyłów podlegają rygorystycznym, prawnym ograniczeniom ilości emitowanego pyłu całkowitego, co również w znacznej mierze redukuje pył zawieszony PM_{2,5}.

8. Analiza źródeł emisji i czynników powodujących przekroczenie poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} w 2014 r.

W celu wskazania źródeł emisji odpowiedzialnych za przekroczenia poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} w strefie łódzkiej dokonano analizy stężeń pyłu pochodzącego od różnych typów emisji.

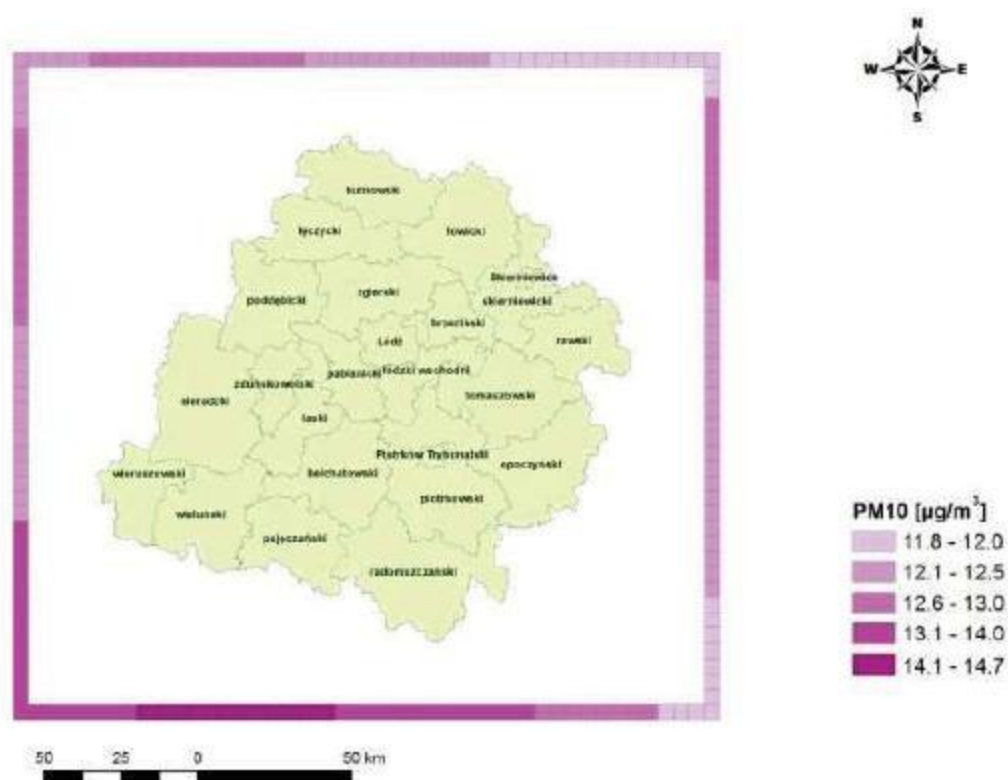
8.1. Stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ pochodzące z napływu w 2014 roku

8.1.1. Napływ w postaci warunków brzegowych

Wpływ emisji spoza pola obliczeniowego, obejmujący emisję z terenu Polski (poza polem obliczeniowym) oraz z obszaru Europy został uwzględniony w postaci warunków brzegowych, określonych na podstawie wyników ze stacji pomiarowych systemu EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) lub modelu EMEP. Wartości pyłu PM₁₀ odnoszą się do stężeń średniorocznych.

W 2014 r. stężenia kształtujące warunki brzegowe pyłu PM₁₀ wyniosły od 11,8 do 14,7 µg/m³. W 2014 roku wyraźnie zaznaczał się napływ pyłu z obszarów województw śląskiego, opolskiego oraz z terenu województwa mazowieckiego.

Różnica w wielkości stężeń obrazujących warunki brzegowe wynika przede wszystkim z jakości danych corocznie aktualizowanych i udostępnianych przez EMEP.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

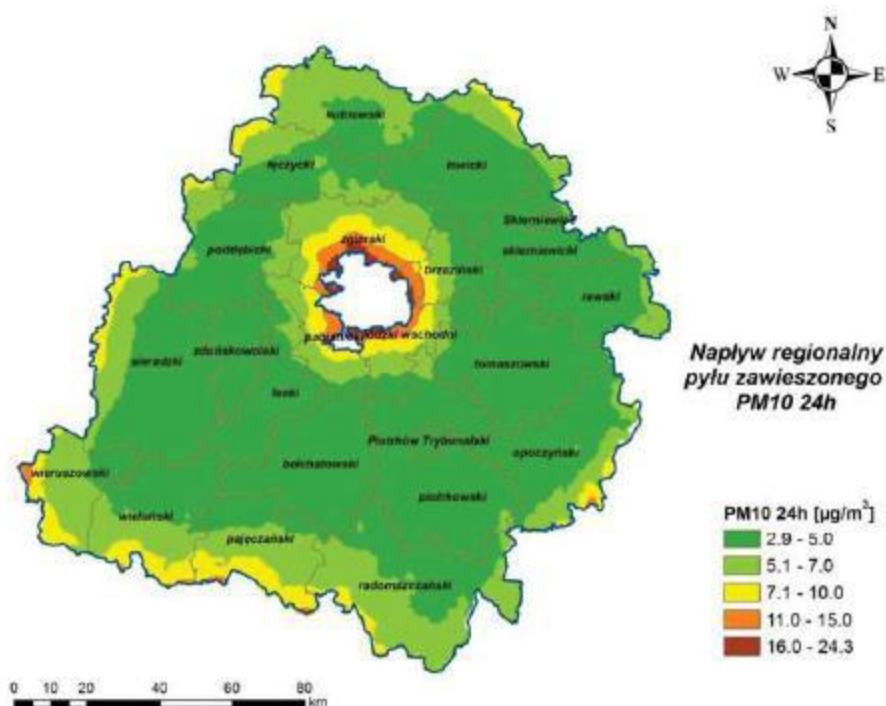
Rys. 29. Napływ pyłu zawieszonego PM10 spoza województwa łódzkiego w 2014 roku

8.1.2. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 pochodzące ze źródeł zlokalizowanych w pasie 30 km wokół strefy łódzkiej - tło regionalne.

Stężenia pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z napływu źródeł zlokalizowane w pasie 30 km wokół strefy łódzkiej – tło regionalne.

Tło regionalne tworzą stężenia pyłu zawieszonego PM10 ze wszystkich źródeł zlokalizowane w pasie 30 km wokół strefy łódzkiej.

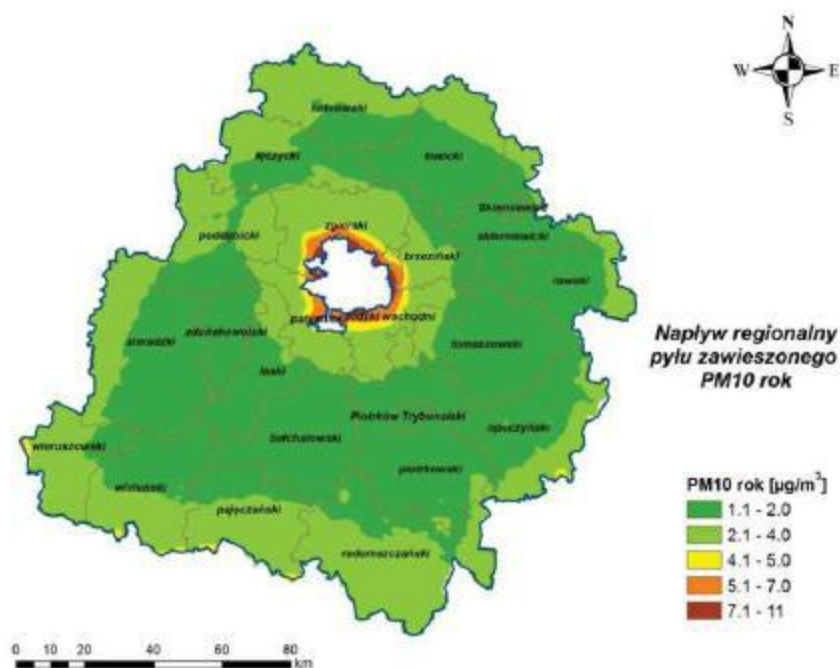
Stężenia średnie dobowe pyłu zawieszonego PM10 z tła regionalnego na przeważającym obszarze strefy dochodziły do ok. $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (10% poziomu dopuszczalnego), w centralnej części strefy, na granicy z aglomeracją łódzką wzrastały do $24,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (49% poziomu dopuszczalnego).



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 30. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny w strefie łódzkiej pochodzące z tła regionalnego w 2014 r.

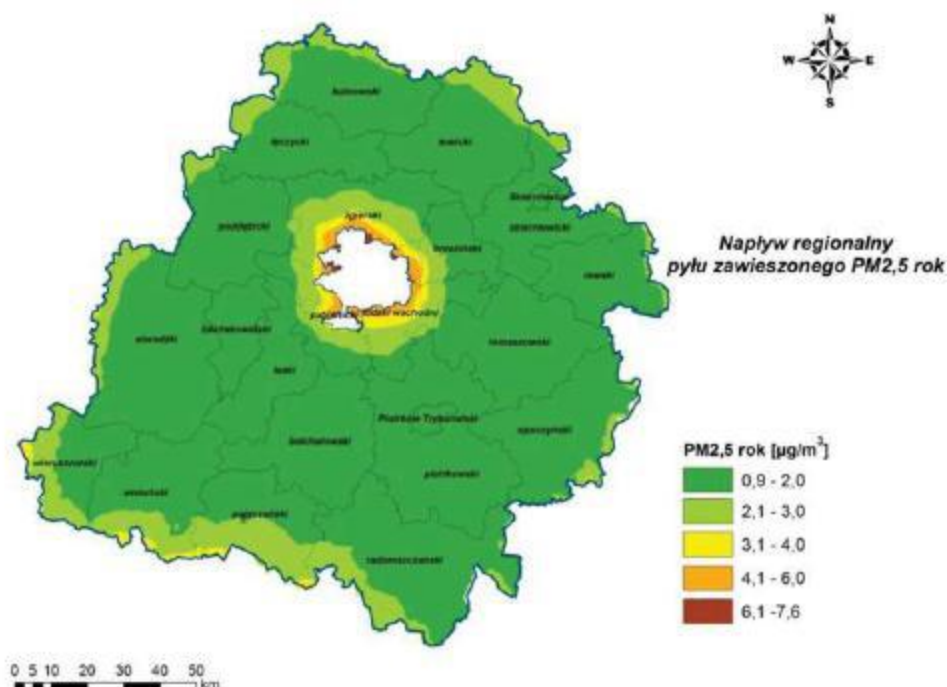
Stężenia średnie roczne tła regionalnego dla pyłu zawieszonego PM10 na terenie strefy wahały się od $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (27% poziomu dopuszczalnego) na granicy z aglomeracją łódzką.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 31. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z tła regionalnego w 2014 r.

Stężenia średnie roczne tła regionalnego dla pyłu zawieszonoego PM_{2,5} na terenie strefy w 2014 r. wahały się od 1 µg/m³ do 7,6 µg/m³ (30% poziomu dopuszczalnego) przy granicy z aglomeracją łódzką.

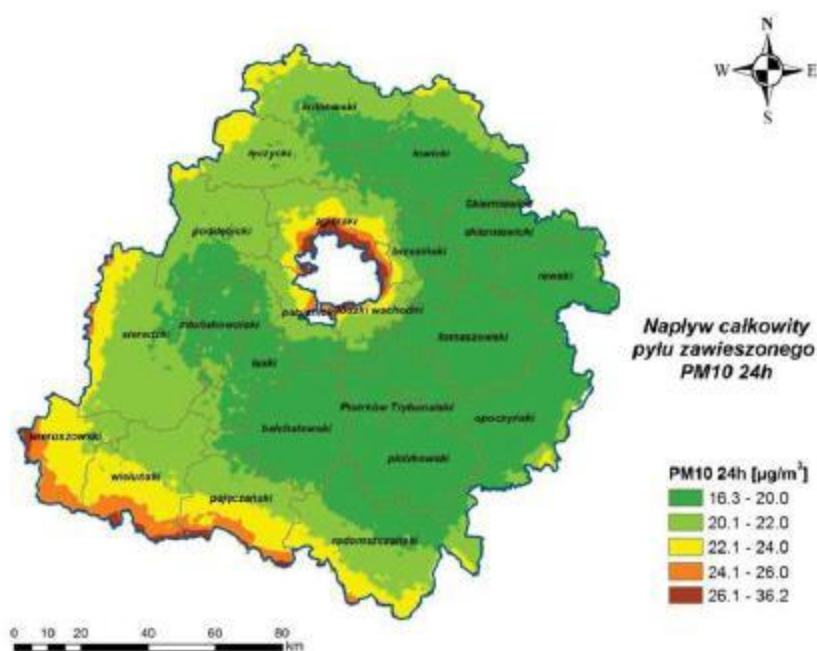


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 32. Stężenia pyłu zawieszonoego PM_{2,5} o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z tła regionalnego w 2014 r.

8.1.3. Stężenia pyłu zawieszonoego PM₁₀ pochodzące ze źródeł zlokalizowanych w pasie 30 km wokół strefy łódzkiej i z istotnych źródeł położonych w odległości ponad 30 km od strefy - tło całkowite

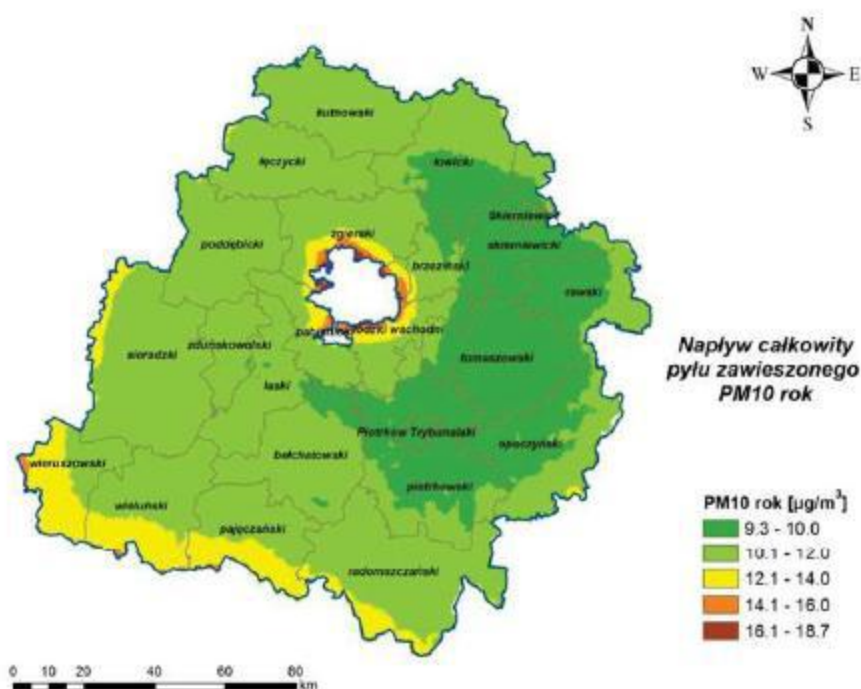
Stężenia pyłu zawieszonoego PM₁₀ o okresie uśredniania wyników 24 godziny z tła całkowitego na obszarze strefy łódzkiej zmieniały się w zakresie od 16 µg/m³ do 36 µg/m³. Najwyższe stężenia dochodziły do 72% poziomu dopuszczalnego na granicy strefy z aglomeracją łódzką oraz na granicy z województwem opolskim i śląskim. Natomiast na większości obszaru strefy stężenia pyłu zawieszonoego PM₁₀ 24h z tła całkowitego dochodziły do 40% poziomu dopuszczalnego.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 33. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny w strefie łódzkiej pochodzące z tła całkowitego w 2014 r.

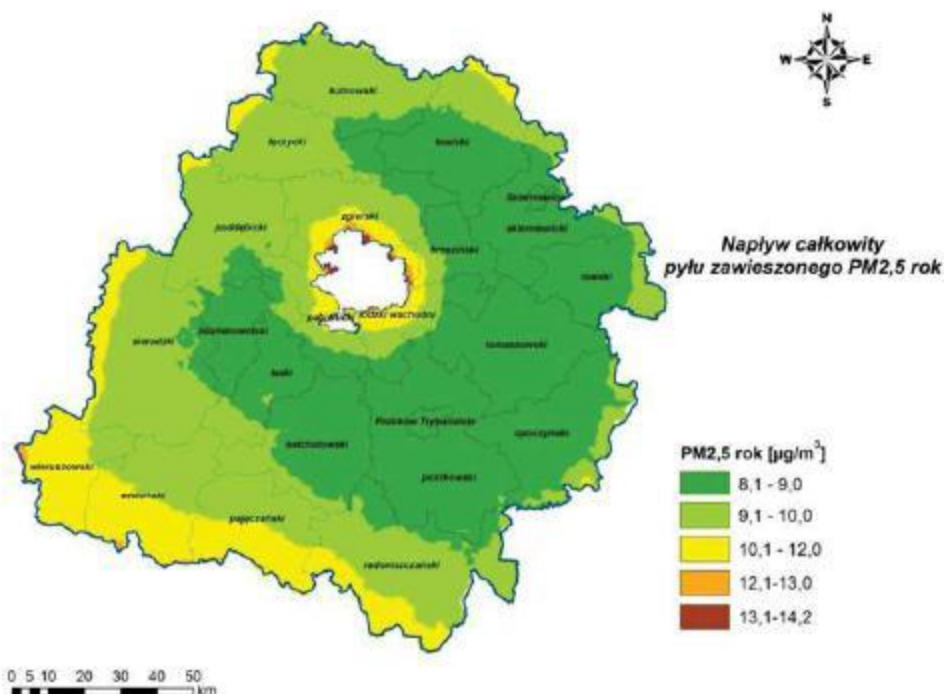
Stężenia średnie dla roku kształtujące tło całkowite dla pyłu zawieszonego PM10 wynosiły od ok. $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do blisko $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe stężenia dochodziły do prawie 47% poziomu dopuszczalnego na granicy strefy z aglomeracją łódzką.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 34. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z tła całkowitego w 2014 r.

Stężenia średnie dla roku pyłu zawieszonego PM_{2,5} kształtujące tło całkowite w 2014 r. wynosiły od 8 µg/m³ do ponad 14 µg/m³. Najwyższe stężenia osiągnęły blisko 57% poziomu dopuszczalnego przy granicy strefy z aglomeracją.



