

## Charakterystyka emisji pyłów w aglomeracji Lublin

*Aneta Duda, Krystyna Pomorska  
Politechnika Lubelska*

### 1. Wstęp

Zanieczyszczenia powietrza miejskiego są tym specyficznym rodzajem zanieczyszczeń, które w bezpośredni sposób wpływają na człowieka, oraz na niemal wszystkie elementy środowiska przyrodniczego. Posiadają także trudny do określenia przestrzenny i czasowy zasięg oddziaływania.

Jednym z elementów ograniczenia zagrożeń związanych z występowaniem zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego jest kontrola poziomu tych zanieczyszczeń w środowisku, także w powietrzu.

Pyły, nie są zanieczyszczeniami jednorodnymi, a na stopień ich szkodliwości wpływa skład chemiczny i mineralogiczny oraz rozmiary ziaren [8].

Pyłem nazywamy mieszaninę małych cząstek stałych zawieszonych w powietrzu (faza rozproszona układu dwufazowego: ciało stałe – gaz). Obecnie stosuje się następujący podział pyłów, ze względu na rozmiary cząstek:

- całkowity pył zawieszony TSP (ang. **t**otal **s**uspended **p**articulates) – oznacza całkowitą zawartość pyłu w powietrzu,
- pył drobny PM<sub>10</sub> (ang. **p**articulate **m**atter) – oznacza frakcję pyłu zawieszonego, której cząstki mają średnice mniejsze od 10 μm,
- pył bardzo drobny PM<sub>2,5</sub> – jest to frakcja pyłu zawieszonego, o rozdrobnieniu koloidalnym, w której cząstki mają średnice mniejsze od 2,5 μm [6].

Początkowo w badaniach zapylenia stosowane było jedynie pojęcie TSP, natomiast później, kiedy badania naukowe udowodniły, że cząstki pyłu o średnicach większych niż 10 μm mają zdecydowanie mniej szkodliwy wpływ na zdrowie ludzkie od cząstek mniejszych, wprowadzono oznaczanie PM<sub>10</sub> w powietrzu. W ostatnich latach przypisuje się największą szkodliwość PM<sub>2,5</sub>.

W niektórych krajach normy dopuszczalnych stężeń w powietrzu określa się już tylko dla  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$ . Wiąże się to oczywiście z wprowadzaniem odpowiednich metod pomiarowych dla tych cząstek [12].

Głównymi naturalnymi źródłami pyłów są materiały osadowe, wybuchy wulkanów, pożary lasów, aerozole roślinne i zwierzęce. Antropogennymi źródłami pyłów w powietrzu są właściwie wszystkie procesy produkcyjne i procesy spalania paliw (przede wszystkim paliw stałych). Szczególnie dużo pyłów emitowanych jest z energetyki, przemysłu chemicznego, wydobywczego, metalurgicznego oraz budowlanego (zwłaszcza produkcja cementu) [9].

Ogólnie można powiedzieć, że pyły oddziałują szkodliwie przede wszystkim na zdrowie ludzkie, a także na roślinność, gleby, wody i materiały oraz ograniczają widzialność. Wspólnie z ditlenkiem siarki i innymi związkami pyły przyczyniają się do powstawania zjawiska czarnego smogu [5].

Najbardziej toksyczne są pyły emitowane przez hutnictwo miedzi, cynku, ołowiu i aluminium, nieco mniej toksyczne są pyły pochodzące z hutnictwa żelaza, przemysłu gumowego, celulozowego, nawozów sztucznych, farb i lakierów. Stwierdzono, że:

- cząstki o średnicach większych od 10  $\mu m$  zatrzymują się w górnych odcinkach dróg oddechowych, skąd są wydalane,
- cząstki pyłu  $PM_{10}$  (z wykluczeniem  $PM_{2,5}$ ) mogą się akumulować w górnych odcinkach dróg oddechowych,
- cząstki pyłu  $PM_{2,5}$  dostają się do najgłębszych partii płuc, gdzie są akumulowane [11].

