

# ANALIZA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA PYŁEM PM<sub>2,5</sub> W ASPEKcie POTENCJALNEGO RYZYKA UTRATY ZDROWOTNOŚCI MIESZKAŃCÓW WROCŁAWIA

## PM<sub>2.5</sub> AIR POLLUTION AND THE POTENTIAL HEALTH RISK EVALUATION IN WROCŁAW, POLAND

*Anna Zwoździak<sup>1</sup>, Izabela Sówka<sup>1</sup>, Jerzy Zwoździak<sup>1</sup>, Krystyna Trzepla-Nabagło<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Wrocławska

<sup>2</sup> Crocker Nuclear Laboratory, University of California, Davis

### Streszczenie

W celu oszacowania ryzyka utraty zdrowotności z powodu zanieczyszczenia powietrza pyłem mierzono stężenia pyłu o średnicach poniżej 2,5 μm (PM<sub>2,5</sub>) w obszarze tła miejskiego we Wrocławiu. Poboru prób dokonywano w okresie od stycznia do kwietnia 2009 roku przy użyciu zmodyfikowanych analizatorów IMPROVE z głowicą 2,5 μm Andersona umieszczoną 3 m na gruncie. Zastosowano filtry teflonowe PTFE 46,2 mm, Whatman Inc.

Jakość powietrza oceniono na podstawie francuskiego indeksu zanieczyszczenia powietrza (ATMO) oraz w oparciu o wytyczne jakości powietrza Światowej Organizacji Zdrowia (WHO). W 52% badanych dni stwierdzono przekroczenia wartości zalecanej przez WHO wynoszącej 25 μg/m<sup>3</sup> dla PM<sub>2,5</sub>. Na podstawie zmierzonych stężeń PM<sub>2,5</sub>, mieszczących się w zakresie od 18 do 100 μg/m<sup>3</sup>, można wywnioskować znaczący wzrost ryzyka umieralności mieszkańców z powodu zanieczyszczenia atmosfery pyłem, szczególnie w 4,5% badanych dni. Wyniki te jednak należy przyjąć z dużą ostrożnością, niektóre wątpliwości przedyskutowano w pracy.

Słowa kluczowe: *pomiar, miasto, PM<sub>2,5</sub>, oddziaływanie, zdrowie*

### Abstract

In order to assess the potential health risk of particulate matter (PM) in Wrocław, a PM<sub>2.5</sub> (PM with the diameter below 2.5 μm) monitoring study was established to measure ambient concentrations in the city. The sampling site has been categorized as urban background. The study employed an IMPROVE aerosol monitor which was operating from January to April, 2009. The modified IMPROVE sampler was equipped with PM 2.5 Anderson inlet at approximately 3 meters collecting PM<sub>2.5</sub> on 46.2 mm PTFE filter, Whatman Inc.

Air quality in Wrocław has been categorized according to the French Air Pollution Index (ATMO) and to World Health Organization Air Quality Guideline (WHO AQG). There were reported 52% of days with daily mean exceeding the WHO AQG for PM<sub>2.5</sub> – 25 μg/m<sup>3</sup>. Within the measured concentration range from 18 to 100 μg/m<sup>3</sup> a significant daily increase in mortality risk has been deduced, particularly for the 4.5 % studied days. However, the results should be treated with caution, some uncertainties have been discussed.

Keywords: *measurement, urban, PM<sub>2.5</sub>, health impact*

Nadestano: 09.11.2009

Zatwierdzono do druku: 22.04.2010

## Wstęp

W wielu badaniach wykazano związek między zanieczyszczeniem powietrza i wzrostem zachorowalności ludzi [1–5]. Analizy serii czasowych dziennej hospitalizacji i umieralności dostarczyły dowodów, że duża ilość poważnych chorób, a nawet zgonów związana jest ze wzrostem stężeń pyłów zawieszonych w atmosferze, w tym o średnicach poniżej 10  $\mu\text{m}$  (PM10) [2,6]. Obecnie uważa się, że pyły o średnicach poniżej 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2,5) stanowią poważniejszy czynnik ryzyka chorób układu oddechowego i sercowo-naczyniowego niż pyły PM10 [6, 7].