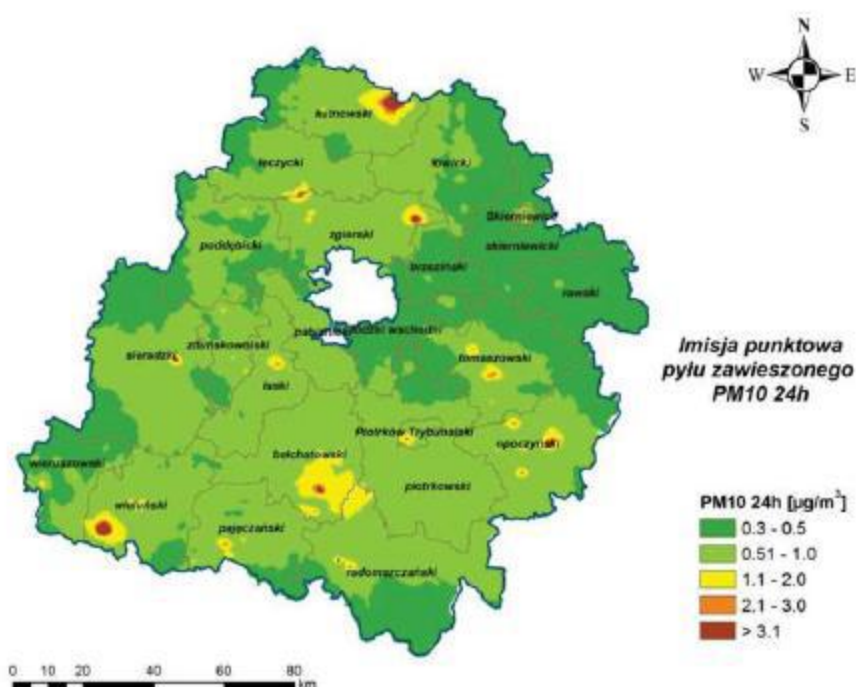
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 35. Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z tła całkowitego w 2014 r.

8.2. Stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ pochodzące z emisji z terenu strefy

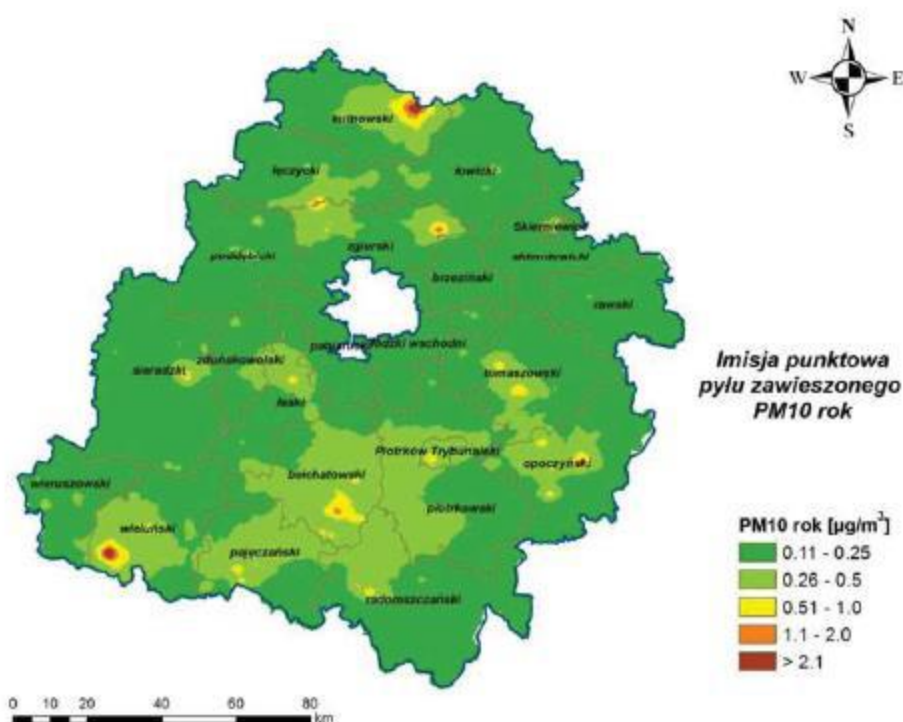
8.2.1. Stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ pochodzące z emisji punktowej (przemysłowej i energetycznej)

Stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ o okresie uśredniania wyników 24 godziny pochodzące z emisji punktowej na przeważającym terenie strefy dochodziły do 1 µg/m³ (2% poziomu dopuszczalnego). Stężenia średnie roczne na większości obszaru strefy łódzkiej zmieniały się w zakresie od 0,11 µg/m³ do 0,25 µg/m³. Podwyższone stężenia wystąpiły w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł i mają zasięg wyłącznie lokalny.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 36. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny w strefie łódzkiej pochodzące z emisji punktowej w 2014 r.



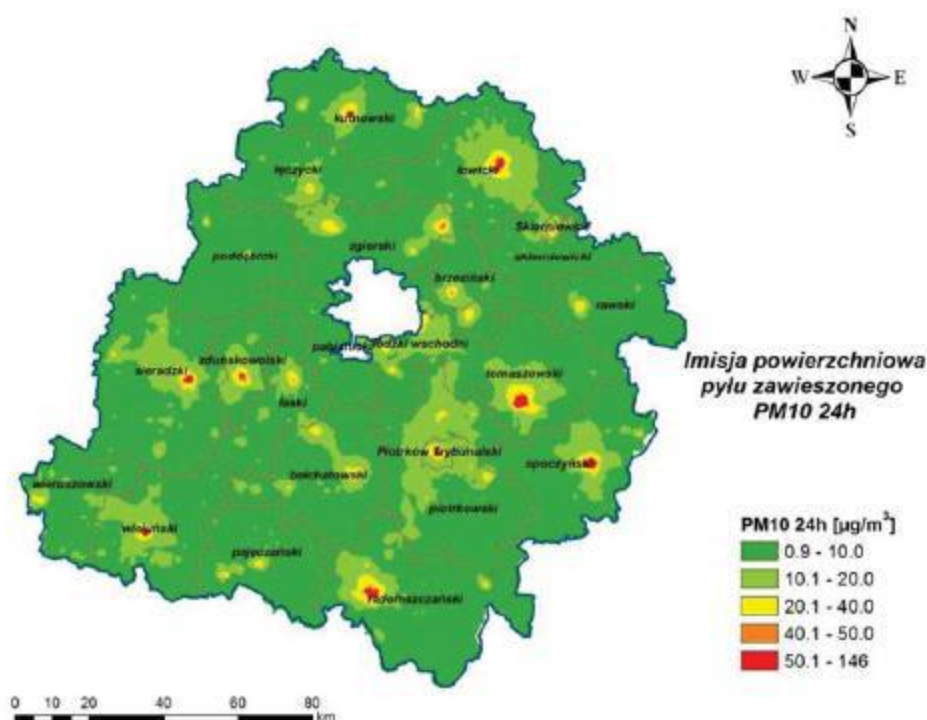
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 37. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji punktowej w 2014 r.

8.2.2. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z emisji z powierzchniowej

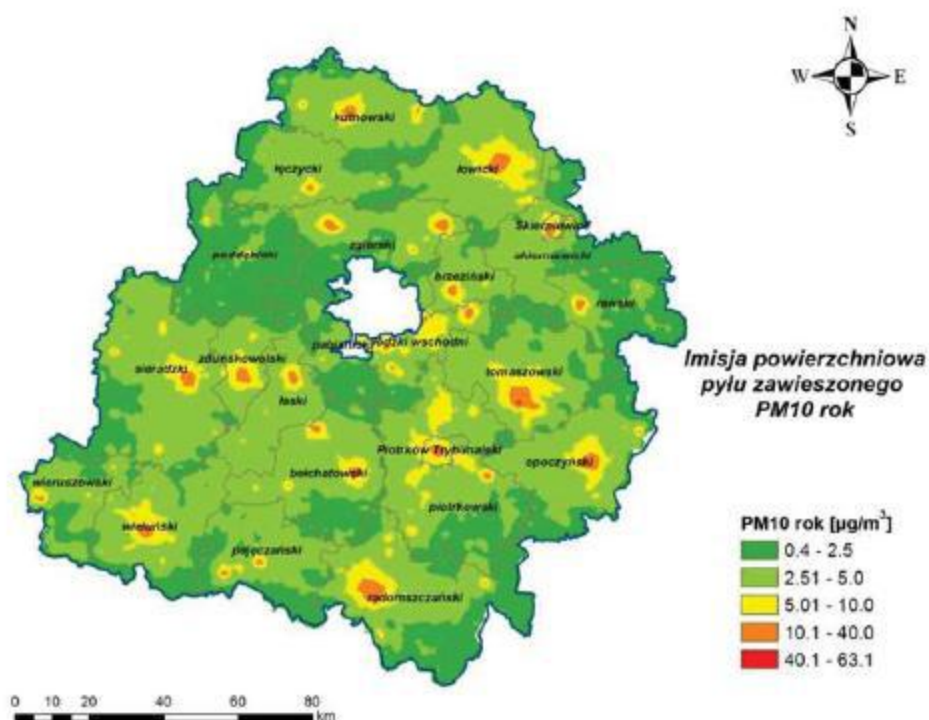
Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny w 2014 r., pochodzące z emisji powierzchniowej najwyższe wartości na terenie strefy łódzkiej osiągnęły w Tomaszowie Mazowieckim, gdzie wyniosły $146 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (292% poziomu dopuszczalnego). W innych miastach strefy na ogół przyjmowały wartości z zakresu $40\text{-}50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a na obszarach pozamiejskich kształtowały się na poziomie $1\text{-}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy najwyższe wartości osiągnęły również w Tomaszowie Mazowieckim – $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (158% poziomu dopuszczalnego), na obszarach miejskich wyniosły ok. $5\text{-}40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 38. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny w strefie łódzkiej pochodzące z emisji powierzchniowej w 2014 r.

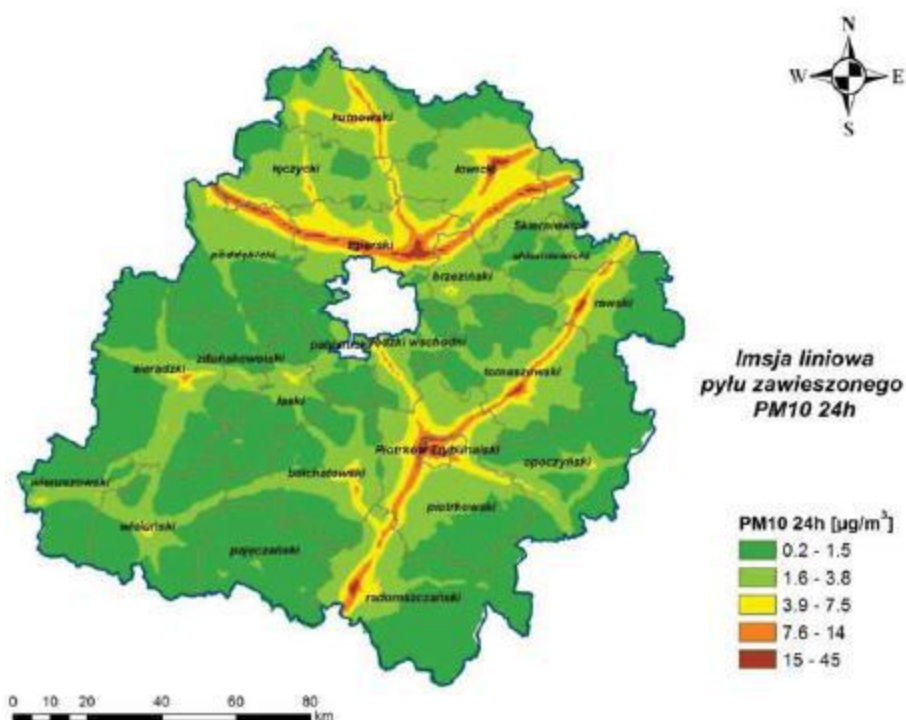


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 39. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji powierzchniowej w 2014 r.

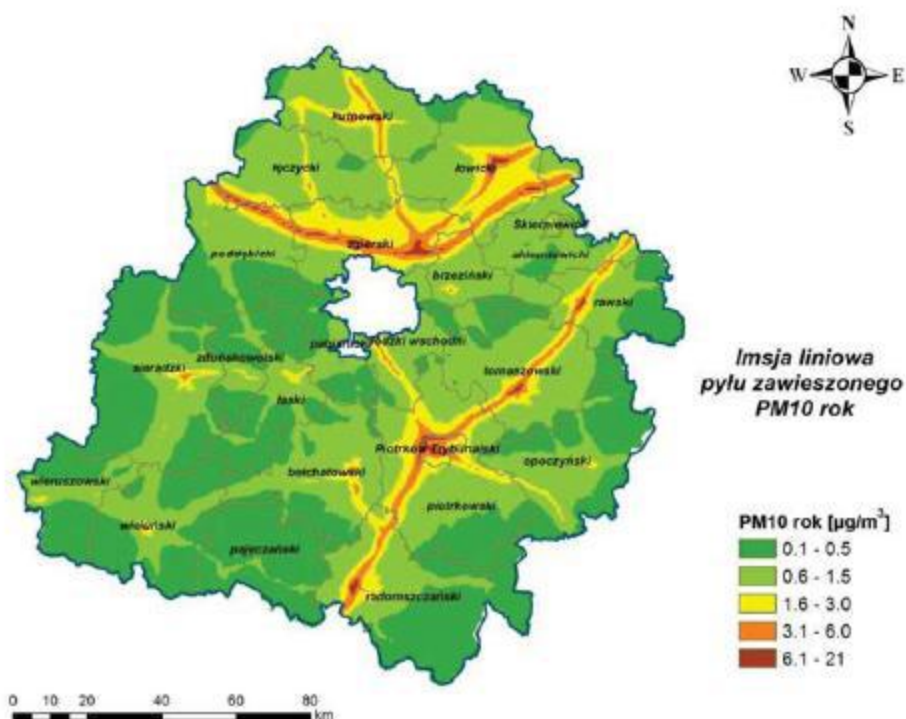
8.2.3. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z emisji liniowej

Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny pochodzące z emisji liniowej najwyższe wartości na terenie strefy łódzkiej w 2014 r. osiągnęły wzdłuż autostrady A2, gdzie dochodziły do $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (90% poziomu dopuszczalnego). Stężenia średnie roczne dochodziły do $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (53% poziomu dopuszczalnego). Na mapie stężeń wyraźnie zaznacza się wpływ głównych arterii komunikacyjnych w województwie.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 40. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny w strefie łódzkiej pochodzące z emisji liniowej w 2014 r.

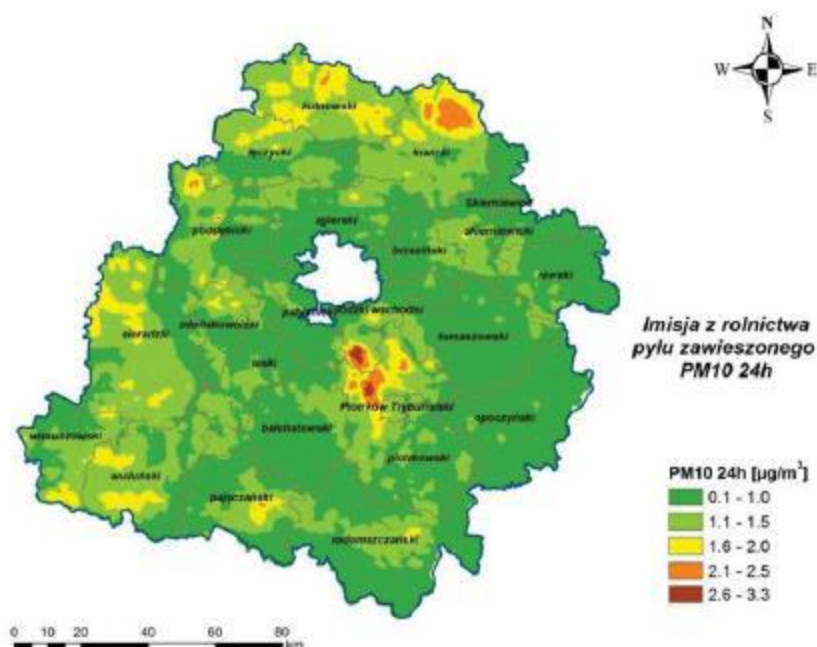


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 41. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji liniowej w 2014 r.

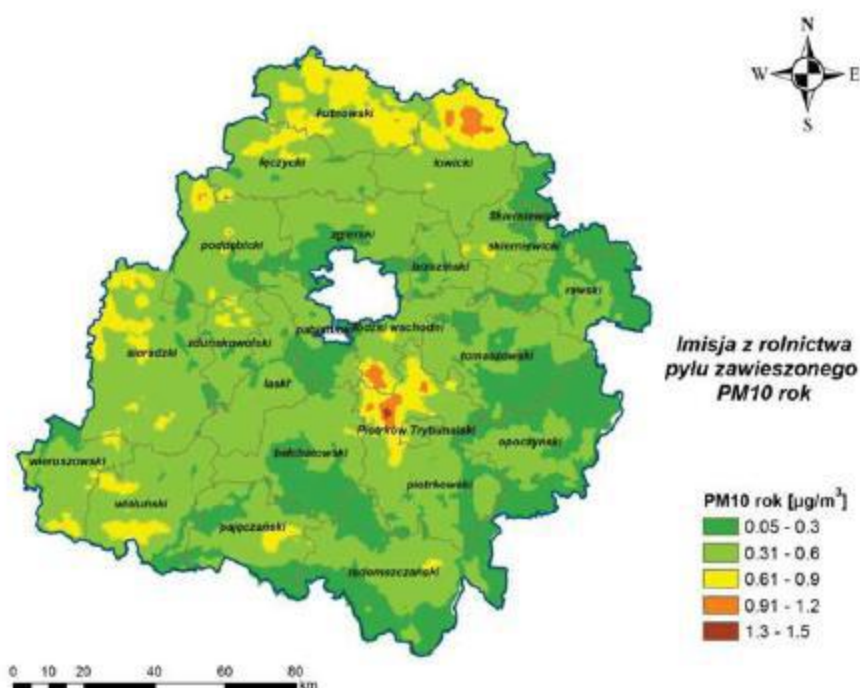
8.2.4. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z rolnictwa

Stężenia pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z rolnictwa nie osiągnęły wysokich wartości na terenie strefy łódzkiej. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny dochodziły maksymalnie do $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6,6% poziomu dopuszczalnego), a stężenia średnie roczne do $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3,8% poziomu dopuszczalnego).