Pyły rozpuszczalne w cieczach biologicznych przenikają bezpośrednio do krwi. Stwierdzono, że w szczególności bardzo drobne pyły ( $PM_{2,5}$ ), powodują wiele bardzo poważnych skutków zdrowotnych, takich jak: nasilenie astmy, ostre reakcje układu oddechowego (nasilony kaszel, trudności z oddychaniem lub bolesne oddychanie), chroniczny bronchit, osłabienie czynności płuc, objawiające się między innymi skróceniem oddechu, a nawet przedwczesną śmierć (szczególnie w czasie wystąpienia czarnego smogu) [7].

Toksyczność pyłów zależy od rozmiaru ziaren oraz od składu chemicznego i mineralogicznego. Do pyłów szczególnie toksycznych należą te zawierające związki metali ciężkich (przede wszystkim arsenu, ołowiu, kadmu, niklu, i rtęci), z których niektóre mają właściwości mutagenne lub kancerogenne. Szczególnie toksyczne są też pyły zawierające węglowodory aromatyczne, będące związkami kancerogennymi [6].

Szkodliwość oddziaływania  $PM_{10}$  na środowisko naturalne i organizmy żywe wynika z faktu, że ze względu na małe wymiary cząstki utrzymują się długo w atmosferze i są łatwo wchłaniane przez układ oddechowy. Umożliwia

to wniknięcie do organizmu metali ciężkich (np. ołów), związków siarki i azotu oraz różnorodnych węglowodorów [10].

## **2. Metodyka pomiarów**

Aparatura zastosowana do pomiarów imisji zanieczyszczeń powietrza w monitoringu ciągłym, jest aparaturą spełniającą kryteria Państwowego Monitoringu Środowiska. Próbkę zanieczyszczeń powietrza były pobierane w sposób ciągły (w systemie dobowym) na wysokości 3,5 m od podłoża. Stężenie pyłu w powietrzu o średnicy cząstek mniejszych niż 10  $\mu\text{m}$ , mierzone były w oparciu o ilości pyłu zebranego na taśmie filtracyjnej, gdzie pomiar stężenia dokonywany był w oparciu o pochłanianie promieniowania  $\beta$  przez zgromadzony pył. Zakres pomiarowy: od 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  – z rozdzielczością 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## **3. Wyniki badań pomiarów stężeń pyłu $\text{PM}_{10}$ w powietrzu miasta Lublin w latach 2002÷2005**

Pomiary pyłu zawieszonego  $\text{PM}_{10}$  w roku 2002 prowadzone były na terenie miasta Lublin w 6 stacjach pomiarowych. Stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej wartości średniorocznej 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na stanowisku przy ul. Pielęgniarek zlokalizowanym w pobliżu spalarni odpadów medycznych.

Analiza wyników pomiarów stężeń pyłu zawieszonego  $\text{PM}_{10}$  w roku 2003 na 5 stacjach pomiarowych wykazała występowanie ponadnormatywnych stężeń pyłu  $\text{PM}_{10}$  w odniesieniu do dopuszczalnego stężenia średniorocznego na stacji pomiarowej przy ul. Pielęgniarek

W 2004 r. nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnego stężenia średniorocznego (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dla terenu kraju. W związku z tym, że 2004 r. charakteryzowała krótka i łagodna zima, na wszystkich stanowiskach pomiarowych nastąpił nieznaczny spadek średnich rocznych stężeń pyłu zawieszonego w stosunku do roku 2003. Średnie wartości stężeń dla roku kalendarzowego stanowiły 58,5÷80,5% wartości dopuszczalnej dla rocznego okresu uśredniania.

Średnie roczne temperatury powietrza, średnie temperatury najzimniejszego miesiąca roku i najcieplejszego miesiąca roku przedstawia tabela 1.

Czynnikiem wpływającym na występowanie okresów podwyższonych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu są warunki meteorologiczne i ukształtowanie terenu. Wilgotność względna powietrza atmosferycznego w Lublinie kształtuje się na poziomie średnim w stosunku do innych regionów Polski i wynosi średnio w roku 79%.