Jakość powietrza ze względu na potencjalne oddziaływanie na zdrowie człowieka można ocenić w różny sposób. Najczęściej korzysta się z tzw. standardów jakości powietrza określonych w aktach prawnych w formie Rozporządzeń Ministra Środowiska [8]. W przypadku pyłów obecnie normowana jest w Polsce wysokość stężenia PM10 (wartość roczna i średnia dobową), natomiast w Unii Europejskiej (UE) od 2010 roku zostaje wprowadzona wartość dopuszczalna dla PM2,5 – średnia roczna wartość na poziomie 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Z kolei stanowisko Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) jest takie, że nie ma granicznej wartości, bowiem obecność pyłów w atmosferze jest szkodliwa przy każdym stężeniu, niemniej jednak średnie dobowe stężenia pyłów PM2,5 powinny być niższe niż 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a średnie roczne powinny kształtować na poziomie poniżej 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a więc dwukrotnie niższym niż ustalone przez UE.

Innym sposobem kategoryzacji jakości powietrza są wskaźniki zanieczyszczenia powietrza (z angielskiego *pollution index* – PI, lub *air quality index* – AQI), które opisują jakość powietrza za pomocą liczb bezwymiarowych, odpowiadających możliwym skutkom zdrowotnym. Stężenia związków przeliczane są na wartości wskaźników, a później umieszczane na skali bezwymiarowej (najczęściej o wartościach z zakresu 1–10 lub 1–100). Skala jest dodatkowo oznaczona różnymi kolorami, które odpowiadają poszczególnym wartościom. Zazwyczaj poziomy odniesienia, które są używane do przeliczania, opierają się na wartościach stężeń dopuszczalnych, ustanowionych przez przepisy ochrony zdrowia UE, przepisy lokalne lub przepisy WHO. Dobra jakość powietrza atmosferycznego uważana jest za satysfakcjonującą, a zanieczyszczenia nie stwarzają żadnego ryzyka dla zdrowia. Średnia oznacza umiarkowane ryzyko dla zdrowia, tj. może zaistnieć zagrożenie dla zdrowia pojedynczych osobników, tj. ludzi z tzw. grupy największego ryzyka, np. dzieci, osób starszych oraz wrażliwych na ozon, cierpiących na choroby układu oddechowego lub sercowo-naczyniowego. Zła

jakość stanowi zagrożenie utraty zdrowia całej populacji.

Rozwój dziedziny zajmującej się wskaźnikami zanieczyszczenia powietrza ma swoje początki w latach 70., kiedy zaczęły powstawać pierwsze automatyczne stacje monitoringu atmosfery.

Obecnie oceniając jakość powietrza atmosferycznego w miastach korzysta się z wskaźnika ryzyka umieralności. Dlaczego wskaźnik umieralności? Istnieje wiele światowych, badań epidemiologicznych wykazujących związek między umieralnością a ekspozycją na zanieczyszczone powietrze pyłem [1–4, 9, 10]. Wzrasta również ilość badań laboratoryjnych i klinicznych potwierdzających negatywne oddziaływanie PM na zdrowie, choć biologiczne mechanizmy nie są do końca jasne [6, 7].

Niekwestionowanym przypadkiem związku przyczynowo-skutkowego są epizody smogowe w Londynie w latach 50., czy Los Angeles w latach 30. i towarzyszący im wyraźny wzrost liczby zgonów.

Celem pracy była ocena stanu zanieczyszczenia powietrza pyłem PM2,5 we Wrocławiu w aspekcie potencjalnego oddziaływania na zdrowie jego mieszkańców. W analizie wykorzystano metodę wskaźników zanieczyszczenia powietrza w powiązaniu ze wskaźnikiem ryzyka wzrostu umieralności.