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 42. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny w strefie łódzkiej pochodzące z emisji z rolnictwa w 2014 r.



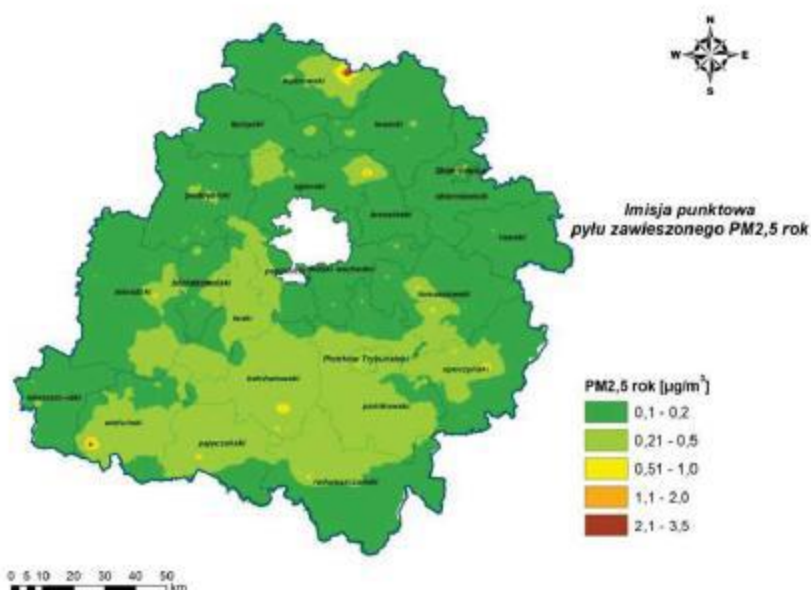
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 43. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji z rolnictwa w 2014 r.

8.3. Stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 pochodzące z emisji z terenu strefy

8.3.1. Stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 pochodzące z emisji punktowej (przemysłowej i energetycznej)

Stężenia średnie roczne pyłu zawieszonego PM2,5 na przeważającym obszarze strefy wyniosły do $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co odpowiadało 2% poziomu dopuszczalnego. Podwyższone stężenia występowały w bezpośrednim sąsiedztwie większych źródeł i miały zasięg wyłącznie lokalny.

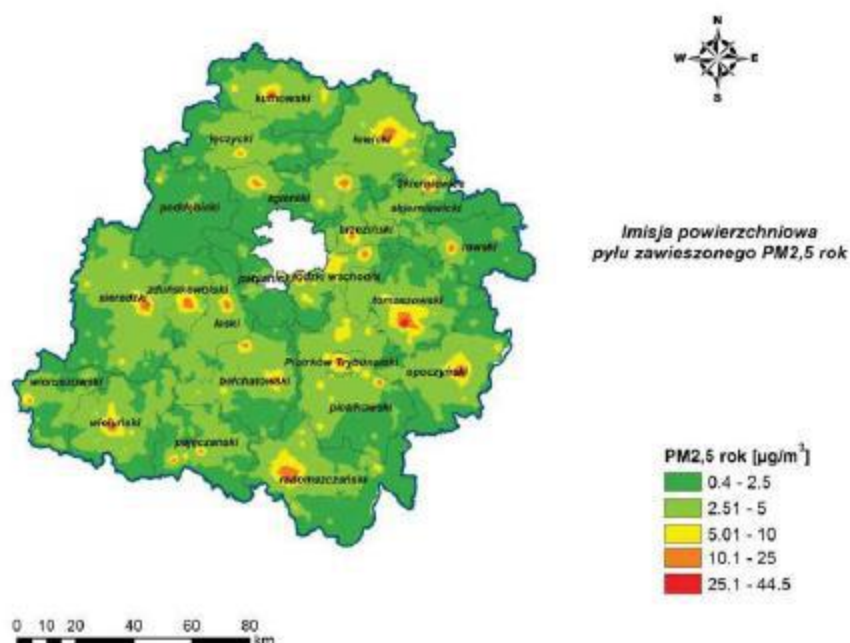


Źródło: Opracowanie B.S. I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 44. Stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji punktowej w 2014 r.

8.3.2. Stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 pochodzące z emisji powierzchniowej

Stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy na obszarach pozamiejskich strefy w 2014 r. dochodziły do $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (20% poziomu dopuszczalnego). Wyższe stężenia występowały w miastach, gdzie w kilku przypadkach przekraczały nawet poziom dopuszczalny – m.in. w Tomaszowie Mazowieckim, Opocznie, Radomsku. Najwyższe stężenia z emisji powierzchniowej na terenie strefy łódzkiej wystąpiły w Tomaszowie Mazowieckim – $44,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gdzie przekroczyły poziom dopuszczalny o 78%.

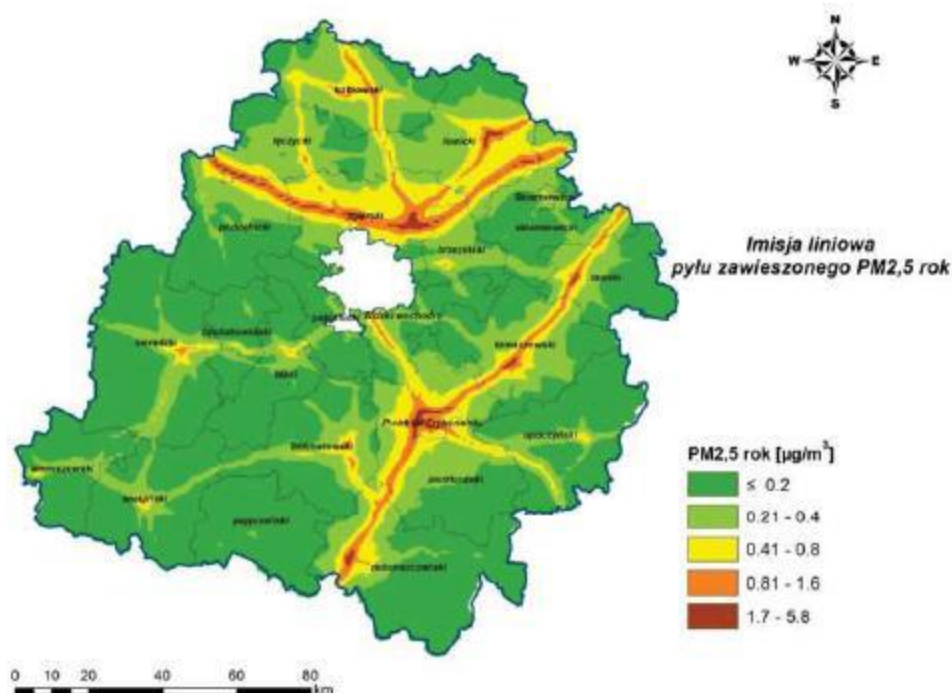


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 45. Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji powierzchniowej w 2014 r.

8.3.3. Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} pochodzące z emisji liniowej

Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} kształtowane przez emisję liniową na przeważającym obszarze strefy w 2014 r. dochodziły do 0,4 µg/m³ (1,6% poziomu dopuszczalnego). Wyższe stężenia występowały wzdłuż głównych arterii komunikacyjnych (autostrady A2, autostrady A1 oraz dróg krajowych: S8, nr 91, nr 14), a także w rejonie głównych węzłów drogowy – w Strykowie, w Radomsku oraz w Piotrkowie Trybunalskim. Najwyższe stężenia na terenie strefy wystąpiły na terenie Radomska, gdzie wyniosły 5,8 µg/m³, co stanowiło 23% poziomu dopuszczalnego.

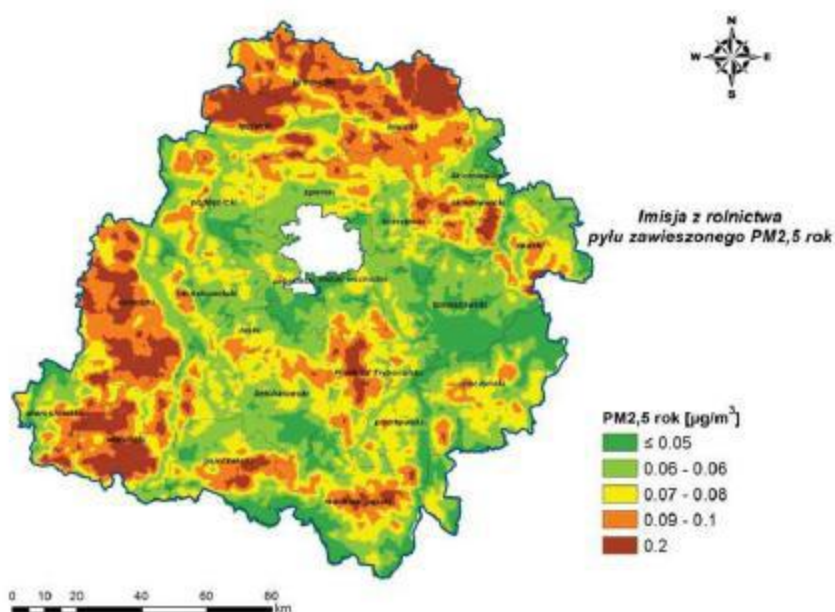


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 46. Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji liniowej w 2014 r.

8.3.4. Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} pochodzące z rolnictwa

Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} z emisji z rolnictwa na terenie strefy łódzkiej w 2014 r. nie osiągały wysokich wartości. Najwyższe wartości – 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,8% poziomu dopuszczalnego) występowały w północnej i zachodniej części strefy.

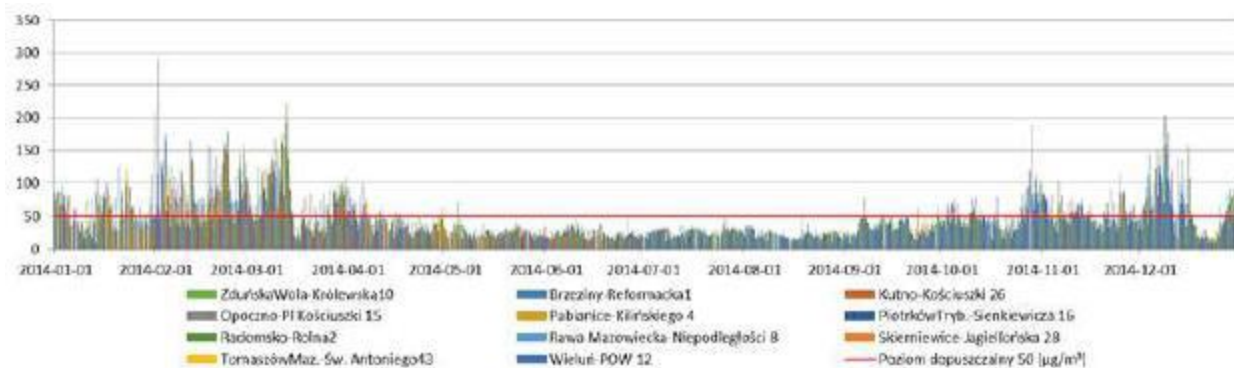


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 47. Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji z rolnictwa w 2014 r.

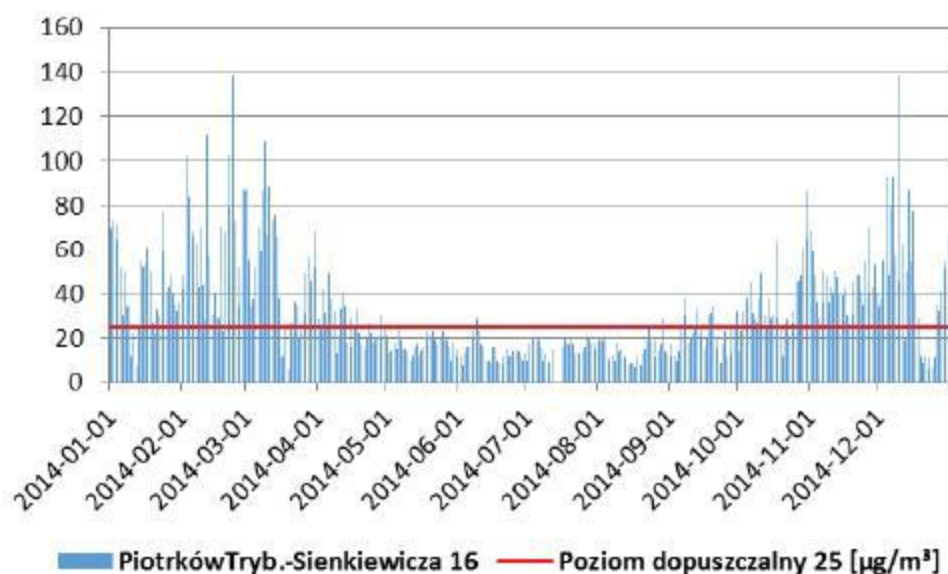
8.4. Warunki meteorologiczne - wpływ sezonu grzewczego w 2014 r.

W celu ustalenia przyczyn występowania przekroczeń poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM10 w strefie łódzkiej dokonano analizy przebiegów stężeń średnich dobowych tego zanieczyszczenia na stanowiskach pomiarów manualnych w strefie.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 48. Roczny przebieg średnich dobowych wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 na stanowiskach pomiarów manualnych w strefie łódzkiej w 2014 r.

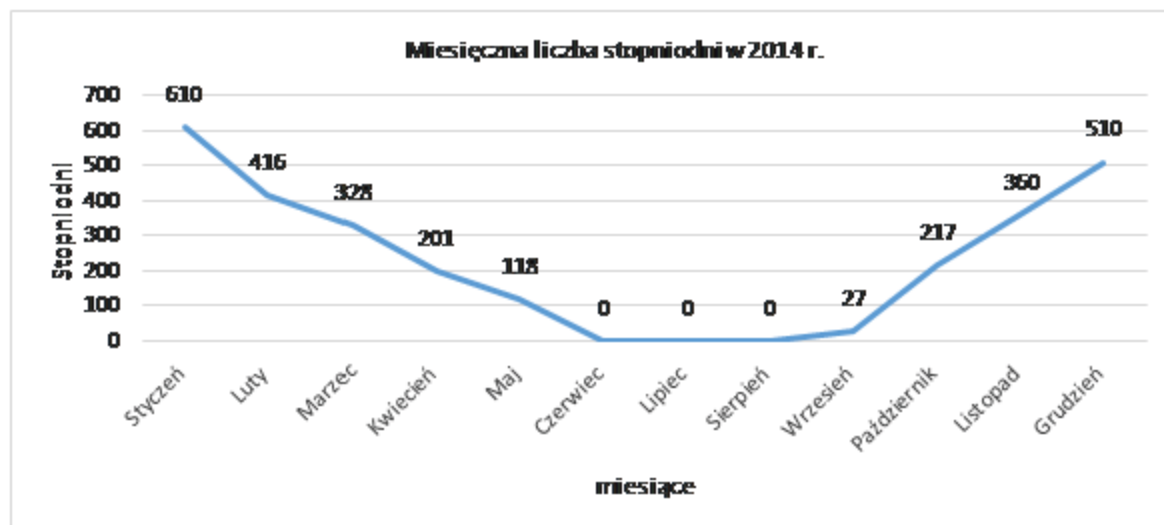


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 49. Roczny przebieg średnich dobowych wartości stężeń pyłu zawieszonego PM2,5 na stanowisku pomiarów manualnych w strefie łódzkiej w 2014 r.

Tabela 30. Liczba stopniodni grzewczych w 2014 roku – wg danych Veolia Energia Łódź

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma
Liczba stopniodni grzania	610	416	328	201	118	0	0	0	27	217	360	510	2 788



Rys. 50. Przebieg zmian liczby stopniodni grzania w 2014 roku – na podstawie danych z Veolia Energia Łódź S.A.

Na wszystkich stanowiskach pomiarów manualnych podwyższone wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 występowały w miesiącach zimowych, kiedy to wielokrotnie znacznie przekraczały poziom dopuszczalny. Można zatem założyć, że odpowiedzialna jest za nie przede wszystkim tzw. niska emisja z systemów grzewczych, związana z sektorem bytowo-komunalnym. W okresie zimowym częstym zjawiskiem są ponadto szczególnie niekorzystne scenariusze meteorologiczne. Warunki meteorologiczne są bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na jakość powietrza, decydującym o tempie rozpraszania się zanieczyszczeń. Niekorzystne scenariusze meteorologiczne mogą wpływać na długotrwałe utrzymywanie się substancji na danym terenie i powodować ich wysokie kumulacje. Najmniej korzystne warunki wiążą się z niską temperaturą powietrza i czasem jej trwania, co skutkuje wzmożoną emisją z systemów grzewczych. Dodatkowo negatywny wpływ na poziom stężeń mają niskie prędkości wiatru, uniemożliwiające dyspersję zanieczyszczeń oraz niskie położenie warstwy mieszania i stan stały równowagi atmosfery, co oznacza stagnację lub niewielki ruch mas powietrza.

Stwierdzono, że na ogół w strefie łódzkiej wartości stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny przyjmowały wartości z zakresu 40-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (80%-100% normy), a na obszarach pozamiejskich kształtowały się na poziomie 1-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe wartości stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny w 2014 r. na wystąpiły w Tomaszowie Mazowieckim, gdzie ustalone je na poziomie 146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (292% poziomu dopuszczalnego).

Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy najwyższe wartości osiągnęły również w Tomaszowie Mazowieckim – 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (158% poziomu dopuszczalnego), a na pozostałych obszarach miejskich wyniosły ok. 5-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (12,5% - 100% poziomu dopuszczalnego).

Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny pochodzące z emisji liniowej najwyższe wartości na terenie strefy łódzkiej w 2014 r. osiągnęły wzdłuż autostrady A2, gdzie dochodziły do 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (90% poziomu dopuszczalnego). Stężenia średnie roczne dochodziły do 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (53% poziomu dopuszczalnego). Na mapie stężeń liniowych wyraźnie zaznacza się wpływ głównych arterii komunikacyjnych w województwie.

Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników 24 godziny pochodzące z emisji punktowej na przeważającym terenie strefy dochodziły do 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2% poziomu

dopuszczalnego). Stężenia średnie roczne na większości obszaru strefy łódzkiej zmieniały się w zakresie od $0,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Podwyższone stężenia wystąpiły w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł i mają zasięg wyłącznie lokalny. Podobnie kształtują się poziomy stężenie pyłu zawieszonego PM₁₀ z rolnictwa, które w odniesieniu do stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ o okresie uśredniania wyników 24 godziny dochodziły maksymalnie do $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6,6% poziomu dopuszczalnego), a stężenia średnie roczne do $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3,8% poziomu dopuszczalnego).