**Tabela 1.** Średnie roczne temperatury powietrza wyznaczone na podstawie danych ze stacji meteorologicznych w Lublinie [4]

**Table 1.** Average yearly air temperatures determined on the basis of the data from weather stations in Lublin [4]

Rok	Średnia roczna temperatura powietrza °C	Średnia lutego najzimniejszego miesiąca roku °C	Średnia lipca najcieplejszego miesiąca roku °C
2003	7,3	-4,0	18,2
2004	7,8	-1,0	18,5
2005	7,7	-4,3	19,5

Stężenia pyłu na terenie aglomeracji lubelskiej w roku 2005 zawierały się w przedziale od 19,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  do 37,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Średnie wartości stężeń dla roku kalendarzowego stanowiły 49,5÷93,5% wartości dopuszczalnej dla rocznego okresu uśredniania. Na wszystkich stanowiskach został więc dotrzymany poziom dopuszczalny dla wartości stężeń dla roku kalendarzowego.

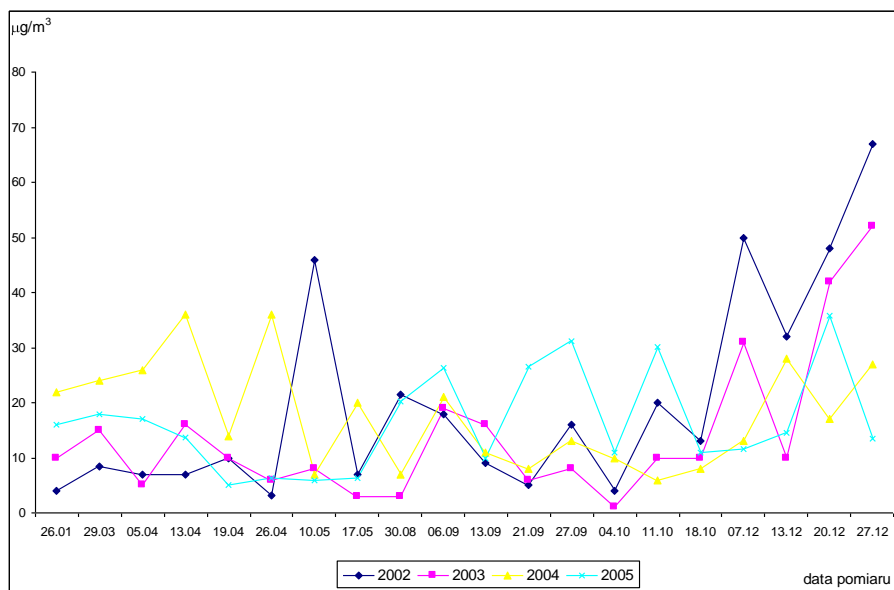
Na przestrzeni lat 2002÷2005 obserwuje się jedynie niewielkie wahania w poziomach stężeń pyłu zawieszzonego  $\text{PM}_{10}$ , nie można więc mówić o poprawie jakości powietrza pod względem tego zanieczyszczenia. Wyniki pomiarów stężeń średniorocznych pyłu zawieszzonego  $\text{PM}_{10}$  w latach 2002÷2005 przedstawia tabela 2.

**Tabela 2.** Stężenia średnioroczne pyłu zawieszzonego  $\text{PM}_{10}$  w latach 2002÷2005 [1-4]

**Table 2.** Average yearly concentrations of suspended particulate matter ( $\text{PM}_{10}$ ) between 2002 and 2005 [1÷4]

Lokalizacja stanowiska pomiarowego	Stężenia średnie roczne w $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	2002	2003	2004	2005
ul. Spokojna	17,9	29,7	24,8	27,5
ul Maszynowa	16,8	25,6	23,4	23,8
ul Obywatelska	18,9	28,7	24,3	19,8
ul Pielęgniarek	41,6	39,8	32,2	37,4
ul. Śliwińskiego	34,2	29,6	29,1	30,2
Ogród Botaniczny	Stacja uruchomiona od 2004 roku		27,1	26,9

Rozkład stężeń pyłu zawieszonego na punkcie pomiarowym przy ul. Maszynowej dla lat 2002-2005 przedstawia rysunek 1. Wyraźny wzrost stężenia dla wszystkich analizowanych lat zauważa od października do grudnia. Maksymalne stężenie pyłu w powietrzu odnotowano w roku 2002, w miesiącu grudniu i wyniosło  $67,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