## Materiał i metody

Stanowisko pomiarowe stężenia pyłu zawieszonego PM2,5 zostało zlokalizowane we Wrocławiu, w południowo-wschodniej części dzielnicy śródmiejskiej (Biskupin) obejmującej tereny ogródków działkowych, parków, zabudowy wysokiej i niskiej. Poboru prób pyłu dokonywano w okresie zimowo-wiosennym 2009 roku, tj. trzech seriach 16-dniowych (19.01–3.02; 2–21.03; 6–25.04) przy użyciu analizatorów, które od kilkunastu lat stosowane są w Stanach Zjednoczonych w Międzystanowym Programie Monitoringu Widzialności w Atmosferze IMPROVE (ang. *Interagency Monitoring of Protected Visual Environment*). Pobór próbek powietrza w urządzeniach IMPROVE (filtry teflonowe 2  $\mu\text{m}$  PTFE 46,2 mm, Whatman Inc., przepływ powietrza 22,8  $\text{dm}^3/\text{min}$ ) trwał 24 godziny. Filtry przed i po ważeniu kondycjonowane były przez 48 godzin w takich samych warunkach, tj. temperaturze i wilgotności (20° C  $\pm$  2° C, 50%  $\pm$  5%).

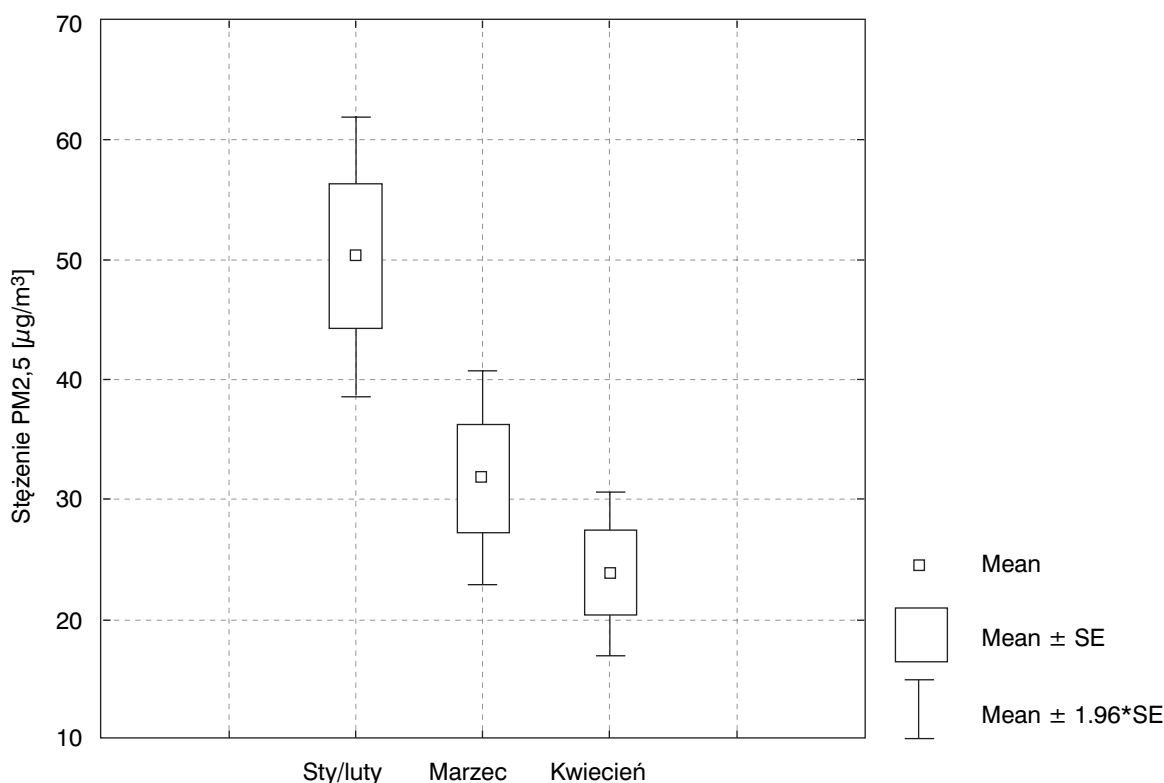
Do interpretacji wyników pomiarów wykorzystano pakiet statystyczny STATISTICA, a w nim *Podstawowe statystyki i testy t*.