Dla obszarów leżących na granicy z województwem opolskim i śląskim oraz sąsiadujących z aglomeracją łódzką duży udział w stężeniach ma emisja napływowa dochodząca na granicy z aglomeracją łódzką do 70% poziomu dopuszczalnego. Natomiast dla większości obszaru poziom emisji napływowej stanowił do 40%. Stężenia średnioroczne wynosiły od 9% do 19% poziomu dopuszczalnego. Najwyższe występowały na granicy strefy z aglomeracją łódzką i wynosiły 47% poziomu standardu.

Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy na obszarach pozamiejskich strefy w 2014 r. dochodziły do $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (20% poziomu dopuszczalnego). Wyższe stężenia występowały w miastach, gdzie w kilku przypadkach przekraczały poziom dopuszczalny – m.in. w Tomaszowie Mazowieckim, Opocznie, Radomsku. Najwyższe stężenia z emisji powierzchniowej na terenie strefy łódzkiej wystąpiły w Tomaszowie Mazowieckim – $44,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gdzie przekroczyły poziom dopuszczalny o 78%.

Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} kształtowane przez emisję liniową na przeważającym obszarze strefy w 2014 r. dochodziły do $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1,6% poziomu dopuszczalnego). Wyższe stężenia występowały wzdłuż głównych arterii komunikacyjnych (autostrady A2, autostrady A1 oraz dróg krajowych: S8, nr 91, nr 14), a także w rejonie głównych węzłów drogowy – w Strykowie, w Radomsku oraz w Piotrkowie Trybunalskim. Najwyższe stężenia na terenie strefy wystąpiły na terenie Radomska, gdzie wyniosły $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co stanowiło 23% poziomu dopuszczalnego

Stężenia średnie roczne pyłu zawieszonego PM_{2,5} pochodzące od emisji punktowej na przeważającym obszarze strefy wyniosły do $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co odpowiadało 2% poziomu dopuszczalnego. Podwyższone stężenia występowały w bezpośrednim sąsiedztwie większych źródeł i miały zasięg wyłącznie lokalny.

Stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} z emisji z rolnictwa na terenie strefy łódzkiej w 2014 r. nie osiągały wysokich wartości. Najwyższe wartości – $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,8% poziomu dopuszczalnego) występowały w północnej i zachodniej części strefy.

Napływ pyłu zawieszonego PM_{2,5} na strefie łódzkiej wynosił od 8 do $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe stężenia występowały na granicy z aglomeracją.

Mając na uwadze powyższe wyniki wyżej przedstawionych analiz stwierdzono, że emisja powierzchniowa (tzw. emisja niska) pochodząca ze spalania paliw stałych w budynkach sektora komunalno-bytowego nadal stanowi główne źródło zanieczyszczenia powietrza pyłem PM₁₀ i PM_{2,5} w strefie łódzkiej. Drugim typem emisji mającym duży udział w zanieczyszczeniu powietrza ma emisja liniowa (komunikacyjna). Emisja punktowa pochodząca ze źródeł przemysłowych strefy ma niewielki udział w zanieczyszczeniu strefy łódzkiej pyłem zawieszonym. Redukcja emisji ze źródeł punktowych zostanie znacznie ograniczona wskutek dostosowywania się instalacji do wymagań ostrzejszych standardów emisyjnych wynikających z dyrektywy Parlamentu i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 w sprawie emisji przemysłowych.

III. Analiza stanu zanieczyszczenia powietrza benzo(a)pirenem zawartym w pyłe zawieszonym PM10 w latach 2010-2012.

Główną przyczyną występowania przekroczeń poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 oraz poziomu docelowego benzo(a)pirenu zawartego w pyłe zawieszonym PM10 jest emisja powierzchniowa pochodząca ze spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym, a następnie emisja liniowa powstająca z ruchu pojazdów na drogach.

Wobec tych samych źródeł emisji odpowiedzialnych za występowanie przekroczeń Sejmik Województwa Łódzkiego określił wspólny program ochrony powietrza dotyczący tych substancji. W związku z tym, działania naprawcze programu określone po weryfikacji dokonanej w ramach aktualizacji programu ochrony powietrza przyjętego uchwałą Sejmiku Województwa z dnia 26 kwietnia 2013 roku służą zarówno osiągnięciu poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 oraz poziomu docelowego benzo(a)pirenu, za pomocą ekonomicznie uzasadnionych działań technicznych i technologicznych.

1. Pomiary stężeń benzo(a)pirenu w latach 2010-2012

Wykaz punktów pomiarowych i wyniki pomiarów stężeń benzo(a)pirenu w latach 2009 - 2012 przedstawia tabela 28 oraz rys. 51.

Tabela 31. Wyniki pomiarów na stanowiskach pomiaru benzo(a)pirenu zawartego w pyłe zawieszonym PM10 w strefie łódzkiej w latach 2009 – 2012 i 2014.

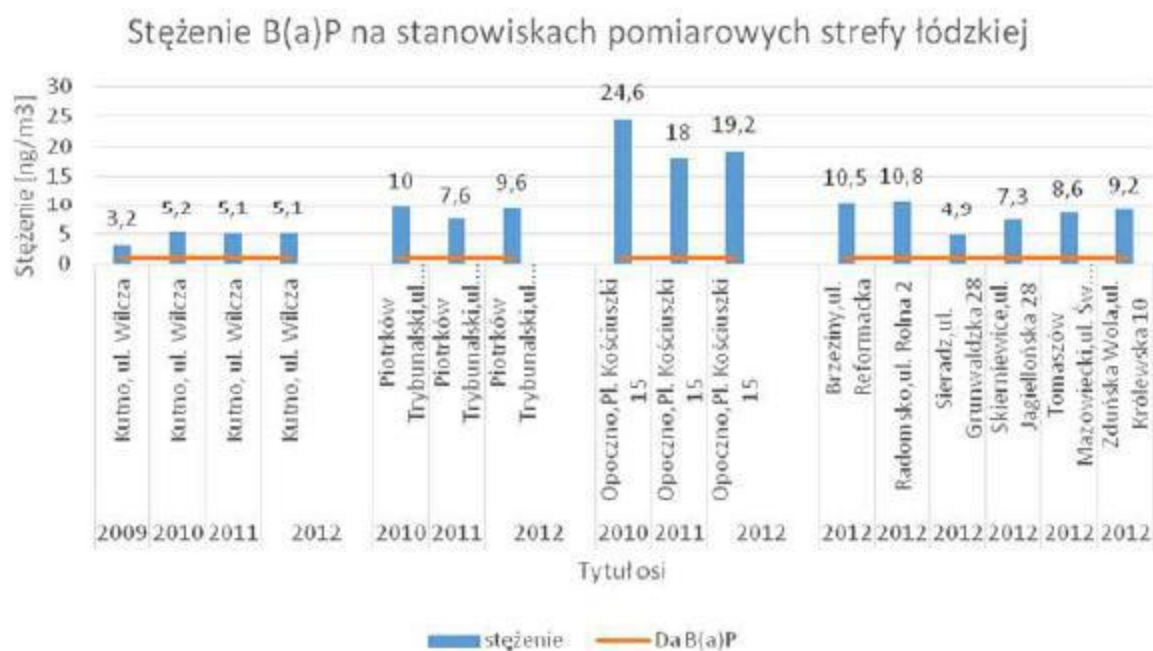
Stanowisko pomiarowe	Typ pomiaru ²⁾	Kod krajowy stacji	Współrzędne geograficzne stacji	POMIAR B(a)P rok [ng/m ³]
Pomiary w 2009 roku				
Kutno, ul. Wilcza	M	LdKutnoWIOSMWilcza	19°22'20" E 52°13'44" N	3,2
Pomiary w 2010 roku				
Kutno, ul. Wilcza	M	LdKutnoWIOSMWilcza	19°22'20" E 52°13'44" N	5,2
Piotrków Trybunalski, ul. Sienkiewicza 16	M	LdPiotrkWIOSMSienkie	19°41'19" E 51°24'28" N	10,0
Opoczno, Pl. Kościuszki 15	M	LdOpocznoWSSEMPIKosci	20°17'21" E 51°22'33" N	24,6
Pomiary w 2011 roku				
Kutno, ul. Wilcza	M	LdKutnoWIOSMWilcza	19°22'20" E 52°13'44" N	5,1
Piotrków Trybunalski, ul. Sienkiewicza 16	M	LdPiotrkWIOSMSienkie	19°41'19" E 51°24'28" N	7,6
Opoczno, Pl. Kościuszki 15	M	LdOpocznoWSSEMPIKosci	20°17'21" E 51°22'33" N	18,0
Łódź, ul. Rudzka 60 ¹	M	LdLodzWSSERudzka	19°26'05" E 51°42'20" N	7
Pomiary w 2012 roku				
Kutno, ul. Wilcza	M	LdKutnoWIOSMWilcza	19°22'20" E 52°13'44" N	5,1
Piotrków Trybunalski, ul. Sienkiewicza 16	M	LdPiotrkWIOSMSienkie	19°41'19" E 51°24'28" N	9,6
Opoczno, Pl. Kościuszki 15	M	LdOpocznoWSSEMPIKosci	20°17'21" E 51°22'33" N	19,2
Brzeziny, ul. Reformacka	M	LdBrzezWSSSEMReforma	19°45'21" E 51°47'52" N	10,5
Radomsko, ul. Rolna 2	M	LdRadomsWIOSMRolna2	19°26'53" E 51°04'04" N	10,8
Rawa Mazowiecka,	M	LdRawaMaWIOSMNiepodl	20°15'02" E	9,0

ul. Niepodległości 8			51°45'39" N	
Sieradz, ul. Grunwaldzka 28	M	LdSieradWSSEMGrunwal	18°44'06" E 51°35'32" N	4,9
Skierniewice, ul. Jagiellońska 28	M	LdSkiernWIOSMJagiell	20°08'46" E 51°57'34" N	7,3
Tomaszów Mazowiecki, ul. Św. Antoniego 43	M	LdTomaszWIOSMSwAnton	20°01'00" E 51°31'35" N	8,6
Zduńska Wola, ul. Królewska 10	M	ZdWolaWIOSMKrolews	18°56'24" E 51°36'05" N	9,2
Pomiary w 2014 roku				
Kutno, ul. Kościuszki 26	M	LdKutnoWIOSMKoscius	19°22'05,47" E 52°14'04,13" N	4
Piotrków Trybunalski, ul. Sienkiewicza 16	M	LdPiotrkWIOSMSienkie	19°41'19,30" E 51°24'28,24" N	7,1
Opoczno, Pl. Kościuszki 15	M	LdOpocznoWSSEMPIKosci	20°17'21,25" E 51°22'33,03" N	14,6
Brzeziny, ul. Reformacka	M	LdBrzezWSSEMR Reforma	19°45'20,77" E 51°47'52,13" N	9,1
Radomsko, ul. Rolna 2	M	LdRadomWIOSMRolna2	19°26'52,73" E 51°04'04,25" N	7,6
Rawa Mazowiecka, ul. Niepodległości 8	M	LdRawaMaWIOSMNiepodl	20°15'02,05" E 51°45'39,15" N	7,2
Sieradz, ul. Grunwaldzka 28	M	LdSieradWSSEMGrunwal	18°43'02,40" E 51°35'24,45" N	4
Tomaszów Mazowiecki, ul. Św. Antoniego 43	M	LdTomaszWIOSMSwAnton	20°01'00,43" E 51°31'34,53" N	9,8
Zduńska Wola, ul. Królewska 10	M	ZdWolaWIOSMKrolews	18°56'24,44" E 51°36'05,18" N	7,7
Wieluń, P.O.W. 12	M	LdWielunWIOSMPOW	18°34'54,58" E 51°13'04,18" N	5

¹⁾ przypisany danej stacji numer jest niepowtarzalny w całej tabeli niezależnie od roku, w którym dokonywano pomiarów;

²⁾ typ pomiaru oznaczono kodem literowym, gdzie litera A oznacza pomiar automatyczny zaś litera M oznacza pomiar manualny;

³⁾ stanowisko zlokalizowane w strefie aglomeracji łódzkiej.



Rys. 51. Wyniki pomiarów stężeń benzo(a)pirenu w latach 2009 -2012 ze stanowisk pomiarowych z wojewódzkiej sieci monitoringu jakości powietrza WIOŚ w Łodzi.

Jak wynika z pomiarów na wszystkich stanowiskach zostały znacznie przekroczone poziomy docelowe benzo(a)pirenu. Najwyższe stężenia 24,6 ng/m³ wystąpiły w 2010 roku na stanowisku pomiarowym w Opocznie, przy ul. Kościuszki 15 i były prawie 25 razy większe od poziomu dozwolonego, wynoszącego 1 ng/m³ i mimo tendencji spadkowych stężeń benzo(a)pirenu, powietrze w Opocznie jest jednym z najbardziej zanieczyszczonych w Polsce. Wysokie stężenia benzo(a)pirenu, ponad 10-krotnie przekraczające normę, odnotowano w Radomsku, Brzezinach i Piotrkowie Trybunalskim.

Roczne przebiegi zmienności stężeń średniodobowych B(a)P na stacjach pomiarowych wykazują na związek wysokich wartości stężeń B(a)P notowanych w miesiącach zimowych, co wyraźnie wskazuje na komunalne (ogrzewanie indywidualne) pochodzenie emisji benzo(a)pirenu. Przy niskich temperaturach wzrasta emisja z systemów grzewczych, co przy wystąpieniu dodatkowo niekorzystnych sytuacji meteorologicznych, takich jak cisze wiatrowe, niskie położenie warstwy inwersyjnej czy niża baryczne, utrudniających dyspersję zanieczyszczeń, może stać się główną przyczyną bardzo wysokich stężeń.

2. Modelowanie obszarów przekroczeń poziomu docelowego B(a)P w strefie łódzkiej

2.1. Ocena wiarygodności przeprowadzonych obliczeń modelowych w latach 2010-2012

Do ceny jakości powietrza w strefie łódzkiej i opracowania programów ochrony powietrza w celu osiągnięcia poziomu docelowego benzo(a)pirenu wykorzystano model Calpet Calpuff. Maksymalne odchylenie wartości zmierzonych od obliczonych w latach 2010-2012 było mniejsze od 60%, tj. dozwolonej niepewności modelowania określonej w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032) jak również we wcześniejszym rozporządzeniu Ministra Środowiska z 17 grudnia 2008 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2009 r. Nr 5, poz. 31).

Niepewność modelowania w latach 2010-2012 stężeń benzo(a)pirenu przedstawia poniższa tabela

Tabela 32. Niepewność modelowania w strefie łódzkiej w latach 2010 - 2012 r.

Kod stacji	B(a)P rok		
	pomiar [ng/m ³]	model [ng/m ³]	Bw (błąd względny) [%]
Niepewność modelowania w strefie łódzkiej w 2010 r.			
LdKutnoWIOSMWilcza	5,2	3,81	26,5
LdOpocznoWSSEMPIKosci	24,6	5,99	75,7
LdPiotrkWIOSMSienkie	10,0	7,53	24,8
Niepewność modelowania w strefie łódzkiej w 2011 r.			
LdKutnoWIOSMWilcza	5,1	4,5	12
LdOpocznoWSSEMPIKosci	18,0	3,0	83
LdPiotrkWIOSMSienkie	7,6	4,0	47
Niepewność modelowania w strefie łódzkiej w 2012 r.			

LdBrzezWIOSMReforma	10,5	4,6	56
LdKutnoWIOSMWilcza	5,1	5,5	8
LdOpocznoWIOSMPIKosci	4,5	4,5	0
LdPiotrkWIOSMSienkie	19,2	4,7	76
LdRadomswIOSMRolna2	7	3,5	49
LdRawaMaWIOSMKoscius	9,6	7,5	21
LdSieradwSSEMGrunwal	10,8	5,7	47
LdSkierzwIOSMWitaStw	9	5,5	39
LdTomaszwIOSMSwAnton	4,9	4,7	4
LdZdWolaWIOSMKrolews	7,3	3,9	47

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

W 2010 roku dla stanowisk w Kutnie oraz w Piotrkowie Trybunalskim uzyskano bardzo dobrą zgodność modelowania z pomiarami – znacznie poniżej wymaganych przepisami 60%.

Uzyskiwane z modelowania zbyt niskie wartości stężeń w stosunku do pomiarów, w szczególności w Opocznie, są spowodowane niemożnością wykonania pełnej inwentaryzacji emisji benzo(a)pirenu na terenie strefy. Brak jest jakichkolwiek danych dotyczących wykorzystywania drewna do ogrzewania, które w trakcie spalania emituje znaczące ilości B(a)P. Również spalanie odpadów powoduje znaczące emisje benzo(a)pirenu, a nie jest zawarte w inwentaryzacji emisji.

W 2011 roku analiza błędu względnego wskazuje na dobrą zgodność wyników modelowania z pomiarami w Kutnie oraz w Piotrkowie Trybunalskim. Podobnie jak w roku 2010 w Opocznie nie uzyskano wymaganej niepewności modelowania na poziomie do 60%, chociaż model wskazuje, że występują tam wysokie wartości B(a)P, trzykrotnie przekraczające poziom docelowy. Niższe wartości uzyskane z modelowania mogą wskazywać na pewne niedoszacowanie emisji powierzchniowej.

2012 rok Analiza błędu względnego wskazuje na dość dobrą zgodność wyników modelowania z pomiarami. Błąd względny na prawie wszystkich stanowiskach określony dla stężeń średniorocznych jest niższy od dopuszczalnej wartości 60%.

Jedynie w przypadku jednego punktu pomiarowego w Piotrkowie Trybunalskim wyniki modelowania wskazują na dość wysokie niedoszacowanie wartości B(a)P z modelowania.

Również w kilku innych miastach (Brzeziny, Sieradz, Skierniewice, Radomsko, Zduńska Wola) wyniki modelowania B(a)P wskazują na niedoszacowanie emisji powierzchniowej. Wiąże się to przede wszystkim z możliwym niedoszacowaniem emisji z indywidualnego ogrzewania jak i ze stosowaniem (głównie w mniejszych miejscowościach) gorszej niż zakładana jakość paliw.

2.2. Wykaz obszarów przekroczeń poziomu docelowego benzo(a)pirenu w strefie łódzkiej i ich charakterystyka

Poniżej w tabeli przedstawiono wykaz obszarów przekroczeń poziomu docelowego benzo(a)pirenu wyznaczonych modelowaniem wraz z ich charakterystyką.

Tabela 33. Wykaz obszarów przekroczeń poziomu docelowego benzo(a)pirenu i ich charakterystyka zidentyfikowane w latach 2010- 2012 roku.