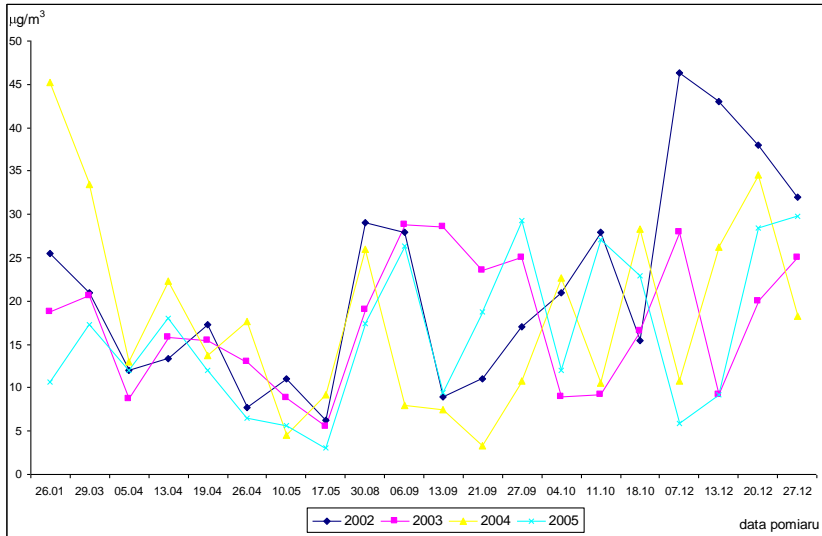


**Rys. 1.** Rozkład dobowych stężeń pyłu w powietrzu w latach 2002-2005 w punkcie przy ul. Maszynowej

**Fig. 1.** Distribution of diurnal dust concentrations in the air for the years 2002-2005 in Maszynowa Street measurement point

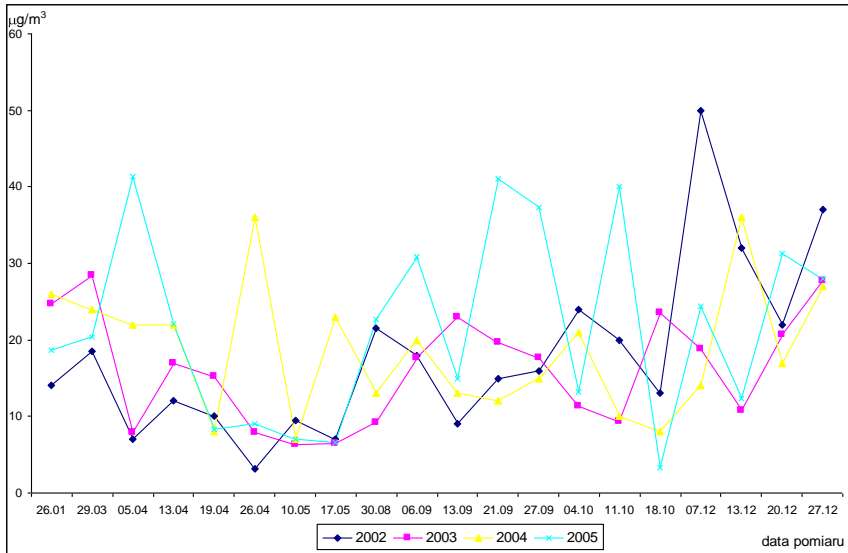
Rysunek 2 przedstawia rozkład dobowych stężeń pyłu zawieszonego dla punktu pomiarowego przy ul. Obywatelskiej w latach 2002÷2005. Analizując rozkład stężeń w poszczególnych latach zauważa się niższe stężenia pyłu zawieszonego w okresie od kwietnia do maja. Najwyższe stężenie odnotowano w roku 2004 w styczniu i wyniosło  $45,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

W latach 2002÷2005 stężenia pyłu zawieszonego w powietrzu w punkcie pomiarowym przy ul. Spokojnej wahały się w zakresie od 3 do  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Z przeprowadzonych analiz wyników, można stwierdzić, że poziom stężeń pyłu zawieszonego charakteryzował się dużą zmiennością stężeń w powietrzu z tendencją wyższych stężeń w okresie grudzień÷styczeń (rysunek 3).