## Wyniki badań i dyskusja

Na rycinie 1 przedstawiono opracowane statystycznie wyniki z trzech serii pomiarowych, przeprowadzonych na przełomie stycznia i lutego, z marca i kwietnia 2009 roku. Poziomy stężenie PM<sub>2,5</sub> zarejestrowane we Wrocławiu należy uznać za wysokie. Średnie stężenia PM<sub>2,5</sub> w okresie styczeń–luty kształtowały się na poziomie 50 µg/m<sup>3</sup>, czyli dwukrotnie przekraczały poziomy zalecane przez WHO. Choć nieprzekroczenie zalecanych stężeń PM<sub>2,5</sub> nie eliminuje ryzyka zachorowalności na choroby układu oddechowego czy sercowo-naczyniowego, to jednak – według stanowiska WHO i Europejskiej Agencji Środowiska (EEA) – znacznie je obniża. Przeprowadzony test istotności różnic między średnimi z poszczególnych serii pomiarowych wykazał istotność różnic w przypadku pierwszej serii i kolejnych dwóch. Tak więc średnie

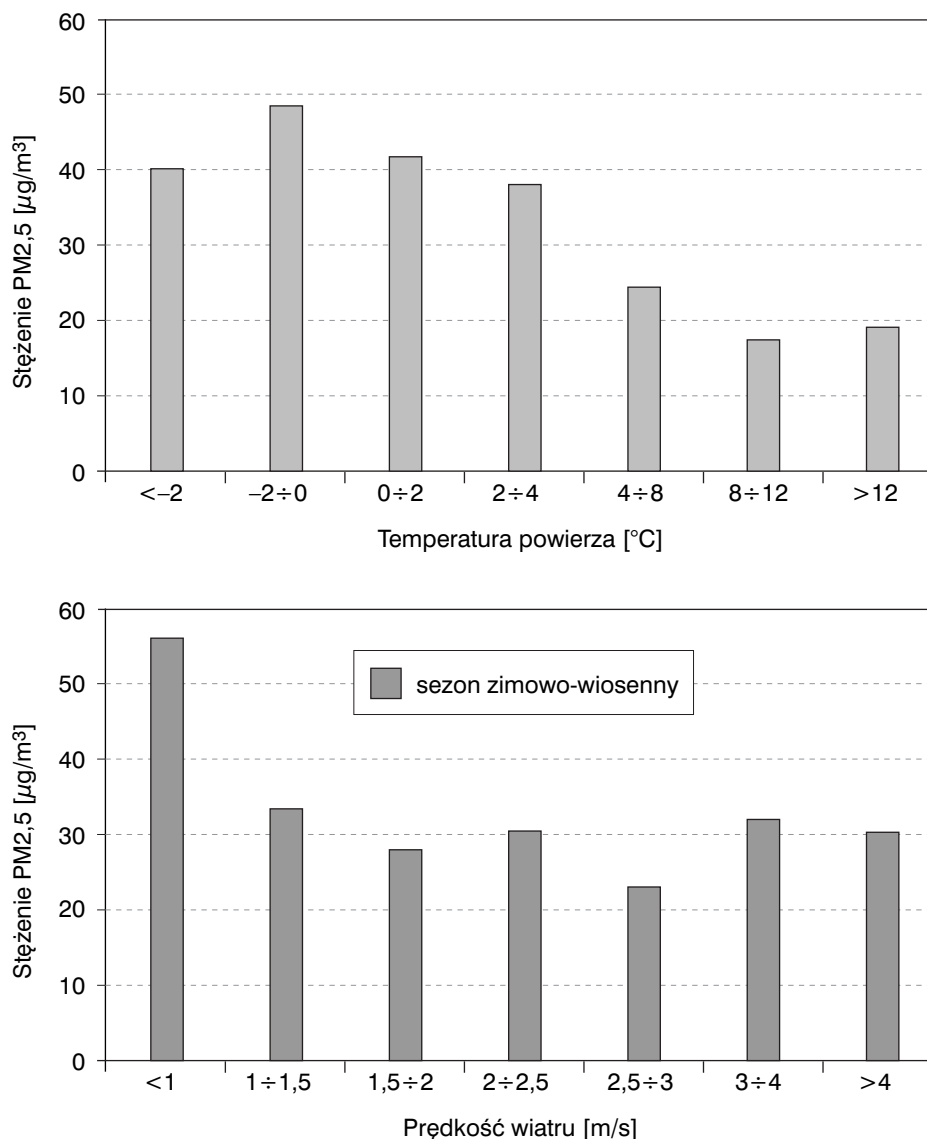
stężenie pyłu PM<sub>2,5</sub> w miesiącach zimowych istotnie różni się od średnich w marcu i kwietniu (przy poziomie istotności  $p=0,019$   $p=0,027$ ). Można więc wnioskować o zróżnicowanym wpływie źródeł emisji pyłów drobnych w poszczególnych okresach pomiarowych.