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
2010 rok					
1	Ld10SldB(a)Pa01	obszar wiejski gminy miejsko-wiejskiej Aleksandrów Łódzki oraz obszar wiejski gminy Zgierz	-	-	179,2/7,8 tys./ 5,5
2	Ld10SldB(a)Pa02	obszar miejski i wiejski gminy Kutno oraz północno-zachodniej części gminy Krzyżanów	-	-	121,3/53,4 tys./ 8,0
3	Ld10SldB(a)Pa03	obszar wiejski gminy Pabianice, Lutomiersk i Ksawerów	-	-	139,1/15,5 tys./ 3,5
4	Ld10SldB(a)Pa04	obszar gmin: Wolbórz, Sulejów, Moszczenica, Grabica, Wola Krzysztoporska	-	-	252,2/19,2 tys./ 3,5
5	Ld10SldB(a)Pa05	obszar gmin: Opoczno, Sławno, Białaczów	-	-	162,8/28,6 tys./ 4,0
6	Ld10SldB(a)Pa06	Obszar wiejski gminy: Andrespol, Brójce, Rzgów	-	-	110/15,9 tys./ 4,0
2011 rok					
1	Ld11SldB(a)Pa01	gmina miejsko-wiejska Stryków	2,7	-**	35,3/4,4 tys./1,5/-/-
2	Ld11SldB(a)Pa02	gmina wiejska Nowosolna	5,5	-**	45,7/3,2tys./2,0/*
3	Ld11SldB(a)Pa03	gmina wiejska Brzeziny	2,2	-**	18,2/0,1tys./2,0/*
4	Ld11SldB(a)Pa04	gmina wiejska Rozprza	13,9	-**	54,1/5,5/1,1/*
2012 rok					
1	Ld12SldB(a)Pa01	Miasto Bełchatów Miejski	31,9	9,9	35,2 / 62,3 tys. /2,1 / *

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
1	Ld1 2SldB(a)Pa01	Gmina Bełchatów Rolniczy	15,5	-	105,2 / 5,6 tys. / 1,5 / *
		Gmina Drużbice Rolniczy	1,5	-	11,4 / 0,4 tys. / 1,2 / *
		Gmina Kleszczów Rolniczy	-	-	0,1 / 0,1 tys. / 1,1 / *
		Gmina Kluki Rolniczy	4,6	-	32,8 / 1,2 tys. / 1,4 / *
		Miasto Żelów Miejski	17,6	-	10,8 / 8,1 tys. / 2,2 / *
		Gmina Żelów Rolniczy	9,1	-	53,7 / 3,5 tys. / 1,5 / *
		Gmina Buczek Rolniczy	9,8	-	50,2 / 3,1 tys. / 1,3 / *
		Miasto Łask Miejski	62,6	9,4	14,9 / 18,5 tys. / 2,5 / *
		Gmina Łask Rolniczy	21,5	-	118,4 / 8,8 tys. / 1,9 / *
		Gmina Sędziejowice Rolniczy	10,8	-	43,3 / 2,9 tys. / 1,2 / *
		Gmina Wodzierady Rolniczy	0,4	-	3,0 / 0,1 tys. / 1,2 / *
		Miasto Łęczycza Miejski	15,9	6,7	9,0 / 15,8 tys. / 2,4 / *
		Gmina Łęczycza Rolniczy	14,6	-	74,6 / 4,8 tys. / 1,4 / *
		Gmina Daszyna Rolniczy	6,2	-	36,8 / 2,1 tys. / 1,2 / *
		Gmina Góra Świętej Małgorzaty Rolniczy	5,0	-	25,6 / 1,5 tys. / 1,3 / *
		Gmina Witonia Rolniczy	1,0	-	4,9 / 0,4 tys. / 1,1 / *
		Miasto Łowicz Miejski	92,4	29,4	23,2 / 29,2 tys. / 2,5 / *
		Gmina Łowicz Rolniczy	19,8	-	125,2 / 7,3 tys. / 2,0 / *
		Gmina Bielawy Rolniczy	0,0007	-	1,9 / 0,1 tys. / 1,1 / *
		Gmina Chąšno Rolniczy	9,8	-	71,8 / 3,3 tys. / 1,4 / *
Gmina Domaniewice Rolniczy	11,7	-	49,5 / 2,9 tys. / 1,3 / *		
Gmina Kiernozia Rolniczy	8,2	-	46,7 / 2,5 tys. / 1,3 / *		

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
1	Ld12SldB(a)Pa01	Gmina Kocierzew Południowy Rolniczy	11,9	-	92,2 / 4,6 tys. / 1,4 / *
		Gmina Łyszkowice Rolniczy	22,9	-	50,5 / 4,3 tys. / 1,4 / *
		Gmina Nieborów Rolniczy	24,2	-	102,8 / 9,2 tys. / 1,7 / *
		Gmina Zduny Rolniczy	9,7	-	42,0 / 2,4 tys. / 1,3 / *
		Gmina Andrespol Rolniczy	25,9	-	23,6 / 11,0 tys. / 2,9 / *
		Gmina Brójce Rolniczy	14,5	-	68,0 / 5,1 tys. / 1,6 / *
		Miasto Koluszki Miejski	31,0	2,8	9,8 / 13,3 tys. / 2,3 / *
		Gmina Koluszki Rolniczy	17,8	-	87,0 / 7,8 tys. / 1,8 / *
		Gmina Nowosolna Rolniczy	6,4	-	53,9 / 3,3 tys. / 2,1 / *
		Miasto Rzgów Miejski	12,1	5,8	16,9 / 3,4 tys. / 2,2 / *
		Gmina Rzgów Rolniczy	22,7	-	49,0 / 2,9 tys. / 2,0 / *
		Miasto Tuszyń Miejski	20,7	3,8	23,2 / 3,0 tys. / 2,0 / *
		Gmina Tuszyń Rolniczy	6,8	-	49,7 / 2,1 tys. / 1,7 / *
		Gmina Mniszków Rolniczy	0,5	-	3,5 / 0,2 tys. / 1,2 / *
		Gmina Dłutów Rolniczy	0,4	-	3,7 / 0,2 tys. / 1,2 / *
		Gmina Dobroń Rolniczy	15,3	-	63,0 / 5,2 tys. / 1,7 / *
		Gmina Ksawerów Rolniczy	7,6	-	13,6 / 7,0 tys. / 2,4 / *
		Gmina Lutomiernik Rolniczy	8,5	-	49,1 / 3,7 tys. / 1,4 / *
		Gmina Pabianice Rolniczy	9,5	-	68,6 / 4,5 tys. / 1,6 / *
		Miasto Działoszyn Miejski	10,3	-	5,1 / 6,2 tys. / 3,2 / *
Gmina Działoszyn Rolniczy	15,4	-	95,4 / 6,2 tys. / 2,2 / *		
Gmina Nowa Brzeźnica Rolniczy	8,6	-	41,2 / 2,0 tys. / 1,3 / *		

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
1	Ld12SldB(a)Pa01	Miasto Pajęczno Miejski	22,3	-	20,3 / 3,0 tys. / 2,6 / *
		Gmina Pajęczno Rolniczy	11,1	-	81,0 / 4,6 tys. / 1,5 / *
		Gmina Rząśnia Rolniczy	10,5	-	56,2 / 3,6 tys. / 1,5 / *
		Gmina Siemkowice Rolniczy	1,2	-	9,3 / 0,5 tys. / 1,2 / *
		Gmina Strzelce Wielkie Rolniczy	12,0	-	67,7 / 4,5 tys. / 1,4 / *
		Gmina Sulmierzyce Rolniczy	8,7	-	49,1 / 3,6 tys. / 1,4 / *
		Gmina Aleksandrów Rolniczy	-	-	0,1 / 0,1 tys. / 1,1 / *
		Gmina Czarnocin Rolniczy	8,0	-	33,0 / 2,3 tys. / 1,4 / *
		Gmina Gorzkowice Rolniczy	20,1	-	60,3 / 7,0 tys. / 1,6 / *
		Gmina Grabica Rolniczy	13,8	-	81,7 / 4,7 tys. / 1,8 / *
		Gmina Łęki Szlacheckie Rolniczy	0,3	-	4,2 / 0,1 tys. / 1,2 / *
		Gmina Moszczenica Rolniczy	45,1	-	104,1 / 12,3 tys. / 1,6 / *
		Gmina Ręčno Rolniczy	1,1	-	7,1 / 0,2 tys. / 1,3 / *
		Gmina Rozprza Rolniczy	25,2	-	128,8 / 10,5 tys. / 1,9 / *
		Miasto Sulejów Miejski	14,6	-	18,2 / 5,5 tys. / 2,0 / *
		Gmina Sulejów Rolniczy	17,7	-	105,9 / 6,7 tys. / 2,1 / *
		Gmina Wola Krzysztoporska Rolniczy	30,2	-	145,4 / 10,3 tys. / 1,7 / *
		Miasto Wolbórz Miejski	5,4	-	13,0 / 1,8 tys. / 1,8 / *
		Gmina Wolbórz Rolniczy	9,0	-	73,5 / 3,6 tys. / 1,4 / *
		Miasto Radomsko Miejski	103,1	-	50,3 / 48,6 tys. / 3,3 / 10,8
Gmina Radomsko Rolniczy	17,8	-	83,9 / 5,5 tys. / 2,2 / *		
Gmina Dobryczyce Rolniczy	10,2	-	42,4 / 3,4 tys. / 2,0 / *		

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
1	Ld12SldB(a)Pa01	Gmina Gidle Rolniczy	14,4	-	96,1 / 5,6 tys. / 1,7 / *
		Gmina Gornice Rolniczy	9,7	-	60,5 / 5,9 tys. / 1,4 / *
		Miasto Kamieńsk Miejski	9,0	-	10,6 / 2,7 tys. / 1,6 / *
		Gmina Kamieńsk Rolniczy	4,2	-	15,9 / 1,4 tys. / 1,4 / *
		Gmina Kobbiele Wielkie Rolniczy	10,4	-	101,0 / 4,5 tys. / 1,4 / *
		Gmina Kodrąb Rolniczy	10,7	-	90,1 / 4,4 tys. / 1,5 / *
		Gmina Lgota Wielka Rolniczy	11,5	-	57,9 / 4,1 tys. / 1,4 / *
		Gmina Ładzice Rolniczy	14,0	-	76,3 / 4,6 tys. / 2,0 / *
		Gmina Masłowice Rolniczy	8,0	-	59,2 / 2,5 tys. / 1,4 / *
		Miasto Przedbórz Miejski	8,0	-	5,5 / 3,7 tys. / 1,6 / *
		Gmina Przedbórz Rolniczy	0,4	-	5,1 / 0,1 tys. / 1,4 / *
		Gmina Wielgomłyny Rolniczy	7,8	-	49,3 / 2,3 tys. / 1,3 / *
		Gmina Żytno Rolniczy	6,6	-	76,2 / 2,1 tys. / 1,3 / *
		Miasto Sieradz Rolniczy	62,1	-	51,3 / 44,6 tys. / 3,3 / 4,9
		Gmina Sieradz Rolniczy	12,9	-	81,2 / 4,6 tys. / 1,5 / *
		Gmina Błaszki Rolniczy	0,2	-	2,5 / 0,2 tys. / 1,2 / *
		Gmina Warta Rolniczy	0,2	-	2,9 / 0,1 tys. / 1,2 / *
		Gmina Wróblew Rolniczy	9,3	-	41,1 / 2,5 tys. / 1,2 / *
		Gmina Bolimów Rolniczy	3,3	-	16,0 / 0,9 tys. / 1,3 / *
		Gmina Głuchów Rolniczy	-	-	11,7 / 0,7 tys. / 1,1 / *
		Gmina Godzianów Rolniczy	5,5	-	32,6 / 2,1 tys. / 1,3 / *
Gmina Lipce Reymontowskie Rolniczy	7,3	-	36,6 / 2,8 tys. / 1,4 / *		

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
1	Ld1 2SldB(a)Pa01	Gmina Maków Rolniczy	8,4	-	40,1 / 3,5 tys. / 1,5 / *
		Gmina Nowy Kawęczyn Rolniczy	0,2	-	1,5 / 0,1 tys. / 1,1 / *
		Miasto Skierniewice Miejski	91,9	-	34,6 / 48,6 tys. / 2,6 / 7,3
		Gmina Skierniewice Rolniczy	13,0	-	81,8 / 4,8 tys. / 1,6 / *
		Gmina Słupia Rolniczy	6,0	-	32,3 / 2,3 tys. / 1,3 / *
		Miasto Tomaszów Mazowiecki Miejski	78,0	-	41,8 / 67,3 tys. / 3,4 / 8,6
		Gmina Tomaszów Mazowiecki Rolniczy	29,3	-	98,8 / 7,4 tys. / 2,5 / *
		Gmina Będków Rolniczy	9,1	-	47,1 / 3,1 tys. / 1,3 / *
		Gmina Czerniewice Rolniczy	0,001	-	1,9 / 0,1 tys. / 1,2 / *
		Gmina Inowódz Rolniczy	3,6	-	25,8 / 1,0 tys. / 1,4 / *
		Gmina Lubochnia Rolniczy	15,3	-	91,6 / 6,1 tys. / 2,3 / *
		Gmina Rokiciny Rolniczy	14,3	-	52,8 / 4,1 tys. / 1,3 / *
		Gmina Ujazd Rolniczy	19,4	-	45,7 / 6,0 tys. / 1,5 / *
		Gmina Pątnów Rolniczy	1,9	-	21,5 / 1,5 tys. / 1,3 / *
		Miasto Zduńska Wola Miejski	45,8	-	24,6 / 44,8 tys. / 2,4 / 9,2
		Gmina Zduńska Wola Rolniczy	25,2	-	65,3 / 8,2 tys. / 1,5 / *
		Gmina Szadek Rolniczy	0,05	-	2,0 / 0,2 tys. / 1,1 / *
		Gmina Zapolice Rolniczy	4,0	-	21,9 / 1,5 tys. / 1,3 / *
		Miasto Głowno Miejski	85,1	17,0	18,7 / 15,1 tys. / 2,8 / *
		Gmina Głowno Rolniczy	5,7	-	46,5 / 2,4 tys. / 1,5 / *
Miasto Ozorków Miejski	23,3	7,5	14,7 / 20,9 tys. / 1,9 / *		
Gmina Ozorków Rolniczy	17,1	-	69,7 / 5,2 tys. / 1,5 / *		

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
1	Ld1 2SldB(a)Pa01	Część wiejska gminy miejsko-wiejskiej Aleksandrów Łódzki Rolniczy	5,8	-	42,5 / 3,1 tys. / 1,7 / *
		Gmina Parzęczew Rolniczy	6,3	-	37,3 / 2,2 tys. / 1,5 / *
		Miasto Stryków Miejski	9,8	-	8,6 / 3,6 tys. / 1,9 / *
		Gmina Stryków Rolniczy	21,3	-	129,6 / 7,5 tys. / 1,8 / *
		Gmina Zgierz Rolniczy	17,8	-	111,4 / 7,3 tys. / 1,9 / *
		Miasto Brzeziny Miejski	28,1	2,4	21,5 / 11,9 tys. / 2,4 / 10,5
		Gmina Brzeziny Rolniczy	10,6	-	80,7 / 4,3 tys. / 1,8 / *
		Gmina Dmosin Rolniczy	5,0	-	24,4 / 1,6 tys. / 1,5 / *
		Gmina Jeżów Rolniczy	4,1	-	16,2 / 1,3 tys. / 1,4 / *
		Gmina Rogów Rolniczy	11,3	-	58,9 / 4,5 tys. / 1,5 / *
		Miasto Piotrków Trybunalski Miejski	103,8	-	68,6 / 77,4 tys. / 5,5 / 9,6
2	Ld1 2SldB(a)Pa02	Miasto Wieluń Miejski	22,1	9,1	16,3 / 24,5 tys. / 2,6 / -*
		Gmina Wieluń Rolniczy	20,9	-	82,3 / 6,7 tys. / 2,2 / -*
		Miasto Wieruszów Miejski	14,5	-	6,0 / 8,8 tys. / 1,9 / -*
		Gmina Wieruszów Rolniczy	13,4	-	76,5 / 4,5 tys. / 1,7 / -*
		Gmina Biała Rolniczy	13,1	-	55,7 / 4,1 tys. / 1,4 / -*
		Gmina Czarnożyły Rolniczy	10,9	-	47,3 / 3,3 tys. / 1,4 / -*
		Gmina Mokrsko Rolniczy	15,0	-	76,8 / 5,4 tys. / 1,7 / -*
		Gmina Pątnów Rolniczy	12,8	-	45,6 / 3,1 tys. / 1,5 / -*
		Gmina Skomlin Rolniczy	7,5	-	32,9 / 2,3 tys. / 1,5 / -*
		Gmina Wierzchnas Rolniczy	14,9	-	59,4 / 4,2 tys. / 1,6 / -*
		Gmina Bolesławiec Rolniczy	10,3	-	46,2 / 3,2 tys. / 1,4 / -*
		Gmina Czastary Rolniczy	9,2	-	37,1 / 2,5 tys. / 1,4 / -*

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
2	Ld1 2SldB(a)Pa02	Gmina Galewice Rolniczy	15,5	-	46,2 / 3,2 tys. / 1,5 / -*
		Gmina Łubnice Rolniczy	11,7	-	46,1 / 3,2 tys. / 1,5 / -*
		Gmina Sokolniki Rolniczy	15,1	-	49,1 / 3,1 tys. / 1,5 / -*
3	Ld1 2SldB(a)Pa03	Miasto Opoczno Miejski	54,4	-	24,1 / 22,6 tys. / 6,1 / 19,2
		Gmina Opoczno Rolniczy	20,5	-	102,9 / 8,9 tys. / 2,6 / *
		Gmina Białaczów Rolniczy	11,1	-	60,2 / 3,5 tys. / 1,5 / *
		Gmina Paradyż Rolniczy	2,3	-	9,1 / 0,5 tys. / 1,2 / *
		Gmina Sławno Rolniczy	3,3	-	15,5 / 1,1 tys. / 1,2 / *
		Gmina Żarnów Rolniczy	1,2	-	3,3 / 0,2 tys. / 1,3 / *
4	Ld1 2SldB(a)Pa04	Miasto Kutno Rolniczy	58,9	-	34,9 / 48,6 tys. / 3,3 / 5,1
		Gmina Kutno Rolniczy	18,7	-	79,1 / 6,0 tys. / 1,4 / *
		Gmina Krośnice Rolniczy	0,6	-	3,7 / 1,0 tys. / 1,2 / *
		Gmina Krzyżanów Rolniczy	2,4	-	18,9 / 1,1 tys. / 1,2 / *
		Gmina Łanięta Rolniczy	-	-	0,1 / 0,1 tys. / 1,1 / *
		Gmina Oporów Rolniczy	1,5	-	8,3 / 0,3 tys. / 1,2 / *
		Gmina Strzelce Rolniczy	4,0	-	27,0 / 1,6 tys. / 1,3 / *
5	Ld1 2SldB(a)Pa05	Miasto Rawa Mazowiecka Miejski	23,8	6,9	14,9 / 17,1 tys. / 2,7 / 9,0
		Gmina Rawa Mazowiecka Rolniczy	7,3	-	50,7 / 2,9 tys. / 1,4 / *
		Gmina Cielądz Rolniczy	0,01	-	0,3 / 0,1 tys. / 1,1 / *
		Gmina Regnów Rolniczy	0,0007	-	0,1 / 0,1 tys. / 1,1 / *
		Gmina Czerniewice Rolniczy	-	-	3,3 / 0,2 tys. / 1,1 / *