**Rys. 2.** Rozkład dobowych stężeń pyłu zawieszonego w powietrzu w latach 2002-2005 w punkcie pomiarowym przy ul. Obywatelskiej

**Fig. 2.** Distribution of diurnal dust concentrations in the air for the years 2002-2005 in Obywatelska Street measurement point



**Rys. 3.** Rozkład dobowych stężeń pyłu zawieszonego w powietrzu w latach 2002-2005 w punkcie pomiarowym przy ul. Spokojnej

**Fig. 3.** Distribution of diurnal dust concentrations in the air for the years 2002-2005 in Spokojna Street measurement point

## 4. Wnioski

1. Uzyskane wyniki z przeprowadzonych analiz monitoringu zanieczyszczeń powietrza, wykazały jednoznaczne zależności zmienności (w zależności od okresu ciepłego i chłodnego) pyłu zawieszonego  $PM_{10}$ . Stężenia wymienionych substancji wykazują wyraźnie wyższe wartości dla sezonu chłodnego.
2. W badanym przedziale lat sezony chłodne charakteryzują podwyższone stężenia pyłu zawieszonego  $PM_{10}$  w stosunku do sezonów ciepłych w poszczególnych punktach pomiarowych.
3. Tendencję wzrostową poziomu stężeń pyłu  $PM_{10}$  można tłumaczyć wzrostem liczby samochodów. W badanym okresie zmalała liczba zakładów przemysłowych i tym samym emisja pochodzenia pyłowego.
4. W okresie lat 2002÷2005 odnotowano przypadki przekroczenia dopuszczalnych poziomów dobowych stężeń pyłu  $PM_{10}$ .

## Literatura

1. Biblioteka Monitoringu Środowiska: „Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego roku 2002.” Lublin, 2003.
2. Biblioteka Monitoringu Środowiska: *Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego roku 2003*, Lublin, 2004.
3. Biblioteka Monitoringu Środowiska: *Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego roku 2004*, Lublin, 2005.
4. Biblioteka Monitoringu Środowiska: *Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego roku 2005*, Lublin, 2006.
5. **Dworak T.Z.:** *Metodyka teledetekcyjnych badań zapylenia atmosfery*, Zeszyty Naukowe AGH 1339 Sozologia i Sozotechnika 2-29, Kraków, 1990.
6. **Falkowska L.:** *Chemia atmosfery*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1998.
7. **Houthuijs D., Breugelmans O., Holk G., Vaskövi E., Micháloková E., Pastuszka J.S., Jirik V., Sachelarescu S., Lolova D., Meliefste K., Uzunova E., Marinescu K., Volf J., Leeuw F. van de Wiel H., Fleczer T., Lebert E., Brunekreef B.:**  *$PM_{10}$  and  $PM_{2,5}$  concentrations in central and eastern Europe: results from the CESAR study*, Atmospheric Environment, **35**, 2001, 2757÷2771.
8. **Kinney P.L., Aggarwal M., Northridge M. E., Janssen N.A.H., Shepard P.:** *Airborne concentration of  $PM_{2,5}$  and diesel exhaust particles on Harlem sidewalks: A community – based pilot study*, Environmental Health Perspectives, **108**, 2000, 213÷218.
9. **Mayer H.:** *Air pollution in cities*, Atmospheric Environment, **33**, 1999, 4029÷4037.
10. **Merkisz J.:** *Ekologiczne problemy silników spalinowych*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1998.
11. **Pyta H., Przydacz P.:** *Analiza rozkładu stężenia pyłu  $PM_{2,5}$  i  $PM_{10}$  w warunkach aglomeracji miejsko przemysłowej*, Środowisko i rozwój, **9**, (1/2004), 153÷165.

12. **Rogula W, Pastuszka J, Kleinowski K.:** *Wpływ emisji komunikacyjnej na poziomy stężenie frakcji  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$  w Zabrze*, Ochrona powietrza w teorii i praktyce, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, Zabrze, 2006, 241÷251.