Najwyższe stężenia notowano przy temperaturach powietrza z przedziału  $-2 \div 0^{\circ}\text{C}$  i prędkościach wiatru poniżej 1 m/s, czyli faktycznie w okresach ciszy (rycina 2). W warunkach takich o jakości powietrza decydują lokalne niskie źródła emisji, a przede wszystkim paleniska domowe. Drugim istotnym źródłem pyłu drobnego jest motoryzacja (łącznie z turbulencją wywołaną ruchem samochodowym), której oddziaływanie najprawdopodobniej zwiększa się w marcu i kwietniu. W okresach tych również rejestrowano przekroczenia zalecanych przez WHO stężeń PM<sub>2,5</sub>.



**Rycina 1.** Średnie dobowe stężenie PM<sub>2,5</sub> z odchyleniem standardowym (ramki) oraz z 1\*96 odchylenia standardowego (wąsy), co odpowiada prawdopodobieństwu 95%.

**Figure 1.** Daily mean PM<sub>2,5</sub> concentrations and standard deviation (frame), and 1\*96 standard deviation (whiskers, 95% probability).



**Rycina 2.** Rozkład empiryczny średnich dobowych stężeń PM2,5 w różnych przedziałach klasowych średniej dobowej temperatury powietrza i prędkości wiatru.

**Figure 2.** Empirical distribution of daily mean PM2.5 concentrations in different intervals of daily mean air temperature and wind velocity.

Stan zanieczyszczenia powietrza pyłem PM2,5 we Wrocławiu dodatkowo oceniony został w oparciu o koncepcję wskaźnika ryzyka umieralności opracowanego przez WHO. Zgodnie z nią wskaźnik względnego ryzyka umieralności związany ze wzrostem stężenia PM2,5 o  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ponad wartość zalecaną wynosi 1,0%, o  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – 2%, itd. [6]. Następnie przyjęto kategoryzację jakości powietrza wg francuskiego indeksu ATMO dla stacji miejskich tła [11], tj. w 10-stopniowej skali, przy czym 1 oznacza niskie ryzyko zdrowotne, a 10 bardzo wysokie. Podobnie jak w indeksie ATMO stężeniu normowemu PM10 =  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  przypisano klasę 6, tutaj zastosowano to kryterium dla PM2,5, tzn. w klasie 6

umieszczono zalecaną koncentrację, tj.  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Wyższym klasom przyporządkowano wskaźniki ryzyka umieralności. Wyniki zamieszczono w tabeli 1.

Ze wstępnej oceny wynika, że tylko ok. 27% wyników pomiarów dało niskie ryzyko zachorowalności, ok. 34% umiarkowane, natomiast reszta, tj. ok. 39% już wysokie ryzyko umieralności (od 1,2 do 4,9%), w tym ok. 4,5% bardzo wysokie (powyżej 5%).