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
6	Ld1 2SldB(a)Pa06	Gmina Rusiec Rolniczy	22,0	-	34,0 / 2,2 tys. / 1,6 / -*
		Gmina Szczerców Rolniczy	13,3	-	25,2 / 3,5 tys. / 1,8 / -*
		Gmina Widawa Rolniczy	1,3	-	5,5 / 0,5 tys. / 1,2 / -*
7	Ld1 2SldB(a)Pa07	Miasto Błaszki Miejski	4,2	-	1,7 / 2,3 tys. / 1,6 / -*
		Gmina Błaszki Rolniczy	14,9	-	62,2 / 4,6 tys. / 1,3 / -*
8	Ld1 2SldB(a)Pa08	Miasto Żychlin Miejski	23,9	-	8,4 / 9,2 tys. / 1,7 / -*
		Gmina Żychlin Rolniczy	14,4	-	16,4 / 0,8 tys. / 1,6 / -*
		Gmina Bedlno Rolniczy	3,9	-	14,1 / 1,1 tys. / 1,4 / -*
		Gmina Oporów Rolniczy	-	-	0,8 / 0,1 tys. / 1,1 / -*
9	Ld1 2SldB(a)Pa09	Miasto Krośniewice Miejski	10,6	-	4,2 / 4,7 tys. / 1,8 / -*
		Gmina Krośniewice Rolniczy	2,1	-	15,2 / 4,5 tys. / 1,3 / -*
		Gmina Nowe Ostrowy Rolniczy	0,3	-	2,1 / 0,1 tys. / 1,2 / -*
10	Ld1 2SldB(a)Pa10	Gmina Grabów Rolniczy	4,8	-	14,5 / 1,1 tys. / 1,4 / -*
11	Ld1 2SldB(a)Pa11	Miasto Biała Rawska Miejski	21,1	-	5,9 / 2,7 tys. / 1,5 / -*
		Gmina Biała Rawska Rolniczy	0,6	-	5,7 / 0,3 tys. / 1,2 / -*
12	Ld1 2SldB(a)Pa12	Miasto Warta Miejski	1,3	-	4,7 / 2,6 tys. / 1,4 / -*
		Gmina Warta Rolniczy	1,4	-	5,8 / 0,4 tys. / 1,2 / -*
13	Ld1 2SldB(a)Pa13	Miasto Złoczew Miejski	7,0	-	8,3 / 3,0 tys. / 1,4 / -*
		Gmina Złoczew Rolniczy	0,2	-	2,0 / 0,1 tys. / 1,2 / -*
14	Ld1 2SldB(a)Pa14	Gmina Ostrówek Rolniczy	1,6	-	8,1 / 0,4 tys. / 1,3 / -*
15	Ld1 2SldB(a)Pa15	Gmina Widawa Rolniczy	3,4	-	6,9 / 0,5 tys. / 1,4 / -*
16	Ld1 2SldB(a)Pa16	Gmina Osjaków Rolniczy	3,2	-	6,7 / 0,4 tys. / 1,2 / -*
17	Ld1 2SldB(a)Pa17	Gmina Lututów Rolniczy	4,1	-	5,8 / 0,7 tys. / 1,5 / -*

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
18	Ld1 2SldB(a)Pa18	Miasto Szadek Miejski	4,0	-	3,3 / 1,5 tys. / 1,5 / -*
		Gmina Szadek Rolniczy	1,1	-	2,4 / 0,2 tys. / 1,2 / -*
19	Ld1 2SldB(a)Pa19	Gmina Głuchów Rolniczy	12,0	-	5,1 / 0,3 tys. / 1,3 / -*
20	Ld1 2SldB(a)Pa20	Miasto Drzewica Miejski	11,5	-	3,4 / 3,5 tys. / 1,5 / -*
		Gmina Drzewica Rolniczy	0,8	-	5,0 / 3,5 tys. / 1,2 / -*
21	Ld1 2SldB(a)Pa21	Miasto Poddębice Miejski	21,0	-	4,0 / 7,3 tys. / 1,8 / -*
		Gmina Poddębice Rolniczy	-	-	0,7 / 0,1 tys. / 1,2 / -*
22	Ld1 2SldB(a)Pa22	Gmina Głuchów Rolniczy	1,8	-	4,3 / 0,3 tys. / 1,3 / -*
23	Ld1 2SldB(a)Pa23	Gmina Burzenin Rolniczy	3,0	-	3,8 / 0,4 tys. / 1,4 / -*
24	Ld1 2SldB(a)Pa24	Gmina Drzewica Rolniczy	1,8	-	3,7 / 0,7 tys. / 1,2 / -*
25	Ld1 2SldB(a)Pa25	Miasto Uniejów Miejski	6,2	-	3,6 / 1,6 tys. / 1,6 / -*
		Gmina Uniejów Rolniczy	-	-	0,1 / 0,1 tys. / 1,1 / -*
26	Ld1 2SldB(a)Pa26	Gmina Brzeźnio Rolniczy	5,0	-	3,5 / 0,3 tys. / 1,3 / -*
27	Ld1 2SldB(a)Pa27	Gmina Witonia Rolniczy	2,6	-	3,4 / 0,3 tys. / 1,2 / -*
28	Ld1 2SldB(a)Pa28	Gmina Piątek Rolniczy	4,8	-	3,3 / 1,2 tys. / 1,4 / -*
29	Ld1 2SldB(a)Pa29	Gmina Dłutów Rolniczy	1,3	-	3,3 / 0,2 tys. / 1,3 / -*
30	Ld1 2SldB(a)Pa30	Gmina Rokiciny Rolniczy	1,3	-	3,2 / 0,1 tys. / 1,2 / -*
31	Ld1 2SldB(a)Pa31	Gmina Czerniewice Rolniczy	1,9	-	3,2 / 0,2 tys. / 1,2 / -*
32	Ld1 2SldB(a)Pa32	Gmina Nowa Brzeźnica Rolniczy	0,002	-	3,1 / 0,1 tys. / 1,2 / -*
33	Ld1 2SldB(a)Pa33	Gmina Kleszczów Rolniczy	1,5	-	3,1 / 0,1 tys. / 1,2 / -*
34	Ld1 2SldB(a)Pa34	Gmina Siemkowice Rolniczy	2,4	-	2,9 / 0,1 tys. / 1,3 / -*
35	Ld1 2SldB(a)Pa35	Gmina Siemkowice Rolniczy	1,3	-	2,9 / 0,1 tys. / 1,3 / -*

Nr	Kod	Lokalizacja i charakter obszaru	Emisja łączna B(a)P z obszaru przekroczeń [kg]	Emisja B(a)P w obszarze przekroczeń konieczna do obniżenia stężeń zgodnie ze scenariuszem naprawczym [kg]	Powierzchnia przekroczeń poziomu docelowego [km ²] / liczba ludności / stężenia z obliczeń [ng/m ³] / stężenia z pomiarów [ng/m ³]
36	Ld1 2SldB(a)Pa36	Gmina Mniszków Rolniczy	1,2	-	2,3 / 0,1 tys. / 1,2 / -*
37	Ld1 2SldB(a)Pa37	Gmina Głuchów Rolniczy	0,3	-	2,3 / 0,1 tys. / 1,2 / -*
38	Ld1 2SldB(a)Pa38	Gmina Sulejów Rolniczy	1,1	-	2,1 / 0,1 tys. / 1,3 / -*
39	Ld1 2SldB(a)Pa39	Gmina Kiełczygłów Rolniczy	2,3	-	2,1 / 0,1 tys. / 1,3 / -*
40	Ld1 2SldB(a)Pa40	Gmina Rzęczyca Rolniczy	2,8	-	2,0 / 0,2 tys. / 1,3 / -*

* brak stanowiska pomiarowego w obszarze przekroczeń,

** brak danych, z uwagi na zmianę przepisów w sprawie przepisów wprowadzających nowy podział województwa łódzkiego na strefy przepisów ustawy Prawo ochrony środowiska.

Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

3. Analiza przekroczeń poziomu docelowego benzo(a)pirenu

Analiza sytuacji przekroczeń poziomów docelowych benzo(a)pirenu wskazuje, że najwyższe stężenia, znacznie przekraczające poziom docelowy dla roku na wszystkich stacjach, występują w miesiącach zimowych, w sezonie grzewczym. Przy niskich temperaturach wzrasta emisja z systemów grzewczych, co przy wystąpieniu dodatkowo niekorzystnych sytuacji meteorologicznych, takich jak cisze wiatrowe, niskie położenie warstwy inwersyjnej czy niż baryczny, utrudniających dyspersję zanieczyszczeń, staje się główną przyczyną stężeń ponadnormatywnych.

3.1. Analiza rocznych przebiegów średnich dobowych wartości benzo(a)pirenu na wybranych stanowiskach pomiarowych w strefy łódzkiej w 2010 r.

Na podstawie wyników pomiarów z 2010r wyznaczono po dwa dni, w których wystąpiły wysokie wartości stężeń benzo(a)pirenu mierzonego na stacjach. Dla tych dni wyznaczono z pól meteorologicznych odpowiadającym poszczególnym stacjom następujące charakterystyki:

- prędkość i kierunek wiatru,
- klasę równowagi atmosfery,
- wysokość warstwy mieszania.

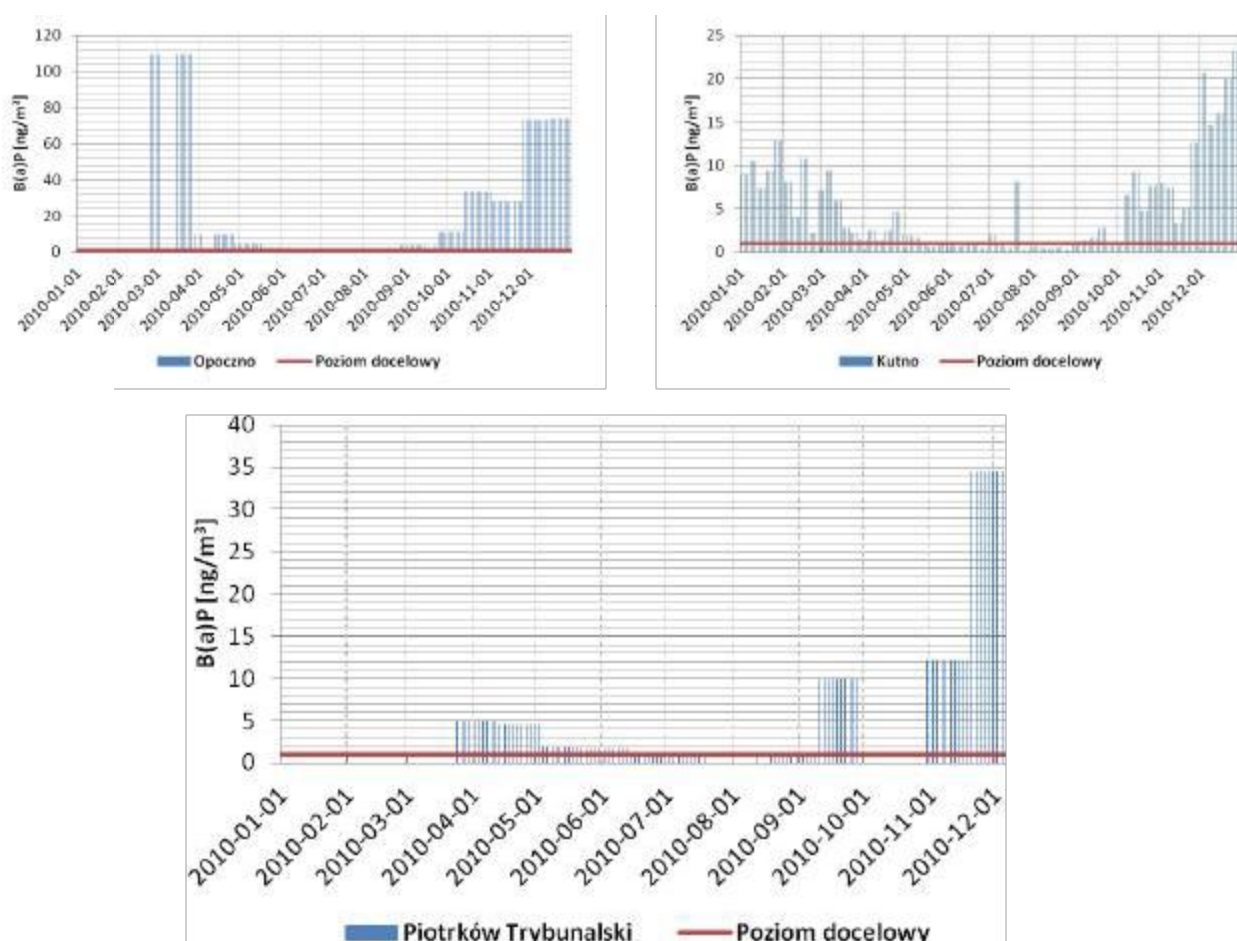
We wszystkich poniżej opisanych dniach prędkość wiatru była stosunkowo niska, co utrudniało rozpraszanie zanieczyszczeń. Przebiegi jednogodzinnych wartości prędkości wiatru, wyraźnie obrazują, iż w wyznaczonych dniach prędkości wiatru gwałtownie spadała.

Niska wysokość warstwy mieszania oznacza, że powietrze jest w stagnacji, ewentualnie mogą pojawić się niewielkie ruchy powietrza. Wówczas zanieczyszczenie jest utrzymywane blisko powierzchni ziemi. Natomiast wysoka wartość warstwy mieszania pozwala na mieszanie z wyższymi warstwami atmosfery. W omawianych dniach występowała najniższa możliwa wysokość warstwy mieszania, która ustalona jest na 50 m.

W analizowanych dniach pojawiają się 5 i 6 klasa równowagi atmosfery, czyli występuje inwersja temperatury. Warstwa inwersyjna nie pozwala na podniesienie się i rozproszenie smugi zanieczyszczeń, co powoduje ich kumulację w warstwie przyziemnej

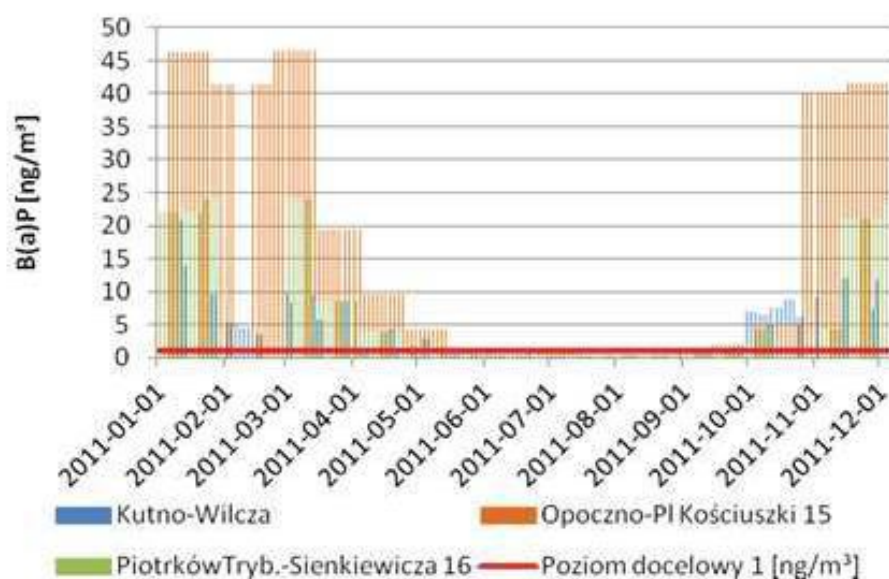
Tak więc poniższe analizy warunków meteorologicznych, w różnych miejscach w województwie, w dniach kiedy notowano wysokie wartości stężeń B(a)P wskazują, iż główną przyczyną notowania stężeń ponadnormatywnych benzo(a)pirenu jest połączenie występowania ogrzewania indywidualnego (okres grzewczy) ze specyficznymi warunkami pogodowymi tj.: niskie prędkości wiatru lub cisza, niska wysokość warstwy mieszania i występowanie klas równowagi atmosfery nie sprzyjających rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń.

Na poniższych rysunkach zaprezentowano wykresy przebiegu zmienności stężeń benzo(a)pirenu w ciągu roku na wybranych stanowiskach strefy łódzkiej, obejmujące lata 2010-2012.