Dysponując ww. wskaźnikami nie można jednak w prosty sposób wyliczyć, ile konkretnie zgonów w ciągu roku, czy w krótszym okresie, nastąpiło w wyniku wzrostu stężeń pyłów w atmosferze. Ponieważ podobne wskaźniki ustala się dla innych za-

**Tabela 1.** Procentowy rozkład średnich dobowych stężeń PM<sub>2,5</sub> w dziesięciu klasach francuskiego wskaźnika jakości powietrza (ATMO).

**Table 1.** Percent distribution of daily mean PM<sub>2.5</sub> concentrations in ten categories of French Air Pollution Index (ATMO).

Wskaźnik ryzyka umieralności wg WHO (%)	Klasa	Stężenie kryterialne wg ATMO (µg/m <sup>3</sup> )	Rozkład stężeń (%)
	1	0–4	0
	2	5–9	0
	3	10–14	4,5
	4	15–19	22,8
	5	20–24	20,4
0,0–1,1	6	25–36,5	13,6
1,2–2,4	7	37,5–49	11,4
2,5–3,6	8	50–61,5	16,0
3,7–4,9	9	62,5–74	6,8
>5,0	10	>75	4,5

nieczyszczeń, które są często ze sobą skorelowane, toteż sumowanie uzyskanych wskaźników prowadzioby do znacznego zawyżenia liczby zgonów. Czy w związku z tym faktycznie istnieje związek przyczynowy stężenie pyłów drobnych – wzrost umieralności? Przykładowo, w pracy [12] badano jednoczesny wpływ temperatury i stężeń PM<sub>10</sub> oraz ozonu na śmiertelność w Sydney. Korzystając z długoletniej bazy danych (1993–2004) stwierdzono od 4,5% do 12,1% zmiany umieralności ze wzrostem temperatury o 10° C. Gdy uwzględniono tylko temperaturę związek był mniej wyraźny, tj. od 1,1% do 0,9%. Z kolei w badaniach w mieście Tajwan [13] zauważono zimą statystycznie istotną dodatnią zależność między umieralnością (wszystkie przyczyny i z powodu tylko układu krążenia) dla dwóch analizowanych grup (powyżej 65 lat i wszystkie przypadki) a stężeniami SO<sub>2</sub>, CO i NO<sub>2</sub>. Ze stężeniem PM<sub>10</sub> skorelowana była umieralność tylko w grupie wiekowej powyżej 65 lat. Latem statystycznie istotna dodatnia zależność istniała tylko między umieralnością w grupie wiekowej powyżej 65 lat i ozonem. W pracy [14] wykazano synergiczny efekt stężenia PM<sub>10</sub> i wysokiej temperatury na dzienną umieralność w mieście Wuhan, Chiny. Wzrost stężenia PM<sub>10</sub> o 10 µg/m<sup>3</sup> w czasie gorących dni wywołał wzrost umieralności o 2,2%, gdy analizowano wszystkie przypadki zgonów, poza nieszczęśliwymi wypadkami. W innych badaniach [15] prowadzonych również w Wuhan, na podstawie danych z lat

2001–2004, stwierdzono 0,36% (95% przedział ufności – PU, 0,19 ÷ 0,53%) zmiany umieralności ogółem związanej ze wzrostem stężenia dziennego PM<sub>10</sub> o 10 µg/m<sup>3</sup> i odpowiednio o 0,51% (95% PU, 0,21 ÷ 0,75%) z powodu chorób krążenia, 0,71% (95% PU 0,2 ÷ 1,23%) z powodu chorób układu oddechowego. Z kolei w Wiedniu [16] oszacowano 2,6% wzrost umieralności wskutek wzrostu stężenia PM<sub>2,5</sub> o 10 µg/m<sup>3</sup>. W Polsce, na podstawie badań przeprowadzonych w czterech miastach stwierdzono [17] wzrost o 0,6% dziennej liczby zgonów z powodu chorób układu oddechowego ze wzrostem stężenia pyłu całkowitego o 10 µg/m<sup>3</sup>.

Jak wynika, umieralność odniesiona do ekspozycji na PM nie jest jednoznaczna. Wyniki badań ciągle budzą wątpliwości ze względu na szereg uproszczeń w prowadzonych analizach. Pomiar zazwyczaj dotyczy jednego miejsca i zostają uogólniane, tj. przenoszone na większe obszary. Dyskusyjne jest przyjęcie średniej z jednego czy nawet wielu punktów pomiarowych jako wskaźnika narażenia całej populacji w danym mieście. Nie bierze się pod uwagę indywidualnej ekspozycji ludzi na PM uwzględniając ich aktywność, miejsce przebywania, wewnątrz czy na zewnątrz pomieszczeń i in. Dalej zakłada się, że pył drobny jest jednakowo toksyczny, niezależnie od obszaru badań. Pamiętać należy, że pył drobny to nie tylko wtórne zanieczyszczenia, tj. siarczany czy azotany, ale stanowią go tysiące różnych form wirusów, bakterii, pyłków, fragmentów

insektów, cząstki gleby czy piasku. Wiele badań laboratoryjnych wykazało, że siarczany i azotany w stężeniach pojawiających się w atmosferze nie są toksyczne (sole siarczanowe są szeroko stosowane w medycynie). Największa więc niewiadoma tkwi w materiale organicznym.

Motoryzację uważa się obecnie za główne źródło drobnego aerozolu w mieście, ale nie tylko bezpośrednio emitowane związki są toksyczne. Ruch samochodowy wzmacnia turbulencję i do atmosfery przedostaje się pył drogowy, zawierający wiele alergenów (pyłków, szczątków traw, liści, odchodów zwierzęcych, gumy i in., jak również specyficzne związki organiczne). Jest to problem stosunkowo mało rozpoznany.

Czy nie możemy mieć do czynienia z podobnym zjawiskiem, jak w przypadku dobowych zmian stężeń ozonu i wilgotności względnej powietrza czy temperatury? Analizując dobowe serie czasowe stężeń ozonu w atmosferze równoległe z wilgotnością względną i temperaturą można stwierdzić silną ujemną zależność z wilgotnością i dodatnią z temperaturą. Faktycznie związek przyczynowo – skutkowy nie istnieje między wilgotnością czy temperaturą a stężeniem ozonu. Zarówno zmiany temperatury, jak i stężenie ozonu wywołane są intensywnością promieniowania słonecznego, czyli związek ten istnieje między intensywnością promieniowania a stężeniem ozonu oraz intensywnością promieniowania i temperaturą. Podobnie może być ze związkiem stężenie PM – umieralność, z tą różnicą, że nie znamy faktycznej przyczyny. Czy inne przyczyny zgonów, jak np. stres, agresja, hałas mogą korelować ze stężeniami PM i wzrostem umieralności? Jeżeli codzienne fluktuacje w ruchu samochodowym wpływają na zmiany stężeń PM i równocześnie wywołują agresję, odpowiedzialne za pewne schorzenia kardiologiczne, to czy można mówić o związku przyczynowym stężenie PM i dane schorzenie?

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej oceny zanieczyszczenia powietrza we Wrocławiu pyłem PM<sub>2,5</sub> można stwierdzić, że stężenie pyłów PM<sub>2,5</sub> we Wrocławiu – wg kryteriów WHO i EEA – stanowi poważny czynnik ryzyka utraty zdrowotności jego mieszkańców. W 52% badanych dni stwierdzono przekroczenia wartości zalecanej przez WHO wynoszącej 25 µg/m<sup>3</sup> dla PM<sub>2,5</sub>. Na podstawie zmierzonych stężeń PM<sub>2,5</sub>, mieszczących się w zakresie od 18 do 100 µg/m<sup>3</sup>, można wywnioskować znaczący wzrost ryzyka umieralności mieszkańców z powodu zanieczyszczenia atmosfery pyłem (4,5% badanych dni).