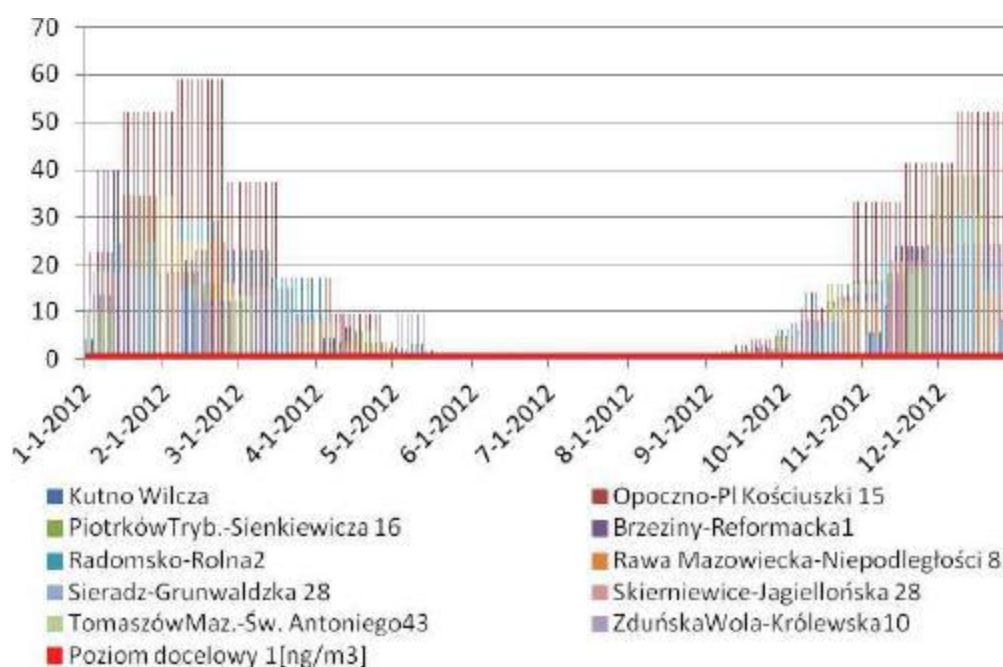
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 52. Roczny przebieg średnich dobowych wartości B(a)P na wybranych stanowiskach pomiarowych w strefy łódzkiej w 2010 r.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 53. Roczny przebieg średnich dobowych wartości B(a)P na wybranych stanowiskach pomiarowych w strefie łódzkiej w 2011 r.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

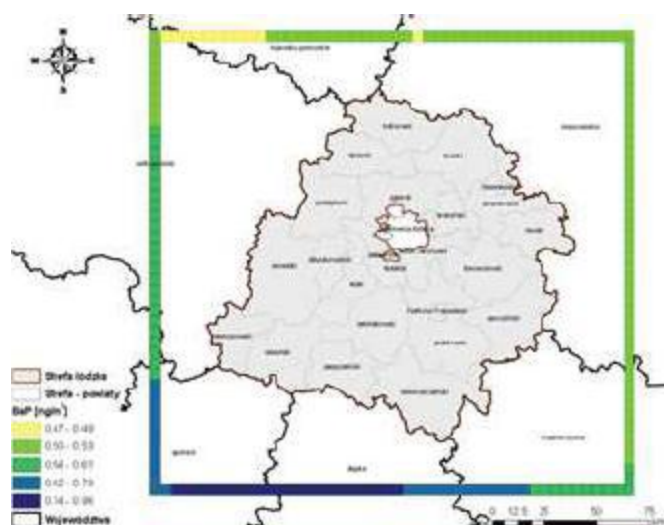
Rys. 54. Roczny przebieg średnich dobowych wartości B(a)P na wybranych stanowiskach pomiarowych w strefie łódzkiej w 2012 r.

3.2. Analiza danych emisyjnych z lat 2010-2012 i 2014 r.

Warunki brzegowe

Dla potrzeb Programu Ochrony Powietrza dla strefy łódzkiej w celu osiągnięcia poziomu docelowego benzo(a)pirenu z modelu CALPUFF wyłączono moduł przemian chemicznych, z uwagi na to, że B(a)P nie ulega takim przemianom. Natomiast włączono w modelu CALPUFF moduł stężeń brzegowych z czasową i przestrzenną zmiennością tła, w celu przeprowadzenia analizy obejmującej źródła emisji położone w innych województwach,

a nawet poza granicami kraju. Do wyznaczenia wartości w polu zewnętrznym wykorzystano wyniki ze stacji pomiarowych systemu EMEP lub modelu EMEP. Poniżej przedstawiono napływ benzo(a)pirenu, w postaci warunków brzegowych.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 55. Warunki brzegowe B(a)P dla strefy łódzkiej przyjęte do analiz w latach 2010-2012.

3.3. Bilanse emisji benzo(a)pirenu w strefie łódzkiej w latach 2010-2012

W obliczeniach emisji z napływowej i z terenu strefy uwzględniono emisję punktową, powierzchniową oraz liniową. Poniższa tabela przedstawia sumy emisji z poszczególnych typów źródeł.

Tabela 34. Bilans emisji benzo(a)pirenu w latach 2010 - 2012 roku.

Typ emisji	B(a)P [kg/rok]	Udział procentowy [%]
Sumy emisji napływowej dla strefy łódzkiej w 2010 r.		
punktowa z woj. łódzkiego h \geq 30m	71,09	1
punktowa z pasa 30 krr	91,21	2
powierzchniowa z pasa 30 km	4 797,5	94
liniowa z pasa 30 km	135,3	3
Sumy emisji ze strefy łódzkiej w 2010		
punktowa	808,3	20
powierzchniowa	3 070,7	77,4
liniowa	89,91	2,3
Sumy emisji napływowej dla strefy łódzkiej w 2011 r.		
punktowa z woj. łódzkiego h \geq 30m	185,6	4
punktowa z pasa 30 krr	91,2	2
powierzchniowa z pasa 30 km	4 034,8	91
liniowa z pasa 30 km	136,1	3
Sumy emisji ze strefy łódzkiej w 2011 r.		
punktowa	993,8	13
powierzchniowa	6639,1	86
liniowa	88,7	1%

Sumy emisji napływowej dla strefy łódzkiej w 2012 r.		
punktowa z woj. łódzkiego h \geq 30m	83	1,0
punktowa z pasa 30 km	108	1,3
powierzchniowa z pasa 30 km	4412	52,5
liniowa z pasa 30 km	184	2,2
Sumy emisji ze strefy łódzkiej w 2012 r		
punktowa	598.9	7,1
powierzchniowa	2 933.0	34,9
liniowa	86.0	1,0

Zródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Jak wynika z powyższego zestawienia emisji, największy udział ma emisja powierzchniowa z pasa 30 km wokół strefy i ze strefy łódzkiej, co jest związane z spalaniem paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. Udział emisji punktowej i liniowej w emisji ogólnej benzo(a)pirenu jest niewielki. Poprawiająca się z roku na rok jakość inwentaryzacji emisji jest jednym z istotnych czynników, mających wpływ na dokładność modelowania. Najmniejszy błąd modelowania uzyskano w 2012 roku, gdzie ocenie poddano 10 punktów pomiarowych B(a)P. W latach 2010-2011 pomiary stężeń benzo(a)pirenu prowadzono tylko na 3 stanowiskach.

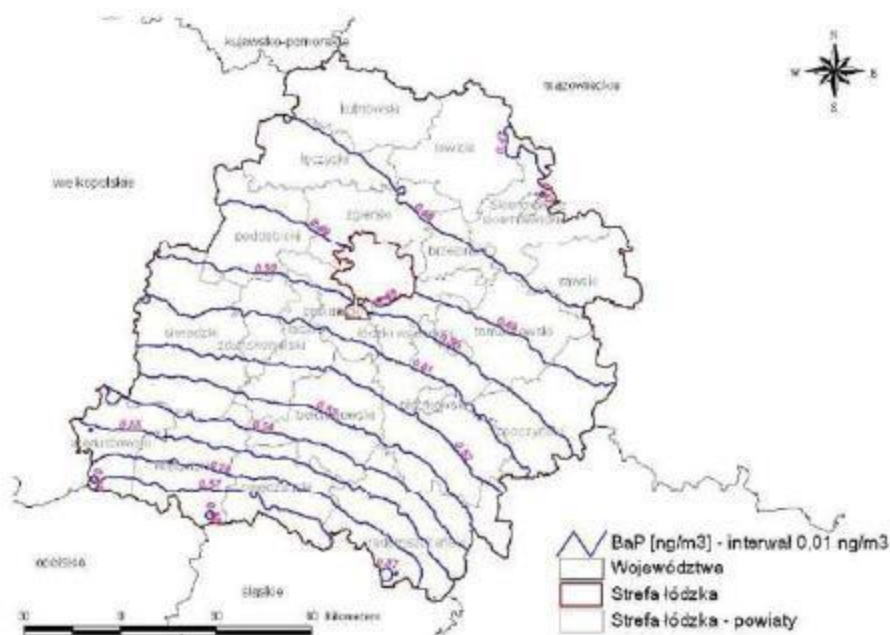
4. Analiza źródeł emisji i czynników mających wpływ na poziom stężeń benzo(a)pirenu

4.1. Stężenia substancji w powietrzu dla każdego rodzaju emisji wyznaczone na podstawie modelowania w latach 2010-2014.

2010 rok

Emisja napływowa benzo(a)pirenu na strefę łódzką

Na terenie strefy łódzkiej stężenia benzo(a)pirenu pochodzące z tła ponadregionalnego zmieniają się nieznacznie od wartości 0,47 ng/m³ w centralnej części strefy, do wartości 0,58 ng/m³ w południowej części strefy. Stężenia pochodzące z tła ponadregionalnego są wysokie, gdyż osiągają maksymalnie 58% poziomu docelowego.

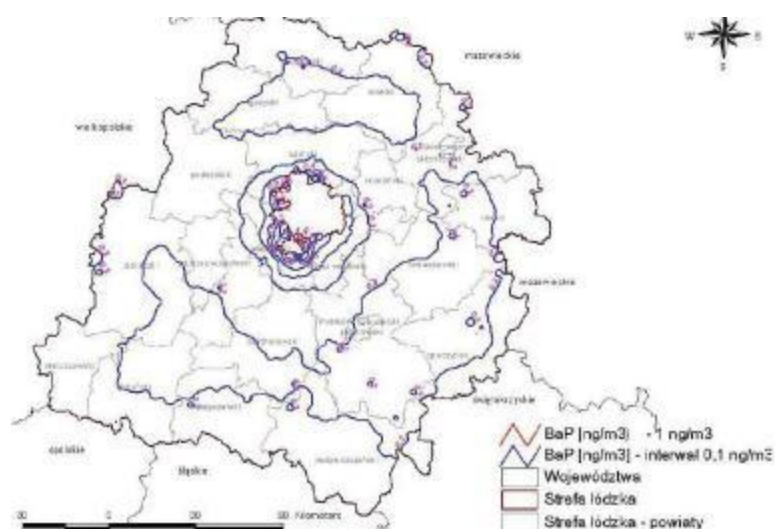


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 56. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników pomiarów rok kalendarzowy stanowiące tło ponadregionalne w strefie łódzkiej w 2010

Tło regionalne

Tło lokalne ze względu na swój lokalny charakter oddziaływania na terenie strefy łódzkiej, charakteryzuje się nieco znaczniejszym zróżnicowaniem przestrzennym stężeń benzo(a)pirenu w porównaniu do tła ponadregionalnego. Szczególnie widoczny jest wpływ aglomeracji łódzkiej na wartości tła regionalnego. Najniższe stężenia występują w środkowej części strefy i wynoszą $0,2 \text{ ng/m}^3$. Najwyższe stężenia tła regionalnego dochodzą do $1,4 \text{ ng/m}^3$, przekraczając tym samym poziom docelowy o 40%, występują w centralnej części strefy na granicy z aglomeracją łódzką.

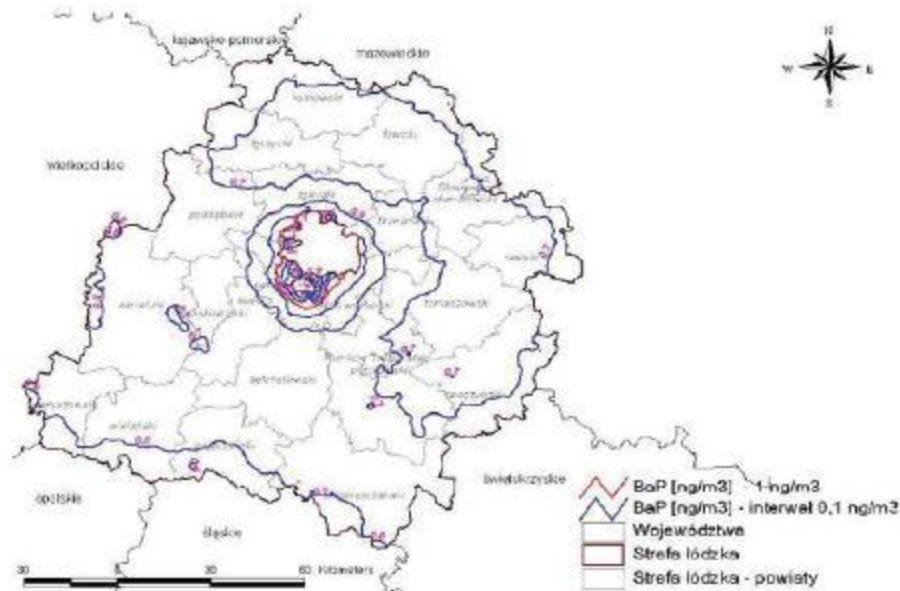


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 57. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników pomiarów rok kalendarzowy stanowiące tło regionalne w strefie łódzkiej w 2010 r.

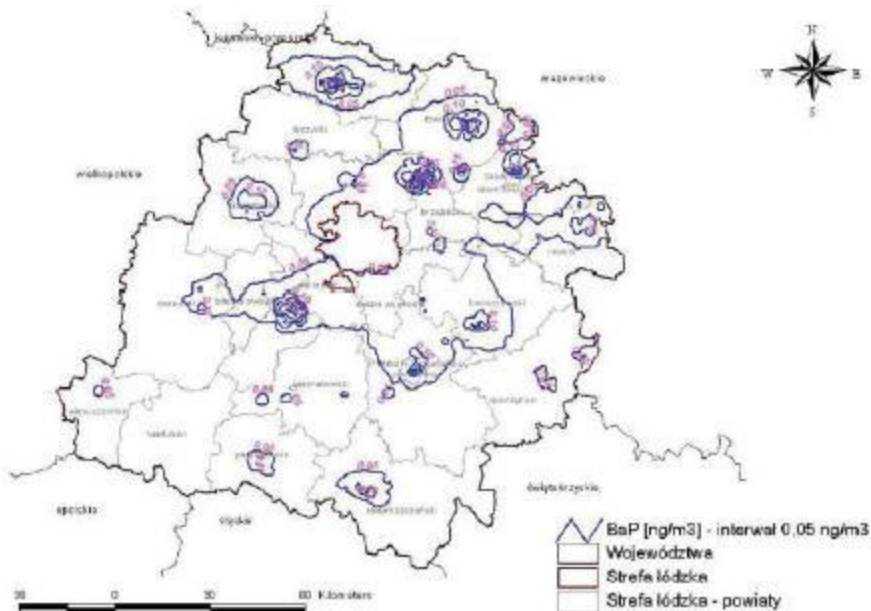
Tłó całkowite

Tłó całkowite w strefie łódzkiej wynosi od 0,7 ng/m³ do 1,9 ng/m³. Na przeważającym obszarze strefy wartości tła wynoszą od 0,7 ng/m³ do 0,8 ng/m³. Wzrost w wartościach tła występuje na granicy strefy z aglomeracją łódzką, która szczególnie mocno oddziałuje na stężenia tła w strefie.



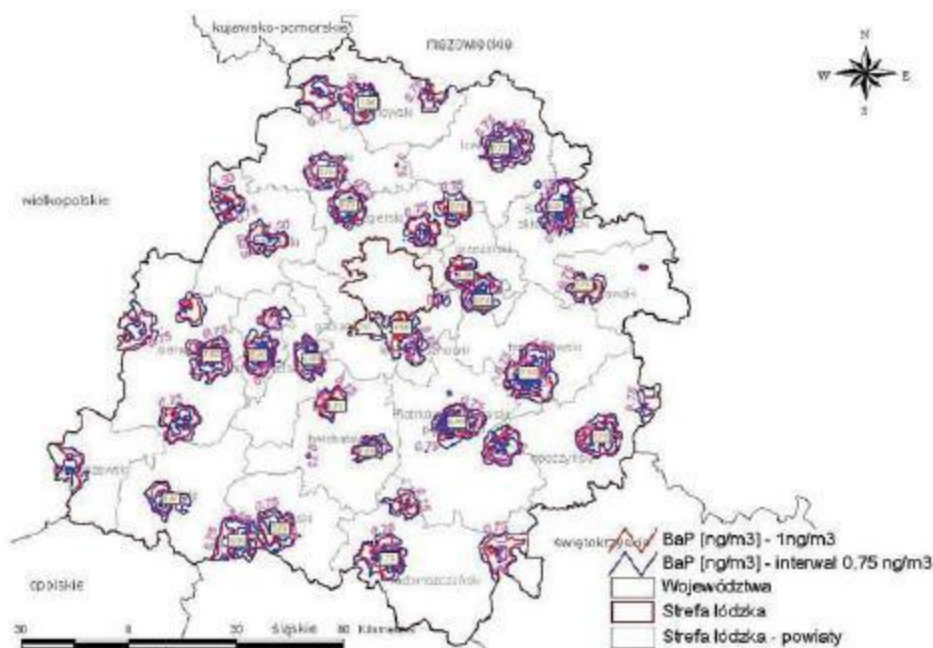
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 58. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników pomiarów rok kalendarzowy stanowiące tło całkowite w strefie łódzkiej w 2010 r.



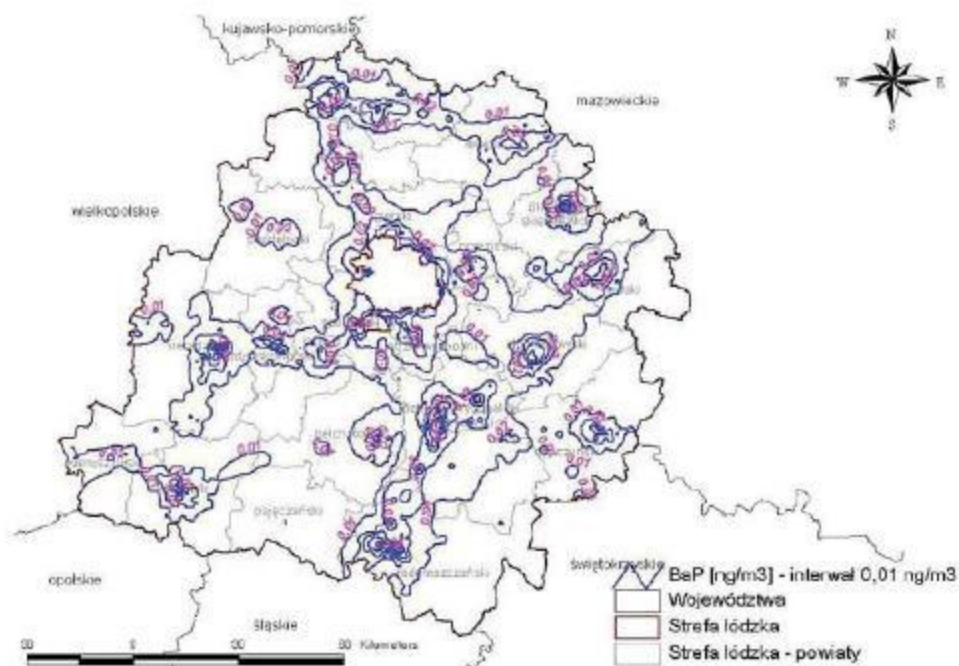
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 59. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników pomiarów rok kalendarzowy pochodzące od emisji punktowej w strefie łódzkiej w 2010 r.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 60. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników pomiarów rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące od emisji powierzchniowej z ogrzewania w 2010 r.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 61. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników pomiarów rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące od emisji komunikacyjnej w 2010 r.