Przy ocenie typu przyczyna – skutek powinno być analizowanych jednocześnie wiele czynników ryzyka. Dalsze badania powinny podążać w kierunku identyfikacji specyficznych form pierwotnie emitowanych aerozoli oraz w materiale organicznym z wtórnej emisji. Przyczyn utraty zdrowotności ludzi należy szukać również w innych, obecnie nieznanych czynnikach, które mogą korelować ze zmianami stężeń pyłów w atmosferze, a to wskazuje na konieczność podejmowania interdyscyplinarnych badań.

## Literatura

1. Dockery D.W., Pope C.A., Xu X. i wsp.: An association between air pollution and mortality in six U.S. cities, *N Engl J Med* 1993; 329: 1753-1759.
2. Pope C.A., Thun M.J., Namboodiri M.M. i wsp.: Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. Adults, *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 669-674.
3. Schwarz J.: The distributed lag between air pollution and daily deaths, *Epidemiology* 2000b; 11: 320-326.
4. Pope C.A., Burnett R.T., Thun M.J. i wsp.: Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution, *JAMA* 2002; 287: 1132-1141.
5. Zwoździak J., Oborska-Kumaszyńska D., Pater K.: Ocena wpływu jakości środowiska na stan zdrowia ludzi w oparciu o modele wielokryterialnej analizy statystycznej, *Medycyna Środowiska* 2006; 9: 27-37.
6. WHO (World Health Organization) Europe. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Geneva 2006.
7. WHO (World Health Organization) Europe. Health risk of PM from long range transboundary air pollution, Copenhagen 2006.
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska nr 796 z dn. 6 czerwca 2002 w sprawie dopuszczalnych poziomów niektórych substancji w powietrzu, alarmowych poziomów niektórych substancji w powietrzu oraz marginesów tolerancji dla dopuszczalnych poziomów niektórych substancji.
9. Abbey D.E., Nishino N., McDonnell W.F. i wsp.: Long-term inhalable particles and other air pollutants related to mortality in nonsmokers, *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 373-382.
10. McDonnell W.F., Nishino-Ishikawa N., Petersen F. i wsp.: Relationships of mortality with the fine and coarse fractions of long-term ambient PM<sub>10</sub> concentrations in nonsmokers, *J Exposure Anal Environ Epidemiol* 2000; 10: 427-436.
11. Garcia J., Colosio J.: Air –Quality Indices. Elaboration, uses and international comparisons. Les Presses de l’Ecole des Mines, Paryż 2002.
12. Venekova P., Beggs P.J., De Dear R.J. i wsp.: Effect of temperature on mortality during the six warmer months in Sydney, Australia, between 1993 and 2004., *Environ. Res.* 2008; 108: 361-369.
13. Liang W.M., Wei H.Y., Kuo H.W.: Association between daily mortality from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Taiwan, *Environ. Res.* 2009; 109: 51-58.
14. Qian Z., He Q., Lin H.M. i wsp.: High temperature enhanced acute mortality effects of ambient particle pollution in the “Oven” city of Wuhan, China, *Environ. Health. Prospect.* 2008; 116: 1172-1178

15. Qian Z., He Q., Lin HM. i wsp.: Association of daily cause-specific mortality with ambient particle air pollution in Wuhan, China, Environ. Res. 2007b; 105, 380-389.
16. Neuberger M., Rabczenko D., Moshammer H.: Extended effects of air pollution on cardiopulmonary mortality in Vienna, Atmos. Environ. 2007; 41: 8549-8556.
17. Rabczenko D., Wojtyniak B., Wysocki M., Goryński P.: Krótkookresowy wpływ zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego dwutlenkiem siarki, pyłami zawieszonymi i dwutlenkiem azotu na umieralność mieszkańców miast w Polsce, Przegl Epidemiol 2005; 59: 969-979.

*Adres do korespondencji:*

*Anna Zwoździak*

*Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska*

*Politechnika Wroclawska*

*50-370 Wrocław,*

*Wyb. Wyspiańskiego 27*

*tel. 71 320 25 00*

*e-mail: [anna.zwozdziak@pwr.wroc.pl](mailto:anna.zwozdziak@pwr.wroc.pl)*