2011 rok

Tło regionalne

Tło regionalne tworzą stężenia benzo(a)pirenu ze wszystkich źródeł zlokalizowane w pasie 30 km wokół strefy łódzkiej.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 63. Stężenia B(a)P okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z tła całkowitego w 2011 r.

Stężenia benzo(a)pirenu pochodzące z emisji z terenu strefy

Stężenia pochodzące z emisji punktowej (przemysłowej i energetycznej)

Stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu pochodzące z emisji punktowej na terenie strefy łódzkiej są dosyć niskie i na ogół nie przekraczają 10% poziomu docelowego. Najwyższe stężenia (0,9 ng/m³) występują w pobliżu Spółdzielni Mleczarskiej Mleczwart w Wartkowicach. Oddziaływanie źródeł ma jednak charakter wybitnie lokalny.

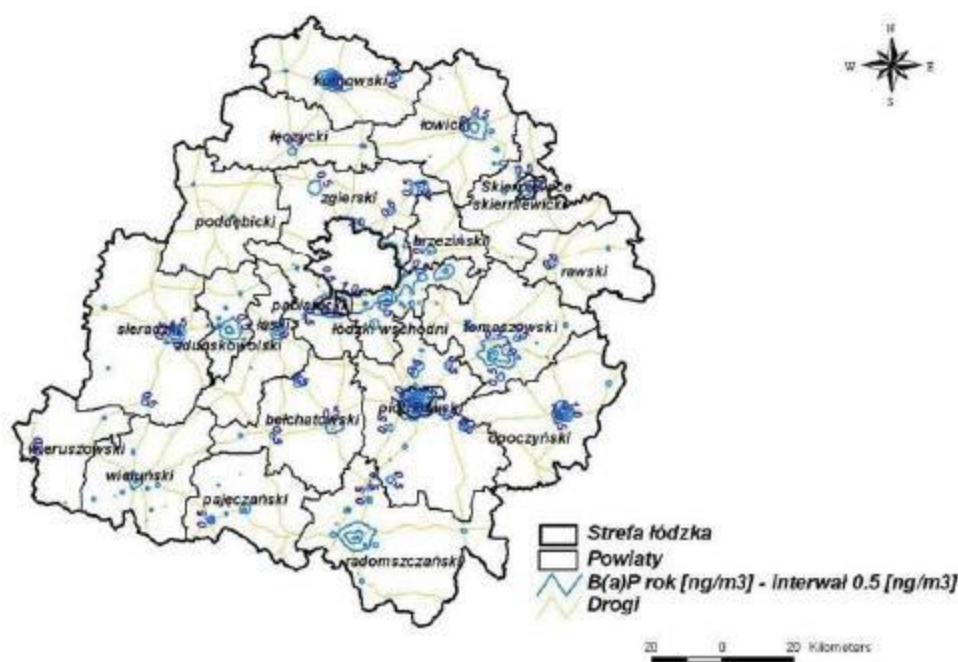


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 64 Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji punktowej w 2011 r.

Stężenia pochodzące z emisji powierzchniowej

Rozkład średnich rocznych wartości stężeń benzo(a)pirenu z emisji z ogrzewania wskazuje, że na terenie strefy łódzkiej w większości miast występują przekroczenia poziomu docelowego – w Kutnie, Łowiczu, Skierniewicach, Głownie, Brzezinach, Koluszkach, Rzgowie, Sieradzu, Zduńskie Woli, Łasku, Żelowie, Bełchatowie, Wieluniu, Działoszynie, Pajęcznie, Radomsku, Piotrkowie Trybunalskim, Sulejowie, Tomaszowie Mazowieckim i Opocznie. Najwyższe stężenia 4 ng/m^3 występują w Piotrkowie Trybunalskim.

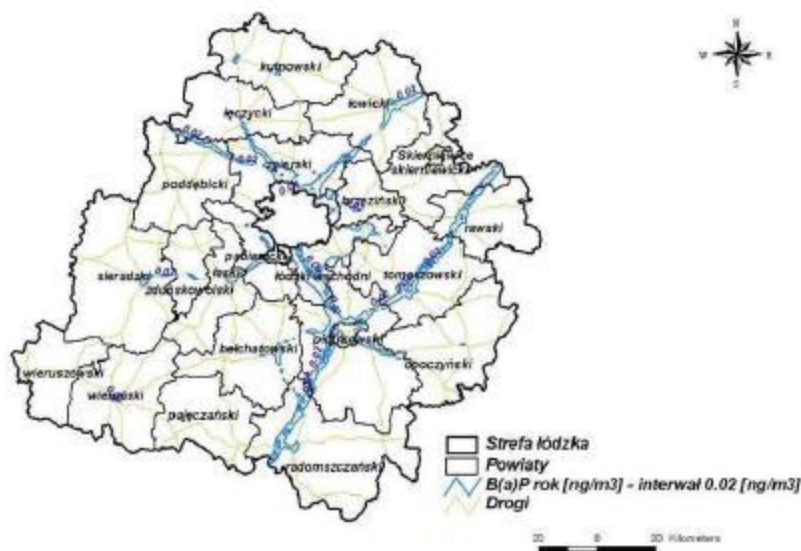


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 65. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji powierzchniowej w 2011 r.

Stężenia pochodzące z emisji liniowej

Stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu z emisji liniowej na terenie strefy łódzkiej nie osiągają wysokich wartości – maksymalnie do 0,06 ng/m³ (6% poziomu docelowego). Najwyższe stężenia występują wzdłuż głównych arterii komunikacyjnych w okolicach Piotrkowa Trybunalskiego, Kamieńska, Tuszyna i Rzgowa.

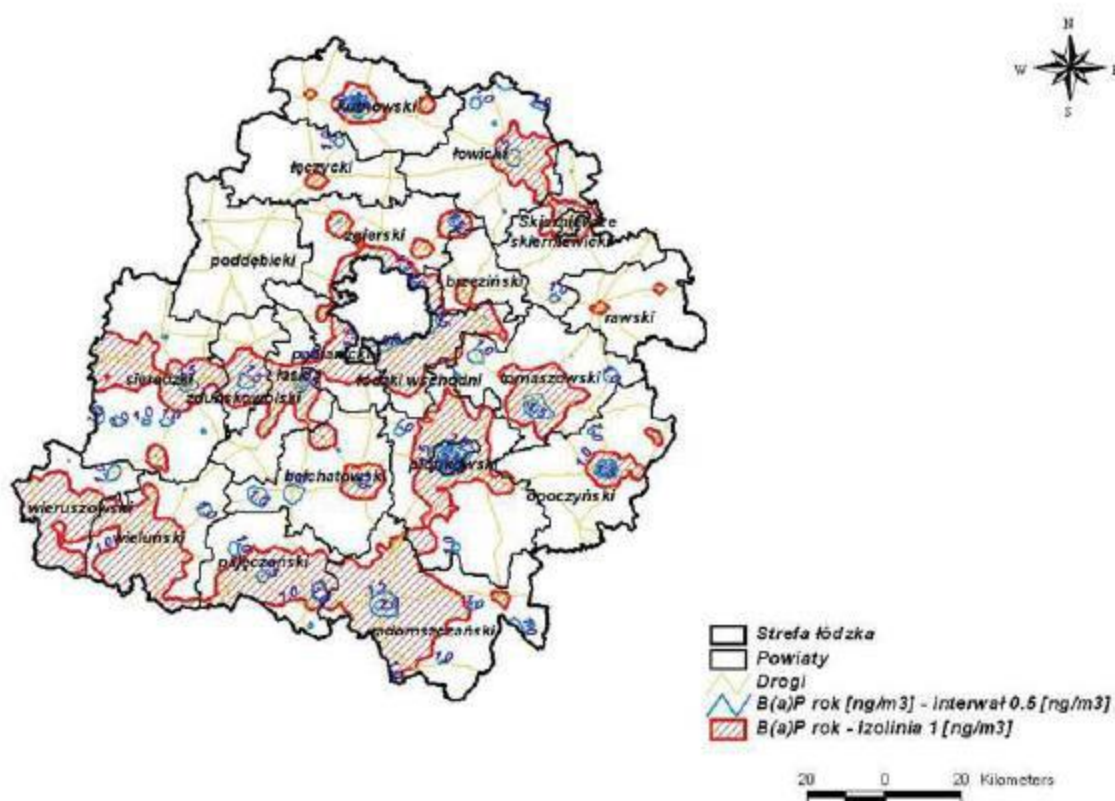


Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 66. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji liniowej w 2011 r.

Stężenia całkowite benzo(a)pirenuw strefie łódzkiej

Wyniki modelowania wskazują, że na terenie strefy łódzkiej stężenia średnie roczne benzo(a)pirenu, kształtowane przez łączne oddziaływanie wszystkich typów emisji, przekraczają poziom docelowy 1 ng/m^3 na znacznym obszarze strefy. Najwyższe stężenia odnotowano w Kutnie, gdzie osiągnęły $4,5 \text{ ng/m}^3$.



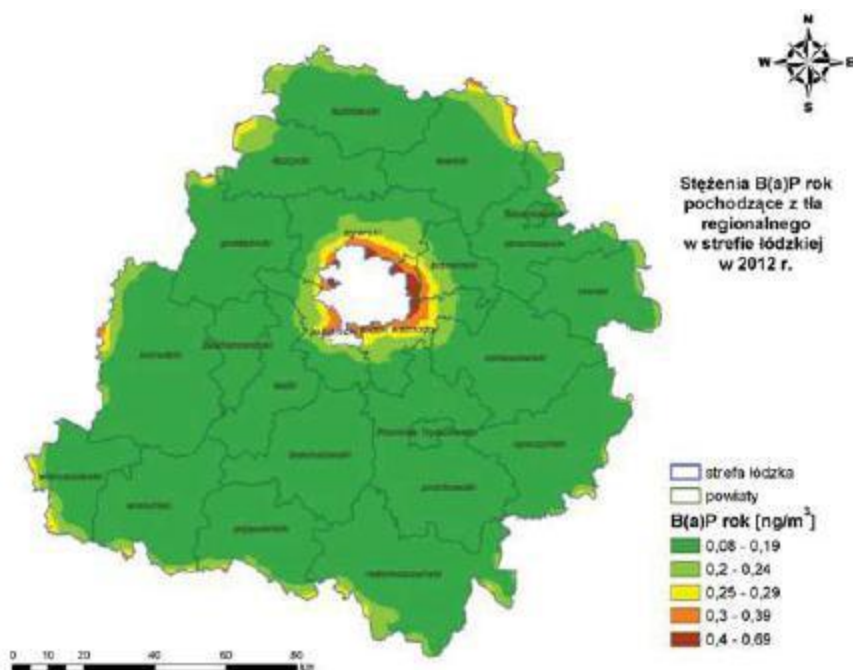
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 67. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z łącznej emisji wszystkich typów w 2011 r.

Rok 2012

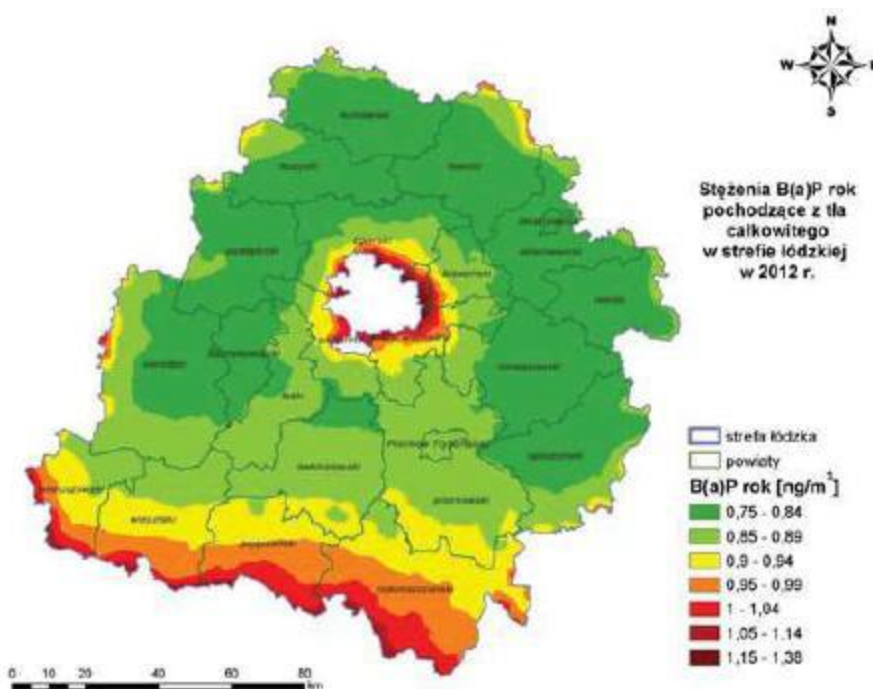
W Programie Ochrony Powietrza dla strefy łódzkiej uwzględniono stężenia ze źródeł położonych poza strefą, kształtujących:

1. Tłó pyłu zawieszonego PM₁₀ rok:
 - tło regionalne na terenie strefy wynosi $1,1 - 8 \mu\text{g/m}^3$,
 - tło całkowite na terenie strefy wynosi $14 - 21 \mu\text{g/m}^3$,
2. Tłó B(a)Zawartego w pyle zawieszonym PM₁₀ rok:
 - tło regionalne na terenie strefy wynosi $0,1 - 0,7 \text{ ng/m}^3$,
 - tło całkowite na terenie strefy wynosi $0,7 - 1,4 \text{ ng/m}^3$.



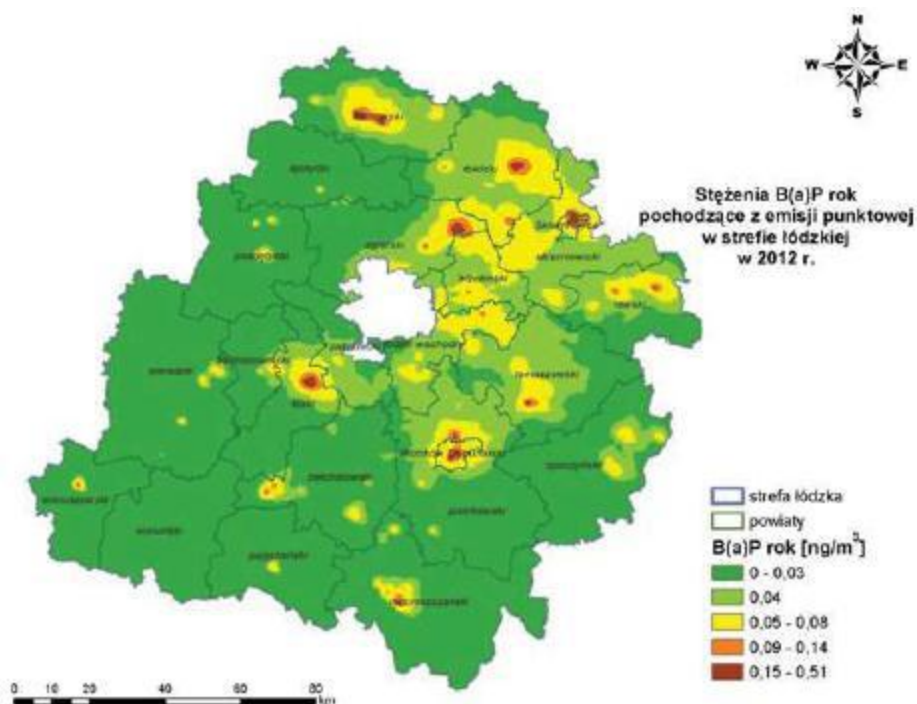
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 68. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z tła regionalnego w 2012 r.



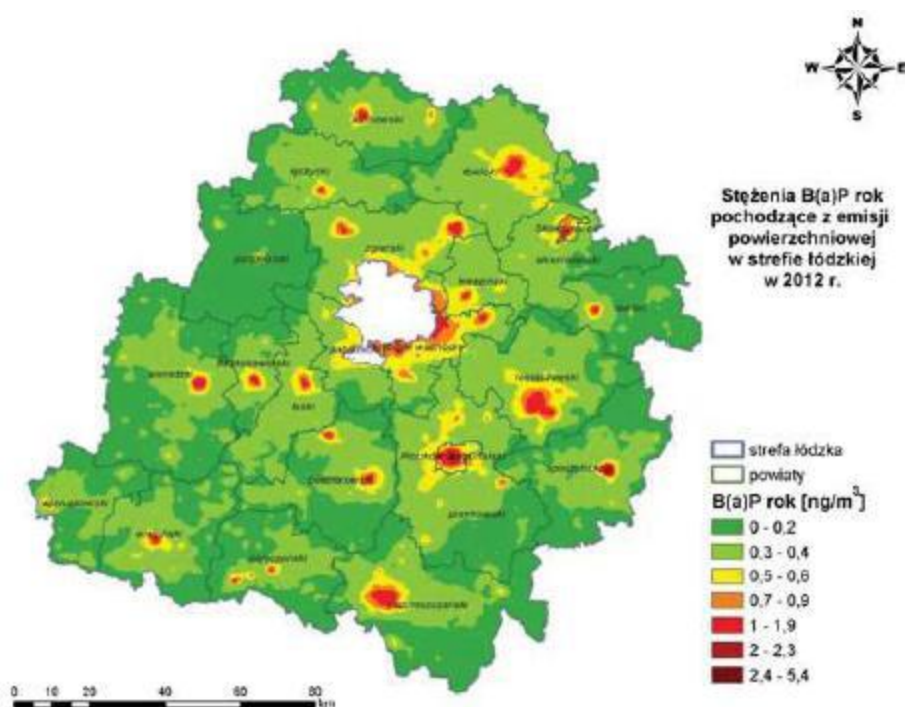
Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 69. Stężenia pyłu zawieszonego PM10 o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z tła całkowitego w 2012 r.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 70. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji punktowej w 2012 r.



Źródło: Opracowanie B.S.I.P.P. „EKOMETRIA” Sp. z o.o.

Rys. 71. Stężenia B(a)P o okresie uśredniania wyników rok kalendarzowy w strefie łódzkiej pochodzące z emisji powierzchniowej w 2012 r.